

Beslissingsondersteuning voor het aanpassen
van de online OK-planning

Woutske Hartholt

Afstudeerscriptie Technische Wiskunde

November 2009 - Oktober 2010

UNIVERSITEIT TWENTE.



Beslissingsondersteuning voor het aanpassen van de online OK-planning

Woutske Hartholt

Universiteit Twente
Applied Mathematics
Industrial Engineering and Operations Research
Discrete Mathematics and Mathematical Programming

UNIVERSITEIT TWENTE.

Isala Klinieken
Groot Wezenland 20
8011 JW Zwolle



Afstudeercommissie

Prof. dr. J.L. (Johann) Hurink

Universiteit Twente, Discrete Mathematics and Mathematical Programming

Dr. ir. G.F. (Gerhard) Post

Universiteit Twente, Discrete Mathematics and Mathematical Programming

Dr. ir. I.H.M. (Ingrid) Vliegen

Universiteit Twente, Operational Methods for Production and Logistics

Ir. J.T. (Theresia) van Essen

Universiteit Twente, Discrete Mathematics and Mathematical Programming

B.J. (Bernd) van den Akker

Isala Klinieken, Zorglogistiek

Voor u ligt de afstudeerscriptie van mijn studie Technische Wiskunde aan de Universiteit Twente. Mijn afstuderen heb ik uitgevoerd bij de Isala Klinieken, een topklinisch ziekenhuis in Zwolle. In dit onderzoek heb ik een methode ontwikkeld waarmee gedurende de dag de planning van de klinische operaties aangepast kan worden. Bij het aanpassen van de planning wordt rekening gehouden met de vele medewerkers die iedere dag klaar staan om, direct en indirect, elke operatie zo goed mogelijk te laten verlopen.

Hierbij wil ik mijn begeleider van de Isala Klinieken, Bernd van den Akker, bedanken voor de mogelijkheid die hij mij geboden heeft en voor de opmerkingen, ideeën en input die tot deze afstudeerscriptie geleid hebben. Ook alle medewerkers in de Isala Klinieken, die tijd vrij hebben gemaakt voor de interviews, wil ik bedanken. Zonder hen was het nooit gelukt om zoveel inzicht in het onderwerp te krijgen. Mijn begeleiders van de Universiteit Twente, Johann Hurink en Theresia van Essen, wil ik bedanken voor alle feedback, tips en ideeën die zij mij gegeven hebben.

Ten slotte wil ik ook mijn familie en vrienden bedanken. Mijn ouders voor al die keren dat ik kwam logeren en voor de steun die ik gedurende mijn hele studie heb gekregen. Mijn vrienden voor alle gezelligheid en afleiding die ze mij gegeven hebben.

Enschede, Oktober 2010

Woutske Hartholt

In de Isala Klinieken is men voortdurend bezig met het efficiënter inrichten van processen, waaronder de processen rondom operaties. Een van deze processen is het aanpassen van de OK-planning. De OK-planning wordt gedurende de dag aangepast, als niet meer aan de planning voldaan kan worden, bijvoorbeeld als een operatie uitloopt of een patiënt te laat aanwezig is. De planning, die gedurende de dag gemaakt wordt, is de online OK-planning. In dit afstudeeronderzoek wordt gekeken hoe de online OK-planning het beste aangepast kan worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met alle betrokkenen van een operatie, zodat het totale negatieve effect van een aanpassing aan de online OK-planning zo klein mogelijk is. Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een beslissingsondersteuning voor het aanpassen van de online OK-planning, zodat bij het aanpassen van de online OK-planning rekening gehouden kan worden met de betrokkenen.

Het onderzoek geeft inzicht in de werkzaamheden van medewerkers die betrokken zijn bij een operatie. Hieruit volgen verschillende voorwaarden waaraan voldaan moet worden om een operatie te laten doorgaan. Denk hierbij aan beschikbaarheid van de chirurg, patiënt en apparatuur. Naast deze voorwaarden worden ook wensen opgesteld. Wensen zijn voorkeuren van patiënten en medewerkers die betrokken zijn bij een operatie, zoals de wens om niet te overwerken of de wens om de operatie op de geplande tijd uit te voeren.

Het doel is de minimalisatie van de afwijking van de wensen, binnen de vastgelegde voorwaarden. In veel gevallen is de ene betrokkene belangrijker dan de andere betrokkene. Dit wordt door middel van een prioriteit per betrokkene aan het model toegevoegd. Hoe hoger de prioriteit van de betrokkene, hoe meer rekening wordt gehouden met de wens van die betrokkene.

De voorwaarden en wensen vormen samen met de doelfunctie een Integer Lineair Programma (ILP). Een ILP is een wiskundig optimalisatie probleem waarbij de voorwaarden,

wensen en doelfunctie zijn geformuleerd als lineaire functies. Het geformuleerde ILP is gemodelleerd met behulp van AIMMS 3.10 en opgelost met CPLEX 12.1.

Het ILP-model geeft inzicht in de manier hoe een OK-planning het beste aangepast kan worden. Voor meerdere tijdstippen op de dag is gekeken hoe de bestaande planning wordt aangepast tot een optimale planning. De conclusie van dit experiment is dat verschuiven van operaties, ten opzichte van de oorspronkelijke planning, voldoende is om de planning te optimaliseren. Daarnaast is het in sommige gevallen beter om gedurende korte tijd de OK niet te bezetten. De OK staat op dat moment gedurende korte tijd leeg, maar de planning voldoet door deze pauze wel beter aan de wensen van de betrokkenen. Uit analyse van de prioriteiten volgt dat er groepen betrokkenen zijn die tegengestelde belangen hebben. Geconcludeerd wordt dat in veel gevallen de wensen van patiënten, verpleegafdelingen en OK-medewerkers tegengesteld zijn aan de wensen van recovery, pathologie, radiologie en logistiek medewerker. Daarnaast volgt uit analyse van de kwaliteit van de optimale planning dat het optimaliseren van de planning resulteert in een kwaliteitsverbetering. Er wordt voldaan aan alle opgestelde voorwaarden en de afwijking van de wensen wordt gehalveerd.

Naar aanleiding van de conclusies is een programma ontwikkeld die voor één OK de optimale aanpassing berekent. Het wordt aanbevolen om deze software als beslissingsondersteuning voor het aanpassen van de online OK-planning te gebruiken.

Isala Klinieken is constantly trying to optimize processes, including processes related to surgery. One of these processes is adjusting the OR schedule. During the day, the OR schedule has to be adjusted several times, for example when a surgery takes more time or a patient is late. The schedule, made during the day, is called the online OR schedule. This research examines how the online OR schedule can be adjusted best. Thereby, all parties involved with surgery should be taken into account, so the total negative effect of an adjustment to the online OR schedule is as small as possible. The aim of the research is to develop support for decision making for adjusting the online OR schedule, so all stakeholders are considered when adjusting the online OR schedule.

The research provides insight in the activities of employees involved in surgery. From this several conditions follow, that must be met for surgery. For example, the availability of surgeons, patients and equipment. Besides these conditions, stakeholders have preferences. Preferences are wishes of patients and staff involved in an operation, such as the preference not to work in overtime and to perform the surgery at the scheduled time.

The objective is the minimization of the deviation from the preferences within the given conditions. In many cases, one stakeholder is more important than another stakeholder. This is modelled by means of a priority for each stakeholder. The higher the priority of the stakeholder, the more his preferences are taken into account.

The conditions and preferences, together with the objective can be expressed as an Integer Linear Program (ILP). An ILP is a mathematical optimization problem, in which the conditions, preferences and objective are formulated as linear functions. The formulated ILP is modelled using AIMMS 3.10 and solved with CPLEX 12.1.

The ILP model provides insight into the way an OR schedule can be adjusted best. For several times in the day, we have looked at how the existing schedule is adjusted to an

optimal schedule. The conclusion of this experiment is that shifting surgeries, compared to the original plan, is sufficient to optimize the schedule. In addition in some cases, it is better to leave the OR empty for a short time. Although the OR is empty for a short period, the schedule matches the preferences of the stakeholders better. Analysis of priorities shows that two conflicting groups of stakeholders exist. It is concluded that the preferences of patients, nurses from the ward and OR staff oppose the preferences of the nurses in the recovery room, the pathology department, radiology employees and logisticians. From analysis of the quality of the optimal schedule, it is also concluded that optimization of OR-schedules results in quality improvement. We are able to fulfil all conditions and the deviation from the preferences are half the deviation of the original schedule.

Based on the conclusions, a program is developed for calculating the optimal adjustment to the OR schedule. It is recommended that this program is used to adjust the online OR schedule.

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Summary	iv
Inhoudsopgave	viii
1 Introductie	1
1.1 Isala Klinieken	2
1.2 Probleemstelling	3
1.3 Doelstelling	4
1.4 Onderzoeksvragen	5
1.5 Vooruitblik	6
2 Literatuurstudie	7
2.1 Kader voor ziekenhuisplanning	7
2.2 De consequenties van management beslissingen	9
2.3 Operationele online planning	11
2.3.1 Aanpassen van de planning	11
2.3.2 Inplannen van spoedoperaties	13

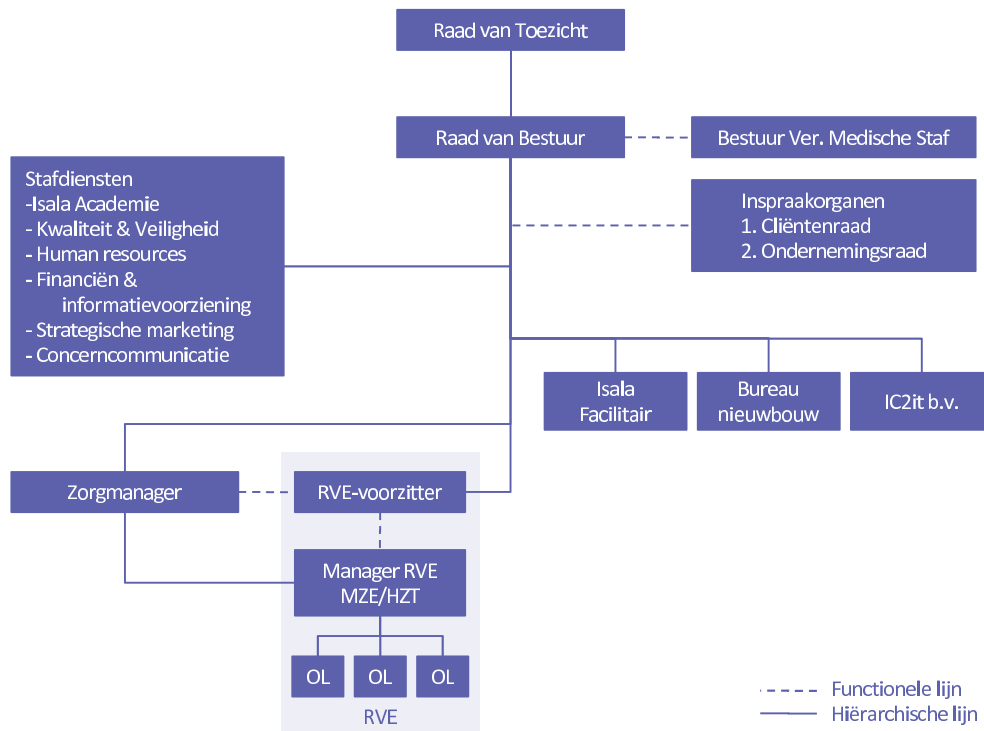
2.3.3	Informatievoorzieningen voor het nemen van beslissingen	13
3	De operatiedag	15
3.1	Definities	15
3.2	OK-planning	16
3.2.1	Offline planning	17
3.2.2	Online planning	17
3.3	De betrokkenen	18
4	ILP model	25
4.1	Input	26
4.2	Beslissingsvariabele	26
4.3	Voorwaarden	27
4.4	Wensen	32
4.5	Doelfunctie	39
5	Analyse en Resultaten	40
5.1	Data	40
5.2	Initialisatie en analyse van parameters	41
5.2.1	Tijdsintervallen	42
5.2.2	Prioriteiten	44
5.2.3	Punten voor afzeggen operatie	47
5.3	Kwaliteit van de offline OK-planning en de realisatie	47
5.3.1	Voorwaarden	48
5.3.2	Wensen	49
5.3.3	Kwaliteitsindicatoren	50
5.4	Resultaten	51
5.4.1	Kwaliteit van de resultaten	52
6	Implementatie	54
6.1	Applicatie	54

6.1.1	Aanpassen van de planning	54
6.1.2	Andere toepassingen	57
6.2	Evaluatie	58
7	Conclusie en Aanbevelingen	60
7.1	Conclusies	60
7.2	Aanbevelingen	61
7.3	Vervolgonderzoek	61
	Referenties	64
	A Begrippen	65
	B Enquêtes	67
	C Punten van de betrokkenen	71
C.1	Patiënt en verpleegafdelingen	71
C.2	OK- en pathologie medewerkers	71
C.3	Verpleegkundigen op de holding en recovery	72
C.4	Radiologie	72
C.5	Logistiek Medewerker	73
	D Notatie ILP	74
	E Waarden van de parameters	78

De opname van een patiënt in het ziekenhuis komt via verschillende wegen tot stand. In de meeste gevallen gaat de patiënt met een klacht naar de huisarts, die de patiënt doorstuurt naar de polikliniek van een medisch specialist. Na onderzoek kan deze beslissen om de patiënt voor verdere behandeling op te nemen, zodat aanvullend onderzoek of een operatie kan plaatsvinden. Naast patiënten die via de huisarts naar het ziekenhuis komen, zijn er spoed of acute patiënten en patiënten die uit andere instellingen worden overgeplaatst. Patiënten komen op een wachtlijst voor een operatie als zij zonder of met lage medische urgentie opgenomen moeten worden. Zodra er plaats is op de operatiekamer-planning (OK-planning) wordt de patiënt ingelicht en wordt zijn opname geregeld. De patiënten met (hoge) medische urgentie komen niet eerst op de OK-planning, maar worden direct bij de OK-planner aangemeld. Deze probeert vervolgens om de operatie van de patiënt zo snel mogelijk te laten plaatsvinden. Hierbij komt veel kijken. Zo moeten verschillende personen bij (een gedeelte van) de operatie aanwezig zijn. Daarnaast is de capaciteit van de operatiekamers en de benodigde apparaten en materialen beperkt. De OK-planning wordt gedurende de dag meerdere keren aangepast. Bijvoorbeeld als een operatie uitloopt, materiaal niet of te laat aanwezig is of als een patiënt met medische urgentie aan de planning toegevoegd wordt.

Dit onderzoek richt zich op de aanpassingen die een OK-planner gedurende de dag moet maken, bijvoorbeeld als een operatie uitloopt of een nieuwe spoedpatiënt wordt aangemeld. De planning die zo ontstaat wordt de online OK-planning genoemd. De planning die voor de start van de OK-dag gemaakt wordt, heet de offline OK-planning. Het onderzoek is uitgevoerd in de Isala Klinieken te Zwolle.

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd. In paragraaf 1.1 worden de Isala Klinieken besproken,



Figuur 1.1: Het organogram van de Isala Klinieken [14].

het ziekenhuis waar dit onderzoek uitgevoerd wordt. Paragraaf 1.2 beschrijft de probleemstelling van dit onderzoek en in paragraaf 1.3 volgt de doelstelling. Een beschrijving van de onderzoeksvragen en aanpak wordt beschreven in paragraaf 1.4. Tenslotte wordt in paragraaf 1.5 de opbouw van het verslag toegelicht.

1.1 Isala Klinieken

De Isala Klinieken zijn een gespecialiseerd ziekenhuis met meer dan 5.000 medewerkers, bijna 1.000 bedden en per jaar meer dan 522.000 polikliniek bezoeken en ruim 93.000 klinische opnames en dagbehandelingen [14]. In de Isala Klinieken wordt hooggespecialiseerde zorg aangeboden, zoals hart- en neurochirurgie, dialyse, stamcel- en beenmergtransplantaties. Dit heet topklinische zorg. Door deze hooggespecialiseerde zorg kunnen de Isala Klinieken zich meten met de academische ziekenhuizen. Naast het verlenen van topklinische zorg wordt aandacht besteed aan innovatie en onderzoek.

De structuur van de Isala Klinieken is weergegeven in figuur 1.1. Deze structuur is in 2010 in werking getreden. De instelling staat onder leiding van de raad van bestuur. Deze bepaalt het beleid van de Isala Klinieken in overleg met de raad van toezicht, het bestuur van de

Vereniging Medische Staf, de ondernemingsraad en de cliëntenraad. De raad van toezicht bestaat uit zeven leden en kijkt kritisch naar het bestuur en beleid van de Isala Klinieken. Onder de raad van bestuur staan verschillende stafdiensten en afdelingen. Daarnaast zijn meerdere Resultaat Verantwoordelijke Eenheden (RVE's) georganiseerd die onder leiding staan van een aantal zorgmanagers. De RVE manager, Manager Zorgenheid (MZE) of Hoofd Zorgteam (HZT), en de RVE-voorzitter zijn verantwoordelijk voor de organisatie van het zorgproces, het beleid en het financieel resultaat. De Operationeel Leidinggevende (OL) geeft leiding op de werkvloer en maakt bijvoorbeeld de werkroosters van verpleegkundigen.

De zorgverlening in de Isala Klinieken is verdeeld over twee locaties in Zwolle, Sophia en Weezenlanden, en poliklinieken in Kampen en Heerde. Daarnaast beschikken de Isala Klinieken over twee laboratoria. In september 2009 is begonnen met de bouw van een nieuw gebouw naast locatie Sophia. De planning is dat eind 2013 de poliklinieken van locatie Sophia en Weezenlanden, de verpleegafdelingen, de laboratoria en de diagnose- en behandelafdelingen in de nieuwbouw zijn gevestigd, zodat alle zorg in Zwolle op één locatie wordt verleend. Voor het uitvoeren van de nieuwbouw is een financieringsregeling getroffen van 442 miljoen euro [10].

De kosten van de nieuwbouw moeten de Isala Klinieken terugverdienen door het verlenen van zorg aan patiënten. Om de inkomsten te vergroten, kan gekeken worden naar twee mogelijkheden: vergroten van het aantal patiënten en verbeteren van de efficiëntie. Deze aandachtsgebieden overlappen elkaar. In een aantal gevallen moet eerst efficiënter gewerkt worden, voordat meer patiënten geholpen kunnen worden. Vergroten van het aantal patiënten kan bereikt worden door het vergroten van het verzorgingsgebied, een groter zorgaanbod, maar ook door natuurlijke factoren zoals vergrijzing. Verbetering van de efficiëntie kan bereikt worden door betere benutting van medewerkers, middelen en ruimten.

1.2 Probleemstelling

In de Isala Klinieken lopen verschillende projecten die tot doel hebben om efficiënter te werken en daarmee minder kosten te maken. Een gebied waarop projecten plaatsvinden is de patiëntenstroom van de patiënten die een operatie moeten ondergaan, zie figuur 1.2. De patiënten komen binnen en worden eerst op de offline planning gezet of komen direct op de online planning. Deze planning wordt uitgevoerd en geregistreerd. Omdat de uitvoering afwijkt van de offline planning, worden gedurende de dag correcties uitgevoerd aan de online planning. Daarnaast worden structurele uitvoerfouten meegenomen bij het maken van de offline planning (feedback). Ten slotte stromen de patiënten weer uit als de planning is uitgevoerd.

Eén van de projecten in de Isala Klinieken is Kwadraat. Dit project is gericht op het verbeteren van de patiëntenstroom van het specialisme chirurgie en brengt hiervoor verbeteringen aan in de offline en online planning. Het project is begonnen met een analyse van de huidige planmethode. Vervolgens is het planproces opgedeeld in vier stappen, volgens het model van Van Oostrum et al. [20]. Dit model wordt verder toegelicht in paragraaf 2.1. In elke stap is iemand anders verantwoordelijk voor het maken van de planning. In de eerste drie stappen zijn verschillende regels aangescherpt of opgesteld. In de vierde stap van de planning, de dagcoördinatie, is een grote verandering doorgevoerd. Tot nu toe is gedurende de dag een OK-planner verantwoordelijk voor het maken van aanpassingen in de planning. Het project Kwadraat heeft daarvoor de anesthesist benoemd. Dit houdt in dat de anesthesist, indien nodig, beslissingen moet maken over het aanpassen van de planning. Deze beslissing dient wel in overleg met de chirurg gemaakt te worden, aangezien de chirurg de ‘klant’ van de OK is.

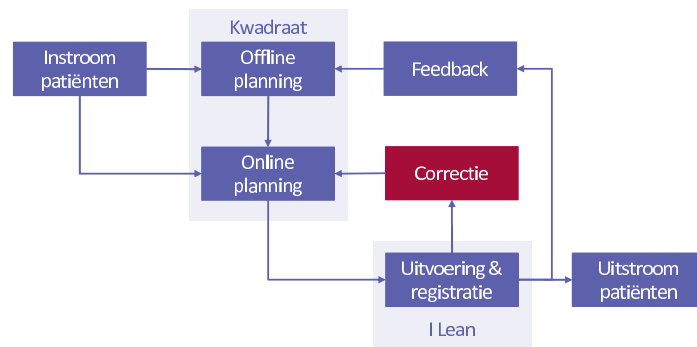
Het I-Lean project gaat op het punt van uitvoering en registratie ook verbeteringen doorvoeren. Dit project bevindt zich nog in de opstartfase.

Het onderzoek dat in dit verslag beschreven wordt, richt zich op correctie. Dit zijn de aanpassingen die gedurende de OK-dag gemaakt worden, wanneer zich een gebeurtenis voordoet waardoor de huidige planning niet meer gehandhaafd kan worden. In dit geval beslist de OK-planner (of anesthesist in het project Kwadraat) hoe de online OK-planning wordt aangepast. Deze aanpassing heeft voor veel personen gevolgen die niet direct zichtbaar zijn. Om deze gevolgen inzichtelijk, begrijpbaar en implementeerbaar te maken, is de volgende probleemstelling geformuleerd:

De OK-planner past gedurende de dag de online OK-planning aan. Hierbij weegt hij verschillende zaken af op basis van zijn ervaring. Het probleem hierbij is dat het onbekend is of wel alle gevolgen van een aanpassing worden meegenomen en dat onbekend is welke effecten de patiënt en betrokken medewerkers ervaren bij een aanpassing van de planning.

1.3 Doelstelling

In de vorige paragraaf werd genoemd dat de OK-planner onvoldoende inzicht heeft in de gevolgen van een aanpassing in de online OK-planning. In dit onderzoek wordt gezocht naar een oplossing voor dit probleem. Hiervoor wordt eerst onderzocht welke afdelingen bij de OK betrokken zijn. Vervolgens wordt bij deze afdelingen nagegaan, welke gevolgen zij ervaren bij een aanpassing van de OK planning. In eerste instantie moeten alle gevolgen, groot en klein, in het onderzoek meegenomen worden. De volgende stap is het ontwikkelen van model, waar een beslissingsondersteuning uit voortkomt. Deze beslissingsondersteuning geeft weer



Figuur 1.2: De patiëntenstroom van patiënten die een operatie ondergaan.

op welke manieren de planning aangepast kan worden en wat het effect van de aanpassing is. Hierdoor heeft de OK-planner in één oogopslag een overzicht van de consequenties van een aanpassing. De doelstelling van het onderzoek is daarom als volgt geformuleerd:

Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een beslissingsondersteuning voor de Isala Klinieken, dat de OK-planners ondersteunt bij het aanpassen van de online OK-planning. Het systeem geeft inzicht in de effecten van een aanpassing. Hierdoor kan de OK-planner een afgewogen beslissing maken over het verdere verloop van de OK-dag.

1.4 Onderzoeksvragen

Het onderzoek is opgedeeld in meerdere onderzoeksvragen. Deze zijn als volgt geformuleerd:

1. Wie zijn betrokken bij een operatie en hoe verloopt de dag voor deze betrokkenen?
2. Wat zijn de effecten van een aanpassing aan de online OK-planning?
3. Aan welke voorwaarden moet de OK-planning voldoen?
4. Op welke manier zijn de effecten en voorwaarden te modelleren?
5. Op welke manier kan de OK-planner bij het aanpassen van de planning van deze modellering gebruik maken?

De eerste onderzoeksvraag bekijkt wie betrokken zijn bij het uitvoeren van een operatie en welke processen en/of handelingen zij uitvoeren. Hierdoor wordt duidelijk waar effecten van een aanpassing aan de online OK-planning kunnen ontstaan. Ook wordt hier beschreven hoe de OK-planners op dit moment te werk gaan. De tweede onderzoeksvraag bekijkt van iedere betrokkene van een operatie welke effecten hij of zij ervaart als de online OK-planning wordt

aangepast. Een effect van een aanpassing in de online OK-planning wordt gedefiniëerd als een afwijking van de gewenste situatie, die niet prettig is voor de betrokkene. In de derde onderzoeksvraag worden de voorwaarden voor het opstellen van de (online) OK-planning onderzocht. Als niet aan deze voorwaarden wordt voldaan, kan een operatie niet doorgaan en kan de planning dus niet uitgevoerd worden. De informatie die voor de eerste drie onderzoeksvragen nodig is, wordt verkregen door verschillende betrokkenen te interviewen en enquêtes af te nemen.

Na de eerste drie onderzoeksvragen is informatie verzameld over de betrokkenen bij operaties, de effecten als van de gewenste situatie wordt afgeweken en de voorwaarden voor het uitvoeren van de online OK-planning. In de vierde onderzoeksvraag wordt deze informatie samengevoegd tot een wiskundig model. Bij het beantwoorden van deze vraag wordt bekeken hoe de situatie gemodelleerd kan worden. Ten slotte wordt in de vijfde deelvraag het model geanalyseerd en worden de resultaten geschikt gemaakt voor het toepassen op de OK, zodat de OK-planner advies krijgt bij het aanpassen van de online OK-planning.

1.5 Vooruitblik

In het vervolg van dit verslag wordt eerst een literatuurstudie beschreven. Hierbij wordt literatuur gepresenteerd over algemene ziekenhuisplanning, maar ook over online OK-planning. Daarnaast worden artikelen besproken die ingaan op de effecten van managementbeslissingen op verschillende afdelingen op en buiten de OK. In hoofdstuk 3 wordt besproken hoe een operatiedag verloopt, wie direct en indirect bij een operatie betrokken zijn en welke effecten zij ondervinden van een aanpassing in de online OK-planning. In het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 4, wordt een Integer lineair Programma (ILP) geformuleerd. Dit model beschrijft voorwaarden die op de OK gelden. Daarnaast worden ook de effecten die de patiënt en de betrokken medewerkers ondervinden met het model beschreven. Hoofdstuk 5, bespreekt de analyse en resultaten weer. Het model wordt ingesteld, parameters geanalyseerd en resultaten van het model besproken. In hoofdstuk 6 wordt besproken hoe deze resultaten in de Isala Klinieken geïmplementeerd kunnen worden. Ten slotte bevat hoofdstuk 7 de conclusies, aanbevelingen en mogelijkheden voor vervolgonderzoek. Hierna volgen de referenties en een aantal bijlagen. Bijlage A bevat een lijst van begrippen.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van relevante literatuur. In paragraaf 2.1 wordt een artikel van Van Houdenhoven e.a. [11] over ziekenhuisplanning behandeld. Paragraaf 2.2 geeft een overzicht van artikelen over de effecten van management beslissingen op OK. De laatste paragraaf, 2.3, bespreekt methoden en hulpmiddelen voor het aanpassen van de operationele online planning. Aan het eind van iedere paragraaf wordt de relevantie van de gevonden literatuur toegelicht.

2.1 Kader voor ziekenhuisplanning

De operationele planning in de Isala Klinieken is analoog aan het model van Van Houdenhoven [11]. Hij heeft een kader voor ziekenhuisplanning opgesteld. Dit bestaat uit vier managementgebieden en vier stappen in de planning. De vier managementgebieden zijn als volgt ingedeeld:

Medische planning Deze planning wordt uitgevoerd door doktoren en kijkt naar de verschillende medische activiteiten die uitgevoerd moeten worden. Het kan hier gaan om behandelingen of het stellen van een diagnose bij een spoedpatiënt.

Middelen- en capaciteitsplanning Deze planning gaat om het efficiënt benutten van de schaarse goederen, zoals OK's, personeel, CT-scan en X-ray apparatuur.

Coördinatie van materialen Op dit gebied wordt gekeken naar de voorziening van materialen die nodig zijn in het primaire zorgproces. Voorbeelden zijn bloed, steriele instrumenten, protheses en hecht draad. In de verschillende fasen van de planning

wordt bepaald welke leveranciers genomen worden, hoe groot de voorraad moet zijn en welke spoedbestellingen gedaan moeten worden.

Financiële planning De financiële planning gaat over het verrekenen van de gemaakt kosten naar de klanten. Dit kunnen patiënten zijn, maar ook interne klanten van het ziekenhuis, bijvoorbeeld de specialismen die een OK huren.

In elk van de vier managementgebieden worden richtlijnen opgesteld waaraan de planning moet voldoen. Om het planproces nog meer te sturen, wordt de planning in vier stappen opgedeeld. In elk van deze stappen wordt de planning gedetailleerder. Dit heeft twee oorzaken. Ten eerste doordat in elke stap van het planningsproces meer restricties aan de planning worden toegekend. Ten tweede doordat meer informatie beschikbaar komt. De stappen zijn als volgt verdeeld:

Strategisch Deze planning is gebaseerd op langetermijndoelstellingen en bepaalt de investeringen die nodig zijn voor het behalen van de doelstellingen. De algemene doelstellingen moeten vertaald worden naar concrete doelstellingen voor de managementgebieden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van voorspellingen en historische gegevens over het aantal patiënten. Dit proces vindt meer dan een jaar van tevoren plaats.

Tactisch De tactische planning omvat het omzetten van de concrete doelstellingen uit de strategische planning naar beslissingen en doelstellingen voor de middellange termijn. Hierbij kan gedacht worden aan het toewijzen van middelen aan verschillende specialismen. Bij het maken van deze planning, ongeveer een kwartaal van tevoren, wordt gekeken naar werkelijke en verwachte patiënten aantallen.

Operationeel offline In deze stap worden voor het eerst patiënten aan een tijdslot toegekend. Daarnaast wordt gekeken of alle benodigde materialen en apparaten beschikbaar zijn in de verschillende tijdsloten. Deze planning wordt een dag tot een week van tevoren gemaakt.

Operationeel online Deze planning is de dagelijkse coördinatie bij de uitvoer van de planning. Dit houdt in dat de planning aangepast moet worden, indien iets onverwachts gebeurt. Voorbeelden hiervan zijn spoedoperaties, operaties die uitlopen of patiënten en personeel dat te laat aanwezig is.

De combinatie van de managementgebieden met de planningsstappen, levert een vier bij vier kader op voor ziekenhuisplanning. Deze is weergegeven in figuur 2.1. De rij boven de blauwe vlakken geven de vier managementgebieden aan. In de kolom links van de blauwe vlakken staan de vier planningsstappen. De vakjes met blauwe en rode achtergrond geven



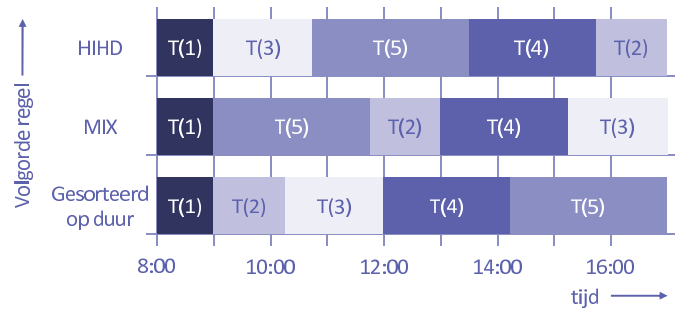
Figuur 2.1: Het kader van ziekenhuisplanning volgens Van Houdenhoven [11].

voorbeelden van de beslissingen die in verschillende fases van de planning gemaakt worden. Het rode vakje met de tekst ‘controle, spoed afhandeling’ is het raakvlak tussen het model van Van Houdenhoven en het afstudeeronderzoek. Het verschil is dat Van Houdenhoven zich heeft gericht op een ziekenhuisplanning en dit afstudeeronderzoek specifiek is gericht op de operationele online OK-planning en de gevolgen van een aanpassing in de operationele online planning op de organisatie.

2.2 De consequenties van management beslissingen

In de vorige paragraaf zijn vier managementgebieden naar voren gekomen: medisch, middelen en capaciteit, materialen en financieel. Als in één van deze gebieden een beslissing wordt gemaakt, heeft dit consequenties voor de hele organisatie. In deze paragraaf wordt gekeken naar literatuur, waarin onderzoek is gedaan naar de consequenties van beslissingen die op de OK gemaakt worden.

McIntosh, Dexter en Epstein [17], hebben gekeken naar de consequenties van het OK management op de productiviteit van de anesthesie en OK. Hieruit volgt dat de productiviteit van de anesthesie het hoogst is, indien twee tot drie maanden van tevoren een goede toewijzing van middelen wordt gemaakt. Ook wijst het onderzoek uit dat operationele online beslissingen gericht op OK-productiviteit, de productiviteit van de anesthesie vergroten. De productiviteit van de OK kan verhoogd worden door het reduceren van operatie- en schoonmaaktijdsduren en het verkleinen van de vertraging bij de eerste operatie van de dag.



Figuur 2.2: De volgorde van de operaties bij verschillende volgorde regels, volgens Marcon en Dexter [16].

Marcon en Dexter [16], onderzochten in 2006 de consequenties van de volgorde waarin operaties worden uitgevoerd op het benodigde aantal medewerkers van de ‘post anesthesia care unit’ (PACU ook wel recovery of verkoeverkamer) en het aantal overuren op de OK. De volgorde waarin operaties worden uitgevoerd, heeft een grote invloed op het aantal patiënten die tegelijk zorg moeten ontvangen in de PACU. Daarom is gekeken naar het effect van verschillende volgorde regels voor het plannen van operaties. Voor het meten van de prestaties werd onder andere gekeken naar het aantal uren overwerk op de OK, de eindtijd van de PACU, het aantal benodigde PACU-medewerkers en de vertraging bij toegang tot de PACU. De volgorde regels die op deze punten het best scoren zijn:

HIHD ‘Half Increase in OR time and Half Decrease in OR time’ Voor het bepalen van de volgorde van operatie, worden eerst alle verwachte operatietijden gesorteerd in oplopende volgorde van geplande tijden: $T(1), T(2), \dots, T(n)$. De operaties worden uitgevoerd in de volgorde: $T(1), T(3), \dots, T(n), \dots, T(4), T(2)$.

MIX ‘MIXed OR time’ De lijst met tijdsduren van operaties wordt hetzelfde gesorteerd als bij HIHD, de volgorde van uitvoeren is echter: $T(1), T(n), T(2), T(n-1), T(3), T(n-2), \dots$

In figuur 2.2 is grafisch weergegeven in welke volgorde de operaties worden uitgevoerd, als de hierboven beschreven volgorde regels worden toegepast.

Het toepassen van de volgorde regels wordt gedaan voordat een operatiedag wordt uitgevoerd en behoort dus tot de operationele offline planning. Dit geldt ook voor de bevindingen van McIntosh [17]. In tegenstelling tot deze twee artikelen gaat dit afstudeeronderzoek over de operationele online planning. Bij het aanpassen van de planning kan echter wel rekening gehouden worden met de besproken volgorde regels. Door het toepassen van deze

regels wordt rekening gehouden met de prestaties op de recovery en de productiviteit van de anesthesie.

2.3 Operationele online planning

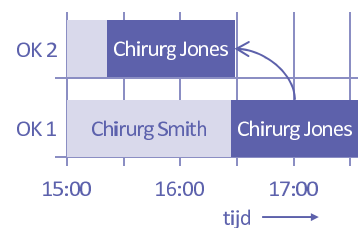
In deze paragraaf worden onderzoeken beschreven die betrekking hebben op de operationele online planning. Het eerste artikel gaat over het verplaatsen van een operatie naar een andere OK en het tweede artikel gaat over de prioriteiten die van belang zijn bij het aanpassen van de planning. In de daarop volgende paragraaf wordt gekeken naar het inplannen van spoedoperaties en de laatste paragraaf beschrijft een artikel over de informatievoorziening voor het nemen van beslissingen met betrekking tot het aanpassen van de planning. Ten slotte wordt een overzicht gegeven van de artikelen en het belang van de artikelen voor het afstudeeronderzoek.

2.3.1 Aanpassen van de planning

Dexter [6], bekijkt of operaties aan het einde van de dag naar een andere OK verplaatst moeten worden. Het gaat hierbij specifiek om de situatie waarin op de eerste OK chirurg Smith met een operatie bezig is en een operatie van chirurg Jones gepland staat. Ondertussen is in een andere OK de laatste operatie bijna klaar. De situatie is weergegeven in figuur 2.3. Voor deze situatie heeft Dexter onderzocht wanneer het aantal overuren op de OK kleiner is: als de operatie van chirurg Jones naar de lege OK wordt verplaatst of niet. Om te bepalen of de operatie verplaatst wordt, is de volgende strategie gebruikt. Eerst wordt gekeken hoelang de operatie die nu bezig is nog duurt.

Als deze operatie naar verwachting binnen 20 minuten is afgerond, wordt de volgende operatie niet verplaatst. Duurt de huidige operatie langer dan 20 minuten, dan wordt de volgende operatie alleen verplaatst, als het aantal verwachte overuren bij verplaatsing kleiner is dan zonder de verplaatsing.

De strategie wordt getest door deze toe te passen op historische gegevens van geplande operaties, waarbij men alleen de geplande operatieduur weet. De resultaten worden vergeleken met de resultaten van een OK-manager die kennis heeft van gerealiseerde tijden. Het resultaat wordt bepaald aan de hand van het aantal minuten overwerk per operatie. Het



Figuur 2.3: De situatie waarin een beslissing gemaakt moet worden over het al dan niet verplaatsen van de operatie van chirurg Jones.

resultaat van de OK-manager, met gerealiseerde tijden, is 2 tot 4 minuten minder overwerk per operatie dan het resultaat door gebruik van de strategie met geplande operatie tijden. Dit wordt verklaard, omdat hij kennis heeft van de gerealiseerde operatieduur. Dit resultaat kan verbeterd worden door het gebruik van informatietechnologie, met de meest actuele informatie over bijvoorbeeld de patiënt.

In [7] beschrijven Dexter en anderen, vijf geordende prioriteiten voor het maken van beslissingen gedurende een OK-dag. Een hogere prioriteit mag nooit geschonden worden door een lagere prioriteit. De prioriteiten zijn als volgt gerangschikt

1. Patiëntveiligheid: Bij het plannen van een operatie moet altijd gekeken worden of de patiëntveiligheid niet geschonden wordt. Dit houdt onder andere in dat medische deadlines gehaald moeten worden, de OK geschikt moet zijn voor de operatie, de verpleegkundigen geschikte scholing hebben gehad en de benodigde apparatuur aanwezig is.
2. Vrije toegang ('Open access'): Dit houdt in dat operaties niet afgezegd mogen worden.
3. Maximaliseren van OK-efficiëntie: Dit is het minimaliseren van het aantal overuren op de OK. Soms wordt ook de minimalisatie van de tijd die de OK's gedurende een dag leeg staan genoemd. In het onderzoek van Dexter wordt aangenomen dat het personeel voor deze tijd al gepland is en dus uitbetaald moet worden. De kosten die door deze minimalisatie bespaard kunnen worden is dus nihil. Daarom wordt deze minimalisatie niet meegenomen in het onderzoek.
4. Wachtijden van de patiënt minimaliseren: De wachttijd wordt gerekend vanaf het moment dat de operatie oorspronkelijk gepland stond. Hierbij wordt gekeken naar de minimalisatie van de maximale individuele wachttijden van patiënten en niet naar minimalisatie van de totale wachttijd van alle patiënten.
5. Persoonlijke voorkeuren: Indien aan alle andere prioriteiten voldaan is, wordt de beslissing gemaakt op basis van de voorkeuren van het personeel.

Een voorbeeld met betrekking tot het toepassen van de prioriteiten gaat als volgt: Het personeel op de OK is gepland van 7:15 tot 15:30 uur. De anesthesist dient aan patiënten uit zowel OK 3 als OK 4 de inleiding toe. In OK 3 is de verwachte eindtijd 14:30 uur en in OK 4 pas om 16:30 uur. In beide OK's is de operatie net afgelopen en de anesthesist moet nu beslissen welke patiënt hij eerst onder narcose brengt. Bij het maken van deze beslissing is de patiëntveiligheid niet in het geding, ook aan prioriteit twee wordt voldaan. De efficiëntie van de OK wordt wel beïnvloed door de beslissing. In OK 3 zijn geen verwachte overuren, maar in OK 4 wel. Daarom moet de anesthesist beginnen met OK 4. Als het personeel op de

OK gepland was tot 18:00 uur in plaats van 15:30 uur, dan had ook de derde prioriteit geen verschil gemaakt. Beide OK's hebben in dat geval geen verwachte overuren. In dit geval moet gekeken worden naar de wachttijden van de patiënt, die ook geen onderscheid maken. De beslissing moet dus gemaakt worden op basis van persoonlijke voorkeuren. Hierbij kan de anesthesist doen wat hem het beste lijkt.

2.3.2 Inplannen van spoedoperaties

Een ander belangrijk onderdeel van de online OK-planning is het inplannen van spoedoperaties. In 'Optimal sequencing of urgent surgical cases' gaan Dexter, Macario en Traub [8] in op het plannen van spoedoperaties. Hierbij gaan zij ervan uit dat elk moment meerdere spoedoperaties in de wachtrij staan. Het uitvoeren van deze operaties kan daarom in verschillende volgorden. Deze volgorde is vaak afhankelijk van de doelstelling die de OK voor ogen heeft, medische deadlines mogen echter niet geschonden worden. In zijn artikel beschrijft Dexter drie doelstellingen. De eerste doelstelling is het minimaliseren van de gemiddelde tijd die patiënten moeten wachten. Hierdoor wordt de tijd die spoedpatiënten in het ziekenhuis verblijven ook zo kort mogelijk gehouden. Bij deze doelstelling moeten de patiënt met de kortste operatieduur als eerste geholpen worden. Vervolgens de patiënt met de op een na kortste operatieduur, enzovoort. De tweede doelstelling is de operaties te plannen op volgorde van aanmelden bij de OK. Deze volgorde is makkelijk te implementeren. Wel moet hier aandacht geschonken worden aan de medische deadlines. De derde en laatste doelstelling is om de operaties op basis van de medische deadline te plannen. Bij deze doelstelling is het voor chirurgen eenvoudig om hun patiënten vooraan in de rij te krijgen. Hiervoor hoeft hij alleen maar een medische deadline op te geven die snel verloopt. Om dit te voorkomen, moet bij het gebruik van deze doelstelling bewijs uit de medische literatuur gebruikt worden. Bij alle doelstellingen kan het voorkomen dat één OK te weinig is om aan alle medische deadlines te voldoen. In dat geval moet een tweede OK geopend worden. Ook is het van belang om de benodigde data goed te verzamelen. Hier moet gedacht worden aan de tijd waarop de operatie wordt aangemeld, de medische deadline van de patiënt en de duur van de operatie. Om een goede beslissing te maken, kan het nodig zijn om medische literatuur als richtlijn te gebruiken.

2.3.3 Informatievoorzieningen voor het nemen van beslissingen

In 2007 keken Dexter, Willemsen-Dunlap en Lee [9] naar het gebruik van informatiebronnen bij het nemen van beslissingen voor operationele online OK-planning. In het artikel moet een beslissing gemaakt worden over twee OK's. Bij het maken van de beslissing wordt gebruik gemaakt van actieve en passieve statusinformatie. Op deze manier wordt van de

patiënt in de gaten gehouden in welke fase van zijn verblijf hij is (de status). De status van de patiënt kan op twee manieren doorgegeven worden, passief door middel van grote schermen of whiteboards of actief door middel van piepers. Naast het doorgeven van informatie, worden ook aanbevelingen gedaan voor het maken van beslissingen. Het functioneren van de drie informatiebronnen wordt getest door aan verschillende personen negen scenario's voor te leggen. Met behulp van één van de bronnen moet de persoon een beslissing maken. Aan de hand van de prioriteiten uit paragraaf 2.3.1 wordt bepaald of de beslissing goed is. Uit dit experiment volgt dat personen die beslissen maken op basis van actieve en passieve informatie, evenveel juiste beslissingen maken als een random beslissing. Het geven van een aanbeveling over de te maken beslissing, is effectiever is bij het aanpassen van de online operationele OK-planning.

Alle artikelen in deze paragraaf gaan over het aanpassen van de operationele online planning. Hierbij is gekeken of de laatste operatie van de dag naar een andere OK verplaatst moet worden, op welke prioriteiten een beslissing wordt gebaseerd en welke hulpmiddelen nuttig zijn bij het maken van een beslissing. Dit is ook het onderzoeksgebied van de doelstelling uit hoofdstuk 1.

HOOFDSTUK 3

DE OPERATIEDAG

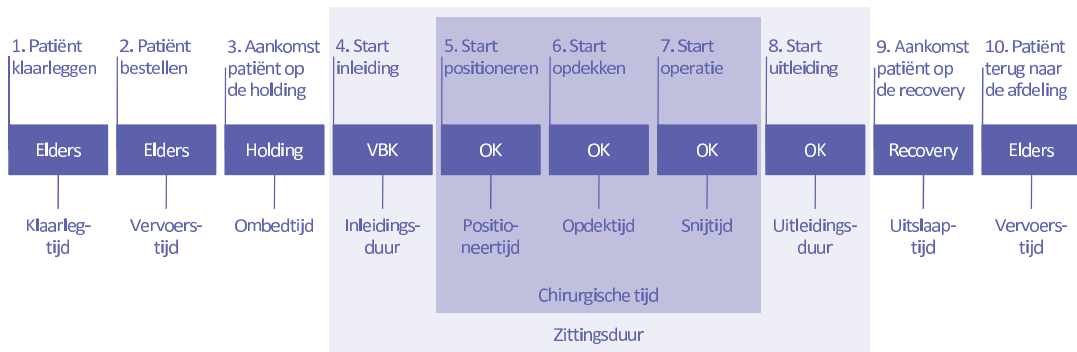
In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het verloop van een operatiedag. In paragraaf 3.1 worden definities gegeven van termen die in dit onderzoek gebruikt worden. Vervolgens wordt in paragraaf 3.2.1 en 3.2.2 beschreven hoe de offline en online OK-planning tot stand komen. De laatste paragraaf beschrijft welke medewerkers betrokken zijn bij een operatie, welke werkzaamheden zij uitvoeren, en welke effecten zij ondervinden als van hun gewenste situatie wordt afgeweken als de online OK-planning wordt aangepast. Hiermee worden de eerste drie onderzoeksvragen (gedeeltelijk) beantwoord.

3.1 Definities

Op de OK zijn een aantal begrippen in gebruik die voor verwarring kunnen zorgen. Daarom worden in deze paragraaf een aantal van deze begrippen omschreven. Ten eerste het begrip ‘OK’. Deze term wordt voor verschillende betekenissen gebruikt, zoals operatie, operatiekamer en operatiekamer-complex. Wanneer in dit onderzoek wordt gesproken over een OK, dan wordt de operatiekamer bedoeld. Voor operatie wordt in de rest van dit onderzoek de term ‘zitting’ gebruikt. Een zitting bestaat uit de volgende, achtereenvolgens uitgevoerde, onderdelen:

Inleiding De inleiding vindt plaats in de voorbereidingskamer naast de OK en omvat alle handelingen die de anesthesist moet verrichten met betrekking tot de anesthesie. De duur van deze inleiding wordt de inleidingsduur genoemd.

Positioneren Tijdens het positioneren wordt de patiënt vanuit de voorbereidingskamer de OK ingeregen. Hier wordt de patiënt in de goede houding gelegd voor de operatie.



Figuur 3.1: Een tijdsbalk met opeenvolgende gebeurtenissen rondom een zitting, volgens Van Houdenhoven. [12].

Opdekken De patiënt wordt, met uitzondering van de plaats van de ingreep, afgedekt met dekens en ander afdekmateriaal. Daarnaast wordt de plaats van de ingreep gedesinfecteerd.

Operatie Vanaf het moment van de eerste incisie (insnijding) tot het moment dat de wond gesloten en verbonden is.

Uitleiding De uitleiding vindt na afloop van een operatie in de OK plaats. Tijdens de uitleiding wordt de anesthesie weer afgebroken. De duur van deze uitleiding wordt de uitleidingsduur genoemd.

De totale duur van deze vijf onderdelen wordt de zittingsduur genoemd. De onderdelen positioneren, opdekken en operatie vormen de chirurgische tijd van de zitting. En de zittingstijd zonder de chirurgische tijd is de anesthesiologische tijd [12]. Voor het begin van de zitting verblijft de patiënt gedurende de ombedtijd in de holding. Hier wordt de patiënt van het bed naar de OK-tafel verplaatst. Na de uitleiding verblijft de patiënt gedurende de uitslaaptijd op de recovery. Alle plaatsen waar de patiënt komt vanaf de holding tot en met de recovery bevinden zich op het OK-complex. Een schematisch weergave van de verschillende gebeurtenissen op een operatiedag is weergegeven in figuur 3.1.

3.2 OK-planning

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de offline en de online planning tot stand komen. In het eerste deel van deze paragraaf wordt de offline planning besproken, dit is de planning die een dag van tevoren vastgesteld wordt. De meeste patiënten worden op basis van de tijden in deze planning opgenomen op de verpleegafdeling. Als tijdens de uitvoering blijkt

dat de offline planning niet meer gehandhaafd kan worden, dan wordt de online planning gemaakt. Dit proces wordt in het tweede deel van deze paragraaf besproken.

3.2.1 Offline planning

De basis voor de offline planning wordt gemaakt tijdens de strategische en tactische planingsfase, zoals beschreven in paragraaf 2.1. Hierin worden OK-blokken toegekend aan de specialismen. Hierna gaan de specialismen patiënten aan de toegekende blokken toewijzen. Deze fase begint als een chirurg beslist dat een patiënt geopereerd moet worden. De administratie van de polikliniek plaatst de patiënt op de wachtlijst. Op basis van de wachtlijst wordt een voorlopige planning gemaakt door de secretaresses. Hierbij wordt rekening gehouden met bijvoorbeeld de aanwezigheid van de chirurg, de verwachte duur van een zitting, de beschikbare tijd voor de zittingen en specialistische apparatuur. Een week van tevoren sturen de specialismen de voorlopige planning naar de centrale OK-planner. Deze centrale OK-planner controleert of de gezamenlijke planning van de specialismen aan alle voorwaarden voldoet. Als aan alle voorwaarden is voldaan, dan stuurt de centrale planner de planning terug naar de specialismen. De administratie van de specialismen geeft vervolgens aan de patiënten door op welke dag zij geopereerd worden en hoe laat zij in het ziekenhuis verwacht worden voor de opname.

3.2.2 Online planning

Gedurende de OK-dag wordt de online planning gemaakt. Dit gebeurt als niet meer voldaan kan worden aan de offline planning. Verschillende situaties kunnen hier oorzaak van zijn: een patiënt is te laat op de OK, tijdens een operatie treden complicaties op, de chirurg is te laat, een spoedpatiënt moet geopereerd worden of apparaten zijn niet of te laat beschikbaar. Op deze momenten zijn er drie mogelijkheden voor het aanpassen van de online planning, [3]:

1. Twee operaties uit dezelfde OK omwisselen.
2. Een operatie op een andere OK plannen of twee operaties van OK wisselen.
3. De operatie afzeggen of naar een eerder of later tijdstip verplaatsen.

In het model dat voor dit onderzoek is ontwikkeld wordt alleen aandacht besteed aan mogelijkheden 1 en 3. Optie 2 wordt in het model niet meegenomen, vanwege de vele extra voorwaarden die hierbij komen kijken met betrekking tot de mogelijkheden en beperkingen van de verschillende OK's.

De online planning wordt gemaakt door de OK-planner. Hij of zij heeft bijna continu contact met alle betrokkenen en past de online OK-planning aan in overleg met voornamelijk de chirurg en anesthesist. Daarnaast voert hij of zij alvast controles uit op de planningen van de komende dagen.

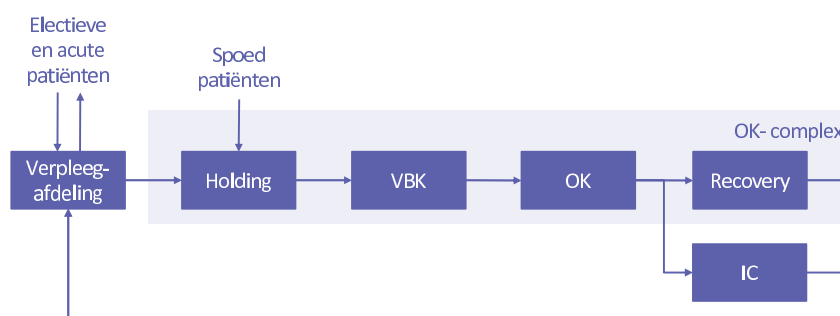
3.3 De betrokkenen

In deze paragraaf wordt besproken wie betrokken zijn bij een operatie, welke handelingen deze personen uitvoeren en welk effect een aanpassing in de online OK-planning heeft voor de betrokkene. Eerst wordt de patiënt besproken, vervolgens de medewerkers die de patiënt achtereenvolgens ziet. Vanaf het gedeelte ‘radiologie afdeling’ worden medewerkers besproken die geen directe zorg aan de patiënt verlenen.

Patiënt

Het verloop van de operatiedag voor de patiënt is weergegeven in figuur 3.2. De meeste patiënten melden zich twee à drie uur voor het begin van de zitting op een verpleegafdeling. Hier wordt de patiënt opgenomen en wacht hij op bed of op de afdeling tot hij naar het OK-complex mag. De aankomst op het OK-complex is in de holding, waar de patiënt op een operatietafel gelegd wordt. Vervolgens gaat de patiënt naar de voorbereidingskamer (VBK), waar hij de anesthesie krijgt toegediend door de anesthesist en anesthesie-medewerker. Daarna wordt de patiënt de OK ingereden. Nu kan de operatie beginnen. Na afloop van de operatie slaapt de patiënt uit op de recovery of de Intensive Care (IC), afhankelijk van zijn lichamelijke conditie. Op de recovery ligt de patiënt maximaal een paar uur, op de IC kan dit oplopen tot meerdere dagen. Vervolgens gaat de patiënt terug naar de verpleegafdeling. Hier verblijft de patiënt nog één of meerdere dagen voordat hij of zij weer naar huis mag.

De gewenste situatie voor de patiënt is dat de operatie op het afgesproken tijdstip wordt uitgevoerd. Als zijn of haar operatie naar een ander tijdstip verplaatst wordt, dan wordt van deze situatie afgeweken. De patiënt moet hierdoor korter of langer wachten. In sommige gevallen wordt de operatie zelfs afgezegd. Om te bepalen hoe groot het effect is, is de verpleegkundigen gevraagd een inschatting te maken van het effect dat de patiënt ondervindt, zie bijlage B. Hieruit blijkt dat zowel korter en als langer wachten door de patiënt negatief ervaren wordt. Waarbij langer wachten slechter wordt ervaren dan eerder dan gepland aan de beurt zijn.



Figuur 3.2: De achtereenvolgende afdelingen die een patiënt op de dag van de operatie bezoekt.

Verpleegafdelingen

Op de verpleegafdeling worden patiënten twee of drie uur voor de operatie opgenomen en voorbereid. Patiënten die om 8:00 uur geopereerd worden, of waarvan de medische conditie niet goed is worden de dag voor de operatie al opgenomen. Bij aankomst op de afdeling nemen de verpleegkundigen met de patiënt door hoe de dag gaat verlopen en welke regels op de afdeling gelden. Indien nodig krijgt de patiënt premedicatie. Ongeveer een half uur voor de zitting belt de secretaresse van de OK naar de afdeling. Op dat moment treffen de verpleegkundigen de laatste voorbereidingen, zoals een toiletbezoek en het aantrekken van de operatiekleding. Na een tweede bericht van de OK wordt de patiënt naar de holding gebracht. Het wegbrengen van de patiënt gebeurt altijd door twee personen: twee verpleegkundigen of een patiëntenvervoerder en verpleegkundige. Als de patiënt na de operatie voldoende herstelt is op de recovery, dan wordt de patiënt weer opgehaald. Naast de zorg voor de patiënt, communiceren de verpleegkundigen ook met de familie van de patiënt. Zij willen graag weten hoe het gaat en komen de patiënt halen en brengen.

De werkdruk van de afdeling verandert als een patiënt op een ander moment opgeroepen wordt dan oorspronkelijk gepland stond. Als de patiënt eerder wordt opgeroepen en hij is nog niet klaar voor OK, dan moet dit onder hogere druk gebeuren. Dit kan bij de verpleegkundigen leiden tot stress en fouten. Dit effect is minder groot als de operatie later dan gepland wordt uitgevoerd. Een effect hiervan is dat de druk op de avonddienst kan toenemen, doordat de patiënt later terugkomt van de OK. Hoe langer de operatie wordt uitgesteld, hoe groter het effect is. Dit blijkt uit een enquête onder de verpleegkundigen, zie voor de enquête bijlage B.

Holding

In de holding wordt de patiënt voorbereid op de operatie. Er wordt gecontroleerd of de juiste patiënt klaarligt en deze wordt op de OK-tafel gelegd. Daarna krijgt de patiënt een infuus en worden een aantal lichaamsfuncties gecontroleerd. In de holding is ruimte voor een klein aantal patiënten en zijn een verpleegkundige en gastvrouw aanwezig. Voor de eerste operaties van de dag worden de patiënten omgebied in de recovery, waar meer ruimte is. De recovery-verpleegkundigen assisteren hierbij, aangezien zij het aan het begin van de dag rustig hebben en het op de holding druk is. Na het opstarten van de eerste OK's, als de patiënten niet met veel tegelijk binnenkomen, kijkt de holding-medewerker niet meer naar de planning. Zij zien vanzelf wanneer patiënten worden binnengebracht. De variatie van het aantal patiënten is op de holding hoog, de werkdruk daarmee ook. Het komt zelfs voor dat de patiënten onvoorbereid naar de voorbereidingskamer van de OK gaan of dat de anesthesie-medewerker de voorbereiding moet doen. De zittingsduur wordt hierdoor verlengd.

Chirurg, arts-assistent en OK-assistenten

De chirurg, arts-assistent en OK-assistenten zijn allemaal chirurgische medewerkers. De chirurg is verantwoordelijk voor de operatie. Hij ziet de patiënt op de polikliniek, bepaalt of de patiënt geopereerd moet worden en voert de operatie uit. In veel gevallen wordt de chirurg tijdens een operatie bijgestaan door een arts-assistent. Dit is een chirurg in opleiding die steeds meer taken van de chirurg gaat overnemen. Na verloop van tijd is het ook mogelijk dat arts-assistenten alleen of onder begeleiding een operatie uitvoeren. De chirurg en arts-assistent hebben effect van aanpassingen in de planning als deze uitloopt. Vaak hebben zij voor en na de operaties verschillende andere afspraken gepland staan, zoals vergaderingen en polikliniekonderzoeken. In overleg met de chirurgen is besloten om dit effect niet mee te nemen in het model. Zij hechten meer waarde aan het opereren van de patiënt dan aan andere activiteiten.

Naast arts-assistent zijn ook een aantal (meestal drie) OK-assistenten aanwezig die de chirurg ondersteunen. De eerste assistent assisteert bij de uitvoering van de operatie. Daarnaast is de instrumenterende assistent aanwezig. Deze geeft het instrumentarium aan. De derde OK-assistent is de omloop. Zij is de verbinding tussen het steriele en het niet steriele gedeelte. Zij kan extra instrumentarium of materiaal halen en wegbrengen. De indeling van de OK-assistenten wordt gemaakt door de dagcoördinator chirurgie, hierbij wordt gekeken naar de specifieke kwaliteiten en vaardigheden van de assistenten. De OK-assistenten ondervinden effect van een aanpassing in de planning indien zij moeten overwerken. Hoe langer zij moeten overwerken, hoe negatiever dit ervaren wordt.

Anesthesist en anesthesie-medewerker

Voordat een patiënt geopereerd moet worden, wordt de patiënt ook door de anesthesist gezien. Deze bepaalt welke vorm van anesthesie het meest geschikt is om de patiënt te laten inslapen. Voor de operatie dient hij deze vorm van anesthesie toe aan de patiënt. Hierbij wordt de anesthesist geassisteerd door de anesthesie-medewerker. De anesthesie-medewerker haalt de patiënt uit de holding, ondersteund bij de in- en uitleiding en controleert gedurende de hele zitting de vitale functies van de patiënt. Indien nodig overlegt de anesthesie-medewerker met de anesthesist over het toedienen van extra medicatie. Na afloop van de operatie wordt de anesthesie beëindigd door de anesthesist. De anesthesist is tijdens de operatie in principe niet aanwezig. Uitzonderingen hierop zijn zeer jonge kinderen of ernstig verzwakte patiënten. Na de uitleiding, brengen de anesthesist en anesthesie-medewerker de patiënt naar de recovery. Hier wordt de patiënt, samen met de recovery-verpleegkundige weer op een gewoon bed getild en aan de monitoring gelegd.

De anesthesist is verantwoordelijk voor de anesthesie op twee OK's, deze OK's worden gekoppelde OK's genoemd. De operaties op gekoppelde OK's kunnen niet tegelijk in- of uitgeleid worden. Daarnaast is een anesthesist bij ernstig verzwakte of zeer jonge patiënten gedurende de gehele operatie aanwezig. Gedurende deze periode kan hij op andere OK's dus geen in- of uitleidingen uitvoeren. Voor de anesthesist en de anesthesie-medewerker gelden dezelfde effecten bij een aanpassing van de OK-planning als bij de chirurg en de OK-assistenten. Net als de OK-assistenten een dagcoördinator hebben, hebben de anesthesie-medewerkers dit ook. Deze deelt de anesthesie-medewerkers in en zorgt ervoor dat gedurende de dag alles met betrekking tot de anesthesie goed geregeld is.

Recovery

De recovery is de ruimte waar de patiënten na afloop van de operatie uitslapen. Tijdens het verblijf op de recovery controleert de verpleegkundige regelmatig de lichaamsfuncties van de patiënt. De ligduur op de recovery is afhankelijk van de lengte van de operatie. Als leidraad voor de ligduur op de recovery wordt het maximum van drie kwartier en de helft van de zittingsduur van een operatie genomen. Maar uiteindelijk besluit de anesthesist of de patiënt weer terug gaat naar de verpleegafdeling. De recovery-verpleegkundige belt vervolgens naar de verpleegafdeling en deze haalt de patiënt op. Het effect voor de recovery is vergelijkbaar met het effect voor de holding. Soms is het druk en op andere momenten rustig. Omdat de recovery veel groter is en het vooral aan het begin van de ochtend rustig is, is hier rekeningen mee gehouden met de diensten van de verpleegkundigen. Echter blijft de werkdruk variëren.

Intensive care

Een patiënt gaat na afloop van een operatie naar de intensive care (IC) als één of meerdere orgaanfuncties zijn verstoord of uitgevallen. Hier verblijft de patiënt enkele uren tot enkele weken, afhankelijk van zijn conditie. Wanneer de controles van de bloeddruk, ademhaling en bloedverlies in orde zijn gaat de patiënt terug naar de verpleegafdeling. De IC heeft met de verschillende specialismen afgesproken hoeveel patiënten zij kunnen opvangen na afloop van de operatie. Omdat de verblijfsduur van patiënten op de IC niet goed te voorspellen is, moet elke ochtend gecontroleerd worden of alle patiënten met een IC-indicatie wel naar de IC kunnen. Een aanpassing van de online planning heeft geen invloed op de IC. Een bed is de hele dag gereserveerd voor de patiënt, onafhankelijk van de tijd waarop zijn operatie gepland staat. Andersom kan de IC wel invloed hebben op het OK programma. Als de IC te weinig plaats heeft, dan moeten operaties afgezegd worden.

Radiologie afdeling

De afdeling radiologie verzorgt de (verschillende soorten) beeldvorming bij operaties door het voorzien in beeldvormingapparatuur en laboranten die deze apparatuur kunnen bedienen. De laboranten zetten tijdens de inleiding de apparatuur klaar en bedienen deze apparatuur tijdens de ingreep. Gedurende de uitleiding is de laborant niet aanwezig. De indeling van de verschillende soorten beeldvorming wordt een dag van tevoren gemaakt en kan leiden tot aanpassingen in het rooster. Bijvoorbeeld omdat op een bepaald tijdstip teveel beeldvorming tegelijk nodig is. Een oplossing voor dit probleem is om de chirurg te laten doorlichten, sommige chirurgen hebben hiervoor een certificaat. Dit is echter geen gewenste situatie en deze wordt daarom ook niet meegenomen in het model. Het effect voor de afdeling radiologie is de bezetting van de laboranten. Soms moeten zij non-stop werken en op andere momenten doen zij gedurende langere tijd niks of moeten zij pas laat op de dag beginnen. Daardoor kunnen de laboranten aan het einde van de dag (als het druk is op de afdeling radiologie) niet komen assisteren op de afdeling.

Centrale sterilisatie afdeling

De centrale sterilisatie afdeling (CSA) draagt zorg voor het reinigen en steriliseren van het instrumentarium. Het instrumentarium wordt na afloop van een operatie naar de CSA gebracht. De medewerkers spoelen het instrumentarium eerst af en stoppen het instrumentarium in een vaatwasser. Vervolgens wordt het instrumentarium ingepakt in een net en wordt het net ingepakt met papier. Het hele pakket gaat vervolgens in de sterilisator. Daarna wordt het pakket opgeborgen in de voorraad of gelijk weer gebruikt bij een

volgende operatie. Dit gehele proces duurt ongeveer vier uur. In de gevallen dat de pakketten worden opgeborgen in de voorraad, dan heeft een aanpassing in de planning daar geen effect op. Indien een operatie waarvoor hetzelfde net nodig is, vaker dan één keer per dag wordt uitgevoerd, dan moet het net met een spoed-procedure gesteriliseerd worden. Of deze spoed-procedure daadwerkelijk plaatsvindt, is afhankelijk van de aanpassing. Zijn beide operaties een uur later, zijn de operaties omgewisseld of wordt de eerste operatie een uur later uitgevoerd? Om deze wens in het model mee te kunnen nemen, moet bekend zijn welke netten bij elke operatie gebruikt worden en hoe groot het aantal beschikbare netten per soort is. Vervolgens moet rekening gehouden worden met de minimale tijd die nodig is voor de sterilisatie, zodat de tijd tussen twee operaties groot genoeg is. Deze data is niet voldoende beschikbaar. Daarom wordt deze wens niet in het model meegenomen.

Logistieke medewerkers

De logistieke medewerkers op de OK voeren twee soorten taken uit. Ten eerst de medewerkers die de inkoop verzorgen van implantaten en artikelen die niet door het centrale magazijn worden ingekocht. Ook huren zij instrumentarium waar het ziekenhuis zelf niet over beschikt. Alleen deze laatste taak kan effect ondervinden van aanpassingen van de OK-planning. Dit instrumentarium wordt voor een zo kort mogelijke periode gehuurd. Aanpassingen kunnen deze huurperiode verlengen of het gehuurde instrumentarium kan te laat binnenkomen. Dit effect wordt echter niet meegenomen in het model, omdat het weinig voorkomt en niet goed gedocumenteerd is. De tweede groep logistieke medewerkers zet de materialen klaar die bij een operatie nodig zijn. Zij hebben effect van verschillende aanpassingen: verwisselen van operaties, toevoegen van patiënten aan de planning en het afzeggen van operaties. Bij het verwisselen van operaties moeten de materialen op een andere volgorde bij de OK klaargezet worden. Dit heeft een kleine impact. Bij het toevoegen van patiënten aan de planning, moeten zij binnen korte tijd alle materialen klaarzetten. Omdat geen informatie beschikbaar is over patiënten die toegevoegd kunnen worden aan de planning, wordt dit effect niet in het model meegenomen. De derde aanpassing, afzeggen van patiënten, heeft voor de logistieke medewerker tot gevolg dat zij alle klaargezette materialen weer moet opruimen. Dit is in de meeste gevallen veel werk.

Pathologie

De afdeling pathologie doet onderzoek aan cel- en weefselmateriaal dat bij patiënten wordt afgenomen. Dit materiaal wordt verwijderd tijdens een operatie en moet vervolgens zo snel mogelijk naar pathologie gebracht worden. Omdat pathologie op een andere locatie is gevestigd dan de OK's, brengt een fietskoerier het materiaal weg. De koerier komt naar de

OK, neemt het pakketje aan en brengt het naar de receptie van pathologie. Voor pathologie maakt het hierbij niet uit in welke volgorde de pakketjes aankomen. Een aanpassing van de online OK-planning heeft effect op pathologie, als een operatie zo verplaatst wordt dat een pakketje na sluitingstijd bij pathologie wordt binnengebracht. De pathologie-medewerkers moeten dan overwerken. Om dit te voorkomen, moeten de materialen ruim voor sluitingstijd binnen zijn, zodat men voor sluitingstijd het onderzoek kan verrichten.

Overige medewerkers op de OK

De secretaresse belt de afdeling voor het klaarleggen en brengen van de patiënt, houdt de online planning bij, heeft contact met chirurgen die nog niet op de OK zijn en zij belt de fietskoerier en pathologie over het vervoer en de komst van patiëntmateriaal. Daarnaast voert zij spoedpatiënten in het operatie-registratie programma (MCC) in, en meldt de spoedgevallen bij CSA, radiologie, chirurg en anesthesist. Ook controleert zij of alle operaties goed geregistreerd worden en zo nodig vult zij de gegevens aan of vraagt om verduidelijking. Al deze werkzaamheden moeten, ongeacht een aanpassing in de planning, uitgevoerd worden. Wel gebeurt het vaak dat bij het langdurig uitstellen van de operatie een keer extra naar de verpleegafdeling gebeld wordt. Dit effect is echter zo klein, dat het verwaarloosd wordt.

Zoals genoemd in paragraaf 3.2.2 maakt de OK-planner gedurende de dag aanpassingen aan de planning. Hij of zij heeft contact met bijna alle betrokkenen en overlegt over de aanpassingen. Daarnaast heeft hij of zij nog andere werkzaamheden, zoals het controleren van de offline planning van de komende dagen. De planner maakt de aanpassingen, en moet daarna de verschillende betrokkenen inlichten. Dit is het enige effect dat voor de planner optreedt. Omdat ook dit effect vrij klein is, wordt het verwaarloosd.

In dit hoofdstuk wordt een geheeltallig of integer lineair programma (ILP) besproken. Een ILP is een wiskundig model voor een optimalisatieprobleem, dat bestaat uit voorwaarden en een doelfunctie. De voorwaarden worden weergegeven als lineaire vergelijkingen en variabelen uit het model zijn meestal geheeltallig. De doelfunctie geeft aan welke variabelen geoptimaliseerd worden.

Het ILP, dat in de volgende paragrafen wordt toegelicht, heeft twee soorten voorwaarden, harde en zachte voorwaarden. De zachte voorwaarden worden in het vervolg wensen genoemd. Bij het optimaliseren van het model moet voldaan worden aan de harde voorwaarden. Een voorbeeld hiervan is dat nooit twee operaties tegelijk op één OK uitgevoerd mogen worden. De wensen zijn gewenste situaties van betrokkenen, die optimalisatie van het model mogelijk maken. Aan deze wensen moet niet voldaan worden, maar als van de gewenste situatie wordt afgeweken, dan worden punten toegekend aan de planning. Hoe groter de afwijking, hoe groter het effect voor de betrokkenen en hoe groter het aantal punten. De doelfunctie van het model is een minimalisatie van het totale aantal punten dat voor de afwijking van alle wensen wordt toegekend. Bij het oplossen van het model wordt een planning geadviseerd met een minimaal aantal punten.

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de derde en vierde onderzoeksvraag. Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd. In paragraaf 4.1 wordt de input van het model beschreven en in paragraaf 4.2 de beslissingsvariabele. Vervolgens worden de voorwaarden van het model besproken in paragraaf 4.3 en de wensen in paragraaf 4.4. Ten slotte wordt in paragraaf 4.5 de doelfunctie van het model besproken. In bijlage D staat een overzicht van de notatie die in dit hoofdstuk gebruikt wordt.

4.1 Input

De input van het model bestaat twee delen, een aantal parameters en de data met betrekking tot de uit te voeren zittingen. De duur van de OK-dag wordt opgedeeld in T tijdsintervallen, $1, \dots, T$. Elk interval heeft een lengte van δ minuten. Een OK-dag duurt daarom $\delta \cdot T$ minuten. Wanneer gesproken wordt over tijdstip t dan wordt hiermee de periode van duur δ voor dit tijdstip bedoeld, $((t-1)\delta, t\delta]$. Alle parameters en variabelen die betrekking hebben op de tijd, worden in veelvoud van δ genoteerd.

De data die als input van het model wordt gebruikt heeft als uitgangspunt de verzameling van uit te voeren zittingen, I . Deze verzameling bestaat uit N zittingen. Voor elke zitting worden verschillende eigenschappen vastgelegd. E_i is de verwachte duur van zitting $i \in I$ en P_i is de tijd waarop zitting i in de offline planning staat gepland.

De verzameling van beschikbare operatiekamers wordt gegeven door J . Het totaal aantal beschikbare OK's is gelijk aan M . Elke operatiekamer $j \in J$ heeft personeel gedurende de periode $[S_j, F_j]$. De deelverzameling $I_j \subset I$ geeft alle zittingen die op OK j gepland staan.

Naast de verzameling van zittingen en OK's wordt ook de verzameling van chirurgen C gedefinieerd. Het aantal chirurgen is gelijk aan K . Chirurg $c \in C$ is beschikbaar vanaf tijdstip D_c . Voor elke chirurg c is $I_c \subset I$ de verzameling van zittingen die chirurg c uitvoert. De parameters die hier niet beschreven staan, worden toegelicht tijdens het uitwerken van het model. Een volledige lijst met verzamelingen, parameters en variabelen staat in bijlage D.

4.2 Beslissingsvariabele

Als zittingen langer of korter duren dan de geplande tijd, of als een zitting uitvalt, dan moet de planning herzien worden. Op dat moment moet met behulp van het model een herindeling van zittingen gemaakt worden, zodat de impact voor het ziekenhuis zo klein mogelijk blijft. Daarvoor beslist het model op welk tijdstip t zitting i moet starten. De beslissingsvariabele is als volgt gedefinieerd:

$$s_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ start op tijdstip } t \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

In het model dat hier beschreven wordt is het niet mogelijk om een operatie van operatiekamer te veranderen, daarom is de beslissingsvariabele niet afhankelijk van j .

4.3 Voorwaarden

In deze paragraaf worden de voorwaarden besproken waaraan een planning moet voldoen en die in het model worden meegenomen. Elke voorwaarde wordt eerst toegelicht en vervolgens wordt de wiskundige notatie van de voorwaarde gegeven. Nieuwe parameters en hulpvariabelen worden in de toelichting van de voorwaarde uitgelegd. Een compleet overzicht van de gebruikte notatie staat in bijlage D.

Een operatie moet starten of afgezegd worden

Elke zitting moet 0 of 1 keer gestart worden. Meer dan 1 keer starten is niet mogelijk en als een zitting niet gestart wordt, dan moet deze afgezegd worden. Hiervoor wordt de hulpvariabele u_i gedefinieerd:

$$u_i = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ wordt afgezegd} \\ 0 & \text{als zitting } i \text{ doorgaat} \end{cases}$$

Als een zitting start, dan is er één tijdstip t waarvoor $s_{i,t}$ gelijk aan 1 is. In dat geval wordt de zitting niet afgezegd en is u_i gelijk aan 0. Als op geen enkel tijdstip t de zitting opgestart wordt, dan wordt de zitting afgezegd en is u_i gelijk aan 1.

$$\sum_t s_{i,t} = 1 - u_i \quad \forall i \quad (4.1)$$

Beperkingen van de starttijd van een zitting

De starttijd van een operatie wordt beperkt door drie voorwaarden:

- De OK moet geopend zijn: de OK-assistenten en de anesthesie-medewerker zijn pas vanaf tijdstip S_j in OK j aanwezig.
- De patiënt moet gereed zijn: de patiënt moet opgenomen zijn en de vooronderzoeken zijn afgerond, dit is vanaf tijdstip Y_i .
- De verpleegafdeling moet de patiënt op de operatie hebben voorbereid. Deze voorbereidingen worden H tijdsintervallen voor de offline geplande starttijd van operatie i , P_i , uitgevoerd.
- De chirurg aanwezig is: chirurg c is vanaf tijdstip D_c aanwezig op de OK.

De operatie kan dus pas starten als al de tijdstippen S_j , Y_i , $P_i - H$ en D_c zijn verstreken. In alle tijdsintervallen daarvoor mag de operatie dus niet starten.

$$s_{i,t} = 0 \quad \forall j, i \in (I_j \cap I_c), t < \max(S_j, Y_i, P_i - H, D_c) \quad (4.2)$$

Medische deadline

De verzameling $I_{MD} \subset I$ bevat alle zittingen die voor een bepaald tijdstip moeten starten, de zogenaamde medische deadline. Deze voorwaarde maakt het mogelijk om ook spoedoperaties in te plannen. De medische deadline van deze patiënten wordt gegeven door L_i , de operatie moet voor dit tijdstip opgestart zijn. Ook mogen deze operaties niet worden afgezegd.

$$\sum_{t=0}^{L_i} s_{i,t} = 1 \quad \forall i \in I_{MD} \quad (4.3)$$

$$u_i = 0 \quad \forall i \in I_{MD} \quad (4.4)$$

Eén operatie tegelijk in een OK

In een operatiekamer is ruimte voor maximaal één patiënt tegelijk. Vanwege de werkzaamheden van de anesthesie-medewerker, kunnen operaties ook niet tijdens de inleiding overlappen, als de patiënt in de voorbereidingskamer is. Zittingen die achter elkaar in dezelfde OK worden uitgevoerd mogen daarom niet overlappen. Hiervoor wordt de hulpvariabele $b_{i,t}$ toegevoegd, die aangeeft of zitting i op tijdstip t bezig is.

$$b_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ bezig is op tijdstip } t \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

Om te bepalen of een zitting bezig is, wordt gekeken naar het starttijdstip van de zitting. Als deze ligt tussen tijdstip t en $t - E(i)$, dan is de zitting op tijdstip t bezig.

$$b_{i,t} = \sum_{\hat{t}=t-E_i+1}^t s_{i,\hat{t}} \quad \forall(i, t) \quad (4.5)$$

Voor elke OK moet nu gelden dat op elk tijdstip maximaal één zitting bezig is.

$$\sum_{i \in I_j} b_{i,t} \leq 1 \quad \forall(j, t) \quad (4.6)$$

Een chirurg kan maximaal één operatie tegelijk uitvoeren

Net zoals een OK beperkt is tot één zitting tegelijk, kunnen ook chirurgen maar één operatie tegelijk uitvoeren. De chirurg is niet aanwezig tijdens de in- en uitleiding. De hulpvariabele $v_{i,t}$ geeft aan wanneer de in- en uitleiding plaatsvindt.

$$v_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ op tijdstip } t \text{ in- of uitgeleid wordt} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

Een inleiding is bezig op tijdstip t als de zitting maximaal de lengte van de inleiding, Q_1 , eerder is gestart. De uitleiding is bezig op tijdstip t als de zitting is gestart in periode $(t - E_i + 1, t - E_i + Q_2)$, waarbij Q_2 de duur van de uitleiding is.

$$v_{i,t} = \sum_{\hat{t}=t-Q_1+1}^t s_{i,\hat{t}} + \sum_{\hat{t}=t-E_i+1}^{t-E_i+Q_2} s_{i,\hat{t}} \quad \forall(i, t) \quad (4.7)$$

De chirurg moet in de chirurgische tijd bij de zitting aanwezig zijn, dit is op het moment waarop de zitting bezig is, maar de in- en uitleiding niet. $b_{i,t} - v_{i,t}$ is gelijk aan 1 als de chirurgische tijd van zitting i op tijdstip t bezig is. Dit geeft voor de chirurgen de volgende voorwaarde:

$$\sum_{i \in I_c} b_{i,t} - v_{i,t} \leq 1 \quad \forall(c, t) \quad (4.8)$$

Een anesthesist kan maximaal één in- of uitleiding tegelijk uitvoeren

Een anesthesist werkt volgens een systeem waarbij hij verantwoordelijk is voor de narcose op meerdere OK's. Daarvoor moet hij bij alle in- en uitleidingen op de betreffende OK's aanwezig zijn. Gedurende de snijtijd is hij in principe niet nodig (uitzonderingen volgen hierna). Voor het weergeven van de OK's die onder de verantwoordelijkheid van één anesthesist vallen wordt de verzameling $G_a \subseteq J$, $a \in \{1, \dots, A\}$ ingevoerd. Hierbij staat A voor het aantal aanwezige anesthesisten. Alle operaties die worden uitgevoerd op OK $j \in G_a$, vallen onder de verantwoordelijkheid van dezelfde anesthesist. De in- en uitleidingen van alle operaties in deze OK's mogen niet overlappen.

$$\sum_{j \in G_a} \sum_{i \in I_j} v_{i,t} \leq 1 \quad \forall(t, a) \quad (4.9)$$

Complexe zittingen mogen niet tegelijk in gekoppelde OK's gepland worden

Een uitzondering op de vorige voorwaarde is dat de anesthesist bij complexe operaties, de gehele zitting aanwezig is. Dit zijn bijvoorbeeld operaties waarbij de patiënt jonger dan 6 maanden is. De verzameling $I_{AA} \subset I$ bevat alle zittingen i waarbij de anesthesist gedurende de gehele zitting aanwezig moet zijn. Als de anesthesist gekoppeld is aan meerdere OK's, dan mogen in de andere OK's uit dat koppel geen in- en uitleidingen en geen complexe operaties plaatsvinden.

$$\sum_{j \in G_a} \sum_{i \in I_j} (v_{i,t}) + \sum_{j \in G_a} \sum_{i \in I_j \cap I_{AA}} (b_{i,t} - v_{i,t}) \leq 1 \quad \forall(a, t) \quad (4.10)$$

Maximale capaciteit van de radiologie afdeling

$I_{RL} \subseteq I$ is de verzameling van zittingen waarbij beeldvorming nodig is. Voor het bedienen van de beeldvormingsapparatuur zijn laboranten van de afdeling radiologie nodig. Het aantal aanwezige laboranten op tijdstip t wordt gegeven door de parameter B_t . De laboranten zijn alleen tijdens de inleiding en de chirurgische tijd aanwezig. De hulpvariabele d_t geeft aan hoeveel laboranten op tijdstip t nodig zijn.

$$d_t = \sum_{i \in I_{RL}} \sum_{\hat{t}=t-(E_i-Q_2)+1}^t s_{i,\hat{t}} \quad \forall t \quad (4.11)$$

Op elk tijdstip t moet het aantal benodigde laboranten kleiner of gelijk zijn aan de beschikbare capaciteit.

$$d_t \leq B_t \quad \forall t \quad (4.12)$$

Maximale capaciteit van de holding

Op de holding kunnen een maximaal aantal patiënten tegelijk omgebed worden. Dit aantal is afhankelijk van het aantal beschikbare plaatsen, O_1 , het aantal aanwezige verpleegkundigen op tijdstip t , X_t , en de tijdsduur ρ , die een verpleegkundige nodig heeft voor de behandeling van een patiënt. De capaciteit van de holding op tijdstip t is dan gelijk aan $\min\left(O_1, \frac{\delta}{\rho} \cdot X_t\right)$. Om te bepalen hoeveel patiënten op de holding liggen, wordt de hulpvariabele $h_{i,t}$ geïntroduceerd.

$$h_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als de patiënt van zitting } i \text{ op tijdstip } t \text{ op de holding is} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

De patiënt verblijft gedurende V tijdsintervallen voor de start van de operatie op de holding. Dit kan langer duren dan de tijd die de verpleegkundige nodig heeft voor haar werkzaamheden. De patiënt is in de holding op tijdstip t als de start van de zitting in het interval $(t+1, t+V)$ ligt.

$$h_{i,t} = \sum_{\hat{t}=t+1}^{t+V} s_{i,\hat{t}} \quad \forall(i, t) \quad (4.13)$$

Het aantal patiënten dat tegelijk op de holding ligt, is nu eenvoudig te bepalen. Dit aantal moet kleiner zijn dan de capaciteit van de holding.

$$\sum_i h_{i,t} \leq \min\left(O_1, \frac{\delta}{\rho} \cdot X_t\right) \quad \forall t \quad (4.14)$$

Maximale capaciteit van de IC

Als patiënten naar de intensive care moeten, dan wordt het bed gedurende de gehele dag vrijgehouden. Het is voor deze voorwaarde dus niet nodig om per tijdseenheid te weten of de patiënt op de IC ligt. Wel is het van belang om te weten hoeveel en welke patiënten naar de IC moeten. De verzameling $I_{IC} \subset I$ bevat alle operaties waarbij de patiënt de indicatie heeft dat hij of zij na afloop naar de IC moet. De totale grootte van deze verzameling mag niet groter zijn dan het aantal beschikbare plaatsen op de IC, O_3 . Als dit wel het geval is, dan moet een operatie worden afgezegd.

$$\sum_{i \in I_{IC}} (1 - u_i) \leq O_3 \quad (4.15)$$

Omdat de data van de IC niet volledig beschikbaar is, wordt aangenomen dat de capaciteit van de IC altijd voldoende is.

Maximale capaciteit van de recovery

Net als de holding en de IC heeft de recovery ook een maximale capaciteit. Deze is afhankelijk van het aantal beschikbare plaatsen, O_2 , het aantal aanwezige verpleegkundigen, R_t en het aantal patiënten dat een verpleegkundige maximaal tegelijk kan bewaken, φ . De capaciteit van de recovery op tijdstip t is gelijk aan $\min(O_2, \varphi \cdot R_t)$. De ligduur van een patiënt op de recovery $U_{2,i}$, is afhankelijk van de lengte van de zitting. Als leidraad wordt de ligduur gelijk genomen aan het maximum van de minimale ligduur op de recovery U_1 en de helft van de verwachte duur van de zitting $\frac{1}{2}E_i$. De verwachte ligduur $U_{2,i}$ is gelijk aan:

$$U_{2,i} = \max\left(U_1, \frac{1}{2}E_i\right) \quad \forall i \quad (4.16)$$

Om te bepalen hoeveel patiënten tegelijk op de recovery liggen, wordt de hulpvariabele $r_{i,t}$ ingevoerd.

$$r_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als de patiënt van zitting } i \text{ op tijdstip } t \text{ op de recovery ligt} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

De hulpvariabele $r_{i,t}$ heeft de waarde 1 als de patiënt op de recovery ligt. Dit is het geval als de start van de zitting in het interval $(t - E_i - U_{2,i} + 1, t - E_i)$ ligt.

$$r_{i,t} = \sum_{\hat{t}=t-E_i-U_{2,i}+1}^{t-E_i} s_{i,\hat{t}} \quad \forall (t, i \notin I_{IC}) \quad (4.17)$$

Nu kan eenvoudig bepaald worden hoeveel patiënten op tijdstip t op de recovery liggen. Dit aantal moet kleiner of gelijk zijn aan de capaciteit van de recovery op dat tijdstip.

$$\sum_{i \notin I_{IC}} r_{i,t} \leq \min(O_2, \varphi \cdot R_t) \quad \forall t \quad (4.18)$$

4.4 Wensen

Naast de voorwaarden waaraan de planning moet voldoen, zijn in het model verschillende wensen opgenomen. De wensen geven de voorkeuren van de ziekenhuismedewerkers en patiënten. Als niet aan deze gewenste situaties wordt voldaan, dan worden punten toegekend aan de planning. Hoe meer punten een planning krijgt, hoe slechter de planning door de medewerkers en patiënten wordt beoordeeld. Voor dit onderzoek worden de volgende betrokkenen onderscheiden: verpleegafdelingen, radiologie, CSA, holding, OK-medewerkers, pathologie, patiënt, logistiek medewerker en recovery. De werkzaamheden die door de verschillende medewerkers uit de categoriën worden uitgevoerd staan in het vorige hoofdstuk beschreven. In deze paragraaf wordt per categorie besproken hoe de wens in het model wordt opgenomen. Tijdens het beschrijven van de wensen worden nieuwe parameters en variabelen toegelicht. Bijlage D geeft een compleet overzicht van alle parameters en variabelen.

Verpleegafdelingen

Een aanpassing van de planning heeft effect op de verpleegkundigen van de verpleegafdelingen. Om te bepalen hoe groot het effect is moet bepaald worden op welk tijdstip de operatie volgens het model start. Hiervoor wordt de variabele w_i geïntroduceerd. Als $s_{i,t}$ gelijk is aan 1, dan start zitting i op tijdstip t . Als de operatie wordt afgezegd, dan is w_i gelijk aan de offline geplande tijd. Op deze manier worden geen dubbele punten uitgedeeld voor het afzeggen en verplaatsen van een operatie.

$$w_i = \sum_t t s_{i,t} + u_i \cdot P_i \quad \forall i \quad (4.19)$$

Vervolgens geeft de hulpvariabele y_i aan hoeveel tijdsintervallen de starttijd van zitting i is aangepast ten opzichte van de offline starttijd P_i . y_i is gelijk aan nul als operatie i wordt afgezegd.

$$y_i = w_i - P_i \quad \forall i \quad (4.20)$$

y_i is negatief als de operatie in de online planning eerder gepland staat dan in de offline planning (naar voren geschoven). Als y_i positief is, dan wordt de operatie na de offline geplande tijd uitgevoerd. Door middel van een korte enquête is de verpleegkundigen gevraagd

hoe groot zij het effect ervaren bij verschillende waarden van y_i . De enquête staat weergegeven in bijlage B en de resultaten in bijlage C. De functie $f_{VA}(y_i)$ geeft het effect weer als operatie i y_i tijdsintervallen wordt verplaatst. In de alinea hierna wordt toegelicht hoe een puntenfunctie in het ILP wordt opgenomen. Het totale effect voor de verpleegafdelingen, p_{VA} , wordt verkregen door de effecten van de individuele operaties op te tellen.

$$p_{VA} = \sum_i f_{VA}(y_i) \quad (4.21)$$

De puntenfunctie, van bijvoorbeeld de verpleegafdeling, moet als lineaire vergelijking in het model worden opgenomen. Omdat de functies niet lineair zijn, zie bijlage C, wordt de functie omgeschreven naar een stapfunctie. De puntenfunctie van de verpleegafdeling en de patiënt zijn afhankelijk van y_i . Deze kan positieve waarden aannemen (als een operatie later dan gepland wordt uitgevoerd) en negatieve waarden (als een operatie eerder dan gepland wordt uitgevoerd). Voor het goed verwerken van de puntenfunctie, worden twee aparte variabelen gemaakt. y_i^{later} als y_i positieve waarden aanneemt en y_i^{eerder} als y_i negatieve waarden aanneemt. De waarden van deze variabelen worden vastgelegd door de volgende vergelijkingen:

$$y_i^{eerder} \geq P_i - w_i \quad \forall i \quad (4.22)$$

$$y_i^{eerder} \geq 0 \quad \forall i \quad (4.23)$$

$$y_i^{later} \geq w_i - P_i \quad \forall i \quad (4.24)$$

$$y_i^{later} \geq 0 \quad \forall i \quad (4.25)$$

De puntenfuncties, voor het eerder en later uitvoeren van de operaties, zijn nu ook opgesplitst in twee delen. Deze hebben de volgende waarden, zie bijlage C:

$$f_{VA}^{eerder}(y_i^{eerder}) = \begin{cases} 0,7 & \text{als } 0 < y_i^{eerder} \leq \frac{1}{2} \\ 1,4 & \text{als } \frac{1}{2} < y_i^{eerder} \leq 1 \\ 2,6 & \text{als } 1 < y_i^{eerder} \leq 2 \\ 3,5 & \text{als } y_i^{eerder} < 2 \end{cases}$$

$$f_{VA}^{later}(y_i^{later}) = \begin{cases} 0,7 & \text{als } 0 < y_i^{later} \leq \frac{1}{2} \\ 1,3 & \text{als } \frac{1}{2} < y_i^{later} \leq 1 \\ 2,2 & \text{als } 1 < y_i^{later} \leq 2 \\ 3,1 & \text{als } 2 < y_i^{later} \leq 3 \\ 3,8 & \text{als } 3 < y_i^{later} \leq 4 \\ 4,1 & \text{als } 4 < y_i^{later} \leq 5 \\ 4,3 & \text{als } y_i^{later} > 5 \end{cases}$$

Als de operatie niet verplaatst wordt, dan worden geen punten toegekend. Beide functies zijn nu stijgend en kunnen vervangen worden door meerdere lineaire vergelijkingen. Voor

de functie f_i^{eerder} volgt een toelichting. Voor de andere functies gaat dit proces op dezelfde manier.

Voor elke functie en operatie worden twee parameters opgesteld, f_k geeft de functiewaarde van het k -de interval en γ_k geeft de waarde van de bovengrens van het interval. Het eerste interval van de functie f_{VA}^{eerder} is van 0 tot en met 0,7, γ_1 neemt de waarde 0,7 aan. Daarnaast geeft de variabele $\lambda_{i,k}$ aan of y_i^{eerder} in interval k zit of niet. Als $\lambda_{i,k}$ gelijk aan nul is, dan zit de functiewaarde niet in interval k en als $\lambda_{i,k}$ één is, dan zit de functiewaarde wel in interval k . Omdat elke functiewaarde maar in één interval mag zitten, moet de som over k van $\lambda_{i,k}$ gelijk aan één zijn. Daarnaast moet afgedwongen worden dat de functiewaarde behorende bij het juiste interval wordt gekozen. Dit kan met de volgende formule:

$$\sum_k \lambda_{i,k} \cdot \gamma_k \geq y_i^{eerder} \quad \forall (k, i) \quad (4.26)$$

Het aantal punten dat wordt toegekend voor de verpleegafdeling als operatie i eerder wordt uitgevoerd is gelijk aan:

$$f_{VA}^{eerder}(y_i^{eerder}) = \sum_k \lambda_{i,k} \cdot f_k \quad \forall i \quad (4.27)$$

De totale straf voor de verpleegafdeling wordt nu verkregen door de straf van elke operatie voor het eerder en het later uitvoeren op te tellen. Hieruit volgt:

$$p_{VA} = \sum_i f_{VA}^{eerder}(y_i^{eerder}) + \sum_i f_{VA}^{later}(y_i^{later}) \quad (4.28)$$

Op deze manier worden alle functies omschreven. Deze methode is alleen mogelijk als sprake is van niet afnemende functies.

Patiënt

Net als de verpleegafdeling ondervindt ook de patiënt hinder van het verplaatsen van zijn operatie. De verplaatsing is voor de verpleegafdeling en de patiënt zijn gelijk, het effect van de verplaatsing varieert echter. Het effect van de patiënt bij een verplaatsing van y_i tijdseenheden is gelijk aan f_{PT} . Zie bijlage C voor de verdeling van de punten over de verschillende intervallen. Deze functie wordt op dezelfde manier als bij de verpleegafdeling omschreven naar lineaire vergelijkingen. Het totale effect van alle patiënten, p_{PT} , wordt verkregen door het effect van alle individuele patiënten op te tellen.

$$p_{PT} = \sum_i f_{PT}(y_i) \quad (4.29)$$

Radiologie

De afdeling radiologie heeft laboranten in dienst die tijdens de operatie beeldvorming verzorgen. Per dag worden één of meerdere laboranten ingezet. De wens van radiologie is om de laboranten zo vroeg mogelijk te laten beginnen en zo min mogelijk grote pauzes te laten hebben. Dit is gelijk aan de situatie waarin de laboranten zo vroeg mogelijk vrij zijn, zodat ze op de afdeling kunnen assisteren. Daarom worden punten toegekend voor radiologie als het eindtijdstip van de laborant laat is, ten opzichte van de totale hoeveelheid werk. Om geen of weinig punten te krijgen, moet de laborant dus zo vroeg mogelijk vrij zijn. De verdeling van de punten is gegeven in bijlage C. In deze paragraaf wordt toegelicht hoe de wens voor radiologie opgesteld moet worden als twee laboranten op de OK actief zijn. De wens kan voor meer of minder laboranten eenvoudig aangepast worden.

Ten eerste wordt bepaald op welk tijdstip de laboranten klaar zijn met de werkzaamheden op de OK. Dit moet per laborant gebeuren. De eindtijd van de tweede laborant, \hat{d}_2 , is gelijk aan het laatste tijdstip t waarop beide laboranten nodig zijn. De waarde \hat{d}_2 wordt afgedwongen door de volgende vergelijkingen:

$$\hat{d}_2 \geq t \cdot (d_t - 1) \quad \forall t \quad (4.30)$$

$$\hat{d}_2 \geq 0 \quad (4.31)$$

Om te bepalen op welk tijdstip de eerste laborant vrij is, \hat{d}_1 , wordt de variabele \tilde{d}_t geïntroduceert. Deze variabele is als volgt gedefinieerd:

$$\tilde{d}_t = \begin{cases} 1 & \text{als op tijdstip } t \text{ één of twee laboranten nodig zijn} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

Op tijdstip t zijn twee laboranten nodig als d_t groter dan nul is. Het aantal laboranten dat gedurende de dag beschikbaar is, wordt gegeven door χ . Voor \tilde{d}_t geldt nu:

$$\tilde{d}_t \geq \frac{d_t}{\chi} \quad \forall t \quad (4.32)$$

De tijd waarop de eerste laborant vrij is, wordt nu gegeven door het laatste tijdstip waarop \tilde{d}_t gelijk aan één is.

$$\hat{d}_1 \geq t \cdot \tilde{d}_t \quad \forall t \quad (4.33)$$

$$\hat{d}_1 \geq 0 \quad (4.34)$$

\hat{d}_1 en \hat{d}_2 geven nu de tijdstippen waarop de twee laboranten vrij zijn. Dit is echter niet gelijk aan het totale aantal aanwezige tijdsintervallen. Hiervoor moet de starttijd van de laboranten en de pauzetijd nog van het eind tijdstip afgetrokken worden. De laboranten beginnen op hetzelfde tijdstip als de OK-medewerkers te werken, voor de starttijd van de

laboranten wordt daarom $\min_j S_j$ genomen. Als meer dan één laborant op de OK aanwezig is, dan krijgen ze tussen de middag allemaal drie kwartier pauze. Als er maar één laborant aanwezig is, dan krijgt deze wel pauze, maar voor deze periode wordt aflossing gestuurd, zodat voor operaties altijd één laborant aanwezig is. Het aantal tijdsintervallen pauze ν voor alle laboranten is nu gelijk aan:

$$\nu = \begin{cases} \frac{45 \cdot \chi}{\delta} & \text{als er meer dan 1 laborant op de OK is} \\ 0 & \text{als er één laborant op de OK is} \end{cases}$$

Het percentage van de tijd waarop laboranten tijdens hun aanwezigheid moeten werken is nu eenvoudig te bepalen. Hiervoor wordt eerst berekend hoeveel tijdsintervallen zij aanwezig zijn (teller). Hierbij moet de duur van de pauze, ν , en het aantal tijdsintervallen voor de start van de OK-dag, S_j , afgetrokken worden van de eindtijden van de laboranten. De totale aanwezige duur wordt gedeeld door de daadwerkelijke werktijd, dit is de som van de zittingsduren waarbij beeldvorming nodig is. Ten slotte wordt dit vermenigvuldigd met 100 om het percentage te krijgen.

$$x = 100 \cdot \frac{\hat{d}_1 + \hat{d}_2 - \chi \cdot S_j - \nu}{\sum_{i \in I_{RL}} (E_i - Q_2) + 1} \quad (4.35)$$

Een waarde van 120% betekent dat de laboranten 20% van de aanwezige tijd niet bij een operatie hebben geassisteerd. De laatste stap is het bepalen van het totale effect voor de afdeling radiologie, p_{RL} . De functie $f_{RL}(x)$ geeft het aantal punten als x procent van de tijd niet bij een operatie is geassisteerd. Deze functie wordt op dezelfde manier naar lineaire vergelijkingen vertaald als de functie van de verpleegafdelingen.

$$p_{RL} = f_{RL}(x) \quad (4.36)$$

Holding

Voor de holding worden punten toegekend als veel patiënten tegelijk aanwezig zijn in de holding. De verdeling van de punten is weergegeven in bijlage C. Voor deze wens wordt de hulpvariabele l_t gebruikt. Deze geeft het aantal patiënten dat op tijdstip t op de holding ligt. Deze kan afgeleid worden uit $h_{i,t}$.

$$l_t = \sum_i h_{i,t} \quad \forall t \quad (4.37)$$

Het aantal punten dat wordt toegekend voor l_t patiënten is gelijk aan $f_{HD}(l_t)$. Echter krijgt de holding verpleegkundige aan het begin van de dag hulp van de recovery verpleegkundigen. Dit duurt tot en met tijdstip ψ . Daarom worden pas vanaf dit tijdstip de punten opgeteld. Hieruit volgen de totale punten voor de holding.

$$p_{HD} = \sum_{t=\psi+1}^T f_{HD}(l_t) \quad (4.38)$$

Recovery

Ook voor de recovery geldt dat punten worden toegekend voor het aantal patiënten dat tegelijk bewaakt moet worden, hierbij wordt rekening gehouden met aantal aanwezige verpleegkundigen. Door punten toe te kennen voor drukke momenten, worden de patiënten in de recovery beter over de dag verspreid. Voor het aantal patiënten dat tegelijk op de recovery ligt wordt de hulpvariabele z_t geïntroduceerd.

$$z_t = \sum_i r_{i,t} \quad \forall t \quad (4.39)$$

Het aantal punten dat wordt toegekend bij z_t patiënten is gelijk aan $f_{RC}(z_t)$. De verdeling van de punten is te zien in bijlage C. Het totale effect voor de recovery wordt verkregen door de punten per tijdstip op te tellen.

$$p_{RC} = \sum_t f_{RC}(z_t) \quad (4.40)$$

OK-medewerkers

De OK-medewerkers staan de hele dag in dezelfde OK en assisteren bij alle operaties op die OK. Voor deze categorie is de volgorde van de operaties, en dus de aanpassing per operatie, niet belangrijk. De impact die de OK-medewerkers ondervinden, wordt veroorzaakt door overwerk. Om te bepalen hoeveel overwerk op OK j plaatsvindt, wordt de variabele o_j geïntroduceerd. Deze geeft aan hoeveel tijdsintervallen in OK j overgewerkt moet worden. In OK j moet overgewerkt worden als in die OK nog operaties bezig zijn na de sluitingstijd F_j .

$$o_j = \sum_{i \in I_j} \sum_{t=F_j+1}^T b_{i,t} \quad \forall j \quad (4.41)$$

De functie $f_{OK}(o_j)$ geeft het effect voor de OK-medewerkers aan, als ze o_j tijdsintervallen moeten overwerken. Het totale effect voor alle OK-medewerkers, p_{OK} , volgt door de punten per OK op te tellen.

$$p_{MW} = \sum_j f_{MW}(o_j) \quad (4.42)$$

Pathologie

Na sommige operaties is pathologisch onderzoek vereist aan materialen die uit het lichaam van de patiënt gehaald worden. De verzameling $I_{PA} \subseteq I$ bevat al deze operaties met zogenaamde ‘vers indicatie’, materiaal dat zo snel mogelijk na verwijdering onderzocht moet

worden. Als dit materiaal voor tijdsinterval $Z - W_1$ bezorgd is, dan wordt het verwerkt zonder overwerk. Z staat hier voor de sluitingstijd van pathologie en W_1 voor de duur van het onderzoek. Het vervoer naar pathologie kost W_2 tijdseenheden. Het materiaal dat na tijdstip $Z - W_1 - W_2$ uit de OK vertrekt, veroorzaakt overwerk. Omdat materiaal na afloop van de chirurgische tijd, dus voor de start van de uitleiding, naar pathologie vervoerd kan worden, leveren operaties overwerk voor pathologie als ze bezig zijn na tijdstip $Z - W_1 - W_2 + Q_2$. Waarbij Q_2 opnieuw gelijk is aan de duur van de uitleiding. De hoeveelheid overwerk per operatie wordt gegeven door de hulpvariabele q_i .

$$q_i = \sum_{t=Z-W_1-W_2+Q_2+1}^T b_{i,t} \quad \forall i \in I_{PA} \quad (4.43)$$

Omdat na sluitingstijd nog maar één medewerker aanwezig is, moet deze medewerker de materialen achtereenvolgens onderzoeken. In de meeste gevallen zal hij hierdoor $\sum_i q_i$ tijdsintervallen moeten overwerken. Het kan echter voorkomen dat materiaal heel laat bij pathologie aankomt. In dat geval kan de medewerker voor de aankomst de andere materialen verwerken en is de totale overwerktijd gelijk aan de hoeveelheid overwerk van de laatst geëindigde operatie. De totale hoeveelheid overwerk, q_{totaal} , wordt daarom gelijk genomen aan het maximum tussen de maximale overwerkdur en de som van alle overwerktijden per operatie.

$$q_{totaal} = \max \left(\max_i \left(q_i, \sum_i (q_i) \right) \right) \quad (4.44)$$

Het effect van q_{totaal} tijdsintervallen overwerk wordt gegeven door de functie $f_{PA}(q_{totaal})$. Het totale aantal punten voor pathologie is nu gelijk aan:

$$p_{PA} = f_{PA}(q_{totaal}) \quad (4.45)$$

Logistiek medewerker

Als twee operaties worden omgewisseld, dan heeft dit effect voor de logistiek medewerker. Voor het omwisselen van twee operaties op één OK worden wel punten toegekend, f_{LM} . Hiervoor moet van elke combinatie van twee zittingen, i en \hat{i} , op dezelfde OK gekeken worden of deze omgewisseld zijn. De combinaties van de volgorde van de offline P_i en de online w_i geplande starttijd geeft aan of operaties verwisseld zijn. Hier kunnen zich vier situaties voordoen, deze staan gegeven in tabel 4.1. De offline starttijden van operaties i en \hat{i} kunnen niet aan elkaar gelijk zijn, als operatie i en \hat{i} in dezelfde OK plaatsvinden. In dat geval voldoet de planning namelijk niet aan de voorwaarden. Hetzelfde geldt voor de online starttijden van de operaties. Deze situatie wordt daarom ook niet in de tabel meegenomen. In situatie 1 en 4 zijn ook daadwerkelijk operaties omgewisseld, dus alleen

	offline	online	$P_i - P_{\hat{i}}$	$w_{\hat{i}} - w_i$	$(P_i - P_{\hat{i}})(w_{\hat{i}} - w_i)$
situatie 1	$P_i < P_{\hat{i}}$	$w_i > w_{\hat{i}}$	< 0	< 0	> 0
situatie 2	$P_i < P_{\hat{i}}$	$w_i < w_{\hat{i}}$	< 0	> 0	< 0
situatie 3	$P_i > P_{\hat{i}}$	$w_i > w_{\hat{i}}$	> 0	< 0	< 0
situatie 4	$P_i > P_{\hat{i}}$	$w_i < w_{\hat{i}}$	> 0	> 0	> 0

Tabel 4.1: Situaties waarin twee operaties zijn omgewisseld, P_i is de offline starttijd van operatie i en w_i is de online starttijd van operatie i .

als $(P_i - P_{\hat{i}})(w_{\hat{i}} - w_i)$ groter dan 0 is, moeten punten toegekend worden. Hiervoor wordt de hulpvariabele $\kappa_{i,\hat{i}}$ geïntroduceerd, deze is gelijk aan 1 als operatie i en \hat{i} verwisseld zijn en 0 anders. Om $\kappa_{i,\hat{i}}$ de goede waarde te laten aannemen wordt de zogenaamde ‘big M’ methode gebruikt. Als big M wordt gebruik gemaakt van T^2 . Dit is de maximale waarde die $(P_i - P_{\hat{i}})(w_{\hat{i}} - w_i)$ kan aannemen. Ook wordt de binaire hulpvariabele $\theta_{i,\hat{i}}$ gebruikt. De volgende vergelijkingen worden nu aan het model toegevoegd:

$$(P_i - P_{\hat{i}})(w_{\hat{i}} - w_i) \leq T^2 \cdot \theta_{i,\hat{i}} \quad \forall (i, \hat{i}) \in I_j, i > \hat{i}, i \neq \hat{i} \quad (4.46)$$

$$\kappa_{i,\hat{i}} \geq \theta_{i,\hat{i}} \quad \forall (i, \hat{i}) \in I_j, i > \hat{i}, i \neq \hat{i} \quad (4.47)$$

De variabele $\theta_{i,\hat{i}}$ moet nu de waarde 1 aannemen als twee operaties zijn omgewisseld. Vervolgens moet $\kappa_{i,\hat{i}}$ ook de waarde 1 aannemen. Het totale aantal punten dat van de logistiek medewerker, p_{LM} is gelijk aan de som van het aantal punten per verwisseling, f_{LM} .

$$p_{LM} = \sum_j \sum_{(i,\hat{i}) \in I_j, i > \hat{i}} \kappa_{i,\hat{i}} \cdot f_{LM} \quad (4.48)$$

4.5 Doelfunctie

Deze paragraaf beschrijft de doelfunctie van het model. Het model heeft als doel om het effect van een aanpassing in de planning te bepalen en dit effect zo laag mogelijk te houden. Dit houdt in dat het totaal aantal punten zo laag mogelijk moet zijn. Doel van het model is daarom het optimaliseren van de planning. De verzameling Π bevat alle betrokkenen bij een operatie, dus alle wensen, $\Pi = \{HD, LM, OK, PA, PT, RC, RL, LM, VA\}$. Voor elke betrokken $\pi \in \Pi$ bestaat een parameter β_π , die aangeeft wat de prioriteit van deze betrokkene is. Op deze manier kan bijvoorbeeld een patiëntvriendelijke planning gemaakt worden. Naast de punten voor de betrokkenen worden ook punten toegekend als een operatie wordt afgezegd, het aantal punten bij afzegging is gelijk aan η . De doelfunctie wordt nu als volgt gemodelleerd:

$$\min \sum_{\pi} (\beta_\pi \cdot p_\pi) + \sum_i (\eta \cdot u_i) \quad (4.49)$$

In dit hoofdstuk wordt de analyse en de resultaten die het model besproken. Het geformuleerde ILP uit hoofdstuk 4 is hiervoor gemodelleerd met behulp van AIMMS 3.10 [18] en opgelost met CPLEX 12.1 [13]. De experimenten zijn uitgevoerd op een Acer Aspire 5532, met Windows 7 en een AMD Athlon X2 Dual Core processor L310 (1,2Ghz, 64-bit) met 4GB werkgeheugen. De gebruikte data wordt in paragraaf 5.1 besproken. Met deze data worden verschillende experimenten uitgevoerd om de onbekende parameters van het model te bepalen. Dit onderdeel wordt besproken in paragraaf 5.2. In paragraaf 5.3 wordt aan de hand van het ingestelde model en de beschikbare data gekeken of de genoemde effecten wel daadwerkelijk optreden tijdens de uitvoering van de planning. In de laatste paragraaf worden de resultaten van het model besproken. Uit deze analyse en resultaten volgt een methode die OK-planner kan gebruiken bij het aanpassen van de online OK-planning (onderzoeksvraag 5). Deze methode wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 6.

5.1 Data

Voor het onderzoek wordt data gebruikt van 1168 operaties verdeeld over 27 dagen. Deze data is verkregen uit het operatie planningsysteem MCC en aangevuld met data van de dagelijks uitgeprinte plannings die door de OK-planners gebruikt worden. Omdat alleen locatie Sophia deze plannings uitprint en bewaard, is alleen van deze locatie data beschikbaar. Van deze 1168 operaties zijn 354 operaties later en met spoed aan de planning toegevoegd en 22 operaties zijn afgezegd. Voor elke operatie is bepaald of beeldvorming (193) of pathologisch onderzoek (79) nodig is, of de operatie complex (7) is en of verwacht wordt dat de patiënt na afloop naar de IC moet (48). De gemiddelde duur van de uit-

gevoerde operaties is gelijk aan 91,03 minuten, terwijl dit vooraf gepland was als 102,68 minuten. De variatie van de duur van uitgevoerde operaties is 11,24 minuten, bij de offline planning is deze variatie 13,04 minuten.

De data gaat over de planning gedurende de dag. Daarom zijn (spoed)operaties die voor 7:30 uur of na 18:00 uur starten uit de data gehaald. Met de overgebleven data zijn vijf scenario's gemaakt die elk 27 dagen bevatten. In deze scenario's zijn spoedoperaties opgenomen als deze minder dan een uur na de start van het scenario gepland staan. De scenario's zijn als volgt opgesteld:

Offline De offline planning is de planning zoals deze de dag van te voren is gemaakt en door de OK-planners wordt uitgeprint. Op deze planning staan nog geen spoedoperaties. De offline planning bevat 814 operaties met de gemiddelde duur van 102,3 minuten en een standaarddeviatie van 62,6 minuten.

10:00 uur Het scenario 10:00 uur bevat de gerealiseerde duur van de operaties die om 10:00 uur bezig zijn. Spoedoperaties zijn verwijderd als ze na 11:00 uur gepland staan. Operaties die zijn afgerond voor 10:00 uur zijn verwijderd, om zodoende de rekentijd te verminderen. Na deze reductie blijven 754 operaties over met een gemiddelde duur van 104,0 minuten en een standaarddeviatie van 64,1 minuten.

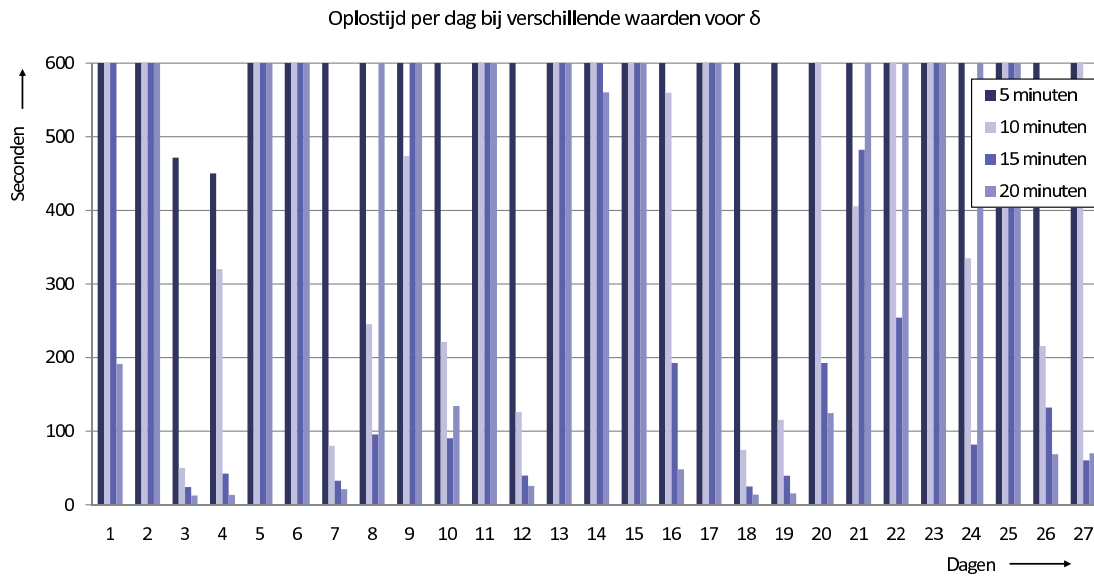
12:00 uur Analoog aan 10:00 uur, met andere tijden. De spoedoperaties die na 13:00 uur gepland staan en de operaties die voor 12:00 uur zijn afgerond worden uit het scenario verwijderd. Dit scenario bevat 584 operaties met een gemiddelde geplande duur van 102,9 minuten en een standaarddeviatie van 66,7 minuten.

14:00 uur Analoog aan 10:00 uur, met andere tijden. De spoedoperaties die na 15:00 uur gepland staan en de operaties die voor 14:00 uur zijn afgerond worden verwijderd. Door deze reductie blijven 377 operaties over. De gemiddelde duur van deze operaties is 98,7 minuten met een standaarddeviatie van 60,0 minuten.

Realisatie De realisatie van de OK-dag geeft een overzicht van alle operaties die op een dag zijn uitgevoerd. Ook de operaties die wel gepland stonden, maar uiteindelijk niet zijn uitgevoerd worden hier meegenomen. De realisatie bevat 1043 operaties, waarvan 233 spoedoperaties. De gemiddelde geplande duur van de operaties is 94,5 minuten met een standaarddeviatie van 59,3 minuten.

5.2 Initialisatie en analyse van parameters

In deze paragraaf worden de parameters met betrekking tot de tijdsintervallen en de prioriteiten ingesteld. Ook wordt gekeken naar de punten die toegekend moeten worden voor



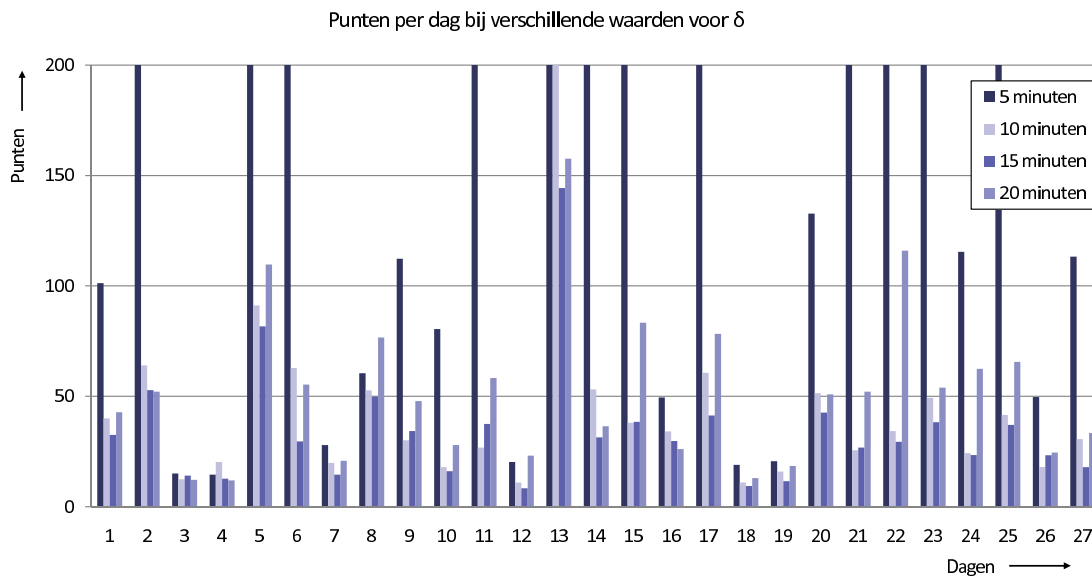
Figuur 5.1: De rekentijd van het model bij waarbij de duur van het tijdsinterval de waarde 5, 10, 15 en 20 minuten aanneemt. Als de rekentijd 600 seconden of meer bedraagt, dan is wel een oplossing gevonden, maar geen optimale oplossing.

het afzeggen van een operatie en wordt de werking van de prioriteiten geanalyseerd. De instellingen worden bepaald na het uitvoeren van verschillende tests met de scenario's offline en realisatie.

5.2.1 Tijdsintervallen

De eerste parameter die vastgesteld wordt is de duur van een tijdsinterval. Vaak geldt dat een kleiner interval de rekentijd verhoogd. Of dat ook in dit model geldt moet blijken in dit experiment. De rekentijd voor één dag wordt beperkt tot 10 minuten (600 seconden). Als binnen deze tijd geen optimale planning gevonden wordt, dan wordt de tot dan toe beste oplossing als aangepaste planning gegeven. Naast de rekentijd wordt in de test ook gekeken naar het aantal toegekende punten. De geteste waarden voor de duur van een tijdsinterval zijn gelijk aan 5, 10, 15 en 20 minuten. De rekentijd met deze geteste waarden staan gegeven in figuur 5.1.

Zoals in figuur 5.1 te zien is, wordt in veel gevallen geen optimale oplossing gevonden. De oplossing die wel gevonden wordt voldoet aan de voorwaarden, maar is niet optimaal. Bij een tijdsinterval van 5 minuten wordt in slechts 2 gevallen binnen 10 minuten een optimale planning gevonden. De waarden 10 en 20 minuten presteren beter en vinden voor 13 van de 27 dagen een optimale oplossing. De geteste waarde van 15 minuten presteert het best, met deze waarde wordt voor 15 dagen een optimale planning gevonden. De oorzaak van



Figuur 5.2: De punten die aan een dag worden toegekend, bij verschillende geteste waarden.

de betere prestaties bij een interval van 15 minuten wordt veroorzaakt door de input data van het model. Verschillende tijdsduren in het model worden gegeven in kwartieren of veelvoud van kwartieren, zoals de ligduur op de holding, de duur van de in- en uitleiding en de duur van onderzoek en vervoer bij pathologie. Dit komt ook tot uiting in de totale punten die gegeven worden bij verschillende geteste waarden.

De punten per dag staan gegeven in figuur 5.2. De meeste punten worden toegekend bij een tijdsinterval van 5 minuten. De oorzaak is de gelimiteerde rekentijd die aan het model is toegevoegd. Hierdoor wordt een toegelaten oplossing gegeven die niet optimaal is. Het aantal punten bij een tijdsinterval van 20 minuten is ook aan de hoge kant in vergelijking met de punten voor 10 en 15 minuten intervallen. Het aantal punten voor 15 minuten is in de meeste gevallen net iets kleiner dan de punten die worden toegekend bij een 10 minuten tijdsinterval. De reden hiervoor is dat de input betere prestaties levert bij het 15 minuten tijdsinterval. Deze resultaten geven reden om de parameter tijdsinterval, δ , in te stellen op 15 minuten.

Naast de duur van een tijdsinterval is ook het aantal tijdsintervallen van belang. Dit aantal moet zo klein mogelijk gehouden worden, zodat de rekentijd niet onnodig wordt verlengd. Het aantal tijdsintervallen is afhankelijk van de start en het einde van de OK-dag. Echter kan hier niet gerekend worden met de tijden waarop de OK open is (van 8:00 uur tot 17:00 uur), omdat ook de capaciteit van de recovery na 17:00 uur en de capaciteit van de holding voor 8:00 uur meegenomen wordt. De eerste operaties in de data starten om 8:00 uur, de start van de OK-dag wordt iets eerder genomen, namelijk om 7:30 uur. Voor de

eindtijd van de OK-dag wordt gekozen voor de starttijd van de laatste operatie. Uit de data volgt dat deze om 16.30 uur start. Bij deze tijd wordt de verwachte duur van een operatie (102,68 minuten), de minimale verwachte ligduur op de recovery (45 minuten) en een half uur speling wordt toegevoegd. De eindtijd van een OK-dag wordt daarmee vastgesteld op 19:30 uur. Met deze start en eindtijd van een OK-dag en de tijdsduur van 15 minuten, bestaat een OK-dag uit 48 tijdsintervallen.

5.2.2 Prioriteiten

In deze paragraaf worden eerst de prioriteiten ingesteld. Vervolgens worden de prioriteiten geanalyseerd, zodat zichtbaar wordt wat een aanpassing van de prioriteit van één betrokkene tot effect heeft voor de andere betrokkenen. Voor het vastleggen van de prioriteiten is gekeken naar de punten die per betrokkene aan de offline planning zijn toegekend, als alle prioriteiten gelijk aan één zijn. Deze staan gegeven in tabel 5.1. De prioriteiten worden nu zo gekozen dat de bijdrage van elke betrokkene aan de totale punten van de planning gelijk is. De waarden van deze prioriteiten staan gegeven in de derde regel van de tabel. De betrokkene met de minste punten, pathologie, krijgt een gewicht met waarde 1. Op basis van deze toekenning, zijn de andere gewichten vastgesteld. Voor de holding is de prioriteit gelijk aan 1 gesteld, dit kan ook elke andere waarde groter dan nul zijn, omdat de holding geen punten toekent.

In de rest van deze paragraaf worden de prioriteiten geanalyseerd. Een aanpassing van één van deze prioriteiten kan negatieve of positieve invloed hebben op de punten van de planning voor andere betrokkenen. De analyse geeft inzicht in deze invloeden. De invloed van het aanpassen van één prioriteit wordt geanalyseerd door de waarde van deze prioriteit te variëren en de andere prioriteiten constant te houden op één. Voor deze test worden alleen de dagen gebruikt, waarvan de optimale oplossing binnen 10 minuten wordt gevonden. Tabel 5.2 geeft een overzicht van de gemiddelde punten van alle dagen bij een verschillende instelling van prioriteiten. In elke situatie (regel van de tabel) wordt één prioriteit genoemd, de andere prioriteiten hebben waarde één.

	VA	PT	HD	RC	OK	PA	RL	LM	Totaal
Aantal punten	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	18,21
Prioriteit	0,11	0,08	1,00	0,29	0,50	1,00	0,56	0,62	n.v.t.
Deel van de totale punten	0,56	0,56	0,00	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	3,93

Tabel 5.1: Gemiddelde punten van geoptimaliseerde offline planningen, met daaronder de bijbehorende prioriteiten en het aandeel per betrokkene aan de totale punten.

	Aantal punten per betrokkene								Totaal
	VA	PT	HD	RC	OK	PA	RL	LM	
$\beta_{VA} = 0$	197,49	7,83	0,00	1,45	1,11	0,56	1,00	0,91	12,87
$\beta_{VA} = \frac{1}{4}$	5,44	7,67	0,00	1,64	1,11	0,56	1,00	0,91	14,25
$\beta_{VA} = \frac{1}{2}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	15,58
$\beta_{VA} = \frac{3}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	16,89
$\beta_{PT} = 0$	5,60	193,10	0,00	1,73	0,86	0,56	0,91	0,91	10,56
$\beta_{PT} = \frac{1}{4}$	5,60	7,98	0,00	1,73	0,86	0,56	0,91	0,91	12,56
$\beta_{PT} = \frac{1}{2}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	14,48
$\beta_{PT} = \frac{3}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	16,34
$\beta_{HD} = 0$	5,26	7,45	30,91	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	18,21
$\beta_{HD} = \frac{1}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	18,21
$\beta_{HD} = \frac{1}{2}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	18,21
$\beta_{HD} = \frac{3}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	18,21
$\beta_{RC} = 0$	4,92	7,02	0,00	145,82	0,97	0,56	1,27	1,36	16,10
$\beta_{RC} = \frac{1}{4}$	4,92	7,02	0,00	2,27	0,99	0,56	1,27	1,36	16,69
$\beta_{RC} = \frac{1}{2}$	5,26	7,45	0,00	2,00	1,05	0,56	1,00	0,91	17,23
$\beta_{RC} = \frac{3}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	17,73
$\beta_{OK} = 0$	5,26	7,45	0,00	1,91	28,09	0,56	1,00	0,91	17,09
$\beta_{OK} = \frac{1}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	17,37
$\beta_{OK} = \frac{1}{2}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	17,65
$\beta_{OK} = \frac{3}{4}$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	17,93
$\beta_{PA} = 0$	4,86	6,97	0,00	2,00	1,05	2,11	1,27	1,36	17,52
$\beta_{PA} = \frac{1}{4}$	4,86	6,97	0,00	2,00	1,05	0,76	1,27	1,36	17,71
$\beta_{PA} = \frac{1}{2}$	5,21	7,40	0,00	1,91	1,11	0,69	1,00	0,91	17,89
$\beta_{PA} = \frac{3}{4}$	5,21	7,40	0,00	1,91	1,11	0,69	1,00	0,91	18,06
$\beta_{RL} = 0$	4,97	7,10	0,00	1,91	1,03	0,56	5,00	1,36	16,94
$\beta_{RL} = \frac{1}{4}$	4,97	7,10	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	1,36	17,26
$\beta_{RL} = \frac{1}{2}$	4,97	7,10	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	1,36	17,58
$\beta_{RL} = \frac{3}{4}$	4,97	7,10	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	1,36	17,89
$\beta_{LM} = 0$	4,88	6,84	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	11271,36	16,49
$\beta_{LM} = \frac{1}{4}$	4,88	6,84	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	1,82	16,95
$\beta_{LM} = \frac{1}{2}$	4,88	6,84	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	1,82	17,40
$\beta_{LM} = \frac{3}{4}$	4,88	6,84	0,00	1,91	1,03	0,56	1,27	1,82	17,85
$\beta_{\pi} = 1$	5,26	7,45	0,00	1,91	1,11	0,56	1,00	0,91	18,21

Tabel 5.2: De gemiddelde punten wanneer de waarde van de prioriteiten gevarieerd wordt. Als de achtergrond groen is, dan betekent dit een verbetering voor de betrokkene ten opzichte van de lagere waarde van deze prioriteit. Een rode achtergrond betekent een verslechtering voor de categorie. De laatste regel geeft de punten als alle gewichten waarde één hebben.

De tabel geeft aan hoeveel punten aan een bepaalde betrokkene wordt toegekend, wanneer de prioriteiten verschillende waarden hebben. Het eerste wat aan de tabel opvalt is dat in slechts één geval punten worden toegekend aan de holding. Dit gebeurt op het moment dat de prioriteit van de holding de waarde nul heeft. De holding kan alleen punten krijgen als meer dan drie operaties tegelijk starten, dus de helft van de OK's. Dit gebeurt alleen aan het begin van de dag, wanneer de recovery verpleegkundigen assisteren bij de holding en de punten niet worden toegekend.

In het vervolg wordt per betrokkene besproken welke invloed het aanpassen van zijn prioriteit heeft op de punten die andere betrokkenen aan de online OK-planning toekennen. De prioriteiten van de niet genoemde betrokkenen zijn gelijk aan 1.

Verpleegafdeling Wanneer de waarde van β_{VA} verhoogd wordt van 0 tot $\frac{1}{2}$, dan wordt de planning voor de verpleegafdeling en de patiënt beter. Dit gaat ten koste van de planning voor de recovery. Het verder verhogen van β_{VA} verandert de toegekende punten niet meer.

Patiënt Een verhoging van β_{PT} van 0 tot $\frac{1}{2}$ heeft een positief effect voor de verpleegafdeling en de patiënt, deze planning voldoet meer aan de gewenste situatie dan in eerste instantie. De stijging van $\frac{1}{4}$ tot $\frac{1}{2}$ verslechterd de planning voor de recovery en de OK-medewerkers.

Holding Voor de holding worden geen punten toegekend en het veranderen van de prioriteit heeft daarom ook geen invloed op de andere betrokkenen.

Recovery Het verhogen van de prioriteit van de recovery β_{RC} van 0 tot $\frac{3}{4}$, heeft alleen voor de recovery een positief effect. Voor de OK-medewerkers is dit effect negatief. Bij verhoging van de prioriteit van $\frac{1}{2}$ naar $\frac{3}{4}$ heeft dit een verslechtering van de planning voor de patiënten en de verpleegkundigen tot gevolg en een verbetering voor radiologie en de logistiek medewerker.

OK-medewerkers Door de prioriteit van de OK-medewerkers ongelijk aan 0 te nemen, ontstaat een evenwichtssituatie. Voor alle waarden groter dan 0, is het aantal punten gelijk. Een verandering heeft dan geen effect op de andere betrokkenen.

Pathologie Het verhogen van de prioriteit van pathologie van 0 naar $\frac{1}{4}$ heeft alleen positieve gevolgen voor pathologie zelf. Een verdere verhoging naar $\frac{1}{2}$ heeft positieve gevolgen voor pathologie, de recovery, de radiologie en logistiek medewerker. De planning voor de patiënten en verpleegkundigen verslechteren door deze verhoging.

Radiologie Voor de radiologie geldt hetzelfde als voor de OK-medewerkers.

Logistiek Medewerker Voor de logistiek medewerker geldt het zelfde als voor de OK-medewerkers.

In het algemeen kan gezegd worden dat een stijging van de prioriteit voor de verpleegafdeling en de patiënt negatief is voor de recovery en in een aantal gevallen ook voor de OK-medewerkers en de radiologie laboranten. Een stijging van de prioriteit van de recovery is negatief voor de OK-medewerkers en in een aantal gevallen ook voor de patiënt en de verpleegafdeling. In een aantal gevallen is deze stijging positief voor de radiologie laborant en de logistiek medewerker. Een stijging van de prioriteit boven 0,5 is positief voor de recovery, de radiologie laborant en de logistiek medewerker, maar negatief voor OK-medewerkers, patiënten en verpleegkundigen op de verpleegafdeling. Uit deze analyse volgen dus twee groepen die tegengestelden belangen hebben. De patiënt, verpleegafdeling en OK-medewerkers hebben tegengestelde belangen dan recovery, pathologie, radiologie en logistiek medewerker.

5.2.3 Punten voor afzeggen operatie

De hoogte van de meeste punten is in overleg met de betreffende medewerker(s) of leidinggevende gemaakt, zie hiervoor bijlage C. Dit geldt niet voor de punten als een operatie wordt afgezegd. Deze waarde is afhankelijk van de punten die aan de overige categoriën worden gegeven. In de optimalisatie van het scenario realisatie worden de meeste punten toegekend per dag, zonder dat de punten voor afzeggen worden meegerekend. De prioriteiten hebben de waarde 1. Het maximale aantal punten per dag, zonder punten voor afzegging, is 53,84 punten. Door de punten voor afzeggen een hogere waarde toe te kennen, wordt het afgeraden om een operatie af te zeggen, maar is het niet onmogelijk. Daarom wordt het aantal punten voor het afzeggen van operaties gelijk genomen aan 75. Dit is ruim hoger dan het gemiddelde aantal strafpunten per dag.

5.3 Kwaliteit van de offline OK-planning en de realisatie

In deze paragraaf wordt het model gevalideerd. Hiervoor wordt van de scenario's offline en realisatie bepaald of de data aan alle vastgestelde voorwaarden voldoet en welk aantal punten per dag wordt toegekend. Ten slotte wordt gekeken naar de prestaties van het model op basis van twee kwaliteitsindicatoren, de bezettingsgraad en het percentage operaties dat meer dan een kwartier verplaatst wordt.

5.3.1 Voorwaarden

De voorwaarden in het model zijn in overleg met verschillende medewerkers opgesteld. Om te valideren of deze voorwaarden wel overeenkomen met de praktijk, wordt gekeken naar de overschrijding van de voorwaarden in het offline en realisatie scenario. In tabel 5.3 staat weergegeven hoe vaak per dag een voorwaarde gemiddeld overschreden wordt. De eerste reden voor deze overschrijdingen is data inconsistentie. De tijdstippen uit de data worden door verschillende medewerkers geklokt. Af en toe wordt dit vergeten en dan wordt achteraf een tijdstip toegevoegd. Dit komt niet altijd overeen met de werkelijke tijd. Dit kan in de data overkomen als twee operaties die tegelijk worden uitgevoerd en daarmee wordt de voorwaarde ‘maximaal één operatie per OK’ overschreden. Een andere oorzaak is dat de duur van de verschillende gebeurtenissen, zoals ligduur op de holding en de duur van de inleiding, niet de exact gegeven duur duurt. Als bijvoorbeeld een inleiding maar 7 minuten duurt in plaats van de gegeven 15 minuten, dan kan een anesthesist twee inleidingen in een tijdsinterval (15 minuten) doen. Ook dit komt in de data over als een overschrijding van de voorwaarden.

In tabel 5.3 staan niet alle voorwaarden genoemd. De voorwaarden starten of afzeggen, capaciteit IC en capaciteit recovery worden niet overschreden en staan daarom niet in de tabel. In de eerste twee gevallen komt dit omdat het model overschrijding niet toestaat. De capaciteit van de recovery kan wel overschreden worden, dit gebeurt echter niet. Dit komt mede doordat het aantal OK's (maximaal 8) lager is dan de capaciteit van de recovery (12 bedden) en de duur van een operatie is gemiddeld lager dan de ligduur op de recovery.

De voorwaarde medische deadline wordt per dag 36 seconden overschreden. De oorzaak

	Offline		Realisatie	
	Tijdsint.	Minuten	Tijdsint.	Minuten
Starttijd	0,19	2,85	1,63	24,45
Medische Deadline	0,00	0,00	0,04	0,60
Eén zitting per OK	1,11	16,65	3,85	57,75
Eén operatie per chirurg	0,30	4,50	0,30	4,50
Eén in- en uitleiding per anesthesist	6,30	94,5	8,93	133,95
Complexe zittingen niet combineren	1,63	24,45	2,07	31,05
Capaciteit radiologie	1,52	22,8	2,00	30,00
Capaciteit holding	0,33	4,95	0,15	2,25

Tabel 5.3: Het gemiddelde aantal tijdsintervallen (Tijdsint.) en minuten overschrijding per dag, per voorwaarde voor het offline en realisatie scenario.

van deze overschrijding is waarschijnlijk de definitie van de medische deadline. Omdat hier geen gegevens van bekend waren, is de medische deadline vastgesteld op 3 uur na de offline geplande tijd. Twee voorwaarden worden minder dan één tijdsinterval per dag overschreden. Dit zijn de capaciteit van de holding en één operatie per chirurg. Deze overschrijding worden waarschijnlijk veroorzaakt door inconsistentie van de data. De andere voorwaarden worden meer dan 15 minuten per dag overschreden. In sommige gevallen zal dit een inconsistentie van de data zijn. Maar op de OK worden ook verschillende methoden gebruikt, waardoor niet aan de voorwaarde wordt voldaan, maar het proces wel goed verloopt. Voorbeelden hiervan zijn een arts-assistent die een operatie overneemt, een chirurg die de beeldvormingsapparatuur bedient of de anesthesie-medewerker die zonder de aanwezigheid van de anesthesist de uitleiding uitvoert.

De overschrijdingen hebben dus verschillende oorzaken. De belangrijkste zijn data inconsistentie en de verschillende manieren die op de OK gebruikt worden om de planning toch te kunnen uitvoeren. In het model zijn deze manieren echter niet meegenomen.

5.3.2 Wensen

In het model zijn verschillende wensen opgenomen die aangeven wat de gewenste situatie voor de verschillende betrokkenen zijn. Als de planning afwijkt van de wensen van de betrokkenen, dan krijgt de planning punten. Hoe groter de afwijking is, hoe meer punten de planning krijgt. Van de scenario's offline en realisatie wordt in deze paragraaf bepaald of aan de gewenste situaties wordt voldaan. Bij het bepalen van de punten van de offline planning, worden geen punten toegekend voor de patiënten, verpleegkundigen en logistiek medewerkers. Deze betrokkenen hebben alleen een afwijking van de gewenste situatie, als wordt afgeweken ten opzichte van de offline planning. Het aantal punten dat per betrokkene wordt toegekend aan een planning, staat gegeven in tabel 5.4.

Het aantal punten in het offline scenario is veel lager dan bij de realisatie. Dit wordt veroorzaakt omdat in de offline planning nog geen operaties zijn afgezegd en voor de betrokkenen verpleegafdelingen, patiënten en logistiek medewerker geen punten worden toegekend. Ook de OK-medewerkers hebben bij de offline planning geen punten, omdat overwerk niet wordt gepland. De stijging van het aantal punten dat aan de planning wordt toegekend gedurende de uitvoering (dus van offline naar realisatie) is het grootst voor de patiënten, verpleegafdeling, logistiek medewerker en OK-medewerkers. Voor de overige betrokkenen stijgt het aantal punten tijdens de uitvoering ook, maar niet zo hard.

5.3.3 Kwaliteitsindicatoren

Een andere manier om de input en later ook de resultaten te beoordelen is op basis van kwaliteitsindicatoren. Hiervoor zijn twee indicatoren gekozen. Andere indicatoren, zoals overwerk op de OK en spreiding van de patiënten op de recovery, worden al beoordeeld door de punten die een planning krijgt. De gebruikte kwaliteitsindicatoren zijn:

Bezettingsgraad OK De formule die hiervoor gebruikt wordt bevat in de teller de som van alle tijdsintervallen waarop een zitting tussen 8:00 uur (interval 3) en 17:00 uur (interval 38) gepland staan (offline) of uitgevoerd worden (realisatie). In de noemer staat het aantal beschikbare intervallen OK-tijd, dit aantal is afhankelijk van het aantal OK's dat geopend is [5]. Het aantal tijdsintervallen per dag is gelijk aan 9 uur maal 4 tijdsintervallen per uur, dus 36 tijdsintervallen.

$$\frac{\sum_i \sum_{t=3}^{38} b_{i,t}}{M \cdot 36} \quad (5.1)$$

Percentage operaties dat meer dan 15 minuten verplaatst wordt Hiervoor wordt het aantal zittingen geteld dat meer dan 15 minuten (1 tijdsinterval) wordt verplaatst, dus als $|y_i|$ groter is dan 1. Dit wordt gedeeld door het totale aantal geplande zittingen.

$$\frac{\sum_{i, |y_i| > 1} 1}{N} \quad (5.2)$$

De gemiddelde bezettingsgraad van de offline planning is gelijk aan 86,7%. De standaardafwijking van de bezettingsgraad is 3,9. Voor het realisatiescenario is de bezettingsgraad

	Offline	Realisatie
Totaal	3,00	87,03
Afzeggen	0,00	66,67
Verpleegafdeling	0,00	34,40
Patiënten	0,00	40,91
Radiologie	1,63	2,41
Holding	0,00	0,00
Recovery	4,93	8,85
OK-medewerkers	0,00	6,43
Pathologie	0,64	0,70
Logistiek Medewerkers	0,00	9,26

Tabel 5.4: Het gemiddelde aantal punten per dag, per betrokkene voor de data van het offline en realisatie scenario.

81,1%, met een standaardafwijking van 5,2. De bezettingsgraad van de realisatie is dus lager dan de bezettingsgraad van de offline planning. Dit wordt veroorzaakt door het aantal afgezegde operaties per dag, gemiddeld 0,8, en door variatie in de duur van een zitting. De tweede indicator, het percentage zittingen dat meer dan 15 minuten verplaatst wordt ten opzichte van de offline planning, wordt alleen voor het realisatiescenario berekend. Het gemiddelde aantal operaties dat per dag meer dan 15 minuten verplaatst wordt is 19,5 operaties, dit is 50%. De variatie in dit aantal is wel groot, soms worden slechts 7 operaties meer dan een kwartier verplaatst en op andere dagen wel 33.

5.4 Resultaten

Aan het begin van dit onderzoek is als doel gesteld om ondersteuning te bieden bij het aanpassen van de online OK-planning. In deze paragraaf wordt ingegaan op de aanpassingen die gedurende een dag gemaakt moeten worden. Hiervoor worden de scenario's 10, 12 en 14 uur gebruikt. Deze worden met CPLEX opgelost, om vanaf dat moment de optimale planning te bepalen. Het model wordt hiervoor aangepast, zodat de operaties die om 10, 12 of 14 uur al gestart zijn niet verplaatst worden. Daarnaast worden de voorwaarden en wensen vanaf dit tijdstip berekend, zodat het model niet onoplosbaar wordt door data inconsistentie voor dit tijdstip. Op deze manier is van elke dag op drie momenten een herplanning gemaakt. In paragraaf 3.2.2 is gesteld dat in het model twee mogelijkheden zijn om de planning aan te passen: operaties uitstellen en afzeggen en twee operaties omwisselen. Van de drie scenario's is gekeken hoe vaak deze mogelijkheden zijn toegepast door CPLEX om tot een optimale planning te komen. Vervolgens is ook gekeken hoeveel tijd tussen twee operaties gepland is, deze tijd wordt een pauze genoemd. De resultaten staan gegeven in tabel 5.5.

Uit de tabel valt af te lezen dat van alle operaties slechts één operatie wordt afgezegd en twee operaties worden omgewisseld. In alle andere gevallen worden de operaties allen verschoven ten opzichte van de offline planning. Vaak wordt de operatie direct achter de vorige operatie gepland, maar in sommige gevallen wordt ook een wachttijd voor de OK-medewerkers en chirurg gecreëerd. De gemiddelde wachttijd is een kwartier tot 20 minuten. Voor de OK-benutting en de chirurg lijkt deze oplossing niet optimaal, echter voor de andere betrokkenen, zoals de verpleegafdeling, de patiënt en de recovery kan dit veel verschil maken. Uit de resultaten van de test volgt de volgende beslisregel:

Bij het aanpassen van de planning, kan het best de offline volgorde van zittingen gerespecteerd worden. In sommige gevallen is een pauze tussen twee operaties gewenst.

Het gevolg van deze regel is dat de oplosruimte voor de optimale planning verkleind wordt.

Het is nu alleen nog maar nodig om de operaties kleine stukjes op te schuiven. Omdat het verwisselen van operaties naar andere OK's in het model niet mogelijk is, kan met een eenvoudige berekening de optimale planning voor één OK berekend worden. Tussen twee operaties is het mogelijk om geen of een kleine pauze te plannen. De volgende operatie wordt na deze pauze gepland. Deze redenering is de basis voor de beslissingondersteuning die ontwikkeld is in het onderzoek. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op deze beslissingondersteuning.

5.4.1 Kwaliteit van de resultaten

In deze deelparagraaf wordt gekeken naar de kwaliteit van de resultaten die met het model gekregen worden voor de offline planning en de realisatie. Voor elke dag in de twee scenario's is met CPLEX de optimale planning bepaald. In tabel 5.6 staat per scenario gegeven welke waarde de kwaliteitsindicatoren (uit paragraaf 5.3.3) hebben en hoeveel punten per betrokkene worden toegekend.

Met deze tabel wordt voor de scenario's offline en realisatie het aantal punten en de kwaliteit vergeleken met de oorspronkelijke data van deze scenario's. Uit deze vergelijking volgt dat de bezettingsgraad ongeveer gelijk blijft, maar het percentage verplaatste operaties daalt wel. Ook het aantal punten dat de offline planning gemiddeld krijgt is na optimalisatie met eenderde gedaald. Dit komt vooral tot uiting bij het aantal punten voor de recovery. Bij de

Scenario	10 uur	12 uur	14 uur
Aantal operaties	754	584	377
Aantal niet verplaatsbare operaties	188	168	164
Aantal verplaatsbare operaties	566	416	213
Aantal omgewisselde operaties	1	0	0
Aantal afgezegde operaties	0	0	1
Aantal punten	6,61	7,21	10,99
Aantal operaties met een wachttijd van ..			
.. 0 minuten	264	183	71
.. 15 minuten	166	112	66
.. 30 minuten	62	33	21
.. 45 minuten	22	19	11
.. meer dan 45 minuten	38	37	13
Gemiddelde wachttijd	15,84	18,71	19,78

Tabel 5.5: Karakteristieken van de optimale planningen voor de scenario's 10, 12 en 14 uur.

realisatie is het aantal punten ook meer dan de helft gedaald. Dit komt grotendeels door een daling van het aantal afzeggingen, maar ook de recovery kent aan de optimale realisatie veel minder punten toe. Naast daling van de punten moet ook opgemerkt worden dat de optimale planning aan alle voorwaarden voldoet. Dit was bij de oorspronkelijke offline planning en realisatie niet het geval, zie tabel 5.3. In het algemeen kan nu gezegd worden dat de optimalisatie van de planning een grote verbetering geeft voor de alle betrokkenen, daarnaast wordt bij optimalisatie aan de gegeven voorwaarden voldaan.

	Offline		Realisatie	
	oorspronkelijk	optimaal	oorspronkelijk	optimaal
Aantal operaties	30,15	30,15	38,56	38,56
Bezettingsgraad	86,7%	86,4%	81,1%	79,1%
Percentage verplaatste operaties	n.v.t	n.v.t.	50%	42,6%
Totale punten	3,00	1,03	87,03	35,82
Onderverdeling van de punten				
Afzeggen	0,00	0,00	66,67	22,22
Verpleegafdeling	0,00	0,00	34,40	28,56
Patiënten	0,00	0,00	40,91	36,50
Radiologie	1,63	0,56	2,41	1,07
Holding	0,00	0,00	0,0	0,00
Recovery	4,93	0,74	8,85	3,11
OK-medewerkers	0,00	0,68	6,43	4,20
Pathologie	0,64	0,15	0,70	0,51
Logistiek Medewerkers	0,00	0,00	9,26	5,93

Tabel 5.6: De kwaliteit van de optimale planningen, weergegeven aan de hand van de in paragraaf 5.3.3 gedefinieerde indicatoren en de punten. De kolommen met de oorspronkelijk data zijn overgenomen uit tabel 5.4.

Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een beslissingsondersteuning voor de Isala Klinieken, dat de OK-planners ondersteunt bij het aanpassen van de online OK-planning. Het ILP-model dat in hoofdstuk 4 is ontworpen is niet geschikt om in de Isala Klinieken te implementeren, vanwege de hoge softwarekosten en de rektijd van het model. In dit hoofdstuk wordt een programma beschreven dat gemaakt is met Borland Delphi 7. Dit programma geeft de gebruiker in vijf simpele stappen een advies voor het aanpassen van de online OK-planning. Het advies is direct inzichtelijk door middel van een afbeelding. Ook wordt per advies aangegeven hoeveel punten per betrokkene aan de planning wordt toegekend. De werking van het programma wordt besproken in de eerste paragraaf. De tweede paragraaf gaat in op de eerste reacties van de toekomstige gebruikers.

6.1 Applicatie

De ontwikkelde applicatie geeft advies bij het aanpassen van de online OK-planning. Deze paragraaf is opgedeeld in twee stukken. Eerst wordt ingegaan op de verschillende stappen die tot advies over het aanpassen van de online OK-planning leidt. In het tweede deel worden andere toepassingen van de applicatie genoemd.

6.1.1 Aanpassen van de planning

Voor het aanpassen van de online OK-planning moeten de onderstaande stappen doorlopen worden. De lay-out van de applicatie, na het importeren van de data, is weergegeven in figuur 6.1.

Vorbereiding: Data van MCC naar Excel exporteren

De input voor de applicatie bestaat uit een Excel werkblad met data over de OK-dag. Hiervoor is een optie in MCC aanwezig, waardoor de data van een gewenste dag met enkele muisklikken naar Excel geëxporteerd wordt. De kolommen in het Excel werkblad moeten de volgende (letterlijke) koppen hebben: 'Naam patient', 'OK', 'OK.dat.', 'Tijd', 'Ope', 'Pat.nr', 'Geb.datum', 'Opn.Datum', '-tijd', 'P_IC', 'ingreep', 'Extra info'. Deze koppen komen overeen met de koppen van de kolommen uit MCC. Daarnaast is het wenselijk dat de volgende twee kolommen ook worden toegevoegd: 'OfflineTijd' en 'PlanDuur'. Als deze niet aanwezig zijn, dan wordt deze data berekend op basis van de overige data.

Stap 1: Importeren data

Met behulp van een knop 'Selecteer Excel Planning' kan in Windows verkerner gezocht worden naar het betreffende Excel bestand en vervolgens wordt de data uit dit bestand in de applicatie geladen.

Stap 2: Controleren van data, aanpassen parameters

De data die in de vorige stap is ingevoerd, moet een korte controle ondergaan. Het gaat in deze stap voornamelijk om de data met betrekking tot beeldvorming, pathologie, de offline geplande tijd en de geplande duur van de operaties. Daarnaast moet aangegeven worden waarom de planning aangepast moet worden, bijvoorbeeld omdat een operatie uitloopt. De zittingsduur van die operatie moet dan verlengd worden. Daarnaast is het in deze stap mogelijk om de parameters met betrekking tot de capaciteit, de toegekende punten bij een afwijking van de gewenste situatie en de prioriteiten van de betrokkenen aan te passen.

Stap 3: Selecteer OK

In de volgende stap moet de OK geselecteerd worden, waarover men een advies tot aanpassing wil hebben. Daarnaast wordt gevraagd naar de tijd waarop de aangepaste planning moet ingaan. De operaties die voor dit tijdstip starten worden niet meer verplaatst. Standaard staat de huidige tijd ingesteld.

Stap 4: Advies vragen

Als hierna op de knop 'Aanpassen planning' wordt gedrukt, dan geeft de software verschillende adviezen voor het aanpassen van de planning op de geselecteerde OK. Hierbij wordt

Patiënt	OK's	Chirurgen	Holding	Recovery	BV	PA	AA	IC	StartTijd	Duur operatie	Beschikbaar vanaf	Medische deadline
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Lagrange	04/05/63	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	08:00	90	06:45	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Markov	21/07/73	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10:15	135	09:45	
<input type="checkbox"/>	2	Neumann	28/07/65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12:15	75	11:15	
<input type="checkbox"/>	2	Oughtred	06/07/72	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13:30	75	12:30	
<input type="checkbox"/>	2	Pascal	19/05/88	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15:00	90	13:45	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Quételet	20/09/73	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	08:30	15	07:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Riemann	24/06/43	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	09:30	45	08:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Schwarz	29/11/84	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11:00	45	09:30	
<input type="checkbox"/>	3	Taylor	01/10/33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12:30	60	11:00	
<input type="checkbox"/>	3	Ulam	25/03/22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13:30	60	12:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Varignon	24/04/29	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	08:00	315	06:30	
<input type="checkbox"/>	4	Weierstrass	20/09/35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13:15	75	11:15	
<input type="checkbox"/>	4	Yoriyuki	10/04/33	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15:00	75	12:30	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	Zermelo	05/05/60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	08:00	150	06:30	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	Aristoteles	09/08/34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10:15	75	10:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	Bayes	22/07/68	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11:30	105	11:15	
<input type="checkbox"/>	5	Cardano	12/01/44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13:15	195	13:00	

Stap 1: Selecteer en laad het Excel bestand waarin de planning staat.

Selecteer Excel Planning

Stap 2: Controleer hiernaast de patiëntinformatie.

Stap 3: Welke OK wilt u aanpassen

2

en vanaf welk tijdstip?

12:00

Stap 4: Klik hieronder om een aangepaste planning te maken.

Aanpassen planning

Stap 5: Wilt u een advies opslaan, zo ja welke?

1

Sla advies op

Punten aanpassen

Sluiten

Figuur 6.1: De layout van de applicatie na het uitvoeren van stap 1. De linker kolom met vinkjes geeft aan of de operatie nog verplaatst kan worden. De kolom ‘BV’, ‘PA’, ‘AA’ en ‘IC’ geven respectievelijk aan of bij de operatie beeldvorming nodig is, pathologisch onderzoek verricht moet worden, de anesthesist de volledige operatie aanwezig moet zijn en ten slotte of de patiënt na afloop naar de IC moet.

de beslisregel uit hoofdstuk 5 in acht genomen: ‘Bij het aanpassen van de planning, kan het best de offline volgorde van zittingen gerespecteerd worden. In sommige gevallen is een pauze tussen twee operaties gewenst.’. Bij het aanpassen van de planning wordt de volgorde van de operaties dus niet veranderd, maar wordt de tijd tussen twee operaties gevarieerd, deze tijd wordt de pauze genoemd. De pauzes variëren van nul tot en met vier tijdsintervallen (zestig minuten). Tussen elk paar van operaties wordt nu een pauze ingepland. Hierbij worden alle mogelijk combinaties geprobeerd. Vervolgens worden de voorwaarden gecontroleerd die betrekking hebben op de gekozen OK. Maar ook voorwaarden die over meerdere OKs gaan, zoals de aanwezigheid van de anesthesist. Als aan de voorwaarden wordt voldaan, dan worden de punten opgeteld. De beste drie plannings worden onthouden en ten slotte aan de gebruiker getoond. De gebruiker kan de adviezen inzien in een visuele weergave, figuur 6.3, en in een overzicht waarin de punten per advies gegeven worden, figuur 6.2.

Betrokkene	Prioriteit	Planning		Advies 1		Advies 2		Advies 3	
		Punten	Gewogen punten	Punten	Gewogen punten	Punten	Gewogen punten	Punten	Gewogen punten
Beddenhuis	0.08	26.60	2.13	25.90	2.07	26.60	2.13	26.60	2.13
BV	0.20	2.00	0.40	2.00	0.40	2.00	0.40	2.00	0.40
Holding	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OK mdw	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.32
Pathologie	0.10	0.70	0.07	0.70	0.07	0.70	0.07	0.70	0.07
Patiënt	0.05	26.20	1.31	25.20	1.26	26.20	1.31	26.20	1.31
Recovery	0.16	13.00	2.08	11.00	1.76	13.00	2.08	13.00	2.08
Logistiek mdw	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Afzegging			0.00		0.00		0.00		0.00
Totale punten			5.99		5.56		5.99		6.31

Figuur 6.2: De punten van de oorspronkelijke planning en de drie adviezen.

Stap 5: Advies opslaan

In de laatste stap is het mogelijk om een gegeven advies op te slaan. Hierbij moet eerst gekozen worden welk advies men wil bewaren. Na het indrukken van de knop ‘Advies opslaan’ wordt het mogelijk om op basis van het gegeven advies de planning verder aan te passen, op zoek naar nieuwe verbeteringen. Hiervoor moeten de stappen 3 tot en met 5 herhaald worden.

6.1.2 Andere toepassingen

In vier stappen kan het programma gebruikt worden voor het aanpassen van de online OK-planning. In deze paragraaf worden een aantal andere mogelijkheden van de software toegelicht. Ten eerste geeft de software inzicht in de effecten die verschillende betrokkenen bij een planning ondervinden. Dit is van groot belang om specialisten ervan te kunnen overtuigen dat het verstandiger kan zijn om korte tijd te wachten met het opstarten van een

	12:15u Neumann			
		12:30u Neumann	12:30u Neumann	12:30u Neumann
13:00				
	13:30u Oughtred			
14:00		13:45u Oughtred	13:45u Oughtred	
				14:30u Oughtred
15:00	15:00u Pascal			
		15:15u Pascal		
			15:30u Pascal	
16:00				15:45u Pascal
17:00				

Figuur 6.3: De eerste kolom geeft een tijdas. In de tweede kolom wordt de planning weergegeven vanaf 12:15 uur tot en met 17:15 uur. De operatie die tot en met tijdstip 12:30 uur bezig is, heeft uitloopt, waardoor de planning aangepast moet worden. Deze operatie is met de rode kleur aangegeven en mag niet verplaatst worden. De operaties die groen gekleurd zijn, kunnen wel verplaatst worden. Uit de applicatie volgen drie adviezen, die weergegeven worden in de overige kolommen. De adviezen worden gemaakt door maximaal 60 minuten pauze tussen de operaties te plannen. Alle mogelijke combinaties van pauzes tussen de operaties wordt geprobeerd. De drie adviezen met de minste punten wordt weergegeven in een afbeelding, zoals hiernaast.

operatie. Ten tweede kan de software ondersteunen bij het bepalen van de prioriteiten uit het model. Als een voorstel wordt gedaan voor een bepaalde instelling, kan met de software het effect van die instelling getest worden. Daarnaast is het mogelijk om met deze software de offline planning op onjuist- en onwenselijkheden te controleren. Nadat de planning is ingeladen, wordt in een apart tabblad het aantal punten per categorie en het aantal overschrijdingen van de voorwaarden uit het ILP weergegeven. De laatste mogelijkheid van de applicatie is de analyse van de gerealiseerde planning. Uit het aantal punten dat per betrokkene wordt toegekend kan lering getrokken worden voor een volgende keer.

6.2 Evaluatie

In deze paragraaf wordt de applicatie, die in de vorige paragraaf toegelicht is, kort geëvalueerd. De applicatie heeft als doel om advies te geven over een aanpassing in de planning. Om een zo goed mogelijk advies te geven, is het noodzakelijk om goede input data te gebruiken. Vanwege de ICT-structuur in het ziekenhuis is het niet altijd mogelijk om alle data automatisch in Excel te laden. De offline geplande tijd en de zittingsduur van de

operatie zal door de gebruiker toegevoegd moeten worden aan het Excel bestand, omdat deze op dit moment nog niet in de MCC printfunctie zit. Na het inladen van de data, geeft de software een advies voor het aanpassen van de planning. Dit advies wordt voor één OK gegeven. In combinatie met optimalisatie van de andere OK's is het mogelijk dat een betere oplossing gevonden wordt. Hiervoor moet de applicatie meerdere keren toegepast worden op verschillende OK's.

De toekomstige gebruiker is met de software bekend gemaakt door middel van een individuele toelichting. Hierbij werd de nadruk gelegd op de uitkomsten van het onderzoek en de mogelijkheden van de software. Op deze manier is de toekomstige gebruiker bekend gemaakt met de achterliggende gedachten van de software. Hierbij viel het de toekomstige gebruiker op dat de twee betrokkenen die op de OK het meest belangrijk worden gevonden, chirurg en anesthesist, geen betrokkenen zijn die punten aan een planning kunnen toekennen. Deze betrokkenen zijn in het model niet meegenomen, omdat tijdens de interviews is aangegeven dat zij geen strafpunten willen toekennen aan een aanpassing van de planning, omdat de patiënt het belangrijkste is. Daarnaast zijn er een aantal kleine punten waarop de werkelijkheid verschilt van het model. Een voorbeeld hiervan is dat de anesthesie-medewerker de patiënt na de operatie moet overdragen aan de recovery-verpleegkundigen, terwijl de OK-assistenten direct klaar zijn. Dit neemt redelijk veel tijd in beslag, waardoor de eventuele overwerkduur voor de anesthesie-medewerker groter is dan de overwerkduur van de OK-assistenten. Dit kan verwerkt worden in het model, door de hoeveelheid overwerk altijd met, bijvoorbeeld, een kwartier te verhogen. Ook is de anesthesist niet altijd aanwezig bij de uitleiding van een operatie. In dat geval kan de duur van de uitleiding gelijk gesteld worden aan nul minuten. Op deze manier is de toepassing van het model niet getest, verwacht wordt dat bij het testen van het model, zonder uitleiding, een kortere oplostijd gevonden wordt. Het model bevat namelijk minder voorwaarden, aangezien nu alleen de inleidingen niet mogen overlappen.

De software geeft goed inzicht in de omliggende effecten van een aanpassing aan de online OK-planning. Tot nu toe was hier geen cijfermatig inzicht in, maar bestond alleen het 'gevoel' dat buiten de OK effect werd ondervonden van een aanpassing in de online OK-planning. Door het gebruik van de applicatie kan men dit 'gevoel' ook vertalen naar cijfers, waardoor het voor betrokkenen inzichtelijker wordt waarom een beslissing, met betrekking tot een aanpassing in de online OK-planning, gemaakt wordt. Daarnaast ziet de toekomstige gebruiker mogelijkheden om de applicatie te gebruiken bij het bepalen van de prioriteiten op de OK. Deze vraag is op het moment van schrijven actueel in het eerder genoemde project Kwadraat, zie paragraaf 1.2.

De doelstelling van het onderzoek is het ontwikkelen van een beslissingsondersteuning voor de Isala Klinieken, dat de OK-planners ondersteunt bij het aanpassen van de online OK-planning. Het systeem geeft inzicht in de effecten van een aanpassing. Hierdoor kan de OK-planner een afgewogen beslissing maken over het verdere verloop van de OK-dag. In dit hoofdstuk worden de conclusies, de aanbevelingen en mogelijke richtingen voor vervolgonderzoek beschreven.

7.1 Conclusies

In het onderzoek is een ILP model ontworpen voor het optimaliseren van de online OK-planning. Hierbij wordt rekening gehouden met de effecten die de verschillende betrokkenen ondervinden als de online OK-planning wordt aangepast. Uit de analyse van de prioriteiten van de betrokkenen is geconcludeerd dat een hogere prioriteit voor de patiënt, verpleegafdeling óf OK-medewerkers leidt tot een betere planning voor deze drie betrokkenen. Door de verhoogde prioriteit van een van deze drie betrokkenen, verslechtert de planning voor de recovery-verpleegkundigen en de planning verslechtert in sommige gevallen ook een klein beetje voor de resterende betrokkenen. Andersom geldt ook dat als de prioriteit van de recovery-verpleegkundigen wordt verhoogd, de planning voor de patiënt, verpleegafdeling én OK-medewerkers verslechtert.

Bij de voorgestelde instellingen en parameters is de optimale planning op verschillende tijdstippen van de dag gemaakt. Uit analyse van deze plannings wordt de volgende beslisregel geconcludeerd: ‘Bij het aanpassen van de planning, kan het best de offline volgorde van zittingen gerespecteerd worden. In sommige gevallen is een pauze tussen twee operaties ge-

wenst.’ Omdat deze situaties niet te benoemen zijn door middel van beslisregels, is hiervoor een applicatie geschreven. Deze applicatie bepaalt de beste planning voor één OK, zonder operaties om te wisselen.

Ten slotte is geconcludeerd dat de kwaliteit van de optimale planning verbeterd is ten opzichte van de oorspronkelijke planning. De optimale planning voldoet wel aan de voorwaarden, dit in tegenstelling tot de oorspronkelijke planning. Daarnaast wordt de afwijking van de wensen van de betrokkenen bij de optimale planning gehalveerd ten opzichte van de oorspronkelijke planning en het aantal operaties dat meer dan 15 minuten verplaatst wordt is verkleind.

7.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek, volgen hier een aantal aanbevelingen voor de implementatie van deze resultaten in de Isala Klinieken. Ten eerste wordt geadviseerd om bij het aanpassen van de planning de hiervoor beschreven beslisregel te gebruiken. Deze regel is eenvoudig te implementeren en behoeft geen extra benodigdheden. Daarnaast wordt geadviseerd om de ontwikkelde software, zie paragraaf 6.1, te gebruiken bij het aanpassen van de online OK-planning. Door het toepassen van deze applicatie kan op elk moment een afgewogen beslissing gemaakt worden over het verdere verloop van de OK-dag op één OK. Ten slotte wordt geadviseerd om de applicatie te gebruiken bij het bepalen van de prioriteiten. Als deze naar tevredenheid van de leidinggevende zijn ingesteld, kan een beslissing met behulp van de applicatie goed beargumenteerd, en naar tevredenheid van de leidinggevende gemaakt worden.

7.3 Vervolgonderzoek

In deze paragraaf worden verschillende mogelijkheden voor vervolgonderzoek beschreven. De eerste paar mogelijkheden hebben betrekking op het uitbreiden van het ILP model.

Verplaatsen zitting naar andere OK Bij deze mogelijkheid wordt het ILP opgesplitst in twee delen, elk met eigen voorwaarden en wensen. Het eerste deel van het probleem legt vast welke zittingen op welk tijdstip plaatsvinden. Hierbij mogen niet meer zittingen tegelijk plaatsvinden dan het aantal beschikbare OK’s, echter wordt nog niet vastgelegd in welke OK een zitting plaatsvindt. In het eerste deel wordt al rekening gehouden met de beschikbare capaciteiten. Dit deel maakt een tijdsplanning. In het tweede deel wordt vastgelegd welke zitting in welke OK plaatsvindt. Hierbij moet

de zitting volledig in één OK worden afgewerkt. Op deze manier is het mogelijk om zittingen te verplaatsen naar een andere OK.

Stochastische zittingsduren Door stochastische zittingsduren te gebruiken, wordt rekening gehouden met onzekerheid over de duur van de operaties. De verwachting is dat bij deze aanpassing van het ILP vaker een pauze tussen twee operaties wordt gepland, zodat de onzekerheid wordt opgevangen. Zie voor implementatie van stochastische variabelen in een ILP Bisschop [2], paragraaf 6.6.

Toevoeging CSA In het huidige ILP model is CSA niet als betrokkene meegenomen, terwijl zij zeer belangrijk zijn voor het uitvoeren van operaties. Omdat zonder gesteriliseerd instrumentarium een operatie niet kan plaatsvinden. Een eventueel vervolgonderzoek kan zich richten op de processen die bij CSA plaatsvinden, welke capaciteit CSA heeft en welke wensen de CSA medewerkers hebben bij het aanpassen van de online OK-planning. Daarnaast moet een koppeling gemaakt worden tussen de instrumentariumnetten en de verschillende ingrepen.

Integrale planning Het ontwikkelde ILP model richt zich alleen op de capaciteiten op de OK. Door het model ook voor de offline planning te gebruiken en bijvoorbeeld de bedden capaciteit toe te voegen aan het ILP, wordt een integrale planning gecreëerd. In deze onderzoeksrichting kan ook het resultaat van het onderzoek van Kuper [15] meegenomen worden. Hij onderzoekt drie mogelijkheden om de OK-planning en de bedbezetting van de verpleegafdeling op elkaar af te stemmen.

Naast mogelijkheden voor vervolgonderzoek die betrekking hebben op uitbreiden van het ILP model, volgen hier een paar mogelijkheden voor vervolgonderzoek die betrekking hebben op implementatie van de resultaten in de Isala Klinieken.

Effecten vervangen door kosten In het huidige ILP model worden bij afwijking van de gewenste situatie punten toegekend aan de planning. Door deze punten te vervangen door kosten, voor bijvoorbeeld overwerk, kan bij elke aanpassing aan de online OK-planning gekozen worden voor de kosten efficiëntste optie voor de Isala Klinieken.

Prioriteiten vastleggen Voor een eventueel vervolgonderzoek wordt aangeraden om te onderzoeken hoe de prioriteiten ingesteld moeten worden, zodat op de OK duidelijkheid ontstaat over dit onderwerp. Dit onderzoek kan gebruik maken van de ontwikkelde applicatie, zodat inzicht gekregen wordt in de punten die de betrokkenen per aan een planning toekennen.

- [1] E.R. Babbie. *The practice of social research*. Wadsworth, 2004.
- [2] J. Bisschop. *AIMMS-Optimization Modeling*. Lulu. com, 2006.
- [3] D. Buitelaar. Surgery scheduling with limited physical resources. Master's thesis, University of Twente, 2007.
- [4] B. Cardoen, E. Demeulemeester, and J. Beliën. Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 201(3):921–932, 2010.
- [5] A. de Bruin, B. Lumeij, and D.P. Veerman. *Benchmarking OK - leren van elkaar*, chapter Eén jaar Sneller Beter: het project 'de OK oké', pages 157–164. VU medisch centrum, Amsterdam, 2006.
- [6] F. Dexter. A strategy to decide whether to move the last case of the day in an operating room to another empty operating room to decrease overtime labor costs. *Anesthesia & Analgesia*, 91(4):925, 2000.
- [7] F. Dexter, R.H. Epstein, R.D. Traub, and Y. Xiao. Making management decisions on the day of surgery based on operating room efficiency and patient waiting times. *Anesthesiology*, 101(6):1444, 2004.
- [8] F. Dexter, A. Macario, and R.D. Traub. Optimal sequencing of urgent surgical cases. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 15(3):153–162, 1999.
- [9] F. Dexter, A. Willemsen-Dunlap, and J.D. Lee. Operating room managerial decision-making on the day of surgery with and without computer recommendations and status displays. *Anesthesia & Analgesia*, 105(2):419, 2007.

- [10] Financieel Dagblad. Renteswap rukt op in ziekenhuis, 26 juni 2009. <http://www.fd.nl/artikel/11853375/renteswap-rukt-ziekenhuis>.
- [11] M. van Houdenhoven. A framework for hospital planning and control. In *Healthcare logistics: The art of balance*. University of Twente, 2007. PhD Thesis.
- [12] M. van Houdenhoven, E. Hans, A. van Hoorn, N. Pullen, R. van Barneveld, H. Krijgsmann, F. Boer, and G. Kazemier. Eenduidige tijdregistratie operatiekamers. *Medisch Contact*, 61(2):52–54, 2006.
- [13] IBM - United States. IBM - ILOG CPLEX Optimizer - Software. Website, 13 augustus 2010. <http://www-01.ibm.com/software/integration/optimization/cplex-optimizer>.
- [14] Isala Klinieken. Over Isala. Website, 23 november 2009. <http://www.isala.nl/overisala>.
- [15] M. Kuper. Variability in ward occupancy, 2010.
- [16] E. Marcon and F. Dexter. Impact of surgical sequencing on post anesthesia care unit staffing. *Health Care Management Science*, 9(1):87–98, 2006.
- [17] C. McIntosh, F. Dexter, and R.H. Epstein. The impact of service-specific staffing, case scheduling, turnovers, and first-case starts on anesthesia group and operating room productivity: a tutorial using data from an Australian hospital. *Anesthesia & Analgesia*, 103(6):1499, 2006.
- [18] Paragon Decision Technology B.V. AIMMS - Optimization Software for Operations Research Applications. Website, 13 augustus 2010. <http://www.aimms.com/aimms/>.
- [19] B.A. Schoomer. The incorporation of step functions and ramp functions into a linear programming model. *Operations Research*, 12(5):773–777, 1964.
- [20] J.M. van Oostrum, M. Van Houdenhoven, JL Hurink, EW Hans, G. Wullink, and G. Kazemier. A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments. *OR spectrum*, 30(2):355–374, 2008.

BIJLAGE A

BEGRIPPEN

Chirurgische tijd De periode tussen de in- en uitleiding, waarin de patiënt in positie gelegd wordt, opgedekt, gedesinfecteerd wordt en waarin het daadwerkelijke snijden plaatsvindt, zie figuur 3.1.

CSA Centrale sterilisatieafdeling. Zij zorgen voor de steralisatie van instrumentarium.

Gekoppelde OK's De in- en uitleidingen van gekoppelde OK's vallen onder de verantwoordelijkheid van één anesthesist.

IC Intensive care, hier worden patiënten na een operatie opgenomen indien één of meerdere lichaamsfuncties zijn uitgevallen.

ILP Integer lineair programma, een optimaliseringsprobleem waarin de doelfunctie en de randvoorwaarden lineair zijn en de onbekende variabelen geheeltallig.

Inleiding De inleiding vindt plaats in de voorbereidingskamer naast de OK en omvat alle handelingen die de anesthesist moet verrichten met betrekking tot de anesthesie.

MMC Operatie planningssoftware van de Isala Klinieken.

Offline OK-planning De OK-planning zoals die voor de start van de dag bekend wordt gemaakt.

OK Operatie kamer.

OK-complex Een gebied in het ziekenhuis waar de OK's, voorbereidingsruimte, holding, recovery, een aantal kantoren en diverse opslagplaatsen zich bevinden.

Online OK-planning Ook wel dagprogramma of operationele online planning genoemd, de planning die op de dag van de OK wordt aangepast.

Operatie Vanaf het moment van de eerste incisie (insnijding) tot het moment dat de wond gesloten en verbonden is.

Recovery Ook wel verkoeverkamer, PACU of uitslaapkamer genoemd. Dit is de kamer waar patiënten na een operatie bijkomen tot ze stabiel genoeg zijn om terug te gaan naar de verpleegafdeling.

RVE Resultaat Verantwoordelijke Eenheid.

SZ Locatie Sophia van de Isala Klinieken.

Uitleiding De uitleiding vindt na afloop van een operatie in de OK plaats. Tijdens de uitleiding wordt de anesthesie weer afgebroken.

WL Locatie Weezenlanden van de Isala Klinieken.

Zitting De periode van een operatie die duurt vanaf het begin van de inleiding tot het einde van de uitleiding, zie figuur 3.1.

BIJLAGE B

ENQUÊTES

In deze bijlage worden de enquêtes besproken die zijn gebruikt om de punten voor de verpleegafdeling, patiënt en OK-medewerkers te bepalen. Voordat deze enquête is afgenomen, is eerst voorkennis vergaard door in gesprek te gaan met verschillende medewerkers. De vragen in de enquête zijn kort gehouden, zodat de drempel voor invullen laag is. Voor het uitwerken en versturen van de enquête zijn de do's en don'ts uit Babbie [1] toegepast.

De enquêtes zijn gemaakt in Excel en bevatten een aantal Visual Basic elementen. Met Visual Basic for Applications zijn een aantal keuzelijsten gemaakt, waarin de medewerkers hun keuze kunnen selecteren. Op deze manier wordt voorkomen dat antwoorden worden ingevuld die niet bruikbaar zijn voor het onderzoek. De keuzelijst onder de kop 'Korte vragen' bevat de mogelijkheden nul tot en met vijf, met stapgrootte een half. De keuzelijsten onder de kop 'Toekennen van strafpunten' bevat de waarden nul tot en met vijf. Het laatste Visual Basic element is de knop die het formulier verstuurd. Voordat dit gebeurt, wordt eerst gecontroleerd of alle velden zijn ingevuld. Vervolgens worden de ingevulde antwoorden per e-mail geretourneerd. De resultaten van de enquêtes staan in bijlage C.

Onderzoek naar de impact van een wijziging in de dagplanning van de OK

Voor de laatste fase van mijn studie wiskunde doe ik onderzoek naar de impact van een aanpassing in de dagplanning van de OK. Hiervoor ben ik op verschillende afdelingen geweest, om te vragen welke impact ondervonden wordt. Vervolgens heb ik een wiskundig model opgesteld om de situatie en de effecten te modelleren. Dit model dient als advies voor de planners op de OK, zodat zij bij het aanpassen van de planning rekening kunnen houden met alle afdelingen die bij een operatie betrokken zijn. Voor het model ben ik nog een paar gegevens nodig. Graag wil ik u vragen om hieraan mee te werken door onderstaande vragen in te vullen. Dit zal ongeveer 5 minuten duren. Vergeet niet om aan het eind de knop in te drukken, zodat de data verzonden wordt.

Algemene vragen

(indien een antwoord onduidelijk is, dan kan dit nagevraagd worden)

Afdeling

Naam

Korte vragen

Wanneer weet de patiënt hoelaat hij geopereerd gaat worden? Vanaf dat moment heeft het aanpassen van de planning impact voor de patiënt.

.....

Bij het aanpassen van de dagplanning van de OK is het ook mogelijk om operaties eerder dan gepland uit te voeren. Vanwege de opname en voorbereidingen van de patiënt zitten hier beperkingen aan. Hoeveel tijd kan een operatie maximaal eerder uitgevoerd worden?

uur

Toekennen van strafpunten

Wilt u hieronder aangeven hoeveel strafpunten u zou geven voor de impact die de betreffende aanpassing van het OK programma veroorzaakt? Elke situatie is natuurlijk anders, maar ik wil u vragen om uw antwoord zo algemeen mogelijk te houden. Omdat u ook veel contact heeft met de patiënt wil ik u ook vragen om hetzelfde voor de patiënt in te doen. Klik in de eerste kolom de strafpunten aan die toegekend moeten worden voor de impact die de verpleegafdeling ondervindt. In de tweede kolom kunt u aangeven hoeveel strafpunten toegekend moeten worden voor de impact die de patiënt ondervindt. Hoe meer strafpunten u toekent, hoe groter de impact is die de aanpassing veroorzaakt.

Strafpunten die de impact weergeven voor de:

De operatie wordt ...	verpleegafdeling	patiënt
... meer dan 2 uur eerder uitgevoerd	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 1 tot 2 uur eerder uitgevoerd	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 1/2 tot 1 uur eerder uitgevoerd	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 1/2 uur eerder tot een 1/2 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 1/2 uur later tot 1 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 1 uur later tot 2 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 2 uur later tot 3 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 3 uur later tot 4 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... 4 uur later tot 5 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>
... meer dan 5 uur later	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Voor het afzeggen van een operatie worden 10 strafpunten toegekend.

Versturen van de antwoorden

Verstuur dit formulier

Onderzoek naar het effect van een aanpassing in het dagprogramma van de OK

Voor de laatste fase van mijn studie wiskunde doe ik onderzoek naar het effect van een aanpassing in de dagplanning van de OK. Hiervoor ben ik op verschillende afdelingen geweest, om te vragen welke impact ondervonden wordt. Vervolgens heb ik een wiskundig model opgesteld om de situatie en de effecten te modelleren. Dit model dient als advies voor de planners op de OK, zodat zij bij het aanpassen van de planning rekening kunnen houden met alle personen die bij een operatie betrokken zijn. Voor het model ben ik nog een paar gegevens nodig. Graag wil ik u vragen om hieraan mee te werken door onderstaande vragen in te vullen. Dit zal ongeveer 5 minuten duren. Vergeet niet om aan het eind de knop in te drukken, zodat de data verzonden wordt.

Algemene vragen

(indien een antwoord onduidelijk is, dan kan dit nagevraagd worden)

Naam

Functie

Toekennen van strafpunten

Wilt u hieronder aangeven hoeveel strafpunten u zou geven als u op een dag de gegeven tijd moet overwerken? Elke situatie is natuurlijk anders, maar ik wil u vragen om uw antwoord zo algemeen mogelijk te houden. Klik in de strafpunten aan die in mijn model toegekend moeten worden voor het overwerk dat u verricht. Hoe meer strafpunten u toekent, hoe groter het effect is die de gegeven aanpassing veroorzaakt. U kunt maximaal 5 strafpunten toekennen.

De tijd die u overwerkt:

Het aantal strafpunten dat u hiervoor toekent:

0 tot 15 minuten

15 tot 30 minuten

30 tot 45 minuten

45 minuten tot een uur

een uur tot een uur en 15 minuten

een uur en 15 minuten tot anderhalf uur

anderhalf uur tot een uur en 45 minuten

een uur en 45 minuten tot 2 uur

meer dan 2 uur

Versturen van de antwoorden

Verstuur dit formulier

BIJLAGE C

PUNTEN VAN DE BETROKKENEN

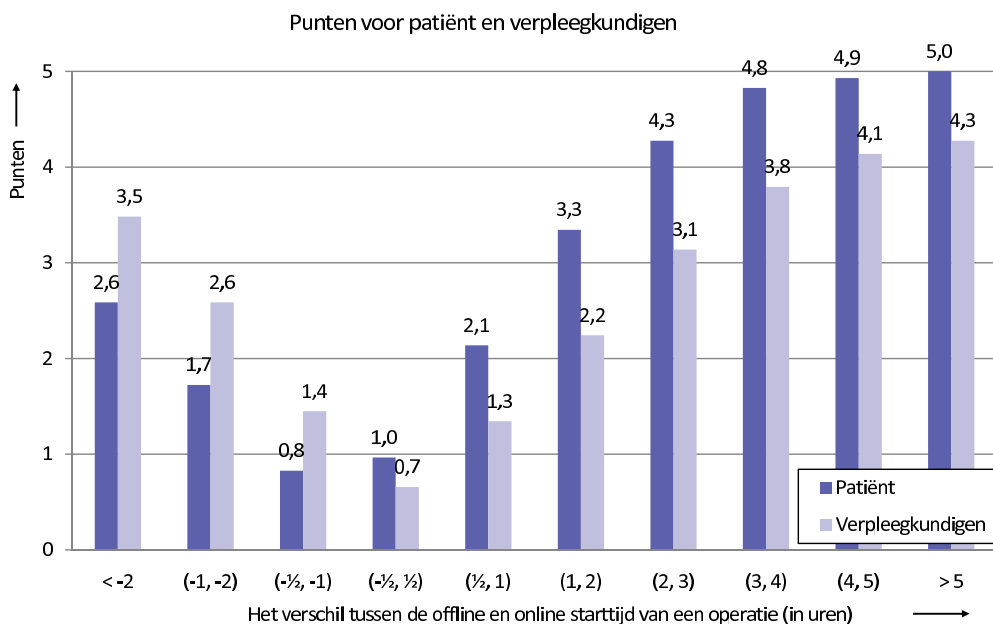
Door middel van vraaggesprekken en enquêtes is inzicht gekregen in de gewenste situatie van de betrokkenen. Ook hebben de betrokkenen met punten aangegeven hoe groot het effect is als een afwijking van de gewenste situatie ontstaat door een aanpassing van de online OK-planning. Hoe groter het aantal punten is dat een planning krijgt, hoe groter de afwijking van de gewenste situatie is. Maximaal kunnen vijf punten worden gegeven. In deze bijlage staan de punten van de verschillende betrokkenen omschreven.

C.1 Patiënt en verpleegafdelingen

Het effect voor de patiënt en de verpleegafdelingen is bepaald door middel van interviews. De gewenste situatie is dat een operatie op de offline tijd wordt uitgevoerd. Een verschil tussen de offline en online starttijd wordt daarom als een afwijking genomen. Deze afwijking heeft effect voor de patiënt en de verpleegkundigen. Door middel van een enquête onder de verpleegkundigen is bepaald hoeveel punten een bepaalde afwijking moet hebben. Zie voor de enquête bijlage B. Ook hebben de verpleegkundigen een inschatting gemaakt van de punten die de patiënt toekent voor een afwijking van de gewenste situatie. De uitkomst van deze enquête is weergegeven in grafiek C.1. De enquête is ingevuld door 29 verpleegkundigen.

C.2 OK- en pathologie medewerkers

De OK- en pathologie-medewerkers ervaren effect van een aanpassing van de online OK-planning, als zij hierdoor moeten overwerken. Voor de OK-medewerkers is dit effect bepaald met een enquête, zie bijlage B. De enquête is ingevuld door 36 medewerkers. Voor de



Figuur C.1: De punten die verpleegkundigen toekennen voor het verschil tussen de offline en online starttijd van de operatie.

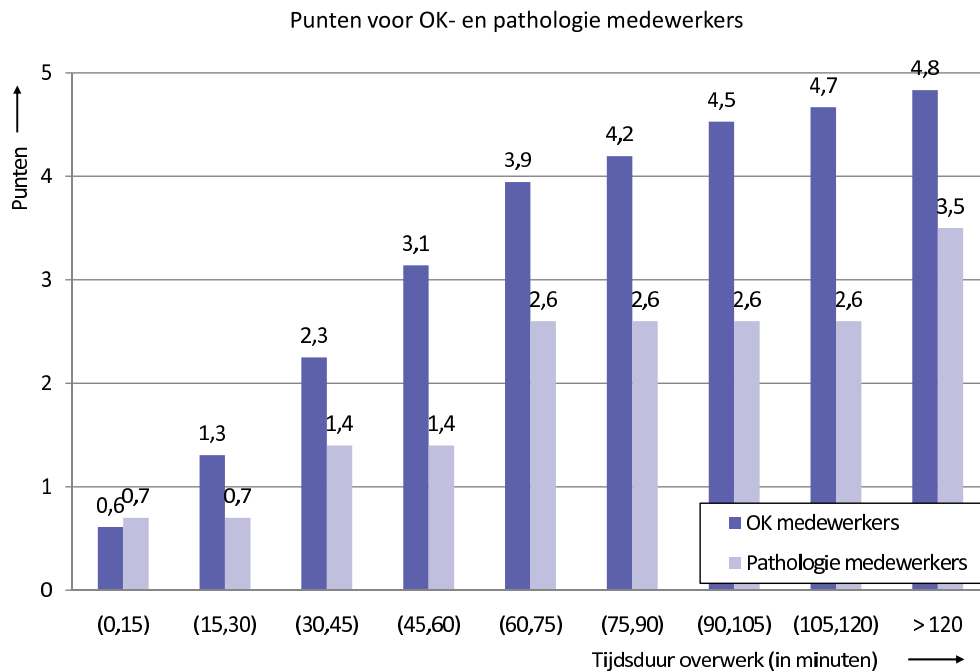
pathologie-medewerkers is effect bepaald door een interview met de leidinggevende. De uitkomst van de enquête en het gesprek met de leidinggevende is gegeven in grafiek C.2.

C.3 Verpleegkundigen op de holding en recovery

De gewenste situatie voor de verpleegkundigen op de holding en de recovery is als het aantal patiënten dat tegelijk aanwezig is, niet te groot is. Voor de holding betekent dit drie patiënten per kwartier en voor de recovery twee patiënten tegelijk per verpleegkundige. In overleg met de leidinggevende zijn punten opgesteld als van deze wens wordt afgeweken. De punten staan gegeven in tabel C.1.

C.4 Radiologie

Uit overleg met medewerkers van de afdeling radiologie is naar voren gekomen dat de gewenste situatie is, als de laboranten op de OK zo snel mogelijk klaar zijn, zodat ze op de afdeling kunnen assisteren. Hiervoor wordt gekeken naar het percentage van de tijd waarop de laboranten wel op de OK aanwezig zijn, maar niet bij operaties assisteren. Hoe groter dit percentage, hoe verder van de gewenste situatie wordt afgeweken en hoe meer punten worden toegekend. De verdeling van de punten is weergegeven in tabel C.2.



Figuur C.2: De punten die de OK- en pathologie-medewerkers toekennen bij een gegeven tijdsduur overwerk.

C.5 Logistiek Medewerker

De logistiek medewerker heeft in een interview aangegeven veel effect te ondervinden als een operatie wordt afgezegd en als twee operaties worden omgewisseld. Voor het afzeggen van operaties worden punten toegekend in de doelfunctie. Voor het omwisselen van twee operaties ten opzichte van de oorspronkelijke planning wordt het maximum van vijf punten toegekend.

Aantal patiënten	Punten holding	Punten recovery
0	0	0
1	0	0
2	0	1
3	0	3
4	1	5

Tabel C.1: De punten voor de holding en recovery.

Percentage	Punten
100-110%	0
110-130%	1
130-160%	2
160-200%	3
200-250%	4
>250%	5

Tabel C.2: De punten voor de radiologie.

BIJLAGE D

NOTATIE ILP

Indices

$\pi \in \Pi$	index voor de betrokkenen
$a \in \{1, \dots, A\}$	index voor het aantal anesthesisten
$c \in \{1, \dots, K\}$	index voor de chirurgen
$i, \hat{i} \in \{1, \dots, N\}$	indexen voor de zittingen
$j \in \{1, \dots, M\}$	index voor de OK's
k	index voor het interval van de puntenfuncties
$t, \hat{t} \in \{1, \dots, T\}$	indexen voor de tijdsintervallen

Verzamelingen

Π	verzameling van betrokkenen van een operatie die een wens in het model hebben
C	verzameling van beschikbare chirurgen
$G_a \subseteq J$	verzameling van OK's die onder de verantwoordelijkheid van anesthesist a vallen
I	verzameling van alle zittingen
$I_{AA} \subseteq I$	verzameling van zittingen waarbij de anesthesist gedurende de gehele operatie aanwezig moet zijn
$I_{RL} \subseteq I$	verzameling van zittingen waarbij beeldvorming nodig is
$I_{IC} \subseteq I$	verzameling van zittingen waarvan de patiënt na afloop naar de IC moet
$I_{MD} \subseteq I$	verzameling van zittingen die voor een bepaald tijdstip gestart moeten zijn

$I_{PA} \subseteq I$	verzameling van zittingen waarbij materiaal met een vers indicatie wordt afgenomen
$I_c \subseteq I$	verzameling van zittingen die door chirurg c worden uitgevoerd
$I_j \subseteq I$	verzameling van zittingen die op OK j gepland staan
J	verzameling van alle OK's

Parameters

δ	de lengte van een tijdsinterval
γ_k	de bovengrens van interval k van de puntenfunctie
ν	de duur van de pauzes van de radiologie laboranten
ρ	de tijdsduur die nodig is voor de behandeling van een patiënt op de holding
φ	het aantal patiënten die een verpleegkundige maximaal tegelijk kan verzorgen op de recovery
ψ	het interval waarop de holdingverpleegkundige geen assistentie meer krijg van de recovery-verpleegkundige
χ	het aantal beschikbare laboranten
A	het aantal beschikbare anesthesisten
B_t	het aantal aanwezige laboranten op tijdstip t
D_c	het tijdstip waarop chirurg c kan starten met opereren
E_i	de verwachte tijdsduur van zitting i
F_j	het tijdstip waarop de zittingen in OK j eindigen
H	het aantal tijdsintervallen voor de offline geplande starttijd van een operatie waarop de verpleegafdeling de laatste voorbereidingen treft
K	het aantal beschikbare chirurgen
L_i	het tijdstip waarop een operatie gestart moet zijn, medische deadline
M	het aantal OK's
N	het aantal geplande zittingen
O_1	het aantal beschikbare plaatsen voor patiënten op de holding
O_2	het aantal beschikbare plaatsen voor patiënten op de recovery
O_3	het aantal beschikbare plaatsen voor patiënten op de IC
P_i	de offline starttijd van zitting i
Q_1	de duur van een inleiding
Q_2	de duur van een uitleiding
R_t	het aantal verpleegkundigen dat op tijdstip t aanwezig zijn op de recovery
S_j	het tijdstip waarop de OK-medewerkers aanwezig zijn in OK j
T	het aantal tijdsintervallen op een dag
$U_{2,i}$	de verwachte ligduur van patiënt i op de recovery

U_1	de minimale ligduur van patiënten op de recovery
V	het aantal tijdsintervallen die een patiënt op de holding doorbrengt
W_1	het aantal tijdsintervallen die nodig zijn voor het onderzoek aan vers materiaal
W_2	het aantal tijdsintervallen die nodig zijn voor het vervoer van materiaal van de OK naar pathologie
X_t	het aantal verpleegkundigen op tijdstip t op de holding
Y_i	de tijd waarop de patiënt i beschikbaar is voor de zitting
Z	de sluitingstijd van pathologie

Beslissings variabele

$$s_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ start op tijdstip } t \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

Binaire hulpvariabelen

$$\lambda_{i,k} = \begin{cases} 1 & \text{als de functiewaarde van operatie } i \text{ in interval } k \text{ zit} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$\kappa_{i,\hat{i}} = \begin{cases} 1 & \text{als operatie } i \text{ en } \hat{i} \text{ zijn omgewisseld} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$b_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ bezig is op tijdstip } t \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$\tilde{d}_t = \begin{cases} 1 & \text{als op tijdstip } t \text{ één of twee laboranten nodig zijn} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$h_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als de patiënt van zitting } i \text{ op tijdstip } t \text{ op de holding is} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$r_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als de patiënt van zitting } i \text{ op tijdstip } t \text{ op de recovery ligt} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$u_i = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ wordt afgezegd} \\ 0 & \text{als zitting } i \text{ doorgaat} \end{cases}$$

$$v_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{als zitting } i \text{ op tijdstip } t \text{ in- of uitgeleid wordt} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

Overige hulpvariabelen

$\theta_{i,\hat{i}}$	het resultaat van $(P_i - P_{\hat{i}})(w_{\hat{i}} - w_i)$
d_t	het aantal laboranten die op tijdstip t nodig zijn
\hat{d}_1	het tijdstip waarop de eerste laborant vrij is
\hat{d}_2	het tijdstip waarop de tweede laborant vrij is
l_t	het aantal patiënten dat op tijdstip t op de holding ligt
o_j	het aantal tijdsintervallen overwerk op OK j
q_i	het aantal tijdsintervallen overwerk bij pathologie voor zitting i
q_{totaal}	de totale hoeveelheid overwerk bij pathologie
w_i	de starttijd van zitting i , of als deze wordt afgezegd, de starttijd uit de offline planning
x	het percentage van de werktijd dat de radiologie laboranten bezig zijn met assisteren bij operaties
y_i	het aantal tijdsintervallen dat zitting i verplaatst is ten opzichte van de offline planning
y_i^{eerder}	het aantal tijdsintervallen dat zitting i eerder dan gepland plaatsvindt
y_i^{later}	het aantal tijdsintervallen dat zitting i later dan gepland plaatsvindt
z_t	het aantal patiënten dat op tijdstip t op de recovery ligt

Functies, prioriteiten en strafpunten

β_π	de prioriteit voor betrokkene π
η	het aantal punten voor het afzeggen van een operatie
f_π	functie die het aantal punten voor betrokkene π weergeeft, bij verandering x
f_k	de functiewaarde van het interval k
p_π	het totale aantal punten voor betrokkene π

Betrokkenen

<i>HD</i>	verpleegkundigen van de holding
<i>LM</i>	logistieke-medewerkers
<i>OK</i>	OK-medewerkers; OK-assistenten en anesthesie-medewerkers
<i>PA</i>	pathologie-medewerkers
<i>PT</i>	patiënt
<i>RC</i>	verpleegkundigen van de recovery
<i>RL</i>	laboranten van radiologie
<i>VA</i>	verpleegkundigen van de verpleegafdeling

BIJLAGE E

WAARDEN VAN DE PARAMETERS

In het model zijn verschillende parameters gebruikt die niet afhankelijk zijn van de zittingen. De waarden van deze parameters staan in deze bijlage. De waarden van de overige parameters zijn afhankelijk van de data die gebruikt wordt.

δ	5 minuten (zie paragraaf 5.2.1)
ρ	5 minuten
φ	4 patiënten
ψ	8:30 uur
η	45 minuten
Π	$\{HD, LM, OK, PA, PT, RC, RL, VA\}$
A	$\frac{1}{2} \cdot M$
B_t	SZ: 2 laboranten tussen 8:00 en 12:00 uur en 13:30 en 16:45 uur, daarbuiten 1 laborant WL: de gehele dag 1 laborant
D_1	2 uur eerder dan de zijn eerste offline geplande operatie van chirurg c
$G_a \subseteq J$	als op locatie SZ 8 OK's geopend zijn, dan zijn de gekoppelde OK's als volgt: 1 en 3, 2 en 4, 5 en 7, 6 en 8. In alle andere gevallen is een willekeurige koppeling gemaakt
H	1 uur en 29 minuten
O_1	4 bedden
O_2	12 bedden
O_3	evenveel bedden als aanvragen
Q_1	15 minuten
Q_2	15 minuten

R_t	SZ: om 7:30 uur, 8:30 uur en 15:00 uur starten telkens twee verpleegkundigen hun dienst van 9 uur, om 9:30 start 1 verpleegkundige WL: om 7:30 uur, 8:30 uur en om 9:30 uur starten telkens twee verpleegkundigen hun dienst van 9 uur.
S_j	8:00 uur
T	48 tijdsintervallen
U_1	45 minuten
V	15 minuten
W_1	30 minuten
W_2	30 minuten
X_t	gedurende de gehele dag is 1 verpleegkundige aanwezig
Z	17:00 uur
β_{VA}	0,08 (zie paragraaf 5.2.2)
β_{PT}	0,05
β_{HD}	1,00
β_{RC}	0,16
β_{OK}	0,54
β_{PA}	1,00
β_{LM}	0,43
β_{RL}	0 20
η	75
$f_\pi, f_\pi(x)$	de waarden van de functies worden beschreven in bijlage C
f_k	deze waarden volgen uit de puntenfuncties uit bijlage C