WORDT
NIET UITGELEEND

NIET
UITLEEN-
BAAR

EIKELENBOOM
TRANSPORT SCHEDULING

Ten behoeve van	: Rijksuniversiteit Groningen, Vakgroep Informatica
Bedrijf	: Eikelenboom Internationale Transporten BV
Begeleider bedrijf	: Dhr. A. Eikelenboom
Begeleidende docenten	: Prof. Dr. Ir. L. Spaanenburg Drs. J.H. Jongejan Dr. R.J. Jorna
Afstudeerder	: Anand Motie

Afstudeerverslag, januari 1995.

Rijksuniversiteit Groningen
[illegible] Informatica / Rekencentrum
[illegible]
[illegible]
[illegible] AV Groningen

Inhoudsopgave

	Samenvatting		4
	Summary		5
1.	Inleiding		6
	1.1	Doel van het verslag	6
	1.2	Opzet van het verslag	6
2.	Eikelenboom Internationale Transporten BV		7
	2.1	Het bedrijf	7
	2.2	De organisatie	7
	2.3	De planningsafdeling	8
	2.4	Aanwezige systemen bij Eikelenboom	12
	2.5	Knelpunten bij het plannen	13
	2.6	Probleemstelling	14
3.	Theoretisch kader		15
	3.1	Algemene scheduling theorie	17
	3.2	Heuristieken	17
	3.2.1	Heuristieken in planning en scheduling	17
	3.2.2	Enkele prioriteitsregels	17
	3.3	Het handelsreizigersprobleem	18
	3.4	Vrachtvervoer-scheduling	19
	3.5	Ontwikkelmethoden	22
	3.5.1	KADS	22
	3.5.2	SEC	23
4.	Systeem wensen		23
	4.1	Gewenste situatie	23
	4.2	Eisen	23
5.	Oplossingen		25
	5.1	De regels bij het plannen	25
	5.1.1	Produkt randvoorwaarden	25
	5.1.2	Klant randvoorwaarden	26
	5.1.3	Randvoorwaarden voor het vervoerend materiaal	27
	5.1.4	Algemene randvoorwaarden	27
	5.1.5	Doelfunkties	28
	5.2	Route planning	29
	5.3	Vrachtvervoer-scheduling	29
	5.4	Het waarderen van wagens	30

5.5 Het rooster 30
5.6 De database 31
5.6.1 Produkten 31
5.6.2 Klanten 33
5.6.3 Het vervoerend materiaal 34

6. Het prototype 36
6.1 Plan strategieën 36
6.2 De interface 37
6.3 Nog te verrichten werkzaamheden 37

7. Conclusie 39

Dankwoord 40

Literatuurlijst 41

Bijlagen 42
A Het ontwerp in Data-Flow Diagrammen 42
B Onderhoudshandleiding 49

Samenvatting

De firma Eikelenboom Internationale Transporten BV vervoert vloeibare voedingsmiddelen door heel Europa. Het vervoert onder andere glucose, wijnen, vruchtesappen, alcohol, melk, spijsoliën en vetten voor zowel toeleveringsbedrijven als verwerkende industrieën.

Voor een verantwoord vervoer van de voedingsmiddelen moet met diverse eigenschappen ervan rekening worden gehouden. Een voorbeeld hiervan is: voor het vervoer van vetten is een verwarmingsinstallatie nodig, anders gaat het produkt stollen.

Naast de eigenschappen van de produkten moet er ook rekening gehouden worden met afspraken die er met klanten zijn gemaakt. Een voorbeeld hiervan is: lossen met één elektrische pomp, zodat de klant geen last van uitlaatgassen heeft.

Eikelenboom Internationale Transporten BV wil de planning van zijn vrachtwagens graag automatiseren omdat de huidige manier van plannen problemen begint te geven. Het planbord kan niet verder worden uitgebreid en het overzicht hiervan is niet goed. Ook is het voor de planners niet mogelijk om verder dan één dag vooruit te plannen, omdat het maken van een planning zo tijdrovend is.

Van het planningsprobleem bij Eikelenboom Internationale Transporten BV is de mogelijkheid tot automatiseren onderzocht. Hiervoor is literatuur geraadpleegd over schedulen en over het schedulen van vrachtvervoer in het bijzonder. Ook is onderzocht in hoeverre het handelsreizigersprobleem voor dit probleem van toepassing was.

De resultaten van dit onderzoek zijn zichtbaar gemaakt met een prototype. Het ontwikkelde prototype is niet geschikt om een bruikbare planning voor Eikelenboom te maken, maar geeft een goed beeld van hoe de planning ondersteund kan worden.

Het prototype heeft de direktie van Eikelenboom Internationale Transporten BV ervan overtuigd dat automatisering van hun planning mogelijk is. Zij zijn momenteel samen met collega vervoerders en de stichting Diskus bezig een constructie te bedenken om het projekt af te ronden.

Summary

The company Eikelenboom International Transports BV transports nutrients throughout Europe. They transport among other things glucose, wine, fruit juice, alcohol, milk, food oils and fats for processing industries

Various properties of the nutrients must be taken into account in order to transport them correctly. For example: a heating installation is needed for transporting fats, otherwise the product will clot.

Next to the properties of the products, the arrangements made with customers have to be taken into account. For example: unloading with an electrical pump is required when exhaust gases will cause problems.

Eikelenboom International Transports BV would like to computerize the planning of its trucks and trailers because the present way of planning is beginning to cause problems. The planboard can not be enlarged and is difficult to survey. Because the planning is very time consuming it is not possible to plan further in advance than one day.

The possibility to computerize the planning of Eikelenboom International Transports BV has been examined. To this purpose, literature about scheduling itself and scheduling of transport movement in particular has been consulted. Also is examined in how far the traveling salesman problem is applicable to this problem.

To illustrate the positive results of the examination, a prototype was made. The developed prototype is not suited to make a useful planning for Eikelenboom, but it gives a good image of how the planning can be supported.

The prototype convinced the management of Eikelenboom International Transports BV that a further automation of their planning is possible. Momentarily they are discussing with colleague transporters and the Diskus foundation to find a way to continue the project.

1 Inleiding

Dit verslag is gemaakt in het kader van het afstudeerprojekt van Anand Motie bij Eikelenboom Internationale Transporten B.V. te Bergen op Zoom. Het afstudeerprojekt werd uitgevoerd als afsluiting van de informatica studie aan de Rijks-universiteit Groningen en is begeleid door Prof. Dr. Ir. L. Spaanenburg, Drs. J.H. Jongejan en Dr. R.J. Jorna.

1.1 Doel van het verslag

Met dit verslag hoopt de afstudeerder inzicht te geven in het projekt dat hij heeft uitgevoerd. Dit enerzijds om aan te geven wat het projekt inhield en welke resultaten het heeft opgeleverd. Anderzijds hoopt de afstudeerder een duidelijke indruk te verschaffen in de werkwijze die hij heeft gevolgd tijdens de uitvoering van dit afstudeerprojekt.

1.2 Opzet van het verslag

Om de lezer van het verslag wat achtergrond informatie te verschaffen wordt in hoofdstuk 2 kort wat over het bedrijf, waar de afstudeerstage is uitgevoerd, verteld. In dit hoofdstuk wordt ook aangeven welke problemen Eikelenboom heeft. Aan het eind van het hoofdstuk wordt de probleemstelling vermeld.

In hoofdstuk 3 wordt schedulingstheorie behandeld. Er wordt uitgelegd waarom schedulingsproblemen moeilijk op te lossen zijn en op welke wijze zij kunnen worden aangepakt. Hierna wordt in hoofdstuk 4 duidelijk gemaakt hoe Eikelenboom tegen automatiseren aankijkt en wat zij van een geautomatiseerde planning verwacht.

In hoofdstuk 5 worden oplossingen voor het probleem gegeven en in hoofdstuk 6 wordt het gemaakte prototype besproken en wordt een lijst van nog te implementeren funkties en onderdelen gegeven. De resultaten van het projekt worden in hoofdstuk 7 besproken.

2 Eikelenboom Internationale Transporten BV

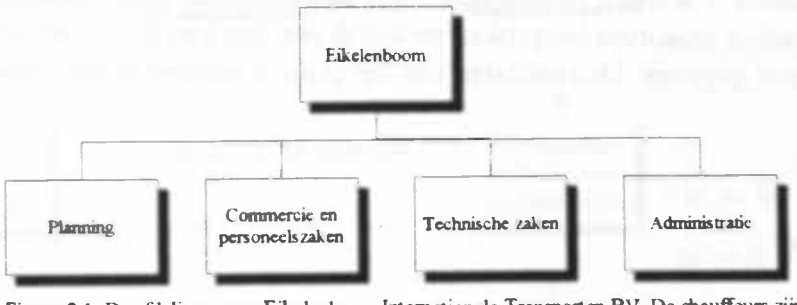
Om de lezer een indruk van Eikelenboom Internationale Transporten BV te geven wordt in dit hoofdstuk kort wat over het bedrijf verteld. De planningsafdeling van het bedrijf wordt uitgebreider behandeld. Hiervan worden de werkzaamheden besproken en tevens worden de knelpunten bij het maken van een planning op een rij gezet. Aan het eind van het hoofdstuk volgt de probleemstelling.

2.1 Het bedrijf

Eikelenboom Internationale Transporten BV is gevestigd in Amsterdam en Bergen op Zoom. Het heeft zich gespecialiseerd in het vervoer van vloeibare voedingsmiddelen voor zowel toeleveringsbedrijven als verwerkende industrieën. De meeste soorten voedingsmiddelen die het vervoert zijn: glucose, wijnen, vruchtesappen, alcohol, melk, spijsoliën en vetten. Deze moeten gezien worden als verzamelnamen want zij kunnen worden onderverdeeld. Zo is er bijvoorbeeld dikke stroperige glucose en dunne waterige glucose. Welke eigenschappen de verschillende voedingsmiddelen hebben en hoe ze vervoerd dienen te worden wordt later in het verslag behandeld.

Eikelenboom probeert zich op twee manieren van de concurrentie te onderscheiden. Allereerst door het bieden van een goede kwaliteit bij het vervoeren van de voedingsmiddelen. Ten tweede door het hebben van een flexibele planning. Zij zijn één van de weinige vervoersbedrijven die late opdrachten accepteren. De meeste transportbedrijven willen hun opdrachten ruim van tevoren hebben.

2.2 De organisatie



Figuur 2.1: De afdelingen van Eikelenboom Internationale Transporten BV. De chauffeurs zijn in dit schema niet opgenomen.

Eikelenboom Internationale Transporten BV is een familiebedrijf. Het bedrijf wordt bestuurd door vier broers, zij vormen de direktie en hebben elk één afdeling onder hun hoede. Er zijn vier afdelingen: planning, commercie en personeelszaken, technische zaken

en de administratie afdeling. De afdeling planning en de afdeling commercie en personeelszaken zijn gevestigd te Bergen op Zoom. Planning houdt zich bezig met het verdelen van opdrachten over vrachtwagens. De afdeling commercie en personeelszaken heeft twee taken. Enerzijds houdt zij zich bezig met het werven van klanten en het onderhouden van contacten met de klanten. Anderzijds met het aannemen van personeel en het dienen als aanspreekpunt voor de chauffeurs. De afdeling technische zaken is samen met de administratie gevestigd in Amsterdam. Technische zaken houdt zich bezig met het onderhoud en de aanschaf van het wagenpark. De afdeling administratie zorgt voor de financiën. De vier afdelingen zijn niet groot; de grootste afdeling bestaat uit 5 personen.

Naast deze 4 afdelingen heeft Eikelenboom natuurlijk ook de beschikking over chauffeurs. Zij worden in dit verslag echter niet tot de organisatie gerekend, maar worden vanuit het planningsoogpunt als beschikbare capaciteit gezien.

In Amsterdam heeft Eikelenboom een reinigingsinstallatie. Met deze installatie kunnen trailers van binnen gereinigd worden. Het beheer hiervan valt onder de afdeling technische zaken.

Voor het vervoer van de voedingsmiddelen heeft Eikelenboom momenteel de beschikking over 68 trekkers, 77 trailers en 75 chauffeurs. De trekkers, trailers en chauffeurs van Eikelenboom zijn verdeeld over drie standplaatsen: Amsterdam, Rotterdam en Bergen op Zoom. De reden hiervan is dat de grootste klant van Eikelenboom, Cargill, ook in deze steden is gevestigd. Deze klant is goed voor 40 % van de opdrachten van Eikelenboom.

2.3 De planningsafdeling

Er zijn vier planners, elk met een telefoon en een terminal. De planners zitten voor een groot planbord van ongeveer 7 meter breed. Op het planbord wordt bijgehouden welke opdrachten een vrachtwagen moet uitvoeren, hoe een vrachtwagen is samengesteld en wie de bestuurder is. Links van het planbord staan de dagen van de week en aan de bovenzijde van het planbord staan de trekkers, trailers en hun bestuurders (= vervoerscombinatie) vermeld. De vervoerscombinaties kunnen van samenstelling veranderen, daarom staan de trekkers, trailers en de chauffeurs op een apart kaartje.

	Klaassen	de Boer	Smid	Pietersen	Maas	Speelman	Goede		
	VB 12 AZ	VB 34 KD	BA 35 LN	BA 76 KV	VB 74 TL	VH 45 JN	VN 38 AA		
	Trailer 1	Trailer 2	Trailer 3	Trailer 4	Trailer 5	Trailer 6	Trailer 7		
ma									
di									
wo									
do			Amsterdam 2-1-95 8.00 Epe 2-1-95 16.00 20000 lt glucose 38						
vr									
za									
zo									

Figuur 2.2: Het planbord van Eikelenboom. Links de dagen van de week; boven elke kolom de samenstelling van een vervoerscombinatie en in het midden een voorbeeld van een opdracht (een rit van Amsterdam naar Epe).

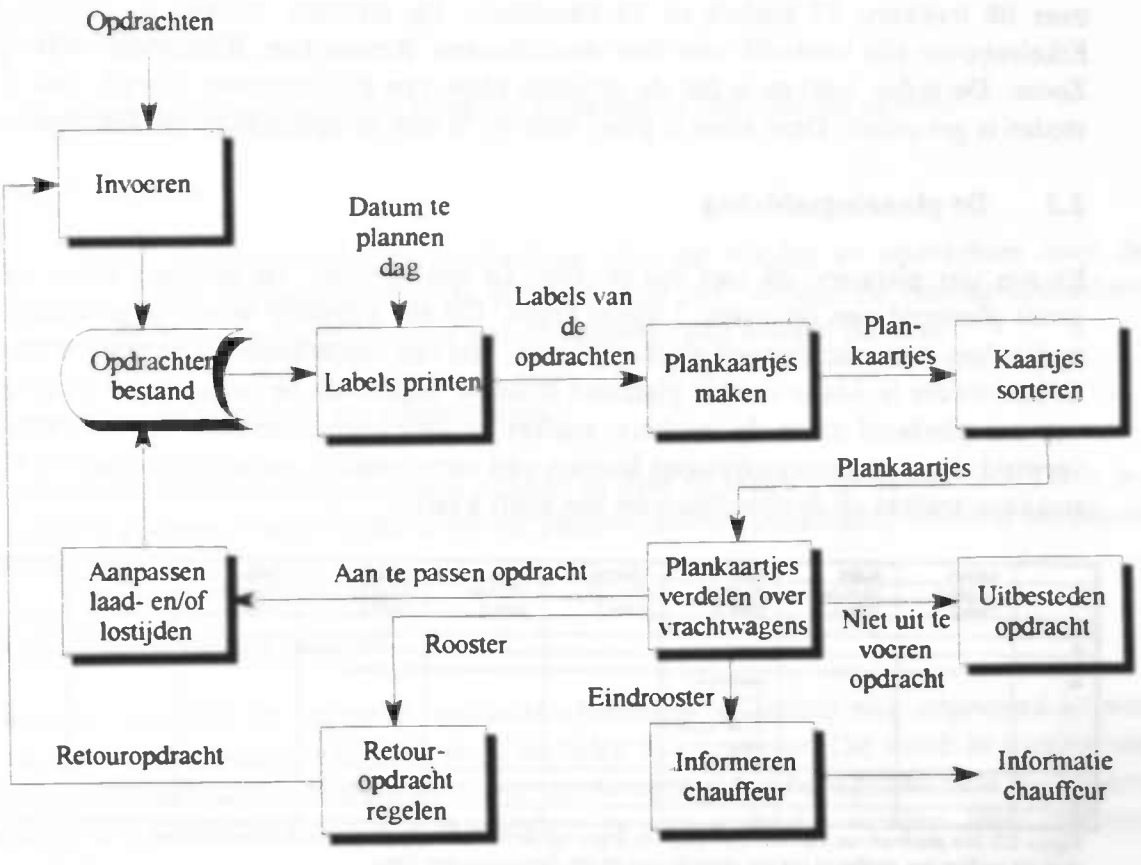
De opdrachten komen per telefoon, per fax of via de post binnen. Het merendeel komt via de fax binnen. De meeste opdrachten komen ruim op tijd binnen, zij zijn dan drie dagen of

langer bekend. Zo'n 20% komt echter een dag van te voren of op de dag zelf binnen. De opdrachten die op de uit te voeren dag binnenkomen zijn over het algemeen voor de middag, het gebeurt zelden dat een opdracht meteen uitgevoerd dient te worden.

Omdat er nog laat opdrachten binnen kunnen komen wordt er maar 24 uur vooruit gepland. De kans dat een aantal late opdrachten de planning omgooit is namelijk te groot. Er worden geen volledige dagen gepland; de dagtaak van de planners bestaat uit het maken van een planning voor de middag van de huidige dag en de morgen van de volgende dag. In het weekend zijn er weinig opdrachten en deze worden op vrijdag samen met de opdrachten voor de maandagmorgen gepland. De planners zijn dus in het weekend vrij.

Er is altijd een planner die opgepiept kan worden, dit om problemen (bv. ziekte of problemen met een wagen) te kunnen oplossen.

Hoe het plannen momenteel precies in zijn werk gaat wordt beschreven met behulp van de volgende grafische representatie (fig. 2.3):



Figuur 2.3: Overzicht van de huidige manier van plannen.

Uitleg

Opdrachten:

Dit zijn alle opdrachten die Eikelenboom Internationale Transporten BV van de klanten krijgt.

Datum te plannen dag:

Een datum die de planner zelf bepaalt. Met deze datum wordt aangegeven welke labels geprint dienen te worden.

Labels van de opdrachten:

Dit zijn labels van alle opdrachten, van de te plannen dag, die nog niet eerder zijn uitgeprint. Op de labels staat de naam van het produkt, de te vervoeren hoeveelheid en de laad- en losplaats.

Plankaartjes:

Dit zijn kaartjes die precies in het planbord passen. Op deze kaartjes zijn de uitgeprinte labels geplakt.

Aan te passen opdracht:

Een opdracht waarvan de laad- en/of lostijden moeten worden veranderd.

Niet uit te voeren opdracht:

Een opdracht die aan een collega vervoerder wordt uitbesteed.

Rooster:

Dit is een voorlopig rooster waarin nog niet alle problemen opgelost zijn.

Eindrooster:

Dit is het uiteindelijke rooster wat de planners hebben gemaakt. In dit rooster zijn alle opdrachten van de te plannen periode verwerkt.

Informatie chauffeur:

Dit is de informatie die een chauffeur van een planner krijgt. Hij krijgt zijn opdracht te horen en ook kan hij route informatie krijgen. De informatie wordt meestal telefonisch verstrekt.

Retouropdracht:

Dit is een opdracht die een planner via de telefoon heeft kunnen regelen. Deze opdracht was nodig om het leeg terugrijden van een vrachtwagen te voorkomen.

De processen

Invoeren:

Alle opdrachten die Eikelenboom Internationale Transporten BV krijgt worden ingevoerd in een administratie-programma. Van de opdrachten worden de laad- en lostijden, het soort produkt, de hoeveelheid en het laad- en losadres opgeslagen.

Labels printen:

Voordat men kan gaan plannen moet men labels van opdrachten printen. De planners doen dit met behulp van het administratie-programma. Het programma print alleen de labels van de ingevoerde datum uit. Bij herhaald printen van dezelfde serie opdrachten worden alleen de veranderde en nieuwe opdrachten uitgeprint.

Plankaartjes maken:

In dit proces worden de geprinte labels op zogenaamde plankaartjes geplakt.

Kaartjes sorteren:

Men sorteert de plankaartjes op opdrachten voor de middag en opdrachten voor de morgen. Als het opdrachten voor de volgende dag zijn, worden de middag-opdrachten opzij gelegd. Deze opdrachten zullen pas de volgende dag worden gepland.

Plankaartjes verdelen over de vrachtwagens:

Nadat de plankaartjes zijn gesorteerd worden zij over de vrachtwagens verdeeld. Dit is het eigenlijke plannen. Welke regels er bij het plannen worden gehanteerd wordt in hoofdstuk 4 besproken.

Aanpassen laad- en/of lostijden:

Wanneer men ziet dat bepaalde opdrachten (vanwege de tijden) niet uitgevoerd kunnen worden zal men proberen de laad- en/of lostijden aan te passen. Dit wordt in overleg met de klant gedaan. Hierna worden de tijden van de opdracht in het administratie programma aangepast. Opdrachten waar aanpassingen in zijn gemaakt worden later opnieuw uitgeprint.

Uitbesteden opdracht:

Opdrachten worden uitbesteed aan andere vervoerders wanneer het erg druk is, of wanneer het een opdracht in het buitenland is waar op dat moment geen vrachtwagen in de buurt is. Het is namelijk onrendabel om er leeg heen te rijden. Als het uitbesteden van een opdracht niet lukt moet deze gewoon worden uitgevoerd. Hij is immers al aangenomen. Met grote drukte kunnen er zodoende problemen ontstaan.

Informeren chauffeur:

De chauffeurs nemen geregeld contact op met de planners. Zij bellen altijd vanaf het laad- en het losadres en soms tijdens tussenstops onderweg. Via de telefoon krijgen zij hun nieuwe opdrachten te horen.

Vrachtwagens die vanuit een verre lokatie (bv. Spanje) leeg terug rijden en nog geen retouropdrachten hebben moeten dit langzaam doen en regelmatig contact opnemen met de planning, om te informeren of er niet een opdracht beschikbaar is gekomen.

Retouropdrachten regelen:

Voor opdrachten die ver weg zijn en waar geen retouropdracht voor beschikbaar is, proberen de planners retouropdrachten te regelen. Zij doen dit door collega vervoerders op te bellen om te vragen of zij niet een opdracht in die buurt hebben die de collega liever wil uit besteden, of door het bellen van klanten om te informeren of zij niet een geschikte opdracht hebben.

2.4 Aanwezige systemen bij Eikelenboom

Eikelenboom heeft 2 Unix-computers. Eén in Bergen op Zoom en één in Amsterdam. De computers zijn niet met elkaar verbonden. Op elk van deze computers zijn een aantal terminals en een laserprinter aangesloten en op iedere computer draait een administratie programma. Dit programma wordt naast administratie doeleinden ook door de planning gebruikt. Het programma wordt gebruikt om klantorders in te voeren, labels te printen en gegevens van klanten en chauffeurs op te zoeken. Tevens zijn in het programma alle produkten die Eikelenboom vervoert opgenomen. Alle gegevens kunnen op nummers of op naam worden opgevraagd. De administratieafdeling in Amsterdam maakt ook gebruik van het administratie programma, zij krijgt d.m.v. een tape de gegevens uit Bergen op Zoom.

Naast de Unix-computers heeft Eikelenboom ook nog een aantal PC's, hierop draaien tekstverwerkers, spreadsheets en een route planningsprogramma. Het route planningsprogramma heeft een database met alle steden en wegen van Europa. Het is in staat om uit te rekenen wat de snelste route van A naar B is en hoeveel tijd de reis in beslag neemt. Tevens kan het een kaart op het scherm laten zien. Het programma wordt voor twee doeleinden gebruikt: (1) voor de planningsafdeling om onbekende plaatsen op te zoeken;

(2) voor de administratieafdeling om te kijken hoeveel kilometers een vrachtwagen heeft afgelegd. Dit aantal wordt dan gebruikt voor de te versturen rekening.

2.5 Knelpunten bij het plannen

Eikelenboom heeft 68 trekkers, 77 trailers en 75 chauffeurs. Deze zijn allemaal verdeeld over een planbord. Het planbord beslaat nu een hele muur van ongeveer 7 meter. De huidige manier van plannen levert een aantal problemen op; deze kunnen we in 2 soorten onderverdelen. Allereerst overzichtsproblemen en ten tweede problemen die met het planningsproces zelf te maken hebben. Hieronder zijn deze problemen gegroepeerd:

Overzichtsproblemen:

- Een planner kan zittend hooguit tien kolommen van het planbord overzien. Om te plannen moet hij voor het planbord rondlopen en onthouden op welke lokatie de wagens zich nu bevinden, en wat zij vervoerd hebben. Momenteel zijn er dus 4 planners die voor het planbord rondlopen.
- Bij uitbreiding van het planbord zal er een tweede muur gebruikt moeten worden. Dit zal het overzicht zeker niet ten goede komen.
- Wanneer chauffeurs of klanten bellen is het lastig om meteen de desbetreffende opdracht te voorschijn te halen.
- Afspraken die met de klanten zijn gemaakt moet de planner memoriseren. Hij heeft hier geen hulpmiddelen voor.
- Het is via het administratie programma niet mogelijk om snel gegevens van een klant (zoals een telefoonnummer) op te zoeken.

Problemen in het planningsproces:

- Het maken van een goede planning kost veel tijd. De planners maken lange dagen. Dagen van 9.00 tot 19.00 uur zijn geen uitzondering. Het is in het verleden weleens voorgekomen dat er tot 22.00 uur doorgewerkt werd. De dag is voor de planners namelijk pas afgelopen nadat alle problemen zijn opgelost.
  Op dit moment valt het met de drukte mee, over het algemeen is men om ongeveer 18.00 uur klaar. Dit komt voornamelijk door de huidige economische situatie.
- Omdat het maken van een rooster veel tijd kost is het voor de planners niet mogelijk om een paar dagen vooruit te plannen. Hierdoor heeft men weinig overzicht over de hoeveelheid en de soort opdrachten die men over een paar dagen moet uitvoeren.
- Om snel te kunnen plannen moet de geografische kennis van een planner uitstekend zijn en moet hij afstanden goed kunnen schatten. Ook moet hij weten waar er vlot (grote wegen) doorgereden kan worden en waar niet (bijvoorbeeld smalle wegen in het zuiden van Spanje).

2.6 Probleemstelling

In de vorige 2 paragrafen is de planning van Eikelenboom besproken en zijn de knelpunten in de planning aangegeven, Eikelenboom wil deze knelpunten met behulp van een geautomatiseerd systeem proberen op te lossen. De knelpunten zijn in twee soorten verdeeld. Allereerst is er het grote planbord dat niet genoeg overzicht biedt en ook zijn er problemen met het te voorschijn halen van gegevens. Daarom de volgende probleemstellingen:

Probleemstelling 1:

> *Kan een elektronisch planbord het overzicht van het huidige planbord verbeteren?*

Probleemstelling 2:

> *Kan een interface en een database de toegankelijkheid van gegevens voor Eikelenboom verbeteren?*

De andere groep problemen hebben betrekking op het planningsproces zelf. Eikelenboom wil hier ook graag verbetering in brengen. Daarom de volgende probleemstelling:

Probleemstelling 3:

> *Hoe kan een geautomatiseerd systeem ondersteuning bieden bij het planningsproces van Eikelenboom Internationale Transporten BV?*

Hierbij is het de bedoeling dat de haalbaarheid van een oplossing voor de bovengenoemde probleemstellingen wordt aangetoond middels het maken van een prototype.

3 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt de theorie die bij dit projekt gebruikt is besproken. Er worden verschillende wijzen van aanpak voor het ondersteunen van schedulingsproblemen besproken en wat de moeilijkheden bij het maken van een rooster zijn. In paragraaf 3.4 worden algemene richtlijnen die specifiek voor vrachtvervoer scheduling gelden gegeven. Hoe de theorie van dit hoofdstuk is toegepast volgt in hoofdstuk 5.

3.1 Algemene scheduling theorie

Ter ondersteuning van planningstaken zijn in het verleden verschillende computersystemen gemaakt, deze worden gewoonlijk als volgt geclassificeerd (Gomes 1993a):

1. op OR gebaseerde systemen
   a) optimale systemen
   b) heuristieke systemen
2. kennissystemen

De optimale systemen (1a) garanderen de beste oplossing (als er een oplossing is) voor het probleem doordat het hele oplossingsgebied wordt onderzocht. Theoretisch is het aantoonbaar dat sommige problemen 'onhandelbaar' zijn. Dit wil zeggen dat er voor dit soort problemen geen algoritme is dat het probleem op een efficiënte manier kan oplossen. Een algoritme is efficiënt als de tijd die het kost om het algoritme uit te rekenen polynomiaal afhankelijk is van de grootte van de invoer; dit wordt de 'tijdcomplexiteit' van het algoritme genoemd (Johnson 1979, French 1982). Voorbeelden van polynomiale tijdscomplexiteitsorden zijn: $O(N^2)$, $O(N^3)$, $O(N^{10})$. Van onhandelbare problemen wordt gezegd dat deze een exponentiële tijdscomplexiteit hebben. Deze definitie omvat ook de problemen waarvan men zou zeggen dat deze geen exponentiele tijdscomplexiteit hebben. Bijvoorbeeld: $O(N!)$.
Hieronder staat een tabel waarin aangegeven is hoe de verschillende tijdscomplexiteitsfuncties zich ten opzichte van elkaar verhouden.

Tijdscomplexiteit functie	n = 10	n = 20	n = 30	n = 40	n = 50	n = 60
n	0.00001 sec	0.00002 sec	0.00003 sec	0.00004 sec	0.00005 sec	0.00006 sec
n^2	0.0001 sec	0.0004 sec	0.0009 sec	0.0016 sec	0.0025 sec	0.0036 sec
n^3	0.1 sec	3.2 sec	24.3 sec	1.7 min	5.2 min	13 min
n^{10}	2.7 uur	118.5 dagen	18.7 jaar	3.3 eeuwen	30.9 eeuwen	192 eeuwen
2^n	0.001 sec	1.0 sec	17.9 min	12.7 dagen	35.7 jaar	366 eeuwen
3^n	0.59 sec	58 min	6.5 jaar	3855 eeuwen	$2*10^8$ eeuwen	$1.3*10^{13}$ eeuwen
$n!$	3.6 sec	770 eeuwen	$8.4*10^{16}$ eeuwen	$2.5*10^{32}$ eeuwen	$9.6*10^{48}$ eeuwen	$2.6*19^{66}$ eeuwen

Tabel 3-1: De benodigde tijd voor algoritmen met een bepaalde tijdscomplexiteit. Hierbij is aangenomen dat één mathematische operatie één micro-seconde duurt.

De eerste vier rijen van de tabel laten de benodigde rekentijd voor algoritmen met een polynomiaal gedrag zien; de laatste drie illustreren exponentieel gedrag. Het is weliswaar zo dat de functie n^{10} ook 'onhandelbaar' genoemd kan worden, maar toch is het gedrag hiervan niet exponentieel; vergelijk het maar met de functie 2^n en neem hierbij voor n 60. In de praktijk zal een algoritme met tijdscomplexiteit $O(n^{10})$ niet voorkomen.
Wanneer de eerste 3 polynomiale functies met de exponentiele functie 2^n worden vergeleken is duidelijk te zien dat de toenemende rekentijden bij de polynomiale algoritmen minder dramatisch is dan voor de algoritmen met exponentieel gedrag. Dit betekent dat bij kleine invoer een exponentieel algoritme nog wel uitvoerbaar is, maar bij grotere invoer niet meer.
Over het algemeen behoren route- en schedulingsproblemen tot de NP-complete problemen en zijn hierdoor niet geschikt om door optimale systemen te worden opgelost (Fleuren 1988). NP-complete problemen vormen een speciale groep problemen waarvoor nog geen polynomiaal algoritme gevonden is en waarvan wordt aangenomen dat zo'n algoritme ook niet bestaat. Dus wanneer aangetoond kan worden dat een probleem NP-compleet is, is het zoeken naar een polynomiaal algoritme zinloos. Men dient dan gebruik te moeten maken van heuristieken.
Heuristiek is afgeleid van het Griekse woord 'heuriskein', dat ontdekken betekent, en betekent grofweg: 'hulp bij het zoeken'. Heuristieke systemen (1b) maken gebruik van regels om het zoeken naar een oplossing voor een probleem te leiden. Een voorbeeld van een heuristiek is: van een verzameling werkzaamheden gaat het werk met de kortste bewerkingstijd voor. Voor veel applicaties is het mogelijk om met behulp van specifieke informatie het zoek proces te leiden en zo de benodigde rekentijd te verminderen. Deze informatie wordt heuristieke informatie genoemd en zoekprocedures die hiervan gebruik maken worden heuristieke zoekmethoden genoemd (Turban 1990). Bij het gebruik van heuristieken is er echter geen zekerheid dat de gevonden oplossing de (bijna) optimale is. In paragraaf 3.2 wordt dieper op heuristieken ingegaan.
Er bestaat geen algemeen aanvaarde definitie voor kennissystemen (2) (Jorna 1992). Bij het maken van een kennissysteem heeft zoeken naar een optimale oplossing niet de hoogste prioriteit, het gaat erom computers dingen op dezelfde wijze als mensen te laten beredeneren. Het basisidee achter kennissystemen is simpel. Expertise wordt van de mens overgezet naar de computer. Deze kennis wordt dan in de computer opgeslagen en gebruikers kunnen de computer raadplegen wanneer zij advies nodig hebben. De computer is in staat om gevolgtrekkingen te maken en conclusies te trekken. Hij kan, net als een menselijke adviseur, niet-experts adviseren en, indien nodig, legt hij de achterliggende logica van het advies uit (Turban 1990).
Kennissystemen worden tegenwoordig ook toegepast voor schedulen. Gomes zegt er het volgende over:

> een belangrijk beginsel dat meegenomen wordt in het ontwikkelen van kennissystemen voor schedulen is: neem genoegen met bevredigend werken en probeer geen optimaliteit te bereiken. Het resultaat hiervan is dat kennissystemen voor schedulen meer 'kennis gebaseerd', flexibeler en meer 'algemeen inzetbaar' neigen te zijn en daarom beter te gebruiken zijn in de werkelijke omgeving. De keerzijde hiervan is echter dat er geen garanties zijn voor de kwaliteit van de resultaten.

3.2 Heuristieken

Er zijn verschillende redenen om heuristieken te gebruiken, hieronder worden zij opgesomd (Gomes 1993b):

1. Omdat het probleem tot de NP-klasse behoord.
2. Om rekening te kunnen houden met secundaire doelen.
3. Om structuur in het probleem te brengen en om het probleem beter te begrijpen.
4. Om een initiële oplossing voor een exact algoritme te krijgen.
5. Als een zoek strategie om een exact algoritme 'te leiden'.
6. Om ontwikkeltijd en kosten te besparen.

Heuristieken kunnen op verschillende manieren worden geclassificeerd. Hieronder wordt de classificatie van Gomes gegeven. Deze classificatie geeft verschillende manieren van aanpak weer, die bij het ontwikkelen van heuristieken worden gebruikt. De categorieën sluiten elkaar niet uit; in de praktijk zullen veel heuristieke methoden uit een mengsel van deze typen bestaan. In paragraaf 3.2.1 worden enige voorbeelden, die veel voor planning en schedulen worden gebruikt, gegeven.

Beperkende (Restriction)	Verzachtende (Relaxation)
Samenstellende (Construction)	Ontbindende (Decomposition)
Lokaal verbeterende (Local Improvement)	Zoekboom (Tree Search)
Automatisch (Automatic)	Interactieve (Interactive)

Tabel 3-2: Heuristieke typen

3.2.1 Heuristieken in planning en scheduling

In deze paragraaf wordt een opsomming gegeven van een aantal van de meest gebruikte planningstechnieken met een korte beschrijving ervan. Een uitgebreidere beschrijving wordt gegeven in [Gomes 1993].

- Evaluatiefunkties. Het gebruik van evaluatiefunkties om de prestaties van blinde zoekmethoden, zoals depth-first en breadth-first, te verbeteren is één van de eerste pogingen om heuristieke informatie te gebruiken voor het verbeteren van zoekprestaties. Evaluatiefunkties geven een middel om de individuele knopen van een zoekgebied te waarderen. Een evaluatiefunktie probeert te schatten hoeveel de huidige situatie verschilt met de gewenste situatie. In algoritmen worden evaluatiefunkties gebruikt om verbetering te brengen in de volgorde van zoeken. Het meest voor de hand liggende gebruik van evaluatie funkties is om ze te gebruiken als hulpmiddel bij het kiezen van de volgende knoop die moet worden vertakt.
- Means End Analysis. Dit is een techniek die veel door menselijke probleemoplossers wordt gebruikt. Het is een probleem verzachtend type zoekmethode, gebaseerd op het detecteren van verschillen tussen de huidige situatie en de gewenste situatie. Rekening houdend met deze verschillen, worden nieuwe subdoelen gegenereerd; die, wanneer

deze zijn bereikt, het verschil tussen de huidige situatie en de gewenste situatie zullen verkleinen. Dit genereren van subdoelen wordt netzolang herhaald totdat het uiteindelijke doel is bereikt.

- Question Answering. Dit is een interactief proces. Hierbij worden vragen van de vorm 'is p waar op punt n in het rooster?' gesteld. Het antwoord kan zijn:

    - Ja. Er is dan geen verder werk nodig.
    - Nee. In deze situatie moet verder werk worden verricht om de conditie waar te maken.
    - Misschien. Dit is de meest complexe situatie. Het suggereert dat misschien met een herordening van acties in het rooster de conditie bereikt kan worden.

3.2.2 Enkele prioriteitsregels

Er zijn veel selectie of prioriteitsregels in de literatuur besproken.. Hier worden de 6 meest gebruikte genoemd (French 1990). In hoofdstuk 5 wordt nog één, door mij zelf bedachte heuristiek, besproken.

- SPT (Shortest Processing Time). Hierbij wordt een bewerking die de minste behandelingstijd vergt geselecteerd. Dit heeft als voordeel dat een machine zo min mogelijk bezet wordt gehouden.
- FCFS (First Come First Served). Selecteer de bewerking die het langst wacht. Dit is een regel die op eerlijkheid is gebaseerd en wordt het meest gebruikt in wachtrij-problemen.
- MWKR (Most Work Remaining). Selecteer een bewerking die behoort bij een taak waarvan de totale bewerkingstijd het langst zal zijn. Hierdoor raken uit te voeren taken niet al te ver achter.
- LWKR (Least Work Remaining). Selecteer een bewerking die behoort bij een taak waarvan de totale bewerkingstijd het kortst zal zijn. Hierdoor worden enkele taken snel verwerkt. Men hoopt dat de taken die later aan de beurt komen hierdoor met een minder belast systeem te maken krijgen en zo ook sneller verwerkt worden.
- MOPNR (Most Operations Remaining). Selecteer een bewerking die behoort bij een taak met het grootste aantal nog te verrichten bewerkingen. Hierdoor worden taken die veel machinewisselingen vergen zo snel mogelijk verwerkt.
- RANDOM. Selecteer willekeurig.

3.3 Het handelsreizigersprobleem

Het handelsreizigersprobleem houdt in dat er een route gemaakt dient te worden voor een vertegenwoordiger die een aantal lokaties dient te bezoeken. De belangrijkste vraag die dan gesteld kan worden luidt: in welke volgorde moeten de lokaties worden bezocht om de totale af te leggen afstand te minimaliseren? Ofwel, wat is de kortste rondrit, zodanig dat elke klant wordt bezocht?
Dit probleem komt in het dagelijks leven veelvuldig voor. Enkele voorbeelden zijn:

- De bevoorrading van supermarkten, groentewinkels, enz..
- De bestelling van artikelen bij klanten door een postorderbedrijf.
- De bevoorrading van benzinestations van een oliemaatschappij.
- Het ledigen van PTT brievenbussen.

In al deze gevallen is er sprake van, of verwantschap met een zogenaamd distributie-probleem. Dat wil zeggen, dat in het algemeen een of meer soorten artikelen in bekende hoeveelheden vanuit een centraal punt (vaak een magazijn) op gegeven klantenadressen bezorgd moeten worden. Een belangrijk kenmerk daarbij is dat de grootte van de af te leveren hoeveelheden klein is ten opzichte van de capaciteit van het gebruikte transportmiddel (Monhemius 1990).

De afstand hoeft niet altijd het belangrijkste criterium te zijn. In sommige gevallen zullen dat de totale tijd of de totale kosten zijn.

Het handelsreizigersprobleem behoort tot de klasse van NP-complete problemen (Reinelt 1994). Voor dit probleem zijn vele soorten heuristieken ontwikkeld. Hieronder worden twee mogelijke manieren van aanpak besproken. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar [Reinelt 1994]. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven in hoeverre het handelsreizigersprobleem betrekking heeft op het planningsprobleem van Eikelenboom.

- Dichtstbijzijnde buur (Nearest neighbour). De vertegenwoordiger begint bij een stad en verplaatst zich steeds naar de volgende dichtstbijzijnde stad. Nadat hij alle steden heeft bezocht (elk maximaal één keer) keer hij terug naar het startpunt.
- Invoeg heuristiek (Insertion heuristic). Hierbij wordt begonnen met een kleine route (ook de triviale routes van één of twee knopen) en wordt de rest van de steden één voor één aan de hand van criteria ingevoegd aan de route. Er zijn verschillende criteria mogelijk. Voorbeelden hiervan zijn:
    - Dichtstbijzijnde invoegen (Nearest insertion). De knoop met de kleinste afstand tot een routeknoop wordt ingevoegd.
    - Meest veraf gelegen invoegen (Farthest insertion). De knoop die de grootste afstand tot een routeknoop heeft wordt ingevoegd.
    - Willekeurig invoegen (Random insertion). Selecteer de in te voegen knoop willekeurig.

3.4 Vrachtvervoer-scheduling

In deze paragraaf wordt een algemene beschrijving van vrachtvervoer-scheduling gegeven. Deze beschrijving is een onderdeel van het resultaat van het promotie onderzoek van de heer Fleuren.

Voertuigplanningsproblemen komen in de praktijk in een grote variëteit voor. Er zijn problemen die gekenmerkt worden door één of meerdere depots, verschillende (soorten) voertuigen en geografisch verspreide klanten (Fleuren 1988). Deze klanten moeten worden bezocht om goederen op te halen en/of af te leveren. De voertuigen die vanuit een

depot langs de klanten gaan, maken een van te voren geplande rit. Het oplossen van een voertuigplanningsprobleem bestaat uit creëren van ritten voor alle voertuigen zodanig dat:

- een gekozen afstands- en/of tijdscriterium geminimaliseerd wordt.
- aan alle gestelde voorwaarden zoals tijdsintervallen, capaciteiten, rijtijden, etc. is voldaan.

Bij vrachtvervoer onderscheidt men de volgende entiteiten:

1. Klanten
2. Wagens
3. Magazijnen

Voor al deze entiteiten zijn er een aantal attributen waar rekening mee moet worden gehouden. Deze worden hieronder op een rij gezet. Naast deze entiteiten zijn er ook doelen die bereikt dienen te worden, deze worden na de 3 entiteiten vermeld.

Klanten:

- Het aantal produkten dat een klant wil
- Klanten kunnen produkten leveren en/of vragen
- De vraag en/of levering is deterministisch of stochastisch (stochastisch kan bijvoorbeeld een hoeveelheid melk van een boer zijn)
- De hoeveelheid die de klant wil hoeft niet in overeenstemming te zijn met wat hij krijgt. Het teveel of te weinig kan met volgende leveringen worden gecompenseerd.
- Levering en/of ophalen moet op een bepaald tijdstip, binnen een gegeven tijdsinterval of willekeurig gebeuren. Ook kan het gebeuren dat levering en/of ophalen op een bepaalde tijd of binnen een bepaald interval niet mogelijk is.
- Er moet rekening worden gehouden met laad- en lostijden.
- Bepaalde klanten kunnen een hoge prioriteit hebben.
- Het is mogelijk dat klanten hun levering door meer dan een voertuig krijgen.

Wagens:

- De capaciteit van de wagens kan verschillen.
- Een wagen kan een meer dimensionale capaciteit hebben (bv volume en gewicht).
- Wagens (chauffeurs) zijn gebonden aan maximale rijtijden.
- Een wagen kan niet naar alle adressen toe. Dit kan liggen aan de uitvoering i.v.m. het laden en/of lossen. Of om commerciele redenen zoals bv. de naam van een firma op de wagen.
- De lokatie vanwaar een wagen start kan verschillen.
- Moeten alle wagens worden ingezet?

Magazijnen:

- De capaciteit van een magazijn.
- Openings- en sluitingstijden.
- Laad- en lostijden. Is het mogelijk om eerder (i.v.m. vroege levering) te laden?

- Het aantal magazijnen waar een produkt kan worden geladen.
- Welke klanten kan een magazijn bedienen? Dit kunnen technische of commerciele reden zijn.

Doelen:

Het minimaliseren van de variabele kosten. Variabele kosten kunnen op verschillende manieren worden uitgelegd. Voorbeelden zijn: af te leggen afstand, reistijden, een combinatie van reistijden en afstand en kosten die het inzetten van bepaalde voertuigen met zich meebrengen.

Benodigde data

Er dient minimaal een goed database systeem met accurate data en efficiënte data manipulatie-routines te zijn indien men een voertuigschedulingsapplicatie wil maken Fleuren heeft de data per entiteit gerangschikt. Bij alle data is de bron vermeld.

ENTITEIT	DATA	DATA BRON
Klant	Vraag	Klant of uit historische data
	Tijdstip van levering	Klant
	Lostijd	Uit historische data
Wagen	Uitwisselbaar	Technische gegevens
	Capaciteit	Technische gegevens
	Maximum beschikbare tijd	Wet, chauffeur of CAO
	Geschikt voor klant	Technische gegevens of ervaring
Depot	Capaciteit	Technische gegevens
	Openings- en sluitingstijd	Distributeur
	Geleverde service	Technische gegevens of ervaring
	Laadtijd	Uit historische data
Doel	Afstand/rijtijd	Netwerk of schatting uit coördinaten
	Kosten	Geschat uit financiële data
	Prioriteiten	Aangegeven door distributeur

3.5 Ontwikkelmethoden

Voor het structureren van dit projekt is niet één methodology aangehouden, maar zijn er van 3 gebruik gemaakt. Hierbij werden, om het projekt te faseren, in grote lijnen aangehouden en waar nodig aangevuld met SEC.

3.5.1 KADS

Voor het ontwikkelen van kennissystemen wordt over het algemeen gebruik gemaakt van KADS (Knowledge Analysis and Documentation System). Er worden verschillende modellen gehanteerd die de situatie beschrijven. KADS onderscheidt de volgende modellen (Schreiber, Wielinga en Breuker 1993):

- Organisatie model. Het organisatie model beschrijft de organisatie waarin het kennissysteem dient te gaan funktioneren
- Applicatie model. Het applicatie model definieerd welke probleem het systeem in de organisatie dient op te lossen en wat zijn funktie binnen de organisatie zal zijn.
- Taak model. Dit model specificeert de taken die het systeem dient te gaan uitvoeren.
- Coöperatie model. Het coöperatie model beschrijft de taken die interactie tussen de gebruiker en het systeem vereisen.
- Expertise model. In dit model wordt kennis beschreven. Hierbij wordt de kennis in verschillende categorieën onderverdeeld (domein, inference, taak en strategische kennis).

3.5.2 SEC

De afkorting SEC staat voor Schedulings Expertise Centrum. In SEC wordt het maken van een rooster gedefinieerd als het onderling afstemmen van objecten met eigenschappen, waarbij wordt voldaan aan randvoorwaarden en waarbij één of meerdere doelfunkties worden gerealiseerd (Huisman, Oldenkamp, Jorna Sibum 1993).
Objecten zijn entiteiten met eigenschappen. Er zijn acht primitieve objecten mogelijk: Tijd, Persoon, Locatie, Machine, Grondstof, Produkt, Taak en Impuls. Deze objecten kunnen d.m.v. een object georienteerde aanpak tot ingewikkeldere objecten groeien. Door de objecten op deze wijze te classificeren is het mogelijk verschillende planningssituaties met elkaar te vergelijken en op deze manier hergebruik mogelijk te maken.
De randvoorwaarden beschrijven aan welke beperkingen een schedule moet voldoen (bv. voor het lossen van een stroperig produkt is een pomp nodig). Er zijn twee soorten randvoorwaarden: harde en zachte randvoorwaarden. Harde randvoorwaarden mogen nooit geschonden worden, zachte randvoorwaarden wel. Doelfunkties geven aan wat bereikt dient te worden (bv. de af te leggen afstand moet zo laag mogelijk zijn).
Tegenwoordig bestaan zachte randvoorwaarden in SEC niet meer. Zij worden als doelfunktie gedefinieerd. In dit verslag is echter nog van de oude situatie uitgegaan.

4 Systeem wensen

In dit hoofdstuk wordt duidelijk gemaakt hoe Eikelenboom tegen automatiseren aankijkt en wat hun ervaringen hiermee zijn. Tevens worden de eisen besproken die aan een nieuw systeem gesteld worden. De eisen die Eikelenboom stelt lijken summier maar dit komt omdat een geautomatiseerde planning voor hen een nieuw idee is, waarvan zij niet precies weten wat zij kunnen verwachten.

4.1 Gewenste situatie

Eikelenboom wil graag de planning zoveel mogelijk automatiseren en deze in de toekomst aan hun administratie-afdeling koppelen. Ook willen zij van hun oude administratie-pakket af. Dit pakket heeft in het verleden veel problemen gegeven en lange tijd niet naar behoren gewerkt. Omdat het bedrijf dat dit pakket heeft geleverd al vier keer failliet is gegaan (steeds weer door een ander is overgenomen die weer failliet ging), is de ondersteuning hiervan niet goed.

Omdat Eikelenboom in het verleden met het automatiseren van de administratie slechte ervaringen heeft opgedaan zijn zij nu een stuk voorzichtiger. Zij willen de automatisering in twee fasen uitvoeren. Allereerst willen zij hun planning zoveel mogelijk automatiseren. In ieder geval willen zij minimaal een elektronisch planbord, omdat zij het huidig planbord niet meer kunnen uitbreiden. Indien, door het te maken prototype, is gebleken dat de planning goed valt te automatiseren willen zij dat een software-huis dit oppakt en afmaakt. Op deze manier zijn zij van een goede ondersteuning verzekerd. Nadat dit allemaal is gerealiseerd willen zij hun administratie-pakket gaan vervangen.

Men dient zich te realiseren dat een geautomatiseerde planning voor Eikelenboom een geheel nieuw idee is. In hun branche hebben zij dit nog nooit gezien, ze weten hierdoor niet precies wat ze kunnen verwachten. Het realiseren van een prototype geeft hun op een goedkope manier een beeld hiervan.

4.2 Eisen

Eikelenboom heeft als gebruiker een aantal eisen. Zij willen dat het planningsprogramma makkelijk door de planners te bedienen is. De regels die zij zelf bij het plannen gebruiken moeten korrekt worden toegepast en er moet gewaarschuwd worden wanneer deze geschonden worden. Zij zelf hebben graag een window-systeem waarbij d.m.v. een muis makkelijk commando's te geven zijn en het scherm te manipuleren is. Hun PC's werken ook zo en daarom zijn zij er bekend mee.

Zoals gezegd, is het de bedoeling dat het te realiseren prototype door een software-huis verder wordt afgemaakt. Daarom is het van belang dat de software goed gedocumenteerd

is. Er dient dus een onderhoudshandleiding te zijn met een overzicht van de modulen en elke module dient nader te worden omschreven middels een funktieomschrijving, een lijst van de parameters en een uitleg van de werking middels een pseudocode. Een modulaire aanpak is belangrijk. Dit omdat het dan mogelijk is om bijvoorbeeld heuristieken makkelijk te vervangen.

5 Oplossingen

In dit hoofdstuk worden de regels die Eikelenboom bij het maken van een planning gebruikt toegelicht en worden aan de hand van de theorie in hoofdstuk 3 en de systeemeisen van hoofdstuk 4 oplossingen gegeven.

5.1 De regels bij het plannen

Bij het maken van een rooster maken de planners gebruik van regels. Deze regels hebben betrekking op de behandeling van de produkten, de wensen van de klanten over het vervoer van hun produkten, het materiaal dat de klant op de laad- en/of loslokatie beschikbaar heeft en het materiaal dat Eikelenboom zelf heeft. Het materiaal van Eikelenboom bestaat uit trekkers, trailers en chauffeurs.

De regels zijn onderverdeeld in harde en zachte randvoorwaarden. Aan harde randvoorwaarden moet een rooster altijd voldoen. Aan zachte randvoorwaarden hoeft niet altijd te worden voldaan. De randvoorwaarden zijn onderverdeeld in randvoorwaarden over de produkten, de klanten, het vervoerend materiaal en algemene randvoorwaarden.

De splitsing in harde en zachte randvoorwaarden zoals in dit verslag is gedaan wordt momenteel niet meer in het SEC gedaan. In SEC definieert men de zachte randvoorwaarden nu als doelfunkties.

5.1.1 Produkt randvoorwaarden

Harde randvoorwaarden:

- Voor vervoer van alcohol moeten speciale ADR-geschikte (ADR=Accord Dangereuses Route) vervoerscombinaties worden gebruikt. Trekker, trailer en chauffeur moeten hier bevoegd voor zijn. Trekker en trailer hebben een ADR goedkeuring en de chauffeur heeft een ADR-diploma. Eikelenboom heeft vier van zulke combinaties.
- Dikke stroperige produkten moeten met een hydraulische of een elektrische pomp worden gelost. Een gewone compressor, die op bijna elke wagen zit, is hier te zwak voor.
- Dikke stroperige produkten kunnen niet in compartimenten zonder pompaansluiting worden geladen omdat het laden en lossen dan veel te lang duurt. De compartimenten zijn onderling namelijk met een dunne buis verbonden en een stroperig produkt kan hier niet snel door stromen.

Zachte randvoorwaarden:

- Bij het vervoer van vetten is een verwarmingsinstallatie nodig. Dit om stollen tegen te gaan. Doordat een trailer geïsoleerd is kan echter ongeveer 24 uur zonder verwarming worden gereden. Dit wordt liever niet gedaan.
- Vervoer van wijn en room vereist dat een compartiment tot de rand toe gevuld is. Dit om te voorkomen dat, door klotsen, het produkt bederft. Dit verschilt echter per soort en per klant. Zo is dit bij sommige goedkope wijnen geen vereiste. Ook eisen sommige klanten, hoewel er van bederven geen sprake kan zijn, volle compartimenten voor andere produkten.

5.1.2 Klant randvoorwaarden

Klanten kunnen bepaalde eisen stellen. Dit zijn altijd harde randvoorwaarden voor Eikelenboom. Eisen die klanten kunnen hebben zijn:

- Lossen met een elektrische pomp. Hierdoor heeft de klant geen last van uitlaatgassen bij het lossen.
- Het produkt exclusief vervoeren. Een trailer heeft over het algemeen meerdere compartimenten en kan dus in principe meerdere opdrachten meenemen. Sommige klanten willen, vanwege strenge produkteisen, absoluut niet dat er produkten van andere klanten samen met hun produkt worden vervoerd.
- Trailers met een stuuras gebruiken. Indien een trailer geen stuuras heeft, veroorzaakt hij nogal wat wrijving in bochten. Hierdoor kunnen de oprijlanen van een klant worden beschadigd. Dit gebeurt vooral als er net geasfalteerd is.
- Extra schoonmaak wensen. Bij het vervoer van produkten moet op de kwaliteit gelet worden en de trailer moet dus schoongemaakt worden indien het te vervoeren produkt dit vereist. Klanten kunnen echter eisen dat, ondanks dat vervoer zonder schoonmaken technisch mogelijk is, er moet worden schoongemaakt.
- Schoonmaak afspraken. Sommige klanten maken met Eikelenboom speciale schoonmaak afspraken over het vervoeren van hun produkten. Een voorbeeld van zo'n afspraak is: na het vervoer van glucose kan er, zonder schoonmaken, visolie worden vervoerd. Of na het vervoer van visolie moet er, voordat er olijfolie wordt vervoerd worden schoongemaakt.
- Alleen bij door de klant erkende bedrijven schoonmaken. Er zijn klanten die een aantal schoonmaakbedrijven hebben geselecteerd. Deze voldoen aan hun eisen en zij willen dat Eikelenboom daar heeft schoongemaakt voordat hun opdracht wordt uitgevoerd.
- Sommige klanten willen dat de lading verzegeld wordt.
- Sommige klanten willen op de liter precies weten hoeveel er is vervoerd. De trailer die Eikelenboom stuurt moet dan in het bezit zijn van een litercertifikaat. Bijna alle trailers zijn in het bezit hiervan.
- Enkele klanten hebben hun bedrijf in een woonwijk en willen niet dat er voor en/of na een bepaalde tijd wordt gelost of geladen.
- Klanten eisen soms volle compartimenten voor produkten waarvoor dit normaal gesproken niet nodig is. Dit betekent dat een trailer gestuurd moet worden die ongeveer dezelfde inhoud moet hebben als de te vervoeren hoeveelheid. Voor de

inhoud wordt gekeken naar een bepaalde compartimenten combinatie. Er kan niet een veel grotere trailer gestuurd worden, want als de klant niet voldoende voorraad heeft zal hij niet gaan laden.

5.1.3 Randvoorwaarden voor het vervoerend materiaal

Harde randvoorwaarden:

- Een trailer met een lange wielbasis heeft altijd een trekker met een lange wielbasis nodig. Een trailer met korte wielbasis kan aan elke trekker gekoppeld worden.
- Niet de maximale belading die een combinatie aan kan overschrijden.
- Indien er op het losadres geen losinstallatie aanwezig is moet de vervoerscombinatie zelf over een geschikte losinstallatie beschikken. Wat voor losinstallatie benodigd is hangt van het produkt en van de klant af.

Zachte randvoorwaarden:

- Zware combinaties (hoog ledig gewicht) zijn alleen in de Benelux rendabel. Voor verre afstanden kunnen ze namelijk te weinig lading meenemen.
- Chauffeur, trekker en trailer blijven bij elkaar. Dit is een zachte randvoorwaarde omdat er, indien dit nodig is, gewisseld wordt. Eikelenboom heeft ook meer trailers dan trekkers. Er speelt bij Eikelenboom een idee om de trailer niet meer vast bij een chauffeur te laten horen, hier is onderling nog verschil van mening over.
- Oude trekkers worden niet voor verre afstanden gebruikt. Indien nodig worden ze wel gebruikt. In principe worden de trekkers na 2 miljoen kilometers vervangen.
- Er zijn snelle, gemiddelde en trage chauffeurs. Snelle chauffeurs kunnen wat krapper worden gepland.
- De chauffeurs mogen het Rijtijdenbesluit niet overschrijden. Er zijn twee soorten rijtijden, één voor internationale chauffeurs en één voor binnenlandse chauffeurs. Eikelenboom probeert het internationale besluit aan te houden. Deze wordt echter niet altijd streng nageleefd. Waar men wel rekening mee probeert te houden is dat een chauffeur minimaal acht uur aaneengesloten rust per dag krijgt.
- Vermijden om een chauffeur twee weekenden of meer achter elkaar van huis te laten zijn.
- Het kan voorkomen dat een chauffeur op een bepaald tijdstip of op een bepaalde dag een afspraak in Nederland heeft. Voorbeelden hiervan zijn: een bezoek aan de tandarts of het moeten bijwonen van een begrafenis. Met zo'n verzoek wordt bijna altijd rekening gehouden in de planning.

5.1.4 Algemene randvoorwaarden

De algemene randvoorwaarden zijn allemaal zacht.

- Voor schoonmaken van een trailer wordt gemiddeld 1 uur gerekend.
- Voor laden of lossen wordt 2 uur gerekend. Dit is een gemiddelde waarvan men bij onbekende klanten uitgaat. De wachttijd is hierin meegerekend. Van een groot aantal vaste klanten weet men de tijden precieser.

- In landen buiten de Benelux wordt niet boven het wettelijke tonnage geladen, tenzij het slecht zou zijn voor het te vervoeren produkt (wijn en room). Dit, omdat het niet lonend is. Buiten de Benelux wordt namelijk met een kilometervergoeding gewerkt. En in de Benelux wordt er op basis van tonnagetarief gewerkt.
- Als een opdracht vanwege drukte moet worden uitbesteed wordt dit met makkelijke produkten gedaan. Dit zijn oliën en vetten. Moeilijke produkten zijn vruchtesappen. Produkten waar iets mis mee kan gaan besteed Eikelenboom liever niet uit, omdat dit een klant kan kosten.
- Sommige klanten zijn makkelijk met het verzetten van laad- en/of lostijden. Dit zijn over het algemeen vaste klanten die grote voorraden hebben.
- Nieuwe klanten hebben prioriteit qua levering en tijden. Hun tijden worden het liefst niet aangepast. Een nieuwe klant in deze branche is namelijk vrij bijzonder en die moet je vast proberen te houden. Daarom wordt zoveel mogelijk aan hun wensen voldaan.

5.1.5 Doelfunkties

Bij het maken van een planning streven de planners de volgende doelen na:

- De af te leggen afstand moet zo kort mogelijk zijn, dit om zo min mogelijk kosten te maken.
- Zo goedkoop mogelijk schoonmaken, dit ook vanwege de kosten. Het liefst wordt bij Eikelenboom in Amsterdam schoongemaakt. Ook is het mogelijk om per compartiment een schoonmaakcertifikaat te krijgen. Hierdoor kun je met de grote trailers met één keer schoonmaken twee keer een opdracht uitvoeren. De meeste klanten accepteren dit.
- Laad- en/of lostijden moeten zo min mogelijk worden aangepast. De klant moet zoveel mogelijk tegemoet gekomen worden.
- Zo veel mogelijk opdrachten met één trailer vervoeren. Hierdoor is er een hoger rendement.
- Zoveel mogelijk grote en technisch goed uitgeruste vervoerscombinaties voor verre afstanden nemen. Hierdoor zijn er met retourvrachten de meeste mogelijkheden.
- Uitbesteden van een opdracht wanneer er geen vervoerscombinatie in de buurt is. Bijvoorbeeld: een opdracht in Spanje en er is geen vrije vervoerscombinatie in de buurt.
- Als een trailer vetten heeft vervoerd wil men niet dat er direkt daarna vruchtesappen mee worden vervoerd. Eikelenboom heeft dit liever niet, omdat er in het verleden problemen mee zijn geweest. Vruchtesappen zijn namelijk heel gevoelige produkten, veel gevoeliger dan de andere produkten die Eikelenboom vervoerd. Het is echter technisch wel mogelijk om de trailer goed schoon te krijgen. Er moet dan alleen heel zorgvuldig worden schoongemaakt en gecontroleerd.
- Het vervoer van vetten en het vervoer van andere soorten produkten zoveel mogelijk scheiden. Dus vervoerscombinaties voor vetten en vervoerscombinaties voor andere soorten produkten. Plantechnisch lukt dit vaak niet (met de vruchtesappen is men strenger).

Er speelt een idee bij Eikelenboom om voor het vervoer van vetten een aantal wagens te reserveren en deze nergens anders voor te gebruiken. Het vervoer van vetten is namelijk een buitenbeentje in hun assortiment, omdat er geen kwaliteitseisen aan verbonden zijn. Zij kweken er dus ook geen klantbinding door. Iedereen kan het namelijk vervoeren.

5.2 Route planning

Bij het maken van een planning voor vrachtvervoer denkt men meteen aan het handelsreizigersprobleem. Het planningsprobleem bij Eikelenboom lijkt hier echter niet op. Dit komt doordat de planners over het algemeen geen route voor hun vrachtwagens samenstellen. De redenen hiervan zijn:

1) Laden of lossen kost gemiddeld 2 uur. Een vrachtwagen is hierdoor al 4 uur kwijt zonder dat er is gereden. Verder moet een trailer vaak ook nog schoongemaakt worden. Hierdoor kan een vrachtwagen over het algemeen maar één opdracht per dag uitvoeren.
2) De te vervoeren hoeveelheid voor één opdracht omvat vaak de maximale wettelijke belading van een vrachtwagen.
3) Opdrachten kunnen nog laat binnenkomen. Hierdoor is het niet mogelijk een sluitende route voor een aantal dagen te maken.

In situaties dat er wel een route wordt gepland gaat het altijd vanuit één punt. Er is dan een klant die meerdere opdrachten heeft. Bij de opdrachten zijn een aantal kleine opdrachten die tot één vracht gecombineerd kunnen worden. De klant laat Eikelenboom hierin vrij. Bij de kleine opdrachten gaat het altijd om opdrachten die in Nederland worden geladen en gelost. Het aantal kleine opdrachten die de klant heeft is nooit groot. Het zijn er meestal niet meer dan 5 en een vrachtwagen kan er in theorie maximaal 4 meenemen. Over het algemeen neemt een wagen 2, soms 3 opdrachten mee; 4 komt zelden voor.

Er kan worden gesteld dat er bij Eikelenboom geen sprake is van het handelsreizigers-probleem. In situaties dat er sprake van routeplanning is gaat het om kleine sets die exact uitgerekend worden.

5.3 Vrachtvervoer-scheduling

Wanneer de randvoorwaarden en doelfunkties van Eikelenboom worden vergeleken met de theorie van paragraaf 3.3 zien we veel overeenkomsten. De meeste attributen vinden we bij Eikelenboom terug. Verschillen zijn er ook, deze worden hieronder opgesomd.

Verschillen:

- Er worden over het algemeen geen ritten gepland.
- De wensen van de klanten zijn voor Eikelenboom belangrijk. Klanten hebben vaak verschillende wensen waar Eikelenboom rekening mee moet houden.

- Er is sprake van schoonmaken van trailers.
- Bij Eikelenboom is er geen sprake van magazijnen, maar van klanten die zelf ook leveringen kunnen ontvangen.

5.4 Het waarderen van wagens

Wagens kunnen voor meerdere opdrachten ingezet worden. Om uit te maken welke wagen voor welke opdracht het beste kan worden ingezet wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde kostenfunktie. Hierdoor is het mogelijk om, uit een set van wagens, per wagen uit te rekenen hoeveel het 'kost' om deze in te zetten voor een opdracht. Op deze wijze kan er een keuze van wagen worden gemaakt. In de funktie worden niet alleen kilometerkosten opgenomen, maar worden ook zachte randvoorwaarden verwerkt. Deze randvoorwaarden, zoals een boete voor te laat aankomen, kunnen door de planner m.b.v. parameters worden ingesteld.

De kostenfunktie is als volgt opgebouwd: aantal afgelegde kilometers * kilometerprijs + schoonmaakkosten + aantal minuten te laat laden * laadboete + aantal minuten te laat lossen * losboete. Verder worden de kosten, afhankelijk van het produkt en het soort wagen, nog opgevoerd met de volgende boetes:

- een boete indien de wagen vet heeft vervoerd en nu vruchtesappen gaat vervoeren
- een boete indien de wagen vet heeft vervoerd en nu een ander produkt (niet vruchtesappen) gaat vervoeren
- een boete indien er sprake is van een internationale wagen die nu op korte afstanden wordt gebruikt
- een boete voor een lage vullingsgraad van een wagen

Al deze parameters zijn door de gebruiker in te stellen. Wat een internationale afstand is, is ook instelbaar.

5.5 Het rooster

In de theorie werd duidelijk dat het maken van roosters tot de klasse van de NP-complete problemen behoort. Dat geldt ook voor dit probleem. Bij het maken van een rooster voor Eikelenboom is er sprake van de volgende situatie:

- Er is een set van opdrachten. Deze set is een subset van alle te plannen opdrachten. De opdrachten worden namelijk in intervallen verdeeld en chronologisch gepland.
- Per opdracht zijn er een aantal wagens die de opdracht technisch gezien kunnen uitvoeren. Van deze wagens zijn de inzetkosten uitgerekend. Met de harde randvoorwaarden is bij de keuze van deze wagens al rekening gehouden.

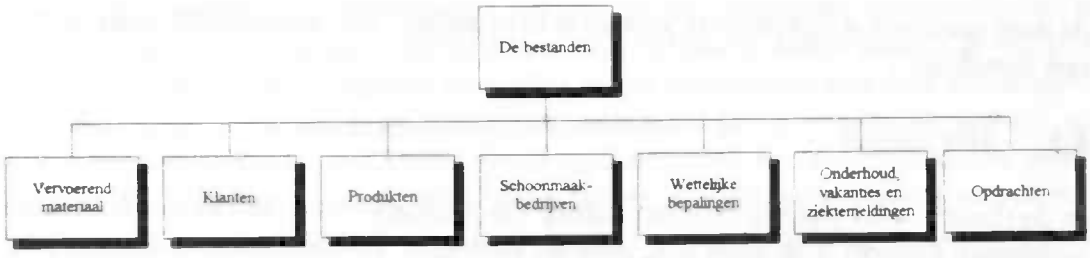
Het probleem is nu om de wagens zo "goedkoop" mogelijk over de opdrachten te verdelen. Het beste zou zijn om voor elke opdracht de goedkoopste te nemen. Dit is echter niet mogelijk, omdat één wagen voor meerdere opdrachten de beste oplossing kan zijn en ook voor meerdere de op één na beste, enz.. Om dit probleem op te lossen wordt gebruik gemaakt van een heuristiek. De heuristiek werkt als volgt:

Zolang niet alle opdrachten uit de interval-set gepland Doe
Van elke opdracht wordt het verschil in kosten voor de 2 beste (goedkoopste) wagens uitgerekend.
De opdracht waar het verschil in kosten het hoogst is wordt gepland.
De gebruikte wagen wordt bij de andere opdrachten verwijderd.

Nadat de set opdrachten is gepland wordt uit de rest van de nog te plannen opdrachten een nieuwe set samengesteld. Deze set is chronologisch gezien dan aan de beurt om gepland te worden. Voor deze set begint dan het hele verhaal opnieuw. Er worden wagens gezocht die de opdrachten kunnen uitvoeren, de kosten worden uitgerekend en het rooster wordt d.m.v. de heuristiek verder aangevuld. Het samenstellen van sets en het aanvullen van het rooster wordt net zolang herhaald totdat alle opdrachten zijn geroosterd.

5.6 De database

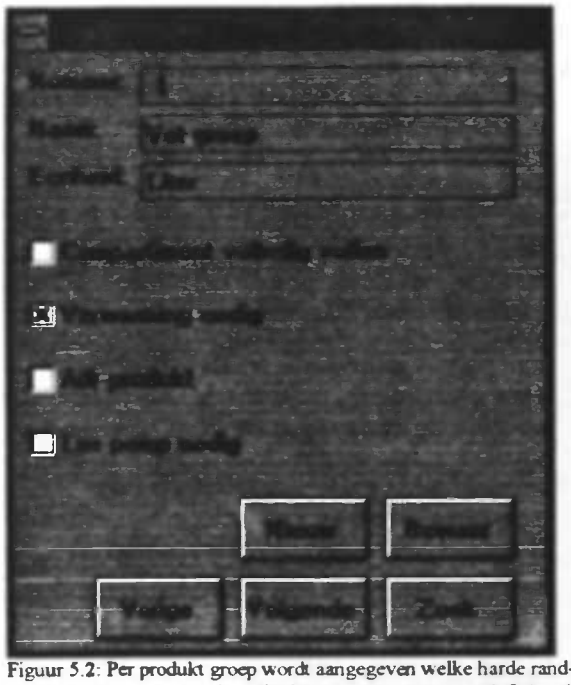
Voordat er een planning gemaakt kan worden dienen er eerst een groot aantal gegevens bekend te zijn. Dit zijn onder andere standaard gegevens zoals adressen van klanten en schoonmaakbedrijven en gegevens over de chauffeurs. In de database zijn echter ook regels (harde en zachte randvoorwaarden) verwerkt. Verderop wordt per groep aangegeven hoe de randvoorwaarden zijn verwerkt.



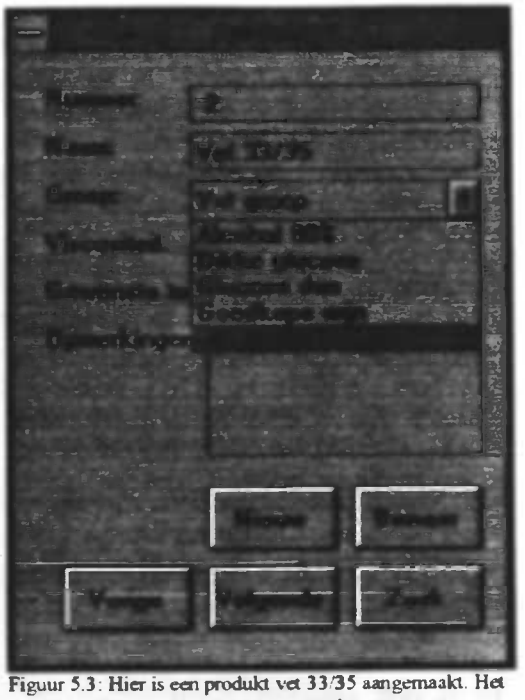
Figuur 5.1: De bestanden die voor het maken van een planning geraadpleegd dienen te worden.

5.6.1 Produkten

Eikelenboom vervoert veel verschillende produkten die in de manier van behandelen en vervoer kunnen verschillen. Klanten hebben vaak ook eisen over hun eigen geproduceerde of gekochte produkten, deze eisen verschillen vaak per klant. Om deze tegenstrijdigheden te verwerken worden altijd geldende regels over produkten en wensen van klanten gescheiden opgeslagen.



Figuur 5.2: Per produkt groep wordt aangegeven welke harde randvoorwaarden van toepassing zijn. Hier is een vetgroep gedefinieerd.



Figuur 5.3: Hier is een produkt vet 33/35 aangemaakt. Het produkt behoort tot de hiernaast gemaakte vet groep.

Altijd geldende regels worden aan een *produkt groep* toegekend (figuur 5.2). Hier worden de harde randvoorwaarden van de produkten, zoals benodigde lospomp e.d., vermeld. Wanneer een planner een produkt wil aanmaken dient hij aan te geven tot welke groep het produkt behoord (figuur 5.3). Het produkt is dus 'kind' van produkt groep.

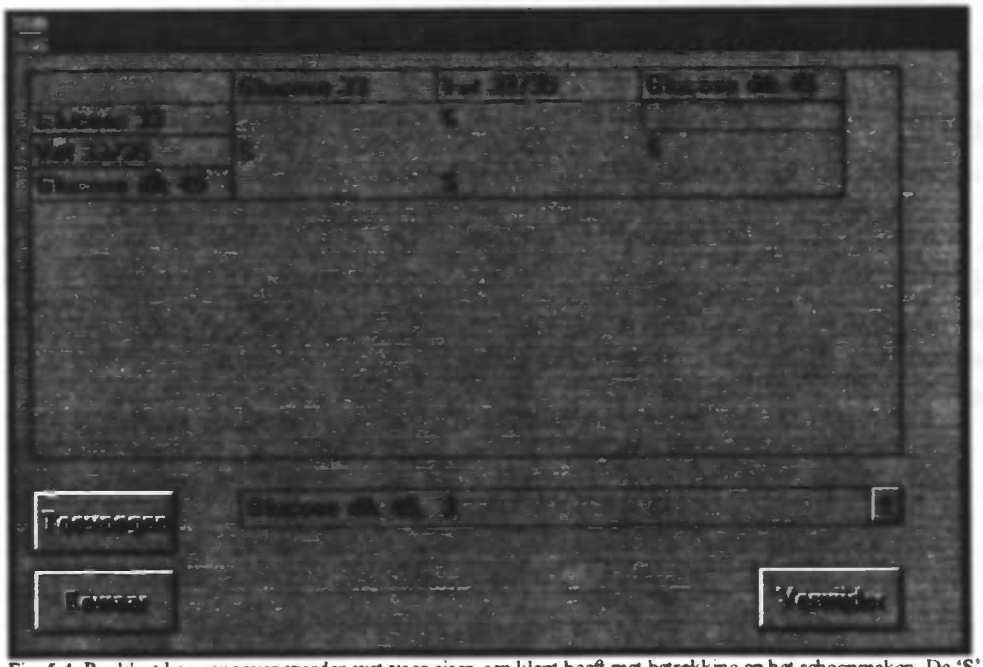


Fig. 5.4: Per klant kan aangeven worden wat voor eisen een klant heeft met betrekking op het schoonmaken. De 'S' in de matrix geeft aan dat er schoongemaakt dient te worden. Eisen van een klant gaan altijd boven de normale eisen. Van de normale eisen bestaat er een soortgelijke matrix.

Voor de altijd geldende *schoonmaakeisen* is een matrix beschikbaar (figuur 5.4). Hierin geeft de planner aan of er, nadat produkt A vervoerd is, voor het vervoer van produkt B schoongemaakt dient te worden. Voor het gemak vult het programma, bij het aanmaken van een produkt, standaard 'ja' voor schoonmaken in indien de produkten van type verschillen. De planner dient alleen uitzonderingen aan te geven.

Wensen die klanten over produkten hebben worden per klant opgeslagen. Deze wensen hebben altijd een hogere prioriteit. De wensen hebben betrekking op schoonmaakbedrijven (de bedrijven waar alleen schoongemaakt mag worden), produkten die een vol compartiment vereisen en wanneer er schoongemaakt dient te worden (een met de klant afgesproken schoonmaakmatrix).

5.6.2 Klanten

De randvoorwaarden die betrekking op klanten hebben (zie vorig hoofdstuk) worden allemaal in het klantenbestand opgenomen. De meeste velden zijn van het type boolean. Op deze wijze kan de planner per klant aangeven wat voor wensen deze heeft (figuur 5.6). Er is ook een veld opgenomen om aan te geven hoelang het laden en lossen duurt. Eikelenboom weet van veel klanten hoeveel tijd dit ongeveer in beslag neemt. Ook is het mogelijk om te vermelden of een klant makkelijk is met het verzetten van laad- en/of lostijden. Dit kan dan weer gebruikt worden bij het waarderen van wagens die de tijden niet kunnen halen.

5.6.3 Het vervoerend materiaal

Onder het vervoerend materiaal wordt verstaan: de chauffeurs, de trailers en de trekkers. Van de chauffeurs is het belangrijk om te weten of ze in het bezit zijn van een ADR diploma. De trekkers en trailers zijn net als bij de produkten onderverdeeld. In de typebestanden wordt algemene informatie zoals merknaam, aantal assen e.d. opgeslagen. En van de daadwerkelijke trekkers en trailers wordt aangegeven hoe deze zijn uitgevoerd. Het is dan mogelijk om aan te geven met wat voor soort pompen, aansluitingen e.d. ze zijn uitgevoerd. Deze informatie kan niet bij de typebestanden worden opgenomen, omdat de uitvoeringen altijd kunnen verschillen. Ook kunnen er later aanpassingen aan de wagens worden aangebracht. Op deze manier is het ook goed mogelijk om defecten aan een wagen aan te geven. Figuur 5.6 geeft een voorbeeld van een trailer.

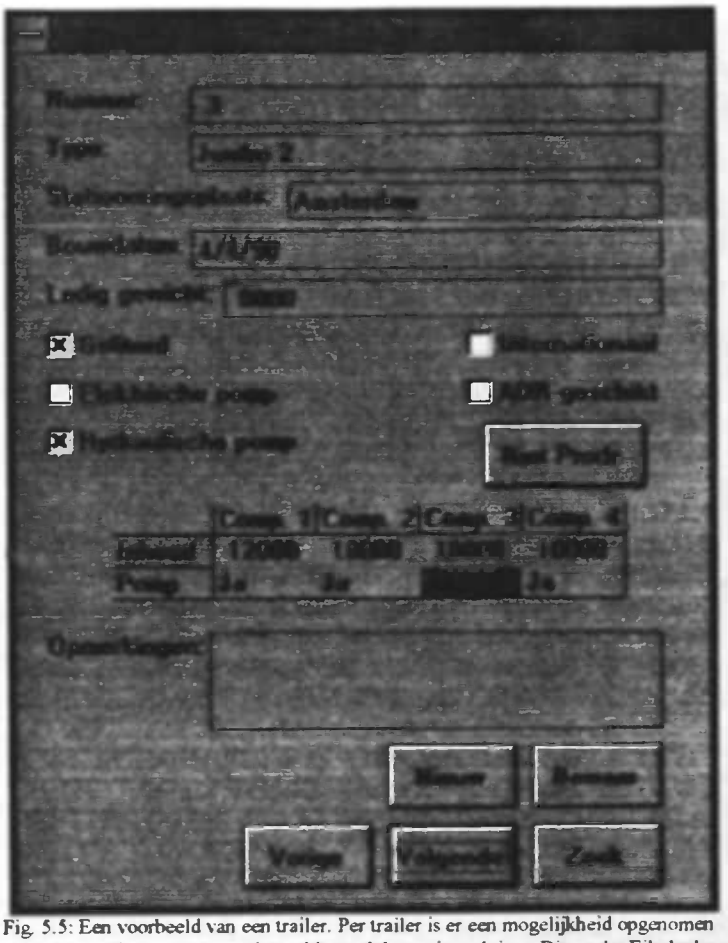


Fig. 5.5: Een voorbeeld van een trailer. Per trailer is er een mogelijkheid opgenomen om hem voor het vervoer van bepaalde produkten uit te sluiten. Dit omdat Eikelenboom in de toekomst vetprodukten wil afzonderen.

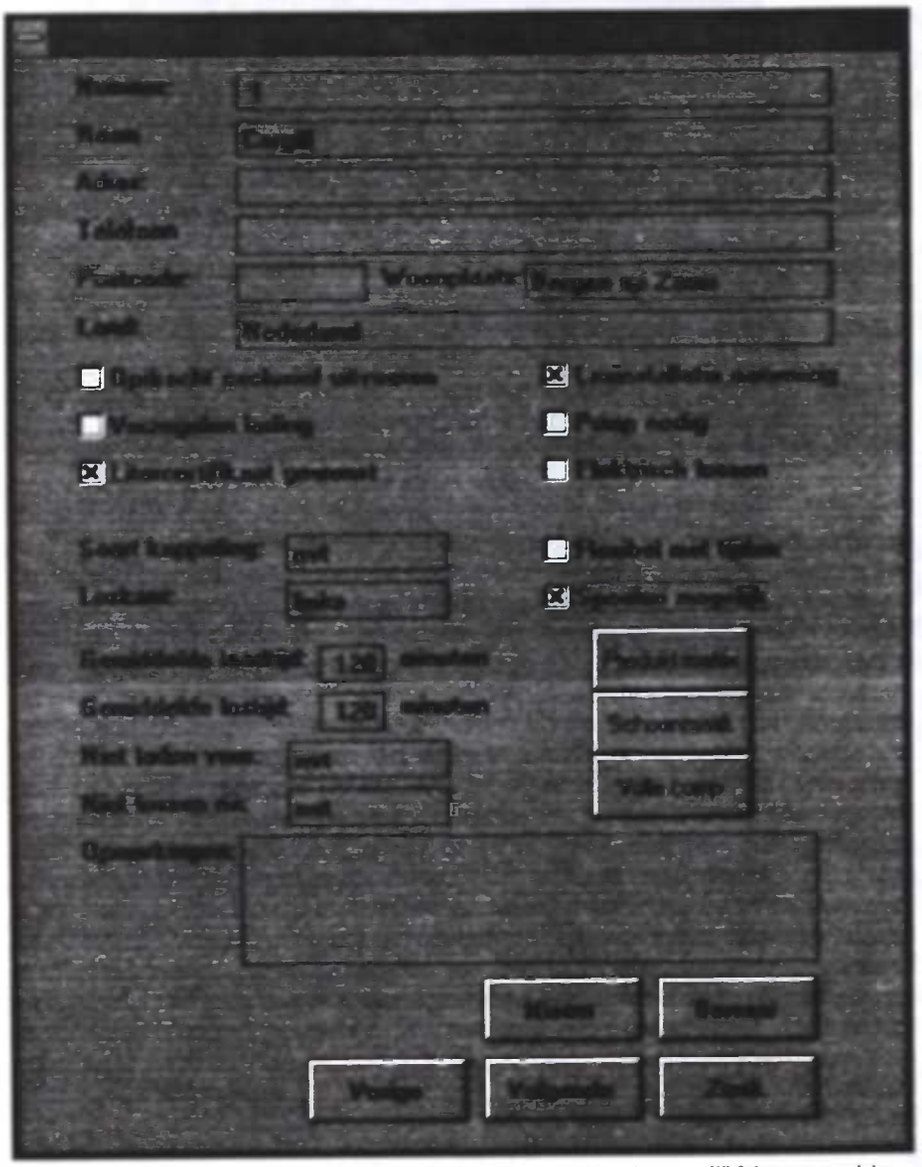


Fig. 5.6: Alle benodigde klantinformatie. Met de drie knoppen onder 'Spoelen mogelijk' kan een produktmatrix (zoals figuur 5.4) worden aangemaakt, er kan aangeven worden bij welke bedrijven er alleen mag worden schoongemaakt en er kan aangeven worden welke produkten een vol compartiment vereisen.

6 Het prototype

Er is een prototype (Eplan) ontwikkeld om voor Eikelenboom zichtbaar te maken hoe het planningsproces kan worden ondersteund. In dit hoofdstuk wordt de werking van het prototype uitgelegd en aan het eind van het hoofdstuk worden de nog uit te werken funkties/onderdelen vermeld.

6.1 Plan strategieën

Bij het maken van het programma is ervoor gekozen om de planner te ondersteunen bij het maken van een planning en niet om hem een, door de computer gemaakt, rooster op te dringen. Om dit mogelijk te maken heeft het programma twee hoofdfunkties:

1. Allereerst *automatisch plannen*, hierbij roostert het programma alle nog niet geplande opdrachten zelf.
2. De planner kan ook kiezen voor *handmatig plannen*; hij dient dan, uit een lijst van te plannen opdrachten, een opdracht aan te wijzen. Het programma geeft daarna een overzicht van een aantal wagens die de opdracht technisch gezien kunnen uitvoeren. Uit dit overzicht dient de planner een wagen te kiezen. Het overzicht laat voor elke wagen zien hoeveel het inzetten ervan 'kost.'. De kosten zijn voor de planner gespecificeerd in km-kosten, schoonmaakkosten en geschonden zachte randvoorwaarden.

Bij de funktie automatisch plannen doemt er een idee op dat er een rooster wordt gegenereerd waar verder niets aan veranderd kan worden. Dit is echter niet zo. De planner moet het gemaakte rooster controleren; hierbij dient hij de geplande opdrachten één voor één aan te wijzen. Het programma geeft steeds voor elke geplande opdracht een soortgelijk overzicht zoals bij het handmatig plannen. Bij elke opdracht kan de planner nu beoordelen of de opdracht wel of niet goed is gepland. De planner kan echter niet een alternatieve wagen uit het overzicht kiezen, omdat alle geroosterde opdrachten van elkaar afhankelijk zijn. Na het beoordelen van de opdrachten kunnen de afgekeurde opdrachten uit het rooster worden gehaald. De afgekeurde opdrachten dienen dan opnieuw gepland te worden; dit kan handmatig maar ook automatisch, omdat er nu sprake is van een andere beginsituatie.

Het is duidelijk dat handmatig en automatisch plannen twee funkties zijn die elkaar niet uitsluiten. Hierdoor zijn er verschillende strategieën mogelijk. Enkele voorbeelden om de funkties te gebruiken zijn:

- Doorlopend automatisch plannen. Hierbij zorgt het goedkeuren van opdrachten steeds voor een andere beginsituatie.

- Alles handmatig plannen. Het programma laat alleen relevante wagens zien, zodat het voor de planner overzichtelijker wordt.
- Automatisch plannen om een beginsituatie te verkrijgen en daarna handmatig verder plannen.
- Een periode automatisch plannen om een idee van de drukte te krijgen.
- etc.

6.2 De interface

Er is een gebruikersvriendelijk interface ontwikkeld. Hierbij zijn de sleutelwoorden windows en muisbesturing.

Het prototype is ontwikkeld in Visual Basic, omdat een interface met Visual Basic erg makkelijk te ontwikkelen is. Knoppen, keuze menu's e.d. hoeven niet geprogrammeerd te worden maar zijn al beschikbaar. Ook hoeven muisacties zoals aanwijzen, klikken, dubbelklikken e.d. niet te worden geprogrammeerd. Alle mogelijke acties zijn voor de programmeur beschikbaar. Hij kan aan een actie een ander scherm of een stuk code 'koppelen'. Om nu in Visual Basic een programma te maken dient de programmeur dus eerst de interface te ontwerpen en daarna aan mogelijke acties code te koppelen.

Het sterke punt van Visual Basic is zondermeer het gemak waarmee een interface wordt gemaakt. Er zijn echter ook nadelen. Twee nadelen die ik heb ondervonden zijn: (1) In Visual Basic heb je voor dataopslag alleen de beschikking over arrays. Werken met pointerstructuren is niet mogelijk. (2) Hoewel Visual Basic zelf modulair is opgezet, is het niet mogelijk modulair te programmeren. Er wordt een structuur opgedrongen waarbij code aan een scherm wordt gekoppeld.

6.3 Nog te verrichten werkzaamheden

Het ontwikkelde prototype Eplan is nog niet geschikt om een bruikbare planning voor Eikelenboom te maken, maar geeft een goed beeld van hoe de planning ondersteund kan worden. Het prototype kan gezien worden als een raamwerk waar nog diverse funkties en onderdelen aan toegevoegd dienen te worden. Voordat een bruikbare planning gemaakt kan worden dienen er de volgende zaken toegevoegd te worden:

- Om de af te leggen afstanden uit te rekenen dient er een database van steden en wegen te zijn. Momenteel is dit met een zelf gemaakte tabel opgevangen.
- Indien een klant meerdere kleine opdrachten heeft dient er een route te worden gemaakt.
- De planner dient zelf handmatig opdrachten bijelkaar te kunnen zetten. Ook als dit overbelading betekend. Er kan bij grove overtredingen dan een waarschuwing worden gegeven.
- De planner dient aan te kunnen geven of opdrachten dienen te worden voorgeladen, het programma kan hier suggesties geven. Voorladen wil zeggen dat het produkt eerder wordt opgehaald.
- Onderhoud van wagens moet aangegeven kunnen worden
- Ziekte en vakantie van chauffeurs moet aangegeven kunnen worden.
- De alternatieven dienen 'netjes' aan de planner te worden aangeboden. Zij dienen dus op kosten te worden gesorteerd en niet relevante alternatieven moeten verwijderd worden.
- De opdrachten op het scherm dienen beter te worden gespecificeerd. Er is nu alleen een nummer zichtbaar.
- Er wordt nu nog geen gebruik gemaakt van kleuren in het rooster. Zo kunnen bijvoorbeeld goedgekeurde en afgekeurde opdrachten een eigen kleur krijgen.
- Het rooster is nu van Eikelenboom gekopieerd, het begint bij maandag en eindigt onderaan met zondag. Duidelijker zou zijn om bovenaan te beginnen met de huidige dag en zo verder naar beneden te werken. Dus bv. wo, do, vr, za, zo, ma, di.
- De databases van klanten, produkten en vervoerend materiaal dienen te worden gevuld.

Zoals gezegd is de kracht van Visual Basic het maken van een interface. Daarom is het ook beter Visual Basic alleen voor de interface te gebruiken en de daadwerkelijke code in bijvoorbeeld C te schrijven. Dit is ook de wijze waarop software-huizen Visual Basic gebruiken. De huidige code dient dus te worden overgezet.

7 Conclusie

Er is een prototype voor de planning van het vrachtvervoersbedrijf Eikelenboom Internationale Transporten BV gemaakt. Het prototype is aan de planningsafdeling en de direktie van Eikelenboom gedemonstreerd. Men was zeer tevreden en is momenteel bezig met het bedenken van een constructie om het systeem ook daadwerkelijk af te maken en in te voeren. In hoeverre het projekt de gestelde probleemstellingen heeft opgelost wordt hieronder vermeld.

In hoofdstuk 2 hebben we gezien dat de probleemstelling uit 3 onderdelen bestond. Allereerst de vraag in hoeverre een elektronisch planbord verbetering in het huidig overzicht brengt. In de huidige situatie zijn er 4 planners die zittend maximaal 10 kolommen van het planbord kunnen overzien. Ook dienen zij vaak, bij het zoeken naar één vrije wagen, voor het planbord rond te lopen. Een elektronisch planbord zal hier zeker verbetering in brengen. Het lopen zoeken zal dan niet meer nodig zijn en grote beeldschermen met hoge resoluties zullen het aantal kolommen zeker vergroten. Op een 14 inch beeldscherm met lage resolutie zijn namelijk al 10 kolommen mogelijk. Ook zal door het wegfilteren van niet relevante wagens voor een opdracht het overzicht voor de planners worden vergroot.

Het tweede probleem ging over de vraag of een interface en een database gegevens voor Eikelenboom toegankelijker zouden kunnen maken. Dat dit het geval is, is door de interface van het prototype duidelijk gemaakt. Het is namelijk mogelijk om met een druk op een knop alle benodigde gegevens tevoorschijn te halen.

De laatste vraag betrof het ondersteunen van het planningsproces. In hoofdstuk 6 hebben we een aantal mogelijke strategieën gezien. Het zogenaamde handmatig plannen, waarbij uit een lijst van mogelijke wagens gekozen kan worden, zal altijd werken. Er worden immers alleen niet relevante wagens weggefilterd. Wat de kwaliteit van een automatisch rooster is, is momenteel nog een vraag. Dit omdat een realistische situatie nog niet is getest. Er kan echter gesteld worden dat het wegfilteren van niet relevante wagens al een grote verbetering voor de planners is.

Dankwoord

In dit nawoord wil ik mijn begeleiders, Prof. Dr. Ir. L. Spaanenburg, Drs. J. H. Jongejan en Dr. R. J. Jorna, bedanken voor hun uitstekende begeleiding van mijn afstudeerprojekt. Speciale dank wil ik de heer Jorna verlenen. Hij was degene die mij dit projekt aan de hand deed. Tevens wil ik van de gelegenheid gebruik maken om mijn bedrijfsbegeleider Albert Eikelenboom te bedanken voor het meewerken aan mijn interviews en het geven van uitleg over het maken van de roosters. Dan rest mij nog mijn vriendin Angéline Maas te bedanken. Zonder haar was het niet mogelijk geweest dit verslag te schrijven. Zij heeft namelijk gedurende mijn afstudeerprojekt haar computer aan mij ter beschikking gesteld.

Anand Motie.

Literatuurlijst

T.H. Cormen, C.E. Leiserson & R.L. Rivest (1990), *Introduction to algorithms*, The MIT Press, Cambridge, Masschusetts London, England.

R. Elmasri & S.B. Navathe (1989), *Fundamentals of Database Systems*, The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 390 Bridge Parkway, Redwood City, California 94065.

H. Fleuren (1988), *A computational study of the set partitioning approach for vehicle routing and scheduling problems*, Sneldruk Enschede, Enschede.

S. French (1990), *Sequencing and scheduling*, Ellis Horwood Limited, Market Cross House, Cooper Street, Chichester, West Sussex, PO19 1EB, England.

C.P. Gomes (1993a), *Job Shop Scheduling - A tutorial review*. Project Kennissystemen, LU Wageningen & VHI Groningen.

C.P. Gomes (1993b), *Planning - an introduction*. Project Kennissystemen, LU Wageningen & VHI Groningen.

D.S. Johnson & M.R.Garey, *Computers and Intractability: A quitde to the theory of NP-Completeness*, Freeman, San Francisco.

R.J. Jorna, W. van Wezel, S. Sibum & E.J. Huisman, *Diverse verslagen over SEC*. Groningen.

R.J. Jorna & J.L. Simons (1992), *Kennis in organisaties*, Coutinho, Muiderberg.

G. Schreiber, B. Wielinga & J. Breuker (1993), *KADS*, Academic Press Limited, 24 - 28 Oval Road, London NW1 7DX.

B.H.M. Klijn (1992), *Kennis Goederenvervoer over de weg*, Barn Books, Elshout.

W. Monhemius & P.P.J. Durlinger (1990), *Logistiek management*, Kluwer Bedrijfswetenschappen, Deventer.

G. Reinelt (1994), *The Traveling Salesman*, Springer-Verlag, Heidelberg.

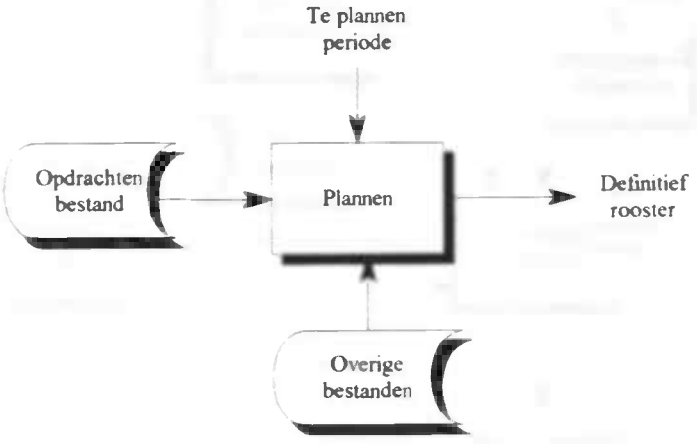
E. Turban (1990), *Decision support and expert systems*, Macmillan Publishing Company, 866 Third Avenue, New York, New York 10022.

H.B. Eilers (1990), *Systeemontwikkeling volgens SDM*, Academic Service, Postbus 96996, 2509 JJ Den Haag.

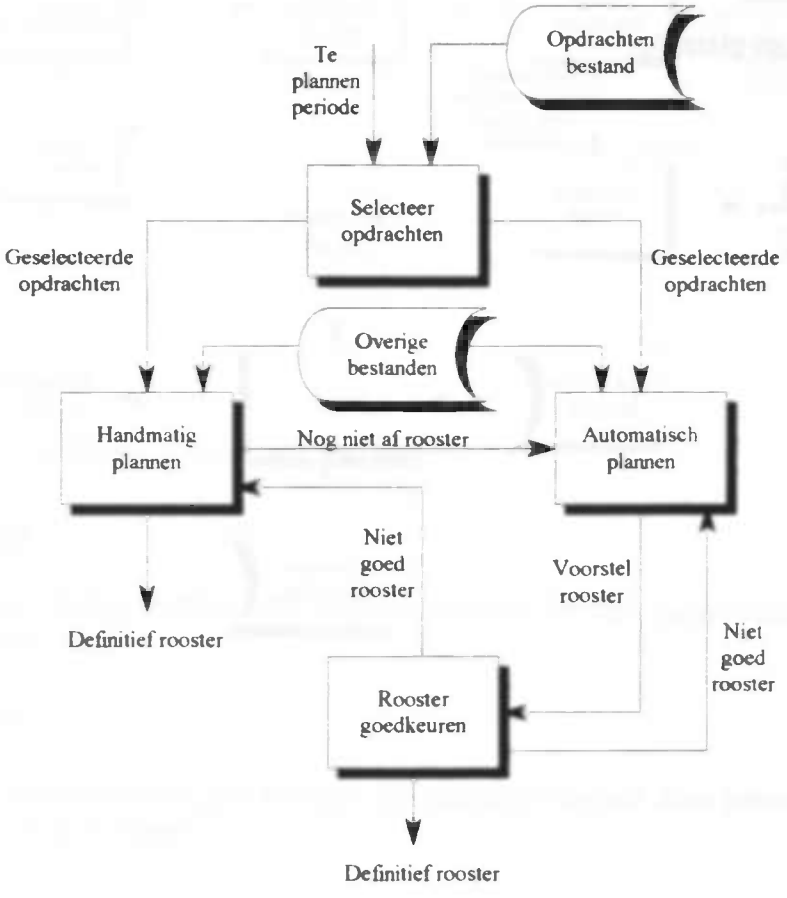
A Het ontwerp in Data-Flow Diagrammen

Hieronder staan de Data-Flow Diagrammen die het basisontwerp van het programma weergeven, zoals dat bij Eikelenboom geïmplementeerd dient te worden. De gegevensstromen van en naar buiten, komen van en gaan naar de gebruikers van het systeem. Na de diagrammen worden de gegevensstromen en de processen beschreven.

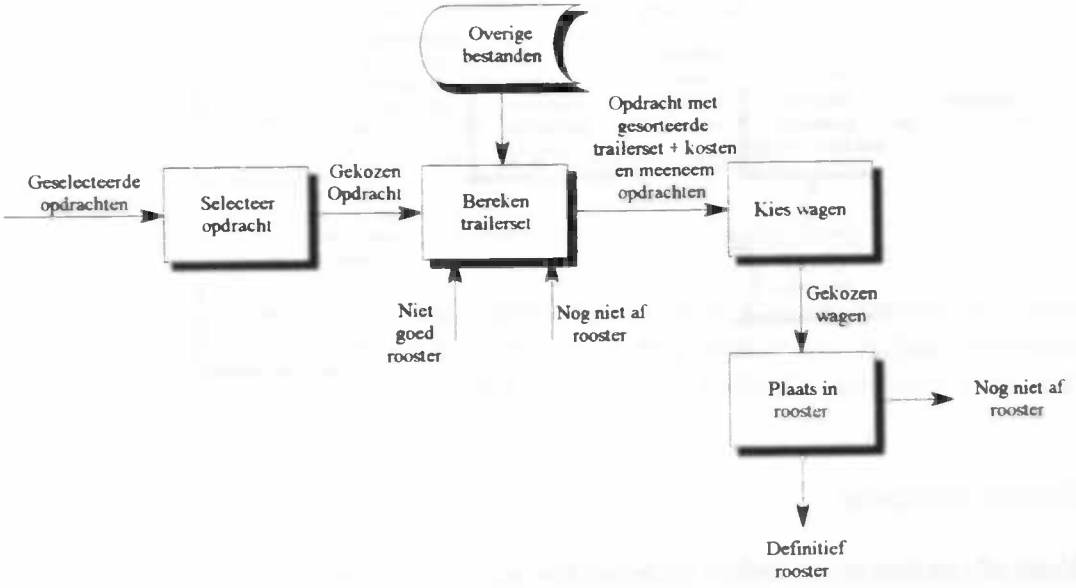
Eikelenboom planning:



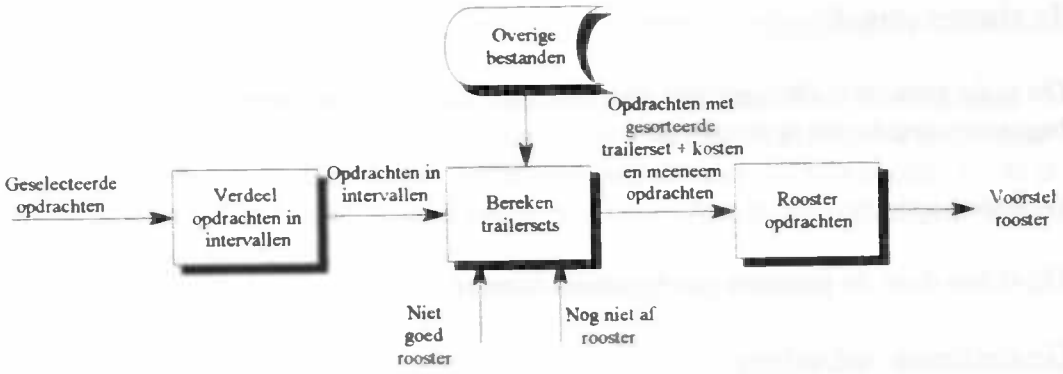
Plannen:


Te
plannen
periode
Opdrachten
bestand
Selecteer
opdrachten
Geselecteerde
opdrachten
Geselecteerde
opdrachten
Overige
bestanden
Handmatig
plannen
Nog niet af rooster
Automatisch
plannen
Niet
goed
rooster
Voorstel
rooster
Niet
goed
rooster
Definitief rooster
Rooster
goedkeuren
Definitief rooster

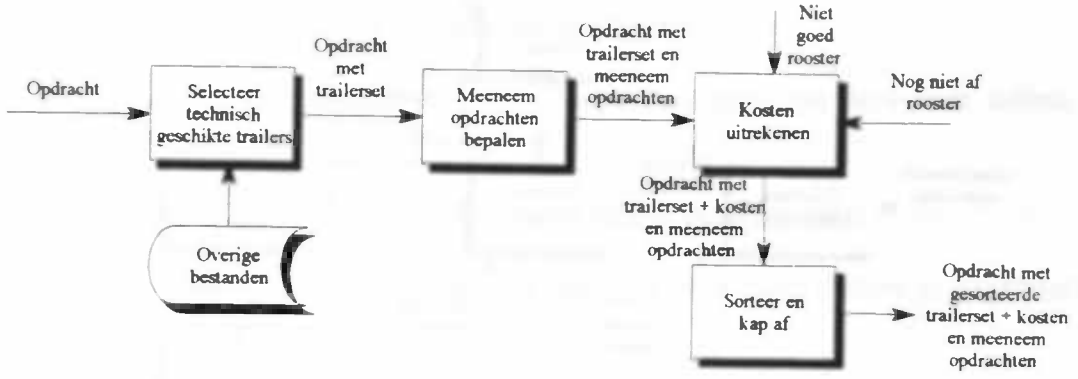
Handmatig plannen:



Automatisch plannen:



Bereken trailerset:



Bereken trailersets:

Voor alle opdrachten bereken trailerset aanroepen.

Data beschrijving

In deze data beschrijving worden alle gegevensstromen uit de voorgaande Data-Flow Diagrammen beschreven.

Te plannen periode:

Dit is de periode welke gepland gaat worden. De gebruiker bepaalt deze periode door een begin- en einddatum in te voeren.

Definitief rooster:

Dit is een door de planners goedgekeurd rooster.

Geselecteerde opdrachten:

Dit zijn de opdrachten die in de te plannen periode vallen.

Nog niet af rooster:

Dit is een rooster waarvan nog niet alle opdrachten zijn gepland.

Niet goed rooster:

Dit is een rooster waarin één of meer geplande opdrachten zijn afgekeurd.

Voorstel rooster:

Dit is een rooster dat aan de planners ter goedkeuring wordt aangeboden. Dit rooster is geheel of gedeeltelijk door het planningsprogramma gemaakt.

Gekozen opdracht:

Een nog te plannen opdracht die de gebruiker heeft geselecteerd.

Opdracht met gesorteerde trailerset + kosten en meeneem opdrachten:

Een opdracht waarvoor trailers zijn geselecteerd. Deze trailers kunnen de opdracht uitvoeren. Voor alle trailers is uitgerekend of er nog andere opdrachten meegenomen kunnen worden. Per trailer zijn de kosten uitgerekend, zodat de gebruiker weet wat het voordeligst is.

Gekozen wagen:

Dit is een vervoerscombinatie die, door de gebruiker, is gekozen om een opdracht uit te voeren.

Opdrachten in intervallen:

Dit zijn opdrachten die in een bepaald interval van de te plannen periode vallen.

Opdrachten met gesorteerde trailerset + kosten en meeneem opdrachten:

Dit zijn opdrachten, waarbij voor elke opdracht een set van trailers is bepaald. Deze trailers kunnen de opdracht technisch uitvoeren. Van alle trailers is uitgerekend, d.m.v. een kostenfunktie, hoeveel het kost om de trailer in te zetten voor deze opdracht. En er is van elke trailer bepaald of hij meerdere opdrachten van deze klant tegelijkertijd kan meenemen. De set is op kosten gesorteerd.

Opdracht:

Een opdracht die gepland dient te worden.

Opdracht met trailerset:

Een opdracht met trailers die deze opdracht, technisch gezien, eventueel kunnen uitvoeren.

Opdracht met trailerset en meeneem opdrachten:

Dezelfde set als hiervoor, met voor elke trailer een set van opdrachten van hetzelfde laadadres die meegenomen kunnen worden.

Opdracht met trailerset + kosten en meeneem opdrachten:

Dezelfde set als hiervoor waarbij voor elke trailer de kosten, om deze in te zetten, zijn uitgerekend.

Opdracht met gesorteerde trailerset + kosten en meeneem opdrachten:

Dezelfde set als hiervoor, alleen zijn de niet relevante (= te dure) trailers er uitgefilterd en is de set op kosten gesorteerd.

Proces beschrijving

Selecteer opdrachten:

Hier worden de opdrachten die in de te plannen periode vallen geselecteerd.

Rooster goedkeuren:

Dit is een interaktief proces. De gebruiker keurt hier geplande opdrachten goed of af. De niet goedgekeurde opdrachten moeten dan opnieuw worden gepland. Dit kan handmatig of automatisch worden gedaan.

Selecteer opdracht:

Hier kies de gebruiker een opdracht uit een lijst van nog te plannen opdrachten.

Kies wagen:

Het programma heeft een trailerset met kosten voor een opdracht uitgerekend. Het is de bedoeling dat de gebruiker uit deze set een trailer kiest.

Plaats in rooster:

Er wordt een opdracht waarvoor, door de gebruiker, een vervoerscombinatie is gekozen in het rooster geplaatst. Als alle opdrachten gepland zijn is men klaar. Indien men nog niet klaar is kan er handmatig verder worden gepland, of kan men de rest van de opdrachten aan automatische planning aanbieden.

Verdeel opdrachten in intervallen:

In dit proces wordt de te plannen periode in kleinere intervallen verdeeld. Hierdoor is het mogelijk om chronologisch te plannen. De dag wordt zo bijvoorbeeld in stappen van één uur verdeeld. Zo wordt na de eerste serie opdrachten deze situatie voor de tweede serie meegenomen, enz...

Rooster opdrachten:

Hier wordt van een te roosteren set opdrachten, waarvan de kosten van de mogelijk uitvoerende wagens bekend zijn, een rooster samengesteld.

Selecteer technisch geschikte trailers:

Hier worden trailers die een opdracht technisch kunnen uitvoeren geselecteerd.

Meeneem opdrachten bepalen:

Indien een trailer nog ruimte heeft wordt er gekeken of de klant niet nog opdrachten heeft die eventueel meegenomen kunnen worden. Alle mogelijke combinaties van opdrachten worden dan gemaakt en aan de kostenfunktie aangeboden.

Kosten uitrekenen:

Hier wordt voor elke trailer uitgerekend wat het "kost" om deze voor een bepaalde opdracht in te zetten. De kostenfunktie is er als volgt opgebouwd: aantal afgelegde kilometers * kilometerprijs + schoonmaakkosten + aantal minuten te laat laden * laadboete + aantal minuten te laat lossen * losboete. Verder worden de kosten, afhankelijk van het produkt en het soort wagen, nog opgevoerd met: een boete indien de wagen vet heeft vervoerd en nu vruchtesappen gaat vervoeren, een boete indien de wagen vet heeft vervoerd en nu een ander produkt (niet vruchtesappen) gaat vervoeren, een boete indien er sprake is van een internationale wagen die nu op korte afstanden wordt gebruikt, een boete voor een lage vullingsgraad van een wagen.

Al deze parameters zijn door de gebruiker in te stellen. Wat een internationale afstand is, is ook instelbaar.

Sorteer en kap af:

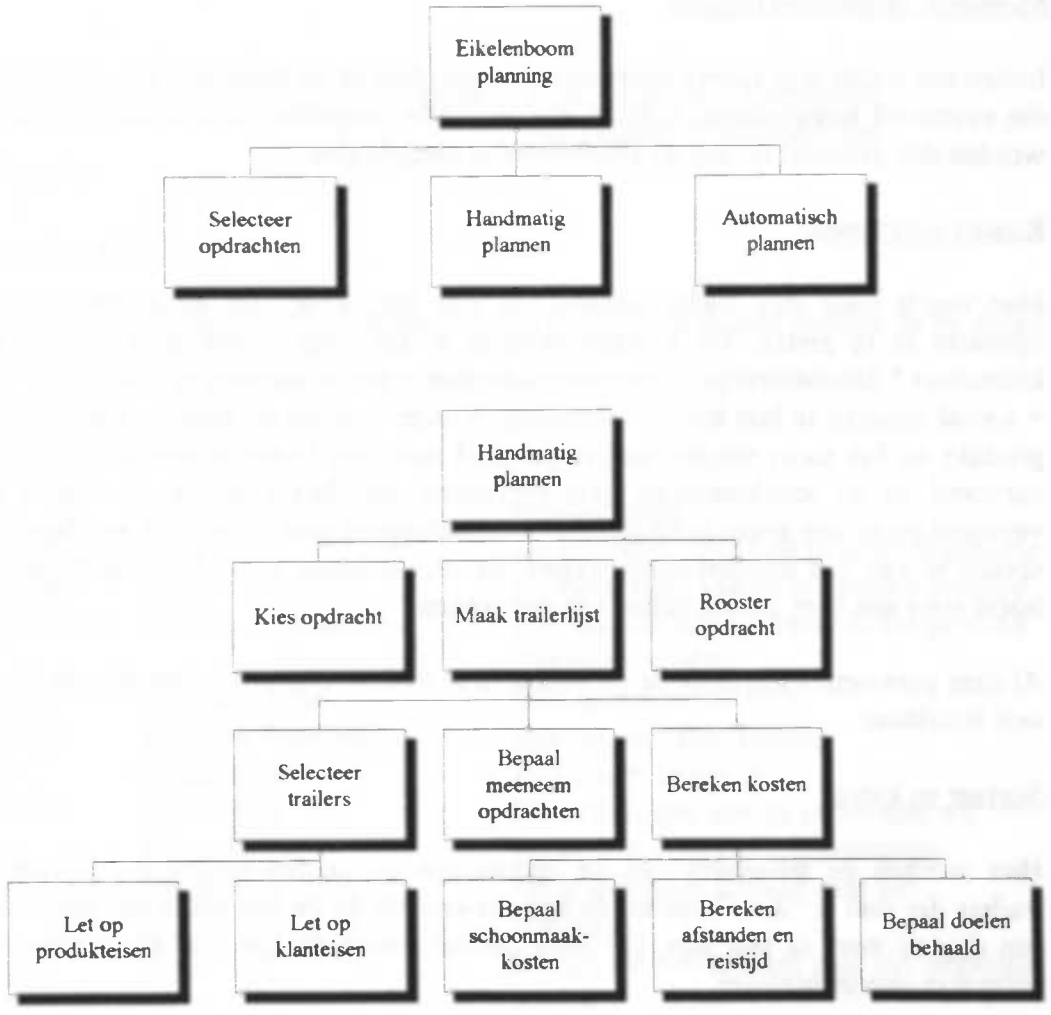
Hier worden de trailersets van de opdrachten op kosten gesorteerd. Tevens worden trailers die veel te "duur" zijn uit de lijst verwijderd. In de lijst staan dus geen wagens die een dag of meer te laat zijn. Op deze manier wordt de lijst van alternatieven voor de gebruiker overzichtelijker.

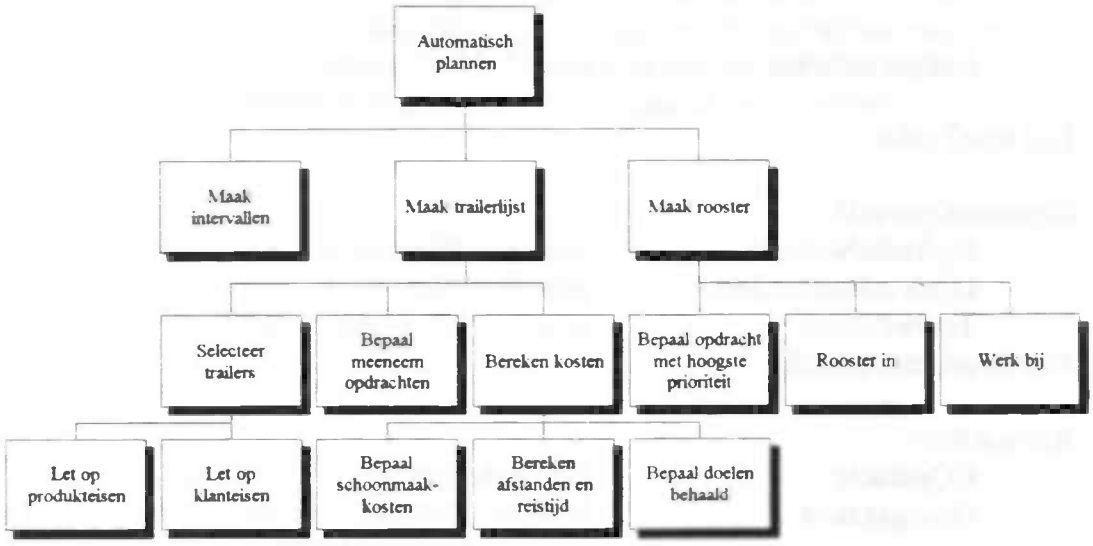
B Programmeurshandleiding

In deze handleiding wordt de opbouw van het programma 'Eikelenboom planning' gegeven. Dit gebeurt allereerst door een hiërarchische weergave van alle modulen van het systeem. Vervolgens worden alle modulen verder uitgewerkt. Dit gebeurt door middel van een kleine toelichting, een beschrijving van de parameters en een pseudo-code.

De modulen

In het diagram zijn alle modulen hiërarchisch weergegeven. Om tekentechnische redenen is het diagram in drie gedeelten gesplitst.





Data structuur

```
MaxCompartimenten       =     4
MaxDagen                =     14

CompType
        Inhoud          :     integer   'De grootte van het compartiment
        LaatsteProdukt  :     integer   'Het laatst vervoerde produkt
        ProduktNu       :     integer   'Het produkt dat nu geladen is
        Schoon          :     boolean   'Of het compartiment schoon is
        SchoonCertifikaat :   boolean   'Of er een apart schoonmaak certifikaat is
End CompType

MOpdrachten
        OpdrachtNr      :     integer   'Het opdrachtnummer
        Vertrektijd     :     tijdstip   'Wanneer geladen wordt
        Arriveertijd    :     tijdstip   'Wanneer gelost wordt
End MOpdracht

PlanTrailer
        TrailerNr       :     integer   'Het nummer van de trailer
        Gekoppeld       :     boolean   'Of de trailer gekoppeld is
        Oktrio          :     boolean   'Of de trailer als vervoerstrio ook geschikt
                                          voor de opdracht is
        AfTeLeggenAfstand :   integer   'De totale afstand die afgelegd wordt
        SchoonmakenBij  :     integer   'Waar eventueel schoongemaakt wordt
        TotaleKosten    :     integer   'De uitkomst van de kostenfunktie
```

```
        MeeneemOpdrachten  :   array(1..MaxCompartimenten) of MOpdrachten
                                  'De opdrachten die eventueel meekunnen
        Compartimenten     :   array(1..MaxCompartimenten)of CompType
                                  'Hoe de compartimenten beladen zijn
End PlanTrailer

GeplandeOpdracht
        OpdrachtNummer     :   integer   'Nummer van de geplande opdracht
        LijstVanPlanTrailers : pointer   'Een lijst van trailers met hun kosten
        TrailerPointer     :   pointer   'De gebruikte trailer
End GeplandeOpdracht

RoosterItem
        GOpdracht:         :   GeplandeOpdracht   'De geplande opdracht
        Goedgekeurd        :   boolean 'Geeft aan of de gebruiker het eens is met de
                                       gemaakte keuze
End RoosterItem

Rooster
        Matrix             :   array(1..AantalVervoersCombinaties,
                                   1..MaxDagen) of RoosterItem
End Rooster
```

Uitwerking modulen

Eerst wordt er een overzicht van de parameters gegeven en daarna worden de modulen verder uitgewerkt.

Parameterlijst

Naam	Type	Omschrijving
BeginDatum	Date	De begindatum van de te plannen periode
EindDatum	Date	De einddatum van de te plannen periode
OpdrachtLijst	Lijst van opdrachten	Een lijst van alle opdrachten die gepland dienen te worden
Opdracht	OpdrachtType	Een opdracht (zie 6.1)
TrailerLijst	Lijst van PlanTrailers	Een lijst van PlanTrailers
Trailer	TrailerType	Een trailer (zie 6.1)
PlanTrailer	PlanTrailer	Een trailer met kosten informatie e.d.
Kosten	Integer	De kosten voor het schoonmaken
Afstand	Integer	De af te leggen afstand naar een laadadres
Reistijd	Date	De tijd die nodig is om naar het laadadres te rijden
IntervalStart	Date	Het begin van een interval

IntervalEind	Date	Het eind van een interval
IntervalLijst	Lijst van GeplandeOpdracht	Een lijst van alle opdrachten met per opdracht een lijst van PlanTrailers
PrioOpdracht	GeplandeOpdracht	Een opdracht met prioriteit

0. EikelenboomPlanning

Het hoofdprogramma

Parameters: Geen.

Vraag te plannen periode(BeginDatum >,EindDatum >)
Selecteer opdrachten(BeginDatum <, EindDatum, OpdrachtLijst >)
Als HandmatigPlannen
Dan HandmatigPlannen(OpdrachtLijst <)
Anders AutomatischPlannen(BeginDatum <, EindDatum <, OpdrachtLijst <)

1. Selecteer opdrachten

In deze module worden opdrachten die in de te plannen periode vallen uit het opdrachtenbestand geselecteerd.

Parameters:	BeginDatum	<
	EindDatum	<
	OpdrachtLijst	>

Zolang niet alle opdrachten gehad Doe
    Als laaddatum in te plannen periode
    Dan plaats in lijst
Sorteer op Opdrachtlijst op laadtijd

2. Handmatig plannen

In deze module kan de gebruiker een opdracht die hij wil gaan plannen kiezen. Er worden hem dan een aantal wagens, die de opdracht kunnen uitvoeren, aangeboden. Uit deze set van alternatieven kan er één gekozen worden. Deze wordt dan in het rooster geplaatst.

Parameters: OpdrachtLijst <

Zolang gebruiker niet klaar met handmatig plannen Doe
    Vraag te plannen opdracht(OpdrachtLijst <, Opdracht >)
    Maak trailerlijst(Opdracht <, OpdrachtLijst <, TrailerLijst >)
    Vraag gekozen wagen(TrailerLijst <, Wagen >)
    Plaats in rooster(TrailerLijst <, Wagen <)

3. Automatisch plannen

Hier worden alle opdrachten automatisch geroosterd. Van elke opdracht wordt een lijst van trailers gemaakt die de opdracht kunnen uitvoeren en wat de kosten om deze trailer in te zetten zijn.

Parameters: BeginDatum <
EindDatum <
OpdrachtLijst <

IntervalStart=BeginDatum
Maak interval(IntervalStart <, EindDatum <, IntervalEind >)
Zolang nog niet einde interval Doe
    Voor alle opdrachten in interval Doe
        Maak trailerlijst(Opdracht <, OpdrachtLijst <, TrailerLijst >)
        Plaats TrailerLijst in IntervalLijst
    Maak rooster(IntervalLijst <)
    IntervalStart=IntervalEind
    Maak interval(IntervalStart <, EindDatum <, IntervalEind >)

2.1 Maak trailerlijst

Hier wordt voor een opdracht bepaald welke trailers deze kunnen uitvoeren en hoeveel het kost om ze in te zetten voor deze opdracht. De lijst wordt op kosten gesorteerd en te dure trailers worden uit de lijst verwijderd.

Parameters: Opdracht <
OpdrachtLijst <
TrailerLijst >

Voor alle trailers Doe
    Als technisch geschikt
    Dan Bepaal meeneem opdrachten(Trailer <, Opdracht <, OpdrachtLijst,
                                   PlanTrailer >)
        Bereken kosten(PlanTrailer <>)
        Plaats PlanTrailer in TrailerLijst
Sorteer en kapaf(TrailerLijst <>)

2.1.1 Bepaal meeneem opdrachten

Hier wordt bepaald welke opdrachten het beste samen met de gekozen opdracht meegenomen kunnen worden. Dit indien de laadklant nog meer opdrachten heeft.

Parameters: Trailer <
Opdracht <
OpdrachtLijst <
PlanTrailer >

Als meer opdrachten van dezelfde dag
Dan kijk naar tijden en klantwensen en routes

2.1.2 Bereken kosten

In deze module worden de kosten van het inzetten van deze trailer voor deze opdracht berekend.

Parameters: PlanTrailer <>

Bepaal schoonmaakkosten(PlanTrailer <>, Kosten >)
Bereken afstanden en reistijd(PlanTrailer <>, Afstand >, Reistijd >)
PlanTrailer.TotaleKosten = Afstand* kilometerprijs + Kosten + aantal
minuten te laat laden * laadboete + aantal minuten te laat
lossen * losboete
Als vorig produkt vet en nu vruchtesappen vervoeren
Dan PlanTrailer.TotaleKosten = PlanTrailer.TotaleKosten + VetVruchtBoete
Als vorig produkt vet en nu ander produkt dan vet en vruchtesappen vervoeren
Dan PlanTrailer.TotaleKosten = PlanTrailer.TotaleKosten + VetAndersBoete
Als internationale wagen en nu afstand < internationale afstand
Dan PlanTrailer.TotaleKosten = PlanTrailer.TotaleKosten + InternationaalBoete
Als lage vullingsgraad
Dan PlanTrailer.TotaleKosten = PlanTrailer.TotaleKosten + VullingsgraadBoete

2.1.3 Sorteer en kapaf

In deze module wordt de alternatievenlijst voor de gebruiker overzichtelijker gemaakt. De niet relevante trailers worden verwijderd en de lijst wordt gesorteerd.

Parameters: TrailerLijst <>

Sorteer TrailerLijst op kosten
Verwijder Trailers waarvan het kosten verschil met de vorige te groot wordt.

2.1.2.1 Bepaal schoonmaakkosten

Hier wordt gekeken of de trailer schoongemaakt moet worden. Indien dit het geval is wordt bepaald waar dit het beste gedaan kan worden en hoeveel het schoonmaken kost.

Parameters: PlanTrailer <>
Kosten >

Als het produkt in de schone compartimenten van de trailer past
Dan kosten = 0
Anders kijk waar het dichtstbijzijnde schoonmaakbedrijf is dat van de klant mag
kosten = schoonmaakprijs bedrijf + extra afstand * km-prijs

2.1.2.2 Bereken afstanden en reistijd

In deze module worden de af te leggen afstanden en de reistijd uitgerekend. Deze module is niet uitgewerkt.

Parameters: PlanTrailer <>
Afstand >
Reistijd >

3.1 Maak interval

Met deze module wordt de te plannen periode in kleine intervallen verdeeld. De grootte van de stappen kan met behulp van de variabele IntervalGrootte worden veranderd.

Parameters: IntervalStart <
EindDatum <
IntervalEind >

IntervalEind = IntervalEind + IntervalGrootte

3.2 Maak rooster

Deze module stelt van een set van opdrachten een rooster samen. De opdrachten worden door een heuristische aanpak over de beschikbare wagens verdeeld. Het is namelijk niet altijd mogelijk om voor elke opdracht de meest gunstige vervoerscombinaties te nemen. Het rooster is globaal gedefinieerd.

Parameters: IntervalLijst <

Bepaal opdracht met hoogste prioriteit(IntervalLijst <, PrioOpdracht >)
Rooster in(PrioOpdracht <)
Werk bij(PrioOpdracht <, IntervalLijst <>)

3.2.1 Bepaal opdracht met hoogste prioriteit

Er wordt van alle opdrachten het verschil tussen de twee goedkoopste wagens voor die opdracht bepaald. Aan de opdracht waar het verschil het grootst is wordt de hoogste prioriteit verleend.

Parameters: IntervalLijst <
PrioOpdracht >

Voor alle opdrachten Doe
    Bepaal verschil
Voor alle verschillen Doe
    Bepaal grootste
PrioOpdracht = die met grootste verschil

3.2.2 Rooster in

De opdracht wordt in het rooster geplaatst.

Parameters: PrioOpdracht <

Plaats PrioOpdracht in rooster

3.2.3 Werk bij

De trailer die net is ingeroosterd moet bij de andere opdrachten in de IntervalLijst worden weggestreept.

Parameters: PrioOpdracht <
IntervalLijst <>

Voor alle opdrachten Doe
    Als trailer voorkomt
    Dan streep weg