

Data analyse bij Combi Terminal Twente

Bacheloropdracht Technische Bedrijfskunde

Universiteit Twente
David de Meij (s1234498)
Datum: 12 november 2014

Begeleider CTT: Maurice Glandrup
Begeleider UT: Martijn Mes
Meelezer UT: Marco Schutten

Managementsamenvatting

Introductie

Combi Terminal Twente is een binnenlandse terminal die verantwoordelijk is voor het transport van zeecontainers tussen Hengelo en Rotterdam. Het grootste deel hiervan wordt vervoerd met binnenvaartschepen. CTT verzamelt veel gegevens over dit transport, een extern bedrijf (NexusZ) ondersteunt CTT hierbij en levert een Decision Support Systeem om de planners te ondersteunen. Dit onderzoek heeft als doel met behulp van deze data de planning te verbeteren. De onderzoeksvraag is: **Welke data kan er worden gebruikt om tot een efficiëntere planning te komen en hoe kan deze data worden verwerkt in een planningsmodel?**

Beschrijving planningsprobleem

Het planningsprobleem is op te splitsen in twee fases. Ten eerste moet er worden bepaald hoeveel containers een lichter meeneemt per terminal en hoeveel containers er mee terug worden genomen. Ten tweede moet de volgorde van de te bezoeken terminals worden bepaald. Op dit moment wordt dit grotendeels op basis van ervaring en eigen inzicht van de lichterplanners zo efficiënt mogelijk gedaan.

Aanpak

Om tot een betere planning te komen is het handig om eerst te definiëren wat nou eigenlijk een betere planning is. Hiervoor hebben we aan de hand van literatuur en interviews met CTT de volgende criteria bepaald:

$$\text{Betrouwbaarheid} > \text{Kosten} > \text{Flexibiliteit}$$

Deze criteria zijn van belang voor het verbeteren van de planning waarbij het verbeteren van de betrouwbaarheid het belangrijkste is en het verbeteren van de flexibiliteit het minst belangrijk.

Vervolgens zijn we begonnen met het in kaart brengen van de data die nuttig zou kunnen zijn voor het verbeteren van de planning en hebben we geanalyseerd welke data al beschikbaar is, welke data nog bewerkt moet worden en welke data niet beschikbaar is.

Conclusie en Aanbeveling

Op basis van de analyses die we hebben gedaan, hebben we een lijst opgesteld met de grootste mogelijkheden voor verbetering in deze volgorde van prioriteit. De prioriteit is bepaald aan de hand van het verwachte positieve effect van deze verandering en de moeite die hier nog in moet worden gestoken om dit te bereiken.

1. Het apart bijhouden van de wachttijden en de afhandelingstijden.
2. Het verbeteren van de verwachte aankomsttijd door deze vaker aan te passen aan de huidige positie van de lichter.
3. Het opslaan van historische reizen in een aparte tabel met daarbij de oorzaak en duur van mogelijke vertragingen.
4. Het opslaan van veranderingen van orders in een aparte tabel.
5. Het visualiseren van de containerdruk.
6. Het grafisch weergeven van bepaalde informatie over de orders.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting.....	1
Inhoudsopgave.....	2
1 Probleemidentificatie.....	3
1.1 Introductie.....	3
1.2 Onderzoeksmethode.....	3
2 Probleemaanpak.....	4
2.1 Onderzoeksvragen.....	4
3 Literatuurstudie.....	6
3.1 Literatuur zoeken.....	6
3.2 Literatuurbeschrijving.....	6
3.3 Overige relevante literatuur.....	9
4 Probleemanalyse.....	10
4.1 Huidig planningsproces.....	10
4.2 Beschrijving planningsprobleem.....	10
4.3 Aspecten die invloed hebben op het maken van een lichterplanning.....	12
4.4 Data die in huidige situatie wordt gebruikt.....	14
5 Genereren van oplossingen.....	16
5.1 Nuttige data voor het verbeteren van de planning.....	16
5.2 Databronnen.....	18
5.3 Direct beschikbare data.....	19
5.4 Te bewerken data.....	20
5.5 Data die nog niet wordt bijgehouden.....	20
6 Samenvatting en conclusie.....	22
6.1 Samenvatten van geanalyseerde data.....	22
6.2 Conclusie.....	24
7 Implementatie.....	25
7.1 Vergelijkbare planningsproblemen.....	25
7.2 Verwerken van data in een planningsmodel.....	25
8 Literatuur.....	27
9 Bijlagen.....	28
9.1 Bewerkte data.....	28
9.2 LP model.....	28
9.3 Kritische zelfreflectie.....	32

1 Probleemidentificatie

In dit hoofdstuk wordt eerst kort het bedrijf waar dit onderzoek heeft plaatsgevonden geïntroduceerd, vervolgens wordt de hoofdvraag beschreven. Ten slotte beschrijven we in dit hoofdstuk de onderzoeksmethode waarmee dit onderzoek is uitgevoerd.

1.1 Introductie

Combi Terminal Twente is de grootste binnenlandse terminal van Nederland. Vanuit Hengelo zorgt CTT vooral voor het transport van zeecontainers tussen Hengelo en Rotterdam. Het grootste gedeelte hiervan wordt vervoerd met binnenvaartschepen, een klein deel met vrachtwagens en af en toe een lading met de trein. CTT regelt ook in samenwerking met Bolk Container Transport BV het verdere vervoer van de containers over de weg met vrachtwagens.

Het plannen van containertransport is een complexe taak waarbij rekening moet worden gehouden met vele variabelen, dit is de taak van de planners. Er zijn planners voor de truckplanning en planners voor de lichterplanning (lichter is de vakterm voor een binnenvaartschip). Dit onderzoek zal zich focussen op de lichterplanning, omdat hier de echte planningsproblemen voorkomen. De truckplanning is een stuk flexibeler dan de lichterplanning.

CTT verzamelt op dit moment veel gegevens over inkomende orders, het plannen van orders en het verloop van het transport. Het bedrijf NexusZ ondersteunt CTT hierbij en levert een Decision Support Systeem om de planners te ondersteunen. Deze informatie wordt echter nog onvoldoende gebruikt om tot een betere planning te komen. Veel beslissingen worden nog intuïtief of op basis van ervaring gemaakt door de lichter planners.

Het doel van dit onderzoek is om met behulp van een selectie uit deze data de lichterplanning efficiënter te maken. De onderzoeksvraag is: **Welke data kan er worden gebruikt om tot een efficiëntere planning te komen en hoe kan deze data worden verwerkt in een planningsmodel?**

In deze openbare versie van het verslag zijn bepaalde secties geschrapt vanwege de concurrentiegevoelige aard van de informatie in deze secties. Dit betreft de secties 5.3, 5.4 en 9.1.

1.2 Onderzoeksmethode

Om een gedegen en systematisch onderzoek te doen is het van belang een bepaalde methodologie te volgen. Voor dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak van (Heerkens & van Winden, 2012). De stappen die hierbij worden gevolgd zijn:

1. Probleemidentificatie
2. Formuleren van de probleemaanpak
3. Probleemanalyse
4. Genereren van oplossingen
5. De beslissing
6. De implementatie
7. De evaluatie

De probleemidentificatie hebben we in de vorige paragraaf reeds gedaan. De daadwerkelijke implementatie van een decision support system en de evaluatie van dit systeem vallen buiten de strekking van dit onderzoek.

2 Probleemaanpak

“Het doel van de tweede fase van het ABP is een planning opstellen van het oplossingsproces. Belangrijk in deze fase zijn: de deelvragen van de onderzoeksvraag, theoretisch kader waarbinnen het literatuur onderzoek plaatsvindt en de verschillende soorten onderzoek die toegepast gaan worden”(Heerkens & van Winden, 2012).

2.1 Onderzoeksvragen

In deze paragraaf bespreken we de deelvragen die zijn opgesteld om te helpen om de hoofdvraag te beantwoorden.

Zoals al in de introductie is genoemd is de hoofdvraag: **“Welke data kan er worden gebruikt om tot een efficiëntere planning te komen en hoe kan deze data worden verwerkt in een planningsmodel?”**.

Onderstaande deelvragen moeten gaan helpen de hoofdvraag te beantwoorden, onder elke deelvraag staat het wetenschappelijk gereedschap waarmee de deelvraag zal worden onderzocht en ten slotte is elke deelvraag nog opgedeeld in enkele subvragen.

1. Op basis van welke gegevens (parameters) wordt er in de huidige situatie gepland bij CTT?
Informatie vanuit CTT (interviews en documenten)
 - a. Hoe ziet het huidige planningsproces er uit?
 - b. Welke aspecten zijn van invloed op het maken van de lichterplanning?
 - c. Wat zijn in de huidige situatie problemen bij het plannen?
 - d. Welke data gebruiken de menselijke planners in de huidige situatie voor het maken van een planning?
 - e. Welke data gebruikt het computersysteem in de huidige situatie voor het maken van een planning en in hoeverre wordt deze output gebruikt?
2. Welke data is nuttig voor het verbeteren van de planning?
Literatuurstudie en interviews met personeel (met de planners).
 - a. Aan de hand van welke criteria kan een kwaliteitsoordeel gegeven worden aan container transport volgens de literatuur?
 - b. Welke kwaliteitscriteria zijn belangrijk voor het plannen van lichteners volgens CTT?
 - c. Welke kwaliteitscriteria gebruiken we voor dit onderzoek en wat is de prioriteit van elk criterium?
 - d. Met welke data kan volgens de literatuur met behulp van een planningsalgoritme de lichterplanning worden verbeterd?
 - e. Welke data is volgens de menselijke planners nuttig voor het verbeteren van de planning en welke data hiervan is geschikt om mee te nemen in een planningsalgoritme?
3. Welke nuttige data is al direct beschikbaar?
Analyse van de database
 - a. Welke databronnen zijn er intern beschikbaar?
 - b. Welke databronnen zijn er extern beschikbaar?
 - c. Welke data uit de vorige deelvraag is direct uit één of meerdere van deze databronnen te halen?
4. Welke data is nog niet direct klaar voor gebruik maar moet nog worden bewerkt en hoe moet deze data worden bewerkt?
Analyse van de database, literatuurstudie en statistische analyse
 - a. Welke nuttige data is niet direct beschikbaar?
 - b. Op wat voor manieren kan deze data worden bewerkt zodat deze kan worden gebruikt in een planningsalgoritme?
 - c. Wat is het resultaat van deze bewerkingen?

- d. Welke data is niet beschikbaar?
 - e. Wat is de betrouwbaarheid van de data op verschillende momenten in de tijd?
5. Op wat voor manier kan deze data worden verwerkt in een planningsmodel?

Literatuurstudie

- a. Op welk planningsprobleem uit de literatuur lijkt het probleem van CTT?
- b. Hoe zou de gevonden data kunnen worden verwerkt in een planningsmodel?

3 Literatuurstudie

In dit hoofdstuk zal de relevante theorie voor dit onderzoek in kaart worden gebracht en zal worden toegelicht hoe er literatuur is gezocht en geselecteerd.

3.1 Literatuur zoeken

Er zijn bepaalde kennisvragen waarvoor er ondersteuning vanuit de literatuur nodig is. We zullen hier per vraag aangeven welke literatuur er gevonden is om deze vraag te beantwoorden.

- a. Aan de hand van welke criteria kan een kwaliteitsoordeel gegeven worden aan container transport volgens de literatuur?
(Zamparini, Layaa, & Dullaert, 2011)
- b. Met welke data kan volgens de literatuur met behulp van een planningsalgoritme de lichterplanning worden verbeterd?
- c. Op welk planningsprobleem uit de literatuur lijkt het probleem van CTT?
 - *Traveling salesman problem (Lin & Kernighan, 1973)*
 - *Vehicle Routing Problem (Christofides, 1976)*
 - *Knapsack problem*
- d. Op wat voor manieren kan deze data worden bewerkt zodat deze kan worden gebruikt in een planningsalgoritme?
- e. Welke manieren zijn er om data te verwerken in een planningsmodel

3.2 Literatuurbeschrijving

We zullen in deze paragraaf een knopte beschrijving geven van de gevonden literatuur, tevens zullen we hier artikelen aanreiken waarin verdere informatie kan worden gevonden over de verschillende onderwerpen.

3.2.1 Criteria voor container transport

Volgens *(Zamparini et al., 2011)* zijn er zes belangrijke kwaliteitscriteria voor vrachttransport:

- Reistijd.
- Frequentie, hiermee bedoelt men het aantal transporten in een bepaalde tijdsperiode (bijv. het aantal trips tussen Hengelo en Rotterdam in één week).
- Flexibiliteit, hiermee bedoelt met het aantal niet geplande transporten dat kan worden uitgevoerd zonder dat er vertraging optreedt.
- Verlies en schade.
- Betrouwbaarheid, dit kan volgens (Zamparini et al.) op twee manieren worden gebruikt:
 - De (absolute of relatieve) variantie van aankomsttijden.
 - Het percentage van transporten dat binnen de geplande tijd arriveert.
- Transportkosten.

3.2.2 Lineair Programmeren

Lineair programmeren (LP) is een methode voor op het oplossen van optimaliseringsproblemen. We zullen nu eerst de algemene karakteristieken van dit soort problemen beschrijven aan de hand van (Winston, 2004),

Elk LP model begint met het definiëren van beslissingsvariabelen, deze variabelen moeten volledig de beslissingen die moeten worden gemaakt beschrijven. Een voorbeeld hiervan is: “Het aantal producten x dat een bedrijf komende maand moet produceren”.

Een doelfunctie is de functie die geoptimaliseerd moet worden. Geoptimaliseerd wil hier zeggen dat de functie gemaximaliseerd of geminimaliseerd wordt, afhankelijk van wat men optimaal vindt (als het bijvoorbeeld over kosten gaat wil men deze minimaliseren en bij baten wil men deze maximaliseren). Een voorbeeld van een doelfunctie is: “Maximaliseer de opbrengst van de verkoop van product x minus de productiekosten van product x ”.

Het derde kenmerk van een LP model zijn restricties. Er gelden vaak bepaalde beperkingen op de variabelen, het aantal producten dat geproduceerd kan worden wordt bijvoorbeeld beperkt door de productiecapaciteit of het aantal producten dat kan worden verkocht wordt beperkt door de vraag. Zonder deze restricties zou de doelfunctie naar oneindig gaan en krijgen we geen valide oplossing.

Het laatste kenmerk van een LP model zijn tekenrestricties, dit zijn restricties die iets zeggen over of variabelen negatieve of positieve waarden mogen aannemen. Een bedrijf kan bijvoorbeeld geen negatief aantal producten produceren, dus de tekenrestrictie is dan dat het aantal te produceren producten groter of gelijk aan nul moet zijn.

Er zijn verschillende manieren om een LP model op te lossen. Wanneer er slechts twee beslissingsvariabelen worden gebruikt in het model kan de oplossing grafisch worden gevonden (door het tekenen van een grafiek). Bij meer variabelen kan het model ook wiskundig worden opgelost, dit wordt echter al snel complexer nadat er meer variabelen bij betrokken zijn. De laatste optie is het oplossen van het model met behulp van een computerprogramma, dit is bij grotere modellen de enige realistische optie.

In de realiteit is de waarde van bepaalde variabelen vaak niet met zekerheid vast te stellen en er gelden soms ook meerdere (eventueel tegenstrijdige) doelen. Hiervoor is een andere vorm van lineair programmeren vereist waarbij meerdere doelfuncties mogelijk zijn en waarbij de coëfficiënten van variabelen binnen een bepaald interval kunnen liggen. Meer hierover vinden we in (Oliveira & Antunes, 2007).

3.2.3 Verschillende soorten planningsproblemen

Er is veel literatuur geschreven en onderzoek gedaan naar allerlei soorten planningsproblemen. In deze paragraaf zullen we kort aan de hand van verschillende artikelen uit de literatuur twee bekende planningsproblemen toelichten die lijken op het planningsprobleem van CTT.

Traveling Salesman Problem

In deze paragraaf zullen we kort het “Traveling Salesman Problem” uitleggen, een probleem dat enigszins vergelijkbaar is met het planningsprobleem van CTT. We doen dit aan de hand van (Lin & Kernighan, 1973).

Het “Traveling Salesman” probleem is: gegeven een n bij n matrix met afstanden tussen n steden (of terminals), wat is dan de kortste route waarbij elke stad precies één keer wordt bezocht. In plaats van afstand kunnen natuurlijk ook variabelen zoals kosten of tijd worden gebruikt.

Het oplossen van dit probleem is vaak erg tijdsintensief met een exact algoritme, omdat het probleem erg snel complexer wordt naarmate n groter wordt. Daarom wordt er hiervoor een heuristiek gebruikt waarmee wel binnen een redelijke tijd tot een goede (maar misschien niet optimale) oplossing kan worden gekomen.

Veel optimalisatie problemen zoals het “Traveling Salesman” probleem kunnen als volgt worden geformuleerd: “vind van verzameling S een deelverzameling T dat voldoet aan criterium C en minimaliseer hierbij een doelfunctie f .”

Een fundamentele manier om dit probleem op te lossen is het iteratief verbeteren van een verzameling willekeurig geselecteerde oplossingen:

1. Genereer een pseudowillekeurige oplossing d.w.z. een verzameling T dat voldoet aan criterium C .
2. Probeer een verbeterde oplossing T' te vinden door een bepaalde transformatie van T .
3. Als er een verbeterde oplossing is gevonden (d.w.z. $f(T') < f(T)$) dan wordt T vervangen door T' en wordt stap 2 herhaald.
4. Als er geen verbeterde oplossing kan worden gevonden dan is T het lokale optimum. Herhaal stap 1 totdat de gegeven tijd voor de berekening op is of de resultaten bevredigend zijn.

Hoe beter de heuristiek, hoe kleiner de uiteindelijke verzameling van lokale optima en hoe groter de fractie van willekeurige startoplossingen die tot een globale optimale oplossing leiden.

De kern van deze heuristiek is natuurlijk de tweede stap, het transformeren van T om tot een betere oplossing te komen. Eén transformatie die is toegepast op vele problemen is het uitwisselen van k elementen uit T met k elementen uit $S-T$ (de verzameling van elementen die niet in T zitten).

Het hele probleem hierbij is natuurlijk de goede elementen te vinden die we willen verwisselen (bij stap 2), aangezien we wanneer we de goede elementen uitwisselen altijd op een optimale oplossing kunnen komen. Om dit probleem op te lossen zijn verschillende algoritmes bedacht. Een overzicht van de verschillende algoritmes die hiervoor zijn bedacht vinden we in (Laporte, 1992a).

The Vehicle Routing Problem

In deze paragraaf zullen we een korte beschrijving geven van het “vehicle routing problem”, een probleem dat ook lijkt op het planningsprobleem van CTT. We doen dit aan de hand van het artikel (Christofides, 1976).

Het “Vehicle Routing” probleem is een algemene naam die wordt gegeven aan groep problemen waarbij het gaat om het bezoeken van “klanten” met zogenaamde “vehicles”. De naam is hierbij afgeleid van een praktisch veel voorkomend probleem, namelijk het afleveren van goederen bij geografisch verspreide klanten met een bepaald aantal voertuigen vanaf één centraal depot.

We kunnen dit probleem als volgt formuleren:

Laat $X = \{x_i | i = 1, \dots, N\}$ een verzameling van N klanten zijn en laat l_i de locatie van klant x_i zijn. Een verzameling van voertuigen: $Y = \{y_k | k = 1, \dots, M\}$ is gegeven, gepositioneerd bij een depot x_0 op locatie l_0 . Een klant x_i heeft de volgende kenmerken:

- K1. Een hoeveelheid q_i die moet worden geleverd.
- K2. Een tijd w_i nodig om een hoeveelheid q_i te lossen.
- K3. Een tijdsperiode p waarbinnen de goederen moeten worden geleverd. Tijdsperiode p wordt gedefinieerd door twee tijden, tijdstip $A(p, i)$ en tijdstip $B(p, i)$, het lossen van de goederen voor klant i moet tussen deze twee tijdstippen plaatsvinden.
- K4. Een deelverzameling $Y_i \subseteq Y$ van voertuigen die bij klant x_i kunnen leveren.

Een voertuig y_k heeft de volgende kenmerken:

- V1. Een capaciteit Q_k voor het meenemen van goederen.
- V2. Een totale werktijd van T_k uur vanaf het vertrek van het depot tot het terugkeren bij het depot.
- V3. Een tijdstip A_k en een tijdstip B_k waartussen het voertuig moet vertrekken van het depot.

Met als mogelijke doelfuncties:

- D1. Vind de optimale route m.b.v. de beschikbare voertuigen waarmee aan alle vereisten wordt voldaan en de totale variabele kosten minimaal zijn.

D2. Vind het kleinst mogelijk aantal voertuigen en de bijbehorende routes waarmee aan de vraag kan worden voldaan.

Er zijn verschillende algoritmes te vinden in de literatuur om dit soort problemen op te lossen (ofwel de gekozen doelfunctie te minimaliseren). Een overzicht van de mogelijke algoritmes vinden we in (Laporte, 1992b).

3.3 Overige relevante literatuur

Er is al redelijk wat geschreven over de logistieke keten van het container transport. In (A. Douma, Schutten, & Schuur, 2009) wordt beschreven hoe het 'wachttijd probleem' bij de terminals zou kunnen worden opgelost. Er wordt in dit artikel opgemerkt dat een centrale coördinatie geen geaccepteerde oplossing is voor dit probleem, dit komt omdat de terminals hier niet mee zullen werken vanwege concurrentieoverwegingen. Een goed alternatief is dan een 'multi agent-based approach', bij deze oplossing geven de terminals een wachttijdprofiel aan de schippers. Dit wachttijdprofiel houdt in dat de schipper een maximale wachttijd krijgt voor elke mogelijk aankomsttijd in een bepaald interval. Uit de simulaties blijkt dat dit kortere wachttijden geeft dan in de huidige situatie.

In het artikel dat hierop voortborduurt (A. M. Douma, Schuur, & Schutten, 2011) wordt ook gekeken naar de tijd dat het duurt om een schip af te handelen (het laden en lossen). Hier bij wordt in plaats van een wachttijdprofiel een afhandeltijdprofiel gekeken, dit wil zeggen dat de terminal een maximale afhandelingstijd geeft voor elke aankomsttijd.

Een overzicht van de literatuur die beschikbaar is over planningsmodellen in het multimodale transport is (StadieSeifi, Dellaert, Nuijten, Van Woensel, & Raoufi, 2014). Hierin worden verschillende modellen met de bijbehorende oplossingsmethode gepresenteerd.

Er is dus al redelijk wat onderzoek gedaan naar het vraagstuk "in welke volgorde moeten de terminals worden bezocht?" De modellen die hier worden beschreven worden echter nog niet gebruikt, dit komt omdat er in de werkelijkheid veel meer factoren een rol spelen dan in deze modellen worden beschreven en dat aannames maken over deze variabelen geen realistisch planning realiseren. De planners houden bij het maken van een planning dus in de werkelijkheid rekening met veel andere data uit verschillende databronnen. Er is nog niet goed in kaart gebracht welke data er nou precies van belang is voor het planningsprobleem en hoe betrouwbaar deze data is op verschillende momenten in de tijd (in de logistieke sector is data vaak aan veel verandering onderhevig). Dit onderzoek zal dit gat in de literatuur proberen te dichten.

4 Probleemanalyse

In dit hoofdstuk zal het huidige planningsproces bij CTT worden geanalyseerd en beschreven. Hierbij zullen we kijken welke aspecten van invloed zijn op deze planning en welke data hierbij wordt gebruikt.

4.1 Huidig planningsproces

In hoofdstuk 1 is al kort aandacht besteed aan het planningsproces, in deze paragraaf wordt het gehele proces van het bedrijf uitgebreid toegelicht vanaf het binnenkomen van een order tot de levering bij de klant, met de nadruk op het plannen van de lichten.

Het planningsproces begint bij het binnenkomen van een order bij de customer service afdeling. Een order komt binnen via de telefoon, fax, e-mail, xml, xls, EDI, of persoonlijk. Als alle benodigde informatie compleet is en de order wordt aangenomen voert een medewerker van customer service deze order in in Modality (dit is het ICT systeem dat customer service en de planners gebruiken om de orders te registreren).

Wanneer een order in Modality is ingevoerd gaat de order door naar de lichterplanners. Deze bepalen of het mogelijk is om de container(s) per lichter te vervoeren. Mocht dit niet zo zijn (bijvoorbeeld omdat er te weinig containers zijn die naar een bepaalde terminal moeten) dan wordt het vervoer met vrachtwagen(s) gedaan en gaat het proces verder met de truckplanning. We zullen niet verder kijken naar de truckplanning omdat dit een veel simpelere planning is en in deze planning veel minder problemen voorkomen.

Als de container(s) per lichter kunnen worden vervoerd gaat het proces verder met het opstellen van de lichterplanning.

Op basis van ervaring en eigen inzicht wijzen de lichterplanners de containers zo efficiënt mogelijk toe aan de lichten. Hierbij is de eerste prioriteit om ervoor te zorgen dat alle deadlines worden gehaald, hiernaast proberen de planners zoveel mogelijk containers die naar dezelfde terminal gaan bij elkaar te plaatsen.

Nadat deze planning is gemaakt moeten er afspraken worden gemaakt met de te bezoeken terminals, vaak wordt op basis van de terugkoppeling hiervan weer een nieuwe planning gemaakt (de gewenste tijden zijn niet altijd beschikbaar). De planning wordt pas definitief wanneer een lichter vertrekt vanaf CTT.

4.2 Beschrijving planningsprobleem

In de vorige paragraaf is beschreven hoe het planningsproces eruit ziet. In deze paragraaf zullen de afwegingen die moeten worden gemaakt bij het plannen beschrijven.

Het planningsprobleem van CTT is op te splitsen in twee fases. Ten eerste moet worden bepaald hoeveel containers een lichter meeneemt per terminal en hoeveel containers er mee terug worden genomen. Ten tweede moet de volgorde van de te bezoeken terminals worden bepaald.

We kijken eerst naar de eerste fase van het probleem, hierbij is het bij de import van belang wanneer een container bij een bepaalde terminal beschikbaar is. Wanneer de container beschikbaar is moet de container binnen n dagen worden opgehaald van de terminal zonder dat er extra kosten worden toegerekend aan het opslaan van de container, deze variabele verschilt per terminal maar we zullen voor het onderstaande voorbeeld aannemen dat deze twee dagen is.

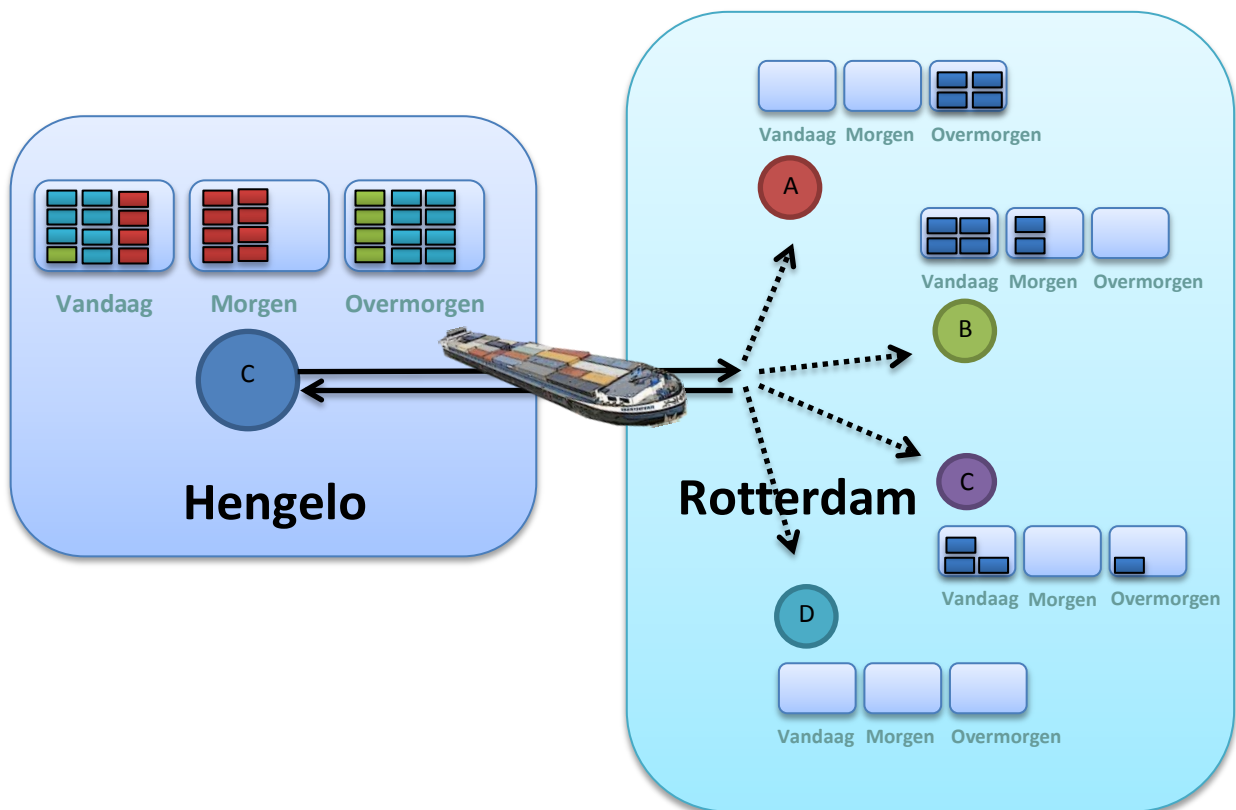


Figure 1

Bij de export is het vooral van belang wanneer een container moet worden geleverd, hierbij geldt dat een container typisch n dagen van te voren mag worden geleverd zonder dat er extra kosten worden gerekend.

Op **figuur 1** wordt de situatie schematisch weergegeven, er zijn een aantal terminals in Rotterdam waar containers op een bepaald moment kunnen worden opgehaald (dit is nu als een dag weergegeven, in werkelijkheid is dit een dag en een tijd) en er zijn een aantal containers op CTT die naar een bepaalde terminal moeten, dit moet voor een bepaald moment worden geleverd bij de terminal.

De lichterplanners hebben op dit moment geen duidelijk overzicht zoals in bovenstaande afbeelding, ze werken met lijsten waarin containers worden samengevoegd op basis van pick-up date / closing date of op basis van bestemming.

De tweede fase van het planningsprobleem is het bepalen van de volgorde van de te bezoeken terminals dit wordt vaak pas op het laatste moment bepaald omdat van te voren niet duidelijk is hoelang de wachtrij bij verschillende terminals zal zijn, ook moet er rekening worden gehouden met de afstanden tussen de terminals, openingstijden van de terminals en de ligging van de containers (op welke laag ze liggen).

4.3 Aspecten die invloed hebben op het maken van een lichterplanning

In deze paragraaf zullen we de verschillende aspecten die (in de huidige situatie) van invloed zijn op het maken van de planning kort toelichten.

Uit documenten en gesprekken met CTT zijn een groot aantal aspecten gevonden die van invloed zijn bij het maken van een lichterplanning. We splitsen deze verschillende aspecten op in vier categorieën: Orders, Reisduur, Terminals en lichters.

4.3.1 Orders

Er wordt een groot aantal eigenschappen van een order in het systeem opgeslagen, maar voor het daadwerkelijke plannen zijn er eigenlijk maar een paar echt van belang:

- Pick-up dates (Dit is de deadline voor het ophalen van een te importeren container, op het overschrijden hiervan staat een geldboete)
- Closing dates (Dit is de deadline voor het leveren van een te exporteren container)
- Beschikbaarheidsdatum (Dit is het moment vanaf wanneer een te importeren container beschikbaar is)
- Cargo opening (Dit is het moment vanaf wanneer een te exporteren container bij een terminal kan worden gebracht, het vroeger leveren van een container levert tevens een geldboete op)
- Pick-up terminal (de terminal waar de container moet worden opgehaald)
- Destination terminal (de terminal waar de container naartoe moet worden gebracht)
- Aantal containers
- Grootte van de containers

Het gaat de planners hierbij natuurlijk vooral om de aantallen en deadlines; hoeveel containers moeten er naar terminal A en hoeveel naar terminal B, welke containers moeten er in ieder geval mee zodat ze nog op tijd zijn. Om dit overzichtelijk te maken kunnen we gebruik maken van containerdruk.

Containerdruk definiëren we als het aantal containers dat moet worden geïmporteerd in een bepaald tijdsblok en het aantal containers dat moet worden geëxporteerd in een bepaald tijdsblok. We kunnen dit voor elke terminal bepalen om een goed overzicht te krijgen. **Figuur 2** geeft een beeld hoe deze containerdruk eruit zou kunnen zien op een bepaald moment in de tijd.

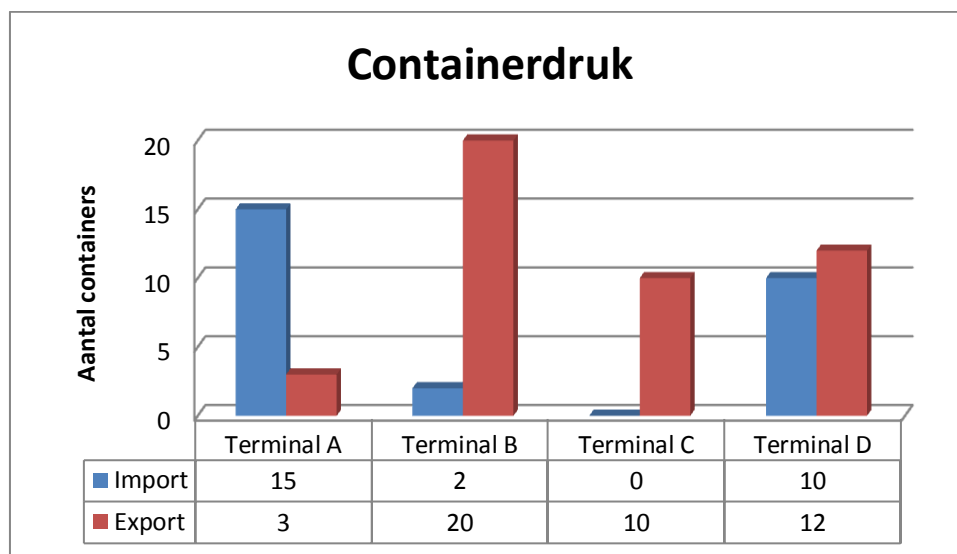


Figure 2

De containerdruk is een continu veranderende variabele en is van grote invloed bij het bepalen van de te bezoeken terminals.

In **figuur 3** zoomen we in op een terminal, we zien dan binnen welke tijdsintervallen bepaalde containers moeten worden geleverd of opgehaald. Dit is van belang omdat we natuurlijk zoveel mogelijk containers tegelijkertijd wil afleveren of meenemen wanneer we een bepaalde terminal bezoeken, we willen een terminal dus bezoeken op het moment dat zoveel mogelijk tijdsintervallen elkaar overlappen.

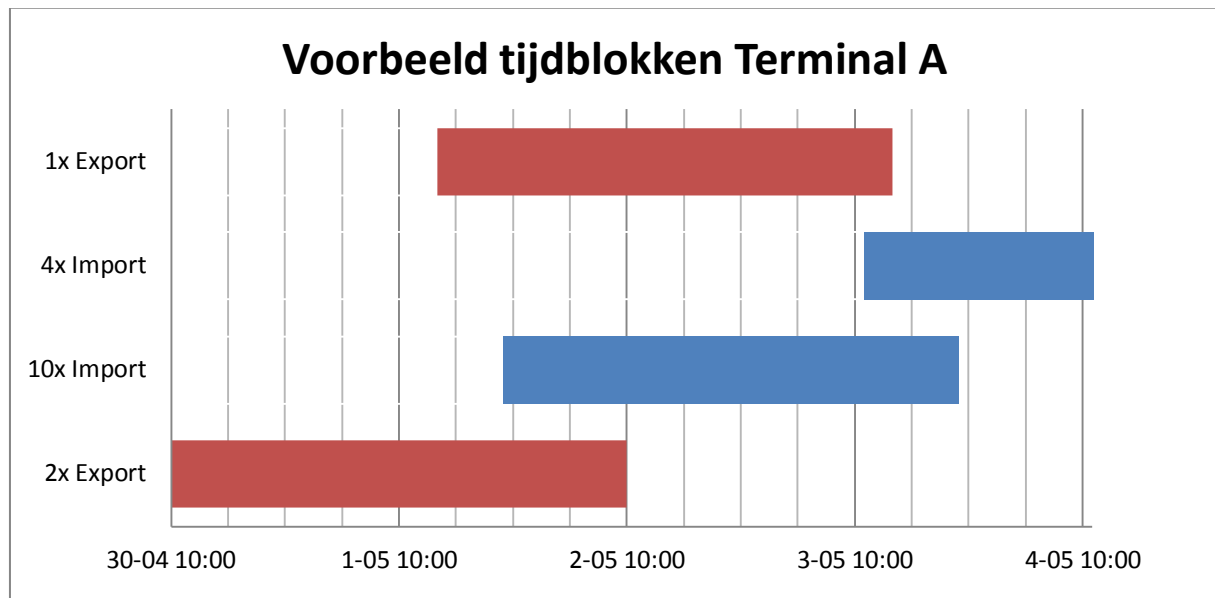


Figure 3

4.3.2 Terminals

Een tweede aspect waar de planners veelal rekening mee moeten houden zijn wachttijden bij terminals. Er worden wel afspraken gemaakt met terminals maar die worden nauwelijks nageleefd. Bij de zeeterminals (de terminals in het maasvlakte gebied) geldt dat zeeschepen altijd voorrang krijgen op binnenvaartschepen.

Vaak wordt de volgorde waarin de terminals worden bezocht op het laatste moment nog gewijzigd vanwege een wachtrij. Er is ook nog onderscheid te maken in terminals die een fysieke wachtrij hanteren en terminals die een digitale wachtrij hanteren. Bij een digitale wachtrij kan een schip zich alvast digitaal aanmelden bij een terminal en nog even een andere terminal bezoeken als de rij nog lang is.

Aan de hand van de informatie uit Insight (het informatiesysteem dat CTT zelf heeft gemaakt) kunnen de planners enigszins opmaken hoe lang de wachtrij is, in dit systeem wordt aan de hand van AIS data getoond hoeveel schepen er bij de terminals voor de kade liggen.



Figure 4 Voorbeeld van actuele informatie over schepen voor een terminal

In **figuur 4** kunnen we zien dat er op dit moment drie schepen voor de kade van de terminal “Euromax” liggen, met deze informatie kan er worden geschat hoelang een lichter zal moeten wachten.

4.3.3 Reisduur

Een derde aspect is de reisduur, dit is van belang om te bepalen wanneer lichters moeten vertrekken om op tijd aan te komen bij de bestemming en voor het maken van afspraken met terminals. De reisduur wordt op dit moment al wel door de computer bepaald op basis van historische reisduren, maar dit is nog erg onnauwkeurig. Dit komt mede doordat er erg veel factoren van invloed zijn op de reistijden (zoals windrichting, openingstijden van sluizen en bruggen, drukte van de vaarweg, et cetera) maar ook doordat de computer de verwachte aankomsttijd niet continu aanpast aan de daadwerkelijke positie van de boot (deze aankomsttijd wordt al aan het begin van de reis bepaald).

4.3.4 Lichters

Het vierde en laatste aspect waar de planners rekening mee houden zijn de lichters. Bij het maken van de planning is het natuurlijk van belang welke lichters beschikbaar zijn en wat de capaciteit van deze lichters is.

De capaciteit is hierbij afhankelijk van meerdere factoren aangezien vanaf een bepaald gewicht de lichter drie lagen containers kan vervoeren (de lichter moet hiervoor diep genoeg liggen om nog wel onder de brug bij Hengelo door te kunnen).

De planners laten de lichter vertrekken als deze vol is of als ze niet binnen korte tijd nieuwe containers verwachten.

4.4 Data die in huidige situatie wordt gebruikt

Bij het maken van een planning houden de lichterplanners rekening met een aantal factoren, hiervan is de belangrijkste de closing time en closing date, dit geeft aan wanneer een container geleverd moet zijn. Hier probeert CTT altijd aan te voldoen. Vervolgens proberen de planners dit zo efficiënt mogelijk in te plannen, hierbij kijken ze naar de volgende factoren:

- Capaciteitsbenutting van de lichter; dit proberen de planners zo hoog mogelijk te maken.
- Aantal terminals dat moet worden bezocht; dit proberen de planners minimaal te houden, vanwege de kosten van het aanmeren en wachttijd.

- Volgorde van bezoeken van terminals; dit proberen de planners zo efficiënt mogelijk te maken (hierbij spelen onder andere wachtrijen bij terminals en de kortste route een belangrijke rol).

De planners hebben geen decision support system om ze te helpen bij het afwegen van deze factoren, dit wordt gedaan op basis van gezond verstand. De data die de planners gebruiken om deze beslissing te maken zijn:

Informatie over containers

- Booking number (een uniek nummer dat wordt toegekend aan een order)
- Container number (het nummer van de container die wordt gebruikt voor een bepaalde order)
- Pick-up terminal (de terminal waar de container moet worden opgehaald, dit geldt alleen voor te importeren containers)
- Destination terminal (de terminal waarvoor de container moet worden afgeleverd, dit geldt alleen voor te exporteren containers)
- Pick-up date container (de datum waarop de container moet worden opgehaald, bij te importeren containers)
- Pick-up time (de tijd waarop de container moet worden opgehaald, bij te importeren containers)
- Closing date container (de datum waarop de container moet worden afgeleverd, bij te exporteren containers)
- Closing time (de tijd waarop de container moet worden afgeleverd, bij te exporteren containers)
- ContainerSeizeType (dimensies van container)
- NettWeight (het nettogewicht van de container, dus inclusief de lading)
- Inhoud container (een beschrijving van de inhoud)

Data over de te bezoeken terminals

- Locatie van de terminal
- Openingstijden van de terminal
- Aantal schepen dat aan de kade ligt bij een terminal voordat de lichter arriveert
- Inkomende zeeschepen bij terminals

Afspraken met de andere terminals

De afspraken met de andere terminals moeten worden gemaakt via een ICT systeem van Portbase (een overkoepelend ICT systeem dat wordt gebruikt in de gehele haven van Rotterdam), de planners moeten in dit systeem aangeven wat de verwachte aankomsttijd is van de lichter en het aantal containers dat wordt geladen en gelost. Deze gegevens hebben de planners vaak nog niet paraat en hier wordt dan vaak een schatting ingevoerd, het aantal te laden en te lossen containers kan dan later nog worden aangepast. Afspraken worden echter vaak niet nagekomen en de planners proberen daarom via e-mail en telefoon te achterhalen bij de terminals hoe druk het op een bepaald moment zal zijn.

Het zou natuurlijk veel makkelijker plannen zijn als de terminals open zouden zijn over hun planning, maar de terminals houden dit geheim uit concurrentieoverwegingen.

5 Genereren van oplossingen

In dit hoofdstuk zullen we kijken naar data. We zullen analyseren welke data nuttig is voor het maken van een planning en waar data beschikbaar is. Ook zullen we kijken hoe we bepaalde data moeten bewerken om deze te kunnen gebruiken bij het maken van een planning en we kijken welke data nog niet wordt bijgehouden. Vervolgens zullen we kijken hoe betrouwbaar deze data nou eigenlijk is. Ten slotte zullen we in de conclusie een overzicht geven van de gevonden resultaten en zullen we hieruit een conclusie trekken.

5.1 Nuttige data voor het verbeteren van de planning

We zullen in deze paragraaf een overzicht geven van data die nuttig kan zijn voor het verbeteren van de planning. Daarvoor zullen we eerst kijken wat nou eigenlijk het belangrijkste is bij het maken van een planning (prioriteit van criteria).

5.1.1 Prioriteit van criteria

In deze paragraaf kijken we naar de prioriteit van de verschillende criteria die kunnen worden gebruikt om een transporteur te beoordelen, we gebruiken hierbij de criteria uit (Zamparini et al.) zoals beschreven in de literatuurstudie.

Uit interviews met CTT blijkt dat het belangrijkste criterium bij het plannen van de lichteners betrouwbaarheid is, alle containers moeten op tijd worden afgeleverd. We gebruiken hiervoor de tweede definitie van betrouwbaarheid “Het percentage van transporten dat binnen de geplande tijd arriveert”. We gebruiken deze definitie omdat dit het beste bij de situatie van CTT past, het is niet erg als de containers eerder aankomen (dit wordt wel negatief meegenomen als we de andere definitie van betrouwbaarheid gebruiken), het is alleen belangrijk dat de container op tijd arriveert.

Het criterium dat hierna het belangrijkste is voor het plannen is transportkosten. Bij het plannen zullen de planners de transportkosten altijd proberen te minimaliseren. Het minimaliseren van deze kosten is een complexe taak om dat hierbij rekening moet worden gehouden met een groot aantal factoren (zoals het aantal te bezoeken terminals, de laad- en lostijd, de vaarroute, etc.). Reistijd wordt eigenlijk automatisch in dit criterium meegenomen omdat het geld kost wanneer de reistijd hoger is.

Het criterium flexibiliteit is wel van belang bij CTT, want het is gunstig om flexibel te zijn richting de klant. Maar dit criterium is wel ondergeschikt aan betrouwbaarheid en kosten, een order die pas laat wordt aangemeld mag niet ten koste gaan van de betrouwbaarheid van andere orders en kosten die een dergelijke onverwachte (spoed)order veroorzaakt worden doorberekend aan de klant.

De criteria “Verlies en schade” en “Frequentie” zijn niet van belang bij het plannen van de lichteners. Verlies en schade is niet duidelijk te beïnvloeden door het aanpassen van de planning en speelt geen rol bij het maken van een lichterplanning. Het criterium “frequentie” is niet van belang bij het plannen van de lichteners omdat dit een factor is die de planners bij het plannen zelf kunnen bepalen.

De prioriteit van criteria die we voor dit onderzoek zullen hanteren is dus:

$$\text{Betrouwbaarheid} > \text{Kosten} > \text{Flexibiliteit}$$

5.1.2 Data voor het verbeteren van de lichterplanning

In deze paragraaf zal worden beschreven welke data nuttig kan zijn voor het verbeteren van de planning. Hierbij maken we onderscheid tussen data die nuttig is voor de eerste fase van het planningsprobleem (het toekennen van containers aan een reis) en data die nuttig voor de tweede fase (de volgorde waarin de terminals moeten worden bezocht). We kijken hierbij zowel naar data die op dit moment al wel wordt gebruikt (en dus al is beschreven in paragraaf 4.4) als data die op dit moment nog niet wordt gebruikt.

Data voor de eerste fase van het planningsprobleem

Orderkarakteristieken

Orderkarakteristieken is data waarmee op basis van historische gegevens kan worden gekeken of er een patroon zit in bepaalde orders. Op dit moment wordt deze informatie intuïtief al meegenomen. Vaak zijn nog niet alle orders beschikbaar voor een bepaalde terminal maar uit ervaring kunnen de lichterplanners schatten hoeveel containers er nog ongeveer bij zullen komen.

Ook wijzigingen in orders kunnen van invloed zijn op de planning, hier kan ook gekeken worden of hier een patroon in te ontdekken is zodat hier eventueel op geanticipeerd kan worden.

Visualisatie containerdruk

Een visualisatie van de containerdruk per terminal kan de planners een goed overzicht geven van de situatie en helpen snel een beslissing te maken. Zie ook paragraaf 4.3.1.

Data voor de tweede fase van het planningsprobleem

Visualisatie wachtrij

Een visualisatie van de verwachte wachttijd op een bepaald moment in de toekomst van elke terminal kan een goed hulpmiddel zijn voor de lichterplanners om te bepalen in welke volgorde de terminals het beste bezocht kunnen worden door de lichter. Ook kan hierin de aankomst van zeeschepen worden aangegeven.

Data nuttig voor beide fasen van het planningsprobleem

Een aantal gegevens is in beide fasen nuttig voor het oplossen van het planningsprobleem.

Verwachte reistijden en variantie

Om goed te kunnen plannen is het handig om te weten hoelang een schip gemiddeld doet over bepaalde afstanden. Zo kan er worden bepaald hoe laat een schip moet vertrekken om nog op tijd aan te komen. Ook kan de variantie samen met een geschikte kansverdeling worden gebruikt om te berekenen hoe groot de kans is dat een schip binnen een bepaald interval arriveert.

Gemiddelde wachttijd per terminal en variantie

Om te bepalen wat de beste volgorde is om de terminals te bezoeken wil de precieze wachttijd op elk moment in de tijd weten voor elke terminal. Dit is echter (vanwege concurrentieoverwegingen) niet realistisch. Het hierna beste alternatief is dat we van elke terminal een soort wachtprofiel krijgen, zoals beschreven in de literatuurstudie over (A. Douma et al., 2009).

Dit ligt echter ook nog niet binnen de huidige mogelijkheden en op dit moment wordt vaak geprobeerd om een wachttijd in te schatten door te vragen of een bepaald tijdsblok beschikbaar is bij de terminal en hoe druk het op een bepaald moment zal zijn. Dit blijkt echter vaak nog erg onbetrouwbaar en het bepalen van een gemiddelde wachttijd en de variantie hiervan met hierbij een geschikte verdeling zou hiervoor een nuttige ondersteuning kunnen bieden.

Deadlines afleveren import containers

Dit is belangrijk bij het bepalen van de volgorde van de te bezoeken terminals maar ook bij het bepalen welke containers een lichter mee moet nemen (als een container pas over 4 dagen aanwezig hoeft te zijn op CTT heeft deze minder prioriteit dan een container die al over 2 dagen aanwezig moet zijn).

Tijdblok waarin een container kan worden opgehaald / afgeleverd zonder extra kosten

Een container mag typisch **n** dagen voor de deadline worden afgeleverd zonder dat er een extra bedrag moet worden bepaald. Hetzelfde geldt voor het ophalen van een container dit mag een typisch **n** dagen nadat een container beschikbaar is om op te halen.

Dit is van belang om te bepalen welke containers er mee moeten worden genomen met een lichter. Maar ook om te bepalen in welke volgorde de terminals moeten worden bezocht. Als een bepaalde container pas over 4 uur mag worden geleverd bij een terminal om geen extra kosten op te lopen, is het misschien beter om eerst de andere terminals te bezoeken.

Extra kosten voor het te laat ophalen of te vroeg neerzetten van een container

Het is van belang om te weten wat het precies kost als een container buiten het tijdblok wordt opgehaald of afgeleverd, dan kan er in bepaalde situaties worden beslist of het efficiënter is om niet binnen dit tijdblok een container te leveren of op te halen.

5.2 Databronnen

In deze paragraaf zullen we uitgebreid de verschillende (nuttige) databronnen binnen en buiten CTT bekijken. Dit kan ons helpen om er achter te komen of we bepaalde informatie die ons zou kunnen helpen bij het plannen over het hoofd zien.

5.2.1 Interne databronnen

We zullen in deze paragraaf de databronnen behandelen binnen CTT. Daarmee bedoelen we databronnen waarbij de data lokaal wordt opgeslagen.

Modality

Dit is logistieke software voor de container transport sector. Dit is een intern systeem dat op de computers van CTT staat, waarin allerlei informatie over de containers wordt bijgehouden, zowel de customer service afdeling als de planners maken gebruik van dit systeem.

Het grootste deel van de orders komt binnen via e-mail, de medewerkers van customer service voeren dit handmatig in het systeem in.

Modality is tevens de link tussen de lichterplanning en de truckplanning. Dat wil zeggen dat wanneer de lichterplanners zien dat een container niet met een lichter mee kan op transport, dat ze deze container op “Trucking” in het systeem kunnen zetten en dan weet de truckplanning dat zij deze container moeten vervoeren. Ook kan er door de lichterplanners in het systeem worden aangegeven wanneer bepaalde containers klaar staan voor verder transport met de vrachtwagens.

Insight

Dit is een intern systeem dat CTT heeft laten maken door het bedrijf NexusZ, in dit systeem wordt zoveel mogelijk nuttige informatie voor de planners verzameld. Hierin is onder andere een kaart met de positie van de binnenvaartschepen die worden ingehuurd door CTT te volgen, maar ook de positie van overige containerschepen en van de trucks.

In dit systeem worden ook een aantal KPI's berekend zoals gemiddelde wachttijd voor elke terminal en de gemiddelde afhandelings tijd per container voor elke terminal.

5.2.2 Externe databronnen

In deze paragraaf zullen we databronnen behandelen van buiten CTT. Daarmee bedoelen we databronnen waarbij de data extern moet worden verkregen (dit is in de meeste gevallen via internet).

Portbase

Dit is een extern systeem dat alle terminals verplicht zijn te gebruiken. Hierin worden alle containers met daarin de gegevens over de inhoud, aankomsttijd en bestemming (terminal) ingevoerd.

Terminal Portals

Behalve portbase hebben de meeste terminals zelf ook nog een ICT systeem waar de status van de containers kan worden getoond. dit is vaak beter up-to-date dan Portbase. Zo kan het zijn dat de container nog moet worden gecontroleerd door de douane of dat de er eerst nog een factuur moet worden betaald door de klant voordat de container op transport kan, dit moeten de planners uit deze portals halen.

Terminal Operators

De medewerkers van de terminals in Rotterdam zijn ook een belangrijke bron van informatie, afspraken met de terminals worden vaak via de telefoon of e-mail gemaakt. Maar ook wordt er vaak geprobeerd te achterhalen hoe druk het op een bepaald moment bij een terminal is via persoonlijke communicatie.

Google Maps

Met behulp van Google Maps kunnen de afstanden tussen de verschillende terminals binnen Rotterdam worden bepaald, dit kan nuttig zijn omdat hiermee de reistijd kan worden berekend. Dit lukt niet met alleen de historische GPS gegevens, omdat er hiervoor simpelweg te veel mogelijke routes binnen Rotterdam zijn en te weinig historische reizen zijn opgeslagen.

AIS gegevens

AIS (Automatic Identification System) is een systeem aan boord van dat schepen van een bepaalde grootte aan boord dienen te hebben. Dit systeem verstuurt onder andere GPS informatie en informatie over de snelheid van het schip via een VHF zender. CTT heeft zelf een ontvanger hiervoor op het dak en verwerkt deze informatie in Insight. Deze gegevens kunnen echter ook online worden opgehaald via bijvoorbeeld: <http://www.marinetraffic.com/nl/>.

5.3 Direct beschikbare data

We zullen in deze paragraaf de data die nuttig kan zijn voor het verbeteren van de planning en direct beschikbaar is (intern of extern) analyseren.

Deze paragraaf is verwijderd uit de openbare versie van het verslag vanwege de concurrentiegevoelige data die deze paragraaf bevat.

5.4 Te bewerken data

In deze paragraaf analyseren we de data eerst moet worden bewerkt voordat deze kan worden gebruikt bij het maken van een planning. Vervolgens beschrijven we de methode waarmee deze data kan worden bewerkt en wat het resultaat van deze bewerking is.

Deze sectie is verwijderd uit de openbare versie van het verslag vanwege de concurrentiegevoelige data die deze sectie bevat.

5.5 Data die nog niet wordt bijgehouden

In deze paragraaf bekijken we welke data die nuttig kan zijn voor het verbeteren van de planning nog niet wordt bijgehouden in de database.

5.5.1 Wachtijd per terminal

Wachtijd is een belangrijke variabele die op dit moment nog niet wordt bijgehouden. Dit zou in de toekomst bijvoorbeeld kunnen worden bijgehouden door de schipper bij te laten houden hoelang er tussen de aankomst bij een terminal en het laden en lossen zit. Of door een sensor te installeren op de lichters die een signaal doorgeeft op het moment dat er iets met de lading van de lichter verandert.

Het bijhouden heeft behalve het verbeteren van de planning ook andere toepassingen. Zo zouden we door dit bij te houden een beter overzicht kunnen krijgen van de kosten per terminal en zo kunnen we het aantrekkelijker maken voor de klanten om voor beter presterende terminals te kiezen (door dit goedkoper te maken) en minder aantrekkelijk maken om voor slecht presterende terminals te kiezen voor hun vervoer (door dit duurder te maken).

5.5.2 Moment dat een order binnen komt

Door het moment bij te houden dat een order binnen komt kunnen we bepalen hoeveel dagen van tevoren (voor de 'pick-up' of 'closing' deadline) een order met bepaalde karakteristieken (een bepaald aantal containers en een bepaalde bestemming of pick-up terminal) gemiddeld binnen komt.

Aan de hand van deze historische data is het mogelijk om een uitspraak te doen over de kans dat er een order binnen komt voor een bepaalde terminal binnen een bepaald tijdsinterval. Deze informatie kan gebruikt worden om een betere planning te maken. Als we bijvoorbeeld weten dat er een grote kans is dat er binnen een kort tijdsinterval een groot aantal containers voor terminal A binnen komt is het misschien verstandig om het bezoek aan terminal A even uit te stellen.

Het moment dat een order binnen komt kan eenvoudig in de database worden bijgehouden en dit is reeds geïmplementeerd, er is echter nog onvoldoende data beschikbaar om hier iets mee te doen.

5.5.3 Veranderingen van orders

Door bij te houden wanneer een order verandert en wat er precies veranderd is het in de toekomst mogelijk om veel meer te zeggen over de zekerheid van bepaalde orders en is het makkelijker om onbetrouwbare klanten te identificeren.

Sinds kort worden de orderregels van orders die worden veranderd bewaard. Dit is echter erg onoverzichtelijk en moeilijk te interpreteren. Een manier waarop dit beter en overzichtelijker zou kunnen is door wanneer er een orderwijziging het systeem binnen komt in een aparte tabel enkele gegevens over deze verandering bij te houden:

- Type verandering (Verandering aantal containers/verandering inhoud containers/verandering pick-up terminal/ etc.)
- Oude gegevens
- Nieuwe gegevens
- Naam klant
- Moment van verandering
- Pick-up date of closing date van order (dit is de deadline waarop een order moet worden opgehaald of afgeleverd)

Door deze gegevens in een aparte tabel bij te houden is het een stuk makkelijker om hier analyses op uit te voeren. Met de huidige manier van opslaan is het moeilijk om te achterhalen wat er precies veranderd is en is het erg lastig om hier een duidelijke en betrouwbare analyse op uit te voeren.

6 Samenvatting en conclusie

In dit hoofdstuk zullen we de gevonden data kort samenvatten en zullen we een conclusie trekken met betrekking tot het implementeren van deze data in een planningsmodel.

6.1 Samenvatten van geanalyseerde data

In deze paragraaf zullen we een overzicht geven van de verschillende soorten data die we in dit hoofdstuk hebben gevonden, hoe we deze data kunnen gebruiken en welke data er nog niet beschikbaar is.

6.1.1 Containerdruk

Nut: De containerdruk kan de planners een goed overzicht geven van het aantal containers dat in en uit elke terminal moet komen op een bepaald moment.

Beschikbaarheid: De containerdruk is op dit moment al beschikbaar in de database, dit moet echter zelf nog via Excel visueel gemaakt worden.

Mogelijkheden voor de toekomst: De containerdruk zou eventueel door een ICT systeem automatisch kunnen worden gevisualiseerd.

6.1.2 Verwachte reistijden tussen de terminals in Rotterdam

Nut: De reistijden tussen de terminals in Rotterdam zijn van belang voor het bepalen van de volgorde waarin terminals moeten worden bezocht. Ook zijn deze reistijden van belang voor het maken van afspraken met de terminals, dit is nodig om te bepalen wanneer een lichter bij een bepaalde terminal kan zijn.

Beschikbaarheid: Op dit moment zijn alleen de afstanden tussen de terminals beschikbaar (zie de graaf in paragraaf 5.3.2). De reistijden kunnen worden bepaald nadat er is gekeken wat de gemiddelde snelheid in bepaalde gebieden is.

Mogelijkheden voor de toekomst: Door te kijken naar historische snelheden in de haven van Rotterdam kan er worden bepaald hoelang de reistijd tussen alle terminals is. Deze reistijden kunnen vervolgens in het planningssysteem worden geïmplementeerd.

6.1.3 Gemiddelde afhandelings tijd per container voor elke terminal

Nut: De gemiddelde afhandelings tijden moeten worden geïmplementeerd in het planningsmodel om tot een realistische planning te komen. Ook kunnen we hiermee vergelijken hoe snel elke terminal werkt en kunnen we hiermee beter de kosten van een bepaalde terminal bepalen. Deze kosten zouden we eventueel kunnen doorrekenen aan de klanten zodat er een incentive is om voor een efficiëntere terminal te kiezen.

Beschikbaarheid: De afhandelings tijd per container is op dit moment beschikbaar in Insight. Dit is echter inclusief de wachttijd en dus niet altijd heel nauwkeurig.

Mogelijkheden voor de toekomst: Door de wachttijd en afhandelings tijd apart bij te houden, bijvoorbeeld door het moment te registreren dat er wordt begonnen met laden of lossen, kan er een preciezere afhandelings tijd worden bepaald.

6.1.4 Orderkarakteristieken

Nut: Voor het testen van de effectiviteit van een bepaald planningsmodel is het nuttig om een grote hoeveelheid data te hebben. Om niet afhankelijk te zijn van historische data (die soms vervuild of incompleet is) is het handig om data te kunnen simuleren aan de hand van bepaalde parameters. Op deze manier kan het

model op grote schaal getest worden en kan er makkelijker een statistisch significante uitspraak over de effectiviteit van het model worden gedaan.

De data over de orderkarakteristieken kunnen ook van tactisch of strategisch belang zijn voor de bedrijfsvoering. Als bijvoorbeeld blijkt uit deze data dat er veel tijd en moeite wordt gestoken in het contact met een bepaalde klant of terminal die meer voor een heel klein deel van de omzet zorgt, kan er bijvoorbeeld voor worden gekozen om geen orders meer via deze terminal of van deze klant aan te nemen.

Beschikbaarheid: Er zijn al veel gegevens over de order beschikbaar via de database, dit moet echter nog wel via Excel inzichtelijk worden gemaakt. Het moment dat een order binnen komt werd echter nog niet bijgehouden. Hierdoor kan nog geen analyse worden gemaakt van bepaalde orderkarakteristieken zoals het aantal dagen van tevoren dat een order binnenkomt en de variantie hiervan.

Mogelijkheden voor de toekomst: Het moment dat een order binnen komt wordt al enige tijd bijgehouden en hier zijn in de toekomst dus nog wat meer karakteristieken uit af te leiden. Een ander nuttige toepassing voor de toekomst zou zijn om bepaalde tactische/strategische informatie gemakkelijk inzichtelijk te maken in Insight. Dit kan worden gerealiseerd door bijvoorbeeld grafisch weer te geven welke hoeveel procent van de orders via welke terminals gaan of hoeveel procent van de omzet elke klant genereert.

6.1.5 Verwachten reistijden tussen Hengelo en Rotterdam

Nut: De reistijd tussen Hengelo en Rotterdam kan worden gebruikt in het planningsmodel om te bepalen wanneer een lichter ergens aankomt. Ook willen we kijken wat de variantie hiervan is zodat we bijvoorbeeld kunnen zeggen dat met 95% zekerheid een lichter binnen een bepaald tijdsinterval binnenkomt.

Beschikbaarheid: De reistijden zijn niet direct beschikbaar maar kunnen uit de GPS data worden gehaald, dit is echter nog behoorlijk tijdsintensief. Ook kunnen de planners in Insight een verwachte aankomsttijd van de lichter zien die wordt berekend aan de hand van historische gegevens. Er wordt echter niets opgeslagen over de oorzaak van mogelijke vertragingen.

Mogelijkheden voor de toekomst: Het zou nuttig zijn om in de toekomst een aparte tabel 'reizen' in de database aan te maken waarin reizen worden opgeslagen. Hierin zou kunnen worden opgeslagen hoelang de reis heeft geduurd en de oorzaak en duur van eventuele vertragingen. Ook zou de verwachte aankomsttijd zoals de planners deze in Insight te zien krijgen kunnen worden verbeterd door deze verwachting steeds aan te passen aan de huidige positie van de lichter.

6.1.6 Invloeden op reisduur

Nut: Door de correlatie van bepaalde invloeden op de reisduur te bepalen is het mogelijk om een nauwkeurigere reisduur te bepalen en te implementeren in het planningsmodel. Hiermee wordt de planning dus ook preciezer.

Beschikbaarheid: De correlaties tussen bepaalde factoren en de reisduur is niet direct beschikbaar, maar is te bepalen met behulp van de historische reistijden en data uit enkele externe bronnen.

Mogelijkheden voor de toekomst: De meeste factoren die we hebben gecontroleerd konden niet aantoonbaar worden gecorreleerd aan de reistijden. Alleen de dag in de week waarin de lichter vertrekt had nog wel enige correlatie, deze kan dan ook worden verwerkt in het planningsmodel.

6.1.7 Wachtijd per terminal

Nut: Veel van de huidige problematiek met de planning wordt veroorzaakt door wachtijd bij terminals. Het is dus van belang om dit te verwerken in het planningsmodel. Ook kan eveneens als bij de afhandelingstijd een

overzicht van de wachttijden per terminal worden gebruikt om een beter inzicht te krijgen in de kosten per terminal en om dit eventueel door te rekenen naar de klanten, dit bevordert de efficiëntie.

Beschikbaarheid: Wachttijden zijn op dit moment eigenlijk nog niet beschikbaar. We weten wel hoe lang een lichter bij een terminal heeft gelegen, maar niet hoeveel tijd hiervan is besteed aan laden en lossen en hoeveel tijd aan het wachten.

Mogelijkheden voor in de toekomst: Zoals ook al bij afhandelingstijd is genoemd zou het in de toekomst nuttig zijn om de afhandelingstijd (laden/lossen) apart bij te houden van de wachttijd. Dit kan worden gedaan door bijvoorbeeld een sensor te laten registreren wanneer er iets met de lading gebeurt. Dit kan vervolgens eventueel nog worden gecorreleerd aan bepaalde factoren en worden geïmplementeerd in het planningsmodel.

6.1.8 Veranderingen van orders

Nut: Door bij te houden wat er verandert aan bepaalde orders is het mogelijk om hier trends in te ontdekken en om hier op in te spelen bij het maken van de planning. Zo zou het bijvoorbeeld zo kunnen zijn dat een bepaalde klant (bijna) altijd op het laatste moment tien extra containers boekt, dit dan worden meegenomen in het planningsmodel.

Beschikbaarheid: Sinds kort worden de oude orderregels opgeslagen wanneer er iets verandert (eerder werden de oude orderregels veranderd door de nieuwe). Dit geeft echter nog geen erg duidelijk overzicht, het is moeilijk om te analyseren wat er nou precies verandert voor elke order.

Mogelijkheden voor in de toekomst: Door een aparte tabel te maken waarin de veranderingen van orders worden opgeslagen is het een stuk makkelijker om hier trends in te ontdekken. Dit kan vervolgens worden geïmplementeerd in het planningsmodel door bijvoorbeeld elke order een bepaalde kans te geven waarmee deze order doorgaat.

6.2 Conclusie

Er kan uit voorgaande paragraaf worden geconcludeerd dat er nog een hoop mogelijkheden zijn voor verbetering, maar ook dat er al veel data wel beschikbaar is die al kan worden geïmplementeerd in een planningsmodel.

De grootste mogelijkheden voor verbetering zijn op dit moment:

1. Het apart bijhouden van de wachttijden en de afhandelingstijden.
2. Het verbeteren van de verwachte aankomsttijd door deze vaker aan te passen aan de huidige positie van de lichter.
3. Het opslaan van historische reizen in een aparte tabel met daarbij de oorzaak en duur van mogelijke vertragingen.
4. Het opslaan van veranderingen van orders in een aparte tabel.
5. Het visualiseren van de containerdruk.
6. Het grafisch weergeven van bepaalde informatie over de orders.

In deze volgorde van prioriteit. De prioriteiten hebben we bepaald aan de hand van het verwachte (positieve) effect op de planning en de moeite die hier nog in moet worden gestoken om dit te realiseren. Hierbij zijn vooral nummer 1, 3 en 4 van belang voor het planningsmodel, nummer 2 en 5 zijn van belang voor het dagelijkse werk van de planners en nummer 6 is van tactisch/strategisch belang.

7 Implementatie

In dit hoofdstuk zullen we analyseren hoe we met de data die we hebben gevonden zouden kunnen implementeren in een planningsmodel.

7.1 Vergelijkbare planningsproblemen

Er zijn verschillende planningsproblemen in de literatuur die vergelijkbaar zijn met het probleem van CTT. We zullen in deze paragraaf het probleem weer opsplitsen in dezelfde twee fasen als in paragraaf 4.4. Hierbij is de eerste fase het bepalen hoeveel containers een lichter mee neemt naar elke terminal en hoeveel containers de lichter mee terug neemt naar CTT. De volgende fase is het bepalen van de volgorde waarin de terminals moeten worden bezocht.

7.1.1 Fase 1 van het planningsprobleem

De eerste fase van het planningsprobleem is enigszins vergelijkbaar met het “Vehicle Routing Problem” zoals is beschreven door (Christofides, 1976) in de literatuurstudie (paragraaf 3.2.3). Er zijn immers meerdere voertuigen en meerdere klanten waar goederen moeten worden geleverd binnen een bepaald tijdsinterval.

Hierbij is de gebruikte doelfunctie:

- D1. Vind de optimale route m.b.v. de beschikbare voertuigen waarmee aan alle vereisten wordt voldaan en de totale variabele kosten minimaal zijn.

Deze doelfunctie sluit ook goed aan bij de eerste fase van het planningsprobleem van CTT, er moet immers ten eerste aan alle vereisten worden voldaan (alle containers moeten op tijd worden geleverd) en vervolgens moeten de variabele kosten minimaal zijn. Hierbij wordt echter ook al de optimale route bepaald en dit probleem overlapt dus ook al met fase 2 van het planningsprobleem.

7.1.2 Fase 2 van het planningsprobleem

De tweede fase van het planningsprobleem is goed te vergelijken met het “Traveling Salesman Problem” zoals is beschreven door (Lin & Kernighan, 1973) in de literatuurstudie (zie paragraaf 3.2.3). Er is in deze fase immers al een aantal terminals bepaald die allemaal minimaal één keer moeten worden bezocht en het doel is eigenlijk om hierbij een zo efficiënt mogelijke route te genereren. Hierbij moet in plaats van afstand tussen de terminals reistijd en wachttijd worden gebruikt. Door deze reistijd en wachttijd te minimaliseren kan de optimale route worden gegenereerd.

7.2 Verwerken van data in een planningsmodel

In deze paragraaf zullen we kijken hoe alle data die we in voorgaande hoofdstukken hebben geanalyseerd, kan worden verwerkt in een Lineair Programmeringsmodel. We kiezen voor een LP model omdat hierin goed terug kan worden gezien hoe de data wordt gebruikt en dit volgens ons een realistische benadering is. In de literatuurstudie (paragraaf 3.2.2) staat een beschrijving van het lineair programmeren zoals beschreven door (Winston, 2004).

7.2.1 Formuleren van het LP model

In deze paragraaf beschrijven we hoe we te werk zijn gegaan bij het formuleren van het LP model.

Het criterium betrouwbaarheid zal als eerste mee worden genomen in ons LP model, dit doen we door de restricties zo te stellen dat de containers altijd op tijd moeten zijn. Vervolgens zal het criterium kosten mee worden genomen door de doelfunctie. We hebben ervoor gekozen om de doelfunctie in tijd uit te drukken

omdat dit de makkelijkste manier is om naar de kosten te kijken. We willen dus de som van de afhandelings tijd, de aanmeertijd en de wachttijd minimaliseren, dit is onze doelfunctie.

Verder is er een groot aantal beslissingen dat moet worden genomen: Welke terminals worden bezocht door welke lichten en op welk tijdstip? In welke volgorde worden deze terminals bezocht? Hoeveel containers nemen de lichten mee bij dit bezoek en hoeveel containers leveren zij af? Al deze beslissingen staan in de beslissingsvariabelen.

Het volledige model en een voorbeeld van de toepassing hiervan staan respectievelijk in bijlage 9.3.1 en 9.3.2.

7.2.2 Gebruikte data

In ons LP model maken we op verschillende manieren gebruik van de data uit voorgaande hoofdstukken. Hier zullen we nu een kort overzicht van geven.

- Afhandelings tijd per terminal op een bepaald tijdstip.
- Het aantal containers dat beschikbaar is vanaf een bepaalde terminal vanaf een bepaald tijdstip.
- Het tijdsinterval waarbinnen een bepaalde order moet worden afgeleverd of opgehaald.
- De reistijd tussen de terminals.

We hebben er hierbij voor gekozen om data die nog niet wordt bijgehouden nog niet in het model te implementeren. In een toekomstig model is het ook nuttig om de volgende data te gebruiken:

- De verwachte wachttijd bij een terminal.
- Onzekere orders (orders die met een bepaalde kans nog binnen kunnen komen).
- Kans dat een order door gaat.
- De invloed van welke dag in de week het is op de reistijd.

Wachttijd zou hierbij vrij gemakkelijk kunnen worden meegenomen in de doelfunctie. Dit kunnen worden gedaan door een hulpvariabele toe te voegen die aangeeft hoelang een lichter zal moeten wachten wanneer deze op een bepaald moment t aankomt bij een terminal. Deze data kunnen worden bepaald door te kijken naar historische wachttijden en gemaakte afspraken met terminals.

De kans dat een order door gaat en onzekere orders kunnen worden meegenomen door een hulpvariabele toe te voegen waarmee een getal tussen 0 en 100 wordt toegekend aan elke order, dit getal geeft aan hoe zeker het is dat de order door gaat. Vervolgens kan deze zekerheid worden gebruikt om

De invloed van de dag in de week op de reistijd kan worden geïmplementeerd door de reistijd ook afhankelijk te maken van het vertrekmoment.

8 Literatuur

- Christofides, Nicos. (1976). The vehicle routing problem. *RAIRO - Operations Research - Recherche Opérationnelle*, 10(V1).
- Douma, A. M., Schuur, P. C., & Schutten, J. M. J. (2011). Aligning barge and terminal operations using service-time profiles. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 23(4), 385-421. doi: 10.1007/s10696-011-9080-9
- Douma, A., Schutten, M., & Schuur, P. (2009). Waiting profiles: An efficient protocol for enabling distributed planning of container barge rotations along terminals in the port of Rotterdam. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(2), 133-148. doi: 10.1016/j.trc.2008.06.003
- Heerkens, Hans, & van Winden, Arnold. (2012). *Geen Probleem: Een aanpak voor alle bedrijfskundige vragen en mysteries*. Buren: Business School Nederland.
- Laporte, Gilbert. (1992a). The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(2), 231-247. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90138-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(92)90138-Y)
- Laporte, Gilbert. (1992b). The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(3), 345-358. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90192-C](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(92)90192-C)
- Lin, S., & Kernighan, B. W. (1973). An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem. *Operations Research*, 21(2), 498-516. doi: 10.2307/169020
- Oliveira, Carla, & Antunes, Carlos Henggeler. (2007). Multiple objective linear programming models with interval coefficients – an illustrated overview. *European Journal of Operational Research*, 181(3), 1434-1463. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.12.042>
- StadieSeifi, M., Dellaert, N. P., Nuijten, W., Van Woensel, T., & Raoufi, R. (2014). Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 233(1), 1-15. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.06.055>
- Winston, Wayne L. (2004). *Operations Research - Applications and Algorithms*. 4th edition, 50-126.
- Zamparini, L., Layaa, J., & Dullaert, W. (2011). Monetary values of freight transport quality attributes: A sample of Tanzanian firms. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1222-1234.

9 Bijlagen

9.1 Bewerkte data

Deze sectie is verwijderd uit de openbare versie van het verslag vanwege de concurrentiegevoelige data die deze sectie bevat.

9.2 LP model

9.2.1 Model

//Doelfunctie

Min Tijdsduur = Afhandelingstijd + Aanmeertijd + Reistijd + Capaciteit_gebruik

//Indices

B=1, 2, 3, 4 (barge)

I=1,2, ..., 28, 29 (terminal 1= CTT, 2=APM, Etc.)

T=0, 1, 2, 3, ..., 9998, 9999, 10000 (tijdstip, aantal minuten na eerste vertrek)

// beslissingsvariabelen

X_{itb} = 1 of 0 Wordt een terminal i bezocht op tijdstip t 1 = ja 0 = nee door barge b

V_{ijtb} = 1 of 0 Volgorde waarin terminals worden bezocht als terminal j na terminal i wordt bezocht is $V_{ijt} = 1$ met vertrektijd t door barge b

L_{ijtb} = Aantal containers meenemen van terminal i op voor terminal j op tijdstip t door barge b

S_{ijtb} = Aantal containers van terminal i brengen naar terminal j op tijdstip t door barge b

R_{itb} = Aantal containers op Barge b bij bezoek terminal i op tijdstip t

// Constanten

Y_{it} = Afhandelingstijd per container bij terminal i op tijdstip t

Z_{ijt} = Aantal containers beschikbaar vanaf terminal i voor terminal j vanaf tijdstip t

A_{ijt} = min. waarbinnen containers van i naar j beschikbaar op tijdstip t moeten worden geleverd.

P_{ijt} = min. waarbinnen containers van i naar j beschikbaar op tijdstip t mogen worden geleverd.

D_{ij} = Reistijd tussen terminal i en terminal j

// Hulpvariabelen

Z_{ijt} = [Array met beschikbare containers van i naar j op vertrekmoment t]

P_{ijt} = [Array met aantal min. waarbinnen containers mogen worden geleverd zonder extra kosten]

A_{ijt} = [Array met aantal min. waarbinnen containers moeten worden geleverd]

//Constraints

$$X_{itb} = 1 \text{ (} i = \text{startpositie barge } b, 0 \leq t \leq Y_{i0} * \sum_{j=1}^{\text{Aantal Terminals}} \sum_{t=0}^{10000} L_{ijtb} \text{)}^1$$

¹ Deze constraint zorgt ervoor dat op tijdstip nul de barge op de startpositie is (de startpositie is een input in het model).

Als $(X_{itb} = 1 \wedge i \neq \text{Startpositie barge} | i \in I, b \in B, t \in T) \rightarrow \exists j$

$$\in I \left(\left(V_{jit^*b} = 1 \left(t^* = t - D_{ji} - \text{Aanmeertijd} - \left(\sum_{j^*=1}^{28} L_{j^*itb} + S_{itb} \right) * y_{it} \right) \right) \wedge X_{jt^*b} \right. \\ \left. = 1 \left(t^* \leq t^{**} \leq t - D_{ij} - \text{Aanmeertijd} \right) \right)^2$$

$$L_{itb} (i = \text{startterminal van barge } b \in B) = \sum_{j=1}^{\text{Aantal Terminals}} \sum_{t=0}^{10000} (S_{ijtb}) (t = \text{vertrektijd 1e vertrek})^3$$

$$R_{i0b} = L_{i0b} (i = \text{startterminal})$$

$$R_{jtb} = \sum_{i=0}^{\text{Aantal Terminals}} \sum_{t=0}^t V_{ijt^*b} * (R_{it^*b} + L_{ijt^*b} - S_{ijt^*b}) | (j \in I, t \in T, b \in B)$$

$Z_{ijt^*} = Z_{ij0} - \sum_{t=0}^{t^*} L_{it} // \text{Aantal containers beschikbaar} = \text{containers beschikbaar op tijdstip 0 minus wat er reeds opgehaald is} + \text{aantal containers dat sindsdien beschikbaar is gekomen.}$

$$\text{Aanmeertijd} = \sum_{b=1}^4 \left(\sum_{i=1}^{\text{Aantal Terminals}} \sum_{j=1}^{\text{Aantal terminals}} \sum_{t=1}^{10.000} V_{ijtb} \right) * \text{Gem. Aanmeertijd}^4$$

$$\text{Afhandelings tijd} = \sum_{b=1}^4 \sum_{i=1}^{\text{Aantal Terminals}} \sum_{t=0}^{10.000} \sum_{j=1}^{\text{Aantal Terminals}} (L_{ijtb} + S_{ijtb}) * Y_{it}^5$$

$$\text{Reistijd} = \sum_{i=1}^{\text{Aantal Terminals}} \sum_{j=1}^{\text{Aantal terminals}} \sum_{t=0}^{1000} (V_{ijt} * D_{ij})^6$$

$R_{itb} \leq \text{Beschikbare capaciteit Barge (voor alle } i \in I, t \in T \text{ en } b \in B) // \text{Zorgt ervoor dat de capaciteit niet wordt overschreden.}$

$\sum_{b=1}^4 \sum_{t=t^*}^{t^*+A_{ijt^*}} S_{ijtb} \geq Z_{ijt^*} \text{ (voor alle } i \in I, j \in I \text{ en } t \in T) // \text{Zorgt ervoor dat de deadline altijd wordt gehaald}$

$$Z_{ijt}, L_{ijtb}, S_{ijtb} \geq 0$$

9.2.2 Voorbeeld

Input:

I=1 (CTT), 2 (CTT ROT), 3 (APM) (we maken gebruik van slechts drie terminals zodat het voorbeeld overzichtelijk blijft)

T=1,2,3...20.000 (seconden)

B=1 (Bontekoe) (We kijken slechts naar één lichter zodat het overzichtelijk blijft)

Beschikbare containers (voor het gemak gaan we ervan uit dat alles vanaf t=0 beschikbaar is).

$Z_{ijt} = \text{Aantal containers beschikbaar vanaf terminal } i \text{ voor terminal } j \text{ vanaf tijdstip } t$

$Z_{120} = 50$	$Z_{210} = 30$	$Z_{320} = 0$
----------------	----------------	---------------

² Deze constraint bepaald dat wanneer een barge op een bepaald tijdstip op een bepaalde terminal aanwezig is en deze terminal is niet de startterminal dan moet er een reis van een andere terminal naar deze terminal zijn geweest. (deze terminal zorgt ervoor dat er rekening wordt gehouden met de reistijd en aanmeertijd).

³ Deze constraint zorgt ervoor dat het aantal mee te nemen containers bij een bepaalde terminal gelijk is aan de som van het aantal af te leveren containers afkomstig van deze terminal.

⁴ De totale aanmeertijd wordt bepaald door het aantal gemaakte reizen te vermenigvuldigen met de gemiddelde aanmeertijd.

⁵ De totale afhandelings tijd wordt bepaald door voor elke terminal het aantal af te leveren en het aantal mee te nemen containers te vermenigvuldigen met de afhandelings tijd van de betreffende terminal.

⁶ De totale reistijd wordt bepaald door de reistijd van alle gemaakte reizen te sommeren.

$Z_{130} = 25$	$Z_{230} = 0$	$Z_{310} = 20$
----------------	---------------	----------------

Aantal min. Waarbinnen containers van terminal i bij terminal j moeten zijn (de lever deadline).

A_{ijt} = min. waarbinnen containers van i naar j beschikbaar op tijdstip t moeten worden geleverd.

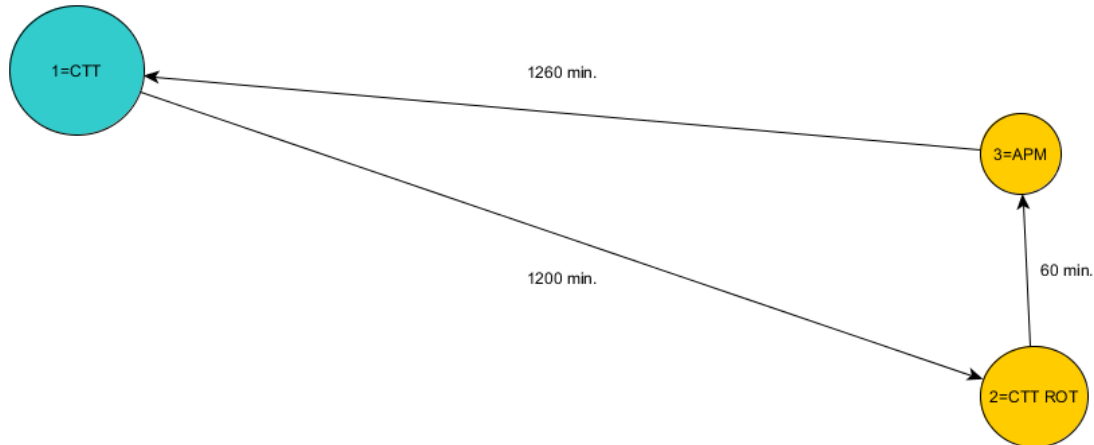
$A_{12} = 12.000$	$A_{21} = 4.000$	$A_{32} = 0$
$A_{13} = 14.000$	$A_{23} = 0$	$A_{31} = 6.000$

Afhandelings tijden: Y_{it} = Afhandelings tijd per container bij terminal i op tijdstip t

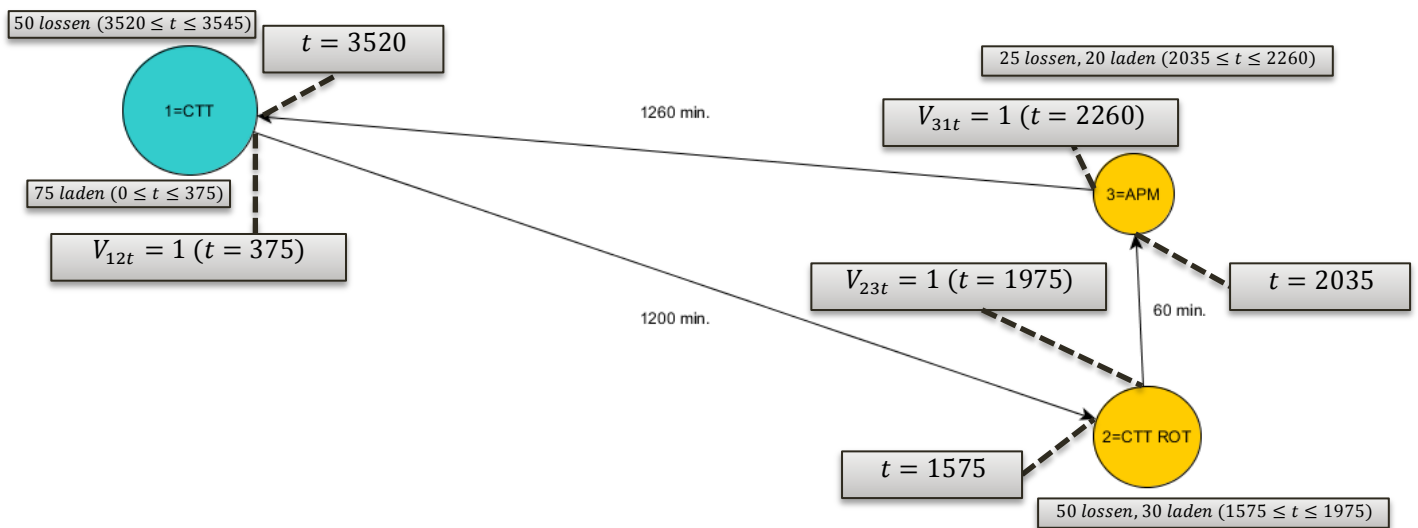
$Y_{1t} = 5$ voor alle $t \in T$	$Y_{2t} = 3$ voor alle $t \in T$	$Y_{3t} = 7$ voor alle $t \in T$
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Aanmeertijd = 0 min. (om de output simpel te houden)

Beschikbare capaciteit = 75 containers.



Output:



L_{ijtb} = Aantal containers meenemen van terminal i op voor terminal j op tijdstip t door barge b

$L_{12t1} = 50$ ($t = 375$)	$L_{21t1} = 30$ ($t = 1975$)
$L_{13t1} = 25$ ($t = 375$)	$L_{31t1} = 20$ ($t = 2260$)

S_{ijtb} = Aantal containers van terminal i brengen naar terminal j op tijdstip t door barge

$S_{12t1} = 50$ ($t = 1575$)	$S_{21t1} = 30$ ($t = 3520$)
$S_{13t1} = 25$ ($t = 2035$)	$S_{31t1} = 20$ ($t = 3520$)

R_{tb} = Aantal containers op Barge b op tijdstip t

$R_{t1} = 0 \ (0 \leq t < 375)$	$R_{t1} = 55 \ (1975 \leq t < 2260)$
$R_{t1} = 75 \ (375 \leq t < 1975)$	$R_{t1} = 50 \ (2260 \leq t < 3545)$

$X_{itb} = 1$ of 0 Wordt een terminal i bezocht op tijdstip t door barge b: $1 = \text{ja}$, $0 = \text{nee}$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{t=0}^{20.000} \sum_{j=1}^3 (L_{ijt1} + S_{ijt1}) * Y_{it}. \\
 &= (75 + 50) * 5 \text{ min.} + (30 + 50) * 3 \text{ min.} + (20 + 25) * 7 \text{ min} \\
 &= 625 \text{ min.} + 240 \text{ min.} + 385 \text{ min.} \\
 &= 1.250 \text{ minuten}
 \end{aligned}$$

$X_{1t1} = 1$ $(0 \leq t \leq 375 \vee t \geq 3520)$	$X_{2t1} = 1$ $(1575 \leq t \leq 1975)$	$X_{3t1} = 1 \ (2035 \leq t \leq 2260)$
$X_{1t1} = 0 \ (375 < t < 3520)$	$X_{2t1} = 0$ $(t < 1575 \vee t > 1975)$	$X_{3t1} = 0$ $(t < 2035 \vee t > 2260)$

$$\text{Aanmeertijd} = \left(\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{t=0}^{20.000} V_{ijt1} \right) * \text{Gem. Aanmeertijd} = 3 * 0 \text{ minuten} = 0 \text{ minuten}$$

Afhandelingstijd

$$\text{Reistijd} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{t=0}^{20.000} (V_{ijt} * D_{ij}) = 1 * 1.200 \text{ min.} + 1 * 60 \text{ min.} + 1 * 1.260 \text{ min.} = 2.520 \text{ minuten}$$

Doelfunctie waarde:

$$\begin{aligned}
 \text{Min Tijdsduur} &= \text{Aanmeertijd} + \text{Afhandelingstijd} + \text{Reistijd} \\
 &= 0 \text{ minuten} + 1.250 \text{ minuten} + 2.520 \text{ minuten} = 3.770 \text{ minuten.}
 \end{aligned}$$

9.3 Kritische zelfreflectie

In deze bijlage zal ik proberen bondig te reflecteren op mijn bacheloropdracht. Ik zal beschrijven hoe ik deze opdracht heb ervaren en wat ik heb geleerd. Ik zal eerst even beginnen met hoe ik bij CTT terecht ben gekomen.

Ik ben begonnen met het zoeken van een bacheloropdracht via Integrand (een stichting gerund door studenten die bedrijven en studenten probeert te koppelen), maar hier waren eigenlijk vooral erg bedrijfskundige opdrachten en ik zocht toch echt meer iets technisch (en het liefst iets wiskundigs). Toen ben ik via een docent bij Martijn Mes gekomen die gelukkig nog wel iets voor mij wist. Uit een tweetal gesprekken bij CTT is toen een onderzoeksvoorstel gekomen waar iedereen wel tevreden mee was en ik kon direct aan de slag.

Er was al eerder een onderzoek gedaan naar de planning van CTT door een masterstudent, maar het resultaat hiervan bleek toch niet helemaal bruikbaar omdat er met te weinig variabelen rekening werd gehouden. Het idee van mijn opdracht was daarom om eens goed te gaan kijken naar alle data die beschikbaar en nuttig is voor de planning en om deze in kaart te brengen, zodat hierna eventueel Arturo Pérez (een PhD aan de Universiteit Twente) een planningsmodel voor CTT zou kunnen maken.

Eenmaal aan de slag bij CTT was het eerste waarmee ik ben begonnen het maken van een tijdsplanning. Ik vond het erg moeilijk om al van te voren te bedenken wat er precies moest gebeuren. Dit ging voor de eerste weken nog wel goed, maar na enkele weken bleken er toch andere dingen te moeten gebeuren dan op de planning stonden en bleef ik te lang vastzitten op sommige punten. Ik vond het dan ook erg lastig om in één keer alleen te werken, tijdens mijn studie waren de projecten eigenlijk altijd in groepsverband. Wanneer ik alleen werk heb ik soms te neiging om me ergens te snel helemaal in te verdiepen en raak ik het overzicht een beetje kwijt. Gelukkig had ik een goede steun aan Maurice (mijn begeleider bij CTT) die mij als ik vast zat vaak wel weer verder kon helpen.

Doordat ik samen met de lichterplanners aan tafel zat kreeg ik al gauw goed door hoe de planning in zijn werk ging. De planners hebben mij het proces laten zien en ik kreeg vanzelf veel mee van de dagelijkse problemen. Hierbij was het ook erg nuttig om te zien hoe planners veel impliciete informatie gebruiken bij het maken van beslissingen, deze kennis/ervaring heb ik zoveel mogelijk proberen te achterhalen door hier vragen over te stellen en door dit te observeren. Het was ook erg interessant om een keer op een kantoor te werken, dit heb ik hiervoor eigenlijk nooit gedaan. Het was soms wel moeilijk om me te concentreren in al het rumoer van het kantoor. Dit heb ik later opgelost door soms een dag in de bibliotheek te werken. Dit had ik eigenlijk al eerder moeten doen, want ik merkte dat ik op dit soort dagen veel effectiever kon werken. Desondanks was het wel erg nuttig om in het begin veel op kantoor te zitten, dan krijg je toch veel meer mee van wat er gaande is.

Tegen het einde van het onderzoek begon ik een beetje mijn motivatie een beetje kwijt te raken, ik was eindeloos in Excel aan het klooiën en ik had niet echt het idee dat ik nog verder kwam. Op dat moment ben ik op aanwijzing van Maurice begonnen met het opstellen van een planningsmodel. Dit gaf mij weer een goede motivatieboost omdat ik weer begon in te zien hoe wat ik deed in de praktijk voor verbetering zou kunnen zorgen (ook al was het model zelf misschien nog niet uitvoerbaar in zijn huidige vorm) en ook omdat ik het ook echt leuk vond om aan dit model te werken. Dit lag dicht bij de wiskundige opdracht waar ik in het begin eigenlijk naar op zoek was.

Hierna had ik weer een wat beter inzicht in welke data nou echt nuttig is en hoe dit zou kunnen worden geïmplementeerd. In de laatste weken heb ik toen de data analyse afgemaakt. Hierbij heb ik wel wat problemen gehad met mijn eigen organisatie, ik had veel analyses gedaan in verschillende bestanden en alles stond her en der in verschillende mappen. Het heeft toen nog behoorlijk wat tijd gekost om alles gestructureerd samen te vatten in mijn verslag. Dit was een goed leermoment voor mij om in de toekomst

meer gestructureerd te werken. In deze laatste fase van mijn verslag had ik vooral hulp van Martijn Mes, die mij met zijn feedback steeds weer op het goede spoor wist te brengen en die veel structuuraanpassingen heeft ingebracht die het verslag weer een stuk overzichtelijker maakten.

Uiteindelijk heb ik toch een stuk langer gedaan over mijn bacheloropdracht dan de bedoeling was. Dit kwam mede doordat ik tijdens mijn bacheloropdracht nog behoorlijk wat tijd was aan de organisatie van een grote roeiwedstrijd in Enschede en tegelijkertijd zelf ook nog veel aan het roeien was, dit was soms moeilijk te combineren. Maar deze vertraging werd ook veroorzaakt ook doordat ik af en toe vast liep en aan het einde erg lang bezig was met het structureren van alles wat ik daarvoor allemaal had gedaan. In de toekomst zal ik proberen om beter op te letten of ik niet ergens te lang mee zit en zal ik eerder iemand anders om hulp vragen wanneer dit gebeurt of even ergens anders mee bezig gaan. Ook zal ik al direct in het begin tijd investeren in een goede duidelijke structuur, dit scheelt veel tijd aan het einde van het onderzoek.