Amsterdam University of Applied Sciences

Amsterdam University of Applied Sciences

Smartest Connected Cargo Airport Schiphol

Verduijn, Thierry; Vunderink, Sander; Bombelli, Alessandro; Tavasszy, Lori; van Damme, Dick; Romero-Silva, Rodrigo; Mujica Mota, Miguel

Link to publication

Citation for published version (APA):
Verduijn, T., Vunderink, S., Bombelli, A., Tavasszy, L., van Damme, D., Romero-Silva, R., & Mujica Mota, M. (2019). *Smartest Connected Cargo Airport Schiphol: Onderzoek naar innovaties die de logistieke prestaties van luchtvrachtketens op Schiphol versterken*. (PUBLICATIEREEKS HVA FACULTEIT TECHNIEK). Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Urban Technology.

General rights
It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations
If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please contact the library: http://www.hva.nl/bibliotheek/contact/contactformulier/contact.html, or send a letter to: University Library (Library of the University of Amsterdam and Amsterdam University of Applied Sciences), Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Download date: 04 06 2020

Hogeschool van Amsterdam

SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL

ONDERZOEK NAAR INNOVATIES DIE DE LOGISTIEKE PRESTATIES VAN LUCHTVRACHTKETENS OP SCHIPHOL VERSTERKEN

Thierry Verduijn
Sander Vunderink
Alessandro Bombelli
Lori Tavasszy
Dick van Damme
Rodrigo Romero-Silva
Miguel Mujica Mota

SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL

ONDERZOEK NAAR INNOVATIES DIE DE LOGISTIEKE PRESTATIES VAN LUCHTVRACHTKETENS OP SCHIPHOL VERSTERKEN

Thierry Verduijn
Sander Vunderink
Alessandro Bombelli
Lori Tavasszy
Dick van Damme
Rodrigo Romero-Silva
Miguel Mujica Mota

IN DEZE REEKS VERSCHENEN EERDER:

01 Vertical farming

02 Duurzaam bewaren

03 Extreme neerslag

04 Beter beheer met BIM

05 Stedenbouwkundig bureau van de toekomst

06 (Terug)schakelen naar ketendenken

07 Maintaining your competitive edge

08 Biobased plastics

09 Greening the cloud

10 De klimaatbestendige wijk

11 Recurf

12 Re-Organise

13 Stadslogistiek: Licht en elektrisch

14 Data mining in MRO

PUBLICATIEREEKS HVA FACULTEIT TECHNIEK

In deze publicatiereeks bundelt de Faculteit Techniek van de Hogeschool van Amsterdam de resultaten van praktijkgericht onderzoek. De publicatie is gericht op professionals en ontsluit kennis en expertise die via praktijkgericht onderzoek van de HvA in de metropoolregio Amsterdam wordt verkregen. Deze publicatie geeft de lezer handvatten om tot verbetering en innovatie in de technische beroepspraktijk te komen.

FACULTEIT TECHNIEK

Faculteit Techniek van de Hogeschool van Amsterdam is de grootste technische hbo van Nederland. De faculteit bestaat uit acht technische opleidingen met gevarieerde leerroutes en afstudeerrichtingen. Het palet aan opleidingen is zeer divers, van Engineering tot Logistiek, van Civiele Techniek tot Forensisch Onderzoek en van Maritiem Officier tot Aviation.

ONDERZOEK BIJ FACULTEIT TECHNIEK

Onderzoek heeft een centrale plek bij Faculteit Techniek. Dit onderzoek is geworteld in de beroepspraktijk en draagt bij aan de continue verbetering van de kwaliteit van het onderwijs en aan praktijkinnovaties. Het praktijkgericht onderzoek van de HvA heeft drie functies:

> Ontwikkeling van kennis
> Innovatie van de beroepspraktijk
> Vernieuwing van het onderwijs

Faculteit Techniek kent drie onderzoeksprogramma's die alle nauw gekoppeld zijn aan de opleidingen. Deze programma's zijn:

> Aviation
> Forensisch Onderzoek
> Urban Technology

Het HvA-Kenniscentrum Techniek is dé plek waar de resultaten van het praktijkgericht onderzoek worden gebundeld en uitgewisseld.

REDACTIE

De publicatiereeks is uitgegeven door Faculteit Techniek van de HvA. De redactieraad bestaat uit lectoren van deze faculteit. Iedere publicatie is afkomstig van een team eigen auteurs bestaand uit HvA-medewerkers, soms aangevuld met vertegenwoordigers van bedrijven en andere kennisinstellingen.

COLOFON

Uitgave
Onderzoeksprogramma Urban Technology
Faculteit Techniek, Hogeschool van Amsterdam
Oktober 2019

Samenstellers
Thierry Verduijn (HvA)
Sander Vunderink (HvA)

Met bijdragen van
Alessandro Bombelli (TU Delft)
Lori Tavasszy (TU Delft)
Dick van Damme (HvA)
Rodrigo Romero-Silva (HvA)
Miguel Mujica Mota (HvA)

Foto's
Koninklijke Luchtvaart Maatschappij NV, Schiphol Nederland BV, Shutterstock, ACN

Redactie
Els de Roon Hertoge, Fonar

Vormgeving
Creja ontwerpen, creja.nl

Financiering
Dit onderzoek is mede gefinancierd door TKI Dinalog en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) in het kader van de Topsector Logistiek.

Contact
Thierry Verduijn
t.m.verduijn@hva.nl
Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek
Postbus 1025, 1000 BA Amsterdam
http://www.hva.nl/kc-techniek/projecten/projecten.html?search=sccas

ISBN*:*
9789492644190

SAMENVATTING

DEZE PUBLICATIE PRESENTEERT DE RESULTATEN VAN HET SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL (SCCAS)-PROJECT: EEN TWEEJARIG ONDERZOEK NAAR LOGISTIEKE INNOVATIES DIE DE CONCURRENTIEPOSITIE VAN SCHIPHOL OP DE LUCHTVRACHTMARKT VERSTERKEN. IN DIT PROJECT HEBBEN KLM, SCHIPHOL NEDERLAND, CARGONAUT, TU DELFT EN DE HOGESCHOOL VAN AMSTERDAM SAMEN MET DIVERSE PARTIJEN UIT DE LUCHTVRACHTKETEN NIEUWE INZICHTEN ONTWIKKELD OM HET AFHANDELINGSPROCES OP SCHIPHOL TE STROOMLIJNEN EN DE PRODUCTKWALITEIT IN TEMPERATUURGEVOELIGE KETENS ZOALS BLOEMEN EN FARMA BETER TE BEHEERSEN.

In Europa heeft Schiphol een sterke positie: het is de derde vrachtluchthaven na Frankfurt en Parijs. Door de beperking van het aantal beschikbare slots op Schiphol krijgen andere luchthavens zoals Brussel, Luik en Luxemburg de kans om extra lading aan te trekken. Het is daarom de ambitie van Schiphol zich te ontwikkelen tot de Europese voorkeursluchthaven voor logistiek hoogwaardige goederenstromen zoals e-commerce, farmaceutische producten en bloemen, en zich te onderscheiden door een efficiënt en betrouwbaar afhandelingsproces. Om die positie te bereiken zet Schiphol in op vier concrete innovatiedoelstellingen:
- verbetering van transparantie in de keten door het delen van informatie;
- inzicht in logistieke prestaties op basis van volledige en betrouwbare data over zendingen;
- efficiënte en betrouwbare aan- en afvoer van luchtvrachtzendingen (*landside pickup & delivery*);
- procesverbeteringen in de supply chains van temperatuurgevoelige producten.

Voor het aanjagen, versterken en realiseren van innovaties op Schiphol werken de partijen samen onder de noemer *Smart Cargo Mainport*-Programma (SCMP). SCMP is erop gericht om met behulp van innovaties een aantal cruciale verbeteringen in het logistieke proces in de luchtvracht aan te brengen. Het SCCAS-project ondersteunt SCMP met inhoudelijke verdieping van de vraagstukken en met onderzoek naar innovaties die de komende jaren kunnen worden opgepakt.

De belangrijkste conclusies van SCCAS zijn:

AUTOMATISCH NOMINEREN

Nomineren is het proces waarbij afhandelaren bepalen welke expediteur ze moeten informeren over de aankomst van de zending. Automatisch nomineren maakt het mogelijk om voor aankomst de juiste expediteur vast te stellen en deze te informeren over de geplande aankomst en de voortgang in het proces.
> Onderzoek naar een methode voor het matchen van een zending met de juiste expediteur toont aan dat een betrouwbare automatische matching mogelijk is. Het eerste algoritme haalt al een betrouwbaarheid van 90%.
> De stakeholders in de keten (afhandelaren, expediteurs en vervoerders) zijn ervan overtuigd dat automatisch nomineren ook concrete logistieke procesverbeteringen mogelijk maakt. Hoe ze dat in de logistieke planning gaan realiseren kunnen de ketenpartijen nog niet aangeven.

PRESTATIEMETING EN BESCHIKBAARHEID EN KWALITEIT VAN DATA VAN LUCHTVRACHTZENDINGEN.

Om een luchtvrachtzending van A naar B te vervoeren, wisselen partijen in de keten allerlei berichten uit: de air waybill, statusmeldingen over de zendingen en vluchten en formele aangiften bij luchtvaart- en douaneautoriteiten. Complete en betrouwbare informatie is nodig om inzicht te krijgen in de logistieke prestaties van de luchtvrachtcommunity.

> Aan de hand van de beschikbare berichten die via de Schiphol Information Exchange worden uitgewisseld, is op betrouwbare manier vast te stellen welke logistieke routes zendingen op Schiphol afleggen. Daarmee kan ook eenduidig worden vastgesteld welke berichten en data, zowel structureel als incidenteel, niet worden aangeleverd bij airlines, expediteurs en afhandelaren.

> Identificeren van de logistieke routes die zendingen afleggen op Schiphol maken het, samen met de zendingsdata zelf, mogelijk om de prestaties van de logistieke processen (doorlooptijd, betrouwbaarheid) en specifieke ladingstromen te monitoren.

> Er is draagvlak bij de stakeholders op Schiphol om een gezamenlijk KPI-dashboard op te stellen waarmee de doorlooptijd en betrouwbaarheid van logistieke processen worden gemonitord. Over de doelstellingen, normen en governance van de prestatiemonitoring dienen de stakeholders nog afspraken te maken.

LANDSIDE PICKUP & DELIVERY

Het *landside pickup & delivery*-proces op Schiphol is een complex coördinatievraagstuk waarin dagelijks de capaciteit van de docks bij vijf afhandelaren, de transportcapaciteit en kosten van enkele tientallen vervoerders en expediteurs en de tijdsrestricties van honderden zendingen moeten worden afgestemd.

> Het vraagstuk op Schiphol is wiskundig gemodelleerd met de aanduiding Multi Warehouse Dock Capacitated – Pickup and Delivery Problem with Time Windows (MWDC-PDPTW). Het model bouwt voort op de bestaande modellen met het plannen van de dockcapaciteit per locatie.

> Het ontwikkelde MWDC-PDPTW-model, aangevuld met een simulatiemodel van logistieke bewegingen op Schiphol, maakt het mogelijk om te analyseren welke impact bundeling van logistieke stromen heeft op de wachttijden bij de afhandelaren.

> Om de modellen te kunnen inzetten in de praktijk en stakeholders te kunnen ondersteunen bij het verkennen en analyseren van verschillende vormen van afstemming, zijn er meer betrouwbare data nodig over volumes en eigenschappen van zendingen en van logistieke infrastructuur in de huidige situatie (bijvoorbeeld: aantal beschikbare docks, tijdsrestricties op zendingen etc.)

WAARBORGEN VAN DE KWALITEIT VAN PRODUCTEN IN TEMPERATUURGEVOELIGE LUCHTVRACHTKETENS

Bloemen en farma dienen in de gehele keten op de juiste temperatuur te worden vervoerd om verlies aan kwaliteit (bloemen) of aan werkzaamheid (medicijnen) te voorkomen.

> Het *cool chain*-businessmodel voor de bloemenketen biedt een visie voor het behouden van de kwaliteit van bloemen in de luchtvrachtketen. Het bevat indicatoren voor de productkwaliteit en de logistieke prestatie van de keten (graaduren en exposure time), een platform voor ketentransparantie en proactieve sturing.

> Een KPI-framework gebaseerd op graaduren en exposure time geeft inzicht in de prestaties van de verschillende schakels in de keten. Daarmee kunnen ketenpartijen onderling duidelijke afspraken maken om de kwaliteit van de producten aan het einde van de keten te waarborgen.

> Verladers in bloemen- en farmaketens verwachten niet van de keten dat zij hun prestaties met KPI's aantonen. Zij vragen om meer inzicht in de voortgang van de zending in de keten.

> Een doelgerichte logistieke planning van het vervoer van temperatuurgevoelige lading tussen de vrachtloods en het vliegtuig op de airside is de meest effectieve manier om temperatuurexcursies aan de airside te voorkomen.

> Door het *internet of things* toe te passen bij ULD- en piece level control en actieve trackers in te zetten, kunnen data over zendingen op een kosteneffectieve manier worden geregistreerd.

> 3D-scanning van ULD's biedt betrouwbare informatie over de hoogte, volume en opbouw ervan en de mogelijkheid om benutting, opbouw en veiligheid van ULD's geautomatiseerd te controleren.

> Ondanks de doelstelling om de kwaliteit van de producten in de keten te waarborgen of te verbeteren is er geen gemeenschappelijk businessmodel om de meerwaarde die verladers ervaren terug te brengen in de keten. Investeringen in ketenverbeteringen worden alleen gedaan als er ook significante kostenreducties plaatsvinden.

SUMMARY

THIS PUBLICATION PRESENTS THE RESULTS OF THE SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL (SCCAS) PROJECT: A TWO-YEAR STUDY INTO LOGISTICS INNOVATIONS TO BOOST THE COMPETITIVE POSITION OF AMSTERDAM AIRPORT SCHIPHOL. IN THIS PROJECT, KLM, AMSTERDAM AIRPORT SCHIPHOL, CARGONAUT, DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND THE AMSTERDAM UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES (AUAS), WORKING WITH VARIOUS PARTIES IN THE AIR CARGO SUPPLY CHAIN, HAVE DEVELOPED METHODS FOR STREAMLINING THE HANDLING PROCESS AT SCHIPHOL AND IMPROVING PRODUCT QUALITY MANAGEMENT IN TEMPERATURE-SENSITIVE CHAINS, SUCH AS FLOWERS AND PHARMA.

Schiphol occupies a solid industry position in Europe, being the continent's third major cargo airport after Frankfurt and Paris. With the reduction of the number of available slots at Schiphol, opportunities for other airports, such as Brussels, Liège and Luxembourg, to attract additional cargo traffic are opening up. The focus of Schiphol's ambition is therefore to become Europe's preferred airport for high-value logistics goods flows such as e-commerce, pharmaceutical products and flowers and to distinguish itself through an efficient and reliable handling process. In order to achieve this position, Schiphol has set itself four concrete innovation objectives:

> improving transparency in the chain through the sharing of information;
> insight into logistics performance based on complete and reliable shipment data;
> efficient and reliable delivery and dispatch of air cargo shipments (landside pickup & delivery);
> process improvements in the supply chains of temperature-sensitive products.

Under the name Smart Cargo Mainport Programme (SCMP), the parties are collaborating to stimulate, reinforce and implement innovations at Schiphol. SCMP focuses on bringing about a number of crucial improvements to the logistics process in air cargo through innovation. The SCCAS project supports SCMP by offering specialist knowledge and research into innovations that could potentially be deployed in the years ahead.

The most important conclusions of SCCAS:

AUTOMATIC NOMINATION

Nomination is the process whereby handling agents determine which freight forwarder is to be informed of a shipment's arrival. Automatic nomination makes it possible to select the appropriate freight forwarder before arrival of the shipment and inform the forwarder of the scheduled arrival and state of the process.

> Studies into a method for matching a shipment with the appropriate freight forwarder demonstrate that reliable, automatic matching is possible. The initial algorithm already achieved a reliability rate of 90%.
> The stakeholders in the supply chain (handling agents, freight forwarders and carriers) are convinced that automatic nomination will also allow for concrete logistics process improvements. However, the supply chain parties cannot yet say how they will incorporate this in the logistics scheduling.

PERFORMANCE MEASUREMENT, AVAILABILITY AND DATA QUALITY OF AIR CARGO SHIPMENTS.

Transporting an air cargo shipment from A to B involves the parties exchanging a range of communications: the air waybill, status reports on the shipments and flights, and formal declarations to the aviation and customs authorities. Complete and reliable information is required to gain an insight into the logistics performance of the aviation community.

> Using the communications available via the Schiphol Information Exchange, it is possible to reliably determine the logistics routes that shipments travel at Schiphol. Consequently, it is also possible to clearly determine which communications and data are not provided to airlines, freight forwarders and handling agents, both structurally and incidentally.
> Identifying the logistics routes that shipments travel at Schiphol and the shipment data itself allows the monitoring of performance (turnaround time, reliability) of the logistics processes and specific goods flows.
> The stakeholders at Schiphol are in favour of jointly drawing up a KPI dashboard for monitoring the turnaround time and reliability of logistics processes. However, the stakeholders are yet to make agreements on the objectives, standards and governance of the performance monitoring process.

LANDSIDE PICKUP & DELIVERY

The landside pickup & delivery process at Schiphol is a complex coordination process, in which the capacity of the docks at five handling agents, the transport capacity and costs of several dozens of carriers and freight forwarders, as well as the time restrictions of hundreds of shipments, need to be assessed on a day-to-day basis.

> The process at Schiphol has been mathematically modelled under the name Multi Warehouse Dock Capacitated – Pickup and Delivery Problem with Time-Windows (MWDC-PDPTW). This model expands on existing models by planning the dock capacity of the locations.
> The MWDC-PDPTW model developed together with a simulation model of logistics movements at Schiphol allows for the impact of combining of logistics flows on the waiting times at handling agents to be analysed.
> Deploying the models in practice and supporting stakeholders in exploring and analysing the various forms of coordination will require reliable data on volumes and properties of shipments and logistics infrastructure in the current situation (for example: number of available docks, time restrictions on shipments, etc.).

SAFEGUARDING QUALITY OF PRODUCTS IN TEMPERATURE-SENSITIVE AIR CARGO SUPPLY CHAINS

Flowers and pharma need to be transported at the correct temperature throughout the supply chain to prevent loss of flower quality or medicine efficacy.

> The cool chain business model for the flower supply chain offers a vision for retaining flower quality in the air cargo supply chain: indicators for measuring product quality and the logistics performance of the chain (degree hours and exposure time), a platform for supply chain transparency and proactive management.
> A KPI framework based on degree hours and exposure time provides insight into the performance of the various links in the supply chain. This will allow chain supply parties to make clear agreements with the aim of guaranteeing the quality of the products at the end of the supply chain.

> Forwarders in flower and pharma supply chains do not expect the supply chain to demonstrate their performances with KPIs. They want greater insight into the status of the shipment in the supply chain.
> Targeted planning of the transport of temperature-sensitive shipments between the cargo warehouse and the aircraft is the most effective manner for preventing temperature excursions on airside.
> Application of the Internet of Things for ULD-control and piece level control and the deployment of active trackers offer opportunities to record data on shipments in a cost-effective and reliable way.
> 3D-scanning of ULDs offers reliable information on the level, volume and structure of ULDs and the automated monitoring of the utilisation, structure and safety of ULDs.
> Despite the objective to safeguard or improve the quality of the products in the supply chain, there is no shared business model for returning to the supply chain the added value that forwarders experience. Investments in supply chain improvements will only be made if coupled with significant cost reductions.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD 13

1 DOELSTELLING EN OPZET VAN SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL 15
1.1 Dynamiek in luchtvracht 15
1.2 Positie van de luchtvrachtcommunity op Schiphol 15
1.3 Ambities van de luchtvrachtcommunity 16
1.4 Doelstelling Smartest Connected Cargo Airport Schiphol 17
1.5 Inbedding in praktijkvraagstukken 18
1.6 Aanpak Smartest Connected Cargo Airport Schiphol 20
1.7 Deelnemers aan het onderzoek 20

2 AUTOMATISCH NOMINEREN: OPMAAT NAAR BETERE KETENPRESTATIES 22
2.1 Rol van nomineren in de keten 22
2.2 Van handmatig naar automatisch nomineren in de keten 22
2.3 Algoritme en de betrouwbaarheid van de matching 24
2.4 Mogelijkheden tot logistieke verbeteringen in de keten 27
2.5 Conclusies en aanbevelingen 28

3 STUREN OP LOGISTIEKE VERBETERINGEN MET BETROUWBARE DATA 29
3.1 Concurrentiepositie van Schiphol 29
3.2 Overzicht van huidige informatiestromen op Schiphol 30
3.3 Analyse van de huidige datadekking op Schiphol Information Exchange 33
3.4 Naar gezamenlijke KPI's voor operational excellence van de hub 37
3.5 Data sciences voor verbetering van de propositie van Schiphol 40
3.6 Conclusies en aanbevelingen 43

4 LANDSIDE PICKUP & DELIVERY OP SCHIPHOL 44
4.1 De specifieke situatie van landside pickup & delivery op Schiphol 44
4.2 Huidige situatie 44
4.3 Oplossingen voor verbeteringen in het landside pickup & delivery-proces 46
4.4 Optimalisatiemodel voor air cargo pick up & delivery 48
4.5 Similatiemodel voor landzijdige pick up & delivery op Schiphol 52
4.6 Modeluitbreidingen voor het oplossen van praktijkvraagstukken 55
4.7 Interactie tussen het optimalisatie- en het simulatiemodel 60
4.8 Conclusies en aanbevelingen 61

5 VERBETERINGEN IN TEMPERATUURGEVOELIGE SUPPLY CHAINS 63
5.1 Temperatuurgevoelige lading op Schiphol: bloemen en farma 63
5.2 Cool chain-businessconcept 65
5.3 Meten is weten in temperature-controlled supply chains 67
5.4 Investeren in een hogere kwaliteit 71
5.5 Samenwerken voor meer waarde in de bloemenketen 78
5.6 Conclusies en aanbevelingen 80

6 INNOVATIEAGENDA VOOR DE LUCHTVRACHT OP SCHIPHOL 82
6.1 Inleiding 82
6.2 Ervaringen van het SCCAS-onderzoek 83
6.3 Organiseren van onderzoek in een luchtvrachtinnovatieagenda 84
6.4 Uitdagingen en onderwerpen voor de luchtvrachtinnovatieagenda 86
6.5 Conclusies en aanbevelingen 89

7 NAWOORD 91

LITERATUURLIJST 92
BIJLAGE 1: AFKORTINGEN 97
BIJLAGE 2: BEGRIPPENLIJST 99
BIJLAGE 3: PROJECTPUBLICATIES 102

VOORWOORD

De kern van het *Smart Cargo Mainport*-Programma (SCMP) is de ambitie om de luchtvrachtoperatie op en om Amsterdam Airport Schiphol te blijven verbeteren. Het programma laat zien hoe logistieke stromen worden geoptimaliseerd dankzij langdurige samenwerking van de luchtvrachtcommunity op Schiphol. De SCMP-projecten zijn gericht op landzijdelogistiek, delen van data en innovaties. Samen met onze ketenpartners geven we vorm aan Europa's Smartest Cargo Hub. Dit is niet mogelijk zonder gedegen wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek. Daarom hebben Amsterdam Airport Schiphol, KLM Cargo, Cargonaut, Hogeschool van Amsterdam en TU Delft het initiatief genomen voor het onderzoeksproject Smartest Connected Cargo Airport Schiphol (SCCAS). Onderzoekers hebben in samenwerking met de leden van de luchtvrachtcommunity meerdere vraagstukken onder de loep genomen, waaronder automatisch nomineren. Het SCCAS-project is een uitstekend voorbeeld van de wijze waarop een publiek-private samenwerking innovatie in een community naar een hoger niveau kan brengen.

Bart Pouwels
Head of Cargo
Schiphol Nederland

Luchthaven Schiphol inclusief de daar opererende ondernemingen speelt een belangrijke rol in de Nederlandse economie en heeft een voorbeeldfunctie in het internationale speelveld van air cargo. Om deze leidende rol te kunnen behouden en versterken zal er nog meer en blijvend moeten worden geïnnoveerd. Gestimuleerd door TKI Logistiek heeft het consortium met Schiphol Cargo, AFKLM Cargo, Cargonaut, TU Delft en Hogeschool van Amsterdam een leerzaam en goed SCCAS-project uitgevoerd.

SCCAS heeft tot belangrijke inzichten en verbeteringen geleid. Een daarvan is dat de 'cool chain' van bloemen vanuit één benadering is geoptimaliseerd, via onder meer internet of things (IoT), scanning en het meten van kwaliteit. Nog belangrijker dan de directe resultaten is de solide basis van samenwerking tussen luchtvrachtpartijen en kennisinstellingen die door SCCAS tot stand is gekomen. Deze basis kan in de komende tijd verder worden uitgebouwd naar een permanent innoverend cluster luchtvracht. Hiermee wordt de positie van luchthaven Schiphol en daarmee de Nederlandse economie verder versterkt.

Dick van Damme
Lector Mainport Logistiek
Hogeschool van Amsterdam

De Topsector Logistiek is er voor de hele logistieke sector, en de volledige logistieke functie in Nederland. Luchtvracht en de belangrijke rol die Schiphol speelt in het wereldwijde netwerk van luchtvrachtvervoer, horen daar uiteraard bij. Vanuit TKI Dinalog zijn we heel blij dat het project SCCAS is ontwikkeld, en met deze eindrapportage ook tot een goed einde is gebracht. Wij vinden het bovendien heel verheugend dat er inmiddels vervolgtrajecten op stapel staan, waardoor dit project geen eendagsvlieg zal blijken te zijn. Het project heeft tot interessante inzichten geleid, die belangrijk zijn voor het luchtvrachtcluster in Nederland, maar die ook in bredere zin voor de logistieke sector van belang zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor het meten van de performance in knooppunten waarbij als basis logistieke prestatie wordt genomen in plaats van overslagcijfers. Wij blijven ons hard maken voor relevant onderzoek in de luchtvaart en de luchtvrachtsector. Wij zien uit naar het vervolg op SCCAS.

Albert Veenstra
Directeur
TKI Dinalog

DOELSTELLING EN OPZET VAN SCCAS

1. DOELSTELLING EN OPZET VAN SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL

1.1 DYNAMIEK IN LUCHTVRACHT

Een wereld zonder luchtvracht is ondenkbaar. In een wereld waarin we via moderne techniek met iedereen bijna overal ter wereld kunnen communiceren en zaken kunnen doen, wordt de behoefte aan snelle vormen van transport alleen maar groter. Het is voor consumenten heel gewoon om een bestelling te plaatsen bij webshops op andere continenten en de producten al binnen een week in huis te hebben. In de toeleveringsketen voor de industrie en in het bijzonder die van onderdelen is luchtvracht al jaren een belangrijke transportoplossing. IATA schat dat het totale volume in de luchtvracht in 2018 is gestegen tot 62,5 miljoen ton. Luchtvracht vertegenwoordigt daarmee minder dan 1% van het totale handelsvolume wereldwijd, maar meer dan 35% van de waarde van de vervoerde goederen (IATA, 2018a). IATA verwacht tot 2022 een groei van 4,9% per jaar (IATA, 2018b).

De luchtvracht heeft te maken met diverse uitdagingen en veranderingen:

> De verschuiving van lading in full freighters naar de belly van passagiersvliegtuigen. KLM was er in de jaren 80 al succesvol mee: het combineren van vracht en passagiers op vluchten. Door de toenemende capaciteit van passagiersvliegtuigen kan er meer lading mee in de belly. Full freighters zijn nog steeds nodig voor lading die niet in de belly past of op trajecten waarop niet voldoende bellycapaciteit beschikbaar is. De aanhoudende kostenstijging van het opereren van full freighters en de toegenomen beschikbare bellycapaciteit hebben de verhouding full freighters – belly cargo doen veranderen. We zien een sterk groeiende vraag naar bellyvracht en een afnemende vraag naar full freighters. Wereldwijd is die verhouding nu nog 50-50 maar Boeing en Airbus voorspellen dat er in 2050 nog maar 32% van de wereldwijde vrachtcapaciteit door full freighters wordt bediend (Haussman, Pélissié du Rausas & Weber, 2017).

> Luchtvaart is een van de sectoren met de grootste uitstoot van CO_2, en om klimaatdoelstellingen te halen is het nodig om ook in de luchtvaart de uitstoot van CO_2 drastisch te verminderen. De doorvertaling van de klimaatafspraken voor de internationale luchtvracht vindt plaats binnen de ICAO. De huidige ICAO-ambitie voor de internationale luchtvaart is minder ambitieus dan de EU-reductiedoelstellingen voor nationale emissies in het kader van het door Nederland ondertekende Klimaatakkoord van Parijs. Daarom hebben de Nederlandse partijen in het 'Ontwerpakkoord Duurzame Luchtvaart' aanvullende maatregelen geformuleerd (ACN et al., 2019).

> Concurrentie tussen luchthavens richt zich meer en meer op specifieke sectoren. Zo zijn farma en e-commerce groeimarkten waarin luchthavens zich op het gebied van kwaliteit en waarde voor de verlader trachten te onderscheiden. Ook ziet de luchtvrachtmarkt steeds meer samenwerkingen tussen luchthavens en stakeholders van supply chains, die daarmee netwerken vormen om specifieke goederenstromen naar zich toe te trekken. De farmaceutische sector werkt bijvoorbeeld met verscheidene luchthavens samen om farmacorridors op te richten (Brussels Airport, 2019a).

> De consolidatie van de markt voor expediteurs zet door als gevolg van overnames en fusies. Kuehne & Nagel nam de luchtvrachtexpediteurs CFI (Commodity Forwarders Inc), Trillvane Ltd en Panatlantic Logistics over (Burns, 2017; Air Cargo Week, 2018), terwijl Panalpina zich versterkte door overnames van Carelog en specialist Air Connection (Muir, 2018), nadat het in 2015 al Airflo had overgenomen. Uiteindelijk nam DSV Panalpina over nadat besprekingen met Kuehne & Nagel op niets waren uitgelopen.

1.2 POSITIE VAN DE LUCHTVRACHTCOMMUNITY OP SCHIPHOL

In Europa heeft Schiphol een sterke positie. Schiphol bezet de vierde plaats op de ranking van luchthavens op basis van vrachtvolume (ACI-Aero, 2019). Met een wereldwijd netwerk van 327 bestemmingen aangevlogen door 108 verschillende luchtvaartmaatschappijen is Schiphol niet alleen een van de grootste Europese hubs op het gebied van passagiersvervoer, maar ook op het gebied van vrachtvervoer (Royal Schiphol Group, 2019a). In 2018 werd er 1,72 miljoen ton aan vracht vervoerd via de luchthaven Schiphol. Daarvan werd 56% vervoerd door full freighters en de overige 44% ging mee op passagiersvliegtuigen. Ondanks het enorme vrachtvolume dat de luchthaven jaarlijks afhandelt, is dit cijfer in 2018 wel met 2,5% gedaald ten opzichte van 2017. Concurrerende luchthavens, zoals Luxembourg Airport en Brussels Airport, zien hun vrachtvolumes daarentegen juist stijgen (Brussels Airport, 2019b; Muir, 2019).

De logistieke stromen die via Schiphol worden vervoerd, zijn belangrijk voor de Nederlandse en regionale economie. De werkgelegenheid in 2017 is met 8% gestegen ten opzichte van 2015: met ruim 800 werkzame personen naar 25.425. Het grootste aandeel in de directe werkgelegenheid heeft de opslag en dienstverlening voor transport: 61%. De sectoren luchtvaart en wegvervoer nemen ieder 14% voor hun rekening, de toegevoegde waarde laat een vergelijkbaar beeld zien. De toegevoegde waarde bedroeg in 2017 totaal 2,15 miljard, wat neerkomt op 0,3% van het bruto nationaal product (Haan & Streng, 2019).

De luchtvrachtcommunity op Schiphol staat voor een aantal uitdagingen:

> Op Schiphol werd in oktober 2017 het maximum afgesproken aantal van 500.000 vliegbewegingen per jaar bereikt (ACN, 2017). Een aantal airlines die op Schiphol met full freighters vliegen, verloor door de geldende regels voor slotallocatie een deel van zijn slots en moest noodgedwongen vluchten naar andere luchthavens verplaatsen. In 2018 leidde de slotallocatie tot een daling van het aantal fullfreighterbewegingen met 10,4%. Het verlies in fullfreightervluchten betekende niet direct een verlies aan volume omdat een deel van het volume werd vervoerd op passagiersvluchten.

> Dit versterkt de tendens dat lading verschuift van full freighters naar belly. Terwijl voor de full freighter airlines duidelijk is dat verdere groei op Schiphol door het vluchtenplafond de komende jaren nog wordt geremd, zal de groei in volume moeten worden bewerkstelligd door de bellycapaciteit van passagierstoestellen te benutten.

> In 2017 en 2018 is door de groei van het vrachtvolume de congestie landzijde van de afhandelaars enorm toegenomen (evofenedex, 2017). Doordat vervoerders en expediteurs dezelfde werkwijze hanteren voor het aanleveren en ophalen van lading, ontstaan er pieken en wachttijden.

> Om zich te onderscheiden van andere luchthavens richten luchthavens zich op specifieke goederenstromen waarvoor ze specifieke voorzieningen aanbieden. De nadruk ligt niet alleen op de voorzieningen bij de eigen luchthaven, maar ook op voorzieningen bij partnerluchthavens. Een voorbeeld is Brussels Airport dat een samenwerking is gestart met Singapore en Miami Airport om een end-to-end-oplossing te bieden voor farmaceutische verladers (Brussels Airport, 2019).

> Platformification. De opkomst van Uber, Amazon, Alibaba/AliExpress en AirBnB laat zien dat platforms waarop vraag- en aanbod bij elkaar worden gebracht een dominante positie in de keten kunnen opbouwen omdat ze toegang hebben tot alle handelsdata en ze de voorwaarden voor het gebruik van de data dicteren.

Daarmee kunnen deze partijen ook in de supply chain een dominante rol opbouwen. Amazon heeft de stap naar logistieke dienstverlening al gezet en ontwikkelt nu een eigen pan-Europees aircargonetwerk (Cargo Forwarder, 2019).

1.3 AMBITIES VAN DE LUCHTVRACHTCOMMUNITY

De ambitie van Schiphol is om zich te ontwikkelen tot de Europese voorkeursluchthaven voor reizigers, airlines, logistieke dienstverleners en verladers (Royal Schiphol Group, 2019b). Op vrachtgebied streeft de luchthaven samen met de stakeholders naar verhoging van efficiëntie, verlaging van kosten en verbetering van services. Om dit te realiseren streeft de luchthaven naar innovatie op het gebied van onder meer zendingen van e-commerce, bloemen en farmaceutische producten. Daarnaast wordt er gewerkt aan innovaties in de basisdiensten en -processen in de luchtvrachtketen die nodig zijn om ook op specifieke markten te kunnen innoveren.

> **E-commerce**: De aanhoudende groei van de wereldwijde e-commercemarkt heeft impact op supply chains: een groot aantal kleine zendingen die individueel moeten worden verwerkt en een toename van de data die in de keten moet worden uitgewisseld. Zo geeft de douane op Schiphol aan dat de declaraties, en daarmee de controles op de luchthaven, jaarlijks met 15% toenemen en dat dit in de toekomst onhoudbaar zal worden (Amsterdam Logistics, 2016a). Om deze reden is Schiphol een samenwerking aangegaan met de douane en andere stakeholders, met als doel nieuwe manieren te vinden om de afhandeling van e-commerce efficiënter te maken.

> **Pharma Gateway Amsterdam**: Daarnaast lanceerde Schiphol samen met veertien stakeholders 'Pharma Gateway Amsterdam (PGA)'. Dit initiatief heeft als doel om van Schiphol de voorkeursluchthaven van Europa te maken op het gebied van het transport van farmaceutische producten. Hiermee willen de belanghebbenden farmaceutisch transport behouden, verbeteren en aantrekken door aan verladers een IATA-gecertificeerde supply chain aan te bieden (Pharma Gateway Amsterdam, 2016).

> **Holland Flower Alliance**: Ook Royal FloraHolland, Schiphol, en KLM Cargo hebben de handen ineen geslagen om van de regio Aalsmeer-Schiphol de voorkeurshub van Europa te maken op het gebied van bloemen. Om de positie van wereldmarktleider in de sierteeltbranche voor deze regio te behouden hebben deze drie partijen de 'Holland Flower Alliance (HFA)' opgericht. Met deze alliantie willen zij een plek creëren waar de logistiek van het bloementransport optimaal georganiseerd is en de gehele supply chain – van kweker tot groothandel – het best wordt gefaciliteerd. Dit willen zij bereiken door in te zetten op de beschrijving en inrichting van de ideale keten, IT-integratie en positionering van de regio in de logistieke keten (Holland Flower Alliance, 2016).

> ***Smart Cargo Mainport* Programma**: Voor het aanjagen, versterken en realiseren van innovaties op Schiphol werken de luchtvrachtcommunity samen onder de noemer *Smart Cargo Mainport*-Programma (SCMP). SCMP is erop gericht een aantal cruciale verbeteringen in het logistieke proces in de luchtvracht aan te brengen door innovaties te implementeren. Het SCMP heeft vier concrete innovatiedoelstellingen: (1) volledige en betrouwbare data over zendingen, (2) efficiënte en betrouwbare landzijdige logistiek, (3) verbetering van transparantie in de keten door het delen van informatie, (4) procesverbeteringen in de supply chains van bloemen, geneesmiddelen en andere tijd- en temperatuurgevoelige producten.

1.4 DOELSTELLING SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL NEDERLAND

Het project Smart Connected Cargo Airport Schiphol (SCCAS) is een samenwerking tussen Schiphol, KLM Cargo, Cargonaut, TU Delft en Hogeschool van Amsterdam, en loopt van maart 2017 tot augustus 2019. Het SCCAS-project ondersteunt SCMP door inhoudelijke verdieping te bieden en innovaties voor te bereiden die de komende jaren kunnen worden opgepakt.

Een centrale vraag voor de Schipholcommunity is: hoe goed functioneert Schiphol nu als hub? Het antwoord op deze vraag ligt eigenlijk niet in de wereld van de knooppunten (zeehavens, luchthavens). Er wordt veelal gewezen naar de connectiviteit van de luchthaven (aantal bestemmingen) of het vrachtvolume (totaal gewicht van de verwerkte zendingen). Dat zegt wel iets over een bereikt resultaat, maar geeft weinig inzicht in de geleverde logistieke prestaties of de mate waarin de prestaties aansluiten op de wensen en behoeften van supply chains die gebruik maken van de hub. Met het SCCAS-project is een flinke stap gezet: in plaats van alleen maar te kijken naar bereikte resultaten, denken we nu in logistieke prestaties van de hub. De resultaten van dit project worden in dit rapport besproken.

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt:
Hoe kan de luchthaven Schiphol haar positie als competitieve cargoluchthaven duurzaam versterken?

Deze hoofdvraag valt uiteen in de volgende vier deelvragen:

1. ***Hoe kunnen goederenstromen betrouwbaar en snel worden afgehandeld in een toenemend complexe situatie en hoe kan de luchthaven daarin faciliteren?***
   Gezien de enorme complexiteit die het gevolg is van een combinatie van volumegroei, verfijning van goederenstromen, een afname van de beschikbare ruimte, vereiste omsteltijden door integratie met het passagiersproces en het toenemende belang van safety en security, is een betrouwbare, snelle afhandeling een belangrijke 'license to operate'. De kennis die via deze vraag wordt gegenereerd is gericht op het optimaliseren van de afhandelingsprocessen in de (fysieke) luchtvrachtketen en deze te verbinden met de passagiersketen. Dit kan worden samengevat met de term 'process innovation'.

2. ***Hoe kunnen goederenstromen optimaal worden voorspeld en gestuurd?***
   Om de betrouwbare, snelle afhandeling mogelijk te maken, zullen goederenstromen transparant en voorspelbaar moeten zijn. Dit vereist de koppeling van goederen- en informatiestromen enerzijds en data-analyse in de luchtvrachtketen anderzijds. De kennis die deze vraag oplevert is gericht op optimale procesbeheersing door integratie van informatie- en goederenstromen. Dit kan worden samengevat met de term 'data innovation'.

3. *Hoe kunnen nieuwe ketens en netwerken optimaal worden gefaciliteerd?*
   Het optimaliseren van één knooppunt als schakel in een keten of netwerk heeft onvoldoende effect op de gehele keten of het gehele netwerk. Schiphol zal als knooppunt sterke verbindingen moeten hebben binnen het netwerk van innovatieve knooppunten. Het doel van deze kennis is knooppunt Schiphol te positioneren binnen een competitief netwerk, en kan worden samengevat met de term 'business innovation

4. *Hoe kan de Schipholcommunity duurzaam (permanent) innovatief worden?*
   Om duurzaam innovatief te worden dient de community gezamenlijk, structureel en proactief in te spelen op nieuwe vraagstukken en kansen. Tot op heden heeft de Schipholcommunity maar in beperkte mate de aansluiting gezocht en gevonden bij het wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek dat onder andere binnen de TKI Dinalog wordt uitgevoerd. Daarom is een vraagstuk hoe kennisinstellingen en de community door duurzame samenwerking in wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek de concurrentiepositiepositie en het innovatievermogen van de luchtvracht-community op Schiphol kunnen vergroten?

1.5 INBEDDING IN PRAKTIJKVRAAGSTUKKEN

Om tot concrete resultaten te komen zijn voor de beantwoording van de onderzoeksvragen een viertal praktijkvraagstukken geselecteerd:

Landside pickup & delivery

Luchtvrachtzendingen worden door vervoerders en expediteurs met trucks aangeleverd en opgehaald bij de diverse afhandelaren op Schiphol. Vlak voor en na het weekend leidt het grote aantal voertuigen dat zich tegelijk meldt bij de poorten van de afhandelaren tot wachttijden, vertraging en onbetrouwbaarheid voor de vervoerders en de gehele keten. In eerdere projecten zoals de 'Milk Run' is al gewerkt aan het bundelen van de kleinere *pickup & deliveries* van expediteurs met als doel het aantal truckbewegingen te verminderen. Met de invoering van de Milk Run bij Swissport, Menzies en WFS is de congestieproblematiek nog niet van de baan. Om tot werkelijke reductie van wachttijden te komen is ook een gedragsverandering nodig in de wijze waarop expediteurs en vervoerders hun ritten plannen en moet er duidelijk worden afgesproken hoe de partijen het probleem gezamenlijk gaan oplossen. Het is essentieel dat de maatregelen werkelijk tot de gewenste vermindering van wachttijden leiden en dat alle partijen dit inzien. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag voor dit het praktijkvraagstuk:

Wat is de impact van verschillende vormen van afstemming in de planning van pickup & delivery-*activiteiten door expediteurs, vervoerders en afhandelaren op de doorlooptijd van zendingen, de logistieke efficiency en duurzaamheid van de keten?*

Prestatiemeting en beschikbaarheid en kwaliteit van data van luchtvrachtzendingen.

Om voor Schiphols bestaande goederenstromen operational excellence te kunnen bereiken en als argument te kunnen inzetten om nieuwe airlines en verladers aan te trekken, dienen de prestaties van de hub eerst te worden gemeten. Op dit moment is de logistieke prestatie van de luchtvrachthub op Schiphol nog niet gedefinieerd en wordt die ook niet gemeten: er is dus geen zicht op de feitelijke prestaties en daardoor kan ook niet worden onderbouwd in welke processen in de keten verbetering nodig of mogelijk is. Om de logistieke prestaties

te meten zijn data nodig. In het door Cargonaut geëxploiteerde Schiphol Information Exchange (SIE), dat uitwisselen van informatie faciliteert voor bedrijven, zijn veel data beschikbaar over zendingen en de uitvoering van logistieke processen. Deze data kunnen als basis dienen voor het meten van de logistieke prestaties van de logistieke hub Schiphol. Een voorwaarde is dat alle benodigde data op het platform beschikbaar en bovendien van goede kwaliteit zijn. De vraag is of het al mogelijk is om betrouwbare prestatie-indicatoren vast te stellen, omdat niet alle airlines, expediteurs en vervoerders gebruik maken van Schiphol Information Exchange of omdat ze het SIE-platform niet consequent voor alle zendingen gebruiken. Daardoor is de dataset niet compleet. Ook de kwaliteit (betrouwbaarheid, tijdigheid, consistentie) van de data dient nader te worden bepaald. De onderzoeksvraag uit het praktijkvraagstuk die hieruit voorkomt is:

Wat is de huidige kwaliteit – met als criteria betrouwbaarheid, tijdigheid, en consistentie – van de inkomende data bij Cargonaut en is het daarmee al mogelijk om betrouwbare prestatiemetingen vast te stellen met betrekking tot vrachtafhandeling op Schiphol?

Optimalisatie van de bloemen- en farmaceutische ketens

Temperatuurgevoelig vrachttransport, met name dat van bloemen en farmaceutische producten, vertegenwoordigt een grote en groeiende marktwaarde. Luchttransport verliest echter marktaandeel ten opzichte van zeetransport vanwege het hoge aantal temperatuuroverschrijdingen binnen de supply chain. Vooral tijdens de grondafhandeling op luchthavens wordt temperatuurgevoelige vracht vaak blootgesteld aan ongunstige buitentemperaturen. Schiphol is op dit moment zelf nog een hoofdrolspeler op het gebied van wereldwijd bloementransport, maar ziet dat fysieke transportroutes van bloemen veranderen door opkomende concurrentie,

nieuwe marketingkanalen en de mogelijkheid om bloemen te vervoeren per zeecontainer. Deze verschuivingen vormen een bedreiging voor de fysieke vrachtstromen van bloemen van en naar Schiphol. Daarnaast verliest Schiphol marktaandeel op het gebied van transport van farmaceutische producten aan concurrerende luchthavens zoals Brussel Airport en Luxembourg Airport. De concurrentie gaat internationaal op supply chainniveau samenwerkingen aan en investeert in hogere kwaliteit van afhandeling. Een vraagstuk is hoe de cool chain via Schiphol haar voorkeurspositie kan verkrijgen of behouden op het gebied van transport van bloemen en farmaceutische producten. De bijbehorende onderzoeksvraag uit het praktijkvraagstuk luidt:

Hoe kan de cool chain via Schiphol een Europese voorkeurspositie verkrijgen of behouden op het gebied van bloemen- en farmaceutisch transport?

Automatisch nomineren

Wanneer importzendingen op Schiphol zijn aangekomen, stellen de afhandelaren aan de hand van de air waybill handmatig vast voor welke klant de zending bestemd is en welke expediteur moet worden geïnformeerd om de zending te komen afhalen namens de klant. Deze werkwijze, die wordt aangeduid als nomineren, vertraagt de keten omdat het nomineren pas start als de zending er fysiek is. Ze is bovendien gevoelig voor fouten. In SCMP is gestart met de ontwikkeling van een proces waarbij het nomineren automatisch wordt uitgevoerd op basis van air waybill-informatie die airlines aanleveren bij Cargonaut voor meldingen aan de douane en de luchthaven. Voor dit praktijkvraagstuk luidt de onderzoeksvraag:

Hoe kan het matchen van zending en expediteur zo betrouwbaar mogelijk worden gemaakt en welke mogelijkheden biedt het vroegtijdig beschikbaar maken van de informatie over de aankomst van de zending voor de optimalisering van het logistieke proces door expediteurs, afhandelaren en vervoerders?

1.6 AANPAK SMARTEST CONNECTED CARGO AIRPORT SCHIPHOL

Om de onderzoeksvragen van elk praktijkvraagstuk te beantwoorden is een projectteam gevormd, bestaande uit vertegenwoordigers van het bedrijfsleven en de kennisinstellingen. Ieder praktijkvraagstuk heeft een andere onderzoeksaanpak en ook de betrokken projectpartners verschillen:

> Het onderzoek dat gericht is op de optimalisatie van de bloemen- en farmaceutische ketens is opgezet als exploratief praktijkgericht onderzoek. Via een serie studentonderzoeken, uitgevoerd door studenten van de TU Delft en Hogeschool van Amsterdam, is stap voor stap verkend welke factoren belangrijk zijn om innovaties in de keten te realiseren waarbij een hogere productkwaliteit van bloemen en farma wordt nagestreefd. Het onderzoek is uitgevoerd bij verschillende afdelingen van KLM Cargo die betrokken zijn bij het transport en de afhandeling van bloemen en farma.

> Het onderzoek naar automatisch nomineren is een combinatie van ontwerpgericht onderzoek, kwantitatieve analyse en kwalitatief onderzoek. De ontwikkeling van een algoritme voor automatisch nomineren en de kwantitatieve analyse van de prestaties van het algoritme zijn uitgevoerd door een postdoc van de TU Delft. De kwalitatieve verkenning van de logistieke verbeteringen die door de invoering van automatisch nomineren mogelijk worden, is uitgevoerd door studenten van de Hogeschool van Amsterdam met ondersteuning van ACN en Cargonaut.

> De ontwikkeling van methoden en technieken samenwerking in *pickup & delivery* te analyseren, is kwantitatief onderzoek, uitgevoerd door twee postdocs. Een postdoc van de TU Delft heeft zich gericht op optimalisatiemethoden, een postdoc van de Hogeschool van Amsterdam heeft een simulatietool ontwikkeld. Zij hebben hierbij afgestemd met de programmamanager van het SCMP.

> De beschikbaarheid en kwaliteit van data van luchtvrachtzendingen is geanalyseerd door een business owner en een software engineer van Cargonaut en een postdoc van de Hogeschool van Amsterdam. De uitwerking van KPI's is uitgewerkt door een student van Hogeschool van Amsterdam in samenwerking met Luchthaven Schiphol. De mogelijkheden bij toepassing van datasciencetechnieken zijn verkend door een student van NHL Stenden in samenwerking met Cargonaut en Luchthaven Schiphol.

In totaal hebben er drie postdocs en elf studenten aan het onderzoek gewerkt.

1.7 DEELNEMERS AAN HET ONDERZOEK

Het SCCAS-project is een samenwerking van Schiphol Nederland, KLM Cargo, Cargonaut, TU Delft en Hogeschool van Amsterdam. Het project wordt gefinancierd door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en TKI Dinalog.

ACN en FloraHolland hebben nauw samengewerkt met het project. Daarnaast hebben circa vijftig organisaties die direct of indirect betrokken zijn bij logistieke vrachtketens via Schiphol een bijdrage geleverd aan een of meerdere deelprojecten binnen het SCCAS-project. Een selectie van deze partijen:

AbbVie	Fast Forward Freight	Nippon Express
AirBridgeCargo	Flora United International	Panalpina World Transport
Alkemade International	Flowerwatch	Qatar Airways
Barile	Fregat Logistics	Rhenus Air & Ocean
Batian Flowers	Holex	Sanofi
Bouwman Snijder Importservice	IAA	SmartLOXS
Cavalier Logistics	Kuehne + Nagel	Swissport
DACHSER	Magana Flowers	UPS Supply Chain Solutions
DB Schenker	Menzies	Validaide
DHL Global Forwarding	Merck, Sharp & Dohme (MSD)	Van Dijk Bloemen BV
Dnata	Nagel	Worldwide Flight Services (WFS)
EVA AIR	Nature's Pride	Yusen Logistics
Expeditors		

AUTOMATISCH NOMINEREN: OPMAAT NAAR BETERE KETENPRESTATIES

2. AUTOMATISCH NOMINEREN: OPMAAT NAAR BETERE KETENPRESTATIES

2.1 ROL VAN NOMINEREN IN DE KETEN

Wanneer zendingen vanuit een vlucht bij een luchtvrachtafhandelaar zijn binnengekomen dient de zending te worden overgedragen aan een expediteur die in opdracht van de verzender of ontvanger de goederen naar de plaats van bestemming brengt. Het proces dat de luchtvrachtafhandelaar uitvoert om te bepalen welke expediteur moet worden geïnformeerd en aan wie de zending mag worden overgedragen heet nomineren. Het proces van nomineren is nodig omdat de ontvanger wél en de expediteur niet standaard op de air waybill (AWB) worden vermeld. Concreet betekent het nominatieproces dat een afhandelaar de naam van de ontvanger op de air waybill opzoekt in een overzicht (agent list) waarin alle expediteurs hebben aangegeven welke verladers door hen worden vertegenwoordigd. Elke afhandelaar houdt zijn eigen agent list bij.

In het SCMP-programma is digitalisering van het nominatieproces, dat nu nog handmatig plaatsvindt, benoemd als een belangrijke voorwaarde voor het verbeteren en versnellen van het logistieke proces op Schiphol. Bij een gedigitaliseerd nominatieproces, waarin de air waybill digitaal beschikbaar is en de nominatie direct kan worden uitgevoerd, kunnen expediteurs worden geïnformeerd over binnenkomende zendingen nog voordat ze gearriveerd zijn. Dat biedt mogelijkheden voor expediteurs, vervoerders en afhandelaren om het logistieke proces op Schiphol efficiënter te plannen en uit te voeren.

De onderzoeksvragen over het digitaliseren van het nominatieproces en het optimaliseren van het logistieke proces op Schiphol die voor het SCCAS-project werden uitgewerkt, luiden:

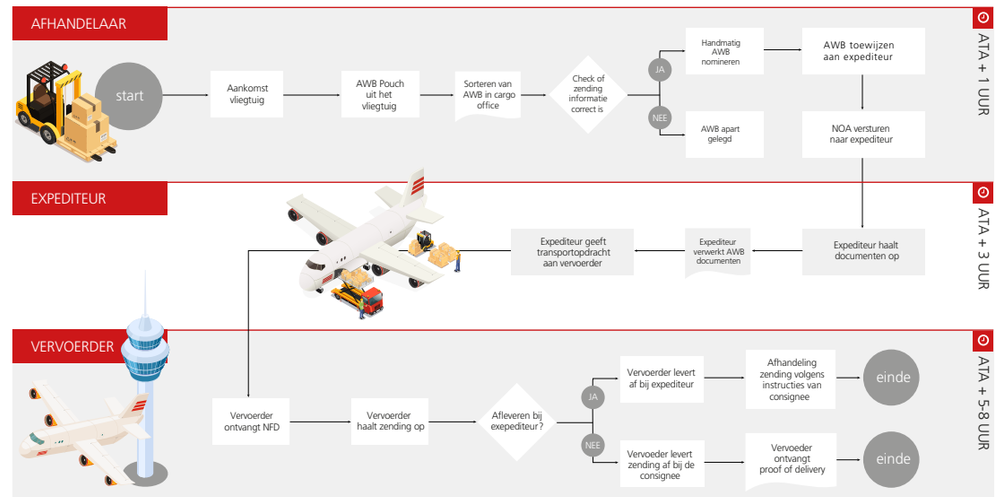
1. In hoeverre kunnen zendingen betrouwbaar met een algoritme worden genomineerd en welke methodiek is daarvoor geschikt?
2. Wat zijn de mogelijkheden voor expediteurs, vervoerders en afhandelaren om de logistieke processen na invoering van automatisch nomineren efficiënter te plannen en uit te voeren?

2.2 VAN HANDMATIG NAAR AUTOMATISCH NOMINEREN IN DE KETEN

Voordat het onderzoek aan bod komt, wordt kort de rol en positie van het nomineren in de keten toegelicht. De kern van het nominatieproces is de matching van de naam van een verlader op de air waybill met de naam van de verlader in de agent list van de afhandelaar. Als de match is gemaakt, kan de bij de verlader genoemde expediteur worden bepaald en benaderd. De agent list is samengesteld op basis van stationsverklaringen die de afhandelaar van expediteurs heeft ontvangen. Een stationsverklaring is een officiële verklaring van een verlader waarin deze aangeeft dat hij op Schiphol wordt vertegenwoordigd door de betreffende expediteur en waarin hij de afhandelaar het mandaat geeft om informatie en zendingen van de verlader over te dragen aan de expediteur. In de praktijk houdt elke afhandelaar een eigen agent list bij voor de stationsverklaringen die hij heeft ontvangen.

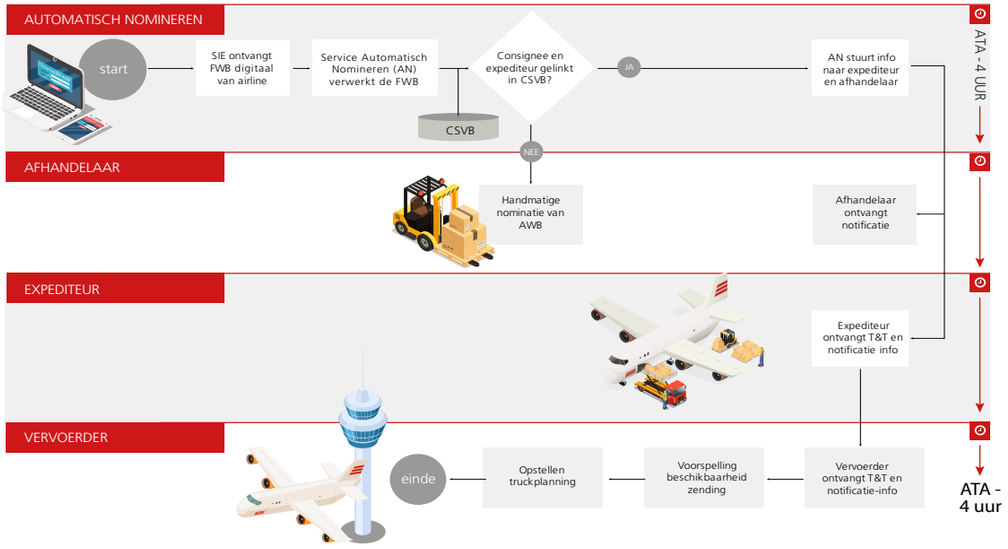
Wanneer de expediteur is bepaald, stuurt een afhandelaar het bericht ‘notification of arrival’ (NOA) naar de expediteur. Als een afhandelaar een NOA stuurt, wordt deze in de praktijk binnen een uur na de landing van het vliegtuig gestuurd. Als de zending is aangekomen, afgehandeld en klaar staat voor pickup in de loods van de afhandelaar, stuurt de afhandelaar een NFD-bericht (‘notification cargo and documents ready for pickup’) naar de expediteur. Dit bericht volgt doorgaans 8 tot 12 uur na de NOA. Als een afhandelaar de NOA niet stuurt is de NFD het eerste bericht dat een expediteur over een binnengekomen zending ontvangt. Na ontvangst van de NFD kan de expediteur de logistieke vervoerder opdracht geven om de zending op de luchthaven op te halen. In sommige gevallen vraagt de expediteur aan de afhandelaar het aan hem gerichte NFD-bericht ook naar zijn vervoerder te sturen. Vervolgens kan de vervoerder het tijdstip van ophalen plannen, waarna hij de zending, afhankelijk van de instructies van de expediteur, kan afleveren bij de loods van de expediteur of direct bij de ontvanger.

Figuur 2-1: Huidige nominatieproces op Schiphol



Bij automatisch nomineren wordt het nomineren centraal uitgevoerd door Cargonaut, gebaseerd op de informatie beschikbaar in de Schiphol Information Exchange die Cargonaut beheert. ‘Nomineren’ is een service die losstaat van de SIE en is hier geen onderdeel van. De expediteurs voeren nu in een Centraal Stationsverklaringsbestand (CSVB) in voor welke verladers zij de binnenkomende zendingen organiseren en uitvoeren. De expediteurs zijn zelf verantwoordelijk om hun afspraken en contracten met verladers binnen het CSVB up to date te houden. Zodra het Schiphol Information Exchange-platform de air waybill van de inkomende zending ontvangt, begint het nominatieproces. Een nominatiealgoritme koppelt op basis van de AWB en de informatie uit het CSVB automatisch de juiste expediteurs aan inkomende zendingen. Na het nomineren stuurt de autonominatieservice een bericht naar de expediteur en biedt hem toegang tot alle tot dan toe bekende informatie: vluchtgegevens, FWB-nummer, verlader, ontvanger, aantal stukken en gewicht van de zending op de FWB en op de vlucht, en de special handling codes (SPH). Door de invoering van automatisch nomineren ontvangt de expediteur deze informatie al kort nadat het vliegtuig is vertrokken van de luchthaven van herkomst, in plaats van 1 tot 8 uur na landing op Schiphol via NOA of NFD in de huidige situatie.

Figuur 2-2: Ketenproces met automatisch nomineren



2.3 ALGORITME EN DE BETROUWBAARHEID VAN DE MATCHING

Vraagstuk

Het gedigitaliseerde nominatieproces verloopt op dezelfde manier als het handmatige proces, met het verschil dat er gebruik wordt gemaakt van een digitaal centraal stationsverklaringsbestand (CSVB) voor alle afhandelaren. Expediteurs moeten ervoor zorgen dat de stationsverklaringen van de verladers waarvoor zij actief zijn, beschikbaar zijn in het CSVB zodat hun zendingen kunnen worden gematcht.

Voor het digitaal matchen van de verlader kan slechts gebruik worden gemaakt van de informatie die op de air waybill beschikbaar is: naam van de ontvanger, adres en woonplaats. Het matchen van deze data is lastig om een aantal redenen: er kunnen spel- en typefouten in zitten, er wordt gebruikgemaakt van verschillende afkortingen, er kunnen bedrijven zijn met een vergelijkbare naam, op de air waybill staan oude bedrijfsnamen of adressen, of er worden nog andere fouten gemaakt (bijvoorbeeld verkeerde adres, woonplaats etc.). Afwijkingen moeten nu door een computer in plaats van door de mens kunnen worden geïnterpreteerd.

Voor het succes van automatisch nomineren is het van belang dat een zo hoog mogelijke betrouwbaarheid wordt gerealiseerd in het matchen van verladers. Een betrouwbaarheid van 85% is voor SCMP de minmum eis om te starten met de ontwikkeling van automatisch nomineren. Door toevoeging van een zelflerend systeem, waarbij de afhandelaren de fouten die zij nog tegenkomen in de praktijk corrigeren in de feedbackmodule van de dienst automatisch nomineren, kan stap voor stap de betrouwbaarheid worden verhoogd en kunnen structurele fouten die het systeem nog niet had herkend, ook structureel worden opgelost.

Onderzoeksaanpak

Voor het matchen van gegevens van de verladers is een procedure ontwikkeld waarbij het onderliggende algoritme gebruikmaakt van de principes van ‘string matching’. Daarbij word gekeken naar het juiste aantal woorden of letters, de juiste volgorde waarin woorden of letters voorkomen (dus het woordbeeld). Indien woorden niet identiek zijn wordt gecontroleerd of woorden op elkaar lijken door te kijken naar het aantal woorden of het aantal keren dat letters voorkomen in de namen die moeten worden gematcht en naar het verschil in het aantal woorden of in het voorkomen van letters.

Het algoritme is gebaseerd op een combinatie van string matching en vergelijkingsalgoritmes die worden gebruikt in zoekmachines, DNA-onderzoek en spellingscheckers.

Stap 1: Opschonen en filteren

Het algoritme lost eerst een aantal problemen bij het vergelijken van namen of letterreeksen op:

> Er komen tekstonderdelen voor die geen waarde toevoegen zoals BV of B.V., kopieerfouten als COMPANY en ADDRESS die per ongeluk in de tekstvelden van de air waybill terecht zijn gekomen of dubbele spaties. Het algoritme wist deze onnodige tekstdelen.

> Mede door typefouten komen er tekstdelen voor die erg op elkaar lijken voor zoals LOGISTICS, LOGISTICIS en LOGSTICS. Het algoritme bevat een methode om te herkennen wat met grote mate van waarschijnlijk de juiste woorden zijn en corrigeert de daarop lijkende woorden. Daarmee wordt voorkomen dat typefouten een match negatief beïnvloeden. Het kan altijd voorkomen dat woorden erg op elkaar lijken en er toch geen sprake is van een typefout. In dat geval biedt het algoritme de gebruiker de mogelijkheid om woorden op te geven die niet mogen worden gecorrigeerd.

Stap 2: String matching / string similarity

Voor het vergelijken van de namen van de verladers op de air waybill met de namen op de agent list zijn in de wetenschappelijke literatuur verschillende methoden voor ‘fuzzy string matching’ beschikbaar. Fuzzy string matching geeft aan dat de methode er al van uitgaat dat er geen sprake zal zijn van een perfecte match. Methodes geven met een score of percentage aan hoeveel de twee namen van elkaar afwijken. Een veelgebruikte indicator is de Levenshteinafstand. Dat is het minimumaantal bewerkingen dat nodig is om de reeksletters van een woord in een ander woord te veranderen (door letters toe te voegen, te verwijderen of te vervangen). De Hammingafstand vergelijkt het aantal keren dat letters in beide namen voorkomen: als een letter even vaak voorkomt, krijgt die de score 0. Is er een verschil, dan krijgt de letter de score 1. De Hammingafstand telt alle scores bij elkaar op om de afstand tussen de namen te bepalen. Andere veelvuldig toegepaste methoden zijn ‘cosinus similarity’ en ‘most frequent K characters’.
In het algoritme zijn vier verschillende algoritmes gecombineerd. Elk van de methoden geeft een waarde van 1 tot 0. Met een gewogen gemiddelde kan een score worden berekend voor het verschil tussen de twee letterreeksen. Bij een score van 1 geven alle vier methoden aan dat de letterreeksen identiek zijn.

Stap 3: Selecteren van de beste match

Als alle scores van het matchenvan de verladers in de air waybill met met de verladers in de agent list zijn berekend., kan de match met de hoogste scores worden geselecteerd als resultaat van het automatische nominatieproces.

Stap 4: Controleren van de betrouwbaarheid

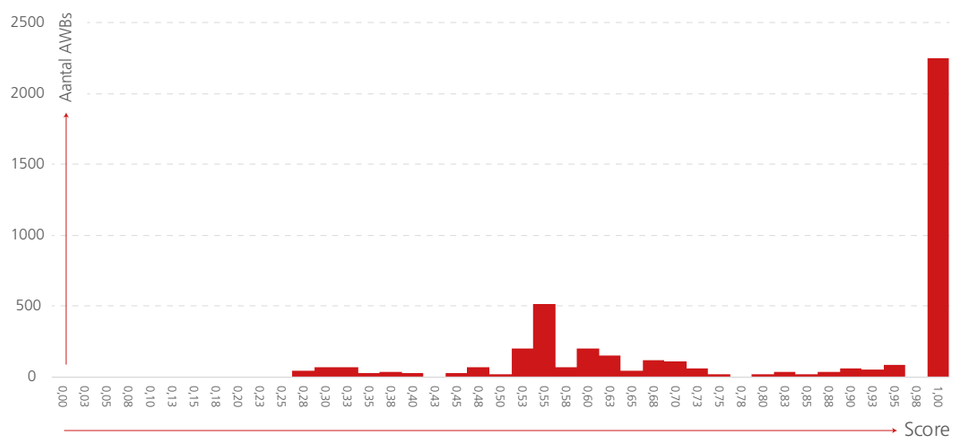
Om continu te beoordelen of de prestaties van het algoritme betrouwbaar zijn, kan de output van het algoritme worden vergeleken met het FSU-DLV bericht van de betreffende air waybill. Het FSU-DLV (Freight Status Update -Delivered)-bericht wordt door afhandelaren gestuurd aan de airline als een zending is overgedragen aan een expediteur. Het FSU-DLV bevatten een veld met de code van de expediteur die door de afhandelaar handmatig is gematcht in het huidige nominatieproces. Als de agentcode van het algoritme identiek is aan de agentcode uit de FSU, dan is de matching betrouwbaar, anders is de matching onbetrouwbaar.

Resultaten

Het algoritme is toegepast op een dataset met air waybills, FSU-data en stationsverklaringen van twee afhandelaren op Schiphol.

Afhandelaar A: er zijn 5.319 AWB's vergeleken met een agentbestand met 11.448 stationsverklaringen. De vier methoden voor het matchen van de namen wegen allemaal even zwaar mee. In de betrouwbaarheidscontrole zijn 4.215 matches van verladers vermeld op de AWB en in stationsverklaringen aangeduid als betrouwbaar. In 395 gevallen zijn de data over de betreffende AWB niet gevonden in de FSU-data, waardoor er geen check mogelijk was. In 9 gevallen waren de FSU-gegevens niet gevuld, terwijl er in 31 gevallen geen agentcode in het bestand met stationsverklaringen gemeld stond. In 669 gevallen is de match als niet-betrouwbaar gemarkeerd. Een eerlijke vergelijking voor de effectiviteit van het algoritme is de verhouding tussen het aantal betrouwbare overeenkomsten en het aantal agentcodes dat is vergeleken (dat wil zeggen dat de AWB's waarvoor geen FSU-data beschikbaar zijn, buiten beschouwing worden gelaten). Zo verkrijgen we een betrouwbaarheidspercentage van 4215 / (4215 + 669) = 86%.

Figuur 2-3: Matchingscores voor afhandelaar A



Figuur 2-4 toont de scoreverdeling voor de 4.215 betrouwbare matches. Er is een zeer duidelijke piek van inzendingen met een unitaire (1) score, terwijl de rest van de matches varieert tussen scores van 0,3 en 0,95. Interessant is dat van de 669 niet-betrouwbare matches er 134 een score van 0,9 of hoger hebben. Een groot deel daarvan is handmatig gecontroleerd. Daaruit blijkt dat de match op naam van de verlader feitelijk betrouwbaar is. Het lijkt erop dat de agentcodes in de stationsverklaringen niet zijn bijgewerkt, en daarom mislukt de betrouwbaarheidscontrole. Als we dit corrigeren, stijgt het succespercentage van de betrouwbaarheidscheck tot ruwweg 90%. In de praktijk van automatisch nomineren kunnen afwijkende combinaties van agentcodes uit de air waybills en de FSU-data relatief eenvoudig worden getoond. Medewerkers van de afhandelaren kunnen de gekozen agentcode aanpassen. Indien nodig worden de data in het centrale stationsverklaringenbestand (CSVB) aangepast.

> *Afhandelaar B:* In dit geval zijn er 2740 AWB-vermeldingen, terwijl er 14.940 verladers staan vermeld in de stationsverklaringen. De vier gewichten zijn wederom allemaal gelijk aan 0,25. Na een betrouwbaarheidscheck zijn 1774 matches als betrouwbaar gemarkeerd. In 238 gevallen is het nummer van de air waybill niet gevonden in de FSU-gegevens. In 9 gevallen was de cel 'agentcode' in de FSU-data leeg, terwijl in 334 gevallen de cel agentcode in de agentlist leeg was. In 385 gevallen is de overeenkomst als niet-betrouwbaar gemarkeerd.

Met dezelfde berekening van het succespercentage als bij afhandelaar A verkrijgen we een betrouwbaarheidspercentage van 1774 / (1774 + 385) = 82%. De trend is dezelfde als bij afhandelaar A. Er is een zeer duidelijke piek van items met een unitaire score, terwijl de rest van de matches varieert tussen scores van 0,3 en 0,95. Ook in dit geval hebben 177 van de 385 niet-betrouwbare matches een score van 0,9 of hoger. Als we dit beschouwen als betrouwbare matches, neemt het slagingspercentage toe tot ongeveer 91%.

2.4 MOGELIJKHEDEN TOT LOGISTIEKE VERBETERINGEN IN DE KETEN

Onderzoeksvraag

In de business case die in het SCMP-programma is opgesteld, zijn de directe effecten van automatisch nomineren benoemd: afhandelaren besparen op de inzet van medewerkers die de handmatige nominatie uitvoeren, en het aantal foutieve nominaties wordt verminderd door automatiseren van het proces en door invoering van de feedback-loop. Daarnaast kunnen expediteurs tot 5 uur voor aankomst van de vlucht worden geïnformeerd over de verwachte aankomsttijd van een zending. De verwachting is dat ketenpartijen met betere (volledige en tijdige) informatie beter kunnen plannen en processen efficiënter kunnen uitvoeren en dat daarmee de doorlooptijd van zendingen kan worden verkort. Dit geldt zowel voor de vrachtafhandelaar, de expediteur als voor de vervoerders. De vraag is welke mogelijkheden expediteurs, vervoerders en afhandelaren zien om logistieke processen efficiënter te plannen en uit te voeren.

Onderzoeksaanpak

Om te inventariseren welke mogelijkheden de ketenpartijen zien om de logistieke keten te verbeteren met automatisch nomineren zijn semi-gestructureerde interviews uitgevoerd bij 5 luchtvrachtafhandelaren, 9

grotere en kleinere expediteurs en 4 vervoerders. Op basis van deze interviews zijn de huidige processen van de verschillende ketenpartijen beschreven en de directe en indirecte logistieke effecten van automatisch nomineren op deze processen in kaart gebracht.

Resultaten

De verwachtingen over de logistieke voordelen lopen sterk uiteen. Vooral onafhankelijke expediteurs en expediteurs zonder wereldwijd IT-netwerk geven aan dat zij profijt zullen hebben van de tijdige informatieverstrekking in hun logistieke planning. Dossiers van zendingen worden niet altijd volledig en op tijd aangeleverd door collega-expediteurs en daardoor zijn zij voor de logistieke planning vooral afhankelijk van de berichtgeving van de afhandelaren over inkomende vrachtzendingen. Door de tijdige berichtgeving wordt het mogelijk om zendingen eerder aan te melden voor de collectieve pick up & delivery rit (de Milk Run) of om op tijd afspraken te maken voor het afhalen van zendingen bij de afhandelaren.

Expediteurs die onderdeel zijn van een wereldwijd netwerk of die beschikken over een wereldwijd IT-netwerk geven aan de meeste informatie al wel voor aankomst binnen te hebben gekregen. Voor hen levert de koppeling van automatisch nomineren met de dienst Track & Trace van Cargonaut voordeel: ze hebben meer inzicht in het verloop van de keten en zijn daardoor in staat om beter plannen. De bedrijven zien automatisch nomineren als een belangrijke voorwaarde en enabler voor de invoering van flexibele tijdslots voor de pickup van zendingen bij de afhandelaren. Hiermee kan congestie op de landzijde bij de afhandelaar worden tegengegaan.

Hoewel de ketenpartijen verwachten dat automatisch nomineren een positief effect heeft op zowel logistieke planningsprocessen als de vermindering van het aantal administratieve handelingen, hebben ketenpartijen nog niet concreet voor ogen hoe zij de huidige processen en informatiestromen moeten aanpassen om daadwerkelijk te kunnen profiteren van de extra informatie. Ook kon er uit de interviews nog niet worden afgeleid welke informatie bij expediteurs wel en welke niet tijdig beschikbaar is en hoe groot de impact is voor elk van de groepen expediteurs. De effecten worden daarom vooralsnog globaal geduid.

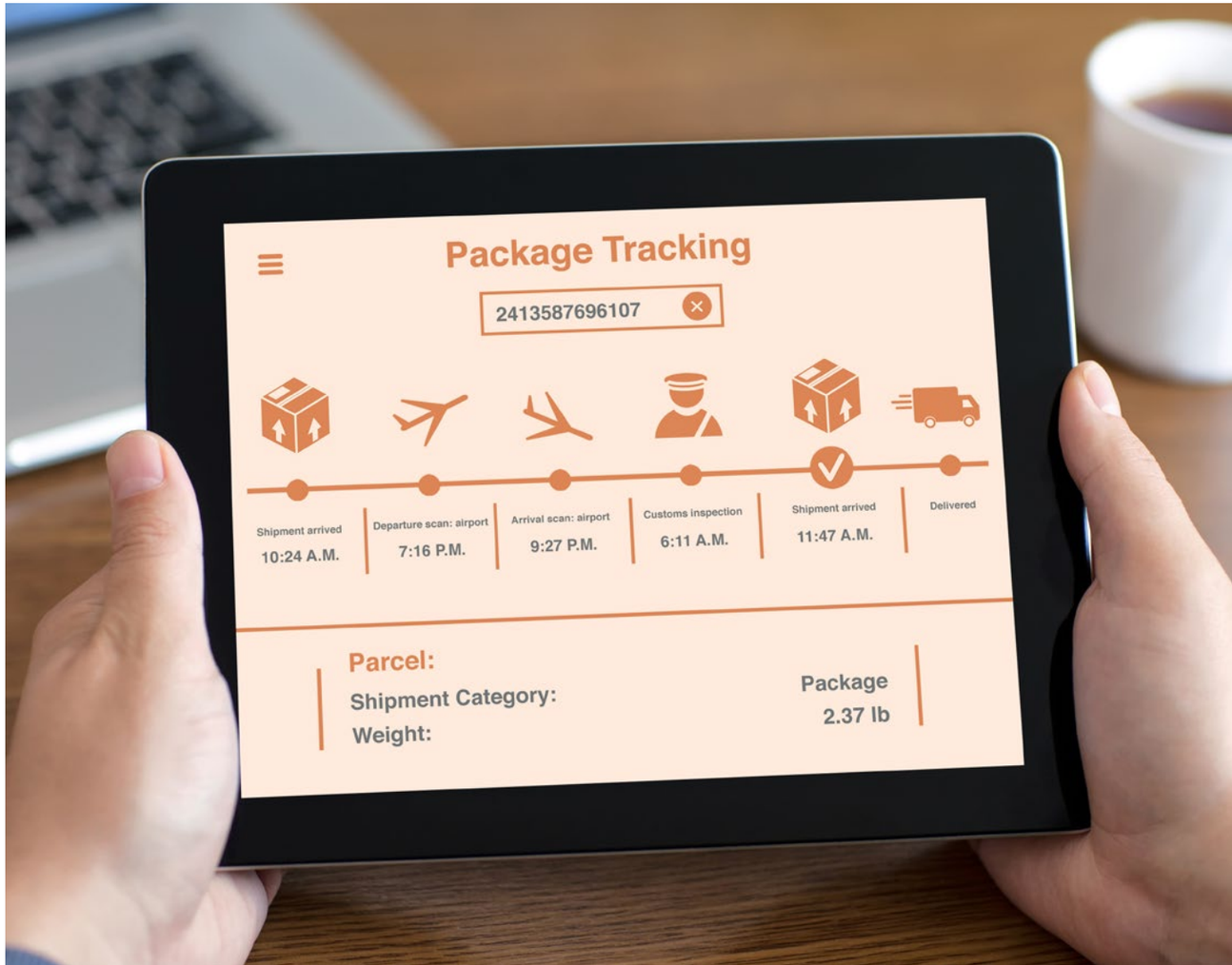
2.5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. In tests met data van twee afhandelaren is aangetoond dat het ontwikkelde algoritme voor automatisch nomineren al een betrouwbaarheid haalt van 90% of meer. Met een feedbackloop kan het algoritme leren van de gemaakte fouten en het aantal foute nominaties verder beperken. Op basis van de getoonde betrouwbaarheid heeft SCMP besloten tot de ontwikkeling en implementatie van automatisch nomineren op Schiphol.

2. De meerwaarde van automatisch nomineren voor de logistieke planning is sterk afhankelijk van de informatie die expediteurs nu zelf al hebben (of juist niet hebben). Expediteurs die niet zijn aangesloten op een wereldwijd IT-systeem binnen de eigen organisatie of in een netwerk van expediteurs geven aan dat automatisch nomineren meer en betere informatie biedt. Voor een nauwkeuriger inschatting van de voordelen van automatisch nomineren voor expediteurs en vervoerders is het wenselijk om concreter in beeld te brengen welke informatie de expediteurs nu al hebben en in welke vorm.

3. De ketenpartijen verwachten dat automatisch nomineren naast de directe administratieve voordelen ook logistieke voordelen oplevert. De effecten worden echter in zeer algemene bewoordingen geduid, zonder dat concreet wordt hoe de huidige processen en informatiestromen kunnen worden verbeterd. Ketenpartijen lijken zelf ook nog niet precies voor ogen te hebben wat de concrete effecten op hun processen en stromen zijn. Zij zullen hier pas diepgaander onderzoek naar gaan doen wanneer automatisch nomineren in werking is getreden.

4. Om de effecten van automatisch nomineren op de processen van de ketenpartijen gedetailleerd in kaart te brengen, wordt aanbevolen om concrete cases bij twee of drie kleinere expediteurs uit te werken. Dit heeft als doel om beter inzicht te krijgen in de werkelijke impact op en kansen voor de transportplanning in termen van load factors van trucks en doorlooptijden van zendingen.



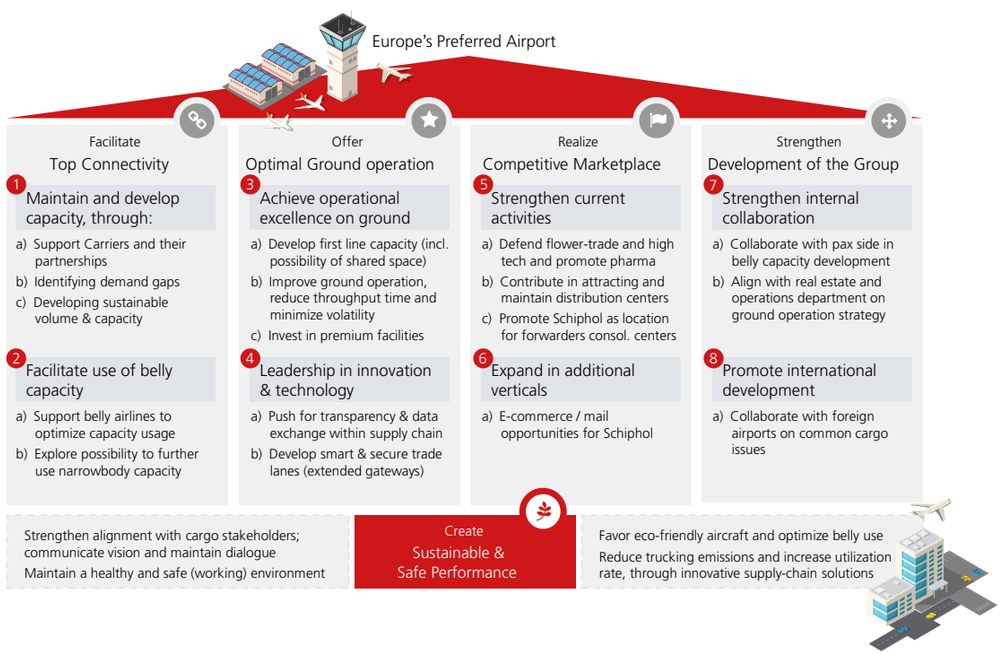
STUREN OP LOGISTIEKE VERBETERINGEN MET BETROUWBARE DATA

3. STUREN OP LOGISTIEKE VERBETERINGEN MET BETROUWBARE DATA

3.1 CONCURRENTIEPOSITIE VAN SCHIPHOL

Amsterdam Airport Schiphol staat op de derde plaats binnen de top tien van Europese luchthavens voor vracht (Royal Schiphol Group, 2019c). Deze positie heeft Schiphol opgebouwd met een aantal sterke troeven, onder andere een sterke home carrier, AirFranceKLM, een excellente connectiviteit, de samenwerking met douane en de samenwerking binnen de community, met als voorbeelden Air Cargo Nederland en Cargonaut. Schiphol is de Europese luchthaven met de meeste directe verbindingen naar andere vrachtbestemmingen (ACI Europe, 2017). Met een one-stop shop naar vele bestemmingen kunnen expediteurs de logistieke keten voor hun klanten efficiënt inrichten. De goede samenwerking tussen bedrijfsleven en douane maakt een vlotte afwikkeling van het toezicht mogelijk en maakt logistieke stromen betrouwbaar en voorspelbaar voor airlines, expediteurs en verladers. Schiphol zet net als andere luchthavens in op het aantrekken van specifieke ladingstromen zoals e-commerce en temperatuurgevoelige lading (farma en bloemen). Behalve de daarvoor benodigde faciliteiten zal de Schipholcommunity ook haar logistieke prestaties (o.a. doorlooptijd en betrouwbaarheid van het logistieke proces) op de behoeften van deze keten moeten afstemmen en waarmaken. In de strategie van Schiphol Cargo is dit verwoord in de ambities 'Achieve operational excellence on the ground' en 'Leadership in innovation & technology'.

Figuur 3-1: Schiphol Cargo Strategy (Royal Schiphol Group, 2016)



Om operational excellence van de hub te kunnen bereiken voor de bestaande goederenstromen en dit als argument te kunnen inzetten voor het aantrekken van nieuwe airlines en verladers, dienen de prestaties van de hub eerst te worden gedefinieerd en ook te worden gemeten. Op dit moment is de logistieke prestatie van de luchtvrachthub op Schiphol niet gedefinieerd en worden er ook geen ketenprestaties gemeten: er is dus geen zicht op de feitelijke prestaties en daarmee ook geen onderbouwing in welke processen in de keten verbetering nodig of mogelijk is. De opgave om tot structureel betere prestaties te komen via een gezamenlijke plan-do-check-act-cyclus bestaat uit het formuleren van logistieke doelstellingen, het definiëren van prestaties en het verzamelen van de daarvoor benodigde data. Pas daarna kan worden bijgestuurd om de doelstellingen te bereiken.

Het Schiphol Information Exchange, dat wordt geëxploiteerd door Cargonaut, faciliteert het uitwisselen van informatie tussen ketenpartijen en bevat veel data over zendingen en over de uitvoering van logistieke processen op Schiphol. Deze data kunnen als basis dienen voor het meten van de logistieke prestaties van de logistieke hub Schiphol. Een voorwaarde is dat alle benodigde data op het platform beschikbaar en van goede kwaliteit zijn. Een vraag is of het al mogelijk is om betrouwbare prestatiemetingen vast te stellen, omdat niet alle airlines, expediteurs en vervoerders gebruikmaken van de Schiphol Information Exchange (SIE), of omdat ze het SIE-platform niet consequent voor alle zendingen gebruiken. Daardoor is de dataset niet compleet. Ook de kwaliteit (betrouwbaarheid, tijdigheid, consistentie) van de data dient nader te worden bepaald.

Naast definiëren en meten van de prestaties is de wens van Luchthaven Schiphol om de prestaties te kunnen vergelijken met de prestaties met andere luchthavens. Door de toename van data die op Schiphol en bij externe bronnen beschikbaar komen, kan met datasciencetechnieken meer inzicht worden verkregen in de factoren die voor expediteurs bepalend zijn bij het boeken van lading op vluchten vanaf Schiphol of andere luchthavens.

In SCCAS zijn vier deelonderzoeksvragen geformuleerd voor het definiëren, meten en interpreteren van de prestaties van de luchtvrachtcommunity op Schiphol:

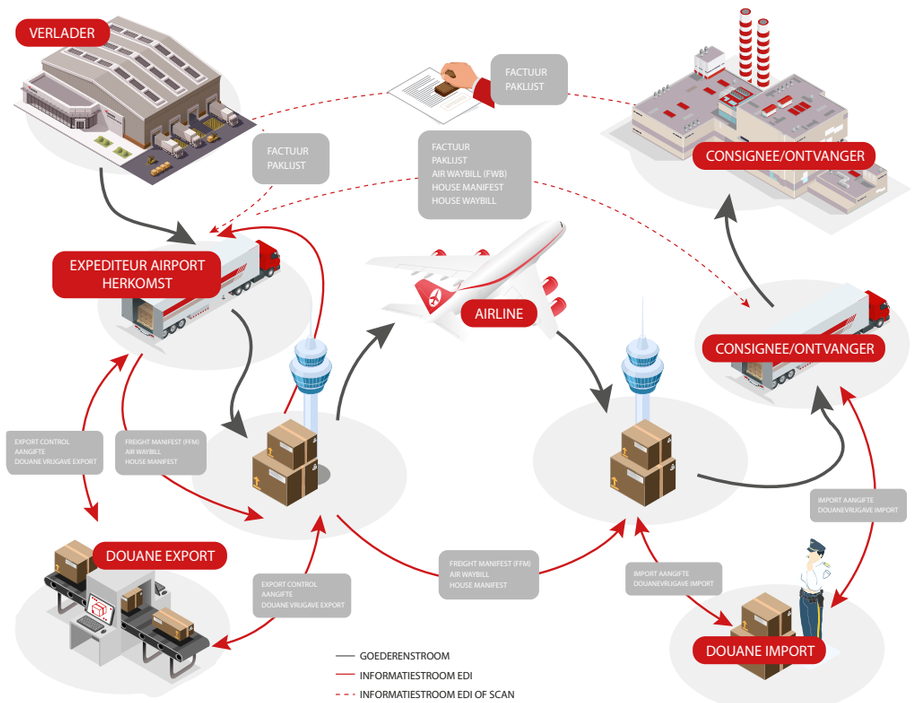
1. Welke data over zendingen en logistieke processen worden door airlines, expediteurs, vervoerders, verladers, luchthaven en douane via de Schiphol Information Exchange gedeeld?
2. Wat is de dekking en de kwaliteit van de data die bedrijven uitwisselen via de Schiphol Information Exchange en welke acties zijn nodig om de dekking en kwaliteit te verhogen?
3. Hoe kan de logistieke prestatie van de vrachtcommunity op Schiphol worden uitgedrukt en gemeten met Key Performance Indicators (KPI's)?
4. Welke inzichten over de gewenste proposities op Schiphol kunnen worden verkregen door toepassen van datasciencetechnieken en externe data op zendingen die met road feeder services (RFS) worden uitgevoerd?

3.2 OVERZICHT VAN HUIDIGE INFORMATIESTROMEN OP SCHIPHOL

Tussen de partijen in de luchtvrachtketen worden diverse opdrachten, statusmeldingen et cetera uitgewisseld om onderling aan te geven en af te stemmen wat er moet worden vervoerd, hoe, wanneer en door wie.
Een schematisch overzicht van deze informatiestromen is weergegeven in Figuur 3-2. Expediteurs leggen de transportopdrachten van verladers vast in een house air waybill (HAWB). De transportopdracht die expediteurs

vervolgens plaatsen bij de airline wordt vastgelegd in een freight waybill (FWB). Een freight waybill kan bestaan uit een transportopdracht van één verlader maar kan ook een groupage (consolidatie) zijn van zendingen (HABW's) van meerdere verladers. De expediteur deelt de factuur (invoice) en de paklijst van de zending meestal direct met de ontvangende expediteur of verlader, maar niet met de airline.

Figuur 3-2: Informatiestromen in de luchtvrachtketen (IATA, 2013)



Voor vertrek van een vlucht stelt de luchtvaartmaatschappij een freight flight manifest (FFM) op. Op het FFM staat de belangrijkste informatie met betrekking tot alle AWB's die worden vervoerd op een bepaalde vlucht: *air waybill*-nummer, herkomst van een zending, bestemming van een zending, gewicht en aard van de goederen. De FFM wordt door airlines gebruikt om de afhandelaar op de luchthaven van bestemming, de luchthavenautoriteit en de douane te informeren.

Vervolgens melden de airlines de voortgang van het proces aan hun ketenpartners met behulp van flight status updates (FSU's). Om kwaliteit en gestandaardiseerde berichten en mijlpalen te garanderen voor alle stakeholders van luchtvracht, heeft IATA het Master Operating Plan (MOP) ontwikkeld. Hierin wordt het luchtvrachttransportproces beschreven, inclusief aanverwante informatiemijlpalen. Elke mijlpaal definieert het moment waarop een essentieel stuk van de supply chain op de luchthaven is voltooid. Freight status updates (FSU) zijn berichten die de realisatie van een mijlpaal door een zending doorgeven.

De genoemde IATA-berichten worden door de airlines, afhandelaren en expediteurs onderling uitgewisseld via hun eigen IT-systemen en informatiedienstverleners, zoals Champ en Descartes. De belangrijkste mijlpalen die op de luchthavens van toepassing zijn, worden beschreven in tabel 3-1.

Tabel 3-1: Overzicht van berichten in de luchtvrachtketen (IATA, 2013)

BERICHT	TOELICHTING
FWB/AWB	De air waybill (AWB) is het contract tussen de opdrachtgever (expediteur) en de airline waarin de afspraken voor het vervoer van een zending zijn vastgelegd: herkomst, bestemming, naam van de ontvanger, volume en gewicht, aard van de goederen, waarde van de goederen, condities van het vervoer, aan- en aflevering en de overeengekomen prijs. Het digitale bericht waarin de AWB-informatie tussen partijen wordt uitgewisseld, wordt afgekort met de FWB (freight waybill). Soms wordt de air waybill ook aangeduid als 'master air waybill' (MAWB).
HFL/HAWB	House air waybill (HAWB) is de overeenkomst tussen een verlader en expediteur voor het vervoeren van een zending. De HAWB bevat ongeveer dezelfde elementen als de AWB. Het digitale bericht van de house air waybill dat tussen ketenpartijen wordt uitgewisseld, wordt afgekort als FHL.
FFM	Voor vertrek van een vlucht stelt de luchtvaartmaatschappij een 'freight flight manifest' op. Hiermee informeert de airline via de afhandelaar van de airport van herkomst de afhandelaar op bestemming over de zending en vluchtdetails.
FSU RCS	'Ready for carriage' is de bevestiging van de officiële overdracht van verantwoordelijkheid over de vracht tussen de expediteur en de luchtvaartmaatschappij. Als de RCS-mijlpaal wordt geregistreerd, is de zending fysiek ontvangen en geaccepteerd door de luchtvaartmaatschappij.
FSU DEP	'Cargo and documents departed at airport of origin' is de mijlpaal die wordt geregistreerd als de zending en bijbehorende documenten zijn vertrokken van de luchthaven van herkomst.
FSU RCF	'Received from flight' informeert relevante stakeholders dat de zending is aangekomen en geregistreerd in de loods van de afhandelaar op de luchthaven van bestemming.
FSU DLV	'Cargo and documents delivered to customer' geeft aan dat de overdracht van de zending van afhandelaar naar expediteur heeft plaatsgevonden.

Voor informatie die met meerdere partijen op Schiphol moet worden gedeeld of voor processen waarbij informatie van meerdere partijen nodig is (en de bedrijven afhankelijk van elkaar zijn) maken bedrijven gebruik van de Schiphol Information Exchange. De ketenpartijen hebben met elkaar afgesproken hoe ze het luchtvrachtproces efficiënter kunnen laten verlopen en hebben daarvoor informatiediensten ontwikkeld die worden beheerd door Cargonaut.

De Schiphol Information Exchange biedt aan de ketenpartijen meerdere diensten aan:

> **Export control system (ECS)** is een informatiedienst waarmee expediteurs, vervoerders, afhandelaren en airline met de douane communiceren over de logistieke afhandeling van een exportzending. Elk van de partijen levert informatie aan over de stap van het proces die ze uitvoeren (HAWB, FWB, FSU) waardoor de douane en de exporteur het gehele proces kunnen volgen. Een uniek 'movement reference number' (MRN) wordt gekoppeld aan individuele zendingen, waarmee de verschillende stakeholders aangeven over welke

zending zij binnen het ECS communiceren. Daarmee kan door douane en exporteurs worden gecontroleerd of de exportzending conform de aangifte de Europese Unie heeft verlaten.

> **Import control system (ICS)** is een informatiedienst waarmee airlines de zendingen op een vlucht naar Schiphol bij de douane kunnen aangeven via een ENS (entry summary declaration) of SDT (summary declaration for temporary storage). Hiermee kan de douane controleren of goederen een veiligheidsrisico vormen op het moment dat ze Nederland of Europa binnenkomen. De data die zij aanleveren via het ICS zijn afkomstig van het FFM dat airlines naar de Schiphol Information Exchange sturen.

> **Paperless goods tracking systeem (PGTS).** Dit digitale systeem vervangt het documentloos goederenvolgsysteem (DGVS), dat sinds 2005 op Schiphol in gebruik is voor het vastleggen van goederenverplaatsingen binnen de 'virtuele' vrije zone (type II) op Schiphol. Die vergunning is met de komst van het Douanewetboek van de Unie (DWU) vervallen. Nu vervoeren de deelnemers hun douanegoederen met de status 'ruimte voor tijdelijke opslag (RTO). In het PGTS melden ketenpartijen goederen die binnen hun douaneregeling vallen digitaal aan en af, zonder dat ze een melding aan de douane hoeven te doen. De vervoersbewegingen worden doorgegeven via de FSU-meldingen die de goederenoverdracht al registreren.

> **eLink**. Met eLink kunnen expediteurs en vervoerders het proces van administratieve afwikkeling en aflevering van exportzendingen bij de afhandelaar en de douane versnellen door alle informatie van de exportzending vroegtijdig digitaal aan te leveren bij de afhandelaar. Door vooraf ook de truck en de naam van de chauffeur op te geven kan de chauffeur direct doorrijden naar het juiste dock.

> **Automatisch nomineren**. Bij automatisch nomineren wordt op basis van de NAW-gegevens van de ontvanger op een air waybill vastgesteld welke expediteur op Schiphol optreedt namens de ontvanger. De dienst automatisch nomineren informeert de betreffende expediteur dat er een zending op komst is nog voordat de vlucht is geland. Dat betekent dat een expediteur tijdig met het plannen van de logistieke afwikkeling kan starten. Om de expediteur tijdig te kunnen informeren ontvangt Schiphol Information Exchange de stationsverklaring en per zending de gegevens van een FFM of FWB.

> **Compliance checker.** De compliance checker helpt expediteurs, afhandelaren en airlines bij het vroegtijdig "compliant" krijgen van hun zending informatie. Op basis van de informatie in de master air waybill en de house air waybill wordt een zending op de wereldwijde douaneregelgeving getoetst. De ambitie is om zo snel mogelijk ook een oplossing te bieden voor het compliant zijn met export controls en sanctielijsten. Ketenpartijen kunnen de Compliance checker inzetten door AWB's in te sturen naar de dienst.

Daarnaast heeft Cargonaut toegang tot het Centraal Informatie Systeem Schiphol (CISS), het operationele systeem van Schiphol waarin per vlucht het vliegtuigtype, de formele aankomst- en vertrektijden en de opstellocaties worden geregistreerd. In tabel 3-2 wordt aangegeven welke berichten en data beschikbaar komen op de Schiphol Information Exchange.

Tabel 3-2: Overzicht van data of berichten die ketenpartijen delen per dienst

	ECS Export	ICS Import	e-Link	PGTS Douane	Auto nomineren	Compliance checker
FWB/AWB	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja
FHL/HAWB	Ja	Ja	Ja			
FFM	Ja	Ja				
FSU RCS			Ja	Ja		
FSU DEP				Ja		
FSU RCF				Ja		
FSU DLV				Ja		
Truck			Ja			
Chauffeur			Ja			
Route truck			Ja			
Stationsverklaring			Ja			

3.3 ANALYSE VAN DE HUIDIGE DATADEKKING OP SCHIPHOL INFORMATION EXCHANGE

Om een betrouwbaar beeld te kunnen schetsen van de logistieke prestaties op Schiphol is het van belang vast te stellen of van alle zendingen de data beschikbaar zijn, en of die dus daadwerkelijk door de ketenpartijen zijn aangeleverd. Bekend is dat niet alle airlines gebruikmaken van de dienst ICS en dat alleen expediteurs die gevestigd waren binnen de vrije zone op Schiphol gebruik konden maken van DGVS, de voorloper van PGTS. Ook de dekking van eLink onder de expediteurs is niet volledig. Daarnaast kan het voorkomen dat niet alle berichten keurig en tijdig door de ketenpartijen worden ingestuurd en dat er dus data ontbreken. Of dat berichten niet volledig zijn ingevuld of incorrecte data bevatten, waardoor de berichten onbruikbaar zijn.

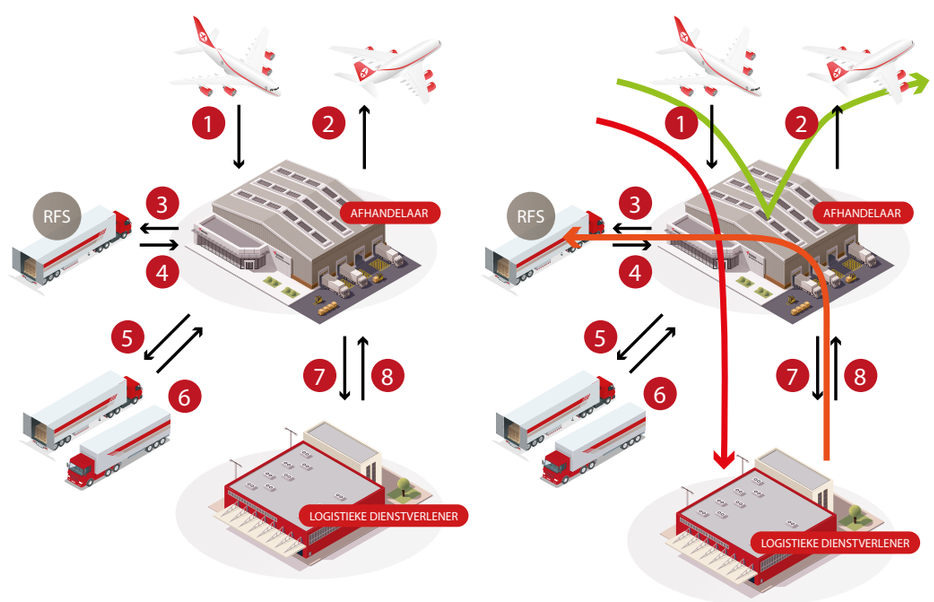
Om te kunnen bepalen of alle berichten van een zending zijn ontvangen (behalve de HAWB) is het primair van belang om vast te stellen welke logistieke bewegingen een zending op Schiphol heeft gemaakt. In veel gevallen zal een zending voor export worden aangeleverd door een expediteur en dan met een vlucht vertrekken. In dat geval levert dat een berichtenset op bestaande uit: FWB, RCS, FFM, DEP. Die kan eenvoudig worden gecheckt

door het berichtendossier van een AWB-nummer te contoleren op deze vier berichten. Als er sprake is van een part shipment bestaat de zending uit: FWB, RCS, FFM1, DEP1, FFM2, DEP2. Ook dat kan worden gecheckt. Maar het komt ook voor dat er drie DEP-berichten zijn: dan kan er sprake zijn van een dubbel verstuurd bericht of een update. In dat geval moet ook de inhoud van de berichten worden gecheckt om te zien of er sprake van twee of van drie part shipments. In dat geval moeten de DEP-berichten aan de FFM-berichten worden gekoppeld op bijvoorbeeld vluchtnummer en -datum om te zien wat de situatie is.

Onderzoeksaanpak

Cargonaut en HvA hebben een methode ontwikkeld om de berichtenset per FWB-nummer te analyseren en vast te stellen hoeveel en welke logistieke bewegingen een zending op Schiphol heeft gemaakt. Een beweging duidt een fysieke beweging en overdracht van een zending aan tussen actoren, op van en naar Schiphol.
Op basis van de beschikbare berichtenset, vluchtnummers en FWB-nummers kunnen acht basisbewegingen worden gedefinieerd. Deze bewegingen worden met groene stippen weergegeven in figuur 3-3. De definities van bewegingen 1 tot en met 8 staan in tabel 3-3. Daarbij dient te worden opgemerkt dat bewegingen 5 en 6 niet op basis van de berichten of vluchtnummers kunnen worden vastgesteld en in de analyse samen met bewegingen 3 en 4 zijn genomen. In principe worden bij bewegingen 3 en 4 (luchtvervangend wegvervoer – road feeder service) door de airlines ook FFM- en FSU-berichten gegenereerd. Om te kunnen zien of een FFM betrekking heeft op een vlucht- dan wel truckbeweging gebruiken airlines bepaalde vluchtnummers of codes. Ook kunnen de vluchtnummers worden gecheckt met CISS, het informatiesysteem van Schiphol Airport. Vluchten die daarin voorkomen zijn werkelijk als vlucht uitgevoerd.

Figuur 3-3: Logistieke bewegingen op Schiphol



Tabel 3-3: Beschrijving van de logistieke bewegingen op Schiphol

Bewegings-nummer	Beweging	Uitleg
1	Inkomende vlucht (NEU&EU)	Alle inkomende (fysieke) vluchten op Schiphol, herkomst niet-EU (NEU) en EU.
2	Uitgaande vlucht (NEU&EU)	Alle uitgaande (fysieke) vluchten met bestemming NEU en EU.
3	Luchtvervangend wegvervoer (road feeder service) inkomend	Alle inkomende vluchten die in opdracht van een airline door een vrachtwagen worden aangeleverd bij een afhandelaar.
4	Luchtvervangend wegvervoer (road feeder service) uitgaand	Alle uitgaande vluchten die in opdracht van een airline met een vrachtwagen vertrekken bij een afhandelaar.
5	Direct pickup (lokaal en internationaal)	Alle zendingen die in opdracht van een expediteur worden opgehaald vanaf een locatie buiten Schiphol.
6	Direct delivery (lokaal en internationaal)	Alle zendingen die in opdracht van een expediteur worden afgeleverd op een locatie buiten Schiphol.
7	Aanlevering expediteur lokaal bij de afhandelaar	Alle zendingen die door een expediteur worden aangeleverd, vanuit eigen loods op Schiphol.
8	Ophalen expediteur lokaal bij afhandelaar	Alle zendingen die worden overgebracht naar een loods van een expediteur op Schiphol.

Vervolgens zijn de geïdentificeerde bewegingen van een zending gecombineerd tot een scenario. Een scenario geeft aan welke route een zending door de logistieke keten op Schiphol heeft afgelegd. Een aantal voorbeeldscenario's is weergegeven in Figuur 3-3. De rode lijn geeft een scenario weer waarbij een zending met een airline op Schiphol wordt gebracht en wordt overgedragen aan een expediteur op Schiphol. Het oranje scenario geeft aan dat een zending wordt aangeleverd bij een afhandelaar door een expediteur en door de airline met een road feeder service naar een andere luchthaven wordt vervoerd om vandaar te vliegen naar bestemming. Met het definiëren van de scenario's wordt het mogelijk om data uit verschillende berichten te combineren en de logistieke prestatie van de gehele Schipholketen te berekenen.

Resultaten

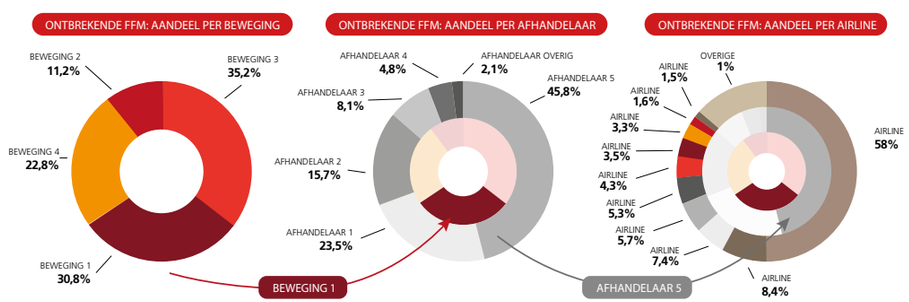
In de eerste stap van de analyse is per FWB geanalyseerd welke bewegingen 1 tot en met 4 hebben plaatsgevonden en op basis van welke berichten dat is vastgesteld. Daarbij is door een algoritme uitgezocht of berichten zijn te matchen tot complete sets FWB – FFM – FSU RCF/DEP. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3-4. De resultaten voor een complete set aan berichten tonen een duidelijk verschil tussen vluchten en road feeder services. Bij road feeder services sturen airlines maar een deel van de FFM's in. Omdat bij beweging 1 een deel van de airlines geen gebruik maakt van de dienst ICS ontbreken daar ook FFM's. Uiteindelijk blijkt dat er in 1 tot 5% van de gevallen een set aan berichten ligt die niet eenduidig is: de gegevens van de FFM matchen niet met de FSU-berichten, bijvoorbeeld omdat het vluchtnummer of de datum afwijkt, of het aantal RCF- en DEP-berichten niet overeenkomt met het aantal ontvangen FFM-berichten. Over het algemeen kan worden geconcludeerd dat met de beschikbare set aan berichten in 97% van de gevallen op eenduidige wijze de beweging van een zending onder de regie van de airline kan worden vastgesteld.

Tabel 3-4: Analyse van de datadekking op bewegingen 1 tot en met 4

Beweging	Compleet	Set onvolledig FFM ontbreekt	Set onvolledig RCF/DEP ontbreekt	Geen match FFM-RCF/DEP	Totaal
1	70%	18%	6%	5%	100%
2	82%	5%	12%	1%	100%
3	48%	43%	6%	3%	100%
4	59%	36%	3%	2%	100%
Totaal	**69%**	**20%**	**8%**	**3%**	**100%**

De FFM is voor Luchthaven Schiphol een belangrijk bericht omdat daarin per vlucht het vervoerde volume wordt opgegeven. Een hogere datadekking van de FFM levert een beter inzicht in de vervoersprestatie van Schiphol op. In de tweede stap van de analyse is uitgewerkt van welke afhandelaren en airlines er berichten ontbreken en ook van welke vluchten. Voor het rapporteren van de datadekking is een dashboard opgezet waarin met één beweging kan worden doorgeklikt op een afhandelaar en vervolgens op de airlines die door de afhandelaar worden bediend. Het aantal en aandeel van FWB's waarvoor de FFM (of andere berichten) ontbreekt, worden zichtbaar gemaakt. Vervolgens worden op het laagste niveau de data van de vluchten weergegeven. Door deze drill down kunnen Schiphol en Cargonaut vaststellen welke airlines geen FFM- en FWB-informatie aanleveren en bij welke airlines maar een deel van de data wordt geleverd. Op basis van de resultaten zijn Schiphol en Cargonaut gesprekken gestart met airlines en afhandelaren om te bekijken of en hoe airlines en afhandelaren de ontbrekende data in de toekomst wel kunnen aanleveren.

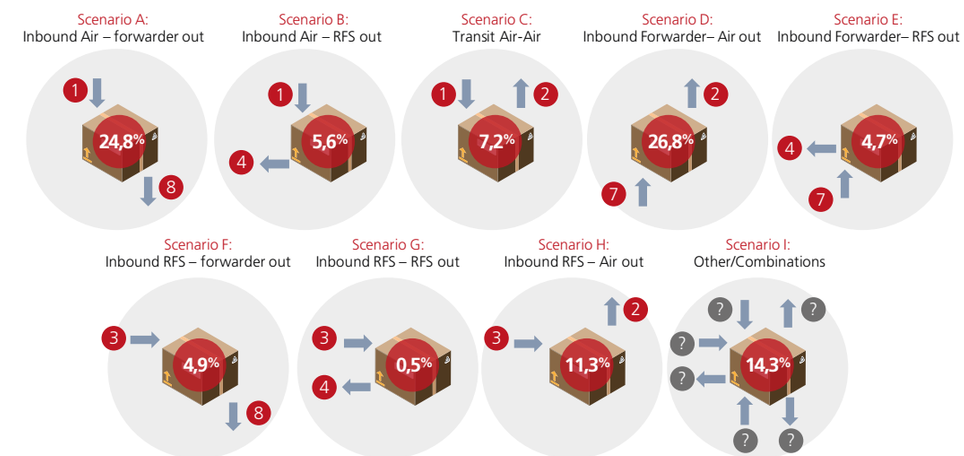
Figuur 3-4: Drill down van ontbrekende FFM-berichten



In de derde stap zijn de bewegingen gecombineerd tot scenario's. Uitgaand van de basisbewegingen, waarbij een zending als geheel door het logistieke systeem van Schiphol loopt, zijn er acht scenario's mogelijk (figuur 3-5). Alle scenario's waarin part shipments voorkomen, zendingen via verschillende bewegingen naar Schiphol komen of uit Schiphol vertrekken (combinatie van vlucht en road feeder services) of onduidelijk is wat er precies is gebeurd, zijn samengevoegd tot categorie 'Overig'.

Ongeveer 50% van de zendingen die binnenkomen of vertrekken met een vlucht wordt overgedragen door of is ontvangen van een expediteur op Schiphol (scenario's A en D). Het aandeel Transit Air-Air is op Schiphol beperkt, ongeveer 7%. Zendingen die van of naar Schiphol vliegen maar met road feeder services van en naar andere luchthavens worden vervoerd, bedraagt 17% (scenario B: 11,3% + scenario H: 5,6%). Lading die door andere airlines per road feeder services naar andere luchthavens wordt gerouteerd, betreft ongeveer 10% van de zendingen (scenario's F en E).

Figuur 3-5: Logistieke scenario's op Schiphol in percentages van de FWB's



Conclusies

Voor meer dan 95% van de zendingen kunnen de logistieke bewegingen op Schiphol eenduidig worden geïdentificeerd met de beschikbare data. De clustering van bewegingen naar scenario's maakt het mogelijk om logistieke prestaties voor de verschillende logistieke stromen te definiëren en te meten. Voor 86% van de zendingen is ook het logistieke scenario eenduidig vastgesteld. Door het grote aantal zendingen waarvan data beschikbaar zijn, is het mogelijk om statistisch verantwoorde uitspraken te doen over logistieke prestaties, ook als er nog verder wordt ingezoomd op specifieke dagen of dagdelen, type goederen of herkomst en/of bestemmingen. Bij het inzoomen op specifieke typen goederen of op herkomst, kan het ontbreken van FFM-berichten van airlines die geen informatie aanleveren echter wel invloed hebben op de uitkomsten van analyses.

3.4 NAAR GEZAMENLIJKE KPI'S VOOR OPERATIONAL EXCELLENCE VAN DE HUB

Vraagstuk

Om operational excellence te kunnen bereiken is het essentieel om de prestaties van processen en ketens op Schiphol in beeld te hebben en gericht acties te ondernemen om tot verbeteringen te komen. Definiëren en meten van de prestaties van de Schipholcommunity zijn alleen mogelijk als alle stakeholders op Schiphol daar meerwaarde in zien en ook bereid zijn om eraan mee te werken. Daarom is er een deelonderzoek opgezet met als onderzoeksvragen: (1) Is er draagvlak bij ketenpartijen om een gezamenlijk continuous improvement-programma op te zetten waarbij de prestaties in het afhandelingsproces met behulp van een KPI-systeem worden gemeten en gemonitord en (2) welke KPI's zouden onderdeel moeten zijn van een KPI-systeem?

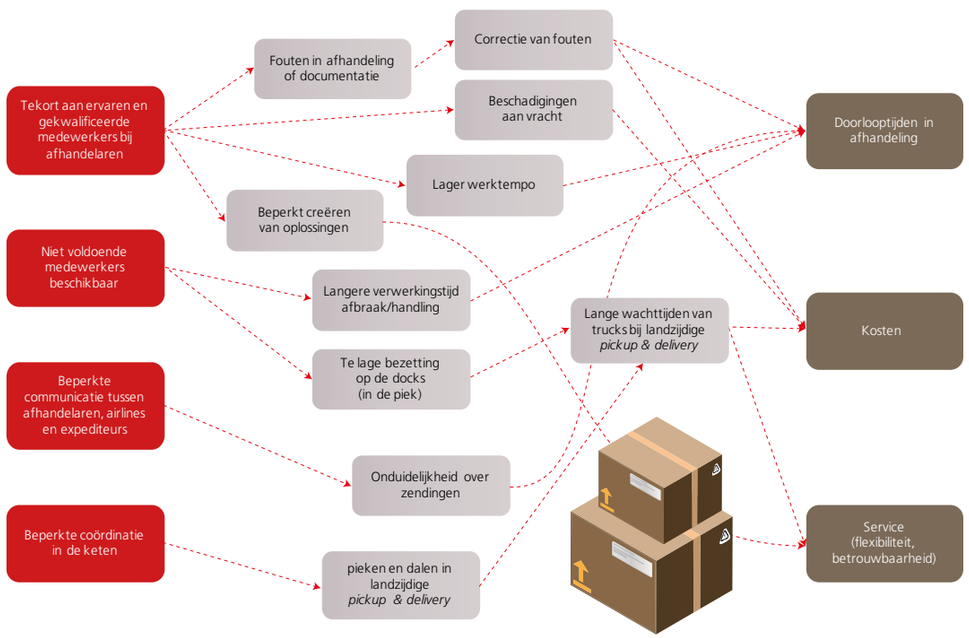
Onderzoeksaanpak

Voor een inventarisatie van de vraagstukken en processen die onderdeel moeten zijn van een gezamenlijk KPI-systeem, en van de indicatoren die daarin moeten worden opgenomen, zijn bij expediteurs, afhandelaren, airlines en vervoerders interviews gehouden in twee rondes. In alle gesprekken is dezelfde vragenlijst gehanteerd. In ronde 1 is de stakeholders gevraagd om aan te geven welke doelstellingen zij belangrijk vinden en wat zij zien als verbeterpunten. In ronde 2 is hun gevraagd om aan te geven welke prestatie-indicatoren volgens hen moeten worden gemeten om de voortgang te monitoren. Vervolgens is onderzocht of deze indicatoren ook volgens het SMART-principe kunnen worden gedefinieerd: specifiek, meetbaar, acceptabel, relevant, en op basis van tijd. Daarnaast is een eerste set van prestatie-indicatoren bepaald die nu al kunnen worden vastgesteld op basis van data die al in de keten beschikbaar zijn.

Resultaten

Uit het kwalitatieve onderzoek is gebleken dat er volgens de ketenstakeholders een aantal zaken zijn die leiden tot knelpunten in het afhandelingsproces tot aan de overdracht van een zending aan de expediteur. Dit heeft uiteindelijk impact op drie ketenprestaties van de gehele Schipholcommunity. Dit zijn de doorlooptijd van een zending, de logistieke kosten en service. Service is hier gedefinieerd als het vermogen om adequaat in te spelen op vragen van andere ketenpartijen en het oplossen van onverwachte situaties. Figuur 3-6 geeft een overzicht van de knelpunten, effecten en invloed van de effecten op de drie hoofdprestaties voor de luchtvrachtcommunity.

Figuur 3-6: Oorzaken en gevolgen van knelpunten in de grondafhandeling



> **Tekort aan ervaren en gekwalificeerde medewerkers bij afhandelaren:** Vanwege het gebruik van veel tijdelijke arbeidskrachten in de operatie en een tekort aan gekwalificeerde medewerkers ontbreekt ervaring en kwaliteit tijdens de afhandeling op de airside en in de loods, waardoor processen langer duren en er meer fouten worden gemaakt. Het oplossen van deze fouten kost tijd en geld voor de afhandelaren en expediteurs. Ook kunnen er meer schadegevallen ontstaan in het afhandelingsproces. Dat heeft een negatief effect op de logistieke kosten, de doorlooptijd van zendingen en de service van de afhandelaren aan de expediteurs.
> **Niet voldoende medewerkers beschikbaar:** Het wordt voor afhandelaren steeds lastiger om voldoende werknemers te werven voor de operatie. Niet altijd zijn ploegen volledig bezet. Daarnaast is het voor afhandelaren niet mogelijk om de capaciteit precies mee te laten bewegen met de pieken in *pickup & delivery* in verband met cao-afspraken. Er zijn grenzen aan de kosten en flexibiliteit in de inzet van personeel.
> **Beperkte communicatie tussen afhandelaren, airlines en expediteurs:** De verantwoordingsstructuur in de keten, waarbij de airlines opdrachtgever zijn van de afhandelaren maar de expediteur in de praktijk moet afstemmen met de afhandelaar, heeft negatieve invloed op de communicatie tussen afhandelaar en expediteur. Dit heeft weer een negatief effect op de transparantie en voorspelbaarheid van de beschikbaarheid van zendingen bij de afhandelaar, wat het planningsproces van de expediteur bemoeilijkt.
> **Beperkte coördinatie in de keten:** zowel de expediteurs als de afhandelaren optimaliseren in de eerste plaats hun eigen logistieke proces. Daardoor ontstaan sterke pieken en dalen in het *pickup & delivery*-proces, terwijl er in totaal op Schiphol voldoende capaciteit beschikbaar is om alle zendingen binnen de gewenste tijd af te handelen en te vervoeren.

Nadat de knelpunten in de huidige vrachtafhandeling op Schiphol zijn geïdentificeerd, zijn in samenspraak met ketenstakeholders KPI's opgesteld die de prestaties van afhandelaren en expediteurs kunnen monitoren. De volgende KPI's zijn hiervoor door de ketenstakeholders het belangrijkst bevonden:

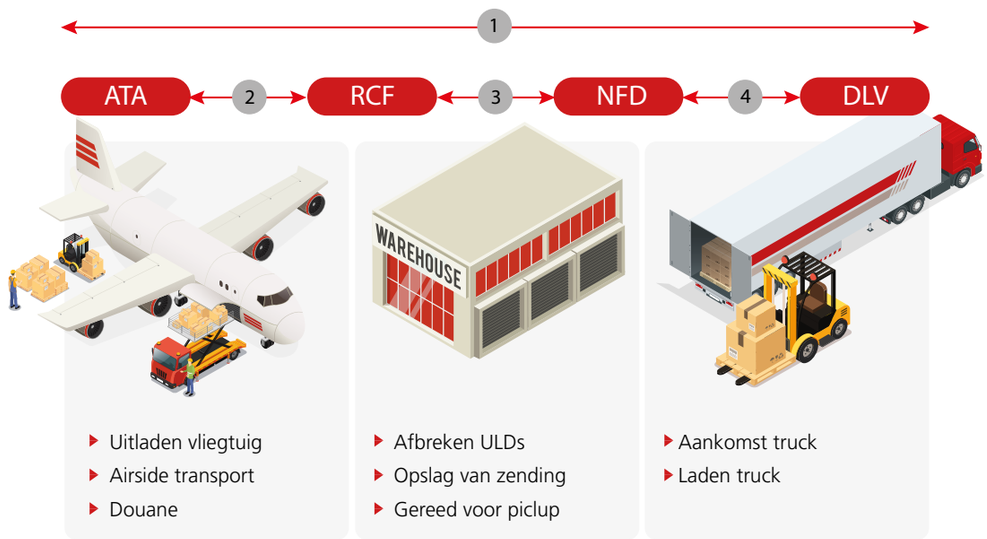
1. Percentage beschadigde zendingen of percentage claims
2. Delen van informatie
3. Innovatie
4. Percentage gekwalificeerde medewerkers
5. Turnaroundtijd van vliegtuigen
6. Tijdige beschikbaarheid van luchtvracht / doorlooptijd van de keten
7. Gate in – gate out van vrachthavens op het terrein van de afhandelaar
8. Wachttijd buiten het terrein van de afhandelaar

Deze KPI's zijn vervolgens getoetst op SMART-criteria. Hierdoor vielen de eerste vijf KPI's af: er waren geen data beschikbaar of de verantwoordelijkheid voor de prestaties was niet eenduidig aanwijsbaar. De laatste drie prestaties zijn vervolgens verdeeld over zes KPI's die goed meetbaar zijn met de huidige informatievoorziening op Schiphol en waarmee betrouwbare informatie over prestaties van de vrachtafhandeling kan worden gegeven:

> 'Actual time of arrival' (ATA) tot 'received from flight' (RCF) (figuur 3-7: 2)
> 'Received from flight' (RCF) tot 'notification for delivery' (NFD) (figuur 3-7: 3)
> 'Notification for delivery' (NFD) tot 'delivered to the customer' (DLV) (figuur 3-7: 4)
> 'Received cargo from shipper' (RCS) tot 'shipment departed on flight' (DEP)
> 'Truck gate in' tot 'truck gate out'
> Doorlooptijd van een truck in de wachtrij voor het terrein van de afhandelaar

Elk van deze KPI's geeft de gemiddelde doorlooptijd in uren of minuten aan. Figuur 3-7 geeft een overzicht van de afzonderlijke onderdelen van het vrachtproces, waarvan de prestatie met de hierboven geïdentificeerde KPI's kan worden gemeten.

Figuur 3-7: KPI's voor operational excellence in het afhandelingsproces



Conclusies

> Er is draagvlak bij ketenpartijen (expediteurs, afhandelaren en airlines) voor het opstellen van een verbeterprogramma, waarvoor stakeholders gezamenlijk een aantal te monitoren KPI's bepalen op basis waarvan doelstellingen en acties worden gedefinieerd om de prestaties te verbeteren. Hoe dat vorm moet krijgen is in het onderzoek niet onderzocht.

> Er zijn zes KPI's die al met de beschikbare data van de Schiphol Information Exchange kunnen worden berekend. Op basis van een nulmeting kunnen de partijen gezamenlijk de doelstellingen voor verbetering bepalen.

> Voor een aantal processen worden de KPI's bepaald door meerdere partijen in de keten. Prestatie-indicator 4 meet bijvoorbeeld de doorlooptijd van NFD tot aan DLV. Die is het resultaat van zowel de snelheid en capaciteit van de afhandelaar als van de planning van de vervoerders/expediteurs. Belangrijk is om hierbij duidelijk te definiëren hoe de uitvoering door ketenpartijen van de afgesproken verbeterprojecten kan worden gemonitord en aan te geven wie verantwoordelijk is.

3.5 DATA SCIENCES VOOR VERBETERING VAN DE PROPOSITIE VAN SCHIPHOL

Vraagstelling

Bij de vergelijking van prestaties van de luchtvrachtcommunity op Schiphol met andere luchthavens wordt meestal gekeken naar het vervoerde volume in tonnen (inbound en outbound). Dat geeft een indicatie van de productie van de community, maar het geeft geen inzicht in de factoren die bepalend zijn voor het bereiken van deze volumes. De luchtvrachtcommunity kan haar propositie gericht versterken als ze meer inzicht heeft in de afwegingen die expediteurs maken bij het kiezen van een luchthaven of airline voor bepaalde zendingen of ladingstromen. Daarin kunnen doorlooptijd, frequentie, schade, kosten, betrouwbaarheid, lokale voorzieningen et cetera een rol spelen. Met inzicht in deze factoren kan gerichter worden gewerkt aan verbeteringen van het aanbod aan dienstverlening en de kwaliteit daarvan. Het doel van dit deelonderzoek in SCCAS is te experimenteren met de data die Luchthaven Schiphol in haar rol als luchthavenautoriteit verzamelt, met externe data (publieke bronnen) en met datasciencetechnieken, om beter inzicht te krijgen in de factoren die bepalend zijn voor de keuzes die expediteurs maken voor een airline en/of airport.

Als experiment is gekozen voor een analyse van rol van road feeder services. Road feeder services zorgen voor additionele lading op Schiphol als een airline lading vanaf Schiphol laten vliegen, terwijl deze lading door expediteurs op een andere luchthaven aan de airline is aangeleverd. De airline vervoert de zending dan per truck naar Schiphol voordat ze naar bestemming wordt gevlogen. Omgekeerd leveren expediteurs op Schiphol ook lading aan die door airlines vanaf een andere luchthaven wordt gevlogen. De inzet van road feeder services is waardevol voor expediteurs indien airlines vanaf de luchthaven waar zij zijn gevestigd geen directe verbindingen aanbieden. Soms zijn die verbindingen er wel, maar zijn er andere redenen voor expediteurs om toch te boeken bij een airline die de lading lokaal accepteert, maar vliegt vanaf een andere luchthaven.

Onderzoeksaanpak

De analyses zijn uitgevoerd met de FFM's en FSU-data van een representatieve week in 2018. De data zijn geanonimiseerd zodat de verlader en airline niet meer (direct) herkenbaar zijn. In een eerste stap is met statistische methoden een analyse gemaakt van uitgaande RFS-zendingen om in beeld te krijgen via welke luchthavens en naar welke luchthavens zendingen worden gevlogen. Dit geeft een beeld van de (anonieme) airlines en luchthavens die een aanvulling op of alternatief voor vluchten op Amsterdam bieden.
In de vervolgstap zijn de bestemmingen waarop vanuit Schiphol en andere luchthavens wordt gevlogen geanalyseerd om te onderzoeken wat de redenen voor expediteurs zijn om voor een route via een andere luchthaven te kiezen. Dit onderzoek is uitgevoerd met een multinomiaal logistische regressieanalyse. Een multinomiale logistische regressie maakt het mogelijk om ook niet-numerieke data (zoals keuzes voor een airline of luchthaven) in de analyse mee te wegen.

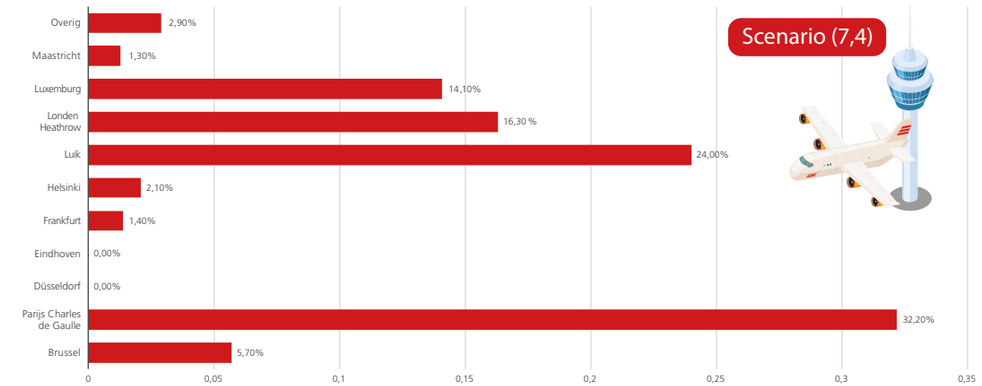
Resultaten

De vertrekkende RFS-zendingen vanaf Schiphol vallen uiteen in twee categorieën: (1) de zendingen die op Schiphol met een vlucht zijn aangekomen en doorgaan naar de luchthaven van bestemming en (2) de zendingen die op Schiphol door expediteurs zijn aangeleverd en vliegen vanaf een andere luchthaven. In figuur 3-8 is het netwerk van uitgaande RFS-zendingen weergegeven.

Figuur 3-8: Bestemmingen road feeder services

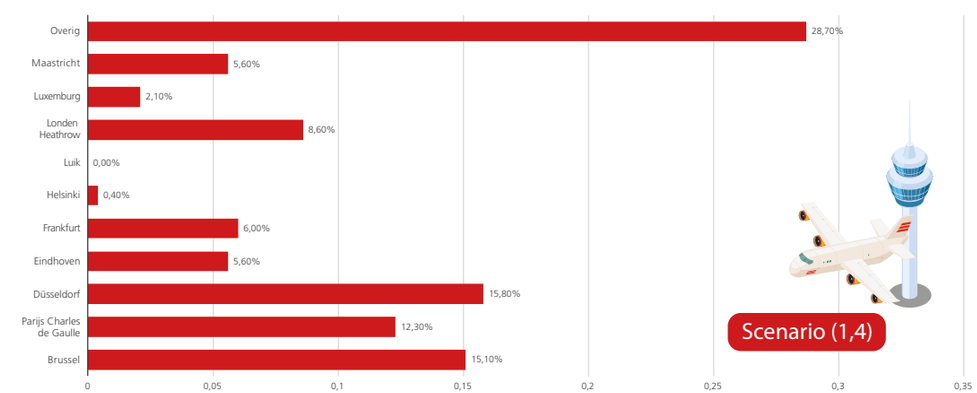
Voor week 47/2018 is een analyse gemaakt van de uitgaande RFS-stromen. In totaal zijn er 1500 zendingen met RFS vanaf Schiphol vertrokken: 38% daarvan naar een luchthaven als eindbestemming en 62% met een luchthaven als vertrekpunt van een vlucht. In figuur 3-9 zijn de 10 luchthavens weergegeven die de meeste lading wegtrekken vanaf Schiphol. Zijn vertegenwoordigen 97% van de zendingen. De luchthavens die de meeste lading wegtrekken zijn Charles de Gaulle (32%), Luik (24%), Heathrow (16%) en Luxemburg (14%). Deze top 4 vertegenwoordigt 87% van de RFS-zendingen vanaf Schiphol die vliegen via een andere luchthaven. De lading die vliegt via Parijs kan worden toegeschreven aan AirFranceKLM, waarbij lading met RFS via de hubs wordt uitgewisseld.

Figuur 3-9: Top 10 luchthavens met de vertrekkende vlucht van RFS-zendingen



Het beeld van de luchthavens die RFS-zendingen vanuit vluchten op Schiphol ontvangen is diffuser. Daarin vormen Brussel, Düsseldorf en Parijs de top 3, maar de spreiding over de luchthavens is groter. De top 10 vertegenwoordigt 70% van de zendingen. Zie figuur 3-10

Figuur 3-10: Top 10 luchthavens als eindbestemming van RFS-zendingen



Tenslotte is nog onderzocht welk aandeel de RFS-stroom heeft in het totaal aan zendingen en of het aantal RFS-zendingen nog een weekpatroon kent. Uit de analyse blijkt dat er geen significant verschil is tussen de verzenddag en het aantal RFS-zendingen per truck. Het aandeel RFS-zendingen op het totaal van de vertrekkende zendingen per dag van de week is stabiel en ligt tussen de 7% en 9% van het totaal per dag. In de analyse is verder in kaart gebracht welke bestemmingen die via andere luchthavens worden bediend een aanvulling zijn op de bestemmingen die vanaf Schiphol worden aangeboden of een alternatief voor de

verbinding vanaf Schiphol. In tabel 3-5 zijn de meest voorkomende eindbestemmingen van RFS-zendingen weergegeven. Luik, Londen en Parijs bieden bestemmingen die niet via Schiphol direct bereikbaar zijn: Texas, Omagwa, Algiers, Port-Gentil en Toulouse. Daarentegen is er op de bestemmingen Tel Aviv, Lagos, Dubai, Miami en Shanghai wel concurrentie met Schiphol.

Tabel 3-5: Top 10 eindbestemmingen van RFS-zendingen vanaf Schiphol

RFS-bestemming	Eindbestemming	RFS in week 43	Direct
Luik	Tel Aviv	57	Ja
Luik	Lagos	45	Ja
Londen	Texas	36	Nee
Parijs	Dubai	15	Ja
Luik	Omagwa	14	Nee
Londen	Miami	13	Ja
Luik	Shanghai	12	Ja
Parijs	Algiers	12	Nee
Luik	Port-Gentil	11	Nee
Parijs	Toulouse	11	Nee

In de multinomiale logistische analyse wordt gezocht naar de factoren die verklaren waarom expediteurs kiezen voor bepaalde routes. Als verklarende variabelen zijn daarbij meegenomen: airline, bestemming, luchthaven van vertrek, doorlooptijd van de keten, betrouwbaarheid van de vlucht, bezettingsgraad vanaf Schiphol op basis van vliegtuigtype, aantal vluchten en prijzen. Een complicatie is het ontbreken van betrouwbare gegevens over de prijzen en beladingsgraad op de vlucht vanaf een andere luchthaven. Voor de prijzen is gebruik gemaakt van openbare websites of luchtvrachttarieven, maar bekend is dat expediteurs vaak andere, lagere tarieven betalen. Omdat er geen data beschikbaar zijn over de prijs van individuele air waybills hebben alle air waybills op een traject in de analyse dezelfde prijs. Over de beladingsgraad van vluchten vanaf andere luchthavens is geen informatie beschikbaar. Uitgangspunt is dat bij een lage beladingsgraad airlines hun prijzen verlagen om lading aan te trekken. Als airlines structureel lading kopen met lage tarieven, wordt dat effect zichtbaar via de factor 'airline'. In het experiment zijn de parameters van de logistische regressie geschat, maar door de beperkingen in de data zijn er nog geen uitspraken mogelijk over de kans ('odds') dat een expediteur op basis van de kenmerken van een zending voor een route kiest.

3.6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Het koppelen van alle beschikbare berichten en informatie aan *air waybill*-nummers en het analyseren daarvan, maken het mogelijk om de verschillende logistieke scenario's die zendingen op Schiphol doorlopen te identificeren, te monitoren en te verbeteren. De ontwikkelde analysemethodiek kan nog verder worden verfijnd om de betrouwbaarheid van de vastgestelde scenario's te verhogen. Daarbij kan ook nog verder worden ingezoomd op specifieke goederengroepen zoals bloemen, farma, onderdelen et cetera.

2. Door het koppelen van alle beschikbare berichten en informatie aan *air waybill*-nummers en het analyseren daarvan, wordt ook zichtbaar welke berichten door airlines of afhandelaren niet zijn ingestuurd op de Schiphol Information Exchange. Daarbij wordt niet alleen zichtbaar welke berichten structureel niet worden gestuurd (omdat niet alle partijen gebruik maken van de SIE), maar ook wanneer berichten incidenteel of onbewust niet worden gestuurd. Daardoor kunnen de ketenpartijen gericht werken aan de datadekking op de SIE.

3. Bij afhandelaren, airlines en expediteurs bestaat draagvlak om gezamenlijk de ketenprestaties op Schiphol te definiëren, te meten, te monitoren en te verbeteren. Op basis van de knelpunten die door ketenpartijen zijn genoemd en de beschikbaarheid van data is een eerste set van zes key performance indicators voorgesteld die vooral gericht zijn op het meten van de doorlooptijd van logistieke processen:
   > *Actual Time of Arrival (ATA)* tot *Received from Flight (RCF)*
   > *Received from Flight (RCF)* tot *Notification for Delivery (NFD)*
   > *Notification for Delivery (NFD)* tot *Delivered to the Customer (DLV)*
   > *Received Cargo from Shipper (RCS)* tot *Shipment Departed on Flight (DEP)*
   > *Truck Gate in* tot *Truck Gate out*
   > *Truck entering the queue before the gate at the Ground handler* tot *Truck Gate in Ground Handler*

4. Het combineren van data op de Schiphol Information Exchange met externe bronnen biedt goede mogelijkheden om met data science de concurrentiekracht van Schiphol te analyseren. Diverse databronnen, zoals FlightRadar24 of FlightStats, geven inzicht in vluchten, inzet van type toestellen, betrouwbaarheid et cetera. Een eerste toepassing is een analyse van de keuze die expediteurs maken voor een airline met een directe vlucht vanaf Schiphol of een airline met een RFS en een vlucht van een andere luchthaven. De beschikbaarheid van betrouwbare prijsinformatie is een belangrijk aandachtspunt bij gebrek aan bronnen die gebaseerd zijn op de werkelijke prijsafspraken tussen airlines en expediteurs.

5. Door een nadere analyse van de herkomsten en eindbestemmingen van road feeder services krijgt Luchthaven Schiphol een beeld van de manier waarop de Schipholcommunity vervlochten is en samenwerkt met andere luchthavens. Het geeft inzicht in de aanvullende diensten die airlines actief op Schiphol aanbieden aan op andere luchthavens gevestigde expediteurs en in de airports en airlines die zelf niet op Schiphol vliegen maar wel diensten aanbieden aan expediteurs gevestigd op Schiphol. Met behulp van data sciences en beschikbare externe bronnen is het mogelijk dieper in te gaan op onderliggende concurrentiefactoren. Een beperkende factor is nog prijsinformatie. Die is niet op zendingsniveau beschikbaar. Ook data over doorlooptijd en betrouwbaarheid van de gehele keten zijn nog beperkt. Het model dient daarom nog verder te worden ontwikkeld.

LANDSIDE PICKUP & DELIVERY OP SCHIPHOL

4. LANDSIDE PICKUP & DELIVERY OP SCHIPHOL

4.1 DE SPECIFIEKE SITUATIE VAN LANDSIDE PICKUP & DELIVERY OP SCHIPHOL

Aan de landzijde van Schiphol rijden vervoerders in opdracht van expediteurs en airlines dagelijks heen en weer met luchtvracht om deze af te leveren of op te halen bij de vijf afhandelaren. De vervoerders wachten na aankomst bij de afhandelaar eerst op de noodzakelijke documentcontrole en docktoewijzing. Vervolgens worden de zendingen bij de toegewezen docks van de loods van de afhandelaar in- of uitgeladen. Dit onderdeel van de luchtvrachtketen via Schiphol wordt landside *pickup & delivery* genoemd.

Momenteel zijn er grote en pieken en dalen in het aantal trucks dat tegelijkertijd bij de afhandelaren zendingen komen halen en brengen. Vervoerders halen de zendingen bij voorkeur later op de dag op bij hun opdrachtgever(s) en consolideren vervolgens de zendingen van meerdere expediteurs. Dit doen zij om de bezettingsgraad van de trucks zo hoog mogelijk te krijgen en daarmee kostenefficiënt vervoer te realiseren. Het gevolg is dat alle vervoerders het liefst aan het einde van de werkdag naar de afhandelaar rijden om zendingen af te leveren en het liefst vroeg in de ochtend zendingen ophalen die nog dezelfde dag door de expediteur kunnen worden verwerkt en doorgestuurd naar de ontvanger. De gevolgen zijn duidelijk zichtbaar: een lange rij wachtende trucks op het terrein van de afhandelaar, hoge kosten voor het wachten en vertraging in de doorlooptijd van zendingen.

Het knelpunt is niet nieuw, maar blijkt wel lastig op te lossen. In het project 'Milk Run' hebben de afhandelaren WFS, Menzies en SwissPort een samenwerking met middelgrote expediteurs opgezet om zendingen te bundelen. Expediteurs kunnen bij de afhandelaar aangeven of een zending mee kan met de Milk Run en de afhandelaar plaatst de zending in de truck die zendingen voor meerdere expediteurs meeneemt. Daarmee wordt voorkomen dat de expediteurs zelf een vervoerder opdrachten geven of zelf rijden en er meerdere trucks aan de poort komen voor slechts één of enkele zendingen. De invoering van de Milk Run draagt bij aan vermindering van de congestie, maar heeft het probleem nog niet opgelost. Er is meer samenwerking en afstemming nodig om de piek te verminderen en de capaciteit elders op de dag beter te benutten.

In de werkgroep *Pickup & Delivery* van SCMP verkennen afhandelaren, expediteurs en vervoerders welke concepten haalbaar zijn, welke afspraken moeten worden gemaakt en welke informatie daarvoor door partijen moet worden aangeleverd. De werkgroep wil zo meer inzicht krijgen in de effectiviteit van de afspraken en in de vorm en mate van coördinatie die nodig is om het probleem werkelijk terug te dringen. Deze inzichten kunnen worden gegenereerd met een optimalisatie- en simulatiemodel voor het *pickup & delivery*-proces op Schiphol waarmee diverse concepten kunnen worden doorgerekend. Met een simulatiemodel kan de situatie ook virtueel worden getoond.

De onderzoeksvragen binnen SCCAS voor *pickup & delivery* (PUD) zijn:

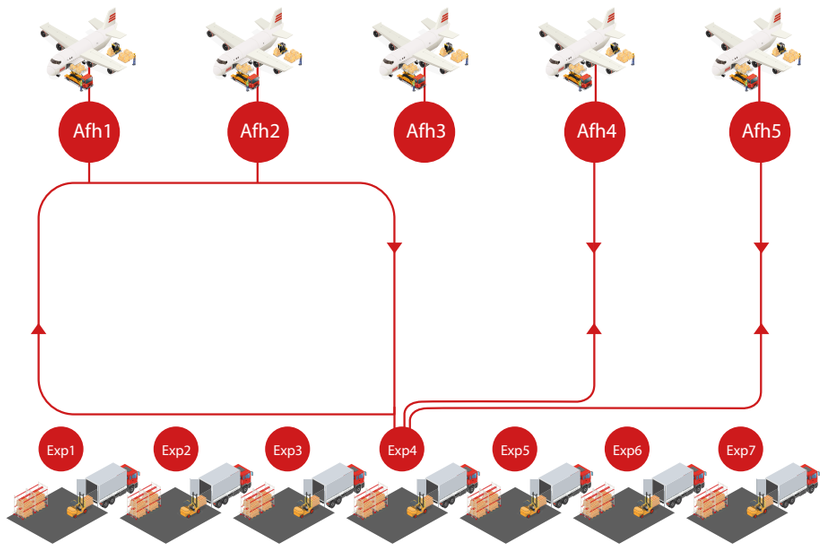
> hoe kunnen de effecten van verschillende vormen van coördinatie en samenwerking in PUD worden gemodelleerd en geanalyseerd?

> hoe kunnen de effecten inzichtelijk voor de doelgroep worden gemaakt?

4.2 HUIDIGE SITUATIE

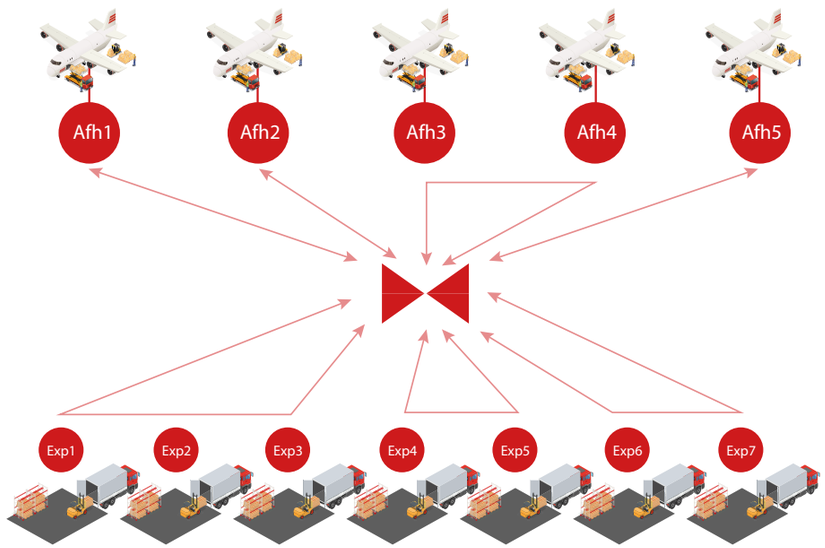
Pickup & delivery-vervoerders opereren op verschillende manieren, afhankelijk van de grootte, samenwerkingen, en locatie(s) van hun opdrachtgevers (verladers en/of expediteurs). Een aantal expediteurs heeft eigen trucks om zendingen te halen en te brengen. In de huidige situatie op Schiphol komen de volgende manieren van *pickup & delivery* voor: dedicated trucking, consolidatie door vervoerders en consolidatie door afhandelaren en expediteurs.

Figuur 4-1: dedicated trucking



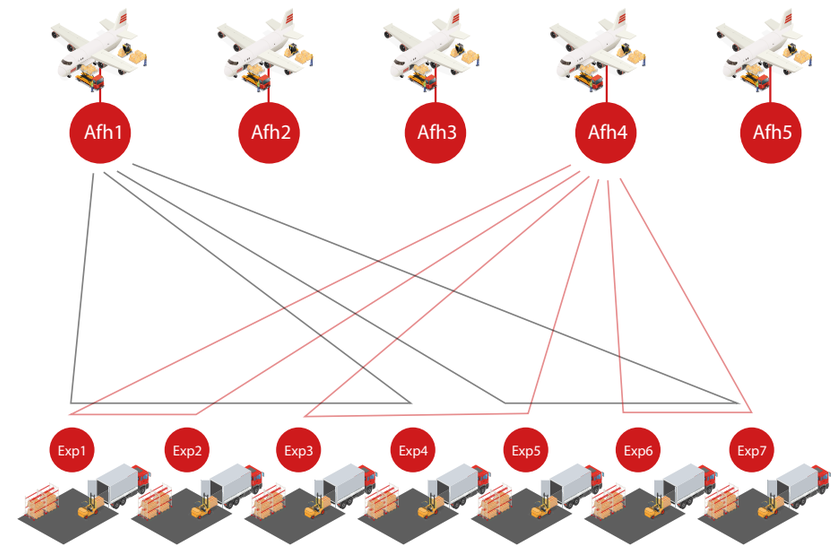
Dedicated trucking: Bij dedicated trucking transporteert een vervoerder de luchtvracht van één (grote) expediteur tussen de afhandelaren op Schiphol en de loods van de expediteur (Figuur 4-1). De expediteur maakt continu een afweging tussen een zo hoog mogelijke beladingsgraad, het aantal te bezoeken afhandelaren op een route en het moment van de dag in verband met wachttijden aan de landzijde van de afhandelaar. Het bezoeken van meerdere afhandelaren kan het aantal ritten verminderen, maar als er wachttijden zijn, kan het efficiënter zijn om in één keer zo veel mogelijk zendingen naar een afhandelaar te rijden. In het geval van exportvracht zal de vervoerder, als er genoeg vracht klaarstaat bij de expediteur, gaan rijden naar een of meerdere afhandelaren om de vracht af te leveren. In het geval van importvracht maakt de vervoerder in de ochtend een rit langs een of meerdere afhandelaren, afhankelijk waar zendingen zijn binnengekomen. Om de beschikbare capaciteit van de truck overdag te benutten en een piek aan begin of einde van de dag te voorkomen zal een vervoerder tussentijds al zendingen wegbrengen of afhalen, ook als het voertuig niet vol is.

Figuur 4-2: consolidatie door vervoerders



Consolidatie door een vervoerder: In het geval van consolidatie door een vervoerder transporteert de vervoerder de luchtvracht van meerdere (doorgaans kleinere) expediteurs tussen de afhandelaren op Schiphol, de cross-docklocatie van de vervoerder en de loodsen van de verschillende expediteurs. De expediteurs kopen het gewenste truckvolume in bij de vervoerder, waarna de vervoerder in het geval van export de vracht transporteert van de loodsen van de expediteurs naar de cross-docklocatie. Daar wordt de vracht van de verschillende expediteurs per afhandelaar geconsolideerd om vervolgens door de vervoerder naar de betreffende afhandelaren te worden vervoerd. In het geval van import bewandelt de vracht de omgekeerde weg. De vervoerder maakt voor zijn ritten continu een afweging tussen een zo hoog mogelijke beladingsgraad en het aantal expediteurs en afhandelaren op de routes. De vervoerder is verantwoordelijk voor de belading van de trucks, aangezien de expediteurs alleen betalen voor het gebruikte volume en dus niet voor een volledige truck load.

Figuur 4-3: consolidatie door afhandelaren en expediteurs



Consolidatie door afhandelaren en expediteurs: Bij consolidatie door afhandelaren en expediteurs worden de binnenkomende importzendingen van verschillende expediteurs bij de afhandelaar geconsolideerd in een truck van een vervoerder. Vervolgens brengt de vervoerder de vracht via een round trip langs de expediteurs. De expediteurs kunnen individueel aangeven aan de afhandelaar welke inkomende vrachtzendingen ze willen meegeven op deze round trip. Zodra een truck is volgeladen of het volgens de dienstregeling vertrektijd is, rijdt de vervoerder naar de deelnemende expediteurs. Op dit moment werken de afhandelaren Menzies en Swissport onder de naam 'Milk Run' samen met de vervoerders R. Nagel en Bos Logistics en negen expediteurs. In het eerste jaar (2015), leverde de Milk Run al veel voordeel op: de wachttijden zijn voor de deelnemende expediteurs drastisch verminderd, zo ook de truckbewegingen van de betrokken expediteurs bij de afhandelaar (met ruim 40%), vrachtwagens worden efficiënter ingezet (van een beladingsgraad van 2,5 ton/truck voor de start van de Milk Run naar een beladingsgraad van 5,2 ton/truck) en er wordt minder brandstof verbruikt, waardoor het transport milieuvriendelijker is (een CO_2-reductie van ruim 30%).

4.3 OPLOSSINGEN VOOR VERBETERINGEN IN HET LANDSIDE PICKUP & DELIVERY-PROCES

Om de wachttijden in het *pickup & delivery*-proces te reduceren en de doorlooptijd van zendingen te verkorten, is er meer coördinatie nodig in de planning van de ritten van de trucks naar de afhandelaren. De coördinatie is erop gericht om de beschikbare transport- en dockcapaciteit beter te benutten en de vraag beter over de dag te verdelen. Het draait hierbij om een goede afstemming in de toewijzing van zendingen aan trucks en de toewijzing van trucks aan de docks. De coördinatie kan op meerdere manieren worden vormgegeven:

> **Time slot booking**. De wachtrijen ontstaan omdat de verdeling van de schaarse capaciteit van de docks bij de afhandelaren niet wordt gecoördineerd. Alle expediteurs en vervoerders kiezen autonoom en komen als gevolg daarvan allemaal in hetzelfde tijdvak naar de afhandelaren. Door het invoeren van een slotbookingsysteem door de afhandelaren ontstaat er duidelijkheid wie wanneer aan de beurt is. Het voordeel is dat voor alle partijen duidelijk is wanneer er wel of geen capaciteit beschikbaar is. In principe zijn er dan geen wachttijden meer omdat er te veel trucks tegelijk naar de afhandelaren rijden. Er zijn wellicht wel wachttijden omdat expediteurs toch binnen één rit meerdere afhandelaren willen bezoeken, maar van de afhandelaren daarvoor geen gunstige combinatie van tijdslots hebben ontvangen. Een variant is dat de afhandelaren gezamenlijk de capaciteitsverzoeken van expediteurs inplannen en rekening trachten te houden met slots bij andere GHA's. Dat kan voor een aantal vervoerders de wachttijd of doorlooptijd van specifieke zendingen verbeteren. Een slot booking systeem lost in principe het probleem van inefficiënte ritten en het aantal voertuigen aan de docks van de afhandelaren niet op als er geen (aanvullende) voorwaarden worden gesteld aan de beladingsgraad van voertuigen.

  Time slot bookingsystemen worden in de logistiek al op diverse locaties toegepast. Een voorbeeld van time slot booking in air cargo is Brussels Airport. Sinds voorjaar 2018 kunnen expediteurs een time slot boeken bij de twee afhandelaren op Brussels Airport.

> **Centrale en neutrale control tower.** Een zeer effectieve manier om de beladingsgraad van voertuigen te verhogen en doorlooptijden van zendingen te verkorten is om alle ritten en dockallocaties te laten bepalen door een centrale control tower. Een control tower is een neutraal planningssysteem dat met inachtneming van de beschikbaarheid van trucks van vervoerders, de dockcapaciteit van de afhandelaren en de import- en exportzendingen voor alle partijen gelijktijdig een planning maakt conform de business rules die door stakeholders gezamenlijk zijn vastgesteld. Het nadeel van een centrale control tower is dat expediteurs en vervoerders niet meer onderscheidend zijn en dus niet meer met elkaar concurreren op het aspect pickup & delivery.

  Een voorbeeld van een neutrale control tower is NextLogic in de haven van Rotterdam. NextLogic verwerkt alle aanvragen van binnenvaartschepen om containers te laden en te lossen bij de diverse containerterminals. De totstandkoming van het systeem is door de vele belangen een langdurig proces. De eerste stap is gezet in 2011 en de eerste integrale planning staat gepland voor 2019.

> **Bundeling van lading door expediteurs (en vervoerders).** Als expediteurs en vervoerders niet bereid zijn om een deel van hun planningsvrijheid op te geven in een neutrale, centrale control tower, dan kan de druk op de docks van de afhandelaren alleen worden verminderd als expediteurs (en vervoerders) samenwerken om meer lading te bundelen en met vollere – en uiteindelijk minder – vrachtwagens (in de piek) te kunnen rijden. Om meer samenwerking te bereiken moeten de vervoerders en expediteurs op de juiste manier worden geprikkeld om de lading niet meer op te sparen en af te leveren tijdens de piek. Als trigger kan een time slot in de piek dienen als er een aantoonbaar hogere beladingsgraad wordt gerealiseerd en als de partijen aantonen dat ze ook meer gebruikmaken van de beschikbare capaciteit buiten de piek. Het voordeel van deze aanpak is dat bedrijven zelf de keuze hebben of ze willen samenwerken met andere expediteurs en/of vervoerders en daarmee de ruimte houden om onderling de dienstverlening te differentiëren en zo te concurreren. Het nadeel is dat er nauwelijks effect wordt geboekt als expediteurs en vervoerders niet op eigen initiatief tot (meerdere) duurdere coalities komen.

  Een voorbeeld van samenwerking tussen expediteurs is de Milk Run. Door het toezeggen van deelname aan de Milk Run is er voldoende kritische massa verzameld om een vervoerder dagelijks de Milk Run te laten rijden. Elk van de expediteurs kan nog steeds zelf bepalen welke zendingen met de Milk Run moeten worden meegenomen.

Bij het maken van een goede afweging tussen de verschillende vormen van coördinatie is het wenselijk om de effecten op capaciteitsbenutting en de wachttijden inzichtelijk te krijgen. Omdat elk van de stakeholders alleen zicht heeft op eigen volumes en kosten, hebben ze behoefte aan tools die inzicht geven in de winst die met verschillende vormen van coördinatie en samenwerking kan worden gerealiseerd in het totale *pickup & delivery*-proces. In het SCCAS-project zijn wiskundige modellen ontwikkeld die de ketenpartijen kunnen ondersteunen bij het inzichtelijk maken van de effecten:

> Landside Air Cargo Supply Chain Pickup & Delivery Problem with Time- Windows (LACSC-PDPTW),
> Multi Warehouse Dock Capacitated – Pickup & Delivery Problem with Time-Windows (MWDC-PDPTW),
> Landside *Pickup & Delivery* Simulatiemodel.

4.4 OPTIMALISATIEMODEL VOOR AIR CARGO PICK UP & DELIVERY

Een manier om de voordelen van horizontale samenwerking in de aan- en afvoer van luchtvracht aan landzijde te analyseren is het toepassen van een optimalisatiemodel. Een optimalisatiemodel geeft aan wat in een concrete planningssituatie de efficiëntste werkwijze is om alle zendingen af te leveren en de beschikbare middelen in te zetten. De formulering is geïnspireerd op het klassieke 'Voertuig Routing Probleem' (VRP) (Solomon, 1987; Kumar en Panneerselvam, 2012), dat de optimale reeks routes berekent die moeten worden uitgevoerd door een vloot van voertuigen (gestationeerd in een centraal depot), om te voldoen aan de vraag van een reeks klanten. Omdat het *pickup & delivery*-probleem bij luchtvracht complexer is dan het klassieke VRP, moet het model worden uitgebreid.

Het *pickup & delivery*-probleem bij luchtvracht verschilt van het VRP op verschillende aspecten:

i. Vanwege de horizontale samenwerking tussen de ketenpartijen kunnen vrachtwagens meerdere loodsen bezoeken om zendingen te laden, d.w.z. vrachtwagens worden niet geladen in het centrale depot, maar geleidelijk tijdens de route.

ii. De trucks moeten zodanig worden geladen dat iedere zending vrij kan worden gelost via de achterdeur van de truck. Deze operationele randvoorwaarde staat in de wetenschappelijke literatuur bekend onder de naam 'Vehicle Routing Problem with Two-Dimensional Loading Constraints' (2L-CVRP) (Iori et al., 2007; Zachariadis et al., 2013; Perboli et al., 2014). In deze versie van het model houden we niet expliciet rekening met de geometrie van zendingen en vertrouwen we op een eendimensionale *last in first out*-benadering (LIFO). Zo leggen we de losvolgorde als de inverse van de laadvolgorde op. Met deze randvoorwaarde garanderen we dat er geen onnodige verzending wordt uitgevoerd.

iii. In de logistieke keten aan de landzijde is er een duidelijk onderscheid tussen export (stroom van zendingen van expediteurs naar grondafhandelingsdiensten) en import (stroom van zendingen van grondafhandelingsdiensten naar expediteurs). Het doel is om met één model beide logistieke stromen te kunnen optimaliseren, hoewel de import- en exportstroom niet tegelijkertijd met dezelfde set trucks hoeven te worden geoptimaliseerd. In de huidige versie van het model richten we ons op de exportstroom. Er moet wel rekening mee worden gehouden dat, als de rol van expediteurs en grondafhandelingsdiensten wordt omgekeerd, importbewerkingen automatisch worden beschreven. In toekomstige versies van het model kan de gelijktijdige optimalisatie van export- en importbewerkingen worden beschreven door toevoeging van een beslissingsvariabele die elke truck toewijst aan een export- of importroute.

iv. De levering van zendingen kan, vooral bij export, worden gekenmerkt door tijdvensters die zijn afgeleid van de aankomst- en vertrekschema's van de vliegtuigen. Daarmee lijkt het model op het Pickup & Delivery Problem with Time Windows (PDPTW) (Savelsbergh en Sol, 1995; Dumas et al., 1991).

Al deze eisen zijn opgenomen in een nieuw model: Landside Air Cargo Supply Chain *Pickup & Delivery* Problem with Time-Windows (LACSC-PDPTW). Het model is een PDPTW uitgebreid met operationele en sequentiële beperkingen die specifiek zijn voor de luchtvracht-supply chain.

Ontwerp van het model

Het doel van het model is te kunnen laten zien dat de samenwerking tussen expediteurs (via de centrale planning van vrachtwagens) gunstig is om de totale kosten te verlagen. Het model gaat ervan uit dat de expediteurs een vloot van 'grijze' trucks delen, die gezamenlijk wordt geëxploiteerd door een centrale entiteit (d.w.z. de centrale planner) en zich in een centraal depot bevindt. De centrale planner plant alle routes voor de voertuigen van de beschikbare vloot. Voor exportbewerkingen mag elke truck verschillende expediteurs bezoeken tijdens de ophaalfase van de route en verschillende afhandelaren tijdens de leveringsfase. Het aantal trucks is in eerste instantie vast, maar niet alle trucks zijn noodzakelijkerwijs nodig om alle zendingen binnen het specifieke tijdsbestek op te halen en af te leveren. In het model kunnen trucks stilstaan in het depot als ze niet nodig zijn. Dit betekent dat het initiële aantal trucks dat als input voor het model wordt gebruikt, kan worden verlaagd.

Figuur 4-4: Overzicht van de input voor het LACSC-PDPTW

Het LACSC-PDPTW optimaliseert de totale transportkosten op basis van de volgende beslissingen:

1. Routingschema: volgorde waarin de expediteurs en afhandelaren door een vrachtwagen worden bezocht;
2. Laadschema: volgorde waarin zendingen door een vrachtwagen moeten worden geladen/gelost (merk op dat de routing- en laadschema's zijn gekoppeld);
3. Tijdschema: volgorde van relevante tijdstempels voor elke vrachtwagen. De sequentie omvat het tijdstip waarop de vrachtwagen het depot verlaat, het tijdstip waarop de expediteurs of afhandelaren beginnen met het laden/lossen van elke zending, en het tijdstempel wanneer een vrachtwagen leeg naar het depot terugkeert.

De doelstelling van het model is de totale kosten van het *pickup & delivery*-probleem bij luchtvracht te verminderen. De kostenfunctie omvat drie delen. Het eerste deel houdt de niet-geleverde zendingen bij. Voor elke zending die niet tijdig is geleverd, wordt een vaste kostprijs gerekend. Het tweede deel berekent de transportkosten die verband houden met de afstand. Zo is d_{ij} de afstand tussen de knooppunten i en j, en staat d_τ voor de transportkosten per afstandseenheid. Met dit kostenelement zal het model het aantal gereden kilometers reduceren en zendingen zo veel mogelijk consolideren. Het derde deel betreft de tijdgerelateerde transportkosten, waarbij d_τ de transportkosten per tijdseenheid weergeeft. Met dit kostenelement kan het model de voordelen afwegen van consolidatie van zendingen versus wachttijden die nodig zijn om de afgelegde afstand te verminderen.

α, β en γ zijn gewichten die het relatieve belang bepalen van de drie termen die moeten worden geminimaliseerd in de kostenfunctie. Met een hoge waarde van α zal het model proberen alle zendingen op tijd te leveren, ongeacht de transportkosten. De waarde van β bepaalt hoeveel belang wordt gehecht aan het samenvoegen

van zendingen tot volledige vrachtwagenladingen. Een hoge waarde impliceert dat het model bereid is een tijdige levering op te offeren ten gunste van transportconsolidatie. Of dat het vrachtwagens in staat stelt om halverwege de uitvoering van een route te wachten met het ophalen van een lading die binnenkort beschikbaar zal zijn voor transport. Met een hoge waarde van γ wordt het laatste effect verlaagd. Het model voegt kosten toe als vrachtwagens wachten tot er zendingen beschikbaar komen. De wiskundige notatie wordt weergegeven in figuur 4-5.

Figuur 4-5: Beslissingsvariabelen en doelstelling in wiskundige notatie (Bombelli & Tavasszy, 2019a)

De doelfunctie van het LACSC-PDPTW is:

$$minimize: J = \alpha \sum_{i=1}^{\sigma} Z_i + \beta d_t \sum_{k=1}^{N_t} \sum_{\forall (i,j) \in E} d_{ij} X_{ij}^k + \gamma d_\tau \sum_{k=1}^{N_t} (\tau_{D_d}^k - \tau_{O_d}^k)$$

De beslissingsvariabelen die deel uitmaken van de kostenfunctie zijn:

X_{ij}^k: binaire variabele die 1 is als truck i van knooppunt i naar knooppunt j rijdt, 0 als niet

i : binaire variabele die 1 is als zending i is opgepikt door een truck, 0 als niet

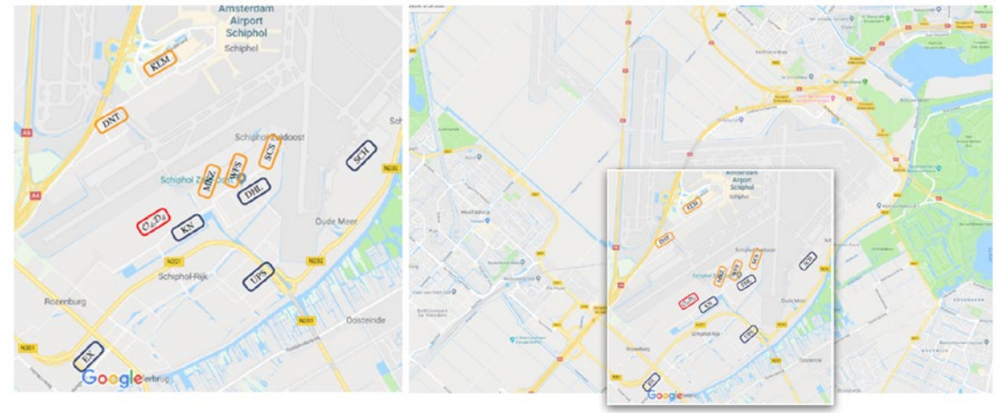
$\tau_{O_d}^k, \tau_{D_d}^k$: tijdvariabelen die aangeven wanneer truck k vertrekt bij het depot en is teruggekeerd bij het depot.

Het model bevat meer beslissingsvariabelen die moeten waarborgen dat de gekozen oplossing voldoet aan de gestelde operationele logistieke randvoorwaarden. De tijdstempels die bepalen wanneer de servicetijd van elke zending begint, zijn een onderdeel van de uitvoer, evenals het gewicht van elke vrachtwagen na het bezoeken van elk knooppunt en de toewijzing van een truck aan een dock bij een afhandelaar of expediteur.

Resultaten

Het model is toegepast op een teststudie gebaseerd op de landzijdige luchtvracht supply chain op Schiphol. Er zijn vijf van de grotere expediteurs (FF) gekozen: DHL Global Forwarding, Expeditors International forwarding (EX), Kuehne Nagel (KN), DB Schenker (SCH), en UPS (UPS). Alle vijf afhandelaren (GH) op Schiphol zijn inbegrepen: Dnata (DNT), KLM Ground Handling (KLM), Menzies (MNZ), Swissport (SCS) en Worldwide Freight services (WFS). Figuur 4-6 toont de locatie van de vijf FF en de vijf GH. De afstanden tussen de locaties zijn berekend met behulp van Google Maps, dus zoals een truck die aflegt over de weg. De voorgestelde locatie van het centrale depot wordt ook getoond. De locatie is gekozen omdat (i) die voldoende dicht bij alle FF, GH gelegen is, en (ii) omdat hier nog een vrij kavel ligt. Hoewel de selectie van de centrale depotlocatie het model beïnvloedt met een wijziging van de transportkosten, valt de optimale keuze voor het centrale depot buiten het scope van dit project.

Figuur 4-6: Kaart van Schiphol met de locaties van de afhandelaren en geselecteerde expediteurs



Om te laten zien hoe volledige samenwerking tussen expediteurs voordelen kan opleveren voor alle belanghebbenden, worden twee verschillende scenario's vergeleken:

i. Vijf optimalisatiescenario's van de expediteurs individueel en;
ii. Eén optimalisatiescenario waarbij de vijf expediteurs gebruikmaken van horizontale samenwerking.

Om consistentie te bereiken met het totaalgewicht dat in de praktijk in een planningshorizon van 8 uur wordt verwerkt, is uit empirische data van Schiphol Airport een totaalgewicht afgeleid. Dit gewicht is vervolgens opgesplitst in import- en exportzendingen, waarbij statistische analyses van empirische data over het gewicht van zendingen als basis zijn gebruikt.

Tabel 4-1: Fictieve gegenereerde data van het totale volumegewicht tussen expediteurs en afhandelaren (import en export)

	Export						Import				
	DNT	**KLM**	**MNZ**	**SCS**	**WFS**		**DHL**	**EX**	**KN**	**SCH**	**UPS**
DHL	6,60%	3,40%	5,80%	1,10%	0,90%	DNT	5,10%	2,20%	3,40%	2,40%	1,00%
EX	0,70%	0,30%	3,50%	10,00%	10,00%	KLM	41,70%	4,40%	5,20%	0,60%	1,50%
KN	6,00%	0,40%	3,60%	14,60%	0,30%	MNZ	2,10%	4,20%	0,50%	1,70%	1,60%
SCH	2,50%	0,50%	2,10%	6,50%	3,40%	SCS	0,50%	4,70%	0,20%	4,20%	4,30%
UPS	2,30%	0,30%	2,00%	9,90%	3,30%	WFS	0,30%	3,60%	0,20%	2,50%	1,90%

Tabel 4-1 toont de willekeurig gegenereerde gegevensset van de procentuele verdeling van de zendingen voor elk FF-GH-paar (export) en GH-FF-paar (import). Voor export heeft het FF-GH-paar KN-SCS het hoogste percentage met 14,6%. Andere FF-GH-paren met een significante logistieke stroom zijn UPS-SCS en DHL-DNT,

met respectievelijk 9,9% en 6,6%. Voor import wordt de logistieke stroom gedomineerd door het KLM-DHL-paar met een aandeel van 41,7%. Over het geheel genomen wordt er 65 ton geëxporteerd, verdeeld in 58 zendingen, en 62,3 ton geïmporteerd, verdeeld in 62 zendingen. Andere details zijn te vinden in Bombelli & Tavasszy (2019a).

Tabel 4-2: Resultaten van de modelberekeningen

EXPEDITEURS OPEREREN ONAFHANKELIJK								
	# zendingen		# voertuigen		beladingsgraad (%)		transportkosten	
EXPEDITEUR	EXPORT	IMPORT	EXPORT	IMPORT	EXPORT	IMPORT	EXPORT	IMPORT
DHL	12	16	2	3	0,54	0,87	200,5	308
EX	12	12	3	2	0,57	0,62	258,6	202,9
KN	12	8	3	1	0,54	0,6	229,1	152,1
SCH	11	14	2	2	0,49	0,35	192	226,3
UPS	11	12	3	1	0,4	0,64	186,4	193,8
Totaal	**58**	**62**	**13**	**9**	**0,5**	**0,62**	**1066,6**	**1083,1**
OPERATIE MET CENTRALE PLANNING								
All	58	62	9	8	0,61	0,64	933,3	1009,7

Hoewel alle zendingen zowel in de vijf enkelvoudige FF-gevallen als in de case met centrale planning worden opgehaald, tonen de resultaten van de laatste een voordeel waar het de inzet van de trucks betreft. De vijf enkele FF-cases gebruiken samen 22 trucks, terwijl de centrale planningsaanpak slechts 17 trucks nodig heeft: een reductie van 25% in de benutte vloot. Trucks worden in het geval van centrale planning ook efficiënter geladen, met een gemiddelde beladingsgraad van 0,61 (vergeleken met 0,5) voor export, en een gemiddelde beladingsgraad van 0,64 (vergeleken met 0,62) voor import. Het verschil is duidelijker voor export vanwege de aanwezigheid van strakkere tijdvensters voor zendingen. Om een zending te leveren met een strak tijdvenster kan een FF een vrachtwagen alleen aan die zending toewijzen. Als er wordt samengewerkt, kunnen ook bij strakke tijdvensters een of meerdere zendingen van meerdere expediteurs op dezelfde truck worden geladen.

Bij een gegeven aantal trucks worden ook de totale kosten verlaagd. Voor export zijn de gecombineerde transportkosten van de vijf enkelvoudige FF-gevallen 1066,6 euro, in de centraleplanningscase worden de kosten met 12,5% teruggebracht tot 933,3 euro. Voor import worden de transportkosten verlaagd van 1083,1 euro naar 1009,7 (-6,8%). In dit voorbeeld bedraagt de reductie van de totale transportkosten 10%. De toerekening van de kosten aan de deelnemende expediteurs is niet in overweging genomen. Er zijn verschillende methoden om een billijke toewijzing te bepalen. In een concurrerende markt als luchtvracht is een eerlijke verdeling het sleutelwoord, omdat – hoewel iedereen profiteert van de centrale planning – men er zeker van wil zijn dat alle expediteurs een even groot voordeel realiseren.

Discussie

Een kleine (fictieve) probleeminstantie met vijf relatief grote expediteurs op Schiphol toont al een vermindering van 25% van het aantal gebruikte vrachtwagens en 10% lagere transportkosten. Het aantal expediteurs in dit voorbeeldprobleem is klein. Het is te verwachten dat er grotere reducties in trucks en kosten mogelijk zijn als het aantal expediteurs wordt uitgebreid met middelgrote en kleine expediteurs. Aan de andere kant zullen kleinere expediteurs al gebruikmaken van de consolidatiediensten van transportbedrijven die actief zijn op Schiphol. Daardoor zal het consolidatiepotentieel van horizontale samenwerking tussen expediteurs in de praktijk kleiner zijn dan de uitkomsten van het model.

Om de werkelijke impact van verschillende consolidatiestrategieën te verkennen is er meer gedetailleerde informatie uit de sector nodig over het aantal en de grootte van zendingen, tijdsbeperkingen voor zendingen, beschikbaarheid van dokken overdag en huidige transportstrategieën die worden gebruikt door verschillende typen expediteurs en vervoerders.

4.5 SIMILATIEMODEL VOOR LANDZIJDIGE PICKUP & DELIVERY OP SCHIPHOL

Het LACSC-PDPTW-model dat werd besproken in de vorige paragraaf richt zich op de optimalisatie van de transportplanning met als doel de transportkosten in relatie tot de reisafstand en reistijd zo laag mogelijk te krijgen. Daarbij moet worden opgemerkt dat de vaste kosten voor trucks niet expliciet worden meegenomen. Hoewel het minimaliseren van transportkosten moet leiden tot een minimalisatie van het aantal gebruikte vrachtwagens, wordt deze eis in de huidige formulering niet of nauwelijks opgelegd. Maar juist het aantal trucks dat gelijktijdig wordt ingezet is bepalend voor het ontstaan van congestie bij de afhandelaren.

Ook wordt in het model de timing van de trucks bij de docks van de afhandelaren nog niet afgestemd. Wanneer de trucks van de verschillende expediteurs op hetzelfde moment bij de afhandelaren aankomen, is het mogelijk dat de dockcapaciteit niet voldoende is om de trucks tegelijkertijd te verwerken. Er zal een wachtrij ontstaan en de wachttijd zal oplopen. Om te analyseren welke impact de consolidatie en samenwerking hebben op de congestie en wachttijden bij de docks van de afhandelaren, wordt een afzonderlijk event-based simulatiemodel ontwikkeld waarin het genereren van routes wordt gecombineerd met de aankomst en afhandeling van vrachtwagens aan de docks.

In dit simulatiemodel worden de routes niet gepland door het LACSC-PDPTW-model, maar met behulp van een set praktische truckplanningsstrategieën om te beslissen welke ladingen met welke vrachtwagen worden vervoerd en op welk moment. Er worden vier verschillende consolidatiestrategieën doorgerekend als vormen van horizontale samenwerking tussen expediteurs en afhandelaren:

> **Afhandelaar (GH)-gebaseerde consolidatie**. Een op GH gebaseerde consolidatiestrategie houdt rekening met alle zendingen die wachten om te worden opgehaald op een enkele GH-locatie (voor inkomend verkeer) om te worden vervoerd naar magazijnen van meerdere expediteurs (vergelijkbaar met de Milk Run die momenteel wordt uitgevoerd op Schiphol), of die wachten om te worden afgeleverd op een enkele GH-locatie van (mogelijk) verschillende doorstuurlocaties (voor uitgaand verkeer). Een vrachtwagen wordt verzonden zodra de Economic Shipment Weight (ESW) is bereikt (zie volgende sectie). Een truck rijdt altijd eerst naar de dichtstbijzijnde locatie van een expediteur voorwie zendingen vervoerd moeten worden.

> **Expediteur (FF)-gebaseerde consolidatie**. een op de expediteur gebaseerde consolidatiestrategie traceert alle zendingen die wachten om te worden vervoerd van een expediteurslocatie naar (mogelijk) meerdere GH's (voor uitgaand verkeer) of die wachten om te worden opgehaald op meerdere GH-knooppunten en worden geleverd aan één enkele locatie van de expediteur. Zendingen worden verzonden zodra de ESW is bereikt.
> **Directe zendingen op basis van ESW**. Een strategie voor directe verzending neemt alleen de vraag in beschouwing tussen een enkel GH-knooppunt en één expediteurslocatie, in beide richtingen. Een truck begint te rijden als de ESW-drempel is bereikt.
> **Directe zendingen met full truck load (FTL)**. Een truck wordt alleen ingezet wanneer deze volledig beladen is voor het traject tussen één afhandelaar en één expediteur. Het is duidelijk dat dit laatste FTL-beleid de beste algemene prestaties zal hebben in termen van totaal afgelegde afstand, omdat het minder ritten vergt dan alle andere strategieën. Maar de strategie creëert grotere pieken in opslag- en handlingfaciliteiten dan de op ESW gebaseerde strategie.

Ontwerp van het model

De opzet van het simulatiemodel is vergelijkbaar met het optimalisatiemodel. Er zijn meerdere zendingen die beschikbaar komen op verschillende locaties (bij een expediteur of afhandelaar) en die moeten worden geleverd aan verschillende bestemmingen. De beschikbaarheid van de zendingen is dynamisch en stochastisch in termen van hoeveelheid (gewicht) en oorsprong-bestemmingsparen. Bovendien zijn de locaties beperkt in capaciteit omdat het aantal docks eindig is en de laad-en lostijden afhankelijk zijn van het type zending (losse doos of ULD) en de hoeveelheid vracht (in gewicht) die per zending wordt verzonden. Ook voertuigen hebben een capaciteitsbeperking.

Het model neemt in principe twee beslissingen:

> **De beslissing om een zending van een afhandelaar of expediteur te verzenden**. Het besluit om een vrachtwagen in te zetten is gebaseerd op de transactie tussen de transportkosten en de opslagkosten. Als zendingen alleen worden vervoerd wanneer er een volledige vrachtwagen geladen kan worden, dan moeten de afhandelaar en expediteur meer ruimte toewijzen voor buffering. Als transporten vaker worden gepland, is er minder ruimte nodig en nemen de opslagkosten af en de transportkosten toe. Om de buffer- en transportkosten in evenwicht te brengen, wordt het concept van Economic Shipment Weight (ESW) toegepast. De hoeveelheid van ESW is vergelijkbaar met het concept van Economic Order Quantity (EOQ) in voorraadbeheer. ESW wordt op de volgende manier berekend:

$$ESW = \sqrt{2DSW/h}$$

D = gemiddelde aanbod van zendingen (in totaalgewicht) per periode
S = transportkosten
W = gemiddelde gewicht per zending/AWB
h = opslagkosten (voor het bufferen van zendingen)

> **Beslissingen over de routes**. Er moeten routes worden gegenereerd om de verschillende locaties van de afhandelaren en expediteurs te bezoeken. In het model wordt een greedy algoritme toegepast: een vrachtwagen zal steeds de dichtstbijzijnde locatie bezoeken waar vracht beschikbaar is om te worden opgehaald, totdat alle locaties zijn bezocht.

Om alle activiteiten bij de docks van de afhandelaren te modelleren, omvat de simulatie ook de truckaankomsten van externe logistieke stromen, zoals road feeder services en directe leveringen. Deze trucks komen van of vertrekken naar locaties buiten het Schipholgebied. De zendingen van de externe logistieke stromen maken geen deel uit van het consolidatieprobleem en zijn gemodelleerd omdat zij een deel van de dockcapaciteit van de afhandelaren gebruiken en bezetten. De aankomst van de externe dienst is ook stochastisch, gebaseerd op empirische data.

Met het simulatiepakket Simio zijn de vier verschillende consolidatiestrategieën doorgerekend voor een periode van 5 keer 30 dagen. In deze analyses zijn vijf prestatie-indicatoren gemeten:

> Totale afstand afgelegd door alle trucks (gemiddeld per dag);
> Doorlooptijd van exportzendingen vanaf binnenkomst bij de expediteur tot aan aflevering bij de afhandelaar (gemiddeld aantal uren per zending);
> Wachttijd van exportzendingen vanaf binnenkomst bij de expediteur tot vertrek vanaf de expediteur naar de afhandelaar (gemiddeld aantal uren per zending);
> Doorlooptijd van importzendingen vanaf binnenkomst bij de afhandelaar tot aan de aflevering bij de expediteur (gemiddeld aantal uren per zending);
> Wachttijd van importzendingen vanaf binnenkomst bij de afhandelaar tot vertrek vanaf afhandelaar naar de expediteur (gemiddeld aantal uren per zending).

Resultaten

Het simulatiemodel is gebruikt om een experiment uit te voeren met een soortgelijke case als voor het optimalisatiemodel: een *pickup & delivery*-probleem met 5 expediteurs en 5 afhandelaren. Inkomende en uitgaande zendingen zijn wederom gegenereerd met behulp van een statistische kansverdeling afgeleid van empirische data. Andere parameters worden beschreven in Romero-Silva & Mujica Mota (2018). Een samenvatting van de resultaten van het simulatie-experiment wordt weergegeven in tabel 4-3.

Tabel 4-3: Resultaten van de simulatie

Resultaten	bundeling van/naar 1 afhandelaar	bundeling van/naar 1 expediteur	ESW-direct afhandelaar-expediteur	FTL direct afhandelaar-expediteur
Afgelegde afstand (km)	40,37	41,11	35,6	22,66
Totale doorlooptijd exportzendingen (uren)	6,13	6,58	16,37	40,65
Wachttijden exportzendingen voor pickup bij expediteurs (uren)	5,71	6,07	13,52	38,83
Totale doorlooptijd importzendingen (uren)	2,15	2,25	4,04	10,39
Wachttijden importzendingen voor pickup bij afhandelaren (uren)	2,05	1,58	4,32	6,94

Het model toont duidelijk de verschillende effecten die de consolidatiestrategieën hebben op de wachttijden van zendingen en op de doorlooptijden die nodig zijn voor het ophalen en leveren van zendingen. De hier gepresenteerde doorlooptijden omvatten zowel de wachttijden als de reistijden die nodig zijn voor de levering. De resultaten geven aan dat bij een strategie met bundeling van zendingen naar een specifieke afhandelaar of naar een specifieke expediteur, de doorlooptijd en wachttijden van de zendingen verminderen, terwijl het aantal gereden kilometers toeneemt. In het overzicht zijn de wachttijden niet weergegeven omdat de beschikbaarheid van de dockcapaciteit in dit experiment niet beperkt was en er nauwelijks sprake was van wachttijden.

Discussie

Het consolideren van zendingen van meerdere expediteurs naar en van een specifieke afhandelaar levert een net iets beter resultaat (in doorlooptijd en kilometers) op dan het bundelen van zendingen van meerdere afhandelaren naar en van een specifieke expediteur. De reden hiervoor is dat de afhandeling van het aantal trucks bij de afhandelaren lager is dan bij een strategie waarbij de zendingen van één expediteur worden gebundeld. Zeker in de praktijk waarbij het aantal afhandelaren kleiner is dan het aantal expediteurs, en de capaciteit van de afhandelaren de knellende factor is, zal een afhandelaar-gebaseerde strategie meer effect hebben.

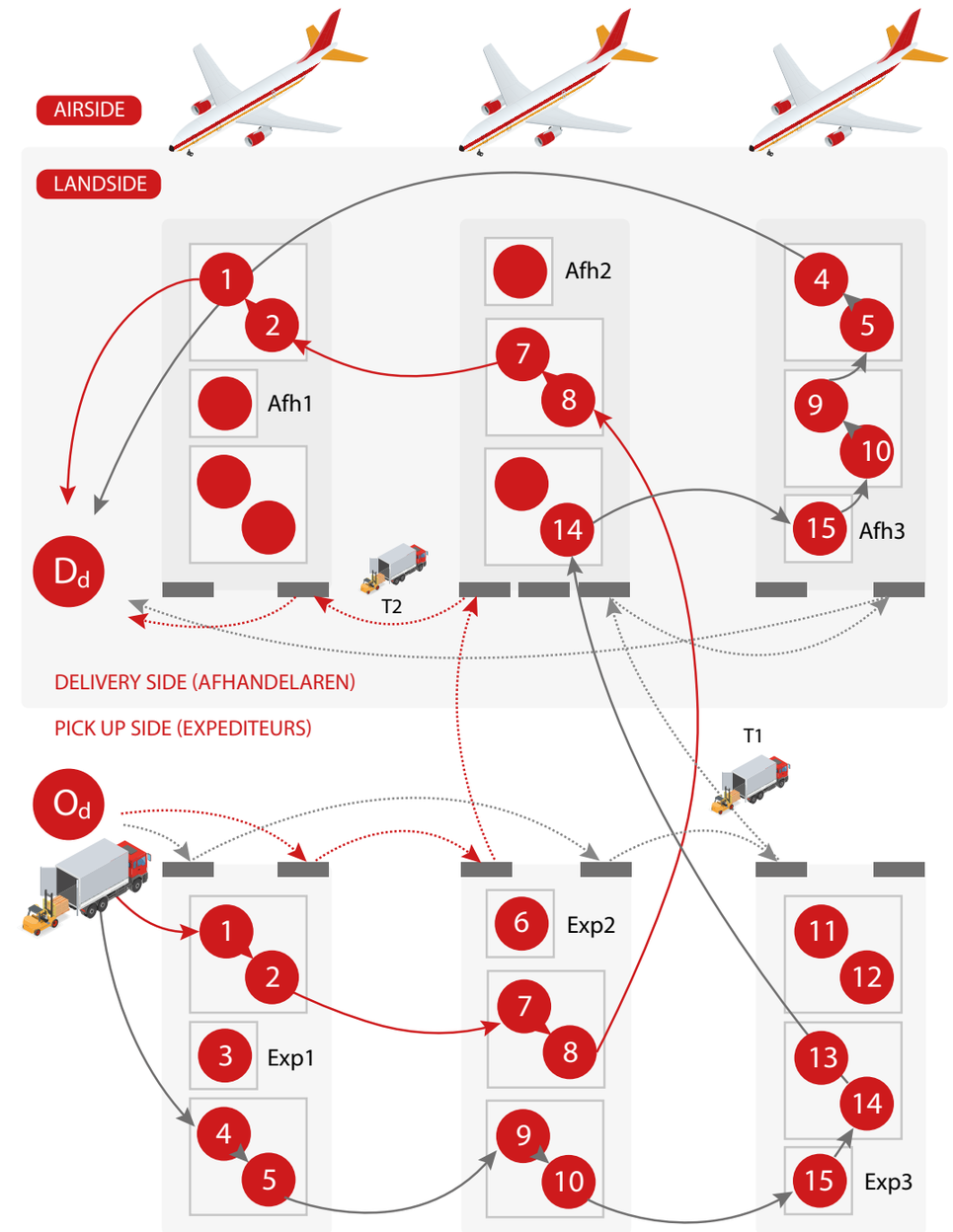
Het effect van de consolidatiestrategie op de congestie en de wachttijden bij de afhandelaren weegt in dit experiment niet zwaar. De belangrijkste reden is dat het aantal docks dat in dit experiment is gemodelleerd is gebaseerd op de beschikbare infrastructuur bij de afhandelaren en mogelijk niet overeenkomt met het aantal docks dat wordt gebruikt in de dagelijkse logistieke operatie. Het aantal docks kan daarom aanzienlijk lager zijn. Bovendien zijn al deze strategieën gebaseerd op het theoretische optimum van de ESW terwijl expediteurs en transportbedrijven in de praktijk niet wachten tot de ESQ-niveaus of de volledige vrachtwagenladingen worden bereikt. Er moet nog een referentie- of basisscenario worden vastgesteld om het nettovoordeel van elk van de scenario's in vergelijking met de huidige situatie te beoordelen.

4.6 MODELUITBREIDINGEN VOOR HET OPLOSSEN VAN PRAKTIJKVRAAGSTUKKEN

Vraagstuk: rekening houden met beperkte dockcapaciteit

Het LACSC-PDPTW-model, gepresenteerd in paragraaf 4.3, is uitgebreid om bij het genereren van de routes ook de beschikbare dockcapaciteit bij de afhandelaren mee te nemen. Het optimalisatiemodel kan daardoor rekening houden met het ontstaan van wachttijden als meerdere trucks ongecoördineerd op hetzelfde moment de docks van de afhandelaren bezoeken. In het LASCS-PDPTW-model kan het voorkomen dat zendingen ter optimalisatie van de transportkosten in dezelfde truck worden geladen die door wachttijden bij de afhandelaren alsnog te laat worden aangeleverd. In de uitgebreide versie van het model worden de routes van de trucks zo ontworpen dat elke truck wordt toegewezen aan een specifiek dock wanneer een afhandelaar wordt bezocht. Daarbij worden ook de periodes vastgelegd waarin een truck het dock bezet houdt. Het voordeel van een dergelijke aanpak is dat de centrale planner, die toegang heeft tot de volledige set van informatie over de zending, routes kan ontwerpen om de wachttijd van trucks op hun route te minimaliseren. Bovendien kan het vertrek van een vrachtwagen die bij de afhandelaar in een lange wachtrij terecht zou komen worden uitgesteld als die geen zendingen bij zich heeft die aan strakke tijdvensters gebonden zijn. Op deze manier zou de vermindering van de wachttijd van trucks bij de afhandelaar een financieel voordeel kunnen opleveren als de truck op dat moment voor andere taken kan worden ingezet.

Figuur 4-7: Voorbeeld van het pickup & delivery-proces met docktoewijzingen (Bombelli & Tavasszy, 2019b)



Ontwerp van het model

Om de extra functie beter weer te geven, hebben we het nieuwe model benoemd als het Multi Warehouse Dock Capacity - Pickup & Delivery Problem with Time-Windows (MWDC-PDPTW). De kostenfunctie van het model is ongewijzigd ten opzichte van het LACSC-PDPTW. In feite is het doel nog steeds zoveel mogelijk zendingen te leveren, met minimale transportkosten van afstand en tijd. Het belangrijkste verschil is de toevoeging van nieuwe variabelen en beperkingen voor dockcapaciteit en het truck-docktoewijzingsproces bij het ontwerpen van routes. Vanuit een theoretisch perspectief levert een vraagstuk met oneindige capaciteit op de docks (meer docks dan trucks) met het MWDC-PDPTW-model dezelfde oplossing als een met het LACSC-PDPTW-model.
Figuur 4-3 toont de werking van het optimalisatiemodel aan de hand van een voorbeeld met 3 expediteurs (met in totaal 6 docks) en 3 afhandelaren (met 7 docks). Dit voorbeeld toont de meest efficiënte route van en naar de docks van expediteurs en afhandelaren die vrachtwagens moeten nemen om de transportkosten te minimaliseren en het aantal tijdig geleverde zendingen te maximaliseren. De twee grijze ruiten vertegenwoordigen het start- en einddepot van de trucks. In het wiskundige model worden behandeld als afzonderlijke knooppunten, maar in werkelijkheid vertegenwoordigen ze hetzelfde centrale depot. De blauwe en oranje stippellijnen staan voor de fysieke routes van twee trucks. Een fysieke route begint en eindigt bij het start- en einddepot. Daartussenin wordt een opeenvolging van expediteurs en afhandelaren bezocht, en bij elke bezochte loods wordt de vrachtwagen toegewezen aan een specifiek dock voor het laden en lossen van de zendingen. In dit voorbeeld bezoekt de oranje vrachtwagen het tweede dock van expediteur 1 om zendingen op te halen voor afhandelaar 1. Vervolgens bezoekt de truck het eerste dock van expediteur 2 om zendingen op te halen voor afhandelaar 2. De truck gaat naar de kant van de levering en bezoekt het eerste dock van afhandelaar 2 omdat de zendingen last in first out moeten worden gelost om vervolgens via de afhandelaar terug te keren naar het depot. Truck 2 bezoekt zelfs alle drie de expediteurs om zendingen op te halen voor afhandelaar 3, maar kan omdat er nog ruimte is in de truck van de expediteur ook een zending meenemen voor afhandelaar 2. In dit voorbeeld wordt met stippellijnen aangegeven welke docks worden gebruikt voor het laden en lossen bij de expediteurs en de afhandelaren.

Resultaten

Wederom zijn drie testen uitgevoerd met een set up van de 5 afhandelaren en 5 expediteurs op Schiphol. Het model is toegepast op drie testcases . In elke testcase worden voor de expediteurs de optimale routes berekend in het geval dat ze individueel hun transport optimaliseren. Vervolgens is berekend wat het effect zou zijn als de trucks van de expediteurs ongecoördineerd bij de afhandelaren aankomen. Als een truck niet kan worden afgehandeld moet hij wachten, met het risico dat een zending te laat wordt afgeleverd. In dat geval wordt er een penalty in rekening gebracht. Vervolgens is er met het MWDC-PDPTW-model een optimale planning gemaakt waarbij de expediteurs samenwerken en daarnaast de aankomsttijden van hun truck wél afstemmen op de capaciteit van de docks. De resultaten worden gepresenteerd in tabel 4-4.

Tabel 4-4: Resultaten van het MWDC-PDPTW-model

	Trucks	**Zendingen**		**Kosten**					**Verlies**
		totaal	te laat	afstand	tijd	penalty	totaal	verschil	%
Expediteur 1	3	12	-	17,1	232,1	-	249,2		0
Expediteur 2	3	10	-	18	233	-	251		0
Ongecoördineerd	6	22	1	35,1	470,2	50	555,3		
Gecoördineerd	6	22	-	39,6	464,2	-	503,8	-9,3%	21
Expediteur 4	3	9	-	23,2	221,6	-	244,8		0
Expediteur 5	3	10	-	7,3	185,2	-	192,5		0
Ongecoördineerd	6	19	1	30,5	423,1	50	503,6		
Gecoördineerd	5	19	-	32,9	400,4	-	433,3	-14,0%	0
Expediteur 3	4	15	-	17,9	303,9	-	321,8		0
Expediteur 4	2	10	-	21,6	223,4	-	245		0
Expediteur 5	3	10		23	245,4	-	268,4		0
Ongecoördineerd	9	35	2	62,5	762,7	100	925,2		
Gecoördineerd	8	35	-	64,2	720,3	-	784,5	-15,2%	42

In alle drie de gevallen hebben we een aantal gemeenschappelijke effecten waargenomen: (i) sommige trucks moeten wachten omdat er geen dock beschikbaar is bij aankomst op de geplande aankomsttijd (ii) deze vertraging heeft tot gevolg dat een of meer zendingen te laat worden geleverd, dat wil zeggen niet met inachtneming van het bijbehorende tijdvenster. Het verschil tussen de kosten van de niet-coöperatieve en de coöperatieve scenario's wordt voornamelijk veroorzaakt door extra strafkosten die worden berekend als zendingen te laat zijn; (iii) een verdere daling van de transportkosten wordt gerealiseerd door het wegvallen van de wachtkosten bij de afhandelaren. In alle testen leidt coördinatie van de ritten tot besparing van de tijdgerelateerde transportkosten. De aan afstand gerelateerde transportkosten spelen maar een beperkte rol. Over het algemeen leidt een betere coördinatie van de dockbezetting tot een kostenbesparing van respectievelijk 9,3%, 14% en 15,2%.

De oplossingen zijn – in tegenstelling tot de niet-gecoördineerde scenario's die zijn afgeleid van de oplossing van de individuele expediteurs – niet berekend met een methode die leidt tot de optimale, gegarandeerd beste oplossing, maar met een alternatief optimalisatiepakket, omdat de rekentijd anders te veel zou oplopen. Voor alle scenario's in de drie testvraagstukken is de rekentijd afgekapt bij 6 uur. Met deze methode kan niet de optimale oplossing, maar wel een betrouwbare schatting worden verkregen van het percentage waarin de gevonden oplossing afwijkt van een benadering van de optimale oplossing. In tabel 4-4 toont de laatste

kolom de geschatte afwijking van de gevonden oplossing ten opzichte van de verwachte optimale oplossing. Alle individuele scenario's van expediteurs zijn optimaal opgelost. De enige coöperatieve case die optimaal is opgelost, is case 2. Dit is de test met het kleinste aantal betrokken zendingen en locaties, resulterend in een model met een beperkt aantal variabelen en beperkingen, zodat de optimale oplossing kan worden gevonden binnen de opgelegde tijdslimiet. Voor de andere twee gevallen is het verschil met de optimale oplossing niet verwaarloosbaar (respectievelijk 21% en 42%). Voor grotere instanties, vooral als we een quasi realtime-applicatie nodig hebben voor de praktijk, is het noodzakelijk om een efficiënt heuristisch algoritme te bedenken dat resulteert in betere (suboptimale) oplossingen.

Vraagstuk: oplossen van grote praktijkvraagstukken met een heuristiek

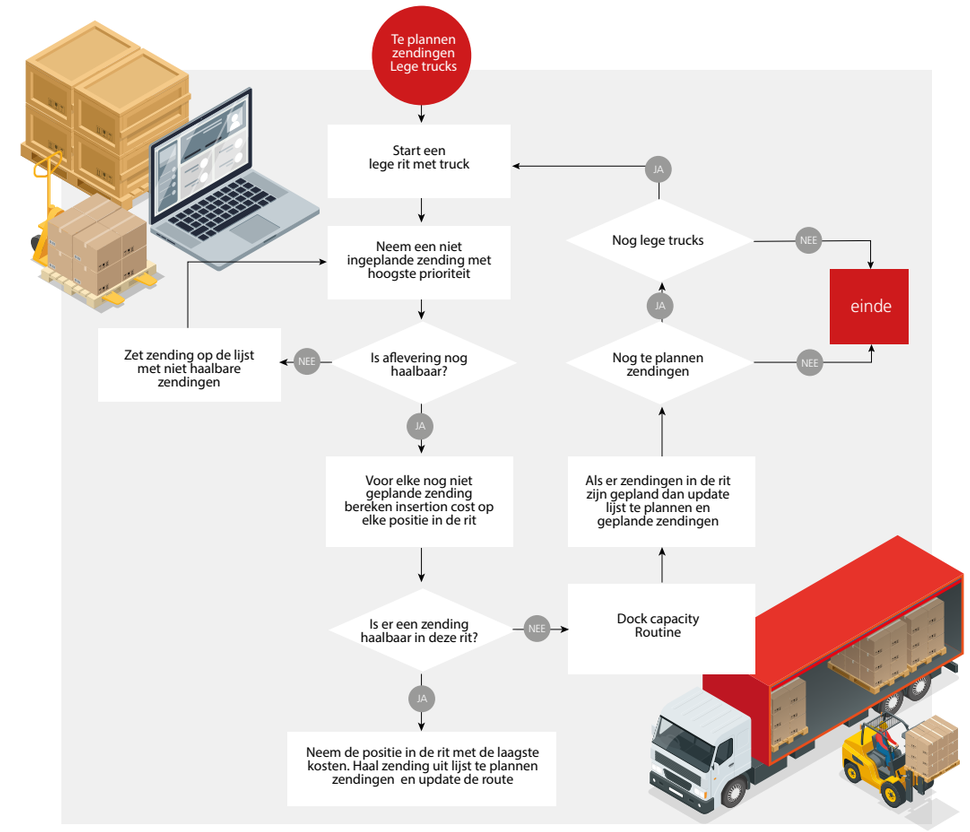
Het nadeel van een exacte oplossingsmethode is dat er al veel rekentijd nodig is om een oplossing te vinden voor relatief kleine vraagstukken zoals getoond in eerdere paragrafen. Voor vraagstukken met 5 afhandelaren, 5 expediteurs en 30 zendingen is op een relatief snelle PC al 120 minuten nodig. Om grotere vraagstukken (met 30 tot 50 expediteurs en enkele honderden zendingen) snel te kunnen oplossen is daarom een heuristiek ontwikkeld. In een heuristische aanpak wordt snel gezocht naar een suboptimale maar acceptabele oplossing, waarbij een afweging wordt gemaakt tussen de rekentijd en het verlies in de waarde van de oplossing.

Ontwerp van het model

De heuristiek die voor het *landside pickup & delivery*-probleem is ontwikkeld bestaat uit twee stappen:

> Een geldige oplossing zoeken via een 'greedy insertion'-algoritme. 'Greedy insertion'-algoritmes voegen stap voor stap elementen toe aan de oplossing waarbij telkens dat element wordt geselecteerd dat op dat moment het gunstigst is voor de oplossing, dus het meest bijdraagt aan de realisatie van de doelstelling. Figuur 4-5 beschrijft het algoritme dat een eerste haalbare oplossing berekent. Voor elke nog niet ingeplande zending wordt berekend in welke rit en in welke positie binnen een rit deze kan worden toegevoegd (waarbij moet worden voldaan aan alle randvoorwaarden: truckcapaciteit, last in first out, tijdvensters, dockcapaciteit etc.). Vervolgens wordt van alle mogelijke planningsopties voor die zending de optie gekozen met de laagste kosten, totdat er geen oplossingen meer zijn die kunnen worden ingepland. De uitvoer van een dergelijk algoritme is als volgt:
  1. een reeks vrachtwagenroutes, die elk worden gekenmerkt door een opeenvolging van zendingen die moeten worden geladen/gelost;
  2. een lijst van niet-haalbare zendingen, d.w.z. een lijst van zendingen die niet kunnen worden afgeleverd, zelfs niet als ze worden toegewezen aan een speciale vrachtwagen, vanwege schendingen van het tijdsvenster die vanzelfsprekend zouden ontstaan, of die voortvloeien uit vertragingen die wachten op een beschikbaar dock;
  3. een lijst van niet-toegewezen zendingen, d.w.z. het verschil tussen de initiële lijst van zendingen en de toegewezen en onhaalbare zendingen.

Figuur 4-8: Stapsgewijze insertion techniek voor het samenstellen van bruikbare routes



> Een betere oplossing zoeken via de methode van simulated annealing (SA). De gevonden oplossing van het basis-greedy insertion algoritme wordt gebruikt is de startoplossing voor het SA-Framework, waarvan het doel is om de oplossing iteratief te verbeteren met behulp van verwijderings- en invoegstrategieën. Voorbeelden van verwijderingsstrategieën zijn:
  1. willekeurige verwijdering: q-zendingen (waarbij q een geheel getal is) worden willekeurig uit de huidige reeks routes verwijderd;
  2. slechtste verwijdering: q-zendingen waarvan de verwijdering het meest de kostenfunctie vermindert, worden verwijderd;
  3. kortsterouteverwijdering. De route met het kleinste aantal zendingen wordt verwijderd uit de huidige set routes.

De verwijderde zendingen worden vervolgens toegevoegd aan de lijst met niet-toegewezen zendingen. Daarna wordt getracht deze zendingen weer toe te voegen aan de geplande routes:

Basic greedy insertion: elke niet-toegewezen zending wordt op elke mogelijke locatie in elke route geplaatst.

Vervolgens wordt de verzendlocatie-route-triplet die de kostenfunctie het minst verhoogt gekozen om de huidige reeks routes te wijzigen. Het proces wordt herhaald totdat alle niet-toegewezen zendingen zijn toegewezen, of wanneer er geen haalbare invoeging mogelijk is.

Creatie van nieuwe routes. Vanuit de set van niet-toegewezen zendingen worden nieuwe haalbare routes gecreëerd. De route met het hoogste aantal niet eerder toegewezen zendingen wordt toegevoegd aan de oplossing.

De veranderingen voor het verwijderen en toevoegen van routes worden bij elke iteratie willekeurig gekozen, maar door te leren welke van de veranderingen het meeste effect hebben, kan de voorkeur voor een verandering worden aangepast in het optimalisatieproces. Telkens als er een betere oplossing is gevonden wordt deze opgeslagen en in de volgende iteratie als basisoplossing gebruikt.

Resultaten

Hieronder volgen enkele voorlopige resultaten van de ontwikkelde heuristiek (zie tabel 4-4). Voor een set van kleine vraagstukken vergeleken we twee oplossingen: de optimale oplossing verkregen via de exacte formulering van de MWDC-PDPTW met die van de SA-aanpak. We hebben in deze context alleen op kleine probleeminstanties gefocust, zodat de exacte oplossing (of op zijn minst een goede ondergrens) binnen een redelijke rekentijd kan worden verkregen. Er worden vier probleeminstanties gepresenteerd. Drie instanties worden gekenmerkt door een enkele expediteur en drie afhandelaren. De vierde instantie combineert de voorgaande drie door de invoering van horizontale samenwerking tussen expediteurs en wordt dus gekenmerkt door drie expediteurs en drie afhandelaren. Voor elke instantie rapporteren we ook het aantal zendingen, de kostenfunctie zoals berekend door het exacte model en door de SA-heuristiek, de rekentijden en het verlies in prestaties bij het gebruik van de SA-heuristiek in plaats van het exacte model (in percentages).

Tabel 4-5: Resultaten van de exacte oplossingsmethode en de heuristiek met SA-aanpak

nummer probeem	aantal expediteurs	aantal afhandelaren	aantal zendingen	totale kosten optimaal	rekentijd optimaal (min)	totale kosten SA-aanpak	rekentijd SA-aanpak (min)	verschil kosten (%)	afname rekentijd (%)
1	1	3	10	114,5	14,2	114,8	1,2	0,26%	-91,5%
2	1	3	10	112,5	16,7	113,5	2,2	0,89%	-86,8%
3	1	3	10	118,8	13,1	119,1	1,6	0,25%	-87,8%
4	3	3	30	380,3	120	386,3	3,7	1,58%	-96,9%

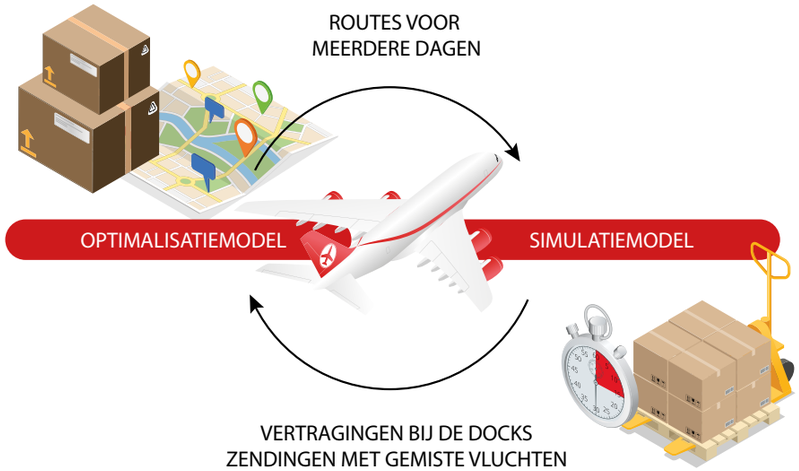
Hoewel deze resultaten verre van alomvattend zijn, is het duidelijk hoe de SA-heuristiek een oplossing van zeer hoge kwaliteit kan bieden in een kortere verwerkingstijd. Het resultaat is met name duidelijk bij probleemnummer 4, waarbij een geringe toename van het prestatieverlies sterk gecompenseerd wordt door een duidelijk afname van de rekentijd.

4.7 INTERACTIE TUSSEN HET OPTIMALISATIE- EN HET SIMULATIEMODEL

Het optimalisatiemodel en het simulatiemodel verschaffen inzicht in de effecten van samenwerking tussen ketenpartijen in het *landside pickup & delivery*-proces. De mogelijkheden en beperkingen van de modellen zijn echter verschillend. Het optimalisatiemodel biedt de mogelijkheid om voor elke situatie (air waybills, beschikbare voertuigen, dockcapaciteit van handelaren) steeds de optimale routes samen te stellen. Maar er zijn grenzen aan het aantal beslissingen dat het model in samenhang kan optimaliseren. Om inzicht te krijgen in de robuustheid van de samenwerking moeten veel verschillende situaties worden doorgerekend. Een simulatiemodel kan een veel groter aantal keuzes van veel verschillende stakeholders evalueren, maar wel met generieke beslisregels (‘*policies*’) waarbij niet de meest optimale routes, maar wel bruikbare routes worden gegenereerd. Ook de impact van onzekerheden en fluctuaties kan in een simulatie goed worden geanalyseerd. Daarom kan een simulatie de werkelijkheid beter nabootsen dan een optimalisatiemodel.

Door modellen te koppelen kan een krachtig instrument voor complexe praktijkvraagstukken worden verkregen, omdat de beperkingen van het ene model worden gecompenseerd door de mogelijkheden van het andere model (Mujica Mota et al., 2015; Amaran et al., 2016; Mujica Mota et al., 2017). In dit geval wordt een traditionele koppeling gebruikt waarbij de voorgestelde routes van het optimalisatiemodel worden gebruikt als routes in het simulatiemodel. Deze opzet is in diverse studies toegepast en blijkt zeer robuuste resultaten op te leveren (Mujica, 2015; Mujica, Scala and Delahaye, 2017).

Figuur 4-9: Koppeling van het optimalisatie- en simulatiemodel voor landside pickup & delivery

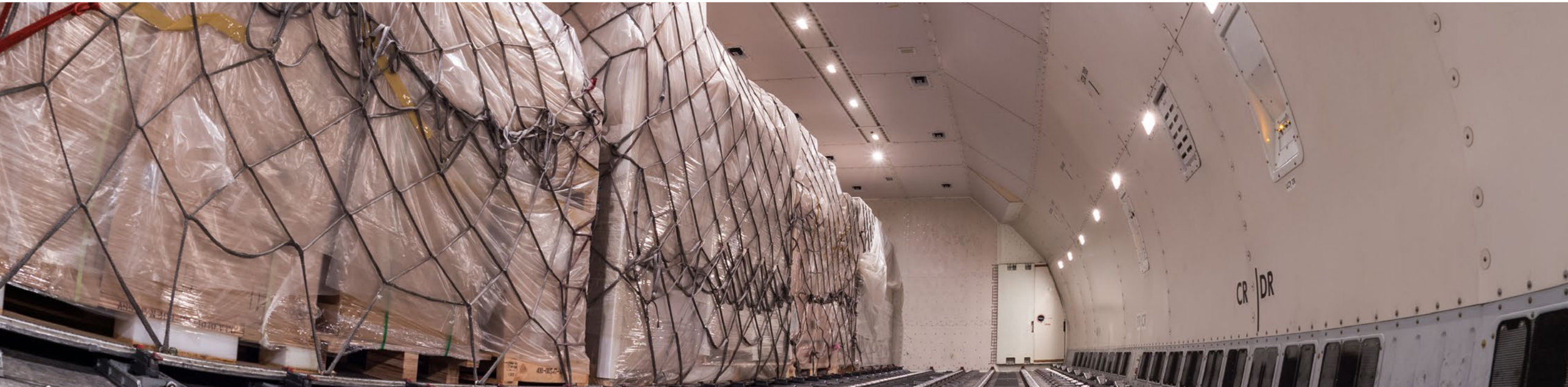


Voor het *landside pickup & delivery*-vraagstuk berekent het optimalisatiemodel voor een x aantal dagen de optimale planning, rekening houdend met de kenmerken van de air waybill, de dockcapaciteit en het aantal beschikbare voertuigen. De output van het optimalisatiemodel zijn routes om de zendingen tussen de loodsen van de afhandelaren en de expediteurs te vervoeren. De routes en air waybills worden weer als input gebruikt voor het simulatiemodel. In het simulatiemodel wordt stochastiek ingebracht voor het moment van beschikbaarheid van zendingen en reis- en afhandelingstijden. Ook worden de road feeder services toegevoegd die niet in het optimalisatiemodel worden meegenomen. Het simulatiemodel maakt vervolgens zichtbaar of de planning van het optimalisatiemodel goed kan worden uitgevoerd en wat de wachttijden bij de afhandelaren zijn en de betrouwbaarheid bij het brengen en ophalen van de zendingen. De ontstane onbetrouwbaarheid door het ontstaan van wachttijden kan daarna als feedback worden teruggegeven aan het optimalisatiemodel. In het optimalisatiemodel kan met een wijziging van de parameterinstellingen een meer robuuste planning worden gemaakt.

4.8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Het *landside pickup & delivery*-vraagstuk is een complex wiskundig vraagstuk en bestaat uit een combinatie van een aantal planningsvraagstukken die ieder voor zich al lastig zijn om op te lossen. In SCCAS is een optimalisatiemodel (MWDC-PDPTW) voor landside *pickup & delivery* ontwikkeld dat de effecten van samenwerking tussen expediteurs en afhandelaren inzichtelijk maakt. Het ontwikkelde model maakt het mogelijk om de dockcapaciteit en de ritten binnen een tijdvak van bijvoorbeeld een dag te plannen. Deze innovatieve modelformulering is niet eerder voorgesteld in de wetenschappelijke literatuur. Om de effecten van samenwerking en de effecten van de dagelijkse onzekerheden en dynamiek mee te nemen, is er ook een simulatiemodel voor Schiphol ontwikkeld waarmee voor relatief eenvoudige planningsregels ook fysiek per locatie getoond kan worden wanneer en waarom wachttijden bij afhandelaren kunnen ontstaan.

2. In SCCAS zijn de ontwikkelde modellen vooralsnog toegepast op kleine, fictieve vraagstukken. Voor een betrouwbare inschatting van de effecten van logistieke samenwerking in landside *pickup & delivery* op Schiphol zijn nog twee stappen nodig:
   > Een beter en compleet beeld krijgen van de huidige situatie. Dat betekent enerzijds een representatieve dataset van zendingen met alle relevante karakteristieken (gewicht, vlucht, herkomst, bestemming, volume, tijden) en anderzijds inzicht in de huidige planning en uitvoering van het vervoer en afhandeling bij de afhandelaren (o.a. capaciteit, planningsregels). Pas dan kan een goed referentiescenario worden opgesteld en kan aan de stakeholders in de praktijk worden aangetoond dat de modellen werkelijk representatief zijn voor de situatie op Schiphol.
   De heuristiek en het simulatiemodel verder ontwikkelen. Voor de heuristiek zijn de eerste bruikbare resultaten bij kleine datasets beschikbaar, maar de effectiviteit ervan bij grotere datasets moet nog worden bewezen. Daarnaast vraagt de opschaling van het aantal expediteurs van 5 naar het gewenste aantal expediteurs om een aanpassing van het model.
   > De modellen kunnen de stakeholders inzicht geven in de effecten van verschillende vormen van samenwerking, omdat het simulatiemodel stap voor stap toont wat er aan de docks van de expediteurs en afhandelaren gebeurt. Om de stakeholders vertrouwen te geven in de uitkomsten van de modellen is het zinvol om het model interactief door te ontwikkelen en met de stakeholders te bespreken. Tenslotte is het wenselijk om de stakeholders actief te betrekken bij het instellen van de parameters van het landside *pickup & delivery*-model.



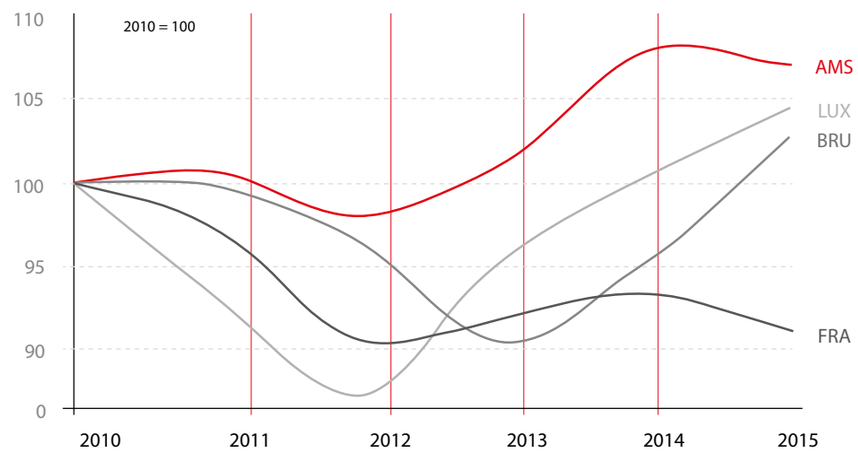
VERBETERINGEN IN TEMPERATUUR-GEVOELIGE SUPPLY CHAINS

5. VERBETERINGEN IN TEMPERATUURGEVOELIGE SUPPLY CHAINS

5.1 TEMPERATUURGEVOELIGE LADING OP SCHIPHOL: BLOEMEN EN FARMA

Bloemen en farma zijn belangrijke ladingstromen voor Schiphol. Nederland heeft een sterke positie in de productie en de internationale handel van bloemen. De marktwaarde van Nederlandse bloemenexport bedroeg in 2017 4,4 miljard USD (World's Top Exports, 2017). Een groot deel van de bloemen die in Nederland worden verhandeld, wordt via de lucht aangevoerd vanuit Colombia, Ecuador, Kenia en Ethiopië. Wekelijks vliegen er 68 vluchten, waarvan 45 full freighters en 23 passagiersvliegtuigen, met bloemen tussen deze landen en Schiphol (Flightradar24.com, januari 2018). Ongeveer 1% van de bloemen wordt na verkoop via de lucht vervoerd naar exportlanden. De exportbloemen gaan mee met passagiersvliegtuigen vanaf Schiphol naar bestemmingen over de gehele wereld. Daarnaast is farma een wereldwijde groeimarkt door de toename van de bevolking en de welvaart in de wereld. In 2015 groeide deze markt met 20% en vertegenwoordigde het wereldwijde farmatransport een waarde van 7 miljard euro (IATA CEIV, 2016). De verwachting is dat deze groei de komende jaren aanhoudt. Schiphol heeft jarenlang een sterke positie gehad op het gebied van farmatransport, maar heeft de afgelopen jaren te maken met de opkomst van Brussels Airport en Luxemburg (figuur 5-1).

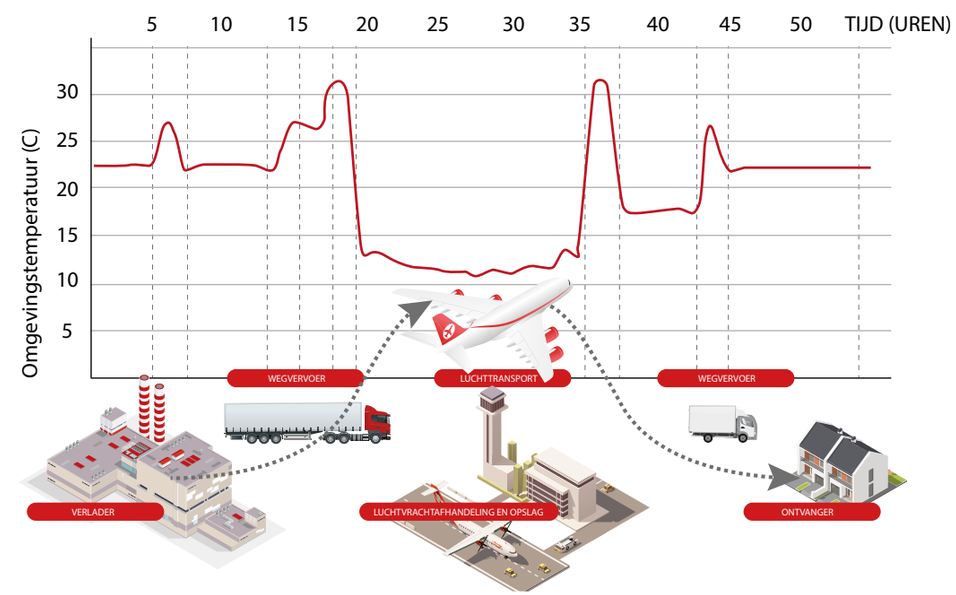
Figuur 5-1: Transportvolumes van farmaceutische producten via Europese luchthavens (Pharma Gateway Amsterdam, 2017)



Zowel bloemen als farma dienen onder de juiste condities te worden vervoerd om de kwaliteit van het product te handhaven. De kwaliteit van bloemen kan worden uitgedrukt in 'vaasleven': de periode dat bloemen bij de consument in de vaas staan zonder zichtbare achteruitgang van de bloei. Het vaasleven van bloemen is afhankelijk van de doorlooptijd van de keten, de temperatuur van het product en de luchtvochtigheid van de ruimten waarin de bloemen zich in de logistieke keten bevinden (Van der Voort, 2016). De belangrijkste maatregel om de kwaliteit van bloemen te behouden is ervoor te zorgen dat ze zo snel mogelijk worden gekoeld na de oogst en dat ze gedurende het hele distributieproces op optimale temperatuur worden gehouden (Reid, 2009). Een temperatuur van 1°C door de gehele keten heen is ideaal, 2°C is realistisch en 5°C is het maximum om de kwaliteit nog te kunnen waarborgen. Het is daarom voor bloemen belangrijk dat de luchtvrachtketens zo worden ingericht en uitgevoerd dat de doorlooptijden en temperatuur in de keten zijn gewaarborgd. Voor farmaceutische producten geldt dat de werkzaamheid afneemt of zelfs verloren gaat als de producten niet worden vervoerd binnen het aangegeven temperatuurbereik (bijvoorbeeld 5°C tot 25°C). Dat kan leiden tot gevaarlijke situaties en schade voor patiënten. Als de fabrikanten niet kunnen bewijzen dat producten in de logistieke keten de gewenste temperatuur hebben behouden, is het niet toegestaan om deze producten nog te verkopen. Airlines, afhandelaren, expediteurs en luchtvrachtvervoerders kunnen met het CEIV-certificaat aantonen dat zij voldoen aan de eisen die farmaceutische producenten stellen om de veiligheid van hun zendingen te kunnen waarborgen.

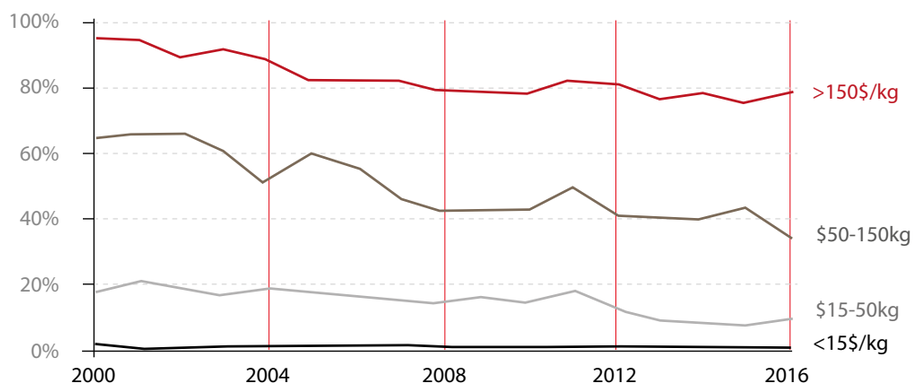
Ondanks de aandacht die uitgaat naar het waarborgen van de temperatuur en doorlooptijd in de bloemen- en farmaketen, komen afwijkingen van de ideale of gewenste temperatuur nog regelmatig voor (Pelican, 2019). In figuur 5-2 is het typische temperatuurvervolg van een farmaceutische zending weergegeven. Volgens IATA vindt 50% van temperatuuroverschrijdingen tijdens transport plaats bij de grondafhandeling op luchthavens (IATA CEIV, 2016). Omdat temperatuurgevoelige vracht meegaat op passagierstoestellen en de vrachtloodsen vaak relatief ver van de passagiersterminals afliggen, zorgt dit voor langere rijtijden tijdens grondafhandeling en een groter risico op blootstelling aan ongewenste omgevingstemperaturen.

Figuur 5-2: Temperatuurexcursies tijdens de cold chain (IATA CEIV, 2016)



Verschuivingen in de internationale handelsstromen en toenemende concurrentie van andere luchthavens en andere modaliteiten vormen een bedreiging voor de positie van Schiphol. Allereerst zien we dat fysieke transportroutes van bloemen veranderen door de opkomst van nieuwe productielanden die zelf hun weg naar afzetlanden zoeken. Nieuwe internetplatformen, die als virtuele veiling fungeren, versterken deze verschuiving. De goederenstromen lopen niet meer noodzakelijkerwijs via Nederland om te worden verhandeld. In plaats daarvan loopt het transport direct vanaf een buitenlandse teler naar bijvoorbeeld Duitsland, Frankrijk, China, Amerika of Japan. De luchtvrachtketens van zowel bloemen als farma verliezen ook marktaandeel aan maritiem transport (Seabury, 2017). Het aandeel van de luchtvracht in de wereldwijde farmastromen loopt sinds 2000 al structureel terug. Er kan nog sprake zijn van groei in luchtvracht omdat de totale markt groeit, maar verladers maken continu de afweging of lading kan worden overgezet naar goedkopere modaliteiten. Ook in de bloemenindustrie groeit het vervoer in maritieme containers. Het transport over zee duurt weliswaar drie weken, maar met reefers kan de temperatuur van het product wel veel beter worden beheerst. Tenslotte is de concurrentie van de nabijgelegen luchthavens toegenomen. De luchthavens van Brussel en Luxemburg richten zich uitdrukkelijk op farma en leggen zich daarbij niet alleen toe op het verbeteren van het logistieke proces op de luchthaven zelf, maar ook op het waarborgen van de kwaliteit van het product door goed samen te werken met andere luchthavens, zoals Singapore en Miami (Brussels Airport, 2019a).

Figuur 5-3: Marktaandeel lucht- en zeetransport van farmaceutische producten (Seabury, 2017)



Om de positie van Schiphol te behouden en te versterken kan de Schipholcommunity zich voor verladers ook proberen te onderscheiden met kwalitatief goede dienstverlening die niet alleen gericht is op een betrouwbare en efficiënte logistiek op Schiphol, maar in de gehele keten. Voor het versterken van de positie van Schiphol in bloemen- en farmaketens zijn vier onderzoeksvragen geformuleerd:

> Met welk innovatief *cool chain*-businessconcept kan de kwaliteit van het product door de gehele luchtvrachtketen worden gewaarborgd?
> Hoe kan de prestatie van de luchtvrachtketen van temperatuurgevoelige lading worden gemeten en welke behoefte aan prestatie-indicatoren is er bij verladers en ontvangers?
> Welke maatregelen kunnen ketenpartijen nemen om de temperatuur en doorlooptijd in de keten beter te beheersen?
> Hoe dient de samenwerking in de luchtvrachtketen te worden georganiseerd zodat alle ketenpartijen bereid zijn te investeren in maatregelen die nodig zijn om de kwaliteit van het product door gehele keten te waarborgen?

In het onderzoek zijn de vraagstukken uitgewerkt voor de bloemenketen of voor de farmaketen. In een aantal gevallen is een vraagstuk voor beide ketens onderzocht.

5.2 *COOL CHAIN*-BUSINESSCONCEPT

Vraagstuk: het ontwikkelen van een cool chain-businessconcept

Ketenpartijen die binnen de logistieke keten van temperatuurgevoelige zendingen de producten tijdens een te lange periode blootstellen aan een te hoge of lage temperatuur, brengen daarmee de kwaliteit van de producten aan het eind van de keten in gevaar. Om deze reden is het belangrijk dat de stakeholders samenwerken en zo een kwalitatief sterk eindproduct aan de klant kunnen leveren. In luchtvrachtketens wordt gebruikgemaakt van de prestatie-indicatoren 'flown as planned' (FAP) en 'delivered as promised' (DAP). Dat zijn indicatoren die vooral de betrouwbaarheid van de leadtime uitdrukken, maar geen inzicht geven in de status van de goederen zelf. Als bloemen zijn geboekt op de dienst 'Fresh' bij de airline, dan heeft de airline een inspanningsverplichting om de bloemen in het gewenste temperatuurregime te houden, maar er wordt geen KPI bijgehouden om aan te geven in welke mate dat is gelukt. Een te definiëren indicator voor de kwaliteit van de bloemen kan samenwerking stimuleren.

Een noodzakelijke stap om tot meer samenwerking te komen is de keten in beeld te brengen en een duidelijke doelstelling voor de gehele keten te formuleren. De doelstelling van het eerste deelproject is het ontwikkelen van een innovatief *cool chain*-businessconcept voor de bloemenketen. Het concept moet de logistieke kwaliteit van de keten en van het eindproduct (de bloemen) verbeteren door de introductie van een indicator die aangeeft of de temperatuur en daarmee de kwaliteit van de bloemen goed is gewaarborgd (Verhees, 2018).

Onderzoeksaanpak

De aanpak van het project is afkomstig uit het vakgebied Strategic Product Design. Het *vision in product design*-framework (Hekkert & van Dijk, 2011) is gebruikt als leidraad om de overgang te vergemakkelijken van de status quo naar een gewenste toekomstige staat. Eerst is de huidige status quo in kaart gebracht omtrent het product (het vervoer van bloemen van de kweker naar de retailer), de interactie tussen de ketenpartijen en de context waarin de ketenpartijen samenwerken. Vervolgens is de gewenste situatie, of '*future state*' uitgewerkt. De product-status quo en interactie-status quo zijn geanalyseerd met kwalitatieve onderzoeksmethoden (interviews en bronnenonderzoek) en door businessmodellen in kaart te brengen. Modellering is gebruikt om het complexe systeem van de keten te vereenvoudigen en om alle betrokken actoren te structureren. Het gewenste resultaat is een businessmodel. Een businessmodel bestaat uit het geheel van activiteiten, de actoren die de activiteiten uitvoeren en de transacties die activiteiten en actoren met elkaar verbinden. Het ontwerp van het businessmodel is tot stand gekomen met en getoetst door focusgroepen bestaande uit vertegenwoordigers uit de luchtvrachtketen, kwekers, veiling en handel.

Resultaat

Het ontwikkelde businessmodel bevat drie innovatieve elementen: de kwaliteitsindicator, proactieve interventie en ketentransparantie (Verhees, 2018).

Kwaliteitsindicator

De kwaliteit van de bloemen en de logistieke keten kan met drie indicatoren in beeld worden gebracht:

> Vaasleven; de indicator 'vaasleven' meet hoelang bloemen bij de consument of in het retailkanaal nog staan totdat ze zichtbaar kwaliteit verliezen. Kwekers en handelaren kunnen groeitesten uitvoeren door een aantal bloemen uit een zending in nagebootste huiskamercondities te laten uitbloeien. Het nadeel van vaasleven als indicator is dat deze pas achteraf (dus na het transport) kan worden gemeten en geen voorspelling biedt over de kwaliteit van een zending bij aankomst in Nederland.

> Graaduren; de indicator 'graaduren' drukt het temperatuurverloop van het product en de doorlooptijd van de keten uit. De indicator graaduren wordt berekend als de som van alle temperaturen over de doorlooptijd van de keten. Naarmate de graaduren oplopen neemt de kwaliteit van het product en ook het vaasleven af (Van der Voort, 2016). Op basis van empirische metingen kan worden vastgesteld bij welk niveau van graaduren de kwaliteit van de bloemen (en daarmee de lengte van het vaasleven) voldoende wordt gewaarborgd is.

> *Exposure time*; de indicator 'exposure time' drukt het verloop van de temperaturen waaraan een zending is blootgesteld en de doorlooptijd van de keten uit. De exposure time wordt berekend als de som van de omgevingstemperaturen over de totale doorlooptijd van de keten.

De ideale indicator is een betrouwbare voorspeller van het resterende vaasleven van de bloemen, maar het is moeilijk om dit objectief te meten en vast te stellen. Het is mogelijk de graaduren vast te stellen als in elke zending of doos een temperatuurlogger wordt meegestuurd om precies te meten wat de temperatuur van de bloemen is. Omdat de temperatuur van dozen binnen een zending afhankelijk van de positie op de pallet kan verschillen, is het wenselijk om alle dozen te voorzien van een temperatuurlogger. Dit vraagt om een apart logistiek proces voor het plaatsen, uitlezen en retoursturen van temperatuurloggers. Exposure time is de minst nauwkeurige indicator om de kwaliteit van bloemen in een zending of een doos te monitoren, maar geeft wel een betrouwbaar beeld van de manier waarop een zending in de keten is behandeld door de verschillende ketenpartijen. Daarover kunnen kwekers, expediteurs, airlines en afhandelaren onderling resultaatafspraken maken. De verbinding tussen de indicator vaasleven, die belangrijk is voor de kweker en de handel, en de exposure time, die gebruikt kan worden door de logistieke keten, is de indicator graaduren. Met de graaduren kan het resterende vaasleven worden berekend op basis van statistische analyses van bloeitesten. Als de exposure time in de logistieke keten per processtap wordt gemeten, kan op basis van steekproeven met temperatuurloggers de temperatuur van het product worden vastgesteld en kan er vervolgens met data science op basis van exposure time een goede voorspelling worden gegeven van de graaduren. Het advies aan de luchtvrachtketen is daarom de omgevingstemperatuur van zendingen te meten en te monitoren en de exposure time als prestatie-indicator voor de kwaliteit van het logistieke proces te gebruiken.

Ketentransparantie

Meten van de kwaliteit van het product en de prestaties van de gehele logistieke keten vraagt om transparantie in doorlooptijd en de omgevingstemperatuur in alle processen. Elk van de partijen in de keten zal doorlooptijd en temperatuurverloop registeren. Om de data voor de gehele keten te ontsluiten, kunnen ze worden verzameld in een blockchain voor de cool chain.

Proactieve interventie

Elk van de ketenpartijen in de keten voert nu onafhankelijk van de andere partijen in de keten zijn activiteiten uit. Tot nu toe hadden ketenpartijen geen inzicht in afwijkingen in doorlooptijd en temperatuur die eerder in de keten zijn ontstaan en hebben ook geen aanleiding om zendingen zodanig te verwerken dat de kwaliteit aan het einde van de keten gewaarborgd is. Het businessmodel zorgt ervoor dat het proces door alle ketenpartijen proactief wordt bijgestuurd om de kwaliteit van het product te borgen. Met data sciences en artificial intelligence kan per zending worden gemonitord en worden voorspeld of een zending onder juiste condities aan het einde van de keten wordt overgedragen aan de ontvanger. Zo niet, dan worden er automatisch maatregelen in gang gezet om zendingen sneller te verwerken en zones met hogere temperaturen te mijden. Als goederen bijvoorbeeld al langer onderweg zijn of onverwacht te lang onbeschermd buiten hebben gestaan, kan een afhandelaar een zending in een koeling zetten om de exposure time niet te veel te laten oplopen.

5.3 METEN IS WETEN IN TEMPERATURE-CONTROLLED SUPPLY CHAINS

Een eerste uitwerking van het *cool chain*-concept is het operationaliseren van de kwaliteitsindicator voor de gehele supply chain. Dit kan vanuit twee invalshoeken worden beschouwd. De eerste invalshoek is van logistieke en operationele aard: de in het vorige hoofdstuk genoemde kwaliteitscriteria worden verder geoperationaliseerd tot een raamwerk van prestatie-indicatoren voor de gehele keten en voor alle schakels in de keten. De tweede invalshoek is gebaseerd op de behoeften van de klanten van de keten: de verladers. Om te verkennen of er een generieke aanpak voor temperatuurgevoelige ladingstromen mogelijk is, wordt in het onderzoek ook de behoefte aan kwaliteits- en prestatie-indicatoren bij verladers in de farmaketen meegenomen.

Vraagstuk: uitwerken van KPI-framework voor de bloemenketen Nairobi – Amsterdam

Het operationaliseren van de kwaliteitsindicator van het *cool chain*-concept betekent dat de begrippen graaduren en exposure time meetbaar moeten worden gemaakt en dat er een doelstelling voor de gehele keten en voor elk van de schakels moet worden vastgesteld. Omdat er sprake is van meerdere factoren die invloed hebben op de kwaliteit van het product (doorlooptijd en temperatuur), en omdat de kwaliteit van het product en van de keten afhankelijk is van de prestaties van meerdere stakeholders, spreken we van een KPI-framework. Idealiter geeft een KPI-framework alle stakeholders in de keten inzicht in de totale ketenprestatie en in de bijdragen en verantwoordelijkheden van elke stakeholder, biedt het de mogelijkheid om in te zoomen op de onderliggende factoren, maakt het de samenhang en afhankelijkheden tussen de partijen duidelijk en is het gemakkelijk te interpreteren (Eckerson (2009).

Onderzoeksaanpak

Als basis van het onderzoek dienen de onderzoeksresultaten van Hortiwise (2012). In deze studie is de logistieke keten van bloemen tussen Kenia en Nederland uitgebreid beschreven en geanalyseerd. Van deze studie zijn de rollen van de verschillende stakeholders, logistieke processen en prestatiekenmerken en hun invloed op de kwaliteit van de bloemen afgeleid. Op basis van literatuuronderzoek en interviews met stakeholders en experts van de keten worden realistische prestatietargets voorgesteld voor temperatuurverloop en doorlooptijd op keten-

en stakeholderniveau. Op basis van deze KPI's en deel-KPI's is een dashboard samengesteld dat de onderliggende factoren voor afwijkingen inzichtelijk maakt en waarin ook rekening wordt gehouden met de afhankelijkheden tussen de schakels van de keten. De resultaten zijn op haalbaarheid getoetst bij de supplychainexperts van FloraHolland. In het onderzoek is primair uitgegaan van de graaduren. De relatie tussen graaduren en exposure time dient met empirisch onderzoek nader te worden vastgesteld en valt hier buiten de scope.

Resultaten

Op basis van interviews met stakeholders van de bloemenketen tussen Nairobi en Amsterdam is vastgesteld dat een keten die op het moment dat de bloemen aan de retail worden overgedragen een score van 500 graaduren heeft, bloemen oplevert met een algeheel geaccepteerde kwaliteit. De telling van de graaduren start bij de oogst. Vervolgens zijn de 500 graaduren op basis van expertinterviews en een realistische inschatting van de doorlooptijd en van de verwachte omgevingstemperaturen in elk van de ketenschakels, toebedeeld aan de diverse schakels in de keten. Daarmee zijn feitelijk de normen per schakel van de keten vastgesteld (figuur 5-1). Wanneer de stakeholders deze targets behalen, resulteert dit in een keten tussen Nairobi en Amsterdam met 460 graaduren. Dit betekent tevens dat de keten nog een marge heeft van 40 graaduren om bijvoorbeeld een dag vertraging op te vangen als de bloemen op de ideale temperatuur van 1°C zouden worden vervoerd. Als de temperatuur op 5°C komt, is de marge nog maar 8 uur.

Tabel 5-1: Normen voor doorlooptijd, temperatuur en graaduren voor stakeholders van een bloemenketen (Zidek, 2018)

Stakeholder	Doorlooptijd (uur)	Temperatuur (°C)	Graaduren (u°C)
Kweker Kenia	40,5	2,50	101,25
Lokaal transport	9,0	6,00	54,00
Expediteur Nairobi	7,0	5,00	35,00
Afhandelaar Nairobi	3,5	3,00	10,50
Airline	9,0	5,00	45,00
Afhandelaar Schiphol	3,5	10,57	37,00
Expediteur Schiphol	1,5	12,00	18,00
Dockservices FloraHolland	2,0	12,00	24,00
Importeur	12,0	11,33	135,96
Totaal	**88**		**460,71**

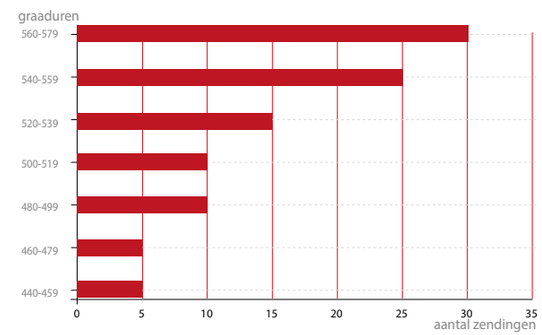
De prestatie van de keten kan worden gemeten door te kijken naar het gestelde target van 500 graaduren. Omdat de herkomst en bestemming van zendingen verschillend zijn, wordt de KPI berekend voor herkomst- en bestemmingsrelatie (kweker-importeur):

> aantal bloemenzendingen dat onder de 500 graaduren blijft bij aankomst op bestemming;
> percentage bloemenzendingen dat onder de 500 graaduren blijft bij aankomst op bestemming.

De KPI per stakeholder kan op een vergelijkbare wijze worden bepaald: het percentage van het aantal zendingen binnen de gestelde norm voor het aantal graaduren per schakel. Daarbij kunnen KPI's op de doorlooptijd en het temperatuurverschil bij binnenkomst en vertrek in een schakel al een indicator zijn van eventuele afwijkingen in het aantal graaduren.

> Percentage van het aantal zendingen die tijdens afhandeling door de stakeholders voldoen aan het gestelde temperatuurtarget;
> Percentage van het aantal zendingen die tijdens afhandeling door de stakeholders voldoen aan het gestelde lead time target.

Figuur 5-4: Voorbeeld van een KPI-dashboard voor graaduren (Zidek, 2018)



		NORM			REALISATIES		
		L	T	DH	Av DH dev	Av T dev	Av L dev
1	Kweker	38	2,5	95	-16	24	-40
2	Lokaal transport	7	6	42	38	57	-19
3	Expediteur	7	2,5	17,5	18	28	-10
4	Afhandelaar Kenia	4	4	16	-6	4	-10
5	Luchtvaartmaatschappij	9	9	81	19	19	0
6	Afhandelaar Schiphol	3	11	33	-4	-6	2
7	Expediteur	3	12	36	25	1	24
8	Dock Services	2	12	24	21	6	15
9	Importeur	12	13	156	15	13	3
		85		**500,5**	**110,1**	**146**	**-35,9**

Bij het vaststellen van de gerealiseerde graaduren per schakel dient rekening te worden gehouden met afwijkingen die wel optreden in een schakel maar waarvoor een ketenpartij niet verantwoordelijk is.: Wanneer goederen bijvoorbeeld onverwacht te laat bij een afhandelaar worden aangeleverd en niet meer meegaan op een vlucht, stijgt het aantal graaduren van de afhandelaar omdat de zending daar langer dan gepland verblijft in afwachting van een volgende vlucht.

Uit het onderzoek is echter gebleken dat de huidige datadekking van de verschillende stakeholders met betrekking tot lead time en temperatuur nog niet voldoende is om de KPI's te meten. Ofwel omdat de data door een of meer stakeholders niet worden gemeten, ofwel omdat de data door een of meer stakeholders niet worden verstrekt. Om die reden is het raadzaam een GPRS/GSM-tracker te implementeren in de individuele bloemenzendingen om daarmee de eenzijdige data met betrekking tot lead time en temperatuur tijdens de keten te meten. Met deze data kunnen de KPI's worden gemeten.

Vraagstuk: identificeren van behoefte aan KPI's bij verladers in de farma- en bloemenketen

In de ontwikkeling van het KPI-framework is de doelstelling om de kwaliteit van het product zo objectief mogelijk vast te stellen als uitgangspunt genomen. De vraag is echter of verladers (verzenders en ontvangers van de goederen) dezelfde wensen en behoeften als logistieke partijen hebben als het gaat over de prestaties van de keten en de impact daarvan op de kwaliteit van het vervoerde product. Van de farma- en bloemenketen is al bekend dat verladers zelf met temperatuurloggers en soms ook met actieve trackers (die de status van de zending verzenden) de prestaties van de keten en de condities van het product volgen. Daarom is onderzocht

welke informatiebehoeften verladers in de bloemen- en farmaketens hebben op het gebied van de kwaliteit van het product en de uitvoering van het logistieke proces in de gehele keten, en welke KPI's kunnen worden gemeten om de prestaties met betrekking tot de verwachtingen van verladers weer te geven (Gelderloos, 2018; Carpentier, 2018).

Onderzoeksaanpak

Om de behoeften aan prestatie-indicatoren bij verladers in de farma- en bloemenketen in kaart te brengen, zijn semigestructureerde interviews uitgevoerd met 4 verladers in de farmaketen en 17 kwekers, expediteurs en handelaren in de bloemenketen. De interviews met de stakeholders zijn uitschreven, gecodeerd en geanalyseerd.

Resultaten

Verladers in de bloemenketen vinden het belangrijk om meer inzicht in de supply chain te krijgen. Ze noemen drie factoren die de kwaliteit van hun zendingen beïnvloeden: temperatuur, doorlooptijden en het bewustzijn over de producten (Gelderloos, 2018). Verladers waarderen het wanneer medewerkers van afhandelaren en airlines zorgvuldig omgaan met hun producten. KPI's waarin prestaties over doorlooptijden of temperatuurverloop worden uitgedrukt, worden niet gebruikt of er wordt niet naar gevraagd. De verladers zijn niet gewend om KPI's te gebruiken en te interpreteren, ze verwachten concrete informatie over hun zending. Gedurende het onderzoek is duidelijk geworden dat de indicator vaasleven en daarmee samenhangende graaduren om prestaties te meten voor verladers minder belangrijk zijn. Ze denken dat graaduren bruikbaar kunnen zijn om de prestatie van de gehele supply chain uit te drukken, maar ze zijn meer geïnteresseerd in specifieke informatie over hun zendingen binnen de verschillende stappen van de keten. Voor een afhandelaar op Schiphol zou dat betekenen dat de volgende KPI's worden gemeten in combinatie met afspraken over targets hiervan:

> Tijd van het uitladen van het vliegtuig;
> Tijd op tarmac in combinatie met temperatuur;
> Snelheid van de afhandeling van producten die te warm zijn;
> Tijd van aankomst tot overdracht van de zending aan de volgende schakel in de keten;
> Tijd buiten de koeling;
> Tijd op de pallet;
> Snelheid van het opbouwen en afbreken van pallets.

Het eerste en belangrijkste resultaat van de interviews met verladers uit de farmaketen is dat de farmaverladers niet verwachten dat airlines en ketenpartijen belangrijke prestatie-indicatoren voor hen berekenen (Carpentier, 2018). De farmaceutische producenten hebben meer informatie over hun producten en kunnen hun eigen KPI's dus nauwkeuriger berekenen dan de ketenpartijen ieder of gezamenlijk ooit zullen kunnen. De verladers waarderen wel de inspanning die ketenpartijen doen om hun prestaties te meten en te delen. Het geeft hun inzicht in de verbeteringen die airlines en ketenpartijen realiseren. Er zijn belangrijke prestatie-indicatoren die in dat geval kunnen worden berekend:

> Tijd buiten de koeling; de indicator 'de tijd buiten de koeling' blijkt te worden toegepast door alle geïnterviewde stakeholders. Het voordeel van de tijd buiten koeling is dat er geen verdere productspecifieke gegevens nodig zijn om deze te berekenen.
> Kelvin-uur. De indicator Kelvin-uren is genoemd door een van de ondervraagden. Het is een variant op de graaduren, maar dan op basis van de temperatuurschaal van Kelvin. De indicator Kelvin-uren krijgt de voorkeur omdat de effecten van tijd- en temperatuurafwijkingen apart zichtbaar zijn in de waarde van de indicator. Bij graaduren kan een afwijking van 15 graaduren het effect zijn van 1 uur op 15 graden, 15 uur op 1 graad, et cetera.

De verladers geven de voorkeur aan andere maatregelen die ketenpartijen kunnen nemen (Carpentier, 2018):

> Gestandaardiseerde tarmactijden; De geïnterviewde farmaceutische producenten gaven aan dat de meeste temperatuurexcursies van hun zendingen zich voordoen wanneer de zending wacht op het platform voordat het in het vliegtuig wordt geladen. Dit is geen verrassing, want er zijn geen koelfaciliteiten op het platform. Temperaturen op de Tarmac kunnen sterk fluctueren afhankelijk van het seizoen, of afhankelijk van het tijdstip. Tarmactemperaturen kunnen echter door iedereen online worden opgezocht. Tarmactijden niet. Door maximale tarmactijden te definiëren kunnen farmaceutische producenten de verpakking voor hun producten beter bepalen. Deze afspraak is eenvoudig in te voeren en zal goed worden ontvangen door klanten, maar door een maximum te stellen introduceert KLM Cargo een logistieke uitdaging voor zichzelf (zie paragraaf 5.4).
> Actuele omgevingstemperaturen in de keten; de respondenten geven aan dat ze graag de omgevingstemperaturen van de partijen uit de keten zouden willen ontvangen. Met gegevens over de actuele omgevingstemperaturen kunnen de farmaproducenten beter voorspellen of een zending zal (moeten) worden afgewezen, waardoor er onmiddellijk een vervangend pakket kan worden verstuurd.
> Temperatuurbereik op basis van waarschijnlijkheid. De ondervraagden suggereerden percentages te koppelen aan de huidige bestaande temperatuurproducten die door airlines worden aangeboden. De speciale *handling code* COL, waarbij de omgevingstemperatuur tijdens het transport varieert van +2°C tot +8°C, geeft de indruk dat een zending op geen enkel moment deze grenzen zal overschrijden. De praktijk leert dat dat niet het geval is. Het voorstel is daarom om in de productspecificatie aan te geven hoe waarschijnlijk een bepaald temperatuurbereik is:
  > 90% van de tijd is de zending tussen +2°C en +8°C;
  > 95% van de tijd blijft de zending tussen 0°C en +10°C;
  > 99% van de tijd blijft de zending tussen 0°C en +15°C.

Tijdens de interviews benadrukten de ondervraagden het belang van de integriteit van hun product en de garantie die ze graag op hun zendingen krijgen. De maatregelen die zij hiervoor voorstelden, zijn:

> De zending bij opslag in een koude ruimte zetten;
> Verbeterde serviceniveaus invoeren;
> Zorgen dat de zending wordt gevlogen als geboekt.

Conclusies

Een KPI-framework met de graaduren of exposure time van zendingen biedt de mogelijkheid om de prestaties van de gehele keten en de bijdrage van alle ketenschakels inzichtelijk te maken en te monitoren. Op basis daarvan kunnen ketenpartijen onderling afspraken maken over de geleverde prestaties en over de noodzakelijke acties om de totale ketenprestaties te verbeteren. Op dit moment is de datadekking binnen de keten echter nog

niet voldoende om deze KPI's te meten. De informatiewerkgroep van de Holland Flower Alliance zet al stappen om alle logistieke statusinformatie op doos- en *air waybill*-niveau bij elkaar te brengen op één platform. De wijze waarop de temperatuurdata verzameld zullen worden is nog niet uitgewerkt.

Ondanks dat de klanten van bloemen- en farmaketens via Schiphol informatie over hun zendingen belangrijk vinden, verwachten zij niet dat de logistieke ketenpartijen de prestaties daarvan meten in de vorm van KPI's. Veel van deze aspecten kunnen farmaverladers namelijk zelf meten en daarnaast vinden ze andere dingen binnen het luchthavenproces belangrijker. Zij willen liever dat afhandelaren en luchtvaartmaatschappijen garantie geven over bepaalde aspecten van de afhandeling dan dat zij prestaties meten. Verladers in de bloemenketen zien de voordelen van KPI's wel, maar geven aan graag meer informatie over de voortgang van zendingen binnen de keten te ontvangen.

5.4 INVESTEREN IN EEN HOGERE KWALITEIT

In het kader van dit project is onderzocht welke veranderingen of optimalisaties tijdens de grondafhandeling van temperatuurgevoelige luchtvracht op Schiphol nodig zijn om de prestaties rondom het transport te verbeteren en daarmee als keten of als onderdeel van de keten competitief te zijn. Daarnaast werd er gekeken naar de implementatie van deze veranderingen en hun invloed op de keten of een onderdeel van de keten. Er zijn kosteneffectieve oplossingen onder de loep genomen om de blootstellingstijd van temperatuurgevoelige vracht op de airside van Schiphol te reduceren, aangezien op dit stuk van de keten de meeste temperatuuroverschrijdingen voorkomen (Vunderink, 2019). Daarnaast is de mogelijkheid onderzocht om de efficiëntie van airsideprocessen te verbeteren met gebruik van internet of things (IoT) (De Jong, 2019) en door de inzet van 3D-scanningstechnieken bij de opbouw van de pallets (TNO, 2019).

5.4.1 Optimale airside voor temperatuurgevoelige vracht

Vraagstuk

Onderzoek van IATA (IATA, 2016) geeft aan dat het grootste risico op ongewenste temperatuurafwijkingen bestaat aan de airside: zendingen kunnen worden blootgesteld aan de buitentemperatuur tijdens opslag in de buffer, tijdens het vervoer tussen de loods en het vliegtuig en gedurende de wachttijd bij het vliegtuig voor het laden of na het lossen. De opgave voor de afhandelaar is de tijd waarin zendingen aan de buitentemperatuur worden blootgesteld te beheersen en indien wenselijk te minimaliseren. In het SCCAS-project is voor de airside op Schiphol onderzocht hoelang zendingen worden blootgesteld aan de buitentemperatuur aan de airside en welke maatregelen er kunnen worden genomen om de risico's op ongewenste temperatuurblootstelling te beperken.

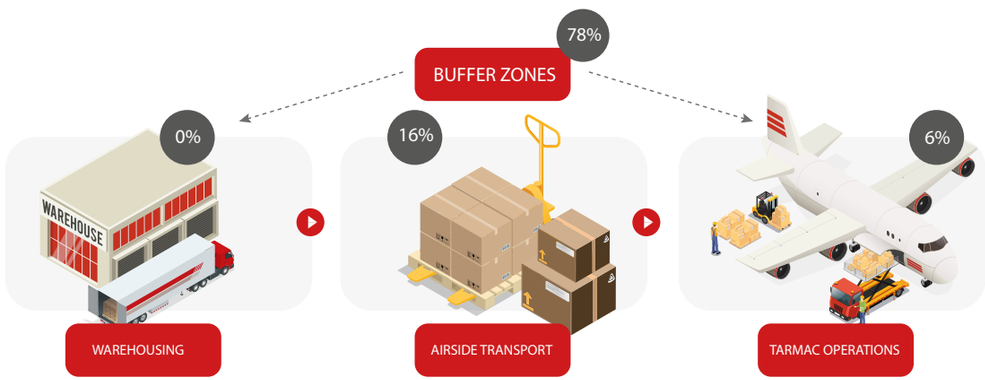
Aanpak

Het huidige logistieke proces is in kaart gebracht door een operatie op de airside te bezoeken en interviews af te nemen bij twee afhandelaren op Schiphol. Op basis van logistieke statusinformatie van inkomende temperatuurgevoelige lading en temperatuurdata van het KNMI is voor twee zomermaanden van 2018 een analyse uitgevoerd van de blootstelling van temperatuurgevoelige lading aan de buitentemperatuur. Aan de hand van interviews met product-, operationeel en performancemanagers is een inventarisatie gemaakt van oplossingen om de blootstelling te verminderen. Voor drie oplossingen is een businesscase op hoofdlijnen uitgewerkt.

Resultaten

Het logistieke proces aan de airside bestaat uit vijf stappen (zie figuur 5-5): opbouwen/afbreken van de ULD in de loods, de buffer bij de loods, het vervoer tussen de loods en het platform, de buffer op het platform en het laden/lossen van de ULD in het vliegtuig. Uit de analyse van de logistieke data van de afhandelaar blijkt dat de gemiddelde blootstellingstijd van temperatuurgevoelige vracht tijdens de luchthavenprocessen 5,5 uur bedraagt. De wachttijden tussen de afhandeling in de loods en het airsidetransport, en die tussen het airsidetransport en de afhandeling op het platform zijn verantwoordelijk voor het grootste deel van deze blootstellingstijd van de vracht (zie figuur 5-5). De planning en inzet van schaarse transportcapaciteit, menselijke fouten tijdens de vrachtafhandeling en slechte communicatie tussen verschillende verantwoordelijke partijen op de luchthaven zijn de oorzaak van buffers tussen de verschillende stappen in het proces.

Figuur 5-5: Gemiddelde blootstellingstijd van temperatuurgevoelige vracht per processtap van grondafhandeling (Vunderink, 2018)



Totale blootstelling aan ongewenste temperaturen: **5,5 uur**

Voor drie oplossingen die de respondenten voorstelden is een businesscase uitgewerkt:

> Actief temperatuurgereguleerde containers/ULD's waarbij de lading gedurende de gehele reis door de container wordt gekoeld;
> Actief temperatuurgereguleerde dolly's waarbij een ULD in het traject tussen de loods en het vliegtuig in een gekoelde dolly (transportmiddel) wordt geplaatst;
> Logistieke planning en passieve isolatiedekens waarbij een servicedesk voor temperatuurgevoelige lading gericht ritten inplant aan de airside, waardoor wachttijden in de buffers worden beperkt.

In een effectiviteitsanalyse is onderzocht of de afzonderlijke oplossingen inzetbaar en effectief zijn in alle processtappen en bij alle weersomstandigheden in combinatie met de gewenste temperatuur van de vracht. Op deze aspecten scoren alle oplossingen zeer goed, met als resultaat dat de maximale blootstelling na inzet van een van de oplossingen niet hoger dan 30 minuten is. In de businesscase-analyse zijn de implementatiekosten en

de operationele kosten onderzocht (op basis van tien jaar temperatuurgevoelige outboundvracht, afgehandeld door de betreffende afhandelaar). Hieruit bleek dat een servicedesk in combinatie met passieve isolatiedekens de goedkoopste oplossing is, en daarmee ook de meest kosteneffectieve (figuur 5-6). De planner van de servicedesk volgt de locatie van individuele zendingen met temperatuurgevoelige vracht en ook de vluchtinformatie en andere aspecten die invloed hebben op de planning van de grondafhandeling. Op basis van deze gegevens laat hij of zij de operationele afdelingen van de verschillende processtappen weten wanneer zij in actie dienen te komen. Hierdoor kunnen de buffertijden aanzienlijk worden verlaagd, waardoor de blootstellingstijd op de airside onder de twee uur komt. Om de vracht ook tijdens deze twee uur te beschermen tegen buitentemperaturen, wordt ze ingepakt met isolatiedekens.

Figuur 5-6: Oplossingen om de blootstelling van temperatuurgevoelige vracht aan buitentemperaturen te reduceren (Vunderink, 2018)

5.4.2 Het volgen van zendingen met internet of things

Vraagstuk

Een voorwaarde voor een betere planning van de ketenprocessen en een betere monitoring van zendingen door de keten heen is dat er uit alle schakels van de keten informatie beschikbaar is. In het kader van de informatiewerkgroep van de HFA is afgesproken dat de ketenpartijen vanuit bestaande systemen via een platform product-, logistieke en temperatuurdata gaan delen. Een innovatieve manier om de benodigde data over zendingen te verzamelen is het internet of things toe te passen. IoT is een systeem van samenhangende computersystemen, mechanische en digitale apparatuur, waarmee objecten uniek worden geïdentificeerd en ze het vermogen krijgen om binnen een netwerk data over te dragen zonder interactie tussen mensen of tussen mensen en computers. Deze technologie heeft de potentie om de inspanning die nodig is om objecten te identificeren binnen de keten te verminderen, de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van data te vergroten en daarmee sneller te reageren en te anticiperen op gewenste en ongewenste gebeurtenissen met een zending. Met IoT krijgen planners een actueel beeld van de keten.

In het onderzoek zijn drie toepassingen van IoT voor de luchtvrachtketen onderzocht (De Jong, 2019):
Unit load device (ULD) control: het identificeren en volgen van ULD's op luchthavens en in de keten door een passieve of actieve tag op een ULD aan te brengen.

Piece level control: het identificeren van zendingen in de loodsen van de afhandelaren door een tag op een zending te plaatsen.

Active shipment trackers: actieve trackers worden door de verlader in de zending gestopt om gedurende de gehele reis de verlader op de hoogte te houden van de status (locatie, temperatuur, licht, luchtvochtigheid et cetera) van de zending. De airline heeft geen toegang tot de data, maar moet wel toestemming geven voor het gebruik van actieve trackers in zendingen.

De centrale vraag in het onderzoek is of de toepassing van IoT voor de gehele keten voldoende directe businesswaarde heeft. Businesswaarde is gedefinieerd als een directe kostenbesparing voor afdelingen en processen die gebruikmaken van de data die met IoT zijn geregistreerd. De tweede onderzoeksvraag is hoe de businesscase van IoT eruitziet voor een airline.

Onderzoeksaanpak

De onderzoeksaanpak bestaat uit vier stappen:

1. Literatuuronderzoek naar de state of the art van IoT in de luchtvracht.
2. Inventarisatie van de huidige situatie door het opstellen van een procesbeschrijving van de gehele keten en het beschrijven van de huidige datacollectieprocessen binnen elke schakel van de keten. De gehele keten inclusief in alle schakels. De procesanalyse is generiek opgesteld en vervolgens per case uitgewerkt.
3. Benoemen van de businesswaarde. De businesswaarde wordt kwalitatief uitgewerkt door de aard en onderliggende mechanismes van de voordelen te benoemen.
4. Inschatting van de businesscase (kwantitatieve afweging van kosten en baten). De data voor deze analyses zijn verzameld uit 13 interviews met de vertegenwoordigers van de afdelingen ULD-control, ULD-build-up, performance measurement, business process improvement, customer service, sales, transport en tracking & tracing In de interviews zijn alle cases besproken die relevant zijn voor de betreffende afdeling.

Resultaten

De literatuurstudie geeft aan dat een aantal airlines concrete stappen zet met internet of things (De Jong, 2019). Lufthansa laat al meer dan 20 actieve trackers toe tot haar vliegtuigen en heeft equipment op de luchthaven van Frankfurt uitgerust met actieve trackers zodat het voor medewerkers gemakkelijk wordt om de beschikbare middelen efficiënter in te zetten. Delta Airlines heeft ULD's uitgerust met passieve bluetoothtrackers en heeft daarmee een compleet overzicht van de plaatsen waar ULD's zich op de luchthaven van Atlanta bevinden. Ook Cargolux maakt gebruik van ULD-tracking. Een dochteronderneming van FedEx biedt een wereldwijde service aan waarbij klanten gebruik kunnen maken van actieve trackers. De actieve trackers kunnen ook worden gebruikt op vluchten van airlines die deze tracker hebben toegelaten. DHL en UPS hebben aangegeven ook grote investeringsprogramma's te starten waarin internet of things wordt toegepast.

Tabel 5-2 geeft een beeld van de werking, de verschillen en voordelen voor afhandelaren ten opzichte van de huidige situatie en van de voordelen van de drie op IoT gebaseerde toepassingen.

Tabel 5-2: Op IoT gebaseerde toepassingen voor afhandelaren (De Jong, 2019)

	ULD-control	**Piece level control**	**Active trackers**
Werking	Locatiebepaling ULD's door bluetoothtags die worden gelezen door bakens verspreid langs vrachtroute op luchthaven	Locatiebepaling pakketten in magazijn door passieve RFID-tags op individuele vrachtpakketten, die worden gelezen door readers verspreid door het magazijn	Active trackers in pakketten genereren informatie over o.a. locatie (GPS), temperatuur, schokken en luchtvochtigheid tijdens transport
Verschillen	- Automatisch genereren van informatie - Automatisch verwerken van informatie - Realtime locatie-informatie van ULD - Single truth van informatie - Niet afhankelijk van informatieverstrekking door klanten	- Automatisch tellen van pakketten - Automatische locatiebepaling van pakketten - Automatische waarschuwing als pakket op verkeerde plek is - Single truth van informatie	- Proactief managen van zendingen (preventief) - Automatisch monitoren van zendingen - Realtime informatie over zendingen - Single truth van informatie - Potentieel voor procesoptimalisatie
Voordelen	- Minder transport van individuele ULDs - Hogere ULD-bezetting - Minder werkdruk bij ULD-control - Meer claims richting klanten voor niet of te laat retourneren van ULD's - Minder transport van palletstapels - Minder vermiste en verloren pallets - Meer claims richting klanten voor extra dagen leasen van active containers - Minder tijdverlies aan discussies met klant over databetrouwbaarheid	- Minder boetes van douane - Geen tijdverlies aan tellen van pakketten - Minder telfouten - Minder tijdverlies aan zoeken van pakketten - Meer toezicht mogelijk binnen het magazijn - Hogere IATA-mijlpaal nauwkeurigheid - Versnellen van afhandelingsprocessen	- Minder verkeerd geplaatste pakketten - Minder temperatuuroverschrijding van pakketten - Hogere procesprestaties - Minder tijdverlies aan het bellen met klanten - Versnellen van het claimproces

Een combinatie van de onderzochte toepassingen van IoT biedt mogelijkheden om op een kosteneffectieve manier betrouwbare data over zendingen door de gehele keten te verzamelen. Met piece level control kunnen individuele dozen worden gevolgd bij ontvangst en opbouwen van ULD's en vervolgens weer vanaf het afbouwen van de ULD's. ULD-control volgt vervolgens de gegroepeerde zendingen op piece level door de keten. Door het gebruik van internet of things (en daarbij ook RFID) wordt het mogelijk om de zendingen op een veel gedetailleerder niveau te volgen zonder dat de scankosten en het aantal fouten bij dataregistratie oplopen.

5.4.3 3D-scanning van ULD's

Vraagstuk

Een andere technologie die kan bijdragen aan de waarborging van de kwaliteit van de lading en de gelijktijdige verbetering van de logistieke efficiency, is 3D-scanning. Voor een airline is het van belang dat ULD's die het vliegtuig in gaan stabiel zijn opgebouwd en dat het beschikbare volume dat past op een ULD maximaal is benut. Instabiele stapeling kan leiden tot verschuivingen van de lading op en van de ULD met als gevolg verstoringen in het proces, schadegevallen en gevaarlijke situaties op het tarmac en in de loods. Met 3D-scans van beladen ULD's die expediteurs aanleveren bij een afhandelaar, kan worden vastgesteld of de ULD stabiel is opgebouwd en of er nog ruimte is om er lading aan toe te voegen. Als een ULD scheef of instabiel gestapeld is of als er nog ruimte over is, kan de afhandelaar de ULD nog naar de loods brengen om de opbouw aan te passen of zendingen bij te laden. Goede gestapelde, volle ULD's kunnen direct door naar de buffer om te wachten op de vertrekkende vlucht. Ook de ULD's die door de afhandelaar zelf zijn opgebouwd kunnen zo met 3D-scanning worden gecheckt.

Luchtvracht heeft een aantal kenmerken waarmee rekening moet worden gehouden en die om aanpassing van bestaande oplossingen vragen:

> Afmetingen: de afmetingen van ULD's zijn groter dan reguliere pallets. De afmeting van een ULD kan variëren van 243,8 cm bij 317,5 cm (10 ft) tot 243,8 cm bij 605,8 cm (20 ft), met een hoogte tot 300 cm. Door de grote oppervlakte kan de hoogte van één ULD op verschillende plekken variëren.

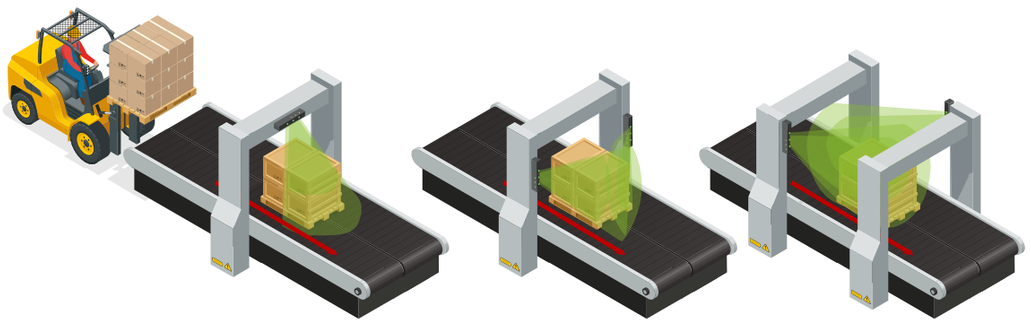
> Plastic: ter bescherming van de lading op een ULD wordt de opgebouwde luchtvrachtpallet afgedekt met plastic (meestal wit van kleur). Door het plastic is de precieze vorm en hoogte van de lading voor het oog niet meer zichtbaar. Een camera moet door het plastic heen kunnen kijken.

De onderzoeksvraag luidt daarom: Met welke 3D-scanningstechnieken is het scannen van ULD's haalbaar en welke type camera en cameraopstelling leveren nauwkeurige data op om de stabiliteit van de opbouw en mate van benutting van het volume van een ULD te bepalen?

Onderzoeksaanpak

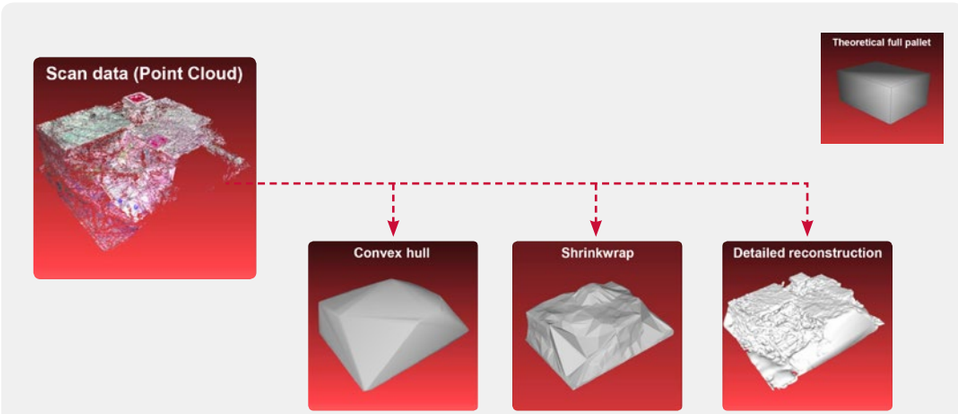
Om te kunnen bepalen welke camera en cameraopstelling voldoende betrouwbaar en nauwkeurig zijn, is een proefopstelling opgebouwd bij een dock voor binnenkomende ULD's bij een afhandelaar. In de proefopstelling zijn digitale 3D-camera's opgehangen boven de rollerbaan waarop de ULD's binnenkomen. De posities van de camera's zijn weergegeven in figuur 5-9. De figuur toont drie mogelijke opstellingen: een met éé camera die de ULD van de bovenkant scant, een met twee camera's de ieder vanaf een zijkant de ULD scannen en een waarbij twee camera's vanuit een diagonale positie de ULD schuin van boven scannen. Er is gekozen voor camera's die door het plastic heen kunnen kijken.

Figuur 5-7: Proefopstelling 3D-scanning van ULD's (TNO, 2019)



De 3D-camerabeelden kunnen vervolgens op verschillende manieren worden verwerkt. Van de datapunten kunnen contouren worden berekend en vervolgens worden omgezet naar een volume. Hiervoor zijn drie berekeningsmethoden toegepast:
Convex hull: dit is het volume dat wordt verkregen door een denkbeeldig omhulsel zo strak mogelijk om de lading heen te trekken. Feitelijk benadert dit de vorm van het plastic dat al over de pallets heen is getrokken.
Shrinkwrap: deze methode maakt gebruik van een omhulsel dat zoveel mogelijk de vorm van het object volgt, maar dat de vorm niet helemaal zal kunnen volgen omdat het materiaal niet volledig uitrekbaar is.
Detailed reconstruction: met deze methode wordt het volume berekend aan de hand van de werkelijk gemeten hoogtes en vorm van de lading op de ULD.

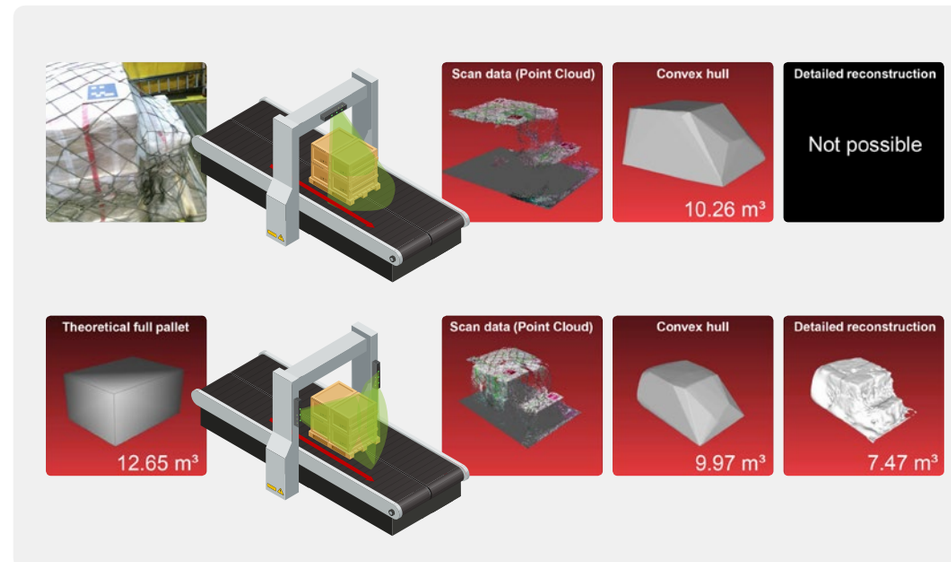
Figuur 5-8: Bewerking van de scandata om het volume op de ULD vast te stellen (TNO, 2019)



Resultaten

Een cameraopstelling met de camera centraal boven de ULD levert een nauwkeurig beeld op van de hoogte van ULD en van de vrije ruimtes en gaten. Ze geeft echter geen inzicht in de stabiliteit van de opbouw, omdat de camera de zijkanten van de pallet niet kan zien. Met twee camera's (links/rechts of voor/achter) kan dat beeld wel worden opgebouwd, maar deze opstelling vergt meer rekentijd om de beelden van de camera's te combineren (zie figuur 5-11). Zoals verwacht levert de convexhullberekening een grote overschatting van het volume. De detailed reconstruction levert een onderschatting van het volume omdat niet alle kleine ruimtes bruikbaar zijn. De shrinkwrapmethode lijkt daarom het effectiefst.

Figuur 5-9: Resultaten van de volumescan met twee cameraopstellingen (TNO, 2019)



Nu de haalbaarheid van 3D-scanning voor het registreren van vorm en hoogte van ULD's is aangetoond, zal verder worden onderzocht hoe de beelden automatisch kunnen worden verwerkt en geïnterpreteerd. Business rules moeten helpen vaststellen wat er moet gebeuren: de ULD opslaan inde buffer , de stabiliteit van de lading in de loods herstellen of zendingen bijladen in de beschikbare ruimte op de pallet. Daarbij moet worden afgewogen of er op een vlucht schaarste aan volume is en welke beschikbare lading in de vastgestelde vrije ruimte past.

5.5 SAMENWERKEN VOOR MEER WAARDE IN DE BLOEMENKETEN

Vraagstuk

In 2012 heeft Hortiwise het rapport 'A Study on the Kenyan-Dutch Horticultural Supply Chain' opgesteld waarin op systematische wijze de verbeterpunten worden genoemd voor de bloemenketen vanuit Kenia naar Aalsmeer

via de luchthavens van Jomo Kenyatta International Airport (JKIA) en Schiphol (Hortiwise, 2012). De aanleiding voor het rapport was de wens van alle partijen om het ketenproces en de productkwaliteit in de keten te verbeteren en daarmee de marktpositie van de kwekers in Kenia en de Nederlandse handel te versterken. Hoewel een groot aantal maatregelen die in het rapport worden genoemd zeer praktisch en gemakkelijk te realiseren zijn, blijkt het een lastige opgave voor de ketenpartijen om hier samen aan te werken. Er zijn sinds 2012 geen significante procesverbeteringen op ketenniveau gerealiseerd.

Om grotere stappen te kunnen maken in het verbeteren van de keten is inzicht nodig in de wijze waarop partijen in de keten samenwerken en onder welke voorwaarden ze bereid zijn te investeren om de prestaties van de gehele keten op een hoger niveau te brengen. Als een beter georganiseerde keten leidt tot een hogere productkwaliteit en een hogere waarde van het product in de handel, dan zou dat bij alle partijen de aanleiding kunnen zijn om de investeringsbereidheid te vergroten. De vraagstelling voor het onderzoek is welke factoren de samenwerking in innovatie in de bloemenketen van Kenia naar Nederland bepalen en met welke vormen van samenwerking en coördinatie de ketenpartijen de logistieke prestaties kunnen verbeteren (Castelijn, 2019).

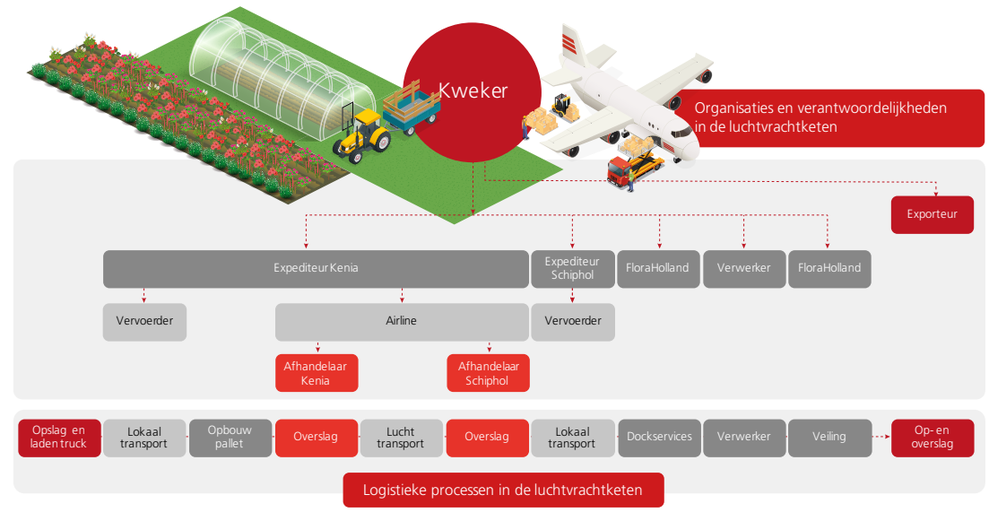
Onderzoeksaanpak

Het onderzoek is opgezet als een exploratief kwalitatief onderzoek. Eerst is op basis van wetenschappelijke literatuur over coördinatiemechanismen en samenwerken een conceptueel model voor samenwerking in ketens opgesteld. Een belangrijke bevinding is dat er in de wetenschappelijke literatuur nauwelijks aandacht is voor ketens waarin drie of meer organisaties aansluitend op elkaar samenwerken. Vervolgens is het model conceptueel getoetst en verrijkt door data in de bloemenketen te verzamelen. Er zijn 13 interviews uitgevoerd waarin alle ketenpartijen zijn vertegenwoordigd: kweker, afhandelaar, airline (2x), veiling, importeur (2x), exporteur, bloemist, externe kwaliteitsadviseur en *supply chain*-adviseurs van FloraHolland. Het onderzoek is opgezet als een gevalsstudie, namelijk de bloemenketen Kenia-Nederland, met als doel elementen aan te reiken voor nieuwe inzichten over samenwerking in ketens waarin drie of meer partijen moeten samenwerken om tot een gegarandeerd eindresultaat te komen.

Resultaten

De bloemenketen van de kweker in Kenia naar de handel in Nederland bestaat uit tien schakels: kweker, lokaal transport, expediteur in Kenia, afhandelaar in Kenia, airline, afhandelaar in Nederland, expediteur Schiphol,lokaal transport, dockservices van FloraHolland, verwerker (voorbereider voor de veiling), de veiling en de logistiek van de exporteur (als koper van de bloemen). Elk van deze partijen voert een logistiek proces uit waarbij de bloemen worden verhandeld, opgeslagen of vervoerd. Ondanks het feit dat partijen goederen aan elkaar doorgeven en als lineaire keten functioneren hebben ze niet altijd een contractuele relatie (zie figuur 5-10). In de figuur is met balken en kleuren aangegeven welke partij verantwoordelijk is voor welk deel van de keten en welke partijen binnen die verantwoordelijkheid worden aangestuurd. In het onderste deel van de keten worden de logistieke processen getoond waarbij met kleur is aangegeven vanuit welke partij de aansturing plaatsvindt.

Figuur 5-10: Processen en contractrelaties in de luchtvrachtketen van bloemen tussen Kenia en Nederland



Uit de interviews blijkt dat de ketenpartijen niet als een keten acteren, maar hun gedrag alleen afstemmen op de partij met wie ze een contractuele relatie hebben. Deze dyadische afstemming leidt ertoe dat de ketenpartijen geen inzicht hebben in de mogelijkheden en knelpunten die spelen op ketenniveau en ze daar ook geen motivatie aan ontlenen. De ketenpartijen zijn bereid maatregelen te nemen om de kwaliteit van hun processen te verbeteren, mits ze daarvoor door hun opdrachtgever worden gecompenseerd. Zo niet, dan investeren ze net voldoende om de opdrachtgever te behouden of de eigen concurrentiepositie te verbeteren. Dat leidt tot investeringen die vanuit ketenperspectief niet optimaal zijn. Expediteurs in Kenia investeren bijvoorbeeld in vacuümkoeling om bloemen die te warm zijn weer te koelen, terwijl het goedkoper en effectiever zou zijn om de temperatuur in het lokale transport minder te laten oplopen.

Goed functionerende dyadische relaties zouden in theorie ook in de bloemenketen tot goede ketenprestaties moeten kunnen leiden. Vanuit een duidelijke ketendoelstelling kan elke schakel een daarvan afgeleide doelstelling doorgeven aan subcontractors en daar ook de juiste financiële prikkels en voorwaarden bij bieden om deze subcontractors de mogelijkheid te geven om te investeren en prestatiesh te verbeteren. Er is echter geen partij in de keten tussen Kenia en Schiphol die op dit moment die ketendoelstelling formuleert en het initiatief neemt om op deze doelstelling aan te sturen. De kweker is de feitelijke opdrachtgever van de logistieke keten (omdat de bloemen veelal op de klok worden aangeboden), maar de kweker geeft geen duidelijk doelstellingen mee aan de expediteur die de keten voor hem organiseert.

Voor de logistieke partijen is er geen duidelijke en eenduidige incentive om mee te investeren in maatregelen die leiden tot een betere ketenprestatie (zie tabel 5-3). Voor logistieke partijen is er geen businesscase omdat de meerwaarde van een hogere kwaliteit van de producten of een efficiënter logistiek ketenproces niet leidt tot een hogere beloning voor de uitgevoerde activiteiten en gedane investeringen. De keten is alleen in staat om tot een

hogere productkwaliteit aan het einde van de keten te komen als de schakels in de keten die daarvoor moeten investeren met deze investeringen ook een kostenbesparing kunnen realiseren. Daarmee is de poging om aan het einde van de keten tot een betere productkwaliteit en meerwaarde voor de klant te komen, feitelijk een traditioneel kostenreductievraagstuk geworden.

Tabel 5-3: De motivatie om te investeren per ketenpartij in de luchtvrachtketen (Castelijn, 2019)

	GEVRAAGDE VERANDERING AAN DEZE KETENPARTIJ	WIE PROFITEERT	BEREIDHEID OM TE INVESTEREN?	KANS OP SUCCES
kweker/ verlader	zendingen in standaard dozen op pallets (skits)	alle ketenpartijen	als de kweker korting op transportkosten krijgt	hoog, kostenreducties in de keten zijn haalbaar
expediteur Nairobi	logistieke informatie van zendingen delen	kweker/verlader en exporteur	als meer inzicht in de keten ook kosten voor expediteur verlaagt	laag, kweker/verlader heeft geen macht over expediteur
afhandelaar Nairobi	betere temperatuurbeheersing, korte tijd tarmac	airline, exporteur	om de klant (airline) te behouden	hoog, maar in kleine stappen
airline	temperatuurdata delen	kweker, exporteur	om concurrentiepositie te versterken	hoog, maar in kleine stappen
afhandelaar Schiphol	betere temperatuur beheersing, korte tijd tarmac	airline, exporteur	om de klant (airline) te behouden	hoog, maar in kleine stappen
expediteur Schiphol	temperatuurdata delen	kweker, exporteur	als het winstgevend is (dus als er een verdienmodel op zit)	laag, kosten en afhankelijkheid van ketenplatform
exporteur	geef feedback op productkwaliteit en waarde	kweker, alle logistieke partijen	om het ketenproces te versnellen	laag, markt is ontkoppeld via veiling
retailer	geef feedback op productkwaliteit en waarde	kweker, alle logistieke partijen	als de consument meer voor de bloemen wil betalen	laag, verandering in de markt nodig

Binnen de Holland Flower Alliance wordt het knelpunt van de dyadische afstemming en het ontbreken van inzicht bij ketenpartijen over de prestaties van de gehele keten onderkend. Voor de thema's 'verpakking' en 'procesverbetering/informatievoorziening' zijn daarom werkgroepen geformeerd waarin deelnemers vanuit verschillende schakels in de keten proberen tot een gezamenlijke verbetering van de keten te komen. De werkgroep 'verpakkingen' heeft inmiddels een aantal succesvolle proeven uitgevoerd met een standaard bloemendoos die al bij de kweker op pallets wordt gestapeld die bij de expediteur op ULD's worden gestapeld. Daardoor verbetert de luchtcirculatie in de truck en tijdens de vlucht en blijven de bloemen beter gekoeld. In de werkgroep 'procesverbetering/informatievoorziening' wordt gewerkt aan de inrichting van een ketenplatform om data te delen. Alle partijen werken samen om ketenverbeteringen te realiseren, maar kenmerkend is dat elke partij primair gericht is op het realiseren van eigen kostenvoordelen. Er zijn in beide werkgroepen (nog) geen ketendoelstellingen geformuleerd of afspraken gemaakt om maatregelen te nemen die effectiever zijn maar waarbij partijen elkaar moeten compenseren om ze te kunnen realiseren.

Een theoretische oplossing voor het probleem is de introductie van een ketenregisseur die de dyadische wijze van afstemming doorbreekt en alle partijen in de keten gaat aansturen. Een vraag daarbij is wie in de bloemenketen deze rol kan vervullen. De expediteur heeft feitelijk al de rol om de keten te organiseren. De grote expediteurs zoals Panalpina en Kuehne & Nagel die zowel de keten in Kenia als die in Nederland overzien, zouden daartoe in staat moeten zijn. Maar ook voor de expediteurs geldt dat er geen businessmodel is als de kweker of koper van de bloemen de toegevoegde waarde die een ketenregisseur weet te realiseren niet erkent. De aanbeveling voor de Holland Flower Alliance is om de meerwaarde van een hogere kwaliteit van de bloemen voor alle partijen duidelijker in beeld te brengen en om de verschillen in kwaliteit van bloemen en de daarbij behorende logistieke keten beter zichtbaar te maken voor kwekers en de handel. Dat maakt de meerwaarde van een betere keten en de inspanningen die ketenpartijen daarvoor moeten leveren voor kopers transparanter.

5.6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Het *cool chain*-businessmodel voor de bloemenketen maakt het mogelijk om een visie te ontwikkelen op het behoud van de kwaliteit van bloemen in de luchtvrachtketen. Het biedt indicatoren om de productkwaliteit en de logistieke prestatie van de keten te meten (graaduren en exposure time), een platform voor ketentransparantie en proactieve sturing.

2. Een KPI-framework gebaseerd op graaduren en exposure time geeft inzicht in de prestaties van de verschillende schakels in de keten. Daarmee kunnen ketenpartijen onderling duidelijke afspraken maken om de kwaliteit van de producten aan het einde van de keten te waarborgen. De kweker en kopers in de keten hebben baat bij de indicator 'graaduren' omdat die direct kan worden gekoppeld aan het vaasleven van de bloemen. De exposure time kan de basis vormen voor afspraken tussen de partijen in de logistieke keten, omdat doorlooptijden en exposure time door de ketenpartijen kunnen worden gemeten en beïnvloed.

3. Verladers in bloemen- en farmaketens verwachten niet van de keten dat zij hun prestaties met KPI's aantonen. Zij vragen om meer inzicht in de voortgang van de zending in de keten. De behoeften in farma- en bloemenketens lopen uiteen: farmaverladers hebben vanwege de waarde van de goederen en de wettelijke verplichting om de keten te beheersen al inzicht in het temperatuurverloop en de risico's in de keten. In de bloemen is bij de marktpartijen het besef wel doorgedrongen dat betere beheersing van de kwaliteit tot meerwaarde kan leiden, maar heeft dit nog niet geleid tot concrete maatregelen.

4. Een doelgerichte logistieke planning van het vervoer van temperatuurgevoelige lading tussen de vrachtloods en het vliegtuig op de airside is de effectiefste manier om temperatuurexcursies aan de airside te voorkomen.

5. Toepassing van internet of things voor ULD- en piece level control en de inzet van actieve trackers bieden mogelijkheden om data over zendingen op een kosteneffectieve manier te registreren.

6. 3D-scanning van ULD's biedt betrouwbare informatie over de hoogte, het volume en de opbouw van ULD's en over de mogelijkheid om benutting, opbouw en veiligheid van ULD's geautomatiseerd te controleren

7. Ondanks de doelstelling om de kwaliteit van de producten in de bloemenketen te waarborgen of te verbeteren is er geen gemeenschappelijk businessmodel om de meerwaarde die verladers ervaren terug te brengen in de keten. Investeringen in ketenverbeteringen komen alleen tot stand als er ook significante kostenreducties in de keten worden gerealiseerd.

INNOVATIEAGENDA VOOR DE LUCHTVRACHT OP SCHIPHOL

6. INNOVATIEAGENDA VOOR DE LUCHTVRACHT OP SCHIPHOL

6.1 INLEIDING

Voor de luchtvrachtcommunity op Schiphol kan de concurrentiepositie van Schiphol slechts worden behouden en versterkt als er continue aandacht voor innovatie is en er ook resultaten uit voortvloeien. De verantwoordelijkheid voor innovatie ligt deels bij de individuele bedrijven omdat ze hun eigen diensten en processen moeten verbeteren, deels bij de bedrijven gezamenlijk omdat ze onderdeel vormen van ketens en een community en daardoor van elkaar afhankelijk zijn. Dat dit belang door bedrijven wordt onderkend, blijkt uit de innovaties die de afgelopen jaren in keten- en communityverband reeds tot stand zijn gekomen: eLink, compliance checker, European Green Fast Lane, vernieuwing van DGVS tot PGTS en de Milk Run.

Kenmerkend voor het innovatieproces in de luchtvrachtcommunity op Schiphol is dat initiatieven op verschillende plekken binnen de community kunnen ontstaan en dat er telkens nieuwe coalities worden gevormd om projecten te definiëren, te ontwikkelen en uit te voeren. Dat bevestigt de innovatiekracht en de aanwezigheid van organisatievermogen. Het vraagt echter ook veel tijd en energie om nieuwe coalities te organiseren. Ook is het kenmerkend dat de innovaties die worden opgepakt, sterk worden gedreven door operationele knelpunten die de partijen op Schiphol ervaren. Dat betekent enerzijds dat de stakeholders sterk gemotiveerd zijn om oplossingen te ontwikkelen en implementeren, maar ook dat er weinig aandacht is voor het gezamenlijk, structureel en proactief inspelen op nieuwe kansen en ontwikkelingen. De Schipholcommunity heeft daarom maar in beperkte mate de aansluiting gezocht en gevonden bij het wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek dat binnen het TKI Dinalog (onderdeel van de Topsector Logistiek) wordt uitgevoerd.

Vanuit de ambitie om innovatie in de luchtvrachtcommunity gezamenlijk, structureel en proactief op te pakken is in het project SCCAS de vraag geformuleerd: hoe kan de Schipholcommunity duurzaam (permanent) innovatief worden? Het duurzame en gezamenlijke karakter kan worden samengevat als ‘community innovation’. Het onderzoek en de innovaties die worden opgepakt, moeten ook ‘landen’ in de community. Dat kan worden samengevat als ‘implementation innovation’

In 2016 zijn Schiphol, KLM en Cargonaut het *Smart Cargo Mainport*-programma gestart om innovatie gericht op de logistieke afhandeling van luchtvracht op Schiphol gestructureerd, meerjarig en doelgericht aan te pakken. Het doel van het SCMP is initiatieven op Schiphol vanuit een gezamenlijk beeld van de gewenste toekomst te structureren en coördineren en de bedrijven te ondersteunen die concrete stappen willen en kunnen zetten (koplopersbenadering). Het SCMP benoemt onderwerpen en projecten, betrekt de benodigde partijen en voert de projecten samen met de stakeholders uit. Uiteindelijk moet de gehele Schipholcommunity profiteren van de innovaties die binnen het SCMP tot stand komen. Het SCMP volgt daarmee de traditie van sterk resultaatgerichte innovaties op het gebied van operationele vraagstukken op Schiphol.

De uitdaging voor SCCAS wordt gevormd door de volgende vragen:

> Hoe kunnen kennisinstellingen en de Schipholcommunity door duurzame samenwerking in wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek de concurrentiepositie en het innovatievermogen van de luchtvracht-community op Schiphol vergroten en hoe kan die duurzame samenwerking worden georganiseerd en ingericht?

> Welke bijdrage kunnen kennisinstellingen leveren in de ontwikkeling van nieuwe kennis en in de valorisatie van deze kennis binnen de community?

6.2 ERVARINGEN VAN HET SCCAS-ONDERZOEK

Bij de start van het SCCAS-project is direct de problematiek van de eerste onderzoeksvraag op tafel gekomen. In de projectaanvraag van SCCAS is de nadruk gelegd op onderzoek naar strategische vraagstukken waarmee de concurrentiepositie van Schiphol kan worden versterkt. Bijvoorbeeld de rol van bellycapaciteit in de ontwikkeling van luchtvrachtnetwerken en de lay-out van de luchthaven, de mogelijkheden om met data vanaf andere luchthavens logistieke processen op Schiphol beter te plannen, et cetera. In het SCMP wordt echter de nadruk gelegd op het aanpakken van de grootste knelpunten zodat de concurrentiepositie op korte termijn kan worden versterkt. Daarnaast gaat er speciale aandacht uit naar het opbouwen van vertrouwen tussen stakeholders om de oplossingen binnen de community te kunnen implementeren.

In het SCCAS-project is gezocht naar een werkwijze waarbij er ruimte is voor wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek naar strategische vraagstukken, maar waarbij het onderzoek ook wordt ingezet op de kortetermijndoel-stellingen van het SCMP om het programma zo te versnellen en te versterken. Voor een effectieve bijdrage vanuit het SCCAS-onderzoek aan strategische en logistiek operationele vraagstukken bleken vier aspecten cruciaal:

> De aard van de vraagstukken in de aanvraag van het SCCAS-project verschilde dusdanig van de inmiddels vastgestelde doelstellingen en deelprojecten van het SCMP, dat er een intensieve periode nodig was om de vraagformulering van het SCMP te vertalen naar het SCCAS-project en de aanpak binnen het SCCAS-project te heroriënteren. De kern van de vraagformulering lag in het aanscherpen van de behoefte om praktijkvraagstukken om te zetten in kennisvragen: de praktische vraagstukken die vanuit de luchtvracht-community worden aangedragen sluiten niet automatisch aan op de doelstelling van wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek om nieuwe kennis te ontwikkelen. Besloten is om TU Delft wetenschappelijk onderzoek te laten verrichten voor het vraagstuk *pickup & delivery*. Het SCMP-project ‘*Landside pickup & delivery*’ had de wens om met een kwantitatief model meer inzicht te krijgen in de effecten die verschillende vormen van samenwerking hebben, met daarbij de kanttekening dat het model goed moet aansluiten op de specifieke operationele kenmerken van luchtvracht. Het praktijkgericht onderzoek heeft een bijdrage geleverd aan de SCMP-topics automatisch nomineren, prestatiemeting en data coverage, waarbij het de rol van het onderzoek was om vooral praktische inzichten aan te reiken. Als strategisch vraagstuk is de ontwikkeling van een *cool chain*-concept voor de bloemen- en farmaketens aangepakt.

> Door de koppeling van het SCCAS-project aan de vraagstukken van de SCMP-projecten lagen de vraagformulering en bijsturing daarvan zowel wat timing als wat inhoud betrof bij de werkgroepen van het SCMP. Omdat de kennisinstellingen geen vertegenwoordiging in deze werkgroepen hebben, speelde het proces van de vraagformulering zich af buiten het SCCAS-project en grotendeels bij partijen die geen onderdeel vormden van het SCCAS-consortium. Daardoor verliep de organisatie van interactie en dialoog moeizaam. Alleen in het onderzoek naar de temperatuurgevoelige ketens (met KLM en FloraHolland) is wél

een serie van afstudeer- en stageonderzoeken opgestart waarin kortcyclisch te werk werd gegaan. Door gezamenlijke gedachtevorming en discussies over het 'cool chain van de toekomst', door gezamenlijke prioritering van onderwerpen en vraagstukken en het samenbrengen van verschillende afdelingen die een rol spelen in de keten, zijn telkens nieuwe inzichten toegevoegd over de inrichting, planning en uitvoering van de cool chain van de toekomst. Er zijn ook nieuwe onderzoeksvragen geagendeerd.

> Het is voor zowel het bedrijfsleven als de kennisinstellingen belangrijk om wetenschappelijk, praktijk- en studentonderzoek af te stemmen op een doorlopend innovatieproces. De ambitie van het SCMP om in korte tijd tot resultaten te komen leidt regelmatig tot vraagstukken waarvoor op korte termijn een antwoord gewenst is. Een onderzoeksproject kan niet in deze behoefte voorzien. Het werven en aan het werk zetten van een geschikte student vraagt minimaal vier maanden, en daarna is de student nog vijf maanden bezig voordat er resultaat ligt. Daarbij liggen de perioden waarin studenten beschikbaar zijn vast. De uitdaging voor bedrijfsleven en kennisinstellingen is om de vraagformulering tien tot minimaal negen maanden voordat de resultaten nodig zijn klaar te hebben. Daarnaast is het van belang om studenten voor een thema te interesseren en hen eraan te binden zonder dat de vraagstelling volledig is gevormd.

> Omdat de sector waarde hecht aan bruikbare oplossingen die rekening houden met specifieke kenmerken van de sector, is het essentieel dat de onderzoekers en studenten toegang hebben tot de stakeholders, processen en data. Toegang voor studenten is (al jaren) geen issue. Als studenten bedrijven benaderen vanuit ACN of Schiphol met duidelijk geformuleerde en gecommuniceerde projectdoelstellingen, vinden bedrijven het geen probleem om mee te werken aan interviews. De studenten die binnen SCCAS aan projecten hebben gewerkt, hebben via KLM, ACN, Cargonaut en Schiphol veelal de gevraagde medewerking gekregen van expediteurs, afhandelaren en vervoerders. Bij de stakeholders was er wel een duidelijke terughoudendheid om de onderzoekers van de kennisinstellingen in contact te brengen met de partijen in de sector of ze zelfstandig contact te laten leggen. De vrees bestond dat het benaderen van stakeholders voor SCCAS-activiteiten te veel aandacht en tijd zou vragen van de bedrijven en dat dit invloed zou kunnen hebben op het draagvlak voor deelname aan het SCMP. Het feit dat SCCAS een onderzoeksproject is, lijkt daarbij ook de reactie op te roepen dat het op korte termijn geen concrete bruikbare resultaten oplevert en dat er daarom beter geen beroep kan worden gedaan op de toch al schaarse tijd van de bedrijven. Daarom zijn de activiteiten van het onderzoeksteam gescheiden gebleven van de activiteiten binnen de werkgroepen van SCMP. Juist daardoor is het nog moeilijker geworden voor de onderzoekers om met een resultaat te komen dat aansluit op de behoeften van de sector en op de specifieke operationele kenmerken.

Uiteindelijk heeft SCCAS met het wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek op twee typen vraagstukken een bijdrage geleverd:

> Strategisch: exploratief praktijkgericht onderzoek naar ontwerp, toepasbaarheid en haalbaarheid van nieuwe concepten en technologie in de luchtvracht. Dit onderzoek was gericht op de verkenning van een innovatief *cool chain*-concept voor de bloemen- en farmaketen. Het ging erom voor de community inzichtelijk te maken wat een innovatieve cool chain kan betekenen. De leden van de Holland Flower Alliance hebben aangegeven een meerwaarde te zien in de verkenning met en door kennisinstellingen van vraagstukken waarvoor nog niet direct uitzicht is op een businesscase of op een noodzaak tot handelen.

> Logistiek/operationeel: onderzoek naar concrete complexe technische of organisatorische vraagstukken die nodig zijn om innovaties van het SCMP te realiseren, maar waarvoor specifieke vaardigheden nodig zijn die de bedrijven zelf niet hebben. In SCCAS zijn dat onder meer algoritme voor automatisch nomineren en ontwikkelen van modellen voor *landside pickup & delivery*. De ervaring is dat de ketenpartijen beter zelf die vraagstukken kunnen oppakken waarvan duidelijk is dat er binnen een aantal maanden een oplossing of antwoord moet zijn, omdat dan de volgende stap in het ontwikkelings- of besluitvormingsproces moet worden genomen. De grotere ketenpartijen zijn goed in staat om praktische oplossingen te ontwikkelen, omdat ze beschikken over ervaren medewerkers die de sector van binnen en van buiten kennen.

6.3 ORGANISEREN VAN ONDERZOEK IN EEN LUCHTVRACHTINNOVATIEAGENDA

Toen de projectaanvraag SCCAS bij NWO-TKI Dinalog werd ingediend, was het SCMP nog niet gestart. Daarom is in het projectplan van SCCAS de ambitie uitgesproken om tijdens het project te werken aan een luchtvrachtinnovatieagenda waarin meerdere stakeholders op Schiphol structureel samenwerken aan onderzoek en innovatie en om te waarborgen dat de resultaten van onderzoek leiden tot implementatie in de community. Met de oprichting van het SCMP (onafhankelijk van het project SCCAS) hebben KLM, Cargonaut en Schiphol al een flinke stap gezet om deze ambitie waar te maken.

De opgave is nog wel om de relatie tussen enerzijds SCMP en anderzijds wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek zoals dat door kennisinstellingen binnen de programma's van TKI Dinalog wordt uitgevoerd, nog meer te verbeteren en te benutten. Dat biedt de community kansen om de meerwaarde van nieuwe ontwikkelingen (technologieconcepten) sneller in beeld te krijgen en ernaar te handelen en om de kennisinstellingen sneller en effectiever te betrekken bij het oplossen van vraagstukken binnen het SCMP.

Op basis van de ervaringen met het SCCAS-project worden de volgende voorstellen gedaan:

1. Onderzoek naar strategische vraagstukken die een grote impact kunnen hebben op Schiphol bewust en doelgericht combineren met onderzoek naar oplossingen voor gerelateerde, actuele operationele logistieke vraagstukken. De luchtvrachtcommunity kan op lange termijn een strategisch voordeel behalen door ook onderzoek te laten verrichten naar complexere en strategische vraagstukken en naar toepassingsmogelijkheden van nieuwe technologie en concepten. In een sector waarin de nadruk ligt op bruikbare resultaten zullen voor strategische vraagstukken niet snel aparte projecten kunnen worden opgezet waarvoor ketenpartijen tijd en geld willen vrijmaken. De suggestie is daarom strategische vraagstukken te koppelen aan en onder te brengen in praktijkgerichte projecten. Voor deze projecten zijn de kennisinstellingen primair bezig met onderzoek naar actuele logistieke vraagstukken. Per project wordt expliciet een strategisch vraagstuk geagendeerd en wordt de projectpartners ook gevraagd om het belang daarvan te onderkennen en hier hun commitment voor uit te spreken. Dat commitment kan worden vormgegeven door bedrijven te vragen een aantal studentenprojecten te laten uitvoeren die op korte termijn een praktisch resultaat opleveren en daarnaast aio's en postdocs in de gelegenheid te stellen om door begeleiding van deze projecten relevante praktijkkennis te verzamelen.

2. Om tot onderzoeksvragen en resultaten met een meerwaarde voor de praktijk te komen, dient het proces van vraagarticulatie en dat van de dialoog tussen kennisinstellingen en de sector te worden versterkt. Een grotere

betrokkenheid van de kennisstellingen bij de SCMP-community vergroot het wederzijdse inzicht in elkaars belangen en mogelijkheden en verbetert het onderlinge vertrouwen. Dat kan worden vormgegeven door een vertegenwoordiger van de kennisinstellingen te betrekken bij het SCMP op een voor de deelnemers aan SCMP-activiteiten zichtbare en herkenbare manier. De kennisinstellingen krijgen meer inzicht in de dagelijkse problematiek en kunnen beter inspelen op de behoeften van de bedrijven. De bedrijven krijgen meer inzicht in de wijze waarop kennisinstellingen functioneren en hoe ze daar gebruik van kunnen maken.

3. Een continue samenwerking vraagt ook om continuïteit in de capaciteit. De afgelopen jaren is de betrokkenheid van kennisinstellingen bij de Schipholcommunity afhankelijk van projectfinanciering vanuit de Topsector Logistiek of andere logistieke of regionale programma's. Projectfinanciering is belangrijk om heel gericht te kunnen inzetten op specifieke onderzoeksdoelstellingen, maar is niet geschikt om continuïteit in een relatie te waarborgen. Voor de opbouw van een continue samenwerking streven de kennisinstellingen en SCMP-partners ernaar gezamenlijk een basisformatie van 0,4 FTE tot stand te brengen bij kennisinstellingen om de vraagformulering te versterken, een gezamenlijk kennisontwikkelingsprogramma op te stellen en voor korte termijn vraagstukken projecten te definieren die door studenten kunnen worden uitgevoerd.. De persoon in kwestie is tijdens deze twee dagen aanwezig op Schiphol om direct te schakelen met de betrokken partijen. Onderzoekers met enige ervaring kunnen snel nieuwe vraagstukken analyseren en bepalen hoe dit het best kan worden opgepakt. Bovendien kan er beter en tijdig geschakeld worden tussen de verschillende typen studentenprojecten (Individuele of groepstrajecten, opdrachten van 6, 10 of 20 weken) en wordt het ook mogelijk om grotere groepen studenten binnen het curriculum in te zetten.

6.4 UITDAGINGEN EN ONDERWERPEN VOOR DE LUCHTVRACHTINNOVATIEAGENDA

SCCAS heeft met wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek een bijdrage geleverd aan vier innovatielijnen binnen de Schipholcommunity. In deze paragraaf schetsen we vraagstukken die door voortschrijdend inzicht in beeld zijn gekomen of die gerelateerd zijn aan de valorisatie van de onderzoeksresultaten. Daarnaast zijn er tijdens de looptijd van SCCAS ook strategische onderzoeksvragen geïdentificeerd met betrekking tot ontwikkelingen, concepten en technologie die op lange termijn de concurrentiepositie van Schiphol kunnen beïnvloeden. Deze vraagstukken worden ook als bouwblok voor de luchtvrachtinnovatieagenda aangereikt.

Vraagstukken in de huidige thema's zijn:

> **Automatisch nomineren**
Automatisch nomineren is na ontwikkeling en implementatie van het algoritme aanbeland in de fase van valorisatie, waarin de dienst ter beschikking wordt gesteld van alle expediteurs, afhandelaren en vervoerders in de Schipholcommunity. In het onderzoek naar de mogelijkheden om logistieke processen te verbeteren, is gebleken dat expediteurs en vervoerders nog geen duidelijk beeld hebben van de manier waarop ze de informatie die ze krijgen door automatisch nomineren kunnen gebruiken. Ook moeten bedrijven een inspanning leveren om de stationsverklaringen in te voeren op de portal. Bedrijven kunnen in dit proces worden ondersteund door kennisinstellingen via stage- en afstudeerprojecten, waarbij een student het bedrijf helpt bij het aansluiten op automatisch nomineren en tijdens zijn opdracht verkent hoe het bedrijf de logistieke planning kan verbeteren.

> **Landside pickup & delivery**
De onderzoekers van TU Delft en HvA hebben modellen ontwikkeld waarmee verschillende scenario's voor *landside pickup & delivery* kunnen worden doorgerekend, zodat er inzicht kan worden verkregen in de effecten van deze scenario's op kosten, doorlooptijden, betrouwbaarheid en emissies. De volgende stap is de SCMP-werkgroep te ondersteunen bij het verkennen van de gewenste vorm van coördinatie en samenwerking op Schiphol. Het is wel essentieel dat de sector tijd en moeite besteedt om voldoende betrouwbare data ter beschikking te stellen waarmee het model kan worden gevoed en er een goed referentiescenario van de huidige situatie kan worden opgesteld.

> **Performance measurement, data coverage en kwaliteit**
In SCCAS heeft de luchtvrachtcommunity aangegeven dat er bereidheid bestaat om gezamenlijk en systematisch de prestaties van de luchtvrachthub met KPI's in kaart te brengen. De mogelijke KPI's zijn globaal geschetst, maar de haalbaarheid, betrouwbaarheid en representativiteit ervan is nog niet aangetoond.
In de analyse van de data coverage en datakwaliteit is een zeer bruikbare methodiek uitgewerkt om alle zendingen op Schiphol te mappen op logistieke bewegingen en te clusteren tot logistieke scenario's. Dit is een belangrijk instrument om per herkomst of bestemming, per productgroep en per scenario de prestaties van de hub te monitoren. De ontwikkelde mappingmethode dient nog verder te worden verfijnd om de betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten. De methodiek bevindt zich in de fase van *proof of concept* en is nog niet uitontwikkeld. Met datasciencetechnieken kunnen nog stappen worden gezet om op continue basis de kwaliteit en coverage van de data te analyseren en indien gewenst data te corrigeren of aan te vullen. Een manier om dit ontwikkelingsproces voort te zetten is om met Luchthaven Schiphol en een aantal betrokken stakeholders een 'datazandbak' op te zetten waarin onderzoekers direct toegang krijgen tot een afgezonderde, geanonimiseerde (indien mogelijk) maar wel complete dataset van vluchten, zendingen en activiteiten op Schiphol.

> **Temperatuurgevoelige ketens**

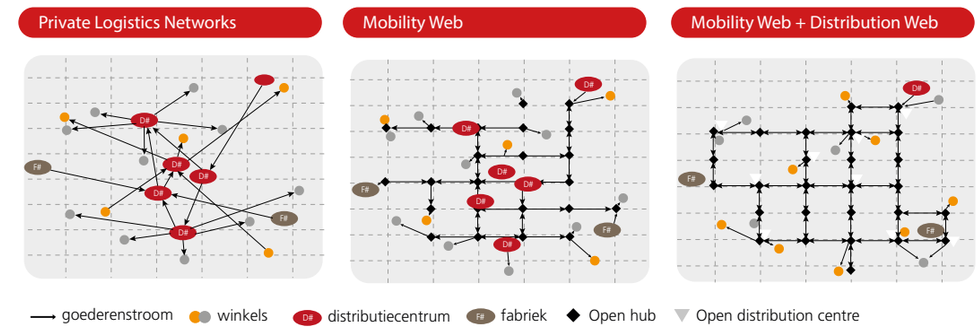
Voor een versnelling van de innovatie in de bloemenketen en versterking van de motivatie om de kwaliteit van bloemen werkelijk te verbeteren, is het essentieel dat de hogere kwaliteit van de bloemen door de markt wordt gewaardeerd met hogere prijs. Anderzijds zal de markt pas meer willen betalen als er wordt aangetoond dat de kwaliteit werkelijk hoger is en de consument uiteindelijk bereid is een hogere prijs te betalen. Vraagstukken die betrekking hebben op het vergroten van de waarde van de keten zijn: (i) hoe kan worden aangetoond dat bloemen die met het *cool chain*-concept door de luchtvrachtketen zijn vervoerd, werkelijk een hogere kwaliteit (langer vaasleven) hebben? (ii) Hoe kan in de verkoopcommunicatie tussen kwekers en kopers op een betrouwbare manier kenbaar worden gemaakt wat de logistieke kwaliteit van bloemen is en (iii) hoe kunnen kopers dat controleren of erop vertrouwen? (iv) Op welke manier kan de potentiële meerwaarde voor retailers en consumenten in beeld worden gebracht?
Een tweede categorie vragen heeft betrekking op het monitoren en verbeteren van de temperatuur-beheersing in de keten. De prestatie-indicatoren vaasleven, graaduren of exposure time kunnen alleen worden bepaald als de temperatuur van zendingen of de omgevingstemperatuur adequaat kan worden gemeten in alle schakels van de keten. Het lijkt niet efficiënt en financieel haalbaar om elke individuele doos of zending van temperature trackers te voorzien. De informatie over temperatuur zal vanuit verschillende systemen van de ketenpartijen moeten worden verzameld. In de werkgroep Informatie van de Holland Flower Alliance is al wel rekening gehouden met het vastleggen van temperatuur, maar er is nog niet duidelijk wanneer, hoe en hoe vaak welke temperatuur moet worden gemeten bij het volgen van een zending of doos. Dit vereist aanvullend onderzoek en afspraken tussen de ketenpartijen.

Nieuwe strategische vraagstukken

Luchthavens en luchtvaartmaatschappijen worden geconfronteerd met toenemende druk om efficiënter en duurzamer te worden in termen van geluidsniveaus en emissies. Een van de actielijnen is het verhogen van de beladingsgraad van vliegtuigen. De bellycapaciteit van passagiersvliegtuigen biedt een enorm wereldwijd capaciteitsnetwerk dat alleen volledig kan worden benut als de luchthavenactiviteiten en overslagprocessen aanzienlijk sneller en efficiënter worden. Het logistieke concept om dit mogelijk te maken wordt *physical internet* genoemd. Physical internet (PI) kan de overslag- en distributiekosten van vrachtzendingen en de doorlooptijden drastisch verminderen, en biedt daarom deur-tot-deurtoegankelijkheid. Het eist van de huidige luchtvrachtnetwerken en -operaties ook structurele veranderingen op de volgende gebieden:

Netwerkstructuur (Montreuil, 2011; Montreuil et al., 2013): PI-principes richten zich op hyper-geconnecteerde netwerken van luchtvrachthubs die volledige informatie delen en open zijn voor meerdere spelers. In plaats van een *hub-and-spoke*-structuur linkt het netwerk knooppunten direct als er voldoende volumes worden samengebracht voor een directe verbinding. Een voorwaarde is efficiënte en naadloze ladingoverslag op de onderling verbonden luchtvrachthubs. Het biedt een basis om efficiënt en dynamisch gebruik te maken van de beschikbare capaciteit in het fijnmazige hubnetwerk en om snelle en economische vervoersdiensten te leveren. De uitdaging voor PI-gebaseerde netwerken is het ontwerpen van een platform dat efficiënte naadloze samenwerking van meerdere concurrerende spelers mogelijk maakt en dat het delen van assets en consolideren van goederen bevordert, terwijl het de goederenstroom stuurt met met dynamische prioritering en prijsstelling.

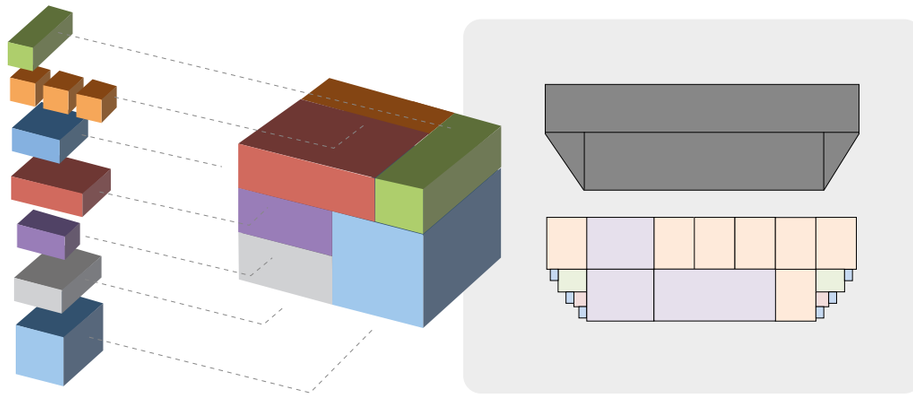
Figuur 6-1: Ontwikkeling van logistieke netwerken bij integratie van mobiliteit en distributie (Montreuil, 2018)



> Routeringsprotocollen en -algoritmen (Montreuil, 2011; Montreuil et al., 2014; Montreuil, 2017): slimme en dynamische interhub-routeringsprotocollen en -algoritmen maken gebruik van de voorhanden zijnde informatie over de onbenutte capaciteit in het netwerk, zoals beschikbare containers, de status van hubs, vluchtschema's van vliegtuigen en trucks, het weer en het verwachte aantal aankomende pakketten (met inbegrip van de pakketten die afkomstig zijn van lokale achterlandhubs en de pakketten die aankomen uit andere luchtvrachthubs, hetzij op weg naar weer een andere luchtvrachthub of naar een lokaal achterland). Het doel is om capaciteit beter te benutten en een gerichte en snelle end-to-endbezorgservice te garanderen. De uitdagingen bestaan uit het ontwikkelen van generieke protocollen en slimme algoritmen die gebruikers in staat stellen om optimale vrachtrouting en consolidatiestrategieën te ontwerpen, met behulp van alle beschikbare multi-stakeholderinformatie in het hyperconnected hubnetwerk.

> Modulaire containervorming: Een PI netwerk maakt gebruik van gestandaardiseerde modulaire containers (doorontwikkeling van de huidige *unit load devices*, ULD) en handlingequipment die inzetbaar zijn in zowel luchtvracht als in landzijdige transport en logistiek, in synergie met bagageafhandeling. Dit leidt tot het ontwerpen van nieuwe soorten ULD-modules die kunnen worden aangepast aan de vormen van laadruimen van verschillende soorten luchtvaartuigen en landvoertuigen. Slimme standaardisatie van modulaire containers maakt elke combinatie van handmatige, geautomatiseerde en gerobotiseerde cargohandling mogelijk.
De uitdaging bij PI-gebaseerde containers is: het ontwerpen van de optimale set gestandaardiseerde modulaire containers voor lucht- en landvrachtvervoer die voldoet aan de eisen van de industrie, rekening houdend met de beperkingen van luchtvracht. Daarnaast het ontwerpen van de juiste logistieke middelen om de door de modulariteit verkregen voordelen te benutten, met name om transporttijd, kosten en risico's te verminderen.

Figuur 6-2: Modulaire containers voor luchtvracht (Montreuil et al., 2010; Montreuil, 2018)



> Hubontwerp [Ballot et al., 2014; Meller et al., 2014; Montreuil et al., 2014; Montreuil, 2018b): er is een redesign van luchtvrachthubs nodig om de doorvoervolumes en -snelheden te vergroten. Dat vraagt ook om slimme, dynamische, efficiënte en veilige handling, sortering en consolidatie van lading in modulaire containers. Hyperverbonden PI-hubs worden naar verwachting zeer responsief, wendbaar en duurzaam. Ze zullen informatie over het netwerk en de vloot gebruiken, naast de informatie van aankomende pakketten om de dagelijkse activiteiten dynamisch te plannen en uit te voeren. De uitdagingen liggen in het ontwerpen van een lay-out van de vrachthub, van de aansluiting van de vrachthub op de totale luchthaven, en van op modulaire containers gebaseerde operaties en de daarbij behorende handling, sortering en crossdocking-equipment.

> Digitaal platform: een flexibel en slim software framework en digitaal platform maken een accurate informatiestroom in het netwerk mogelijk ter ondersteuning van (1) sterk geautomatiseerde, naadloze routinematige operationele beslissingen door meerdere spelers (bijvoorbeeld luchtvaartmaatschappijen, express delivery-bedrijven, retailbedrijven en particuliere klanten), (2) snelle, efficiënte en eerlijke afwikkeling van verstorende problemen, en (3) strategische multi-stakeholder governance van de hyperconnected netwerken (Montreuil et al., 2012). De uitdagingen zijn: het ontwerpen van een platform dat een nauwkeurige en betrouwbare informatiestroom biedt aan meerdere medewerkende spelers, en hen in staat stelt om (i) snel en slim beslissingen te nemen die nodig zijn voor een betere service (snelheid, frequentie, betrouwbaarheid) in een hyperconnected netwerk, (ii)en om activa te delen en (iii) om logistieke stromen te consolideren.

Het concept physical internet is op een groot aantal onderdelen nog erg abstract en er kunnen gemakkelijk argumenten worden aangedragen waarom het concept in de huidige situatie niet toepasbaar is in de luchtvracht. Toch is het concept een bruikbaar instrument om de houdbaarheid van de huidige structuren en van de werkwijze in de luchtvracht ter discussie te stellen en om te onderzoeken waar Schiphol en de Schipholcommunity met een aantal partnerluchthavens een strategische verandering kan inzetten.

6.5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Het SCMP heeft zicht ontwikkeld tot het programma voor logistieke innovatie op de luchtvrachthub van Schiphol. Het SCMP brengt de partijen bijeen die nodig zijn om tot innovaties en verbeteringen in de logistieke operatie op Schiphol te komen. De kracht van het SCMP is de focus op het bereiken van concrete resultaten in de praktijk. Door deze sterke focus op realisatie is het SCMP in staat om onderzoeksresultaten die een meerwaarde hebben voor de praktijk te valoriseren. Het SCMP heeft tot op heden maar zeer beperkt gebruikgemaakt van het onderzoeksprogramma van TKI Dinalog.

2. Om tot onderzoeksvragen en resultaten met een meerwaarde voor de praktijk te komen, dient het proces van vraagformulering voor wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek te worden versterkt. De programmering van het SCMP is sterk praktijk- en knelpuntgedreven en kan op lange termijn meer opleveren als er ook onderzoek wordt verricht naar complexere en strategische vraagstukken en toepassingsmogelijkheden van nieuwe technologie en concepten. Omdat deze vraagstukken in de ogen van de bedrijven onvoldoende tot directe meerwaarde bieden, is het raadzaam hier geen aparte projecten voor op te zetten, maar wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek te combineren met innovatieprojecten die gericht zijn op de actuele vraagstukken.

3. Versterk de relatie tussen kennisinstellingen en de SCMP-community. Een grotere betrokkenheid van de kennisinstellingen bij de SCMP-community en wellicht zelfs deelname van kennisinstellingen aan de SCMP-projecten en -werkgroepen verbetert het onderlinge vertrouwen. De kennisinstellingen krijgen meer inzicht in de dagelijkse problematiek en kunnen beter inspelen op de behoeften van de bedrijven. De bedrijven krijgen meer inzicht in de wijze waarop kennisinstellingen functioneren en hoe ze daar gebruik van kunnen maken.

4. Een continue samenwerking vraagt ook om continue capaciteit. De afgelopen jaren is de betrokkenheid van kennisinstellingen bij de Schipholcommunity afhankelijk van projectfinanciering vanuit de Topsector of andere logistieke of regionale programma's. Projectfinanciering is belangrijk om heel gericht te kunnen inzetten op specifieke onderzoeksdoelstellingen. Voor de opbouw van een continue samenwerking streven de kennisinstellingen en SCMP-partners naar een basisformatie van 0,4 FTE bij kennisinstellingen om het proces van de vraagformulering te versterken, een gezamenlijk kennisontwikkelingsprogramma op te stellen en studentenprojecten op te zetten voor praktische vraagstukken die op korte termijn kunnen worden beantwoord.

5. De strategische opgaven waarmee de Schipholcommunity zich geconfronteerd ziet, vertonen sterke paralellen met de uitdagingen en doelstellingen van het concept physical internet. Het concept is op een groot aantal onderdelen nog erg abstract en er kunnen gemakkelijk argumenten worden aangedragen waarom het concept in de huidige situatie niet toepasbaar is. In de luchtvracht is het wel een bruikbaar instrument om de houdbaarheid van de huidige structuren en van de werkwijze in de luchtvracht ter discussie te stellen en om te onderzoeken waar Schiphol en de Schipholcommunity met een aantal partnerluchthavens een strategische verandering kan inzetten.

NAWOORD

Het SCCAS-project heeft met onderzoek een bijdrage geleverd aan vier innovatievraagstukken binnen de luchtvrachtcommunity op Schiphol. In een sector die bol staat van dagelijkse dynamiek en concurrentie is de behoefte aan concrete en direct toepasbare oplossingen groot. Voor sommige vraagstukken is het echter noodzakelijk om eerst voldoende kennis over en inzicht in het vraagstuk op te bouwen en vervolgens de effectiefste oplossing uit werken. Daarom hebben we gezocht naar de juiste balans tussen enerzijds wetenschappelijk onderzoek en praktijkonderzoek en anderzijds productontwikkeling en advies. Wetenschappelijke analyses hebben al een directe bijdrage geleverd met het algoritme voor automatisch nomineren, het raamwerk voor de businesswaarde van internet of things en het businessmodel en de stakeholderanalyse van de cool chain. De ontwikkelde optimalisatie- en simulatiemodellen voor *landside pickup & delivery* zijn veelbelovend. De uitdaging is om na de afronding van SCCAS in het kader van het SCMP-programma de stap naar de praktijk te zetten en met de modellen de stakeholders te ondersteunen bij de keuze van een oplossing. De conclusies en aanbevelingen in de voorgaande hoofdstukken geven al aan dat er op Schiphol nog volop uitdagingen voor innovatie en valorisatie liggen. De samenwerking die tijdens het SCCAS-project is opgebouwd, biedt een goede basis om ook die vraagstukken gezamenlijk op te pakken.

Het SCCAS-project is het resultaat van samenwerking tussen een groot aantal personen, bedrijven en organisaties. De bedrijven en organisaties zijn al genoemd in hoofdstuk 1. De volgende personen willen we graag bedanken voor hun bijdrage en inzet: Irwin Budding (KLM), Rutger Jan Pegels (KLM), Mark Starrenburg (KLM), Bart Krol (KLM), Michel Pozas-Lucic (KLM), Mark Smit (Cargonaut), Nanne Onland (Cargonaut), Arie Korving (Cargonaut), Eline van den Berg (FloraHolland), Gitta ten Hoope (FloraHolland), Christo van der Meer (FloraHolland), Ben Radstaak (ACN), Mick van Hattem (Luchthaven Schiphol), Alessandro Bombelli (TU Delft), Rodrigo Romero Silva (Hogeschool van Amsterdam), Miguel Mujica Mota (Hogeschool van Amsterdam), Jelle van der Munnik (Hogeschool van Amsterdam), Abdel El Makhloufi (Hogeschool van Amsterdam), Geert Boosten (Hogeschool van Amsterdam), Dick van Damme (Hogeschool van Amsterdam) en Edith Petersen (Hogeschool van Amsterdam).

Een speciaal woord van dank gaat uit naar de elf studenten die met hun stage- en afstudeeronderzoek een belangrijke empirische basis hebben gelegd voor deze eindrapportage: Jonas Delen, Jeandrick Clemensia, Henriette Thomas, Bart Verhees, Amber Castelijn, Renee Gelderloos, Jorian Carpentier, Max Zidek, Sander Vunderink, Max van Iersel en Lennard de Jong. Een aantal afgestudeerden heeft inmiddels een baan gevonden in de luchtvaart, luchtvracht- of bloemenketen en zal de ontwikkelde kennis ook meenemen naar de praktijk.

Het SCCAS-projectteam:

Thierry Verduijn (Hogeschool van Amsterdam)
Wico Santbulte (KLM)
Bart Pouwels (Schiphol)
Luc Scheidel (Cargonaut)
Lori Tavasszy (TU Delft)

LITERATUURLIJST

ACI-Aero. (2019*). Cargo Traffic 2017 FINAL (Annual)*. Geraadpleegd op https://aci.aero/data-centre/annual-traffic-data/cargo/2017-cargo-summary-annual-traffic-data/

ACI Europe. (2017). *Airport Industry Connectivity Report 2017*. Geraadpleegd op http://www.seo.nl/uploads/media/2017-36_ACI_EUROPE_Airport_Industry_Connectivity_Report_2017.pdf

ACN. (2017, 21 augustus). *Krimp vrachtmarkt Schiphol dreigt door slotschaarste*. Geraadpleegd op: https://acn.nl/slotschaartstebrief-acn-aan-schiphol/

ACN AOPA Netherlands, Barin, Corendon, Dnata, EasyJet, Eindhoven Airport, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Naca, NLR, NVL, PWC, evofenedex, Fokker, KLM, KNVvL, Lucht- en Ruimtevaart Nederland, LVNL, Royal Schiphol Group, SkyNRG, Transavia, TU Delft, TUI, & VNO-NCW. (2019). *Ontwerpakkoord Duurzame Luchtvaart*. Geraadpleegd op https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/documenten/rapporten/2019/03/27/bijlage-2-ontwerpakkoord-duurzame-luchtvaart

Air Cargo News. (2018, 8 augustus). Kuehne+Nagel makes another perishables acquisition*, Air Cargo News*. Geraadpleegd op https://www.aircargonews.net/freight-forwarder/kuehne-nagel-makes-another-perishables-acquisition/

Amaran, S., Sahinidis, N.V., Sharda, B., en Bury, S.J. (2016). Simulation optimization: a review of algorithms and applications, *Ann. Oper. Res., 240*(1), 351-380.

Amsterdam Logistics. (2016a, 8 december). *Schiphol e-commerce hub van Europa*. Geraadpleegd op https://amsterdamlogistics.nl/schiphol-ecommerce-hub-europa/

Amsterdam Logistics. (2016b, 12 mei). Milkrun viert 1-jarig bestaan met mooie resultaten. Geraadpleegd op https://amsterdamlogistics.nl/milkrun_viert_1_jarig_bestaan_met_mooie_resultaten/

Ballot, E., Montreuil, B., & Thivierge, C. (2014b). Functional Design of Physical Internet Facilities: A Road-Rail Hub, in B. Montreuil, A. Carrano, K. Gue, R. De Koster, M. Ogle & J. Smith (Red.), *Progress in Material Handling Research 12* (pp 28-61), Charlotte, NC, USA,MHI. .

Bombelli, A. (2017). *Nomination Process: how to Automate the Air WayBill-Agent List Matching Process* (intern rapport). Technische Universiteit Delft, Delft.

Bombelli, A., & Tavasszy, L. (2019a). *A pickup and delivery problem formulation for landside air cargo supply chain modeling*, presented at the air cargo subcommittee at the 98th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), januari 2019.

Bombelli, A., and Tavasszy, L. (2019b). *A Dock-Capacitated Pickup and Delivery Formulation to Model Horizontal Collaboration in the Air Cargo Supply Chain*, submitted to Transportation Research Part C (under review).

Brussels Airport. (2019a, 9 januari). *Brussels Airport breidt dienstverlening aan en samenwerking met de farmaceutische sector verder uit*. Geraadpleegd op https://www.brusselsairport.be/pressroom/brussels-airport-breidt-dienstverlening-aan-en-samenwerking-met-de-farmaceutische-sector-verder-uit/

Brussels Airport. (2019b, 11 januari). *At 60, Brussels Airport turned in an excellent performance in 2018 with 25.7 million passengers and 732,000 tonnes of cargo*. Geraadpleegd op https://www.brusselsairport.be/pressroom/at-60-brussels-airport-turned-in-an-excellent-performance-in-2018-with-257-million-passengers-and-732000-tonnes-of-cargo/

Burns, J. (2017). Kuehne + Nagel acquires two forwarders specialising in perishables, *Air Cargo Week*, July 18, 2017. Geraadpleegd op https://www.aircargoweek.com/kuehne-nagel-acquires-perishables-specialist-forwarders/

Cargo Forwarder. (2019). Amazon Launched Pan-European Air Network, May 12, 2019, geraadpleegd op https://www.cargoforwarder.eu/2019/05/12/breaking-news-amazon-launched-pan-european-air-network/

Carpentier, J. (2019). *Monitoring of the logistical chain-performance of the pharmaceutical controlled cool chain* (stagerapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Castelijn, A. (2019). *From competition to cooperation in the cut-flower supply chain* (masterscriptie). Tilburg University, Tilburg.

Clemensia, J. (2019). *Added value of Automated Shipment Nomination tool: analysis and optimization possibilities* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Delen, J. (2019). *Added value of Automated Shipment Nomination* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

evofenedex (2017), *Sterke groei luchtvracht Schiphol biedt uitdagingen*. Geraadpleegd op https://www.evofenedex.nl/kennis/actualiteiten/sterke-groei-luchtvracht-schiphol-biedt-uitdagingen

Gelderloos, R. (2019). *How could KLM Cargo define and measure the cool chain temperature performance of its fresh cargo, reflecting the requirements and preferences of their customers* (stagerapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Haan, F. de, & Streng, M. (2019). *Luchtvracht Monitor 2017*. Erasmus Universiteit, Rotterdam, in opdracht van ACN. Geraadpleegd op https://amsterdamlogistics.nl/wp-content/uploads/2019/03/Luchtvracht-monitor-2017-final-rapport-.pdf

Haussman, L., Pélissié du Rausas, M., & Weber, M. (2017, maart). *Air Freight 2015: Agility, Speed and Partnerships*. Geraadpleegd op https://www.mckinsey.com/industries/travel-transport-and-logistics/our-insights/air-freight-2025-agility-speed-and-partnerships

Holland Flower Alliance (2016). Geraadpleegd op https://hollandfloweralliance.com/what-we-do/

Hortiwise. (2012). *A Study on the Kenyan-Dutch Horticultural Supply Chain*. *The Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation*.

IATA (2018a). *IATA Cargo Strategy*. Geraadpleegd op https://www.iata.org/whatwedo/cargo/Documents/cargo-strategy.pdf

IATA (2018b). *Forecasting air freight demand*. Geraadpleegd op https://www.iata.org/publications/economics/Reports/freigh-forecast/Forecasting-air-freight-demand.pdf

IATA (2019). *E-AWB Performance Monitoring: Top 100 Airports Overview*. Geraadpleegd op https://www.iata.org/whatwedo/cargo/e/eawb/Documents/IATA_eAWB_AirportOverview.pdf

IATA CEIV (2016). *How to become CEIV pharma certified*. Geraadpleegd op https://www.iata.org/whatwedo/cargo/pharma/Pages/ceiv-pharma.aspx

Iori, M., Salazar-Gonzalez, J.J. & Vigo, D. (2007). An exact approach for the vehicle routing problem with twodimensional loading constraints. *Transportation science, 41*(2), 253-264.

Kumar, S.N. & Panneerselvam, R. (2012). A survey on the vehicle routing problem and its variants. *Intelligent Information Management, 4*(3), 66-74.

Meller, R.D., Montreuil, B., Thivierge, C. & Montreuil, Z. (2014). Functional Design of Physical Internet Facilities: A Road-Based Transit Center, in B. Montreuil, A. Carrano, K. Gue, R. De Koster, M. Ogle& J. Smith, (Red.), *Progress in Material Handling Research 12* (pp. 347-378), Charlotte, NC: MHI.

Micrium. (2017). *How to Think about the Internet of Things (IoT)*. Geraadpleegd op https://www.micrium.com/iot/devices/

Montreuil, B. (2011). Towards a PI: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge, *Logistics Research, 3*(2-3), 71-87.

Montreuil, B. (2017). Omnichannel Business-to-Consumer Logistics and Supply Chains:
Towards Hyperconnected Networks and Facilities, in K. Ellis et al. (Red.), *Progress in Material Handling Research 14* (pp. 35), Charlotte, NC: MHI.

Montreuil B., Ballot, E. & Fontane, F. (2012). An Open Logistics Interconnection Model for the Physical Internet, *Proceedings of INCOM 2012 Symposium*, Bucharest, Romania.

Montreuil B., Ballot, E., Tremblay, W. (2016). Modular Design of Physical Internet Transport, Handling and Packaging Containers, in J. Smith et al. (Red.), *Progress in Material Handling Research 13,* Charlotte, NC, USA: MHI.

Montreuil B., Meller, R.D., & Ballot, E. (2013), Physical Internet Foundations, in T. Borangiu, A. Thomas and D. Trentesaux (Red.), *Service Orientation in Holonic and Multi Agent Manufacturing and Robotics* (pp. 151-166), Berlin: Springer.

Montreuil B., Buckley, S., Faugere, L., Reem, K., Derhami, S. (2018). Urban Parcel Logistic Hub and Network Design: The Impact of Modularity and Hyperconnectivity, in *Progress in Material Handling Research 15* (p. 9), Savannah, GA: CICMHE.

Montreuil, B. (2018), Towards Hyperconnected Synchromodal Logistics & Omnichannel Supply Chains: Potential for Air Cargo Innovation, *Expeditor's Aviation & Aerospace Global Logistics Conference*, Atlanta, USA, 2018/11/08.

Montreuil, B., Meller, R.D., & Ballot, E. (2010). Towards a Physical Internet: the impact on logistics facilities and material handling systems design and innovation, in K. Gue et al. (Red.), *Progress in Material Handling Research 2010* (pp. 305-328), Charlotte, NC: MHI.

Montreuil, B., Meller, R.D., Thivierge, C., Montreuil, C., Montreuil, Z. (2014). Functional Design of Physical Internet Facilities: A Unimodal Road-Based Crossdocking Hub, in B. Montreuil, A. Carrano, K. Gue,R. De Koster, R., M. Ogle & J. Smith (Red.), *Progress in Material Handling* Research *12* (pp. 379-431), Charlotte, NC, USA: MHI.

Muir, J. (2018). Panalpina completes acquisition of Kenyan forwarder Air Connection. Air Cargo Week, Sep 8, 2017. Geraadpleegd op https://www.aircargoweek.com/panalpina-completes-acquisition-kenyan-forwarder-air-connection/

Muir, J. (2019). *Record cargo volumes for Luxembourg Airport*. Geraadpleegd op https://www.aircargoweek.com/record-cargo-volumes-for-luxembourg-airport/

Mujica Mota, M., Flores, I., & Giramans, I. (2015). *Applied Simulation and Optimization: In Logistics, Industrial and Aeronautical Practice*, Berlin: Springer.

Mujica Mota, M., & Flores, I. (2017). *Applied Simulation and Optimization 2: New Applications in Logistics, Industrial and Aeronautical Practice*, Berlin: Springer.

Mujica, M. (2015), Check-in allocation improvements through the use of a simulation-optimization approach, in *Transportation Research Part A, 77,* 320-335.

Mujica, M., Scala, P., & Delahaye, D. (2017). Improving airport performance through a model-based analysis and optimization approach, in *Applied Simulation and Optimization 2* (pp.109-129), 2nd ed., Berlin: Springer.

Pelican Bio Thermal. (2019), *Biopharma Cold- Chain Logistics Survey: What Matters Most — and What it Means for the Future,* Plymouth, MN USA.

Pharma Gateway Amsterdam. (2016), *PGA Marketing plan 2017*. Niet publiek toegankelijk.

Perboli, G., Gobbato, L. & Perfetti, F. (2014), Packing problems in Transportation and Supply Chain: new problems and trends. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *111*, 672-681.

Romero-Silva, R., & Mujica Mota, M. (2019). *Improving landside operations of an air cargo terminal*. World Conference on Transport Research - WCTR 2019 Mumbai 26-31 May 2019.

Royal Schiphol Group (2016). *Schiphol Cargo Strategy 2016.* Geraadpleegd op https://www.acn.nl/wp-content/uploads/2016/01/Schiphol_Cargo_Strategy_Page_ACN_120116.pdf

Royal Schiphol Group (2019a). *Jaarverslag 2018*. Geraadpleegd op https://www.schiphol.nl/nl/schiphol-group/pagina/jaarverslagen/

Royal Schiphol Group. (2019b). *Feiten & Cijfers 2018*. Geraadpleegd op https://www.schiphol.nl/nl/schiphol-group/pagina/feiten-en-cijfers/

Royal Schiphol Group. (2019c, 31 januari). *Belly Cargo up as Amsterdam Airport Schiphol remains third largest air cargo hub in Europe*. Geraadpleegd op https://www.schiphol.nl/nl/cargo/nieuws/belly-cargo-up-as-amsterdam-airport-schiphol-remains-third-largest-air-cargo-hub-in-europe/

Savelsbergh, M.W. en Sol, M. (1995). The general pickup and delivery problem. *Transportation Science, 29*(1)*,* 17-29.

Seabury Consulting. (2017). *Air cargo industry developments*. Niet publiek toegankelijk.

Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints. *Operations Research*, *35*(2), 254-265.

Thomas, H. (2019). *Road Feeder Services op Schiphol* (stagerapport). NHL Stenden Hogeschool, Leeuwarden.

TNO (2019), *KLM Cargo Pallet Scanning* (intern rapport). TNO, Den Haag.

Van der Munnik, J. & Verduijn, T.M. (2018). *Flower supply chains and air cargo: state of the art* (intern rapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Van der Munnik, J. & Verduijn, T.M. (2018). *Flower supply chains and air cargo: state of the art* (intern rapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Van der Voort, F. (2016). *Redesign the cool chain for air transport of perishable goods by KLM Cargo*. TU Delft, Delft.

Van Iersel, M. (2018). *Amsterdam Airport Schiphol doing a case study about creating Key Performance Indicators for measuring the processes of the ground handlers* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Verduijn, T. & Smit, M. (2018). *Data coverage and data quality at cargohub Schiphol* (intern rapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Verhees, B. (2018). *The future cool chain: business model design for the smart cool lane of the air cargo floriculture supply chain* (masterscriptie). Technische Universiteit Delft, Delft.

Vunderink, S. (2019). *An optimal airside for temperature sensitive cargo on Schiphol* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

Workman, D. (2017). *Flower bouquet exports by country*. Geraadpleegd op http://www.worldstopexports.com/flower-bouquet-exports-country/

Zachariadis, E.E., Tarantilis, C.D., & Kiranoudis, C.T. (2013). Integrated distribution and loading planning via a compact metaheuristic algorithm. *European Journal of Operational Research*, *228*(1), 56-71.

Zidek, M. (2018). *Defining a method to measure the performance of the flower cargo chain Nairobi-Aalsmeer* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: AFKORTINGEN

Afkorting	Uitleg
2L-CVRP	Vehicle Routing Problem with Two-Dimensional Loading Constraints
4PL	Fourth Party Logistics
ACN	Air Cargo Nederland
ATA	Actual Time of Arrival
AWB	Air Waybill = Freight Waybill
BNP	Bruto Nationaal Product
CSVB	Centraal Stationsverklaringsbestand
DEP	Cargo and documents departed at airport of origin
DGVS	Documentloos Goederenvolgsysteem
DLV	Cargo and documents delivered to customer
DWU	Douanewetboek van de Unie
ECS	Export Control System
ENS	Entry Summary Declaration
FFM	Freight Flight Manifest
FSU	Freight Status update
FWB	Freight Waybill = Air Waybill
HAWB	House Air Waybill
HFA	Holland Flower Alliance
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICS	Import Control System
IoT	Internet of Things
IT	Informatietechnologie
KPI	Key Performance Indicator
LACSC	Landside Air Cargo Supply Chain
MILP	Mixed Integer Linear Programming
MOP	Master Operating Plan
MRN	Movement Reference Number

NEU	Niet-EU
NFD	Consignment arrived at destination and the consignee or agent has been informed
NOA	Notification of Arrival
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
PDPTW	Pickup and Delivery Problem with Time Windows
PGA	Pharma Gateway Amsterdam
PGTS	Paperless Goods Tracking Systeem
PUD	Pickup & Delivery
RCF	Consignment received from a given flight
RCS	Ready for Carriage
RFS	Road Feeder Services
RTO	Ruimte voor Tijdelijke Opslag
SAL	Summary Declaration Goods to be Unloaded
SCCAS	Smartest Connected Cargo Airport Schiphol
SCMP	Schiphol Cargo Mainport Programma
SIE3	Schiphol Information Exchange
SMART	Specifiek, Meetbaar, Haalbaar, Relevant, en op basis van Tijd
SPH	Special Handling Codes
ULD	Unit Load Device
VRP	Vehicle Routing Problem

BIJLAGE 2: BEGRIPPENLIJST

Begrip	Definitie
Afhandelaar	Ontvangt van expediteurs de zendingen die door een airline moeten worden vervoerd en voegt zendingen voor dezelfde bestemming samen tot luchtvrachtplaten en -containers die vervolgens worden geladen in een vliegtuig. Op de luchthaven van bestemming voeren afhandelaren het omgekeerde proces uit.
Agent list	Overzicht waarin afhandelaren bijhouden door welke expediteurs de ontvangers van goederen worden vertegenwoordigd en zijn gemachtigd om de goederen in ontvangst te nemen
Agentcode	De drielettercode die staat voor een expediteur
Air waybill	Transportopdracht van de expediteur aan de airline voor het vervoeren van een luchtvrachtzending van A naar B. De air waybill bevat alle informatie over de zending en de condities waaronder de transportopdracht moet worden uitgevoerd.
Airside	Gebied op een luchthaven waar vliegtuigen starten, landen, taxiën en worden geladen en gelost.
Belly	Ruimte onder het passagiersdek van een passagiersvliegtuig waarin vracht en bagage kan worden vervoerd.
Bufferzone	Gebied dat dient als tijdelijke buffer voor goederen
Consignee	Geadresseerde van de zending, de ontvanger van de goederen
Consolidatie	Samenvoegen van verschillende losse vrachtzendingen tot één zending
Cool chain	Doorlopend systeem van koeling bij het transport van levensmiddelen, farmaceutische en chemische producten van producent, via transporteurs, groothandels en winkels, tot aan de eindgebruiker
Cross-dock	Proces waarbij inkomende goederen van verschillende herkomst direct na het lossen worden gesorteerd op bestemming en worden geladen in andere vervoermiddelen voor transport naar bestemming
Data science	Interdisciplinair onderzoeksveld met betrekking tot wetenschappelijke methoden, processen en systemen om kennis en inzichten te onttrekken uit data
Degree hours	De som van de blootstellingstijden van producten aan een temperatuur vermenigvuldigd met de temperatuur gedurende deze tijd
Dock	Gedeelte van een gebouw waar vrachtwagens worden geladen en gelost

Dyadische structuur	Structuur waarbij slechts twee instanties interactie met elkaar hebben
E-commerce	Handel via elektronische netwerken (internet)
Expediteur	Organisator van het vervoer van goederen van A naar B in opdracht van een verlader
Full freighter	Vliegtuig dat alleen vracht vervoert
Groupage	Samenvoegen van zendingen die dezelfde bestemming hebben en met hetzelfde vervoermiddel worden vervoerd
Home carrier	Vliegmaatschappij die op een luchthaven zijn thuisbasis heeft
Hub	Logistieke faciliteit waar vracht wordt uitgewisseld tussen voertuigen en/of vervoerswijzen
Inbound	Transport, opslag en levering van goederen die via een vlucht binnenkomen op een luchthaven
Key performance indicator	Variabelen om de prestaties van een bedrijf of product te analyseren
Landside	Alle gebieden en ruimten van de luchthaven en het terminalgebouw die openbaar toegankelijk zijn voor het publiek
Lead time	Totale tijd tussen het verzoek om een bepaald product of dienst te leveren en het feitelijke leveren
Levenshteinafstand	Minimale hoeveelheid bewerkingen die nodig is om de ene tekenreeks in de andere te veranderen
Load factor	Beladingsgraad
Luchthavenreglement	Document dat de regels beschrijft waaraan gebruikers van een specifieke luchthaven moeten voldoen
Luchtvrachtcommunity	Alle partijen die direct en indirect betrokken zijn bij de luchtvracht op Schiphol
Nomineren	Vracht toekennen aan de juiste vervoerder
One-stop shop	Levering van alle producten en diensten door een leverancier vanaf een fysieke locatie
Operational excellence	Overtuiging van een organisatie om te willen excelleren in de dienstverlening naar haar klanten
Outbound	Transport, de opslag en levering van goederen die met een vlucht vertrekken vanaf een luchthaven (of met road feeder service)
Pickup & delivery	Transport van vrachtzendingen tussen de verzender/ontvanger en de terminal van de afhandelaar

Realtimemanagement	Beslissingen bijwerken en trends zien terwijl die zich ontwikkelen op basis van een constante informatiestroom
Road feeder services	Luchtvervangend wegvervoer: een airline vervoert de lading niet per vliegtuig, maar per truck tussen twee luchthavens.
Slot	Toegewezen tijdsperiode waarbinnen een vliegtuig mag vliegen, of waarin diensten zoals vrachtafhandeling worden verleend
Slotallocatie	Toewijzen van slots door een coördinator/capaciteitsmanager op een luchthaven
Stationsverklaring	Verklaring die de importeur van luchtvracht afgeeft aan afhandelaren om aan te geven welke expediteur de binnenkomende vracht van de importeur mag ophalen
String matching	Herkennen en vergelijken van woorden of zinnen uit verschillende tekstbestanden
Tarmac	Terrein buiten de terminal van een vliegveld waar de vliegtuigen geparkeerd staan
Track & trace	(Online) volgen van de status en positie van zendingen waarbij gebruik wordt gemaakt van een combinatie van identificatie-, communicatie- en registratiesystemen.
Turnaroundtijd	Tijd die nodig is om een vliegtuig na aankomst op een vliegveld weer gereed te hebben voor vertrek
Vaasleven	Periode waarin bloemen hun uiterlijk behouden in een vaas
Vluchtnummer	IATA-code van de luchtvaartmaatschappij gevolgd door een nummer waarmee een specifieke vlucht wordt geïdentificeerd

BIJLAGE 3: PROJECTPUBLICATIES

Wetenschappelijke publicaties

> Bombelli, A., & Tavasszy, L. (2019a). *A pickup and delivery problem formulation for landside air cargo supply chain modeling*, presented at the air cargo subcommittee at the 98th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), januari 2019.

> Bombelli, A., & Tavasszy, L. (2019b). *A Dock-Capacitated Pickup and Delivery Formulation to Model Horizontal Collaboration in the Air Cargo Supply Chain. Working Paper TU Delft, under review for a scientific journal.*

> Romero-Silva, R., & Mujica Mota, M. (2019). *Improving landside operations of an air cargo terminal*, presented at World Conference on Transport Research - WCTR 2019 Mumbai 26-31 May 2019.

Projectrapporten

> Bombelli, A. (2017). *Nomination Process: how to Automate the Air WayBill-Agent List Matching Process* (intern rapport). Technische Universiteit Delft, Delft.

> Verduijn, T. & Smit, M. (2018). *Data coverage and data quality at cargohub Schiphol* (intern rapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Van der Munnik, J. & Verduijn, T.M. (2018a). *Flower supply chains and air cargo: state of the art* (intern rapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Van der Munnik, J. & Verduijn, T.M. (2018b). *Flower supply chains and air cargo: state of the art* (intern rapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> TNO (2019). *KLM Cargo Pallet Scanning* (intern rapport). TNO, Den Haag.

Rapporten van studenten (master, bachelor en stage)

> Carpentier, J. (2019). *Monitoring of the logistical chain-performance of the pharmaceutical controlled cool chain* (stagerapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Castelijn, A. (2019). *From competition to cooperation in the cut-flower supply chain* (masterscriptie). Tilburg University, Tilburg.

> Clemensia, J. (2019). *Added value of Automated Shipment Nomination tool: analysis and optimization possibilities* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> De Jong, L. (2019), *The Potential of the Internet of Things at KLM Cargo (bachelorscriptie)*, Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Delen, J. (2019). *Added value of Automated Shipment Nomination* (bachelorscriptie), Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Gelderloos, R. (2019). *How could KLM Cargo define and measure the cool chain temperature performance of its fresh cargo, reflecting the requirements and preferences of their customers?* (stagerapport). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Thomas, H. (2019). *Road Feeder Services op Schiphol* (stagerapport). NHL Stenden Hogeschool, Leeuwarden.

> Van Iersel, M. (2018). *Amsterdam Airport Schiphol doing a case study about creating Key Performance Indicators for measuring the processes of the ground handlers* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Verhees, B. (2018). *The future cool chain: business model design for the smart cool lane of the air cargo floriculture supply chain* (masterscriptie). Technische Universiteit Delft, Delft.

> Vunderink, S. (2019). *An optimal airside for temperature sensitive cargo on Schiphol* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

> Zidek, M. (2018). *Defining a method to measure the performance of the flower cargo chain Nairobi-Aalsmeer* (bachelorscriptie). Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.

W 202
W 197
W 196
W 195
W 222
ERF 6
ERF 5
ERF 4
ERF 3
ERF 2
DGR2

Schiphol

Shaping Europe's smartest cargo hub at Amsterdam Airport

CARGONAUT

KLM CARGO

Hogeschool van Amsterdam

TU Delft

Delft University of Technology

TKI DINALOG

Dutch Institute for Advanced Logistics

NWO