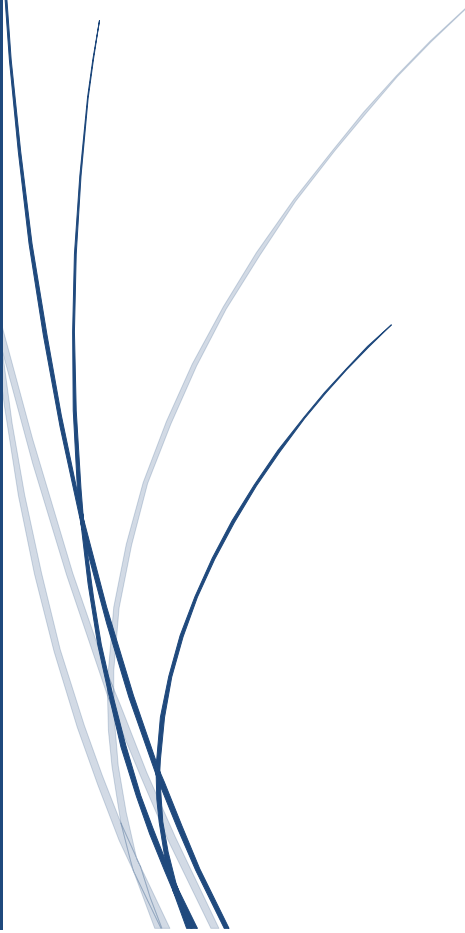




21-8-2017

Een betere planning voor BrumBrum

Bachelor eindverslag



Titel

Een betere planning voor BrumBrum

Student

J. Staakman
Technische Bedrijfskunde
Universiteit Twente

BrumBrum

Langestraat 84
7491 AJ Delden
Telefoon: 074-700 21 32
E-mail: info@brumbrum.nl

Begeleider BrumBrum

B. Brummelhuis

Onderwijsinstelling

Universiteit Twente
Faculteit Behavioural, Management and Social Sciences (BMS)
Technische Bedrijfskunde

Eerste begeleider Universiteit Twente

Dr. ir. L.L.M. van der Wegen

Tweede begeleider Universiteit Twente

Dr. ir. M.R.K. Mes

Voorwoord

Voor u ligt het bachelor eindverslag 'Een betere planning voor BrumBrum'. Ter afsluiting van de bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente heb ik voor mijn bacheloropdracht een onderzoek gedaan bij het bedrijf BrumBrum.

In een periode van ongeveer twintig weken heb ik het onderzoek voorbereid en uitgevoerd. Tijdens de bachelor eindopdracht heb ik een kijkje mogen nemen in de praktijk en daarmee veel geleerd over de aanpak van een onderzoek en de communicatie die nodig is om het onderzoek uit te voeren.

Allereerst wil ik Bob en Lian Brummelhuis bedanken, als eigenaren van BrumBrum hebben zij mij de kans gegeven mijn eindopdracht bij BrumBrum uit te voeren. Bob was daarnaast de begeleider van mijn onderzoek, met vragen kon ik altijd bij hem terecht. Tevens wil ik Leo van der Wegen en Martijn Mes, mijn begeleiders vanuit de universiteit, bedanken voor de tijd die ze hebben genomen om mij van feedback te voorzien en de begeleiding die ze hebben gegeven tijdens de eindopdracht.

Jeroen Staakman

Augustus 2017

Managementsamenvatting

Het bedrijf BrumBrum, een dagbehandeling voor kinderen met een beperking heeft sinds januari van dit jaar een nieuwe manier van werken toegepast. Vanaf dat moment staat het kind meer centraal binnen de organisatie, het kind staat op plek één. Als gevolg daarvan zit BrumBrum met het probleem dat het maken van een planning voor de medewerkers erg complex is en te veel tijd kost. De hoofdvraag van dit onderzoek is dan ook: *Hoe kan het planningsproces bij BrumBrum worden verbeterd, zodat de tijd die het kost om een planning te maken wordt verkort en de planning wordt geoptimaliseerd?*

Antwoord op deze vraag wordt gegeven door allereerst de literatuur te raadplegen en een passend theoretisch kader te kiezen. Er is gekozen om een vorm van *Linear Programming* te gebruiken, namelijk *Goal Programming*. BrumBrum heeft namelijk verschillende doelen waar de planning over geoptimaliseerd dient te worden.

Aan de hand van verschillende scenario's waarin wordt gevarieerd met doelen en restricties in het *Goal Programming* model wordt bekeken welk scenario en het daarbij behorende model de beste resultaten geeft voor de planning van de medewerker van BrumBrum. BrumBrum heeft drie doelen waarop gelet dient te worden tijdens het maken van een planning namelijk:

- het aantal verschillende begeleiders dat een kind in een week ziet, dient maximaal twee te zijn
- de score tussen een begeleider en een kind moet zo hoog mogelijk zijn
- een coach moet zijn of haar toegewezen kinderen, wanneer hij of zij werkt als begeleider, minimaal één keer in de twee weken zien.

De resultaten van de verschillende scenario's laten zien dat het mogelijk is om op elk doel dat BrumBrum heeft, beter te scoren dan in de huidige situatie. Daarnaast wordt de tijd die het kost om een rooster te maken, enorm verminderd. Deze tijd is van uren puzzelen voor het maken van een planning teruggedrongen naar een tijd van ongeveer één seconde.

Door het uitwerken en bespreken van de scenario's is duidelijk geworden hoe de verschillende doelen invloed hebben op de planning van BrumBrum. Door dit nieuwe inzicht heeft BrumBrum besloten de manier van werken aan te passen waardoor op een eenvoudige manier een veel beter rooster voor de kinderen gemaakt kan worden.

Vanaf september 2017 zullen de kinderen in vaste groepen worden ingedeeld en worden er twee vaste medewerkers aan een groep kinderen gekoppeld waardoor er uiteindelijk meer rust en structuur voor de kinderen is. Hierdoor is er behoefte ontstaan aan een vijfde scenario waarin dit nieuwe inzicht verwerkt is. Dit is gebaseerd op *Integer Linear Programming*. In dit model wordt niet meer geoptimaliseerd, er wordt bij het oplossen van het model een oplossing gegeven die voldoet aan de restricties die BrumBrum oplegt aan het rooster. Het model voor deze nieuwe manier van werken kan worden geïmplementeerd in Microsoft Excel dat aanwezig is bij BrumBrum en kan op die manier gebruikt worden door de eigenaresse van BrumBrum die de planningen maakt.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Managementsamenvatting	3
Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	5
1.1 Het bedrijf BrumBrum	5
1.2 Planningsproblematiek.....	6
1.3 Probleemkluwen en afbakening	7
1.4 Stakeholder analyse	9
1.5 Theoretisch kader	10
1.6 Onderzoeksvragen en plan van aanpak.....	13
2 Toepassingen van Goal Programming	14
2.1 Literatuurstudie Goal Programming	14
2.2 Voorbeeld van een Goal Programming probleem	16
3 De planning in de huidige situatie	18
3.1 Gegevens die nodig zijn voor het rooster	18
3.2 Rooster in de huidige situatie.....	19
4 Een passend model voor BrumBrum.....	21
4.1 Data ten behoeve van het model	21
4.2 Scenario's	21
4.3 Resultaten	26
4.4 Bespreking van de scenario's	27
5 Scenario 5: alternatief model.....	30
5.1 Model scenario 5	30
5.2 Resultaten scenario 5	31
5.3 Implementatie scenario 5	33
6 Conclusie.....	34
Appendix A: Rooster huidige situatie.....	35
Appendix B: Model scenario 2.....	36
Bronnenlijst	40

1 Inleiding

De inleiding van dit bachelorverslag geeft een korte introductie van het bedrijf BrumBrum. Daarnaast komen de probleemidentificatie, een stakeholder analyse en de onderzoeksvragen aan bod. Dit gebeurt aan de hand van de stappen uit de algemeen bedrijfskundige probleemaanpak (ABP) uit het boek Geen probleem (Heerkens & Van Winden, 2012). De eerste twee fases komen in dit hoofdstuk aan bod.

1.1 Het bedrijf BrumBrum

BrumBrum (vanaf nu BB) is een dagbehandeling voor kinderen met een ontwikkelingsachterstand. Het bedrijf BB, gevestigd in het centrum van Delden, ontvangt kinderen die een ontwikkelingsachterstand hebben. Deze kinderen kunnen daardoor niet mee doen in het reguliere onderwijs. BB is vier dagen in de week open op maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag.

Sinds januari 2017 heeft BB de manier van werken dusdanig aangepast dat de kinderen nog meer centraal staan binnen de organisatie. Dat de kinderen meer centraal staan betekent dat BB allereerst naar het kind kijkt om te bepalen wat voor begeleiding dit kind nodig heeft. Vervolgens plaatst BB het kind in een groep, wijst de kinderen een ruimte toe en wordt het personeel ingedeeld. Het doel van het kind centraal laten staan is dat daarmee op de eerste plaats het welzijn en op de tweede plaats de ontwikkeling van het kind wordt verbeterd.

BB is momenteel ingericht voor maximaal twaalf kinderen per dag. Op korte termijn wordt dit maximaal zestien kinderen. De zestien kinderen worden verdeeld over vier verschillende groepen van elk vier kinderen. Daarbij heeft elke groep een eigen ruimte. De opzet van iedere groep is anders: kinderen worden ingedeeld waar ze het beste passen, zie Tabel 1. Het is niet per definitie zo dat een kind begint in groep 1 en naarmate de tijd vordert naar de volgende groep wordt overgeplaatst, zoals dit gebeurt op de basisschool. Niet alle kinderen komen vier dagen per week naar BB. Dit hangt af van de voorkeur van de ouders. Zo zijn er kinderen die één keer per week aanwezig zijn maar ook kinderen die elke dag aanwezig zijn.

Groep 1	Ervaren
Groep 2	Ontwikkelen
Groep 3	Vorbereiden op basisonderwijs
Groep 4	Gedrag

TABEL 1: OPZET VAN DE GROEPEN

De kinderen van BB hebben intensieve begeleiding nodig. Ten eerste heeft iedere groep een begeleider. Deze begeleider zorgt de hele dag voor deze groep kinderen. Een begeleider heeft geen vaste groep en kan bijvoorbeeld maandag groep 1 verzorgen en op dinsdag groep 4. Ten tweede is er naast de begeleiders die voor een groep staan iedere dag één allround-medewerker aanwezig. Deze medewerker zorgt voor de lunch en kan wanneer nodig bijspringen bij een groep kinderen. Ten derde is er een coach aanwezig die als taak heeft om met alle kinderen aan de ontwikkeling te werken. Dit kan individueel gebeuren, maar ook in groepjes. Als laatste is er een coach die een schrijfdag heeft, dit houdt in dat de administratie over de kinderen bijgewerkt wordt. Eén van deze werkzaamheden is het bijwerken van de 'smilelijst'. Op de 'smilelijst' wordt bijgehouden hoe een kind zich voelt op een dag en welke begeleider het kind die dag had. Er wordt op zeven momenten op een dag een 1 of een 0 gegeven, een 1 als het goed gaat, een 0 als het niet goed gaat. Samengevat zijn er op een dag dat er zestien kinderen aanwezig zijn, zeven medewerkers werkzaam: vier begeleiders, één allrounder, één coach en één coach met een schrijfdag.

Naast het personeel dat in dienst is van BB, zijn er ook nog specialisten, zoals een fysiotherapeute, een ergotherapeut, een spelbegeleidster, een orthopedagoog, een logopedist en een muziektherapeute. Deze specialisten zijn eenmaal per week aanwezig op een vooraf bepaalde dag. Deze specialisten adviseren de ouders over welke dagen geschikt zijn voor het kind om naar BB te gaan.

Op dit moment wordt de korte termijnplanning van het personeel door de eigenaresse van BB gemaakt. Zij doet dit in Excel door uit te zoeken welke begeleider op een bepaalde dag het best bij een groep kinderen past, wie er die dag coach is, wie die dag allrounder is en welke medewerker een schrijfdag heeft. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met het aantal verschillende begeleiders dat een kind ziet in een week en ook moet bekeken worden of de kinderen hun coach wel een keer in de twee weken zien. De korte termijnplanning wordt daarom op dit moment voor twee opeenvolgende weken gemaakt. Als de tweede week voorbij is begint de planning weer bij week 1. Figuur 1 laat een voorbeeld zien van de planning op dit moment.

FIGUUR 1: VOORBEELD UIT TWEEWEEKSE PLANNING VAN BRUMBRUM

6

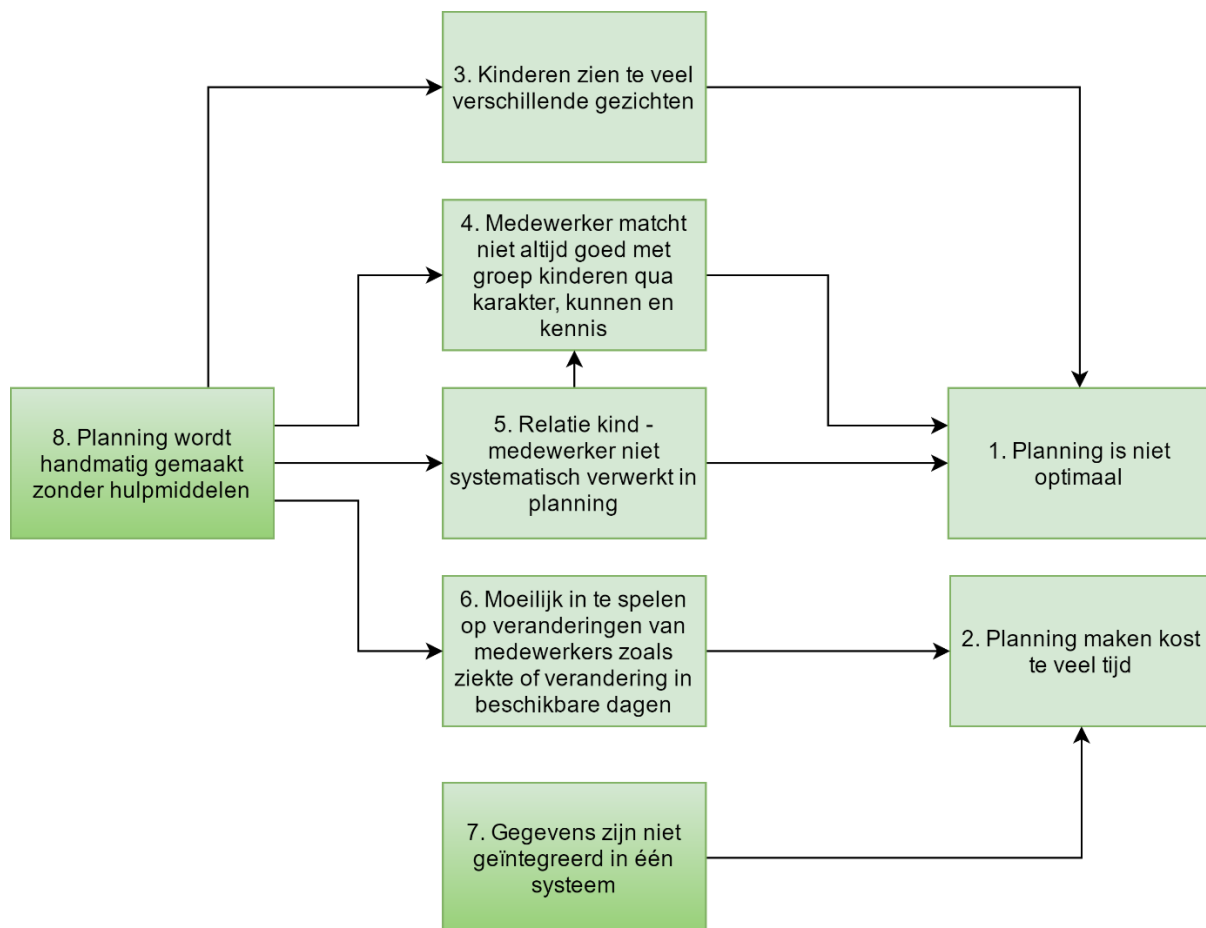
alle groepen aanwezig zijn, zijn er al zeven medewerkers nodig. Naast dat de planning te complex is en te veel tijd kost, lijkt de planning niet altijd optimaal. Niet optimaal betekent dat er een optie is waarbij een medewerker beter bij een andere groep past, er een mogelijkheid is waarbij kinderen minder verschillende medewerkers in de week zien en/of dat een coach meer van zijn of haar toegewezen kinderen kan zien.

Wanneer de eigenaresse de planning moet wijzigen doordat er bijvoorbeeld een kind bij is gekomen, of een medewerker BB verlaat, moet de planning in zijn geheel opnieuw worden gemaakt. Er kan niet eenvoudig met medewerkers worden geschoven. Hierbij is het probleem niet het maken van de indeling van de kinderen in de groepen, maar vooral de toewijzing van de medewerkers aan de groepen. Dit is lastig omdat de medewerkers parttime werken, niet elke dag dezelfde kinderen aanwezig zijn en de medewerkers meerdere functies moeten vervullen. Pers-3 uit Figuur 1 staat bijvoorbeeld op maandag voor een groep kinderen als begeleider, op dinsdag is zij coach en op donderdag heeft zij een schrijfdag. Dit maakt het lastig om een sluitende planning te maken. Daarnaast moet er bij het maken van de planning rekening gehouden worden met de kinderen. Ten eerste past de ene begeleider beter bij de ene groep kinderen dan bij de andere groep. Doordat BB het kind centraal heeft staan wil zij de medewerker indelen die het beste met een bepaalde groep overweg kan. Ten tweede is het voor de kinderen van belang dat zij niet te veel verschillende begeleiders in een week zien. BB heeft als doel dat een kind maximaal twee verschillende begeleiders ziet in een week. Naast dat het lastig is om de planning sluitend te krijgen wordt deze nog complexer door rekening te houden met hierboven genoemde beste kind-medewerker combinatie en het halen van de doelstelling om maximaal twee begeleiders per kind te hebben.

Dit onderzoek is gericht op het vereenvoudigen en het verbeteren van de planning van het personeel bij BB, rekening houdend met alle randvoorwaarden.

1.3 Probleemkluwen en afbakening

We stellen een probleemkluwen op aan de hand van de ABP (Heerkens & Van Winden, 2012) om tot het kernprobleem te komen. De probleemkluwen (Figuur 2) geeft zowel de problemen die bij BB spelen als de causale relaties tussen deze problemen weer. Tabel 2 geeft een gedetailleerde beschrijving van ieder probleem. De donkergroen gekleurde problemen zijn de potentiële kernproblemen. Hieronder wordt de keuze voor het kernprobleem verder toegelicht.



FIGUUR 2: PROBLEEMKLUWEN VAN DE PROBLEMEN BIJ BB

#	Probleem	Beschrijving
1	Planning is niet optimaal	De planning die de eigenaresse van BB maakt is waarschijnlijk niet optimaal. Er komt één planning uit maar er kan niet worden gezegd of deze optimaal is.
2	Planning maken kost te veel tijd	Het maken van de planning kost te veel tijd, nu is de eigenaresse daar uren mee bezig en dit moet sneller. Dit zorgt voor frustratie.
3	Kinderen zien te veel verschillende begeleiders	Kinderen mogen maximaal twee verschillende begeleiders per week zien. Deze restrictie zorgt ervoor dat veel mogelijke planningen afvallen en het regelmatig niet lukt om aan deze voorwaarde te voldoen.
4	Begeleider matcht niet altijd goed met groep kinderen qua karakter, kunnen en kennis	Doordat de planning niet optimaal is, komt het voor dat een begeleider gekoppeld is aan een groep waar het niet goed mee klikt.
5	Relatie kind - medewerker niet systematisch verwerkt in planning	Op dit moment houdt de eigenaresse uit het hoofd rekening met de onderlinge relaties tussen de medewerkers en de kinderen. Dit gebeurt niet systematisch terwijl hier gebruik gemaakt zou kunnen worden van de in de inleiding beschreven smilelijst.
6	Moeilijk in te spelen op veranderingen	Wanneer een medewerker ziek is, wordt dit ingevuld door een vervanger. Als de ziekte langer duurt dan

	medewerkers zoals ziekte of verandering in beschikbare dagen	een paar dagen of wanneer de medewerker zijn of haar beschikbare dagen aanpast moet de planning worden aangepast. Dit betekent dat de gehele planning opnieuw gemaakt moet worden.
7	Gegevens zijn niet geïntegreerd in één systeem	Voor verschillende onderdelen van het bedrijf zijn verschillende Excel bestanden, zo wordt bijvoorbeeld de medewerker - kind relatie bijgehouden in een ander bestand dan de planning en worden de contracturen van het personeel apart verwerkt.
8	De planning wordt handmatig gemaakt zonder hulpmiddelen	De korte termijnplanning van BB wordt handmatig in een spreadsheet ingevoerd.

TABEL 2: PROBLEMBESCHRIJVINGEN

De probleemkluwen laat zien dat de problemen van BB te herleiden zijn naar twee potentiële kernproblemen. Dit zijn: '7. Gegevens zijn niet geïntegreerd in één systeem' en '8. De planning wordt handmatig gemaakt zonder hulpmiddelen'.

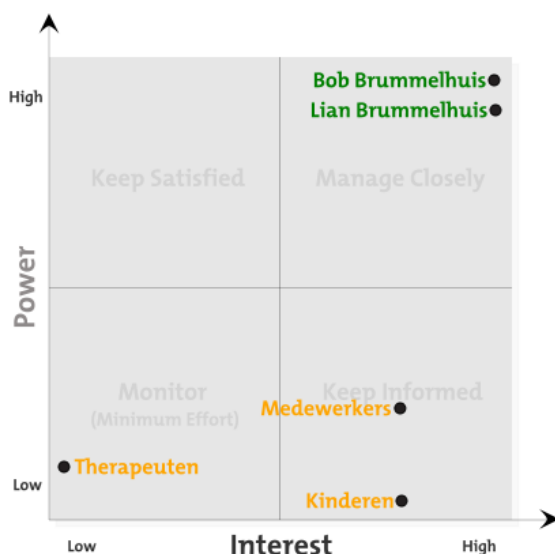
Gezien het feit dat het onderzoek zich beperkt tot 10 weken is de keuze gemaakt om kernprobleem 8 aan te pakken. Het oplossen van dit probleem zal het meeste effect hebben. Probleem 7, 'Gegevens zijn niet geïntegreerd in één systeem' zal in een volgend onderzoek meegenomen kunnen worden.

Het indelen van de kinderen in groepen wordt niet als probleem gezien omdat de medewerkers van BB goed weten welke kinderen samen in een groep passen. De groepsindeling wordt als input gezien bij het oplossen van het probleem. Wanneer er nieuwe kinderen naar de dagbehandeling komen, zal de input veranderd moeten worden.

Het kernprobleem: 'De planning wordt handmatig gemaakt zonder hulpmiddelen' zal de basis zijn voor dit onderzoek.

1.4 Stakeholder analyse

Om de hierboven geïdentificeerde problemen op te lossen, dient er een overzicht gemaakt te worden van de personen die met de problemen en de mogelijke oplossing daarvan te maken hebben. In onderstaand schema staan de partijen die belang hebben bij het verbeteren van de manier van plannen, de zogeheten stakeholders.



FIGUUR 3: INTEREST - POWER

De kinderen van BB

Zoals BB aangeeft komen de kinderen op de éérste plaats. De kinderen zijn de klanten van het bedrijf. Alle acties die het bedrijf neemt, moeten gunstig zijn voor de kinderen. De planning voor het personeel van BB moet volgen op de indeling van de kinderen. Het is van belang dat de kinderen zo weinig mogelijk verschillende begeleiders zien en dat er een zo stabiel mogelijke omgeving is. De kinderen hebben zelf weinig invloed op het resultaat van deze bacheloropdracht. Het belang voor de kinderen is hoog want uiteindelijk heeft het resultaat invloed op de kinderen. Dit geldt ook voor de ouders van de kinderen die belang hebben bij de groei van hun kind.

De eigenaresse die de planning maakt

De eigenaresse van BB maakt de planning van de kinderen en het personeel. Zij is de persoon die de problemen ervaart tijdens het maken van de planning. Omdat zij de eigenaresse en de persoon is die de planning maakt heeft zij een groot belang en ook een grote invloed.

De mede-eigenaar van BB

De man van de eigenaresse en mede-eigenaar van BB, heeft net als de eigenaresse een groot belang bij BB. Hij is de begeleider voor het onderzoek en heeft daarmee een grote invloed en veel belang bij het resultaat.

De medewerkers van BB

De planning heeft invloed op het personeel dat in dienst is bij BB. Er zullen dagen zijn waarop personeel niet kan werken of waarop ze juist graag werken. De medewerkers zullen weinig invloed hebben op de uitkomst van de bacheloropdracht, maar hebben veel belang hebben bij de uitkomst.

De externe therapeuten

BB huurt de externe therapeuten in. Elke therapeut heeft zijn of haar eigen vaste werkdag. Deze werkdag wordt niet in de personeelsplanning van BB vastgesteld. De indeling van de kinderen hangt daarom af van de dagen waarop de therapeuten komen. Wanneer de ergotherapeut bijvoorbeeld op dinsdag komt, wordt een kind dat behoefte heeft aan ergotherapie aangeraden om op die dag te komen. De indeling van de kinderen die gebaseerd is op de komst van de therapeuten wordt als gegeven beschouwd. De therapeuten hebben geen invloed en geen belang bij het resultaat van de opdracht. Voor hen zal er weinig veranderen.

1.5 Theoretisch kader

In deze paragraaf wordt toegelicht in welk theoretisch kader de problemen van BB geanalyseerd en verholpen worden. Dit is gedaan door literatuur te raadplegen. Onder andere literatuur uit de bachelor Technische Bedrijfskunde van de Universiteit Twente en andere literatuur die beschikbaar is op internet.

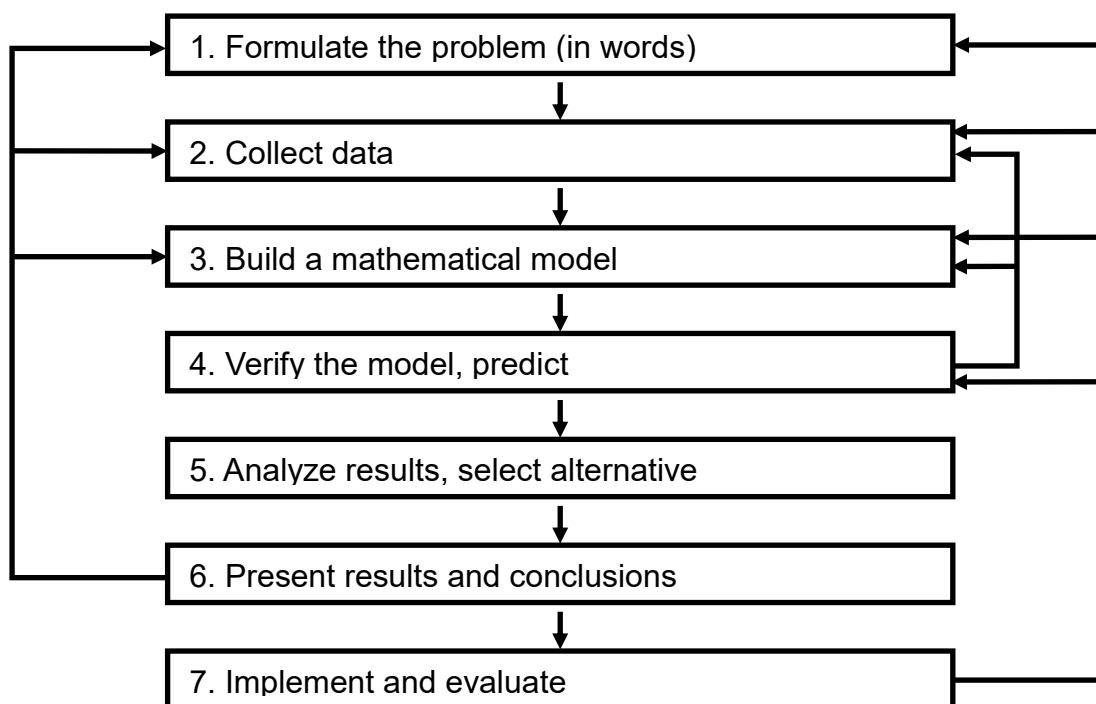
Uit de probleemkluwen van BB in paragraaf 1.3 blijkt dat de planning handmatig gemaakt wordt. Het gevolg hiervan is dat de planning misschien niet optimaal is en het veel tijd kost om de planning te maken. Het ligt voor de hand om de planning daarom te automatiseren.

Zoals beschreven in de inleiding, moet de planning worden geoptimaliseerd over meerdere doelen. Het aantal verschillende begeleiders dat een kind in een week ziet moet worden geminimaliseerd, de best passende medewerker moet bij een groep kinderen worden gekozen met behulp van de smilelijst en een coach moet als begeleider zoveel mogelijk van zijn of haar kinderen zien.

Doordat er over meerdere doelen geoptimaliseerd moet worden, wordt *Goal Programming* gebruikt. *Goal Programming* kan worden gezien als een extensie van *Linear Programming* waarbij omgegaan kan worden met meerdere doelen, die vaak tegenstrijdig zijn (Li, Burke, Curtois, Petrovic, & Qu, 2012). Afgezien van het verschil in doelen is *Goal Programming* nagenoeg gelijk aan *Linear Programming*. *Goal Programming* is vooral nuttig wanneer niet aan alle restricties voldaan kan worden, er kan dan onderscheid gemaakt worden tussen zachte en harde restricties. Zachte restricties kunnen bij *Goal Programming* worden gedefinieerd als doelen. Het is mogelijk om de verschillende doelen een andere weging te geven. Voor BB is het bijvoorbeeld mogelijk het aantal begeleiders dat een kind ziet zwaarder mee te laten wegen dan de score die een medewerker heeft met een kind uit de smilelijst of het aantal kinderen dat de coach ziet.

Theoretisch model

De volgende schematische aanpak kan worden gehanteerd tijdens het oplossen van een *Linear Programming* probleem (Van der Wegen, 2014) maar ook bij het formuleren van een *Goal Programming* probleem. Naar aanleiding van een module in de bachelor Technische Bedrijfskunde is voor dit model gekozen.



FIGUUR 4: THEORETISCH MODEL

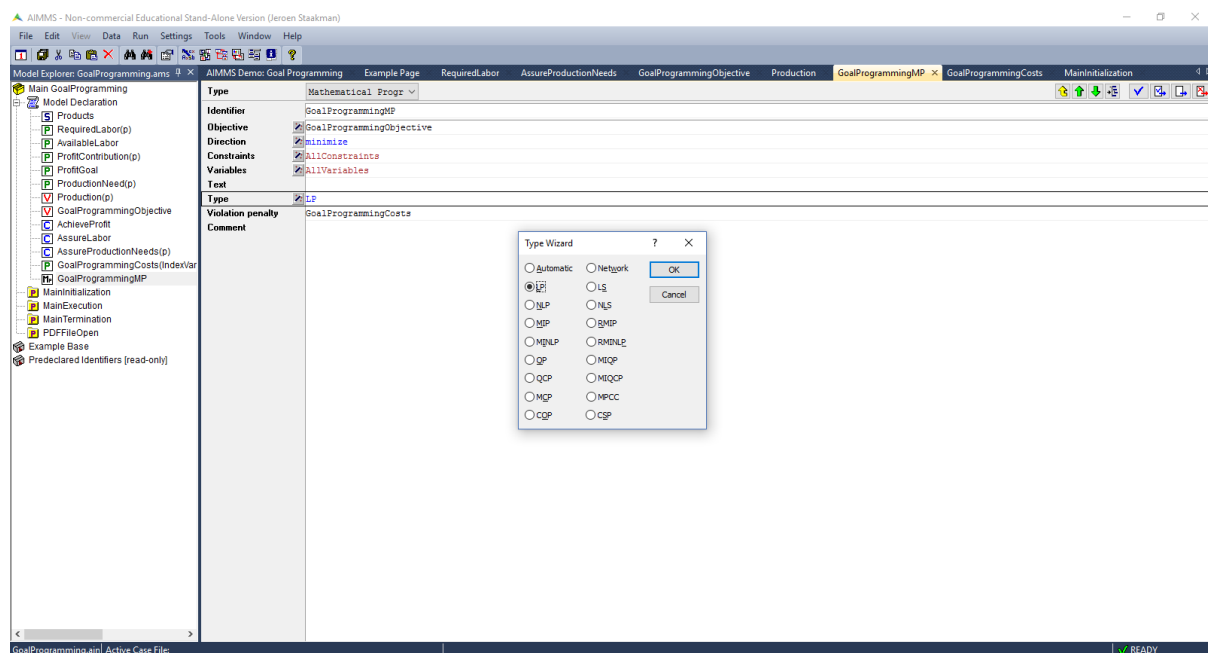
Figuur 4 laat zien dat het mogelijk is dat er, tijdens het opstellen van het model, een aantal stappen terug moet worden gegaan. Zo kan bijvoorbeeld tijdens het verifiëren van het model (stap 4) blijken dat het niet overeenkomt met de werkelijkheid. In dat geval zullen er stappen terug gezet moeten worden en dienen er bijvoorbeeld meer data verzameld te worden (stap 2). Op deze manier wordt het model stapsgewijs gebouwd terwijl het tussentijds getoetst wordt aan de werkelijkheid. Tijdens de toetsing kan blijken dat het niet voldoet en worden er stappen opnieuw gedaan. Met deze methode ontstaat een model wat zeer goed aansluit bij de doelen van de organisatie.

Gebruikte software

Een *Goal Programmings* model wordt in de meeste situaties opgelost met behulp van een computer. Het model wordt ofwel direct meegegeven aan een solver of zoals in dit geval meegegeven aan een optimalisatieprogramma dat gebruik maakt van een solver. Een optimalisatieprogramma vermindert de hoeveelheid werk om een model te programmeren enorm. Dit komt doordat het optimalisatieprogramma de juiste code doorgeeft aan de solver. Hierbij kan onder andere gebruik worden gemaakt van verschillende hulpmiddelen zoals sets, parameters en variabelen.

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van AIMMS (zie Figuur 5). AIMMS staat voor Advanced Interactive Multidimensional Modeling System. Dit softwareprogramma kan overweg met grote optimalisatie- en planningsproblemen. Er is gekozen om AIMMS te gebruiken omdat deze gebruik maakt van een grafische interface. Daardoor blijven grote problemen overzichtelijk. AIMMS bevat verschillende solvers. Het programma kiest de solver die het best bij het model past.

AIMMS maakt gebruik van verschillende indentifiers zoals sets, parameters, variabelen en restricties. Deze indentifiers maken het makkelijker om het model in AIMMS te programmeren. Een zogenaamd 'mathematical Program' lost het model op. AIMMS geeft daarbij mogelijk foutmeldingen, deze foutmeldingen maken het gemakkelijk om een fout in het model te vinden.



FIGUUR 5: VOORBEELD AIMMS INTERFACE

1.6 Onderzoeksvragen en plan van aanpak

De onderzoeksvragen dragen bij aan een systematische aanpak van het probleem. Dit is onderdeel van de probleemaanpak uit de ABP zoals beschreven in 'Geen probleem' (Heerkens & Van Winden, 2012). Uit de probleemkluwen in paragraaf 1.3 formuleren we de volgende hoofdvraag:

Hoe kan het planningsproces bij BB worden verbeterd, zodat de tijd die het kost om een planning te maken wordt verkort en de planning wordt geoptimaliseerd?

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag stellen we de volgende deelvragen op:

1. *In hoeverre helpt Goal Programming bij het maken van een personeelsplanning?*
Deze vraag zal worden beantwoord aan de hand van een literatuurstudie naar de toepassing van *Goal Programming*. Hier wordt aan de hand van artikelen bekeken hoe *Goal Programming* wordt toegepast binnen verschillende bedrijven en wat dit als resultaat heeft gehad. Door te kijken naar andere bedrijven kunnen ideeën opgedaan worden hoe het *Goal Programming* model van BB er uit zou kunnen zien. Deze deelvraag wordt beantwoord in hoofdstuk 2.
2. *Hoe wordt de planning bij BB in de huidige situatie gemaakt en welke gegevens spelen hierbij een rol?*
Het antwoord hierop is gedeeltelijk gegeven in de inleiding (hoofdstuk 1) maar moet gedetailleerder worden beantwoord om goed te kunnen begrijpen welke gegevens worden gebruikt. Dit zal gebeuren door in gesprek te gaan met de eigenaren van BB en, wanneer nodig, de medewerkers. De gesprekken zullen in de vorm van een interview worden afgenomen om de data te verzamelen. Deze deelvraag wordt beantwoord in hoofdstuk 3. Duidelijk moet in ieder geval worden:
 - Welke functies kan een medewerker vervullen?
 - Welke stappen worden genomen om tot een planning te komen?
 - Wat is de kwaliteit van de roosters die nu worden gemaakt?
3. *Welk model werkt het best om de planning van BB te optimaliseren?*
In hoofdstuk 4 wordt voor verschillende scenario's een model opgesteld. De voor- en nadelen van de scenario's worden besproken. De resultaten worden aan BB voorgelegd. Hierbij worden de volgende vragen beantwoord:
 - Welke eisen worden er aan het model gesteld?
 - Hoe presteren de verschillende scenario's en welk scenario is het meest geschikt?
 - In hoeverre wijken de scenario's af van de huidige manier van werken?

2 Toepassingen van *Goal Programming*

Allereerst wordt doormiddel van een literatuurstudie onderzocht hoe *Goal Programming* helpt bij het maken van een personeelsplanning daarna wordt in paragraaf 2.2 een voorbeeld uitgewerkt van een simpel *Goal programming* probleem.

2.1 Literatuurstudie *Goal Programming*

Om antwoord te kunnen geven op de tweede deelvraag: 'In hoeverre helpt *Goal Programming* bij het maken van een personeelsplanning?' is de literatuur doorzocht naar artikelen die hier antwoord op geven. Drie artikelen werden als geschikt bevonden voor het beantwoorden van de vraag. Deze artikelen zijn:

- 'Crew rostering with multiple goals: An empirical study' (Lin, Chen, Chou, & Liao, 2012)
- 'The falling tide algorithm: A new multi-objective approach for complex workforce scheduling' (Li et al., 2012)
- 'A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents' (Topaloglu, 2006).

Bij elk artikel wordt *Goal Programming* gebruikt om een probleem op te lossen.

SITUATIES WAARBIJ *GOAL PROGRAMMING* IS TOEGEPAST

Lin et al., (2012) beschrijven de toepassing van *Goal Programming* voor de serviceafdeling van een warehouse in Taiwan. Het inroosteren van medewerkers wordt bemoeilijkt doordat de medewerkers multifunctioneel inzetbaar zijn. Elke medewerker kan ingezet worden op vijf verschillende functies. Voorheen werd dit opgelost door de werknemer die er het langst werkt de eerste keus voor een functie te geven. Hier zitten nadelen aan. In het artikel wordt geprobeerd deze nadelen aan te pakken door de medewerker te koppelen aan een functie die uiteindelijk meer oplevert voor het bedrijf zelf. Li et al., (2012) proberen door het gebruik van *Goal Programming* een rooster voor de verpleging in een ziekenhuis te verbeteren. Doordat een ziekenhuis 24 uur per dag, 7 dagen per week geopend is, levert dit meer problemen op dan bij een ander soort bedrijf. Zo zijn er meer restricties op de nacht en weekend shifts en daarbij hebben verplegers verschillende vaardigheden waar rekening mee gehouden dient te worden. In het derde artikel van Topaloglu (2006) wordt het roosterprobleem van zogenaamde EMR's (emergency medicine residents) aangepakt. EMR is een training programma waar medische studenten in de laatste fase van hun studie terecht komen. Het doel is om de kwaliteit van de medische ingrepen zo hoog mogelijk te houden. Het rooster van de EMR's kan invloed op de kwaliteit hebben. De kwaliteit die een EMR levert kan omlaaggaan doordat hij te veel dagen achter elkaar ingeroosterd is of alleen maar nachtdiensten draait. Dit kan ernstige gevolgen hebben.

WERKING *GOAL PROGRAMMING*

In een *Goal Programming* model wordt onderscheid gemaakt tussen harde en zachte restricties. Dit gebeurt ook in de drie artikelen. De harde restricties zijn de regels die nageleefd moeten worden. Wanneer iets als harde restrictie gedefinieerd is, is het niet mogelijk voor het *Goal Programming* model deze regel te overtreden. Je kan hierbij denken aan een maximaal aantal uren dat een medewerker van een bedrijf ingezet mag worden. Naast de harde restricties zijn er de zachte restricties. Deze restricties worden gezien als doelen, een voorbeeld van een doel is het halen van een bepaalde winst voor een bedrijf. Wanneer bij dit doel te kort komt, dus wanneer er bijvoorbeeld een euro minder winst wordt gemaakt dan het doel, kunnen hier kosten aan verbonden worden in het *Goal Programming* model. Omdat het model deze kosten, die verbonden zijn aan de verschillende doelen, probeert te minimaliseren komt er uiteindelijk een afweging tussen de verschillende doelen tot stand. Hier kan invloed op uitgeoefend worden door het ene doel zwaarder mee te laten wegen dan een ander doel.

VOORBEELDEN VAN TOEPASSING GOAL PROGRAMMING

In het artikel van Lin et al., (2012) wordt om het personeelsplanningsprobleem op te lossen gebruik gemaakt van drie gekozen doelen. Deze doelen zijn de zachte restricties. Het eerste doel daarbij is dat medewerkers die samen gaan werken goed met elkaar overweg moeten kunnen. Het tweede doel is om een zo geschikt mogelijke medewerker voor een functie te kiezen. Het laatste doel is de voorkeur van een medewerker voor een bepaalde shift. Het artikel van Li et al., (2012) beschrijft hoe sommige restricties worden behandeld als doelen voor het *Goal Programming* model. In totaal formuleert Li et al., (2012) negen doelen. Enkele voorbeelden hiervan zijn: Als een medewerker in een weekend vrij is, is dat een heel weekend. Het aantal dagen dat een verpleger werkt, zoals beschreven in zijn of haar contract, moet gerealiseerd worden. Topaloglu (2006) werkt met vijf doelen in zijn model voor de EMR's. De doelen zijn vooral de voorkeuren van het personeel. Er zijn veel overeenkomsten met de doelen uit het artikel van Li et al., (2012). Zo is het beter als iemand niet twee nachtdiensten achter elkaar heeft, niet drie dagen achter elkaar werkt en dat iemand een weekend vrij heeft tijdens de planningsperiode van een maand. Aan deze drie doelen en nog twee andere worden *deviation variables* verbonden. Dit zijn variabelen die de afwijking van de gespecificeerde doelwaarde meten. De *deviation variables* worden in de uiteindelijke te minimaliseren doelfunctie geplaatst.

Om de drie doelen in het artikel van Lin et al., (2012) te operationaliseren is gebruik gemaakt van de zogenoemde *fuzzy method*. Hiermee worden de resultaten van de werknemers gescoord. Om te bepalen welke medewerkers goed met elkaar om kunnen gaan wordt gebruik gemaakt van de al aanwezige database waarover het bedrijf beschikt. Daaruit wordt een score toegewezen aan de combinatie van bijvoorbeeld medewerker 1 met medewerker 2. De gegevens nodig voor de andere twee doelen worden op een soortgelijke manier bepaald. Deze gegevens gelden als input voor het *Goal Programming* model.

Naast de doelen of de zogenoemde zachte restricties, zijn er ook harde restricties. In het artikel van Lin, (2012) wordt een beslissingsvariabele geïntroduceerd voor de toewijzing van een bepaalde medewerker tot een bepaalde shift. Dit is in dit geval een binaire variabele: een variabele die alleen de waarde 0 en 1 mag aannemen. Dit moet worden verwerkt in de restricties, er wordt dus aangegeven dat die variabele alleen de waarde 0 of 1 mag aannemen, dit is een harde restrictie. Naast dit soort harde restricties kan je ook denken aan restricties die bepalen hoeveel mensen er op een dag werken, als er 8 medewerkers nodig zijn dan moeten er 8 medewerkers worden ingeroosterd die dag.

IMPLEMENTATIE

De implementatie van het *Goal Programming* model en de werking ervan is beschreven in de drie gebruikte artikelen. Daaruit blijkt allereerst dat wanneer de aantallen medewerkers of het aantal variabelen groot is, het oplossen van het probleem veel tijd kan kosten. Bij het Nederlandse ziekenhuis (Li et al., 2012) blijkt bijvoorbeeld dat het gebruik van *Goal Programming* op zichzelf niet een oplossing voor het personeelsplanningsprobleem biedt. Dit komt door het grote aantal variabelen en de vele softe restricties die aan het probleem verbonden zijn. Bij het ziekenhuis wordt dit opgelost door eerst een heuristiek een deel van het probleem op te laten lossen en zo een startpunt te genereren. Een *Goal Programming* model gebruikt dit startpunt als input om zo tot een oplossing te komen waarbij minder softe restricties worden gebruikt (Li et al., 2012). Het bedrijf in Taiwan is door het gebruik van *Goal Programming* nu in staat om in 53 minuten persoonlijke roosters voor alle 34 personeelsleden klaar te hebben waarbij het rooster rekening houdt met de toegewezen functie, de collega's en de shift waarin gewerkt moet worden (Lin et al., 2012). Het *Goal Programming* model in het warehouse kan volgens Lin (2012) makkelijk worden geïmplementeerd in een *solver* als Excel of LINGO waardoor de manager zonder al te veel hulp zelf de planningstool kan

gebruiken. Bij de indeling van de *emergency medicine residents* wordt in de conclusie aangegeven dat een gebruiksvriendelijke tool nodig is om normaal met het model overweg te kunnen. Het programma CPLEX wat gebruikt wordt is waarschijnlijk te ingewikkeld voor de directeur van de EMR's.

CONCLUSIE

De artikelen die gebruikt zijn om een antwoord te geven op de eerste deelvraag: 'In hoeverre helpt *Goal Programming* bij het maken van een personeelsplanning?' laten allereerst het belang van een goede planning zien. In het ziekenhuis kan een goede planning van het personeel ervoor zorgen dat medisch personeel minder fouten maakt. In het warehouse kan er met een goede planning voor worden gezorgd dat medewerkers het meer naar hun zin hebben wat mogelijk de productiviteit bevordert. Daarnaast wordt er in de artikelen over softe en harde restricties gesproken. De zachte restricties worden via deviatievariabelen toegevoegd aan de doelfunctie en hier moeten kosten aan verbonden worden, wanneer wordt afgeweken van de ideale situatie worden zoals beschreven in het artikel van Li (2012). Bij BB kan ook gebruik worden gemaakt van softe restricties, bijvoorbeeld in het geval van de voorkeursdagen waarop een medewerker wil werken.

De wat recentere artikelen geven aan dat de implementatie van het *Goal Programming* model geen problemen oplevert wanneer het aantal variabelen maar beperkt blijft. Voor het warehouse in Taiwan heeft het gebruik van *Goal Programming* een positief effect gehad op de toekomst van het bedrijf. Op basis van dit artikel kan de conclusie getrokken worden dat het planningsprobleem van BB met behulp van *Goal Programming* opgelost kan worden.

De doelfuncties bij het bedrijf in Taiwan zijn bepaald op basis van de data uit de databases. Zo wordt er rekening gehouden welke medewerkers goed samen kunnen werken. Een van de doelfunctie bij BB, namelijk de score tussen medewerker en kind, kan bepaald worden met behulp van de 'smilelijst' van BB. '

2.2 Voorbeeld van een *Goal Programming* probleem

Om duidelijk te maken hoe *Goal Programming* werkt, wordt gebruik gemaakt van een simpel voorbeeld dat afkomstig is van de website van AIMMS.

Een productiebedrijf heeft vier doelen. Het bedrijf wil een winst maken van 48 euro, één euro minder betekent kosten van één euro. Het tweede doel is om het personeel 32 uur te laten werken, één uur overwerk kost het bedrijf twee euro, één uur te weinig kost het bedrijf één euro. Het derde en vierde doel zijn het halen van de vraag naar product 1 en 2 die door het bedrijf worden geproduceerd. Als de vraag naar product 1, in dit geval 7 stuks, of de vraag naar product 2, tien stuks niet wordt behaald, kost dat vijf euro per tekortkomend product.

De vraag is hoe de kosten van de vier bijhorende doelen kunnen worden geminimaliseerd.

Oplossing:

Goal 1: Winst van 48 euro

Goal 2: 32 uur werk

Goal 3: Aan de vraag voor product 1 voldoen

Goal 4: Aan de vraag voor product 2 voldoen

X_i = Aantal producten i geproduceerd, $i = 1, 2$

z_j^+ = Hoeveelheid over doel j , $j = 1, 2, 3, 4$

z_j^- = Hoeveelheid onder doel j , $j = 1, 2, 3, 4$

	Kosten, over doel j	Kosten, onder doel j
Goal 1	0	1
Goal 2	2	1
Goal 3	0	5
Goal 4	0	5

TABEL 3: KOSTEN NIET HALEN DOEL J

	Product 1	Product 2
Benodigde uren	4	2
Toevoeging aan winst	4 euro	2 euro

TABEL 4: BENODIGDE UREN EN WINST VOOR PRODUCT 1 EN 2

De doelfunctie die geminimaliseerd moet gaan worden.

Minimaliseer $z_1^- + 2z_2^+ + z_2^- + 5z_3^- + 5z_4^-$

waarbij rekening gehouden wordt met de volgende restricties.

$$4x_1 + 2x_2 + z_1^- - z_1^+ = 48 \quad \text{Dit is doel 1}$$

$$4x_1 + 2x_2 + z_2^- - z_2^+ = 32 \quad \text{Dit is doel 2}$$

$$x_1 + z_3^- - z_3^+ = 7 \quad \text{Dit is doel 3}$$

$$x_2 + z_4^- - z_4^+ = 10 \quad \text{Dit is doel 4}$$

$$x_i \geq 0, i = 1, 2 \quad \text{Productie van product i kan niet negatief zijn}$$

$$z_j^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad \text{Een overschrijding kan niet negatief zijn}$$

$$z_j^- \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad \text{Een tekortkoming kan niet negatief zijn}$$

Het model bepaalt hoeveel van product 1 en product 2 geproduceerd moet worden om de waarde van de doelfunctie zo laag mogelijk te krijgen. Het resultaat is dat er van product 1, zeven stuk worden geproduceerd en van product 2, 10 stuks. Hiermee wordt aan doel 1, 3 en 4 voldaan. Deze oplossing wijkt af van doel 2 er wordt namelijk 16 uur meer gewerkt.

3 De planning in de huidige situatie

Dit hoofdstuk licht de manier van plannen in de huidige situatie toe. Hierbij wordt duidelijk welke data nodig zijn om tot een rooster te komen en met welke restricties er rekening gehouden wordt. Daarnaast wordt het huidige rooster bekeken en wordt bekeken hoe tevreden BB hiermee is. Er wordt antwoord gegeven op deelvraag 2: *Hoe wordt de planning bij BB in de huidige situatie gemaakt en welke gegevens spelen hier een rol?*

3.1 Gegevens die nodig zijn voor het rooster

BB is geschikt voor maximaal zestien kinderen per dag. Deze kinderen worden verdeeld over vier groepen van vier kinderen. Elke groep heeft hierbij een eigen ruimte. De kinderen komen niet per definitie elke dag, dit wordt in overleg met BB door de ouders bepaald. Er zijn bijvoorbeeld kinderen die twee dagen in de week komen, maar ook kinderen die alle vier de dagen in een week aanwezig zijn. Tevens heeft de weekindeling van de kinderen te maken met de dagen waarop de therapeuten komen. Wanneer een kind bijvoorbeeld behoefte heeft aan fysiotherapie en deze fysiotherapeut komt op een dinsdag, dan wordt door BB aangeraden het kind in ieder geval op dinsdag te laten komen.

De kinderen hebben begeleiding nodig, voor een groep kinderen staat één begeleider. Als er op een dag vier groepen kinderen aanwezig zijn, zijn er vier medewerkers die als begeleider werken. Daarnaast is er standaard een allrounder aanwezig, een coach en een coach die een schrijfdag heeft. Er zijn dan zeven medewerkers aanwezig. Hieronder wordt toegelicht hoe de indeling van de kinderen verloopt en daaropvolgend de indeling van de medewerkers. Ook wordt toegelicht welke verschillende functies de medewerkers kunnen vervullen.

Indelen kinderen

De kinderen worden verdeeld over de vier groepen. Elke groep heeft een andere insteek, zo is het doel van groep één de kinderen te laten ervaren, groep twee heeft als doel om aan de ontwikkeling van de kinderen te werken, groep drie heeft als doel om de kinderen voor te bereiden op het basisonderwijs en groep vier legt de nadruk op het gedrag van de kinderen. De groepen werken niet hetzelfde als in het basisonderwijs, waar een kind begint in groep één en elk jaar doorstroomt naar een groep hoger. Bij BB wordt gekeken waar het kind op dit moment behoefte aan heeft. Daarnaast wordt rekening gehouden met de karakters van de kinderen. Twee kinderen die niet samen overweg kunnen worden niet in een groep gezet.

Indelen medewerkers

Na het indelen van de kinderen worden de medewerkers ingedeeld. Er zijn vier verschillende type medewerkers bij BB. Een begeleider, een coach, een allrounder en een invaller. Bij de verschillende type medewerkers horen verschillende taken en werktijden.

Begeleider

Een begeleider staat voor een groep kinderen op een dag. Een begeleider begint om 08:15 met werken en eindigt de dag net als alle andere medewerkers om 16:00.

Allrounder

Een allrounder zorgt er in de eerste plaats voor dat het eten en drinken voor de dag wordt verzorgd. Daarnaast kan een allrounder bijspringen bij een groep wanneer dit nodig is. Ook kan een allrounder fungeren als begeleider. De allrounder begint de dag om 07:45 zodat er voorbereidingen getroffen kunnen worden voordat de kinderen de dagbehandeling binnen komen.

Coach

Een medewerker die coach is kan drie verschillende taken uitoefenen. De taken zijn: coachen, schrijven of begeleiden. Op de coachdag heeft de coach de taak om met de kinderen aan de ontwikkeling te werken. Het is de bedoeling dat de coach elk kind dat die dag aanwezig is, ziet. Op een schrijfdag wordt de administratie van de kinderen bijgehouden. Wanneer een coach begeleider is, is het de bedoeling dat hij of zij de kinderen die aan hem of haar toegewezen zijn, ziet. Het doel is dat een coach zijn of haar kinderen eens in de twee weken ziet als begeleider. Een coach die een coachdag heeft begint om 07:45 om zich voor te bereiden en te bepalen wat de begeleiders deze dag met de kinderen gaan doen. Een coach is één keer in de week coach en heeft daarnaast één schrijfdag. Als een coach een schrijfdag heeft begint deze dag om 09:00.

Invaller

Een invaller kan werken als begeleider of allrounder.

Bij het indelen van de medewerkers wordt rekening gehouden met de voorkeuren van de medewerkers. Zo kan een medewerker misschien maximaal drie dagen in de week werken of heeft deze medewerker een dag waarop deze niet kan werken. Daarnaast wordt er rekening gehouden met het aantal verschillende begeleiders dat een kind ziet, er wordt geprobeerd dit zo laag mogelijk te houden. Het is voor de kinderen belangrijk om zoveel mogelijk factoren hetzelfde te houden.

3.2 Rooster in de huidige situatie

In de huidige situatie wordt gewerkt met drie of vier groepen. Op maandag en donderdag zijn er vier groepen aanwezig, op dinsdag en vrijdag zijn er drie groepen. Op maandag en donderdag werken daarom zeven medewerkers, op de andere twee dagen werken er zes. Het rooster wordt gemaakt door de eigenaresse zelf. Zij probeert door te schuiven met medewerkers een rooster te maken dat klopt en waarbij rekening wordt gehouden met elk individueel kind. Het huidige rooster is een tweewekelijks rooster. Na deze twee weken wordt weer begonnen bij week één. Om iets over het rooster te kunnen zeggen wordt gekeken naar de doelen die BB hanteert. Hoeveel begeleiders ziet een kind in de week, hoe goed passen een kind en medewerker bij elkaar (dit aan de hand van de smilelijst) en zien alle kinderen de aan hen toegewezen coach minimaal één keer in de 2 weken.

Het rooster zelf is te vinden in appendix A.

Gemiddeld aantal begeleiders per kind (over twee weken)	3,33
Gemiddelde smilescore	9,75
Aantal kinderen dat hun toegewezen coach niet ziet (over twee weken)	4

TABEL 5: RESULTATEN HUIDIGE SITUATIE

Dit rooster wordt gebruikt totdat er iets verandert in de samenstelling van de kinderen of de samenstelling van de medewerkers. Het rooster is representatief voor de huidige situatie.

Wat opvalt is dat vier kinderen hun eigen coach niet zien in een week, BB heeft het liefst dat dit maximaal één kind of minder is. Daarnaast is het aantal begeleiders dat een kind ziet met gemiddeld 3,3 te hoog, BB ziet liever dat het aantal begeleiders per kind onder de twee blijft. In dit geval is het aantal begeleiders berekend over twee weken, als per week gekeken wordt is het aantal verschillende medewerkers 2,1, maar omdat het voor de kinderen belangrijk is om zoveel mogelijk hetzelfde te houden wordt naar het aantal begeleiders per twee weken gekeken. De score van de smilelijst is hoog wat erop duidt dat er goede combinaties zijn

gemaakt met kind en begeleider, dit is misschien ten koste gegaan van de andere twee doelen.

In de huidige situatie moet er, wanneer er iets in de samenstelling van de kinderen of de medewerkers veranderd, een nieuw rooster gemaakt worden. Daarbij lijkt vooral rekening te worden gehouden met de combinatie tussen kind en begeleider. De smilescore is 9,75, wat hoog is. Daarnaast zien de kinderen over twee weken 3,33 begeleiders wat meer is dan de twee begeleiders die BB als doel heeft. Ook het aantal kinderen dat de coach niet ziet is hoog, vier van de vijftien kinderen ziet zijn of haar coach niet.

4 Een passend model voor BrumBrum

Om voor BB het meest wenselijke eindresultaat te verkrijgen, worden in dit hoofdstuk verschillende scenario's uitgewerkt met behulp van *Goal Programming*. Elk scenario zal doorgerekend worden in een aangepast model. Door het gebruik van scenario's kan worden bekeken wat voor invloed elke aanpassing in het model heeft. Na het uitwerken van deze vier scenario's in paragraaf 4.2 worden de resultaten hiervan besproken in paragraaf 4.3. De voor- en nadelen van elk scenario worden behandeld waarbij wordt gekeken naar de resultaten die het model produceert en de invloed die de resultaten zullen hebben op de kinderen van BB. Vervolgens worden de vier scenario's besproken met BB. Als eerste worden de eisen en wensen die BB stelt aan de nieuwe planning besproken.

4.1 Data ten behoeve van het model

BB heeft een aantal wensen voor het model van de planning. Het model moet om kunnen gaan met het aantal verschillende begeleiders dat een kind in een week ziet, daarnaast moet het model kunnen omgaan met de data van de smilelijst en het model moet rekening houden met de coach die zijn of haar kinderen eens in de twee weken moet zien.

De smilescore

De smilelijst laat zien hoe een kind zich voelt op een bepaalde dag en welke begeleider het kind die dag had. Er zijn op een dag zeven meetmomenten waarop een 1 of een 0 wordt gegeven aan een kind, een 1 wordt gegeven als het goed gaat met het kind, een 0 wanneer het niet goed gaat. Hieruit kan een score tussen de medewerkers en de kinderen worden bepaald, dit wordt geschaald naar een getal tussen 1 en 10. Deze score is de input ten behoeve van het toewijzen van de begeleiders aan de groepen. Nieuwe gegevens worden aan het eind van dezelfde week bijgewerkt. Om te voorkomen dat één slechte dag van een kind of medewerker de score tussen begeleider en kind omlaag haalt, wordt er een gemiddelde van een half jaar genomen. De score die bepaald wordt uit de smilelijst wordt in de rest van het verslag de smilescore genoemd.

Gegevens die bekend zijn

Een aantal gegevens zijn al bekend voordat het *Goal Programming* model het rooster van de medewerkers gaat bepalen. Ten eerste is de indeling van de groepen kinderen bekend, van tevoren is dus bepaald welke kinderen met elkaar in de groepen zitten en welke kinderen op welke dag aanwezig zijn. Daarnaast zijn de scores van de smilelijst beschikbaar en zijn de voorkeursdagen en het maximaal aantal dagen dat een medewerker wil of mag werken bekend. Deze gegevens zullen gelden als input voor het model.

4.2 Scenario's

In deze paragraaf worden de modellen van vier verschillende scenario's toegelicht die doorgerekend zijn middels *Goal Programming*. In scenario 1 wordt gebruik gemaakt van twee doelen, het minimaliseren van het aantal begeleiders per kind en een optimale inzet op basis van de smilescore. Scenario 2 zal worden uitgebreid met een derde doel, de coaches die de toegewezen kinderen eens in de twee weken moeten zien. Scenario 3 is gelijk aan scenario 2 alleen wordt het maximaliseren van de smilescore niet meegenomen. Scenario 4 heeft één doel, het minimaliseren van het aantal begeleiders per kind. Daarnaast worden de kinderen ingedeeld bij een coach, dit is anders ten opzichte van scenario 2 en 3 omdat daar de coach al gekoppeld was aan een aantal kinderen. In scenario 4 vindt dit koppelen plaats tijdens het maken van het rooster.

Scenario 1

Scenario 1 maakt gebruik van twee doelen. Doel 1 is het minimaliseren van het aantal begeleiders dat een kind in een week te zien krijgt. Doel 2 is het maximaliseren van de totale smilescore. Er is hier gekozen om doel 3, de coach die zijn of haar kinderen moet zien, niet mee te nemen. Dit is gedaan, omdat dan iets kan worden gezegd over de invloed van de coach en zijn of haar kinderen op het rooster wanneer het rooster vergeleken wordt met het rooster uit scenario 3.

Input parameters

- m_i : Medewerker i , $i = \{1, \dots, 8\}$.
- a_i : 1 als medewerker i allrounder of invaller mag zijn, anders 0.
- b_i : 1 als medewerker i begeleider mag zijn, anders 0.
- c_i : 1 als medewerker i coach mag zijn, anders 0.
- y_i : Maximale aantal dagen dat een medewerker wil werken in de week
- d_k : Dag k , $k = 1, \dots, 4$ (Dagen dat BrumBrum open is in de week).
- u_{ik} : 1 als medewerker i beschikbaar is op dag k , anders 0
- g_l : Groep l , $l = 1, 2, 3, 4$
- K_{jkl} : 1 als kind j op dag k in groep l $j = 1, \dots, 15$, $k = 1, 2, 3, 4$, $l = 1, 2, 3, 4$
- Z_{ij} : Score uit smilelijst van kind j met medewerker i . $j = 1, \dots, 15$ $i = 1, \dots, 8$, $1 \leq Z \leq 10$
- α : Wegingsfactor voor doel 1 in doelfunctie
- β : Wegingsfactor voor doel 2 in doelfunctie
- M : Parameter voor het functioneren van de big M restrictie.

Hulpvariabelen

- f_{kl} : Binair, 1 als er een kind aanwezig is in groep l op dag k . Anders 0
- p_{ijk} : Binair, 1 als medewerker i , kind j op dag k in de groep heeft. Anders 0
- h_{ij} : Binair, als $\sum_{k=1}^4 p_{ijk} \geq 1$ dan $h_{ij} = 1$ h_{ij} is 1 als kind j begeleider i , 1 of meerdere keren in een week ziet.

Beslissingsvariabelen binair

- B_{ikl} : 1 als Medewerker i begeleider is op dag k , voor groep l , anders 0.
- C_{ik} : 1 als Medewerker i coach is op dag k , anders 0.
- A_{ik} : 1 als Medewerker i allrounder is op dag k , anders 0.
- S_{ik} : 1 als Medewerker i een schrijfdag heeft op dag k , anders 0.
- z_1^+ : Overschrijding van doel 1
- z_2^- : Tekort van doel 2

Doelen

Doel 1: minimaliseren van het aantal verschillende begeleiders dat een kind ziet in een week.

$$\text{Doel 1: } \left(\frac{\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^8 h_{ij}}{J = 15} = 1 \right)$$

De som van h_{ij} over i geeft het aantal verschillende begeleiders dat een kind in een week ziet, er wordt over j gesommeerd om het totaal aantal verschillende begeleiders voor alle kinderen te krijgen. Door te delen door J is de uitkomst het gemiddeld aantal begeleiders dat een kind in de week ziet. Het gewenste aantal verschillende begeleiders is zo laag mogelijk, dat is één per kind.

Doel 2: maximaliseren van de score tussen medewerkers en kinderen. Scoreschaal gaat van 1 tot en met 10.

Doel 2:
$$\frac{(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk} * Z_{ij})}{(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk})} = 10$$

De behaalde totaalscore is bepaald door de som over k, i en j van $p_{ijk} * Z_{ij}$. $p_{ijk} = 1$ wanneer medewerker i met kind j op dag k werkt. Om de gemiddelde score te bepalen wordt gedeeld door de som van p_{ijk} over i,j en k. In de restrictie zal doel 2 anders opgeschreven moeten worden, omdat een beslissingsvariabele delen door een beslissingsvariabele niet mogelijk is in een *Linear Programming* model.

Doel functie

min $\alpha z_1^+ + \beta z_2^-$

Het doel is om de overschrijding van doel 1 en de tekortkoming bij doel twee zo klein mogelijk te houden. Beide doelen krijgen een wegingsfactor, α voor doel 1 en β voor doel 2.

Restricties

Doel 1	$\left(\left(\frac{(\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^8 h_{ij})}{J} \right) = 1 + z_1^+ \right)$	Doel 1
Doel 2	$(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk} * Z_{ij}) = (10 * \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk}) - z_2^-$	Doel 2
R1	$\sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^4 (B_{ikl} + C_{ik} + S_{ik} + A_{ik}) \leq y_i \quad \forall i$	Een medewerker kan niet meer werken dan het aantal dagen dat hij of zij beschikbaar is. y_i is het maximaal aantal dagen dat een medewerker wil/kan werken.
R2	$(\sum_{l=1}^4 B_{ikl}) + C_{ik} + S_{ik} + A_{ik} \leq u_{ik} \quad \forall i, k$	Medewerker i moet beschikbaar zijn op dag k, als hij wordt ingeroosterd. Als de linkerkant van de som 1 is, betekent dit dat de medewerker is ingeroosterd u_{ik} moet dan wel 1 zijn. Oftewel de medewerker moet beschikbaar zijn op dag k. Een medewerker kan daarnaast maar één functie per dag uitvoeren omdat u_{ik} binair is.
R3	$C_{ik} \leq c_i \quad \forall i, k$	Een medewerker kan alleen worden ingezet als coach als deze dat ook mag, $c_i=1$ als een medewerker coach mag zijn
R4	$A_{ik} \leq a_i \quad \forall i, k$	Een medewerker kan alleen worden ingezet als allrounder als deze dat ook mag, $a_i=1$ als een medewerker allrounder mag zijn.
R5	$B_{ikl} \leq b_i \quad \forall i, k, l$	Een medewerker kan alleen worden ingezet als begeleider als deze dat

		ook mag, $b_i=1$ als een medewerker begeleider mag zijn.
R6a	$\sum_{i=1}^8 B_{ikl} = f_{kl} \quad \forall k, l$	Als er een kind is ingedeeld op een groep moet er een begeleider zijn voor deze groep.
R6b	$\sum_{j=1}^{15} K_{jkl} \leq M * f_{kl} \quad \forall k, l$	Als er 1 of meerdere kinderen in de groep zitten moet f_{kl} 1 zijn.
R6c	$f_{kl} \leq \sum_{j=1}^{15} K_{jkl} \quad \forall k, l$	Deze restrictie zorgt ervoor dat $f_{kl}=0$ wanneer er geen kinderen in een groep zijn ingedeeld.
R7	$\sum_{k=1}^4 C_{ik} = c_i \quad \forall i$	Een coach moet één keer in de week coach zijn. c_i is alleen 1 wanneer i een coach is.
R8	$\sum_{i=1}^8 C_{ik} = 1 \quad \forall k$	Iedere dag is er één coach aanwezig.
R9	$\sum_{k=1}^4 S_{ik} = c_i \quad \forall i$	Een coach heeft één schrijfdag in de week.
R10	$\sum_{i=1}^8 S_{ik} = 1 \quad \forall k$	Elke dag is er één medewerker die een schrijfdag heeft.
R11	$\sum_{i=1}^8 A_{ik} = 1 \quad \forall k$	Iedere dag is er een allrounder aanwezig
R12a	$\sum_{k=1}^4 (p_{ijk}) \leq M * h_{ij} \quad \forall i, j$	Som van p_{ijk} over k telt het aantal keer dat medewerker i en kind j elkaar zien in de week. Als $p_{ijk} > 0$ dan $h_{ij} = 1$. h_{ij} wordt 1 als een kind een begeleider één of meer dan één keer in de week ziet.
R12b	$h_{ij} \leq \sum_{k=1}^4 p_{ijk} \quad \forall i, j$	Als $\sum_{k=1}^4 p_{ijk} = 0 \rightarrow h_{ij} = 0$
R12c	$p_{ijk} = \sum_{l=1}^4 (B_{ikl} * K_{jkl}) \quad \forall i, j, k$	$p_{ijk} = 1$ als begeleider i , kind j op dag k in de groep heeft.
R13	$p_{ijk}, f_{kl}, h_{ij}, B_{ikl}, C_{ik}, A_{ik}, S_{ik} \in \{0,1\}$	Deze variabelen zijn binair

Scenario 2

Het tweede scenario is een variatie op scenario 1. Het model wordt uitgebreid met een derde doel. Het derde doel is bedoeld om de kinderen zo vaak mogelijk hun eigen toegewezen coach te laten zien. Het liefst wil BB dat kinderen de toegewezen coach minimaal 1x per twee weken ziet. De taak van een coach is beschreven in hoofdstuk 3.

Om deze veranderingen in het model te verwerken, is het nodig het model uit te breiden zodat het gebruikt kan worden voor 8 dagen, dat zijn voor BB twee werkweken. Daarnaast wordt er een nieuwe input parameter pb_{ij} gedefinieerd.

Doordat het model uitgebreid wordt naar 8 dagen zullen er een aantal restricties moeten veranderen en toegevoegd worden. Het model is te vinden in Appendix B. Er blijft onder andere gelden dat een coach eenmaal in de week als coach werkt en eenmaal per week een schrijfdag heeft. Restrictie 8 en 9 zijn daarom opgesplitst in twee restricties zodat hetzelfde geldt voor week 1 als voor week 2.

Input parameters

pb_{ij} : 1 als Medewerker i coach is van kind j, anders 0.

Doel 3: Elke coach ziet de kinderen die hij of zij toegewezen heeft gekregen minimaal een keer per twee weken.

Doel 3: $pb_{ij} \leq h_{ij} \forall i, j$

De parameter pb_{ij} geeft aan welke persoonlijke begeleider/coach bij welk kind hoort. h_{ij} geeft aan of medewerker i en kind j elkaar zien in de twee weken. Wanneer pb_{ij} 1 is moet h_{ij} dus ook 1 zijn.

Doel 3	$pb_{ij} \leq h_{ij} + z_3^- \forall i, j$	Doel 3, waarbij z_3^- de tekortkoming is.
--------	--	---

Scenario 3

Scenario 3 bevat twee doelen en is voor de rest gelijk aan scenario 2. De enige verandering ten opzichte van scenario 2 is dat doel 2 is verwijderd. De smilescore wordt niet meer meegenomen in het model. Hierdoor valt Z_{ij} weg uit de input parameters. Er blijven twee doelen over, dit zijn doel 1: aantal verschillende medewerkers dat een kind ziet en doel 3: een kind moet zijn of haar coach zien.

Hier is voor gekozen omdat aan het gebruik van de smilelijst voor- en nadelen zitten. Zo is een nadeel bijvoorbeeld dat het lastig is om bij een lage score tussen een medewerker en een kind de score te verhogen. Als de score tussen een kind en medewerker laag is, zal het model deze combinatie waarschijnlijk niet meer maken en wordt het onmogelijk om de score te verhogen.

Scenario 4

In scenario 4 wordt de indeling van de kinderen met de coaches niet van tevoren vastgesteld. Doel 1 uit scenario 2 blijft over, het aantal verschillende medewerkers dat een kind in een week ziet. In dit scenario worden de kinderen ingedeeld bij een coach. Een coach mag van maximaal vier kinderen coach zijn. Ten opzichte van scenario 2 wordt pb_{ij} niet als input parameter gezien maar als beslissingsvariabele.

De beslissingsvariabele: pb_{ij}

pb_{ij} : 1 wanneer medewerker i coach is van kind j, anders 0.

Ook zijn de onderstaande restricties toegevoegd.

R15a	$pb_{ij} \leq c_i \forall i, j$	Alleen een coach kan coach zijn van een kind
R15b	$pb_{ij} \leq h_{ij} \forall i, j$	PB_{ij} kan alleen 1 zijn wanneer h_{ij} ook 1 is. Als medewerker i coach is van kind j, moet deze medewerker i, kind j zien.
R15c	$\sum_{j=1}^{15} pb_{ij} \leq 4 \forall i$	Voor elke medewerker geldt dat hij of zij voor maximaal vier kinderen coach mag zijn.
R15d	$\sum_{i=1}^8 pb_{ij} = 1 \forall j$	Elk kind moet één coach hebben.

TABEL 6: EXTRA RESTRICTIES VOOR SCENARIO 4

4.3 Resultaten

De roosters worden in elk scenario gemaakt met dezelfde groepsindeling van de kinderen en dezelfde beschikbaarheid van medewerkers. In scenario 1 wordt gebruik gemaakt van een wekelijks rooster, de andere 3 scenario's gebruiken een tweewekelijks rooster.

Scenario 1

Voor scenario 1 heeft het model naast de gegevens van de medewerkers en de indeling van de kinderen de smilescore nodig. Deze gegevens zijn bepaald met de gemiddelde score tussen een kind en een medewerker in het afgelopen half jaar.

Wegingsfactoren van de doelen

Door de α en de β te variëren in het model ontstaan er andere oplossingen voor het model. Doel 1: kinderen zien één medewerker in de week, gebruikt de α . Doel 2: een totale smilescore van 10, gebruikt de β .

Wanneer de α op één wordt ingesteld, betekent dit dat wanneer kinderen gemiddeld twee begeleiders in de week zien, de kosten voor de doelfunctie één worden.

Bij de β geldt dat wanneer deze op één wordt ingesteld dat wanneer een kind dat een negen scoort met een medewerker dat dit één kost. Wanneer twee kinderen een 9 scoren worden de kosten dus twee. Om de kosten van 1 gezicht te veel (α) en gemiddeld 1 punt te laag (β) met elkaar te kunnen vergelijken, zullen de kosten voor doel 2 door het totale aantal kinderen in een week gedeeld moeten worden. Dit zijn er in deze situatie 47. α zou dan 1 zijn, β 1/47.

α	β	Doel 1 Verschillende medewerkers in 1 week	Doel 2 Gemiddelde smilescore
1	1/94	1,7	9,64
1	1/47	1,7	9,64
1	2/47	1,8	9,72
1	5/47	1,9	9,74
1	1	2,3	9,76

TABEL 7: RESULTATEN SCENARIO 1

Scenario 2

In scenario 1 is beschreven hoe de weging tussen α en β zich verhoudt. De β verhoudt zich in scenario 2 anders omdat er nu wordt gewerkt met een tweewekelijks rooster in plaats van een wekelijks rooster. Er komen 94 kinderen per twee weken. Om de kosten van één medewerker te veel en een gemiddelde negen op de smilelijst gelijk te houden moet de β 1/94 worden. Scenario 2 met een toegevoegd doel, heeft als weging voor het derde doel, γ .

Als bij het derde doel één kind zijn coach niet ziet in de twee weken, kost dat één als γ op 1 blijft. In onderstaande tabel gaat de γ tot 0,5, dit is omdat vanaf $\gamma = 0,5$, alle kinderen de coach zien.

α	β	γ	Doel 1 Verschillende medewerkers in twee weken	Doel 2 Gemiddelde score smilelijst	Doel 3 Aantal kinderen dat coach niet ziet
1	1/94	0,125	2	9,41	5
1	1/94	0,25	2,7	9,5	2
1	1/94	0,5	3,3	9,4	0

TABEL 8: RESULTATEN SCENARIO 2

Scenario 3

Scenario 3 maakt geen gebruik van de smilescore, alleen doel 1 en doel 3 worden gebruikt.

α	γ	Doel 1 Verschillende medewerkers	Doel 3 Aantal kinderen dat coach niet ziet
1	0.125	2	4
1	0.25	2,5	1
1	0.5	2,9	0

TABEL 9: RESULTATEN SCENARIO 3

Scenario 4

In scenario 4 wordt geoptimaliseerd over het aantal verschillende medewerkers dat een kind ziet in een week. Doordat de coaches nu in plaats van tevoren, tijdens het plannen aan kinderen worden gekoppeld komen er betere resultaten. Doel 3 zoals gebruikt in scenario 2 en 3 wordt in dit scenario een restrictie, ieder kind moet zijn of haar begeleider eens in de twee weken zien.

Doordat er één doel is om te optimaliseren is het geen *Goal Programming* model meer. Er kan daarom ook niet worden gevarieerd met bijvoorbeeld de α of de β .

Ten opzichte van scenario 2 en 3, is de uitkomst van scenario 4 net als scenario 1 één wekelijks rooster.

Aantal verschillende begeleiders	Aantal kinderen dat de coach niet ziet
2	0

TABEL 10: RESULTAAT SCENARIO 4

4.4 Bespreking van de scenario's

Eerder in dit hoofdstuk zijn vier verschillende scenario's behandeld. Elk van deze scenario's gebruikt dezelfde informatie als input zodat het mogelijk is de resultaten met elkaar te vergelijken. In deze paragraaf wordt allereerst gekeken naar de verschillen in de resultaten van de vier scenario's en wordt verklaard waar deze verschillen vandaan komen. Na het vergelijken van de vier scenario's wordt teruggekeken op de resultaten van het rooster in de huidige situatie. De scenario's worden besproken aan de hand van de in totaal drie doelen waarmee is gevarieerd per scenario.

Doel 1 Aantal verschillende begeleiders dat een kind ziet

Het aantal verschillende begeleiders komt in elk scenario terug. In scenario 1, waar geen rekening wordt gehouden met de coach die de aangewezen kinderen moet zien, ligt het aantal verschillende begeleiders het laagst. BB heeft het liefst twee of minder begeleiders per kind per week. Alle scenario's voldoen daaraan wanneer doel 2 en doel 3 niet zwaar worden meegewogen. Zodra doel 2 of doel 3 wel van invloed zijn op het rooster gaat het aantal begeleiders dat een kind in de week ziet snel omhoog. Doordat er kinderen zijn die de ene dag in groep 1 zitten en de andere dag in bijvoorbeeld groep 4 wordt het zeer complex om het aantal begeleiders onder de gewenste waarde houden. Ideaal zou zijn wanneer de kinderen de hele week in dezelfde groep zitten. Scenario 4 voldoet aan die wens van BB en daarnaast ook aan de wens dat een coach al zijn of haar kinderen ziet.

Doel 2 Gemiddelde smilescore

De smilescore ligt bij elk scenario tussen de 9,4 en de 9,8. Het is de vraag of een klein verschil in de smilescore merkbaar is en daarmee toegevoegde waarde heeft. Een hogere smilescore gaat ten koste van het aantal begeleiders dat een kind te zien krijg. In scenario 1 wordt de

hoogste score behaald, een 9,76. Met die score zien de kinderen wel meer dan twee begeleiders per week. In scenario 2 wordt alleen met de gamma voor doel 3 gevarieerd, als de gamma een zwaardere weging meekrijgt, gaat de gemiddelde score van de smilelijst omlaag.

Doel 3 Aantal kinderen dat coach ziet

De wens van BB is dat elk kind zijn of haar coach eens in de twee weken ziet. Dit is het geval in scenario 2, 3 en 4. Het zien van de coaches gaat ten koste van het aantal begeleiders dat een kind ziet in scenario 2 en 3. In scenario 2 gaat het ook ten koste van de gemiddelde smilescore. Scenario 4 is hier een uitzondering op, in dit scenario zien de kinderen twee verschillende medewerkers en ziet elk kind zijn of haar coach. Scenario 4 heeft een opzet die verschilt van de andere drie scenario's. In scenario 4 wordt namelijk niet van tevoren vastgezet welke kinderen onder een bepaalde coach vallen, er wordt een nieuwe indeling van kinderen gemaakt voor de coaches.

Pedagogische aspecten

De kinderen van BB hebben behoefte aan structuur, zo weinig mogelijk veranderingen. Zoals eerder beschreven zou het beter zijn wanneer de kinderen elke dag in een vaste groep zaten. Dit zou in ieder geval al een betere score opleveren voor het aantal gezichten dat een kind ziet in de week. Daarnaast kan er meer gelijkheid in het rooster komen wanneer de coaches opnieuw worden ingedeeld, zoals dit gebeurt in scenario 4. Op dit moment zitten de kinderen van een coach verdeeld over meerdere groepen. Dit zorgt ervoor dat een coach die als begeleider werkt voor meerdere groepen moet staan om zo veel mogelijk van zijn of haar kinderen te zien. Het nadeel van scenario 4 is dat de kinderen en hun ouders een band hebben opgebouwd met een bepaalde coach en deze band zou opnieuw opgebouwd moeten worden met een nieuwe coach.

Wekelijks of tweewekelijks

De modellen die ingesteld staan op twee weken leveren niet altijd een tweewekelijks rooster op. Vooral doel 3, het aantal kinderen dat de coach ziet heeft hier invloed op. Wanneer doel 3 zwaarder wordt meegeteld, is de uitkomst een tweewekelijks rooster. Als doel 3 minder zwaar weegt, zal er eerder een wekelijks rooster uitkomen, dat wil zeggen dat week 1 en week 2 gelijk aan elkaar zijn. Door doel 3 zal een coach minder vaak als begeleider voor dezelfde groep staan omdat deze zijn coach-kinderen moet zien.

Vergelijking met het rooster in de huidige situatie

Scenario 2 vergelijkt zich het beste met het rooster in de huidige situatie. Dit omdat in de huidige situatie dezelfde drie doelen in het achterhoofd worden meegenomen. Wat opvalt is dat in de huidige situatie de smilescore hoog is vergeleken met de scenario's. Tegelijk is het aantal begeleiders dat een kind ziet wel te hoog en ook een stuk hoger dan in de meeste scenario's. Ook het aantal kinderen dat de toegewezen coach niet ziet, is in de huidige situatie hoger dan wenselijk. In de huidige situatie is dat 4. Als de huidige situatie wordt vergeleken met het laatste resultaat uit scenario 2, zie Tabel 8, valt op dat met hetzelfde aantal begeleiders dat een kind ziet, doel 3 een stuk lager kan zijn. Alle kinderen zien in dat geval de coach. De score op de smilelijst is 0,3 punten lager in scenario 2.

Het vierde scenario laat BB zien dat een andere insteek, het veranderen van de toegewezen coach, een positieve invloed kan hebben op het aantal begeleiders dat een kind ziet en het aantal kinderen dat de coach ziet.

De tijd die het kost om een rooster te maken is in ieder geval enorm verkort. In de huidige situatie was de eigenaresse hier uren mee bezig terwijl het *Goal Programming* model van

bijvoorbeeld scenario 2, waarin alle drie de doelen voorkomen er ongeveer een halve seconde over doet. Het veranderen van de input data zoals een nieuw kind toevoegen, kost iets meer tijd, maar nog steeds heel weinig vergeleken met de tijd die het in de huidige situatie kost.

Bespreking met BB

De resultaten uit hoofdstuk 4 zijn met BB besproken. BB ziet door de resultaten van de scenario's hoe de aspecten waar zij rekening mee houden invloed hebben op de roosters. Wat met name naar voren komt is, dat het lastig wordt om het aantal begeleiders dat een kind in een week ziet laag te houden, doordat kinderen niet in een vaste groep zitten.

De score uit de smilelijst lijkt weinig te verschillen in de roosters, de score blijft tussen de 9,4 en de 9,8. Dit zou nauwelijks merkbaar zijn in de praktijk. Uit de smilelijst blijkt dat kinderen alleen een 0 krijgen als het echt niet goed gaat, dit blijkt echter weinig voor te komen. Uit het gesprek met BB blijkt dat een rooster waar de smilescore hoger is niet per se een beter rooster is voor de kinderen. BB wil de smilelijst daarom niet meer meenemen in het model.

Door deze nieuwe inzichten op basis van de doorgerekende scenario's, heeft BB besloten om een andere manier van werken te gaan hanteren. De kinderen zullen in een vaste groep worden ingedeeld. Daarnaast worden twee begeleiders gekoppeld aan één groep waarvan één begeleider tevens coach is. Een coach wordt dan aan een groep gekoppeld in plaats van aan een aantal kinderen. Dit lijkt een goede oplossing, omdat kinderen dan per definitie maximaal twee verschillende begeleiders te zien krijgen en daarnaast ziet elk kind zijn of haar coach minimaal een keer per week als begeleider.

Deze nieuwe manier van plannen die BB vanaf september 2017 gaat hanteren, gaat uit van andere uitgangspunten dan waarop de modellen van scenario 1 tot en met 4 gemaakt zijn. Dit is het gevolg van de inzichten die verkregen zijn door BB op basis van de presentatie van deze scenario's. Daarom wordt er een vijfde scenario in een model uitgewerkt, wat gebaseerd is op de manier van werken voor BB vanaf september 2017. Dit wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

5 Scenario 5: alternatief model

Het alternatieve model is gemaakt, omdat BB in het komende schooljaar de manier van werken gaat veranderen. Deze beslissing is genomen op basis van de presentatie van de doorgerkende scenario's en het inzicht wat hierdoor verkregen is. Kinderen worden in een vaste groep gezet, aan een groep worden twee vaste begeleiders gekoppeld, één coach en één begeleider. In dit alternatieve model moet de mogelijkheid komen een medewerker die coach is vijf dagen in de week te laten werken. De schrijfdag zal dan op de woensdag vallen. Deze eis is toegevoegd omdat er in het nieuwe jaar elke dag standaard vier groepen aanwezig zijn. Dit kan alleen met het huidige personeel worden bereikt wanneer een aantal medewerkers een dag extra gaat werken.

Het model is niet, zoals wel het geval is in scenario 1 tot en met 4, afhankelijk van de kinderen die in de groepen zitten. Doordat de coach en begeleider nu aan een groep worden gekoppeld, is het niet meer nodig om de kinderen mee te nemen in het model.

Doordat er in scenario 5 geen gebruik wordt gemaakt van doelen waarover geoptimaliseerd wordt is het geen *Goal Programming* probleem. Het blijft net zoals *Goal Programming* een *Linear Programming* probleem. Omdat het model uitsluitend gebruik maakt van binaire variabelen wordt het ILP (*Integer Linear Programming*) genoemd. De doelfunctie blijft leeg en er wordt in dit geval nergens over geoptimaliseerd. De oplossing die uit het model volgt, is een oplossing die aan alle restricties voldoet.

5.1 Model scenario 5

Input parameters

- m_i : Medewerker i , $i = \{1, \dots, 8\}$.
 a_i : 1 als medewerker i allrounder of invaller mag zijn, anders 0.
 c_i : 1 als medewerker i coach mag zijn, anders 0.
 y_i : Maximale aantal dagen dat een medewerker wil werken in de week.
 u_{ik} : 1 als medewerker i beschikbaar is op dag k , anders 0.
 d_k : Dag k , $k = 1, \dots, 5$.
 g_l : Groep l , $l = 1, 2, 3, 4$.
 mg_{il} : 1 als medewerker i , aan groep l wordt gekoppeld, anders 0.

Beslissingsvariabelen binair

- B_{ikl} : Medewerker i is begeleider, op dag k , voor groep l
 C_{ik} : Medewerker i is coach op dag k
 A_{ik} : Medewerker i is allrounder op dag k
 S_{ik} : Medewerker i heeft een schrijfdag op dag k

R1	$\sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^4 (B_{ikl} + C_{ik} + S_{ik} + A_{ik}) \leq y_i \quad \forall i, k$	Een medewerker werkt niet meer dan het maximaal aangegeven dagen.
R2	$\sum_{l=1}^4 (B_{ikl}) + C_{ik} + S_{ik} + A_{ik} \leq u_{ik} \quad \forall i, k$	Een medewerker mag alleen werken als deze op die dag beschikbaar is.
R3	$C_{ik} \leq c_i \quad \forall i, k$	Alleen een coach mag coach zijn
R4	$\sum_{k=1}^5 C_{ik} = c_i \quad \forall i$	Elke coach is één keer coach

R5	$\sum_{k=1}^5 S_{ik} = c_i \quad \forall i$	De medewerkers die coach zijn, moeten eenmaal per week een schrijfdag hebben.
R6	$\sum_{i=1}^8 C_{ik} = 1 \quad k = 1,2,4,5$	Elke dag behalve woensdag is er één coach.
R7	$\sum_{i=1}^8 S_{ik} \leq 1 \quad \forall k$	Er mag niet meer dan één medewerker een schrijfdag hebben op dezelfde dag.
R8	$S_{ik} \leq c_i \quad \forall i, k$	Alleen iemand die coach is, mag een schrijfdag hebben.
R9	$\sum_{l=1}^8 B_{ikl} = 1 \quad \forall k = 1,2,4,5$	Elke dag behalve woensdag moet er voor iedere groep een begeleider zijn.
R10	$A_{ik} \leq a_i \quad \forall i, k$	Alleen iemand die allrounder mag zijn kan allrounder zijn.
R11	$\sum_{i=1}^8 A_{ik} = 1 \quad \forall k$	Elke dag behalve woensdag moet er één allrounder aanwezig zijn.
R12	$B_{ikl} \leq mg_{il} \quad \forall i, l, k$	Een begeleider mag alleen voor de aangegeven groep staan.

5.2 Resultaten scenario 5

Het resultaat is, omdat er een lege doelfunctie wordt meegegeven, een rooster dat alleen voldoet aan de restricties die in het model zijn verwerkt. Er zijn niet, zoals wel het geval is in de vier scenario's, doelen waarover wordt geoptimaliseerd.

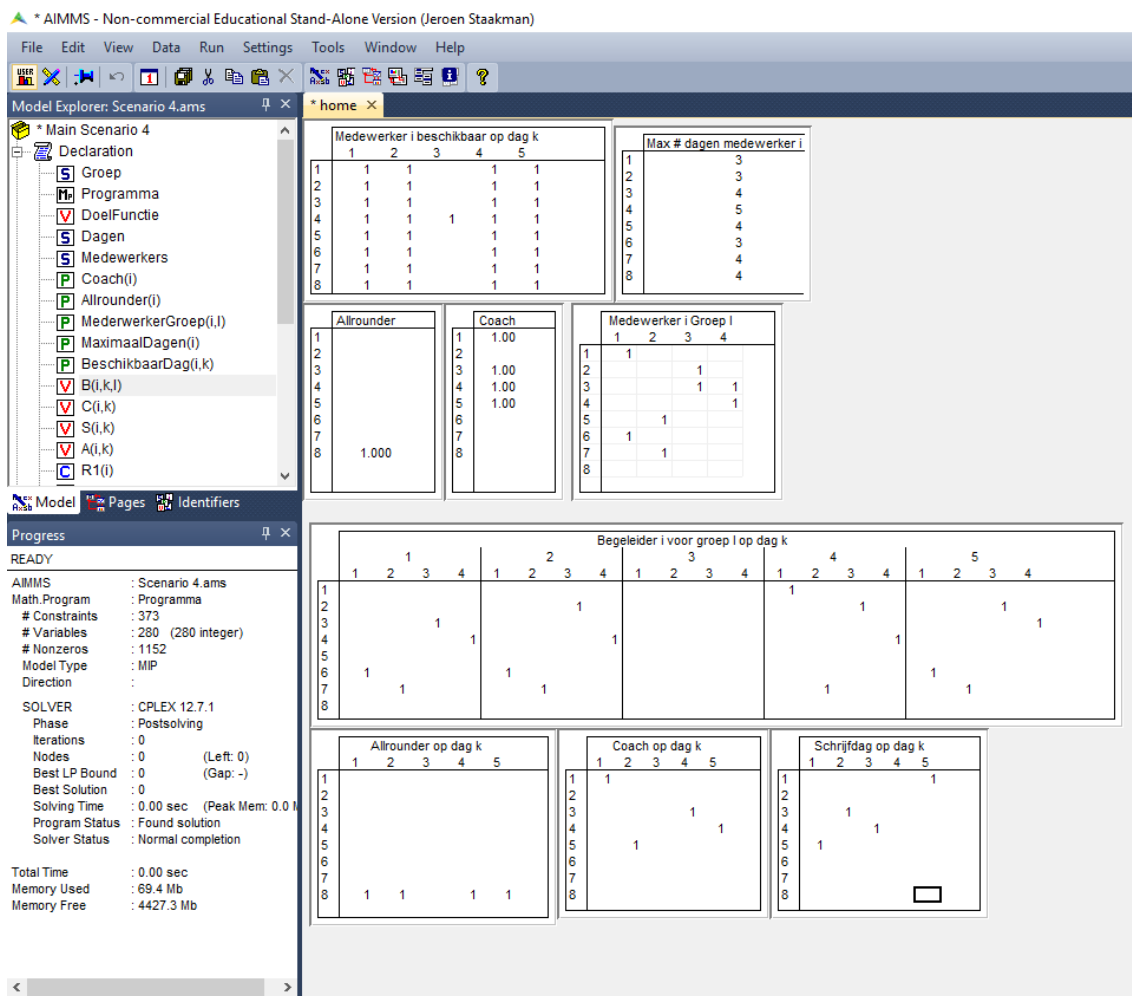
Het resultaat is dat een kind per definitie maximaal twee begeleiders in de week ziet, dit omdat er twee begeleiders worden toegewezen aan een groep. De coach staat ook in ieder geval 1 dag in de week voor een groep kinderen als begeleider.

Hieronder is het uiteindelijke resultaat weergegeven in een rooster. De gebruikte input data, zijn de data vanaf september 2017. Naast de input zoals het aantal dagen dat een medewerker beschikbaar is, welke dagen een medewerker beschikbaar is en de functie van de medewerker, wordt als input de begeleider en de coach voor een bepaalde groep meegegeven, zie Tabel 11.

	Coach	Begeleider
Groep 1	Pers-1	Pers-6
Groep 2	Pers-5	Pers-7
Groep 3	Pers-3	Pers-2
Groep 4	Pers-4	Pers-3

TABEL 11: INPUT DATA VOOR SCENARIO 5

In onderstaande schermafbeelding (Figuur 6) is te zien welke input is meegegeven aan AIMMS en zijn de resultaten van het rooster te zien in de onderste vier tabellen. Het rooster wat hieruit volgt is te zien in tabel 12.



FIGUUR 6: SCHERMAFBEELDING AIMMS

Maandag	Begeleider	Coach	Schrijfdag	Allrounder	Dinsdag	Begeleider	Coach	Schrijfdag	Allrounder
Groep 1	Pers-6	Pers-1	Pers-5	Pers-8	Groep 1	Pers-6	Pers-3	Pers-5	Pers-8
Groep 2	Pers-7				Groep 2	Pers-7			
Groep 3	Pers-3				Groep 3	Pers-2			
Groep 4	Pers-4				Groep 4	Pers-4			

Donderdag	Begeleider	Coach	Schrijfdag	Allrounder	Vrijdag	Begeleider	Coach	Schrijfdag	Allrounder
Groep 1	Pers-1	Pers-3		Pers-8	Groep 1	Pers-6	Pers-4	Pers-1	Pers-8
Groep 2	Pers-7				Groep 2	Pers-7			
Groep 3	Pers-2				Groep 3	Pers-2			
Groep 4	Pers-4				Groep 4	Pers-3			

TABEL 12: ROOSTER SCENARIO 5, PERS-4 WERKT VIJF DAGEN IN DE WEEK EN HEEFT DAAROM OP WOENSDAG EEN SCHRIJFDAG

Zoals te zien in Tabel 12 is het rooster van het alternatieve model een wekelijks rooster. Dit geeft voor de kinderen, die allemaal een mentale beperking hebben de meeste rust.

In vergelijking met de modellen uit scenario 1 tot en met 4 is dit model een stuk kleiner. Scenario 2 had bijvoorbeeld 1683 variabelen en 1931 restricties. Scenario 5 heeft: 280 variabelen en 373 restricties. De tijd die het programma AIMMS nodig heeft om het alternatieve model op te lossen is afgerond 0,00 seconden. Scenario 2 deed daar in vergelijking ongeveer 0,50 seconden over. Deze vergelijking wordt alleen gedaan om het verschil in grootte van de modellen aan te tonen.

5.3 Implementatie scenario 5

Het model kan worden geïmplementeerd in Excel, de standaard Solver van Excel is gelimiteerd tot maximaal 200 variabelen, het model heeft er 280. De standaard Solver kan dus niet worden gebruikt. Een alternatief voor de standaard Solver is OpenSolver. Deze solver heeft geen limiet aan het aantal variabelen of restricties. Door OpenSolver te gebruiken kan het model worden geïmplementeerd in Excel waarmee de eigenaresse zelf de nodige gegevens kan invoeren en het model een oplossing kan laten genereren. Het voordeel van OpenSolver ten opzichte van het programma waarin in dit onderzoek de modellen zijn verwerkt, namelijk AIMMS, is dat OpenSolver een gratis programma is.

6 Conclusie

Dit hoofdstuk geeft de conclusies die volgen uit het onderzoek. Ook geeft dit hoofdstuk antwoord op de hoofdvraag: *'Hoe kan het planningsproces bij BB worden verbeterd zodat de tijd die het kost om een planning te maken wordt verkort en de planning wordt geoptimaliseerd?'.* Hiermee komt er een oplossing voor het gekozen kernprobleem: *'De planning wordt handmatig gemaakt zonder hulpmiddelen'.*

Er is door middel van verschillende scenario's bekeken welk model het best kan worden gebruikt in de praktijk en welke voor BB de meest gewenste resultaten oplevert. Uit de resultaten van de scenario's blijkt dat het mogelijk is om verbeteringen te bereiken op de doelen die BrumBrum heeft. Zo kan het aantal begeleiders dat een kind ziet omlaag en het aantal kinderen dat zijn of haar coach ziet omhoog terwijl de score op de smilelijst nagenoeg gelijk blijft.

Na de resultaten van de vier scenario's te hebben besproken, is BB tot de conclusie gekomen dat de beste manier om de planning te verbeteren is: het veranderen van de manier van werken. Daarom heeft BB ervoor gekozen om de indeling van de groepen aan te passen, zodat kinderen elke dag in dezelfde groep zitten en daarnaast een coach niet toe te wijzen aan een aantal kinderen, maar aan een groep. Door deze aanpassingen wordt er voldaan aan het streven van BB om twee verschillende begeleiders per kind te hebben. De tijd die het kost om een rooster te maken wordt hierdoor ook verkort, maar nog steeds blijft het een lastige klus om een werkende combinatie van coaches, begeleiders, allrounders en coaches met een schrijfdag te maken. Om antwoord te geven op het eerste deel van de hoofdvraag: *het verkorten van de tijd die nodig is om een planning te maken*, is een model voor de nieuwe situatie opgesteld. Dit model is in tegenstelling tot de modellen van de vier scenario's geen *Goal Programming model* maar een *Integer Linear Programming model*. In dit model wordt niet meer geoptimaliseerd, er wordt bij het oplossen van het model een oplossing gegeven die voldoet aan de restricties die BB oplegt aan het rooster. Het resultaat is een model dat maximaal twee begeleiders per kind toewijst en dat in verwaarloosbare tijd een werkend rooster als oplossing geeft. Het model kan worden geïmplementeerd in een spreadsheetprogramma zoals Excel zodat de eigenaresse van BB zelf het model kan gebruiken.

Appendix A: Rooster huidige situatie

Maandag							
Groep	Naam kind	week 1 begeleider	week 2 begeleider	week 1 coach	week 2 coach	Allround	Schrijfg
1	Kind-9	Pers-6	Pers-6	Pers-1	Pers-1	Pers-8	Pers-3
1	Kind-4						
1	Kind-1						
1							
2	Kind-3	Pers-5	Pers-2				
2	Kind-15						
2							
2	Kind-5						
3	Kind-12	Pers-2	Pers-5				
3	Kind-13						
3	Kind-14						
3	Kind-10						
4	Kind-7	Pers-4	Pers-4				
4	Kind-6						
4							
4							
Dinsdag							
Groep	Naam kind	week 1 begeleider	week 2 begeleider	week 1 coach	week 2 coach	Allround	Schrijfg
1	Kind-9	Pers-2	Pers-2	Pers-4	Pers-4	Pers-8	Pers-5
1	Kind-4						
1	Kind-1						
1	Kind-6						
2	Kind-3	Pers-7	Pers-3				
2	Kind-15						
2	Kind-5						
2	Kind-2						
3	Kind-12	Pers-3	Pers-7				
3	Kind-10						
3	Kind-8						
3	Kind-11						
Donderdag							
Groep	Naam kind	week 1 begeleider	week 2 begeleider	week 1 coach	week 2 coach	Allround	Schrijfg
1	Kind-9	Pers-6	Pers-6	Pers-3	Pers-3	Pers-8	Pers-1
1	Kind-1						
1	Kind-4						
1							
2	Kind-3	Pers-7	Pers-2				
2	Kind-2						
2	Kind-5						
2							
3	Kind-8	Pers-2	Pers-7				
3	Kind-12						
3	Kind-10						
3	Kind-11						
4	Kind-7	Pers-4	Pers-4				
4	Kind-6						
Vrijdag							
Groep	Naam kind	week 1 begeleider	week 2 begeleider	week 1 coach	week 2 coach	Allround	Schrijfg
1	Kind-9	Pers-1	Pers-1	Pers-5	Pers-5	Pers-8	Pers-4
1	Kind-1						
1	Kind-4						
1	Kind-6						
2	Kind-3	Pers-7	Pers-3				
2	Kind-15						
2	Kind-2						
2	Kind-5						
3		Pers-3	Pers-7				
3	Kind-12						
3	Kind-14						
3	Kind-13						

FIGUUR 7: ROOSTER VAN DE HUIDIGE SITUATIE

Appendix B: Model scenario 2

Input parameters

- m_i : Medewerker i , $i = \{1, \dots, 8\}$.
 a_i : 1 als medewerker i allrounder of invaller mag zijn, anders 0.
 b_i : 1 als medewerker i begeleider mag zijn, anders 0.
 c_i : 1 als medewerker i coach mag zijn, anders 0.
 y_i : Maximale aantal dagen dat een medewerker wil werken in de week
 d_k : Dag k , $k = 1, \dots, 8$ (Dagen dat BrumBrum open is in twee weken).
 u_{ik} : 1 als medewerker i beschikbaar is op dag k , anders 0
 g_l : Groep l , $l = 1, 2, 3, 4$
 K_{jkl} : kind j op dag k in groep l $j = 1, \dots, 15$, $k = 1, 2, 3, 4$, $l = 1, 2, 3, 4$
 Z_{ij} : Score uit smilelijst van kind j met medewerker i . $j = 1, \dots, 15$ $i = 1, \dots, 8$, $1 \leq Z \leq 10$
 α : Wegingsfactor voor doel 1 in doelfunctie
 β : Wegingsfactor voor doel 2 in doelfunctie
 γ : Wegingsfactor voor doel 3 in doelfunctie
 M : Parameter voor het functioneren van de big M restrictie.
 pb_{ij} : 1 als Medewerker i coach is van kind j , anders 0.

Hulpvariabelen

- f_{kl} : Binair, 1 als er een kind aanwezig is in groep l op dag k . Anders 0
 p_{ijk} : Binair, 1 als medewerker i , kind j op dag k in de groep heeft. Anders 0
 h_{ij} : Binair, als $\sum_{k=1}^4 p_{ijk} \geq 1$ dan $h_{ij} = 1$ h_{ij} is 1 als kind j begeleider i , 1 of meerdere keren in een week ziet.

Beslissingsvariabelen binair

- B_{ikl} : 1 als Medewerker i begeleider is op dag k , voor groep l , anders 0.
 C_{ik} : 1 als Medewerker i coach is op dag k , anders 0.
 A_{ik} : 1 als Medewerker i allrounder is op dag k , anders 0.
 S_{ik} : 1 als Medewerker i een schrijfdag heeft op dag k , anders 0.
 z_f^+ : Overschrijding van doel f , $f = 1, 2, 3$
 z_f^- : Tekort van doel f , $f = 1, 2, 3$

Doelen

Doel 1: minimaliseren van het aantal verschillende begeleiders dat een kind ziet in een week.

$$\text{Doel 1: } \left(\frac{\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^8 h_{ij}}{J} = 1 \right)$$

De som van h_{ij} over i geeft het aantal verschillende begeleiders dat een kind in een week ziet, er wordt over j gesommeerd om het totaal aantal verschillende begeleiders voor alle kinderen te krijgen. Door het delen door J is de uitkomst het gemiddeld aantal begeleiders dat een kind in de week ziet. Het gewenste aantal verschillende begeleiders is zo laag mogelijk, dat is één per kind.

Doel 2: maximaliseren van de score tussen medewerkers en kinderen. Scoreschaal gaat van 1 tot en met 10.

Doel 2:
$$\frac{(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk} * Z_{ij})}{(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk})} = 10$$

De behaalde totaalscore is bepaald door de som over k, i en j van $P_{ijk} * Z_{ij}$. $P = 1$ wanneer medewerker i met kind j op dag k werkt. Om de gemiddelde score te bepalen wordt gedeeld door de som van P_{ijk} . Over i,j en k. In de restrictie zal doel 2 anders opgeschreven moeten worden omdat een beslissingsvariabele delen door een beslissingsvariabele niet mogelijk is in een *Linear Programming* model

Doel 3: Elke Persoonlijke begeleidsters/coach ziet de kinderen die zij toegewezen heeft gekregen minimaal een keer per twee weken.

Doel 3: $pb_{ij} \leq h_{ij}$

De parameter pb_{ij} geeft aan welke persoonlijke begeleider/coach bij welk kind hoort. h_{ij} geeft aan of medewerker i en kind j elkaar zien in de twee weken. Wanneer pb_{ij} 1 is moet h_{ij} dus ook 1 zijn.

Goal functie

min $\alpha z_1^+ + \beta z_2^- + \gamma z_3^-$

Het doel is om de overschrijding van doel 1 en de tekortkomingen bij doelen twee en drie zo klein mogelijk te houden. Alle doelen krijgen een wegingsfactor, α voor doel 1 , β voor doel 2 en γ voor doel 3.

Restricties

Doel 1	$\left(\left(\frac{(\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^8 h_{ij})}{J} \right) = 1 + z_1^+ \right)$	Doel 1
Doel 2	$(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk} * Z_{ij}) = (10 * \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^4 p_{ijk}) - z_2^-$	Doel 2
Doel 3	$pb_{ij} \leq h_{ij} + z_3^- \quad \forall i, j$	Doel 3
R1	$\sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^4 (B_{ikl} + C_{ik} + S_{ik} + A_{ik}) \leq y_i \quad \forall i$	Een medewerker kan niet meer werken dan het aantal dagen dat hij of zij aangegeven. y_i is het maximaal aantal dagen dat een medewerker wil/kan werken.
R2	$\sum_{l=1}^4 (B_{ikl}) + C_{ik} + S_{ik} + A_{ik} \leq u_{ik} \quad \forall i, k$	Medewerker i moet beschikbaar zijn op dag k, als hij wordt ingeroosterd. Als de linkerkant van de som 1 is betekend dit dat de medewerker is ingeroosterd u_{ik} moet dan wel 1 zijn. Oftewel de medewerker moet beschikbaar zijn op dag k. Een medewerker kan daarnaast maar één functie per dag uitvoeren. Omdat u_{ik} nooit groter wordt dan 1, kan dat niet.
R3	$C_{ik} \leq c_i \quad \forall i, k$	Een medewerker kan alleen worden ingezet als coach als deze dat ook

		mag, $c_i=1$ als een medewerker coach mag zijn
R4	$A_{ik} \leq a_i \quad \forall i, k$	Een medewerker kan alleen worden ingezet als allrounder als deze dat ook mag, $a_i=1$ als een medewerker allrounder mag zijn.
R5	$B_{ikl} \leq b_i \quad \forall i, k, l$	Een medewerker kan alleen worden ingezet als begeleider als deze dat ook mag, $b_i=1$ als een medewerker begeleider mag zijn.
R6a	$\sum_{i=1}^8 B_{ikl} = f_{kl} \quad \forall k, l$	Als er een kind is ingedeeld op een groep moet er een begeleider zijn voor deze groep.
R6b	$\sum_{j=1}^{15} K_{jkl} \leq M * f_{kl} \quad \forall k, l$	Als er één of meerdere kinderen in de groep zitten moet f_{kl} 1 zijn.
R6c	$f_{kl} \leq \sum_{j=1}^{15} K_{jkl} \quad \forall k, l$	Deze restrictie zorgt ervoor dat $f_{kl} = 0$ wanneer er geen kinderen in een groep zijn ingedeeld.
R7a	$\sum_{k=1}^4 C_{ik} \geq c_i \quad \forall i$	Een coach moet eenmaal in de week coach zijn. De eerste week loopt van dag 1 tot en met dag 4.
R7b	$\sum_{k=5}^8 C_{ik} \geq c_i \quad \forall i$	Zelfde restrictie als R8a alleen nu voor dag 5 tot en met dag 8.
R8	$\sum_{i=1}^8 C_{ik} = 1 \quad \forall k$	Iedere dag is er een coach aanwezig
R9a	$\sum_{k=1}^4 S_{ik} = c_i \quad \forall i$	Een coach heeft één schrijfdag in de week, dit geldt voor week 1.
R9b	$\sum_{k=5}^8 S_{ik} = c_i \quad \forall i$	Een coach heeft één schrijfdag in de week, dit geldt voor week 2.
R10	$\sum_{i=1}^8 S_{ik} = 1 \quad \forall k$	Elke dag is er één coach die een schrijfdag heeft.
R11	$\sum_{i=1}^N A_{ik} = 1 \quad \forall k$	Iedere dag is er een allrounder aanwezig
R12a	$\sum_{k=1}^4 p_{ijk} \leq M * h_{ij} \quad \forall i, j$	Som van k over p_{ijk} telt het aantal keer dat medewerker i en kind j elkaar zien in de week. Als dit $> 0 \rightarrow h_{ij}=1$, h_{ij} wordt 1 als een kind een begeleider één of meer dan één keer in de week ziet.
R12b	$h_{ij} \leq \sum_{k=1}^4 p_{ijk} \quad \forall i, j$	Als $\sum_{k=1}^4 p_{ijk} = 0 \rightarrow h_{ij} = 0$

R12c	$p_{ijk} = \sum_{l=1}^4 B_{ikl} * K_{jkl} \forall i, j, k$	$p_{ijk} = 1$ als begeleider i, kind j op dag k in de groep heeft.
R13	$p_{ijk}, f_{kl}, h_{ij}, B_{ikl}, C_{ik}, A_{ik}, S_{ik} \in \{0,1\}$	Deze variabelen zijn binair

Bronnenlijst

- Heerkens, H., & Van Winden, A. (2012). *Geen probleem*. Nieuwegein: Van Winden Communicatie.
- Huang, D. K., Chiu, H. N., Yeh, R. H., & Chang, J. H. (2009). A fuzzy multi-criteria decision making approach for solving a bi-objective personnel assignment problem. *Computers and Industrial Engineering*, 56(1), 1-10. doi:10.1016/j.cie.2008.03.007
- Li, J., Burke, E. K., Curtois, T., Petrovic, S., & Qu, R. (2012). The falling tide algorithm: A new multi-objective approach for complex workforce scheduling. *Omega*, 40(3), 283-293. doi:10.1016/j.omega.2011.05.004
- Lin, H. T., Chen, Y. T., Chou, T. Y., & Liao, Y. C. (2012). Crew rostering with multiple goals: An empirical study. *Computers and Industrial Engineering*, 63(2), 483-493. doi:10.1016/j.cie.2012.04.013
- Niehaus, R. J. (1995). Evolution of the strategy and structure of a human resource planning DSS application. *Decision Support Systems*, 14(3), 187-204. doi:10.1016/0167-9236(94)00016-L
- Slomp, J., & Suresh, N. C. (2005). The shift team formation problem in multi-shift manufacturing operations. *European Journal of Operational Research*, 165(3), 708-728. doi:10.1016/j.ejor.2004.01.034
- Topaloglu, S. (2006). A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents. *Computers and Industrial Engineering*, 51(3), 375-388. doi:10.1016/j.cie.2006.08.003
- Urban, T. L., & Russell, R. A. (2003). Scheduling sports competitions on multiple venues. *European Journal of Operational Research*, 148(2), 302-311. doi:10.1016/S0377-2217(02)00686-0
- Van der Wegen, L. (2014, November). OR Lecture 1
- AIMMS : Goal Programming. (z.d) Goal Programming Functional Examples. Geraadpleegd op 07-06-2017, van <https://aimms.com/english/developers/resources/examples/functional-examples/goal-programming/>