

STAGEVERSLAG

Planning hartcatheterisatiekamers

Auteur

Irving van Heuven van Staereling

Begeleiders

dr. René Bekker (VU)
drs. Margaret van Valkengoed (VUmc)

VU medisch centrum, Amsterdam
PICA - Kenniscentrum zorglogistiek

Vrije Universiteit, Amsterdam
Faculteit der Exacte Wetenschappen (FEW)



20 augustus 2013

Voorwoord

Eenieder die anno 2013 in Nederland goed op de hoogte is geweest van het nieuws kan het niet zijn ontgaan dat de zorg niet de makkelijkste sector is om in te werken. Bezuinigingen alom, want per hoofd van de bevolking bedroegen de uitgaven 5535 euro in 2012 waarmee de zorgkosten de pan uitrijzen, terwijl de vraag naar dure zorg nog steeds fors stijgt. Het is dan ook zeer begrijpelijk dat efficiënter gebruik van capaciteit (bedden, personeel, operatiekamers) binnen de zorg een groot punt van aandacht is, maar vaak is het niet simpel om een directe oplossing te vinden om grote geldbedragen te besparen. In het kader van de landelijke problematiek draagt dit planningsonderzoek dan ook een bescheiden, doch lokaal belangrijk steentje bij aan de zorg, door inzicht te bieden in de complexiteit en suggesties ter verbetering te geven ten aanzien van het efficiënt gebruik van capaciteit op de afdeling Cardiologie van het VU medisch centrum.

Dit planningsonderzoek vormt mijn afstudeerstage ter afsluiting van mijn masteropleiding Business Analytics (voorheen: Business Mathematics and Informatics) aan de Vrije Universiteit. Ook al ligt het voor studenten binnen deze kwantitatieve opleiding niet voor de hand om binnen de zorg te werken, heb ik daar toch wél voor gekozen, deels uit nieuwsgierigheid, maar toch ook uit de drang om (weliswaar indirect) mensen te kunnen helpen die hulp en zorg het hardst nodig hebben. Achteraf ben ik dan ook blij met deze keuze, want ik heb er niet alleen veel van geleerd in het kader van mijn studie, maar heb ook kunnen zien hoe het in de zorg achter de schermen eraan toegaat, en hoeveel meer tevreden we daarover eigenlijk zouden moeten zijn.

Tot slot maak ik in dit voorwoord graag gebruik van de gelegenheid om diverse mensen te bedanken die me hebben geholpen tijdens mijn onderzoek, te beginnen bij de afdeling Cardiologie, waar ik één à twee dagen per week heb meegelopen op de HCK's en het secretariaat. Arwen, Cor, Petra, het secretariaat en alle artsen en verpleegkundigen: niet alleen wil ik jullie bedanken voor jullie begeleiding, maar toch ook graag bewondering uitspreken voor het werk dat jullie doen! Mocht ik nog ergens bij kunnen helpen in de nabije toekomst, dan hoor ik dat graag! Vanuit de VU wil ik graag René Bekker bedanken voor zijn goede begeleiding; ik ga ervan uit dat we elkaar de komende vier jaar regelmatig zullen spreken! Als laatste, maar belangrijkste, wil ik Margaret van Valkengoed bedanken die me de afgelopen zes maanden heeft begeleid vanuit het VU medisch centrum. Hopelijk was het overzicht voor je nog te behouden ondanks mijn overoptimistische dat-komt-wel-goed-houding, maar je hebt er regelmatig voor gezorgd dat ik nog enigszins scherp bleef en ik vond het heel erg prettig om je als begeleider te hebben! Heel erg veel succes in Spanje en ik hoop dat je het daar naar je zin zal hebben, maar dat komt wel goed!

Irving van Heuven van Staereeling
Juli 2013

Samenvatting

Dit planningsonderzoek betreft de hartcatheterisatiekamers (HCK's) van de afdeling Cardiologie op het VU medisch centrum. De doelen van dit onderzoek waren het geven van inzicht in de huidige stand van zaken (data analyse), het verbeteren van de planningsmethodiek m.b.v. wiskundige methoden en het onderzoeken van toekomstige (groei)scenario's middels een simulatiemodel.

De data analyse betreft opnamedata van de zorgeenheden en proceduredata van de HCK's. De knelpunten binnen de zorgeenheden in de huidige situatie waren voornamelijk het gebrek aan bedden: op de afdelingen 5C en de Special Care blijkt dat er in respectievelijk 19% en 25% van de doordeweekse dagen meer capaciteit gewenst is dan beschikbaar. Toch is er vanwege de fluctuatie vaak ook onderbezetting; bij vlagen is het qua bedden capaciteit op deze zorgeenheden dan ook weliswaar krap en onwenselijk, maar mogelijk. Op afdeling 5C ontstaat de drukte vanwege het opnamepatroon voornamelijk op woensdag en donderdag.

Uit de data van de drie HCK's blijkt dat de bezettingsgraad rond de 70% ligt. Men kan de leegstand (de resterende 30%) onderscheiden in de starttijd, wisseltijd en de voorloop (tijd dat men eerder klaar is dan gepland), welke respectievelijk 10%, 50% en 40% van de leegstand veroorzaken. Ook al is een deel van de wisseltijd onvermijdelijk (bijv. kamers worden expres vrijgehouden indien spoed op komst is), lijkt hier alsnog de meeste winst te behalen (met name op kamer 1). Immers, vanwege de natuurlijke fluctuatie in de proceduretijden, is het vrijwel onmogelijk om vanuit wiskundig oogpunt de voorloop te verminderen, temeer omdat de wachtlijst regelmatig leeg is en er dus geen patiënten zijn.

Met behulp van een wiskundig optimalisatiemodel is berekend wat de optimale planningsmethodiek is, en het blijkt dat de huidige manier van plannen daar erg dichtbij komt. Met andere woorden, qua puzzelen in de planning lijkt vrij weinig ruimte voor verbetering, vooral omdat er dusdanig veel restricties zijn dat er ook weinig puzzelruimte is.

Ten slotte is middels een simulatiemodel het huidige logistieke proces nagebootst om inzicht te krijgen in toekomstige veranderingen. De voornaamste verandering betreft een verwachte toename van het aantal patiënten van bijna 400 per jaar, waarbij de Special Care en afdeling 5C respectievelijk 3 en 1 bed(den) extra krijgen (momenteel hebben beide afdelingen 4 bedden). Uitgaande van dit groeiscenario blijkt dat een stijging van de bezettingsgraad van de HCK's van 8 tot 10% zeer realistisch is, maar door deze groei kan het overwerk met maar liefst een half uur per dag toenemen. Echter, als de openingstijd van kamer 2 wordt vervroegd naar 08:15, neemt het overwerk op de HCK's sterk af, terwijl de bezettingsgraad 6 tot 8% stijgt. Hoewel de afweging subjectief is, lijkt het laatstgenoemde scenario het meest ideale resultaat, mede omdat de overbezetting op afdeling 5C vermindert mits gebruik wordt gemaakt van bepaalde blauwdrukken voor het plannen, en het beddentekort op de Special Care vrijwel helemaal verdwijnt. Voor de laatstgenoemde afdeling volstaan ook 6 bedden, maar zijn 7 geschikter met het oog op doorgroeimogelijkheden.

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Probleembeschrijving	1
1.3	Doelstellingen en onderzoeksvragen	2
1.4	Indeling verslag	3
2	Procesbeschrijving	5
2.1	Opnametraject	5
2.2	Zorgeenheden	7
2.3	Hartcatheterisatiekamers	8
3	Data analyse	9
3.1	Data analyse zorgeenheden	9
3.1.1	Aantal opnames	9
3.1.2	Opname- & bedbezettingspatronen	11
3.1.3	Opnameduren	13
3.1.4	Bedbezetting afdeling 5C	14
3.1.5	Bedbezetting Special Care	16
3.2	Data analyse hartcatheterisatiekamers	17
3.2.1	Aantal procedures	17
3.2.2	Verdeling proceduresoorten	19
3.2.3	Toelichting bepaling proceduretijden	20
3.2.4	Verdeling urgenties	21
3.2.5	Starttijden	22
3.2.6	Aanpriktijden	24
3.2.7	Wisseltijden	25
3.2.8	Overwerk en voorloop	27
3.2.9	Bezettingsgraden	28
3.2.10	Procedurecategorieën	30
4	Optimalisatiemethoden	33
4.1	Probleemstelling	33
4.2	Literatuur	34
4.3	Basis ILP-model	35
4.4	Compatibiliteiten	37
4.5	Overzicht notatie	38
4.6	Model zonder variabiliteit	40
4.7	Model met variabiliteit	42
4.8	Lineaire benadering van overschot	43

5	Scenario's & resultaten	47
5.1	Scenario's	47
5.2	Blauwdrukken	48
5.2.1	Huidige situatie	48
5.2.2	Groeiscenario	51
5.2.3	Vier dagen EFO/ablaties	52
5.3	Resultaten	53
6	Conclusies & aanbevelingen	61
6.1	Conclusies	61
6.2	Aanbevelingen	62
A	Toelichting data analyse	63
A.1	Toelichting data analyse zorgeenheden	63
A.1.1	Volledige datasetspecificatie zorgeenheden	63
A.2	Totstandkoming analyse zorgeenheden	64
A.2.1	Volledige datasetspecificatie HCK's	65
A.2.2	Totstandkoming analyse HCK's	65
A.3	Bepaling proceduretijd	66
A.4	Regel toekenning urgentie naar patiënt	68
B	Data analyse per HCK	69
B.1	Overwerk	69
B.2	Voorloop	71
B.3	Data analyse kamer 1	73
B.3.1	Algemene procedurestatistieken kamer 1	73
B.3.2	Procedureverdeling kamer 1	73
B.3.3	Urgentieverdeling kamer 1 binnen kantooruren	74
B.3.4	Aantal procedures kamer 1	75
B.4	Data analyse kamer 2	76
B.4.1	Algemene procedurestatistieken kamer 2	76
B.4.2	Procedureverdeling kamer 2	76
B.4.3	Urgentieverdeling kamer 2 binnen kantooruren	77
B.4.4	Aantal procedures kamer 2	78
B.5	Data analyse kamer 3	79
B.5.1	Algemene procedurestatistieken kamer 3	79
B.5.2	Procedureverdeling kamer 3	79
B.5.3	Urgentieverdeling kamer 3 binnen kantooruren	80
B.5.4	Aantal procedures kamer 3	81
C	Benodigde data voor compleet inzicht	83
D	Kwalitatieve suggesties ter verbetering	85

Hoofdstuk 1

Introductie

Dit verslag betreft het planningsonderzoek omtrent de afdeling Cardiologie op het VU medisch centrum (VUmc). In deze introductie zal, na een korte achtergrondschets in paragraaf 1.1, de probleemstelling van dit onderzoek worden beschreven in paragraaf 1.2. Vervolgens zullen de doelstellingen en onderzoeksvragen worden geformuleerd in paragraaf 1.3 waarna de indeling van dit verslag wordt gegeven in paragraaf 1.4.

1.1 Achtergrond

Cardiologie is het medisch specialisme dat zich bezighoudt met het onderzoeken en behandelen van ziekten aan het hart. Voor verschillende type patiënten heeft de afdeling Cardiologie van VUmc drie hartcatheterisatiekamers (HCK's) tot haar beschikking, waar jaarlijks ongeveer 3000 procedures worden uitgevoerd bij hartpatiënten. Deze procedures genereren een substantieel deel van de inkomsten van de afdeling en de ambitie is dan ook om verder te groeien.

Men kan de procedures op de HCK's onderscheiden in grofweg 3 soorten: dotteren, implantaten inbrengen en EFO/ablaties. Vanwege de verschillende beschikbare apparatuur op de drie HCK's zijn niet alle procedures mogelijk in elke kamer, of hebben bepaalde procedures op sommige kamers simpelweg niet de voorkeur. Ook de urgentie van de procedures kan men onderscheiden in 3 categorieën. Het grootste deel van de patiënten komt op afspraak en wordt ruim vantevoren ingepland (electief). Een ander deel bevindt zich al in VUmc of een ander ziekenhuis (semi-spoed) en het laatste deel betreft de patiënten die onverwachts grote complicaties hebben en zo snel mogelijk geholpen moeten worden (spoed).

Voordat een patiënt behandeld kan worden op een HCK, wordt hij of zij eerst opgevangen op één van de vijf zorgeenheden; per proceduresoort kan deze zorgeenheid verschillen. Op deze zorgeenheden worden de patiënten voorbereid op de procedure, maar wordt voornamelijk gewacht totdat de patiënt behandeld kan worden. Na de procedure gaat de patiënt terug naar diezelfde zorgeenheid, waar de patiënt enige tijd (uren of dagen) blijft liggen voor nazorg op de uitgevoerde procedure.

1.2 Probleembeschrijving

Op dit moment wordt de patiëntenplanning handmatig gemaakt, wat regelmatig enig kunst- en vliegwerk vereist om patiënten te kunnen opvangen. Hoewel er tot dusver geen ernstige complicaties zijn opgetreden, is het vermoeden sterk dat veel winst is

te behalen bij het creëren van de planning. Momenteel wordt namelijk bij het maken van de planning weinig tot geen rekening gehouden met de schaarse bedden capaciteit van de vijf zorgeenheden, waardoor een grote fluctuatie kan ontstaan qua bezetting van het aantal bedden. Idealiter is de bezettingsgraad per afdeling vrijwel stabiel om de werkdruk op deze afdelingen te balanceren, maar vooral zodat er zo vaak mogelijk ruimte beschikbaar is om spoedpatiënten op te kunnen vangen.

Daarnaast heeft men op de HCK's te maken met veel procedures waarvan de duur erg moeilijk is om in te schatten. Er wordt immers regelmatig tijdens de procedure zelf pas duidelijk welke acties ondernomen moeten worden. Dit heeft als gevolg dat de planners nooit met zekerheid kunnen weten hoeveel patiënten er op een dag geholpen kunnen worden. De keuze van patiënten die moeten worden ingeroosterd, hangt sterk af van het type procedure, maar ook van de beschikbaarheden van artsen en de mate waarin rekening moet worden gehouden met de acute instroom. Wanneer er te weinig patiënten worden ingepland, wordt de beschikbare tijd van het personeel en de kamers niet optimaal benut, waardoor de opbrengst lager is en de wachtlijst langer wordt. Wanneer er echter teveel patiënten worden ingeroosterd, dan leidt dit tot overwerk van het personeel óf tot de situatie dat patiënten moeten worden doorgeschoven naar andere dagen (en die dag dus voor niets zijn gekomen).

Kortom, er zijn twee problemen die integraal onderzocht moeten worden: het plannen van de patiëntenlogistiek op de zorgeenheden én het plannen van de procedures op de HCK's. Deze problemen staan vanzelfsprekend niet los van elkaar, want de planning op de HCK's wordt beperkt door de beschikbare capaciteit op de zorgeenheden.

1.3 Doelstellingen en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de meest effectieve planningsmethode die de bezettingsgraad op de afdelingen stabiliseert én de procedureplanning op de HCK's optimaliseert. Vanuit praktisch oogpunt is het wenselijker dat deze methode voornamelijk bestaat uit een blauwdruk van de planning in combinatie met een lijst van vuistregels, in plaats van wiskundige formules.

Om de planning te optimaliseren, moet eerst goed in kaart worden gebracht waar de huidige knelpunten liggen. Met andere woorden, er zal moeten worden vastgesteld waar de punten ter verbetering liggen en wat de bijbehorende alternatieven zijn. Hierover is al het nodige vooronderzoek gedaan, maar dit zal worden aangevuld met nieuwe bevindingen. Voor de zorgeenheden is het verder ook interessant om te weten of bepaalde (materiële) veranderingen per zorgeenheid de productie aanzienlijk verbeteren. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat het aantal bedden van een bepaalde zorgeenheid aantoonbaar onvoldoende is, wat een aanleiding kan zijn voor het vergroten van de bedden capaciteit.

Mogelijk net zo interessant is de vraag in hoeverre bepaalde veranderingen de doorstroom van patiënten voortvarender kunnen laten verlopen (bijv. het uitvoeren van EFO/ablaties op meer dagen dan de huidige drie). Hier zijn enkele alternatieve situaties voor aangedragen die het proces soepeler kunnen laten verlopen, en het effect van deze alternatieven dient in kaart te worden gebracht middels een simulatie.

1.4 Indeling verslag

De indeling van dit verslag is als volgt. In hoofdstuk 2 zal het logistieke proces rondom de hartcatheterisatiekamers worden beschreven om een indruk te krijgen van de omvang en complexiteit van de planning. Vervolgens zal in hoofdstuk 3 een uitvoerige data analyse worden gegeven om inzicht te bieden in de huidige stand van zaken, zodat ook eventuele knel- en/of verbeterpunten kunnen worden herkend. Deze informatie wordt in hoofdstuk 4 gemodelleerd in een wiskundig model die, gebaseerd op enkele prestatie indicatoren, een ontwerp (of blauwdruk) kan geven voor een optimale planning. Het effect van diverse blauwdrukken (evenals verschillende scenario's waar men in geïnteresseerd was om te onderzoeken) zijn getest middels een simulatie, waarvan de resultaten worden beschreven in hoofdstuk 5. Op basis van deze resultaten sluit dit verslag af met passende conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6 die suggesties ter verbetering vormen ten aanzien van de planning op de hartcatheterisatiekamers en bijbehorende zorgeenheden.

Hoofdstuk 2

Procesbeschrijving

In dit hoofdstuk zal het logistieke proces in kaart worden gebracht om een volledig beeld te krijgen van de gang van zaken en logistieke processen rondom de afdeling Cardiologie. Ten eerste zal het opnametraject binnen VUmc worden geschetst vanuit het oogpunt van de patiënt in paragraaf 2.1, waarna de verschillende zorgeenheden en hartcatherisatiekamers beknopt worden beschreven in respectievelijk paragraaf 2.2 en 2.3.

2.1 Opnametraject

In dit onderzoek worden patiënten in drie soorten urgenties geclassificeerd: electief, semi-spoed en spoed. Elk van deze groepen patiënten doorloopt een verschillend traject, welke hieronder worden toegelicht.

Electief Zodra een electieve patiënt klachten heeft aan het hart, dient hij of zij eerst een bezoek te brengen aan een huisarts of verwijzend specialist voordat een consult aangevraagd kan worden in VUmc. Indien de huisarts of specialist van mening is dat de patiënt in aanmerking komt voor een procedure in een ziekenhuis, wordt hij of zij doorverwezen voor een afspraak op een polikliniek met een cardioloog. Als ook de cardioloog denkt dat de patiënt behandeld moet worden, wordt deze patiënt besproken door het hartteam. In zulke besprekingen (maandag t/m vrijdag, aanvangstijd 13:00) wordt door een team van o.a. cardiologen en cardiochirurgen een voorlopige diagnose gemaakt en definitief beoordeeld of de patiënt behandeld moet worden en op de wachtlijst geplaatst kan worden. Zodra de patiënt geholpen kan worden, wordt de patiënt door het secretariaat meestal één of twee weken van tevoren geïnformeerd dat hij of zij opgenomen kan worden voor een procedure.

Eenmaal opgenomen op één van de vijf zorgeenheden, wordt de patiënt voorbereid op de procedure. Voor sommige procedures wordt de patiënt de dag vóór de procedure opgenomen voor een uitgebreidere voorbereiding, maar voor de meeste procedures is dat op de dag zelf. De patiënten op de zorgeenheid dienen eerst gecontroleerd te worden door een arts(-assistent), waarna het een kwestie van wachten is totdat de patiënt aan de beurt is. Zodra dat zo is, wordt de verpleegkundige op de zorgeenheid gebeld door de HCK's, en wordt de patiënt door een verpleegkundige gebracht voor de procedure; na de procedure wordt de patiënt vrijwel altijd op dezelfde zorgeenheid weer opgevangen. Hier ligt de patiënt enige uren of dagen ter nazorg, waarna de patiënt naar huis mag.

Semi-spoed Patiënten met de urgentie “semi-spoed” zijn weliswaar niet in levensgevaar, maar moeten toch zo snel mogelijk worden geholpen. Hier kunnen twee redenen voor zijn. Gedurende een procedure kan onverwachts blijken dat extra verrichtingen moeten worden gedaan bij de patiënt, wat niet tijdens diezelfde procedure kan. Het is om medische redenen mogelijk dat de patiënt in de tussentijd in het ziekenhuis moet blijven liggen en wachten. Een opgenomen patiënt die moet wachten is vanzelfsprekend minder gewenst dan een electieve patiënt die thuis wacht; niet alleen omdat de opgenomen patiënt niet zijn dagelijkse bezigheden kan uitvoeren, maar ook omdat deze patiënt bedden capaciteit in beslag neemt. Wat echter veel vaker voorkomt, is dat de patiënt afkomstig is vanuit een ander ziekenhuis en snel geholpen moet worden. Vaak gaat een patiënt na afloop weer terug naar hetzelfde ziekenhuis, met als korte tussenstop één van de vijf zorgeenheden ter nazorg.

Om de bovenstaande redenen worden patiënten met de urgentie “semi-spoed” prioriteit boven electieve patiënten. Echter, als het programma op een bepaalde dag vol zit met electieve patiënten en vervolgens een semi-spoedpatiënt die dag wordt aangemeld door een ander ziekenhuis, dan wordt er niet voor gekozen om de electieve patiënt van het programma te halen voor de semi-spoed (enkel bij het vooraf plannen wordt voorrang gegeven). Immers, de electieve patiënt heeft zijn of haar gehele dag vrijgemaakt voor deze procedure, en het zou van een slechte service getuigen indien deze patiënt niet wordt geholpen. Afhankelijk van de ernst van de semi-spoedpatiënt wordt ervoor gekozen of het personeel extra uren op die dag moet maken.

Spoed Spoedpatiënten zijn de groep patiënten die zo snel mogelijk geholpen moeten worden omdat de patiënt in levensgevaar is of om mogelijke permanente schade aan het hart te voorkomen. Om die reden heeft deze groep patiënten onvoorwaardelijke voorrang voor de eerder genoemde twee groepen. Meestal weten de HCK's ongeveer een half uur van tevoren dat een spoedpatiënt op komst is, waardoor meestal voldoende speling is om ervoor te zorgen dat een passende HCK vrij is op het moment dat de patiënt aangekomen is.

Momenteel wordt de planning handmatig door het Secretariaat Invasieve Cardiologie gemaakt. Meestal worden er voor dotterbehandelingen vier electieve patiënten ingepland (twee voor kamer 2, twee voor kamer 3), wat te maken heeft met de beperkte capaciteit op de zorgeenheid van 4 bedden (bedoeld voor electieve dotterprocedures). Verder zorgt dit er ook voor dat er meestal voldoende ruimte is om spoed- en semi-spoedpatiënten op te vangen zonder dat het personeel erg lang hoeft over te werken.

Verder hebben de procedures een variërende wachttijd voor electieve patiënten: voor implantaten en dotterbehandelingen kan de patiënt meestal binnen één of twee weken geholpen worden (soms is de wachtlijst zelfs leeg). Echter, voor EFO/ablaties kan het 4 tot 8 weken duren voordat een patiënt geholpen kan worden. Patiënten op de wachtlijst voor EFO/ablaties en implantaten worden meestal ongeveer één week van tevoren ingelicht (via de telefoon door het secretariaat) dat ze geholpen kunnen worden; voor dotterprocedures zijn dat twee weken.

2.2 Zorgeenheden

Voor de HCK-patiënten leveren de zorgeenheden (of afdelingen) de vereiste voor- en nazorg voor de procedures. De logistiek rondom deze zorgeenheden is mogelijk nog ingewikkelder en belangrijker dan de planning op de HCK's. Wanneer er namelijk geen beschikbare bedden zijn op de zorgeenheden, kunnen geen patiënten worden opgenomen en kan men op de HCK's minder procedures uitvoeren, wat met grote regelmaat voorkomt. De betrokken vijf zorgeenheden zijn 5B (VCCH / SCCH), 5C (VVAT / VLON), de Hartbewaking (CCU of ICAR), de Eerste Hart Hulp (EHH) en de Special Care (SCAR). Een overzicht van het aantal bedden per afdeling voor cardiologische patiënten, en de soorten patiënten die volgens de richtlijnen worden opgenomen is te vinden in Tabel 2.1.

Afdeling	# Bedden	Urgenties	Procedures
5B	14	Allen	Dotters, Implantaten
5C	4	Electief, semi-spoed	EFO/ablaties, Implantaten
CCU	6	Spoed, semi-spoed	Dotters, Implantaten
EHH	6	Spoed, semi-spoed	Dotters, Implantaten
SCAR	4	Electief, semi-spoed	Dotters

Tabel 2.1: Zorgeenheden cardiologie

Verder is er ook een (zeer klein) deel van de patiënten dat behandeld wordt op de HCK's, maar niet op van één van de bovenstaande vijf afdelingen komt. Bijvoorbeeld, een patiënt die oorspronkelijk op een hele andere afdeling in VUmc zich bevindt (bijvoorbeeld, neurologie), zou plotseling ook iets aan het hart kunnen hebben waardoor deze behandeld moet worden op een HCK.

Voor de volledigheid moeten ook enkele opmerkingen worden gemaakt met betrekking tot de bovenstaande gegevens:

- Hoewel er 4 bedden zijn op de Special Care, zijn er ook twee stoelen in een aparte ruimte onder het beheer van de Special Care. Op deze twee stoelen kunnen echter enkel patiënten worden opgevangen die gedotterd zijn via de pols (niet via de lies) en regelmatig wordt één stoel gebruikt. Deze stoelen staan echter in een andere kamer buiten het zicht van de verpleegkundige op de Special Care, waardoor het onwenselijk is om deze te gebruiken.
- De capaciteit voor de eerste twee afdelingen is eigenlijk aanzienlijk groter. Bijvoorbeeld, afdeling 5B heeft 34 bedden, maar in principe zijn er 14 bestemd voor cardiologie, waarvan gemiddeld 8 bedden zijn voor de HCK's. Hoewel de regel is dat er 14 bedden gebruikt mogen worden voor Cardiologie, kan het zo zijn dat er iets meer of minder beschikbaar is als de andere groep bedden onder- of overbezet zijn.
- Het aantal bedden voor 5B, de CCU en de EHH moet met enige flexibiliteit worden gezien. In principe is geen vast aantal bedden van deze zorgeenheden gegarandeerd voor de HCK's, aangezien deze afhangt van meerdere factoren.

Verder is het ook belangrijk om te vermelden dat er rondom de afdeling een verbouwing op de planning staat (aan het einde van 2013), waardoor de capaciteiten per afdeling kunnen veranderen.

2.3 Hartcatheterisatiekamers

De hartcatheterisatiekamers kan men zien als drie operatiekamers waar patiënten in- en uitgaan voor een behandeling. Deze HCK's hebben zeer moderne apparatuur tot hun beschikking, maar niet elke HCK heeft dezelfde apparatuur. Om die reden kunnen niet alle procedures op elke kamer worden uitgevoerd, wat te zien is in Tabel 2.2.

Kamer	Openingstijd	Sluitingstijd	Soorten procedures
1	08:15	16:30	EFO/ablaties, Implantaten
2	09:30	16:30	Dotters, Implantaten
3	08:15	16:30	Dotters

Tabel 2.2: Hartcatheterisatiekamers

Kamer 1 is dus de enige kamer waar EFO/ablaties kunnen worden uitgevoerd, terwijl de andere twee soorten procedures op twee kamers kunnen. Ook over deze tabel zijn enkele opmerkingen te maken:

- Weliswaar zijn implantaten mogelijk op kamer 2, maar het heeft niet de voorkeur. Met andere woorden, implantaten worden zo vaak mogelijk op kamer 1 ingepland, tenzij het niet anders mogelijk is.
- Vanaf 1 september 2012 waren alle kamers op alle reguliere werkdagen open (met uitzondering van onderhoudsdagen, wat ongeveer vier keer per jaar gebeurt). Voor deze datum waren de kamers dus op sommige reguliere werkdagen gesloten, bijvoorbeeld als de vraag te laag was.

Ten slotte is het belangrijk om te weten dat over het algemeen minder procedures worden uitgevoerd op kamer 1, omdat implantaten inbrengen en EFO/ablaties uitvoeren over het algemeen veel langer duurt; sommige EFO/ablaties kunnen gemiddeld wel 4 uur duren.

Hoofdstuk 3

Data analyse

Voor dit onderzoek zijn twee datasets beschikbaar gesteld die het nodige inzicht kunnen bieden in de huidige stand van zaken. De eerste dataset betreft data omtrent de zorgeenheden en zal worden besproken in paragraaf 3.1 waar met name de drukte op deze zorgeenheden zal worden gevisualiseerd. Vervolgens wordt de data analyse met betrekking tot de hartcatheterisatiekamers uitvoerig beschreven in paragraaf 3.2 en zal elk component in de logistieke keten in detail worden uitgelicht.

Het is wellicht belangrijk om te vermelden dat de onderstaande data analyses volledig geautomatiseerd zijn. Dat wil zeggen, met één druk op de knop kan de volledige data analyse in dit hoofdstuk gereproduceerd worden, wat bijvoorbeeld bruikbaar zou kunnen zijn voor een vervolganalyse in de komende jaren, of indien er aanpassingen in de aannames voor de data analyse gedaan moeten worden.

3.1 Data analyse zorgeenheden

De dataset van de zorgeenheden bevat informatie over elke patiënt die één van de vijf zorgeenheden heeft bezocht, waaruit alle belangrijke gegevens per opname kunnen worden herleid, zoals de afdeling, start- en eindtijd van de opname (zie Bijlage A.1.1 voor een volledige specificatie van deze dataset). In de komende analyses zijn alleen de patiënten meegenomen die de HCK's hebben bezocht, omdat de HCK's centraal staan in dit onderzoek en men hiermee inzicht kan krijgen in de invloed van de HCK's op de zorgeenheden.

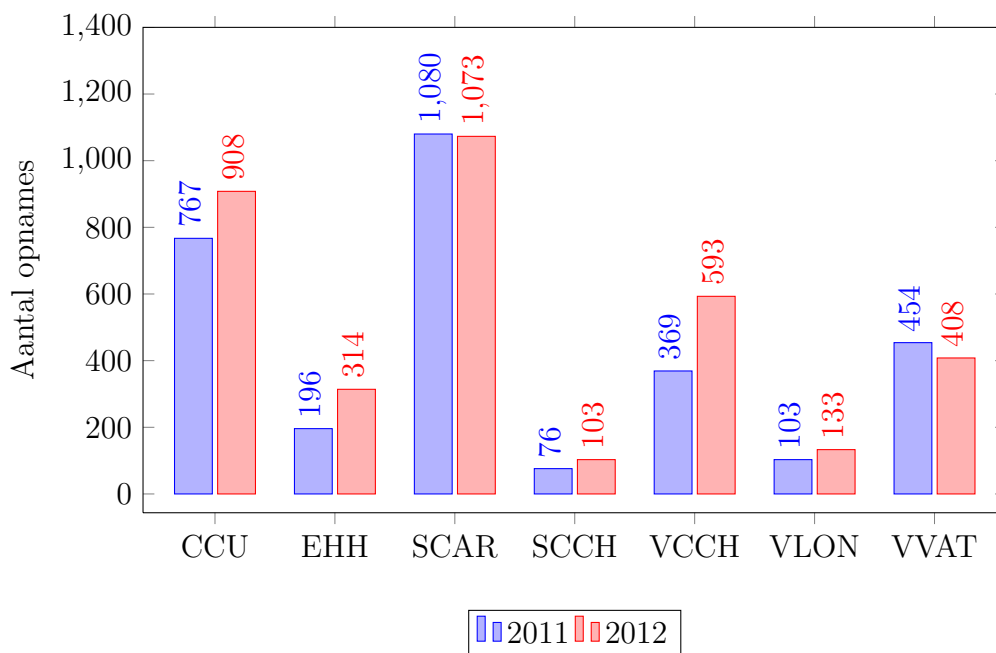
3.1.1 Aantal opnames

Om een indruk te krijgen van de omvang van de afdeling Cardiologie en de bijbehorende zorgeenheden, is allereerst in Tabel 3.1 het totale aantal opnames weergegeven van patiënten die op de HCK's zijn behandeld.

	2011	2012	Totaal
Aantal opnames	2717	2878	5595

Tabel 3.1: Aantal opnames per jaar

Gemiddeld worden er dus ruim 50 patiënten per week opgenomen. In zijn totaliteit is het aantal opnames qua HCK-patiënten dus gestegen met 5.8% in 2012 ten opzichte van 2011. Het aantal opnames is uitgesplitst per zorgeenheid, wat weergegeven is in Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Aantal opnames per jaar per zorgseenheid

Men kan de Special Care beschouwen als hoofdleverancier van de HCK-patiënten, waarbij het aantal opnames nagenoeg gelijk is gebleven. Aangezien er ongeveer 250 werkdagen zijn per jaar, moeten er dan ook gemiddeld iets meer dan 4 patiënten per dag zijn opgenomen op deze zorgseenheid, wat zeer aannemelijk is. In principe worden er namelijk voor elke dag vier electieve patiënten opgevangen op de SCAR. Dit aantal zou lager kunnen zijn als kamer 2 of 3 (bijv. wegens onderhoud) is gesloten, en zou juist hoger kunnen zijn mits er semi-spoed patiënten overdag worden opgevangen en/of (één van) de twee stoelen worden gebruikt.

Bij deze getallen moet de opmerking worden gemaakt dat patiënten gedurende hun opname meerdere zorgseenheden kunnen bezoeken. Daarom sommeren de getallen in Figuur 3.1 (som: 6557) niet tot het totale aantal patiënten in Tabel 3.1 (som: 5595). Wanneer een patiënt meerdere zorgseenheden bezoekt, dan is vaak de CCU, EHH en/of 5B één van die zorgseenheden geweest (afdeling 5B is in de dataset een samenvoeging van de VCCH en SCCH).

Verder is er ook bij VLON een stijging, terwijl er bij VVAT een daling is, waar wél een logische verklaring voor is. Sinds 3 december 2012 zijn de vier HCK-bedden namelijk verschoven van VVAT naar VLON, wat goed overeenkomt met deze verhouding van 2012 ten opzichte van 2011. In deze data analyse is Afdeling 5C dan ook een samenvoeging van VLON en VVAT.

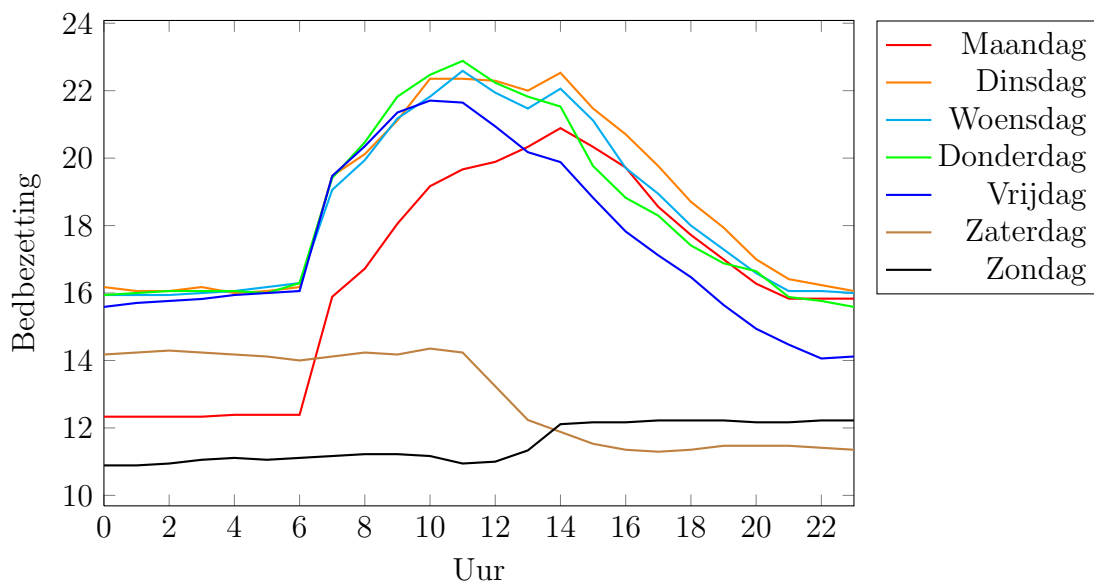
Ten slotte is er een duidelijke stijging te zien in het aantal patiënten van de CCU, EHH en VCCH. Dit komt niet door een toename in het aantal spoedpatiënten, maar is te verklaren doordat patiënten in 2012 binnen deze afdelingen vaker overgeplaatst werden.

3.1.2 Opname- & bedbezettingspatronen

Om te weten waar de pieken en dalen over het algemeen liggen, is het nodig om een indruk te hebben van de gemiddelde bezetting op de zorgeenheden voor alleen HCK-patiënten.

Dagpatroon bezetting

Voor een eerste indruk is dan ook het dagpatroon weergegeven voor de bedbezetting op alle zorgeenheden voor HCK-patiënten in Figuur 3.2.



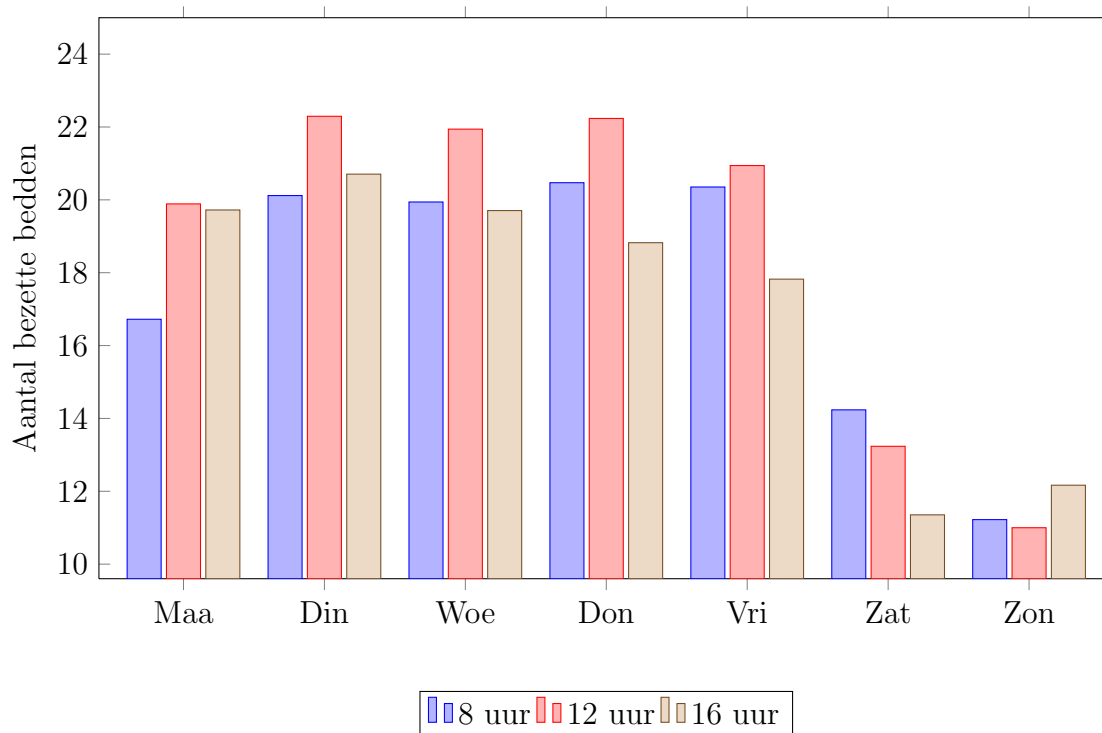
Figuur 3.2: Gemiddelde bedbezetting totaal per dag

Weliswaar spreekt deze figuur tot de verbeelding, maar hierbij moet vermeld worden dat deze getallen gebaseerd zijn op de periode 1 september 2012 t/m 31 december 2012. Immers, vóór deze periode waren er regelmatig dagen dat één of twee HCK's gesloten waren, wat vanzelfsprekend ook invloed heeft op de bezetting. Deze vertekening is er niet wanneer het gemiddelde dagpatroon wordt bekeken vanaf 1 september 2012, want dan zouden bijna alle dagen reguliere dagen moeten zijn, met uitzondering van onderhouds- en feestdagen.

Toch is vooral het patroon interessant én belangrijk. Het moge duidelijk zijn dat het aantal bezette bedden stijgt zodra de werkdag begint (wat met name komt door de Special Care), en daalt naarmate het einde van de werkdag nadert. Ook zijn vanzelfsprekend minder patiënten aanwezig in het weekend, want dan is de Special Care dicht en worden patiënten minder vaak opgenomen. Op zondag is echter een lichte stijging te zien in de bezetting, wat te verklaren is doordat sommige patiënten moeten worden opgenomen op de dag vóór de procedure (oftewel, voor de daaropvolgende maandag). Op zaterdag daalt de bezetting wél, want daar kunnen patiënten wel worden ontslagen.

Weekpatroon bezetting

Voor een overzichtelijkere vergelijking tussen de dagen, is het weekpatroon gegeven in Figuur 3.3. Hierbij is gekeken naar de bedbezetting op een dag op drie verschillende tijdstippen: 8 uur, 12 uur en 16 uur.



Figuur 3.3: Gemiddelde bedbezetting totaal per week

Ook deze getallen zijn gebaseerd op de periode 1 september 2012 - 31 december 2012 om eerdergenoemde reden. De maandag is rustiger dan de andere doordeweekse dagen, omdat weinig patiënten in het weekend worden opgenomen.

Hieruit blijkt dan ook dat 12 uur van deze drie momenten het drukste moment is, behalve op zaterdag en zondag. Hoewel het de bedoeling is dat het merendeel van de patiënten vóór 8 uur wordt opgenomen, komt het regelmatig voor dat patiënten later arriveren of extra patiënten kunnen worden opgevangen.

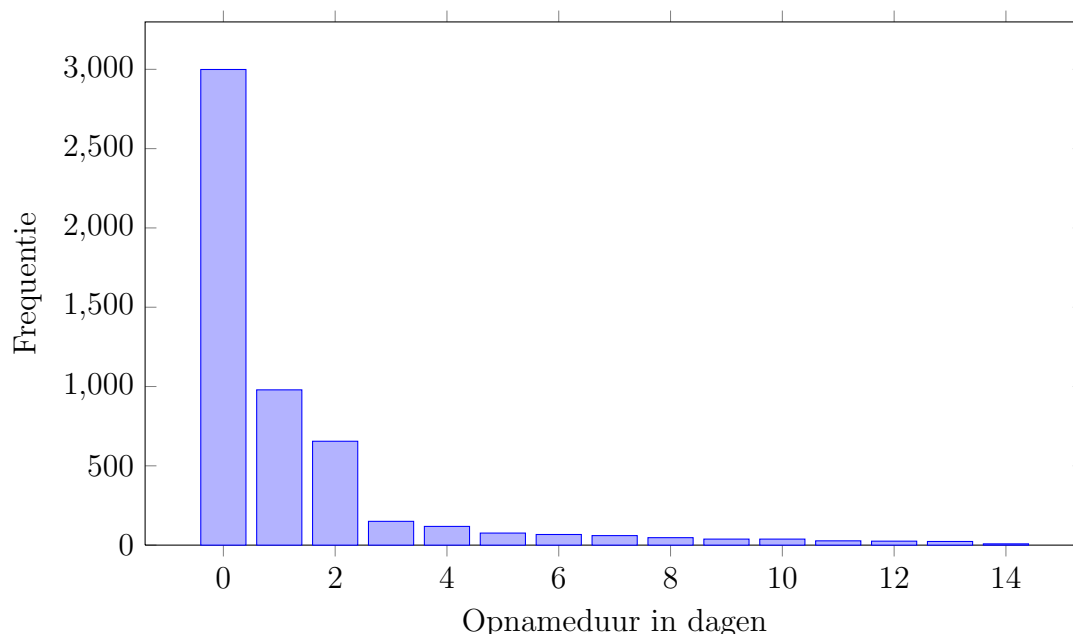
Overigens, ook de mate van fluctuatie van de bedbezetting is elke dag ongeveer hetzelfde, omdat de standaarddeviatie¹ elke dag ongeveer rond de 4 ligt. Daarbij geldt echter wel dat een deel van deze fluctuatie te verklaren is vanwege feestdagen en dergelijke.

¹De standaarddeviatie, ook wel genoteerd als σ , is een term uit de wiskunde die aangeeft hoeveel variatie aanwezig is voor een bepaalde meting. Als het gemiddelde aantal bezette bedden 10 is en de standaarddeviatie 2, dan betekent het dat er in ongeveer tweederde van de metingen het aantal bezette bedden tussen de 8 en de 12 was.

3.1.3 Opnameduren

Wat bij een robuuste planning een veel grotere rol speelt, is de afstemming op de zorgeenheden, wat zoals eerder genoemd zelfs nog ingewikkelder kan zijn dan het plannen op de HCK's. Het is belangrijk om patiënten op de zorgeenheden in te plannen op een dusdanige manier dat de bezetting zo stabiel mogelijk blijft, zodat er zo vaak mogelijk ruimte is om onverwachte patiënten (semi-spoed, spoed) te kunnen opvangen, en om de werkdruk voor de verpleegkundigen op de zorgeenheden te balanceren.

Om dit goed in te plannen, zijn de opnameduren van patiënten van groot belang, bestaande uit voorzorg, proceduretijd op de HCK en nazorg. Voor een eerste gevoel voor deze opnameduren is in Tabel 3.4 een simpele weergave te vinden van de verdeling van het aantal dagen dat een HCK-patiënt is opgenomen (alle patiënten van alle proceduresoorten door elkaar).



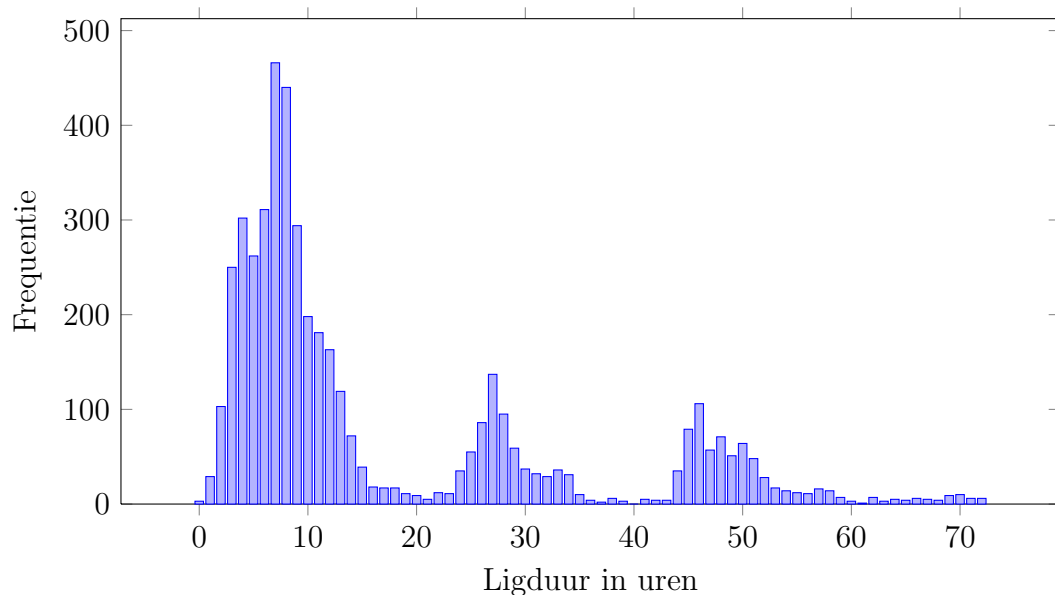
Figuur 3.4: Opnameduurverdeling in dagen totaal

Hierbij moet worden opgemerkt dat de opnameduur is afgerond op het aantal dagen. Oftewel, als de totale opnameduur tussen de 0 en 12 uur ligt, dan wordt dat gerekend als 0 dagen. Als de totale opnameduur tussen 12 uur en 36 uur ligt, wordt dat gerekend als 1 dag, enzovoort.

Van de 5591 opnames ligt veruit het overgrote deel (ongeveer 3000, wederom voornamelijk door de Special Care) van de patiënten maximaal 12 uur op één van de zorgeenheden, terwijl iets meer dan 1000 patiënten tussen de 12 en 36 uur blijven liggen. Dat laatste gegeven is deels te verklaren door het feit dat een aanzienlijk deel van de patiënten een dag voor de procedure wordt opgenomen, bijvoorbeeld voor een Swan Ganz procedure of een EFO/ablatie. Hierdoor heeft de patiënt dus één voorbereidingsdag, en een andere dag voor de procedure en nazorg.

Als een vergrootglas wordt gelegd boven het deel met de grootste massa (minder

dan 3 dagen), dan kan de volgende verdeling in Tabel 3.5 voor de opnameduur worden gevonden (ditmaal in uren).



Figuur 3.5: Opnameduurverdeling in uren totaal

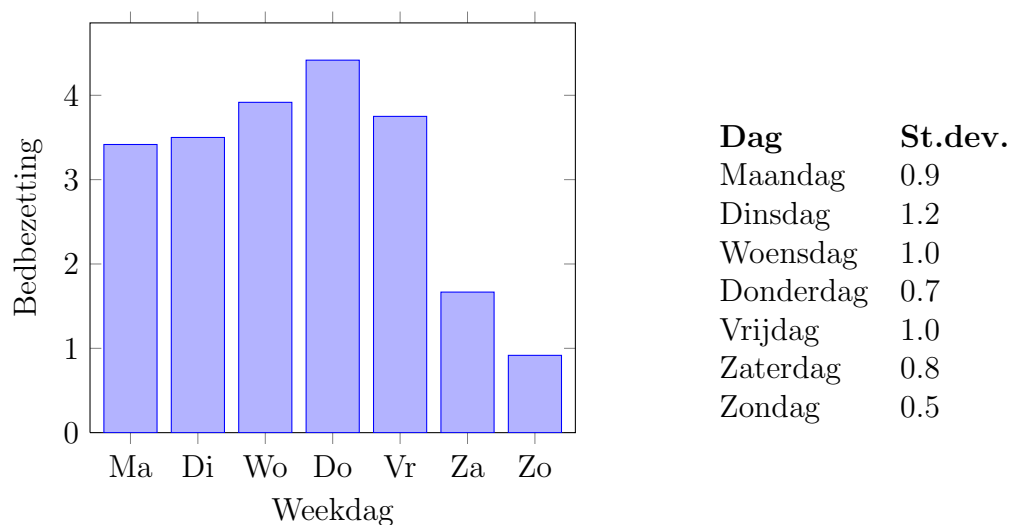
Dit patroon is wellicht interessanter om te zien vanwege zijn heuvelachtige vorm, wat de verklaren is door meerdere aspecten. Ten eerste is het zeer ongebruikelijk dat patiënten in de avond of nacht worden ontslagen. Patiënten worden vaak in de ochtend opgenomen, waardoor het 16 tot 20 uur later nacht is en dus een duidelijke dal zichtbaar is voor deze opnameduren.

Verder hebben de meeste patiënten een opnameduur van tussen de 4 en 10 uur. De meeste patiënten komen namelijk voor een dotterprocedure (zie paragraaf 3.2.2), welke ongeveer een uur duurt: 45 minuten proceduretijd en 15 minuten wisseltijd van de afdeling naar de HCK. Daarbij moet nog een uurtje voorbereidingstijd worden opgeteld (inclusief de tijd dat de patiënt moet wachten voor zijn of haar procedure). Voor dotterprocedures duurt de nazorg naar verwachting 2 uur mits via de lies is gedotterd, en 4 uur wanneer via de pols is gedotterd. Het kan echter zo zijn dat een patiënt onverwachte complicaties krijgt en enkele uren lang moet blijven liggen, of misschien moet de patiënt wachten op externen totdat hij of zij wordt opgehaald. Dit zijn allerlei redenen waardoor de opname langer kan duren dan op papier zou moeten gebeuren, en vanzelfsprekend zijn zulke dingen vooraf onvoorspelbaar, waardoor het heuvelachtige patroon ontstaat.

3.1.4 Bedbezetting afdeling 5C

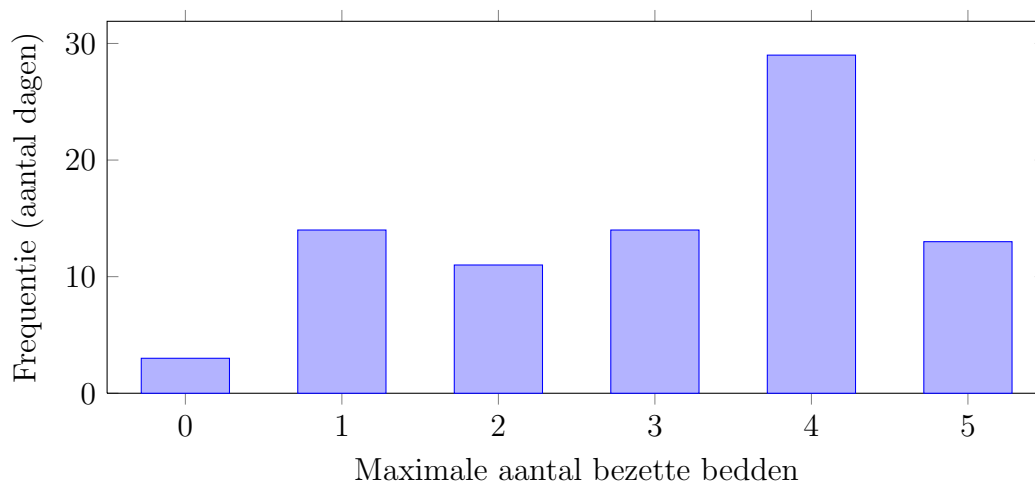
Voor twee afdelingen is het patroon van de bedbezetting belangrijk om te weten voor de volgende hoofdstukken. De eerste afdeling is 5C, bestemd voor patiënten voor implantaten en EFO/ablaties. Voor deze afdeling is het weekpatroon gevisualiseerd in Figuur 3.6, waarbij is gekeken naar de *gemiddelde maximale bedbezetting* per dag. Dit betekent dat voor elke dag is gemeten wat het drukste moment was (wat per dag

kan verschillen), en van deze getallen is het maximum genomen. Hiermee kan men namelijk beter inzicht krijgen in de dagen waarop het vaakst knelpunten ontstaan.



Figuur 3.6: Gemiddelde maximale bedbezetting 5C per week

In dit figuur is een patroon te zien wat vaker binnen de zorg voorkomt: op maandag begint het rustig en de drukte stapelt zich op in de week tot de piek in donderdag. Omdat vrijdag de laatste doordeweekse dag is, wordt niemand voor de zaterdag erna opgenomen en is de patiëntenuitstroom groter dan de instroom. Woensdag en donderdag zijn dan ook de drukste dagen. Voor een nauwkeuriger inzicht in de overbezetting kan beter worden gekeken naar Figuur 3.7. Hierbij zijn alle dagen meegenomen (ook het weekend) en per dag gekeken wat het maximale aantal bedden was dat bezet is voor minstens een half uur.



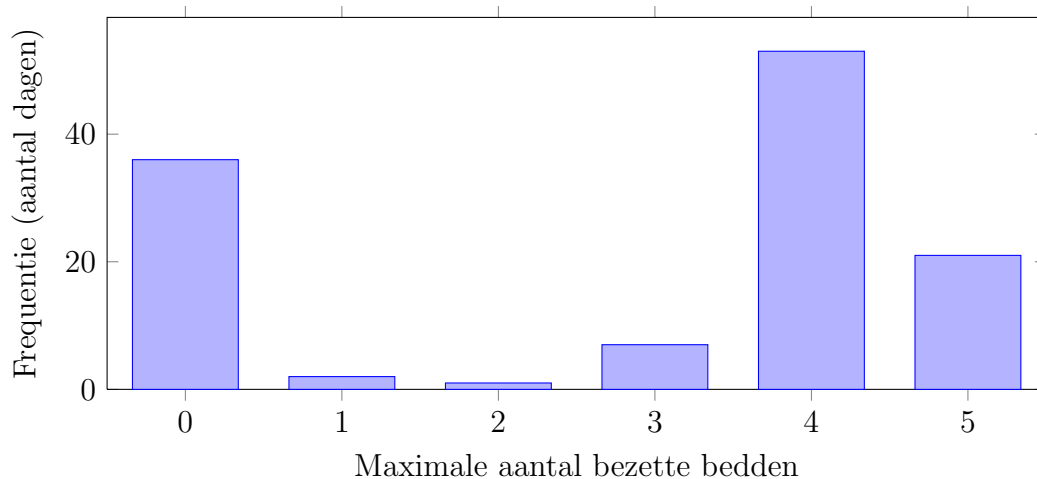
Figuur 3.7: Verdeling max. bezettingen 5C

Zodra de bedbezetting namelijk hier groter is dan de beschikbare capaciteit (voor 5C is dat 4 bedden) kan men spreken van overbezetting. Voor 5C is dat in 15% van de dagen (19% van de doordeweekse dagen) het geval; ongeveer één keer per

week dus. Bij vlagen is er dus zeker sprake van krapte, voornamelijk op woensdag en donderdag. Het is echter discutabel of men kan spreken over een structureel beddentekort, omdat er vaak ook onderbezetting is. Kijkend vanuit een efficiency oogpunt is deze situatie weliswaar niet wenselijk (sommige patiënten moeten dan ook wachten), maar mogelijk en lijkt het dus optimaal. Ter bevestiging, de dagen dat er geen of één patiënt aanwezig is, is bijna altijd het weekend.

3.1.5 Bedbezetting Special Care

De tweede afdeling waarvoor het bedbezettingspatroon extra belangrijk is om te weten, is de Special Care. Deze afdeling heeft 4 bedden en 2 stoelen (waarvan er één regelmatig wordt gebruikt) en is bestemd voor dotterprocedures. Ook voor deze afdeling is de verdeling van de maximale bezettingen gegeven in Figuur 3.8.



Figuur 3.8: Verdeling max. bezettingen SCAR

Eenzelfde soort verhaal als voor afdeling 5C geldt voor de SCAR. In ongeveer 17% van de dagen (25% van de doordeweekse dagen) is er sprake van meer patiënten dan bedden voor minstens een half uur lang, en in dit geval wordt dan één stoel gebruikt. Ruim één keer per week dus. Dit is verre van ideaal, vooral omdat deze stoel buiten het zicht van de SCAR-verpleegkundige staat, maar een structurele uitbreiding zou op papier slecht voor de efficiëntie zijn. Overigens is de linkerstaaf (dagen waarop geen patiënten zijn opgenomen) vrijwel allemaal dagen in het weekend.

Afsluitende opmerkingen Toelichting met betrekking tot de precieze totstandkoming van deze gegevens is te vinden in Bijlage A.2 (eventueel voor eenieder die deze getallen wilt herproduceren). Een data analyse (oftewel, alle grafieken in deze paragraaf) voor een specifieke afdeling is beschikbaar, maar zou de lengte van dit verslag aanzienlijk vergroten en is daarom niet bijgevoegd. Wanneer hier echter interesse voor is, kan zowel de data analyse voor alléén HCK-patiënten, als de data analyse voor alle patiënten, worden verstuurd per e-mail.

3.2 Data analyse hartcatheterisatiekamers

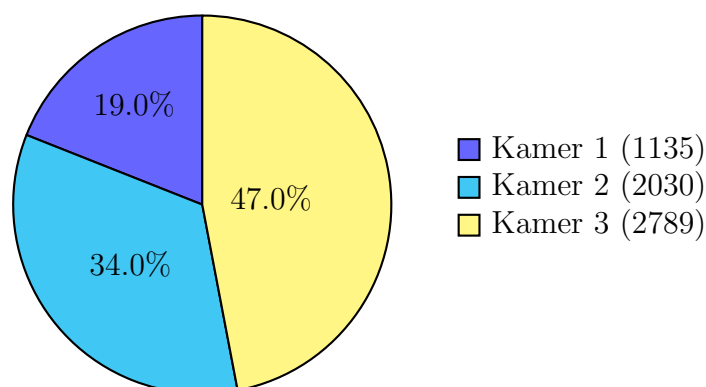
Het tweede deel van de data analyse betreft de HCK's en is afkomstig uit de database van XperIM (Xper Information Management). XperIM is het softwareprogramma dat op de HCK's wordt gebruikt om de voortgang van elke procedure te registreren en de voorraden bij te houden. Voor elke procedure wordt een zogenoemde "case" aangemaakt, waar onder andere de proceduresoort, aankomst patiënt, kamernummer, urgentie en de eerste en laatste logtijd in XperIM van de verpleegkundige zijn geregistreerd. Een exacte datasetspecificatie is te vinden in Bijlage A.2.1, waarmee de gegevens in de volgende paragrafen zijn geproduceerd.

3.2.1 Aantal procedures

Allereerst kan het aantal procedures (per kamer) worden geteld aan de hand van de eerder genoemde gegevens, wat leidt tot de statistieken in Tabel 3.2 en Figuur 3.9. Hier zijn *alle* procedures in meegenomen van 2011 en 2012, dus ook de (spoed)procedures buiten kantoortijden.

	2011	2012	Totaal
Aantal procedures	2889	3065	5954
Aantal procedures kamer 1	569	566	1135
Aantal procedures kamer 2	1003	1027	2030
Aantal procedures kamer 3	1317	1472	2789

Tabel 3.2: Algemene statistieken procedures



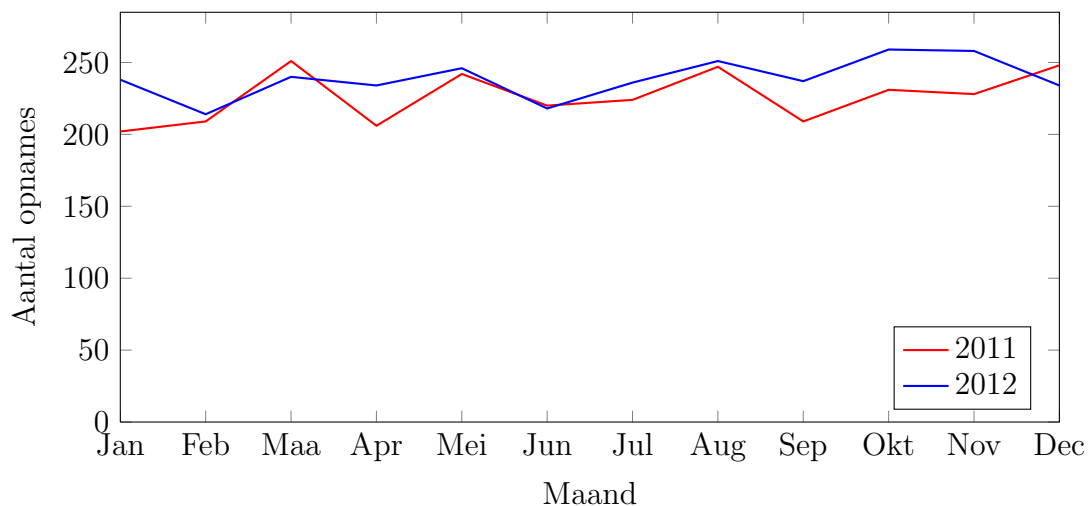
Figuur 3.9: Procedureverdeling per kamer

Het aantal procedures in 2012 is ten opzichte van 2011 gestegen met 6,1%, wat men toch als een aanzienlijke stijging ervaart. Deels komt deze stijging vanwege het eerder genoemde feit dat alle kamers per 1 september 2012 altijd open waren, maar de bijbehorende verklaring (zowel van de stijging als voor de permanente opening) is dat de vraag simpelweg is toegenomen. Merk overigens op dat de stijging in het aantal opnames 5,8% was in plaats van 6,1%. Het kleine verschil is te verklaren doordat een opname uit meerdere procedures kan bestaan, maar ook omdat er kleine

fouten in de datasets kunnen zitten. Omdat deze percentages (toename opnames vs. toename procedures) dicht op elkaar liggen en bijna een volledige samenhang zouden moeten hebben, is het aannemelijker dat de datasets over het algemeen correct zijn.

Dat er op kamer 1 gemiddeld minder procedures worden uitgevoerd was al eerder aangegeven, en dit aantal in 2012 is nagenoeg gelijk gebleven ten opzichte van 2011. De aantallen op kamers 2 en 3 behoeven verdere toelichting. Ten eerste is duidelijk te zien dat er op kamer 3 meer patiënten worden behandeld dan op kamer 2. Om vooruit te lopen op de analyse in een volgende paragraaf, zit de verklaring in het aantal spoedpatiënten: ongeveer 200 spoedprocedures werden verricht op kamer 2, tegenover 800 op kamer 3. Oftewel, kamer 3 wordt ongeveer vier keer zo vaak gebruikt voor spoedpatiënten; buiten kantoor tijden is kamer 3 dan ook de standaardkamer om spoedpatiënten op te vangen.

Wat nog meer opvalt, is de toename in het aantal procedures puur op kamer 3, van ongeveer 11,7%. Dit is niet omdat het aantal spoedpatiënten voor kamer 3 is toegenomen; sterker nog, dat is exact gelijk gebleven (538 in zowel 2011 als 2012). Dat wil zeggen dat er dus ongeveer 800 en 950 niet-spoedpatiënten zijn behandeld op kamer 3 in respectievelijk 2011 en 2012. Dit verschil zou deels kunnen worden verklaard doordat de openingstijd van kamer 2 is veranderd per 1 september 2012 van 08:15 naar 09:30. Wanneer er bijvoorbeeld in de huidige situatie het hele procedureprogramma klaar is om 14:00, dan is er wellicht ongeveer 1 extra procedure geweest op kamer 3 omdat deze kamer eerder begon en dus meer procedures gemiddeld gedaan zou moeten hebben. Verder is het maand- en jaarpatroon weergegeven in Figuur 3.10.



Figuur 3.10: Totaal aantal opnames per maand totaal

Het vermoeden onder sommige verpleegkundigen was dat er rond januari en februari een kleine dip is, maar uit dit figuur blijkt dat dat qua aantal procedures meevalt. Het lijkt alsof het in 2011 wel enigszins merkbaar zou moeten zijn geweest dat het in januari en februari iets rustiger was, maar dit patroon lijkt toch te vlak om er zeker van te zijn dat er in bepaalde periodes meer vraag is.

Ten slotte is het ook interessant om te weten hoeveel procedures er gemiddeld

worden uitgevoerd per kamer per dag *tijdens kantooruren*, wat te zien is in Tabel 3.3. Voor deze vergelijking zijn enkel dagen meegerekend waarop minstens één electieve patiënt is ingepland (zodat feestdagen en weekenden eruit zijn gefilterd). Deze gemiddeldes betreffen enkel de periode 1 september 2012 t/m 31 december 2012.

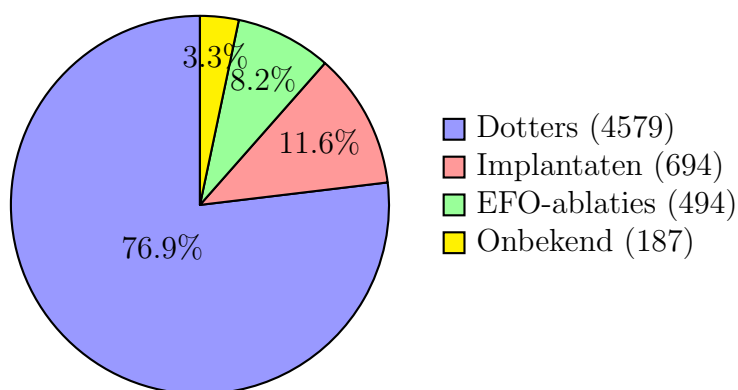
	Gemiddelde	Standaarddeviatie
Kamer 1	2,37	0,74
Kamer 2	3,96	0,99
Kamer 3	5,09	0,94
Totaal	11,42	3,71

Tabel 3.3: Gemiddeld aantal procedures tijdens kantooruren na 1 september 2012

Verder spreken deze getallen voor zich en behoeven daarom weinig extra toelichting, temeer omdat verklaringen voor deze getallen al eerder zijn genoemd: kamer 1 heeft veel langere proceduretijden en dus minder procedures per dag, en kamer 2 was vanaf 1 september 2012 later open waardoor er gemiddeld meer dotterprocedures op kamer 3 zijn.

3.2.2 Verdeling proceduresoorten

Een andere interessante verdeling m.b.t de procedures betreft de verdeling over de drie soorten: Dotters², Implantaten en EFO-ablaties. Hieraan kan men zien welke soort procedure het vaakst voorkomt, waarna eventueel bepaald kan worden of er meer of minder capaciteit op de zorgeenheden moet worden toegewijd aan de soorten procedures. Op basis van de XperIM-data, zijn de verhoudingen van de drie proceduresoorten weergegeven in Figuur 3.11, zowel in percentages als absolute aantallen.



Figuur 3.11: Procedureverdeling totaal

Als de proceduresoort onder de groep “Onbekend” valt, dan is de procedure simpelweg niet ingevuld (13 keer) of is aan de verrichtingen niet te zien onder welke soort

²Wanneer enkel een CAG is uitgevoerd, valt dit ook onder de categorie “Dotters”.

deze procedure gecategoriseerd moet worden³. Merk overigens op dat deze getallen zowel 2011 als 2012 betreffen; gemiddeld waren er dus 247 EFO/ablaties per jaar. De volledige getallen zijn dan ook te vinden in Tabel 3.4.

	2011	2012	Totaal
Aantal dotters	2221	2358	4579
Aantal implantaten	348	346	694
Aantal EFO-ablaties	235	259	494
Aantal onbekend	85	102	187

Tabel 3.4: Procedures per soort totaal

Voor de meesten zou het relatief grote aantal dotterprocedures het meest opvallen. Hiernaar is in de praktijk ook met afstand de meeste vraag naar, dus dit is niet verwonderlijk. Ter verificatie zijn deze getallen voorgelegd aan enkele verpleegkundigen van de HCK's, die deze verhoudingen aannemelijk vinden. Merk overigens op dat deze getallen ook spoedpatiënten bevatten, wat vrijwel altijd dotterpatiënten zijn. Daarom kunnen deze verhoudingen iets tegen het gevoel ingaan van de verpleegkundigen die enkel binnen kantooruren werken.

Het aantal dotters en EFO-ablaties zijn gestegen met respectievelijk 6.2% en 10.2%, terwijl het aantal implantaten nagenoeg gelijk is gebleven. Redenen voor deze stijging zijn al eerder genoemd: simpelweg een grotere vraag (met uitzondering van implantaten), maar er waren ook meer mogelijkheden om procedures uit te voeren in 2012 door ruimere openingstijden.

3.2.3 Toelichting bepaling proceduretijden

In de hieropvolgende paragrafen zal onder andere worden gekeken naar de start- en wisseltijden per kamer en naar bezettingsgraden. Om deze maatstaven uit te rekenen, volstaat het om te weten wanneer elke procedure begint en eindigt. Echter, voor dit begin- en eindmoment bestaan echter verschillende interpretaties/definities, zoals:

- Het moment dat de procedure daadwerkelijk begint (bijv. het aanprikken) t/m het moment dat de patiënt van tafel komt.
- Het moment dat de patiënt de HCK heeft betreden t/m het moment dat de patiënt de HCK heeft verlaten.
- De tijd dat het personeel op de HCK bezig is met alle activiteiten bestemd voor de procedure, inclusief voorbereiding en schoonmaak achteraf (eventueel zonder dat de patiënt er is).

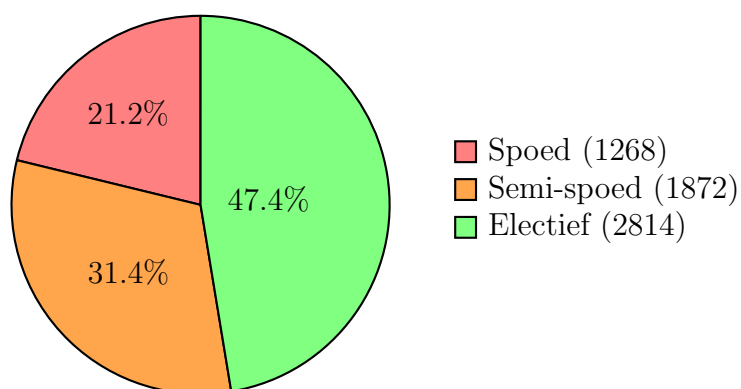
In dit onderzoek wordt de laatstgenoemde definitie gehanteerd, omdat deze tijd aangeeft hoelang een kamer gebruikt wordt voor een bepaalde procedure, waardoor

³Enkele voorbeelden hiervan zijn: “Myocardiobiopsie”, “Centrale veneuze lijn inbrengen”, “Pericardpunctie + Pericarddrainage”, “Atriale pacing” en “Two Stage Onderzoek”.

de planner weet hoelang de kamer daadwerkelijk bezig is. Bij het maken van de planning hoeft dan enkel rekening te worden gehouden met deze verwachte tijden en de verwachte wisseltijden tussen de procedures. Hoe de proceduredtijd volgens deze definitie berekend kan worden, is met behulp van de eerder genoemde data echter niet eenduidig. Toch is op basis van enkele aannames en observaties een regel hiervoor bepaald, en een complete toelichting hiervoor is te vinden in Bijlage A.3.

3.2.4 Verdeling urgenties

Voor het maken van een goede planning, moet inzichtelijk worden gemaakt hoeveel procent van de patiënten electief, semi-spoed en spoed is. Hierdoor kan de planner bijvoorbeeld beter inschatten wat het maximum aantal electieve patiënten is dat ingepland kan worden zodat er voldoende ruimte open blijft om spoed- en semi-spoedpatiënten op te kunnen vangen. Na navraag bij één van de cardiologen is een regel opgesteld om te bepalen welke urgentie toegekend moet worden aan een patiënt (zie Bijlage A.4 voor deze regel), wat heeft geleid tot de urgentieverdeling in Figuur 3.12 en Tabel 3.5.

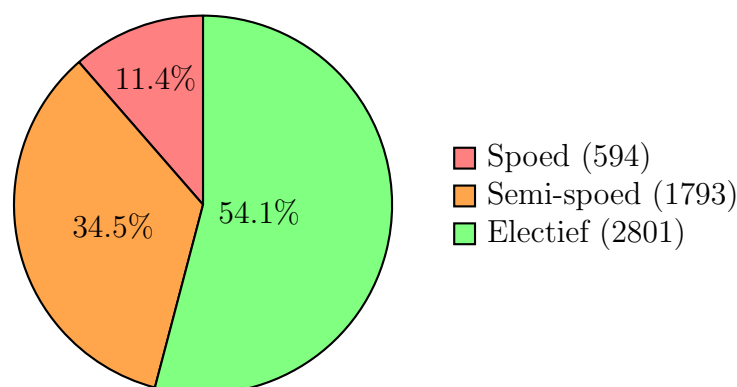


Figuur 3.12: Urgentieverdeling totaal

	2011	2012	Totaal
Aantal spoed	633	635	1268
Aantal semi-spoed	894	978	1872
Aantal electief	1362	1452	2814

Tabel 3.5: Urgentieverdeling totaal

Het is belangrijk om te weten dat hierboven ook spoedpatiënten zijn meegeteld die buiten kantooruren behandeld zijn. Daarom kan ook deze verhouding anders zijn dan verpleegkundigen verwachten. De verdeling voor procedures binnen kantooruren (dus procedures die gestart zijn binnen openings- en sluitingstijden vermeld in Tabel 2.2) zijn te vinden in Figuur 3.13. Voor het maken van de planning zijn de aantallen/verhoudingen relevanter, aangezien spoed buiten kantooruren los van de andere procedures wordt gezien qua planning.



Figuur 3.13: Urgentieverdeling totaal binnen kantooruren

Ook deze verhoudingen zijn voorgelegd aan verpleegkundigen die regelmatig spoed-procedures verwerken, en ook deze waren zeer aannemelijk.

3.2.5 Starttijden

Vanzelfsprekend is het de richtlijn dat er een patiënt aanwezig is op de openingstijd van de kamer (kwart over 8 op alle kamers, maar vanaf 1 september 2012 is dat half 10 op kamer 2). Zodoende kan de starttijd van een kamer simpel worden bepaald door het verschil te nemen van de openingstijd van de kamer en de eerste logtijd van de eerste procedure op die kamer, wat leidt tot de getallen in Tabel 3.6.

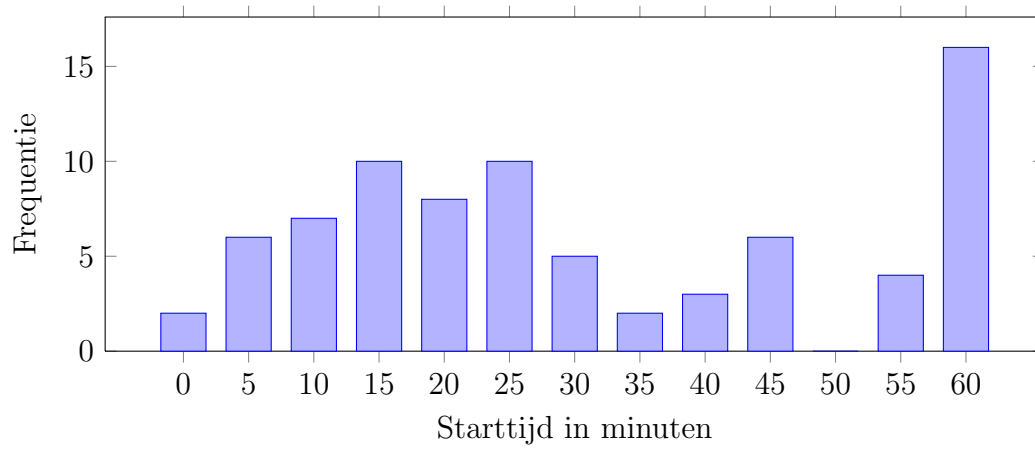
	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	79	78	81
Gemiddelde	35.53	17.69	15.14
25-% getrimde gemiddelde	28.31	9.44	9.50

Tabel 3.6: Starttijden per kamer (in minuten)

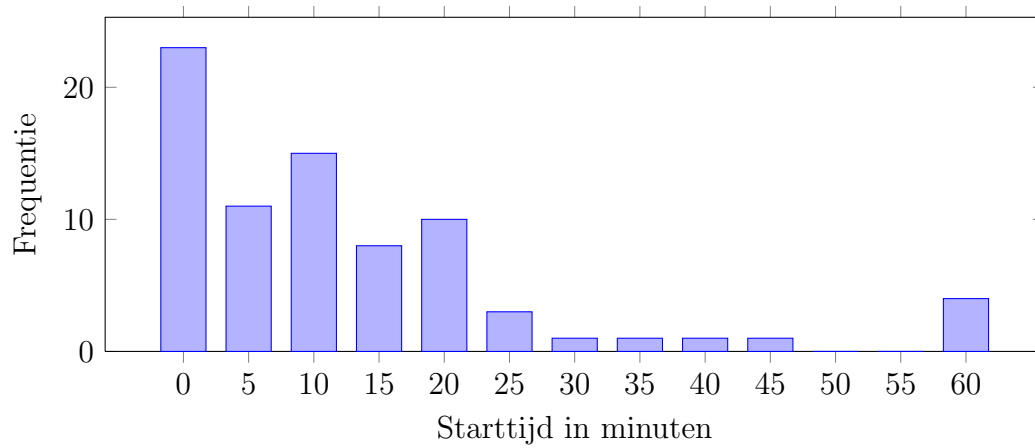
Deze getallen betreffen de starttijden vanaf 1 september 2012 t/m 31 december 2012, aangezien de starttijden sinds deze periode aanzienlijk zijn verbeterd en meer representatief zijn voor de huidige situatie. In totaal tellen deze maanden 122 dagen, maar er zijn toch ongeveer 80 metingen meegenomen in dit deel van de analyse. Dit komt omdat de weekenden en feestdagen⁴ niet zijn meegeteld, evenals de dagen waarop geen electieve patiënt is behandeld. Het verwijderen van deze dagen geeft weliswaar een beter beeld, maar het beeld is alsnog niet ideaal. Er zijn namelijk ook dagen waarop gepland in de middag werd gestart, waardoor een heleboel uitschieters het gemiddelde omhoog halen. Daarnaast wordt er regelmatig bewust later gepland in verband met andere activiteiten (presentaties, lean sessies). Om deze uitschieters te verwijderen, is ook het 25-% getrimde gemiddelde genomen, die de 25% grootste (de uitschieters) en kleinste waardes verwijdert (van de “middelste” 50% van alle

⁴Met uitzondering van Sinterklaas en oudejaarsdag, waar gewoon electieve procedures werden verricht.

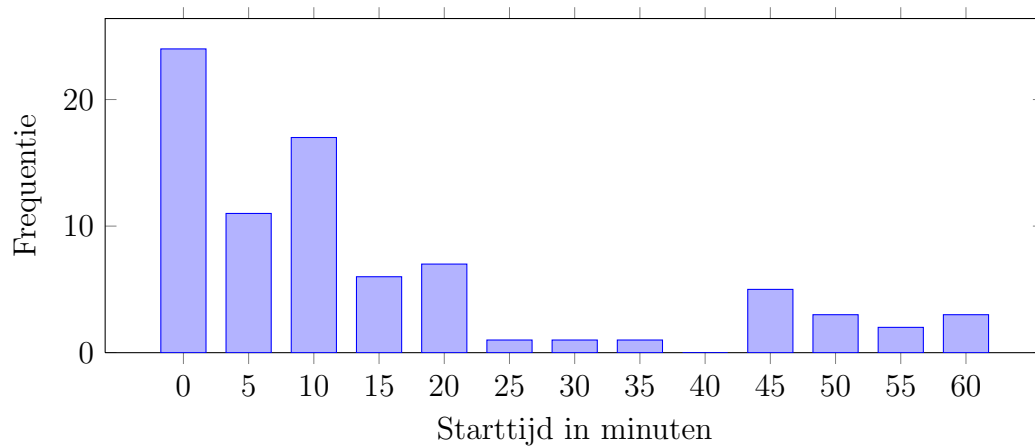
metingen is dus het gemiddelde genomen). Dat er een heleboel uitschieters zijn, is te zien aan de volgende verdeling van de starttijden, uitgesplitst per kamer.



Figuur 3.14: Verdeling starttijden kamer 1 (in minuten)



Figuur 3.15: Verdeling starttijden kamer 2 (in minuten)



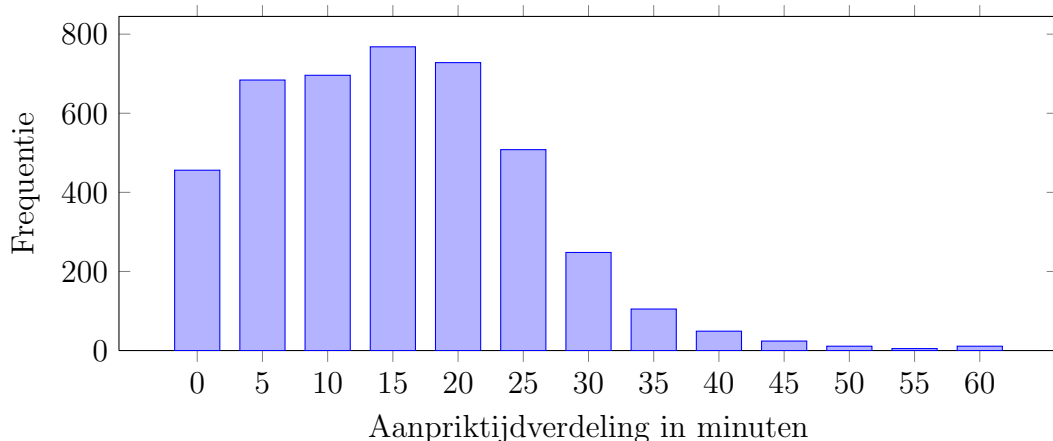
Figuur 3.16: Verdeling starttijden kamer 3 (in minuten)

Hierbij is de meest rechterstaaf het aantal metingen waarop de starttijd groter/gelijk was dan/aan 60 minuten. Wellicht kan deze staaf dus beter buiten beschouwing gelaten worden, omdat een dergelijke late starttijd vaak gepland is. Toch zijn er ook dagen geweest waarop het niet gepland is, maar het zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat software is uitgevallen of personeel ziek/later aanwezig is.

Maar zelfs wanneer deze laatste staaf buiten beschouwing gelaten wordt, is dit patroon érg opvallend, want dit suggereert bijvoorbeeld dat op bijna 50% van alle dagen op kamer 3 langer dan een kwartier na openingstijd wordt begonnen. Dit betreft dus niet eens de tijd dat de patiënt aankomt, maar de tijd dat de case in XperIM wordt aangemaakt, wat vrijwel altijd eerder is dan het moment dat de patiënt aankomt. Op kamer 1 en 2 is dit zelfs nog minder dan kamer 3, want volgens de data begint daar respectievelijk minder dan 25% en 40% binnen een kwartier na de openingstijd. Een latere starttijd voor kamer 1 is echter goed te verklaren; deze procedures zijn vaak lang en vereisen meer voorbereiding, waardoor er meer redenen kunnen zijn voor een vertraging. Bovendien komen deze patiënten van een zorgenheid die fysiek verder ligt (5C) en waar de lijnen dus iets langer zijn.

3.2.6 Aanprijktijden

Verder is het een richtlijn dat een patiënt binnen een kwartier na aankomst is aanprikt. Weliswaar is deze informatie voor dit planningsonderzoek niet relevant, maar deze analyse is enkel toegevoegd ter informatie voor HCK-medewerkers. Dit betreft namelijk de verdovingstijd en het vermoeden is dat deze tijd vaak (maar lang niet altijd) nauwkeurig is ingevuld in XperIM. Immers, op dit moment zit er altijd een verpleegkundige achter de computer, die dit tijdstip vrijwel altijd direct invult. Zodoende kan simpel eenzelfde soort grafiek worden gemaakt, waarbij het verschil is genomen van de aankomsttijd van de patiënt (ingevuld door de verpleegkundige) en de verdovingstijd van de patiënt, waaruit de verdeling in Figuur 3.17 ontstaat:



Figuur 3.17: Verdeling aanprijktijden (in minuten)

De gemiddelde aanprijktijd is 16,11 minuten, waarbij moet worden gezegd dat enkel de aanprijktijden voor dotterprocedures zijn meegenomen (aanprikken voor implantaten en EFO/ablaties gaat verschillend).

Bij deze grafiek kunnen dezelfde soort opmerkingen worden gemaakt als bij de vorige drie figuren, want de geregistreerde aankomsttijd van een patiënt is niet altijd correct ingevuld in XperIM. Zodra een patiënt binnenkomt, is het invullen van deze tijd niet het eerste wat alle verpleegkundigen doen. Sommige verpleegkundigen maken bijvoorbeeld eerst kennis met de patiënt en zorgen ervoor dat hij of zij comfortabel op het HCK-bed ligt. Wanneer dat is afgerond, ongeveer tien minuten nadat de patiënt was binnengekomen, wordt dan de “PatientInTime” ingevuld. Verpleegkundigen hoeven deze tijden niet handmatig in te vullen (al is dat wel mogelijk), want voor het gemak kunnen ze ook op een knopje klikken waardoor de huidige tijd automatisch wordt ingevuld. Het is goed te begrijpen dat het dan overbodig wordt gevonden om handmatig deze tijd aan te passen voor die vijf of tien minuten, maar het is niet ideaal voor de data analyse. Daarnaast waren er 450 procedures waarbij het aanprikken binnen 2,5 minuut gebeurde, wat wel érg snel is en misschien dus niet juist is ingevuld. Toch kan, met dit in het achterhoofd, een scherper beeld gekregen worden van de aanpriktijden en wordt deze grafiek verder aan eigen interpretatie overgelaten.

3.2.7 Wisseltijden

Eén van de grootste (zo niet, de grootste) onderdelen waar winst is te behalen, is de wisseltijd. Hiervoor moet eerst een eenduidige definitie worden gegeven. Eerder was aangegeven dat de proceduretijd was gedefinieerd als de tijd dat het personeel op de HCK bezig is met alle activiteiten bestemd voor de procedure, inclusief voorbereiding en schoonmaak achteraf (eventueel zonder dat de patiënt er is).

De wisseltijd is in dit verslag gedefinieerd als de tijd tussen twee opeenvolgende procedures binnen kantooruren, oftewel, het moment dat de laatste handeling van een procedure is afgelopen tot en met de tijd van het begin van de eerste handeling van de daaropvolgende procedure. De wisseltijd kan dus worden berekend door de starttijd van een procedure af te trekken van de eindtijd van de vorige procedure. Hierbij is vanzelfsprekend enkel gekeken naar procedures binnen kantooruren. Met het gebruik van de data kan dit dan ook simpel worden berekend, wat heeft geleid tot de statistieken in Tabel 3.7 vanaf 1 september 2012:

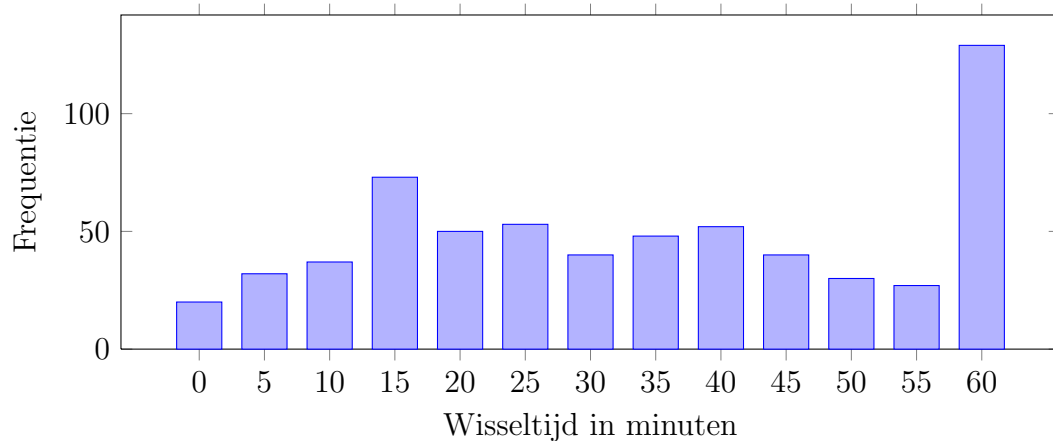
	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	108	231	331
Gemiddelde	45.32	25.42	23.73
Standaarddeviatie	35.13	25.27	24.47
25-% getrimde gemiddelde	38.83	19.55	18.13

Tabel 3.7: Wisseltijden per kamer (in minuten)

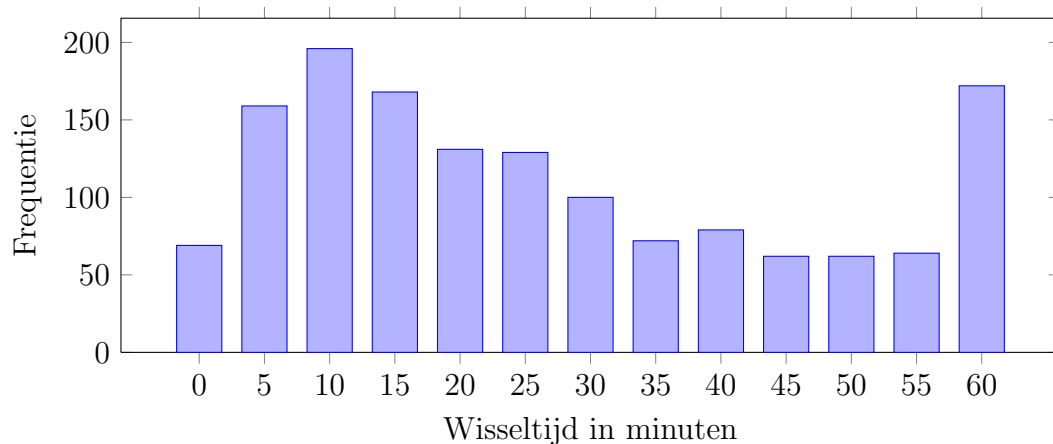
De reden waarom de wisseltijd gemiddeld hoger ligt bij kamer 1 is al genoemd (meer voorbereidingen, langere lijnen met zorgzaamheid). Deze gemiddeldes zijn hoger dan enkele verpleegkundigen hadden verwacht, maar de getallen zijn veelvuldig gecontroleerd in de oorspronkelijke dataset en geverifieerd. Deze hoge gemiddeldes zijn te verklaren door het grote aantal hoge uitschieters (weergegeven in drie figuren verder

in deze paragraaf); tussen al deze wisseltijden zitten ook pauzes en tijden dat de kamer bewust wordt vrijgehouden omdat een spoedpatiënt op komst is. Tevens is het zo dat, zodra een kamer bijvoorbeeld om 12 uur met het electieve programma klaar is, en pas om 3 uur de eerstvolgende mogelijkheid is om een semi-spoedpatiënt te behandelen, dat ook dit wordt gerekend als de wisseltijd.

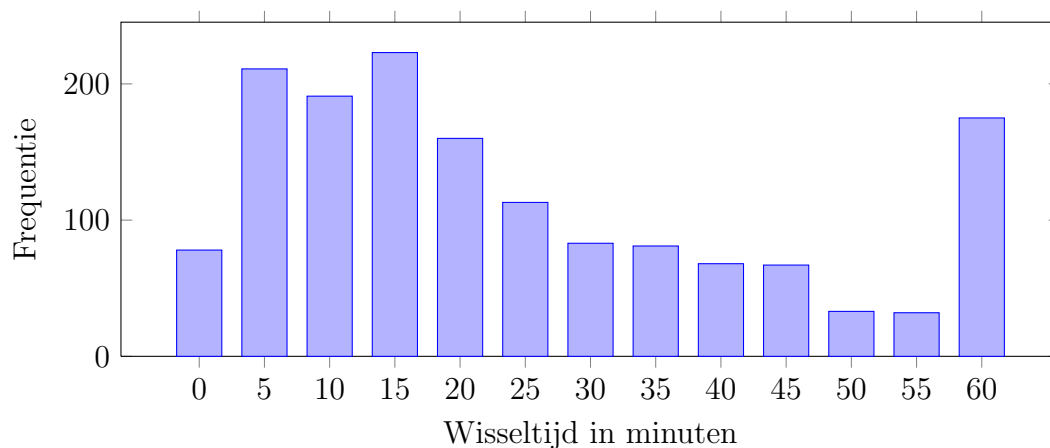
Daarom zijn de getrimde gemiddeldes wellicht meer representatief, welke alsnog vrij hoog zijn. Ter illustratie, gemiddeld worden er iets meer dan 4 à 5 procedures gedaan op een normale dag. Dit betekent dat er elke dag ongeveer anderhalf uur verloren gaat aan wisselen, wat toch een extra procedure had kunnen zijn per dag (op kamer 2 en 3). Anders gezegd, er werken minstens 3 personeelsleden op een kamer (1 arts en 2 verpleegkundigen), dus men is ongeveer 5 werkuren kwijt aan wisselen per dag per kamer, wat gelijk staat aan ongeveer 2,0 FTE. Hierbij moet natuurlijk gezegd worden dat een deel van deze wisseltijd onvermijdelijk is (kamer vrijhouden voor spoedpatiënten, of andere onvoorziene tegenslagen zoals het uitvallen van software). Voor de volledigheid zijn de verdelingen met betrekking tot de wisseltijden weergegeven waar het grote aantal uitschieters direct te zien is.



Figuur 3.18: Verdeling wisseltijden kamer 1 (in minuten)



Figuur 3.19: Verdeling wisseltijden kamer 2 (in minuten)



Figuur 3.20: Verdeling wisseltijden kamer 3 (in minuten)

Ook uit deze grafieken kan men zien dat de wisseltijden regelmatig langer lijken dan nodig, en de wisseltijden zijn dan ook voor een groot deel van het personeel een groot punt van aandacht. Enkele suggesties ter verbetering zijn zelf door het personeel al geopperd, wat verder zal worden toegelicht in hoofdstuk 5.

3.2.8 Overwerk en voorloop

Twee andere belangrijke prestatie indicatoren zijn het overwerk en de voorloop. Het overwerk is gedefinieerd als het aantal minuten dat men werkzaam is op de HCK's na de beoogde sluitingstijd (16:30). De voorloop is in feite het tegenovergestelde, namelijk de tijd dat men juist eerder klaar is. In het optimale geval zijn zowel het overwerk en voorloop op een dag gelijk aan nul. Dat betekent namelijk dat de laatste procedure precies om 16.30 klaar was, wat een optimaal gebruik aangeeft van de beschikbaar gestelde tijd. Natuurlijk is zoiets in de praktijk vrijwel onmogelijk om consistent te realiseren; immers, er is een zekere fluctuatie in de proceduretijd waardoor men altijd wel wat eerder of later klaar is dan gepland. Voor de drie HCK's is het overwerk gegeven in Tabel 3.8.

	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	79	78	81
Gemiddelde	9.92	18.49	30.79
25-% getrimde gemiddelde	1.08	2.33	10.17

Tabel 3.8: Overwerk per kamer (in minuten)

Hieruit blijkt dat er gemiddeld bijna een uur (!) wordt overgewerkt. Voor de duidelijkheid: ook dagen waarbij niet is overgewerkt zijn meegenomen in deze getallen. Hierbij is overigens gekeken naar het eindstip van de laatste electieve of semi-spoed procedure van de dag óf de laatste spoedprocedure die binnen kantooruren is begonnen (zo worden spoedprocedures in de nacht niet meegenomen). Op kamer 1 is het overwerk lager dan op de andere kamers, omdat daar minder tijd aan procedures wordt ingepland. Als er aan het einde van de dag nog een procedure gedaan moet

worden, is de voorkeur om dat op kamer 3 te doen, wat het verschil tussen kamer 2 en kamer 3 verklaart. Overigens, als er één kamer moet overwerken, is dit vanuit financieel oogpunt nog te bezien (maar niet wenselijk), want er is elke dag één team dat dienst heeft en weet dat het eventueel moet overwerken. Wanneer er twee kamers echter moeten overwerken, dan kan het wel een probleem vormen omdat dit daadwerkelijk extra kosten met zich meebrengt; gemiddeld zijn er per dag 10 minuten waarop twee kamers tegelijk overwerken. Ondanks het regelmatige overwerk, is er zelfs een nog grotere voorloop, te zien in de Tabel 3.9:

	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	79	78	81
Gemiddelde	69.05	43.93	46.89
25-% getrimde gemiddelde	39.95	22.33	16.48

Tabel 3.9: Voorloop per kamer (in minuten)

Dat de gemiddelde voorloop groter is dan het overwerk betekent dat er gemiddeld iets minder wordt ingepland dan de beschikbare capaciteit (wat begrijpelijk is omdat anders precies op het randje wordt ingepland), maar het is niet efficiënt. De afweging voorloop tegenover overwerk is dan ook een afweging die eenieder anders zou maken, waar in de volgende hoofdstukken uitvoeriger op in wordt gegaan. Zie Bijlage B.1 en B.2 voor de verdeling van het overwerk en de voorloop. Het overwerk is heel erg vaak gelijk aan nul, evenals de voorloop.

3.2.9 Bezettingsgraden

Hetgeen een grote samenhang heeft met de wisseltijd en voorloop, is de bezettingsgraad. De bezettingsgraad van een kamer is het percentage tijd dat een kamer daadwerkelijk bezet is, wat zo hoog mogelijk zou moeten zijn. Deze kan worden uitgerekend voor een bepaalde dag door alle proceduretijden op een kamer binnen kantooruren bij elkaar op te tellen en dit te delen door het aantal minuten dat de kamer open is (voor kamer 3 is dit bijvoorbeeld 495 minuten = 8 uur en 1 kwartier), wat heeft geresulteerd in Tabel 3.10. Hierbij is enkel gekeken naar de bezettingsgraden in de periode 1 september 2012 t/m 31 december 2012.

	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	79	78	81
Gemiddelde	66.35%	70.27%	73.94%
25-% getrimde gemiddelde	68.84%	74.00%	75.27%

Tabel 3.10: Bezettingsgraden per kamer (in minuten)

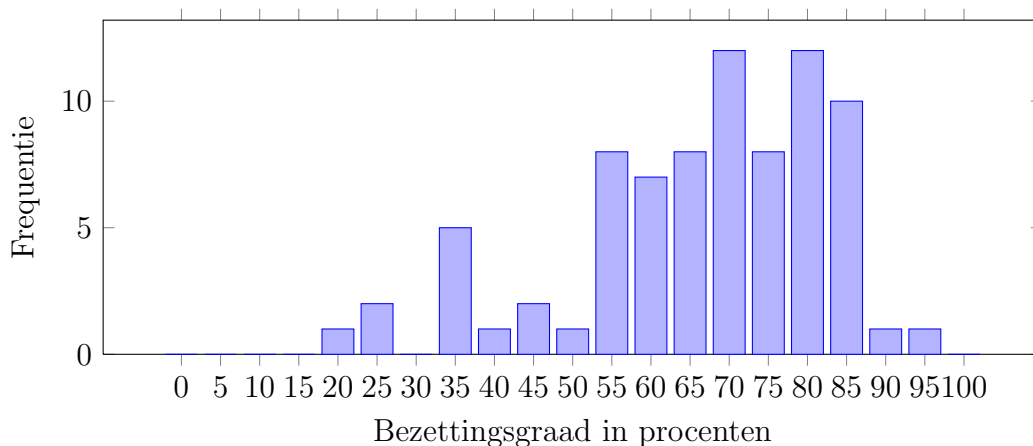
De gemiddelde bezettingsgraden liggen rond de 70%. Voor kamer 1 ligt deze enkele procenten lager, wat onder andere te verklaren is door de langere wisseltijden. Voor deze kamer is meestal geen wisselteam aanwezig, waardoor de kamer niet wordt benut gedurende de pauze. Ook wordt in zijn algemeenheid minder ingepland op kamer 1, wat betekent dat de capaciteit minder wordt benut.

Daarnaast is het belangrijk om het totaalbeeld te krijgen waarom de bezettingsgraden rond de 70% liggen. Om bijvoorbeeld kamer 3 te nemen: van de 8 uur en 15 minuten dat de kamer open is, worden *gemiddeld* 6 uur daadwerkelijk procedures uitgevoerd. Eerder is aangegeven dat de gemiddelde starttijd 15 minuten bedraagt en de wisseltijd in totaal bijna anderhalf uur is. Dan blijft er nog driekwartier van de dag over, en dit is de gemiddelde tijd tussen het einde van de laatste procedure, en de sluitingstijd van de kamer (de “voorloop”). Het komt regelmatig voor dat alle procedures simpelweg een uur of twee eerder klaar zijn. Soms komt dit vanwege de geringe vraag (met name in februari en maart dit jaar waren er opvallend weinig dotterpatiënten in te plannen), maar het kan ook zijn dat de procedures simpelweg sneller lopen dan verwacht.

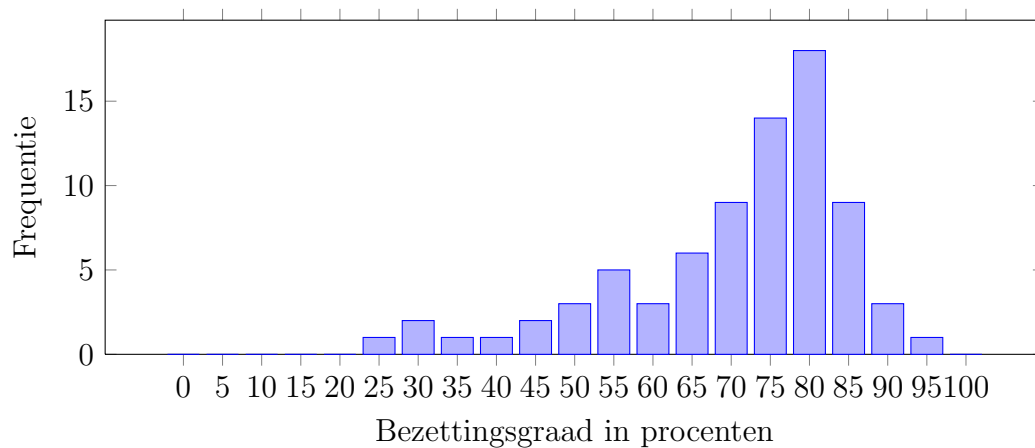
Toch blijft dit voor de planners natuurlijk lastig; het is niet mogelijk om veel meer patiënten in te plannen op een dag, omdat de kans dan te groot is dat er uitloop ontstaat (of electieve patiënten zelfs van het programma van de dag moeten worden gehaald). Procedures kunnen immers een grote variatie hebben en bovendien moet er ook voldoende ruimte open blijven om (semi-)spoedpatiënten te kunnen opvangen. Dit is het optimalisatieprobleem dat in hoofdstuk 4 onderzocht wordt. Gebaseerd op de voorgaande analyses zijn de bezettingsgraden te verklaren door drie aspecten:

- De starttijd (ongeveer 10% van de leegstand).
- De wisseltijden (ongeveer 50% van de leegstand).
- De voorloop (ongeveer 40% van de leegstand).

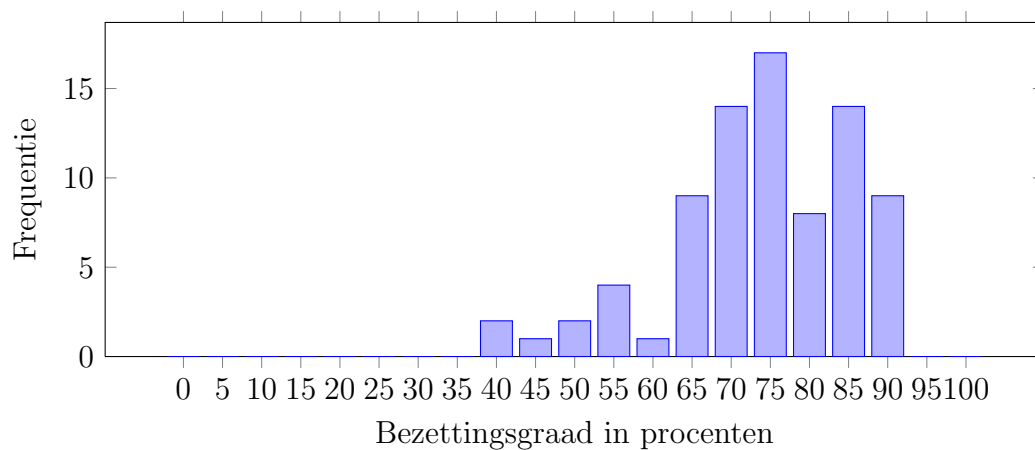
De start- en wisseltijden zijn beïnvloedbaar, maar de voorloop (en ook overwerk) zijn vanwege de fluctuatie van de proceduretijden inherent aan de onzekerheden die horen bij procedures. Om die reden is de belangrijkste conclusie van de data analyse van de HCK's dan ook dat de meeste winst te behalen is bij de start- en wisseltijden, en dat de voorloop een onvermijdbaar fenomeen is bij het huidige logistieke proces zonder dat het overwerk uit de hand loopt. Voor de volledigheid zijn de verdelingen van de bezettingsgraden per kamer hieronder weergegeven.



Figuur 3.21: Verdeling bezettingsgraden kamer 1 (in procenten)



Figuur 3.22: Verdeling bezettingsgraden kamer 2 (in procenten)



Figuur 3.23: Verdeling bezettingsgraden kamer 3 (in procenten)

3.2.10 Procedurecategorieën

Voor het optimaliseren van de planning zullen procedures worden onderverdeeld in diverse categorieën. Bij het maken van de planning volstaat het eigenlijk niet om enkel te werken met de drie proceduresoorten Dotters, Implantaten en EFO/ablaties, omdat er binnen een bepaalde soort procedure meerdere categorieën/varianten zijn met een verschillende proceduretijd en opnameduur. Bijvoorbeeld, er zijn diverse ablaties, waarbij van sommige bekend is dat ze gemiddeld anderhalf tot twee keer zo lang duren.

Bij het maken van de planning kunnen de planners vanzelfsprekend alleen werken met de informatie die vóór de procedure bekend is. Het ongunstige van de gekregen dataset is dat alleen de informatie ná de procedure bekend is. Daarom wordt enkel gewerkt met categorieën waarvan men weet dat de patiënt tot die categorie behoort. Er is voor gekozen om categorieën te kiezen waarvoor genoeg metingen waren (minstens 40 van het type per jaar), waarvoor de volgende gegevens worden meegenomen/berekend:

- $\#$ = het aantal procedures dat in 2012 *gemiddeld per week* onder deze categorie viel.
- μ_v = de gemiddelde voorzorg van deze procedurecategorie (in dagen).
- σ_v = de standaarddeviatie van de voorzorg van deze procedurecategorie.
- μ_p = de gemiddelde proceduretijd van deze procedurecategorie (in uren).
- σ_p = de standaarddeviatie van de proceduretijd van deze procedurecategorie.
- μ_n = de gemiddelde nazorg van deze procedurecategorie (in dagen).
- σ_n = de standaarddeviatie van de nazorg van deze procedurecategorie.

Merk op dat dit getallen zijn die worden gezien vanuit de informatie vóór de procedure (dus bij de diagnose). Deze getallen zijn voornamelijk gebaseerd op de data, en handmatig afgerond en/of gecorrigeerd waar nodig. De bijbehorende aantallen per week en genoemde uren zijn gegeven in de Tabel 3.11.

Categorie	#	μ_v	σ_v	μ_p	σ_p	μ_n	σ_n
DotterSCAR	18	0	0	1,33	0,5	0,2	0,1
Dotter5B	1	0	0	1,5	0,6	0,8	0,5
SwanGanz5C	1	1	0,5	1,25	0,6	0,5	0,6
Implantaat5C	5	*	*	2	0,75	0,7	0,7
KorteAblatie5C	2	*	*	2,5	0,9	0,75	0,4
LangeAblatie5C	3	*	*	3,5	0,8	0,5	0,6
SemiDotter5B	5	2	2,3	1,25	0,5	1,1	1,1
SemiDotterCCU	5	0,7	1,2	1,2	0,3	0,8	1,8
SemiDotterEHH	1	0,5	0,4	1,05	0,5	0,2	0,2
SemiDotterSCAR	5	0,1	0,1	1,2	0,5	0,2	0,1
SemiImplantaat5B	1	0,5	0,4	1,5	0,6	2,6	4,4
SpoedDotterCCU	4	0,1	0,2	1,0	0,4	0,6	1,1
SpoedDotterEHH	2	0,1	0,2	1,0	0,5	0,2	0,2

Tabel 3.11: Gemiddelde aantallen procedures per week

Wanneer er een * bij de voorzorgtijd is aangegeven, houdt dat in dat dit afhankelijk is van het tijdstip van de dag waarop de procedure plaatsvindt. Als een patiënt voor een implantaat in de ochtend staat ingepland op de HCK's, dan wordt hij of zij de dag van tevoren opgenomen. Mits de patiënt in de middag is ingepland, mag hij of zij diezelfde ochtend worden opgenomen. Deze informatie zal worden gebruikt in de volgende hoofdstukken.

Afsluitende opmerkingen Toelichting met betrekking tot de precieze totstandkoming van deze gegevens is te vinden in Bijlage A.2.2 (eventueel voor eenieder die deze getallen wilt herproduceren). Een data analyse (oftewel, alle grafieken in deze paragraaf) voor een specifieke HCK is te vinden in Bijlage B.

Tevens wordt aanbevolen enkele extra gegevens / data bij te houden om de huidige situatie beter in kaart te brengen, die worden genoemd in in Bijlage C. Hoewel de verschafte data namelijk veel informatie bood, moeten er meer gegevens worden bijgehouden om nauwkeurige uitspraken te doen.

Hoofdstuk 4

Optimalisatiemethoden

Het optimaliseren van de planning behoort tot het meest complexe deel van dit onderzoek. Om die reden is het onvermijdelijk dat diverse wiskundige technieken worden gebruikt die voor een aanzienlijk deel minder toegankelijk zullen zijn. Er is getracht om het begin van dit hoofdstuk op een dusdanige manier te beschrijven zodat de globale ideeën duidelijk zijn. Oftewel, ook zonder een wiskundige achtergrond zou men dit deel van dit hoofdstuk moeten kunnen begrijpen, waarbij de wiskundige notatie en vergelijkingen overgeslagen kunnen worden. Toch is het mogelijk om direct naar het volgende hoofdstuk (scenario's en resultaten) te gaan zonder dit hoofdstuk te hebben gelezen.

In paragraaf 4.1 wordt het probleem in grote lijnen uiteengezet, waarna in paragraaf 4.2 relevante literatuur aan dit onderzoek wordt besproken. Vervolgens beschrijft paragraaf 4.3 een initieel model die de kern van het bedrijfsproces modelleert. Dit zogenoemde “basis ILP-model” bevat echter een groot deel van de praktische factoren niet, terwijl juist deze het maken van de planning bemoeilijkt. Om die reden zal in de daaropvolgende paragrafen telkens een realistische uitbreiding op het model worden gemaakt, zodat men kan zien hoe het model stap voor stap dichterbij de werkelijkheid komt en dus de gewenste resultaten kan leveren.

4.1 Probleemstelling

Feitelijk bestaat het maken van een planning simpelweg uit het toewijzen van procedures (patiënten) van een bepaalde categorie aan een tijdstip. Echter, elke procedurecategorie heeft:

- Een gemiddelde vraag (bijv. per jaar of per week).
- Een voorbereidingsduur.
- Een gemiddelde proceduretijd op een HCK en bijbehorende standaarddeviatie.
- Een gemiddelde nazorgtijd op een zorgenheid en bijbehorende standaarddeviatie.

Uiteindelijk moeten deze procedures op een dusdanige manier worden gepland, zodanig dat de zogenoemde doelstellingsfunctie wordt geoptimaliseerd. De doelstellingsfunctie is een term die in de wiskunde wordt gebruikt als “hetgeen dat moet worden geoptimaliseerd”. Voor de meeste reguliere bedrijven is de doelstellingsfunctie vaak “winst”, maar voor dit onderzoek bestaat de doelstellingsfunctie uit meerdere factoren (of prestatie maatstaven), zoals:

- Het aantal uitgevoerde procedures.
- Het verwachte overwerk voor het personeel.
- De stabiliteit van de bezettingsgraad (en dus werkdruk) op de zorgeenheden, oftewel, de verwachte overbezetting.
- De mate waarin (semi-)spoedpatiënten kunnen worden opgevangen.
- De verwachte wachttijd van een patiënt voor een procedure. Voor electieve patiënten is dit uit te drukken in het aantal dagen dat thuis gewacht moet worden, terwijl deze wachttijd in minuten wordt uitgedrukt voor spoedpatiënten, aangezien de wachttijd vanzelfsprekend veel minder zou moeten zijn.

Weliswaar tellen bepaalde factoren zwaarder dan anderen, maar hoe belangrijk elk van deze factoren is, is subjectief. Verder moet hierbij zo goed mogelijk rekening worden gehouden met personele randvoorwaarden (bijvoorbeeld beschikbaarheden) en de mogelijkheden om procedures op bepaalde kamers en/of dagen uit te voeren.

4.2 Literatuur

Voor de optimalisatiemethoden worden enkele technieken uit de literatuur gebruikt, al is het exacte probleem voor de HCK's niet in de literatuur bekend en niet genoemd in het grootste literatuuroverzicht tot nu toe [4]. Ten eerste is het goed om te noemen dat in de praktijk tal van voorbeelden zijn waarin aangetoond is dat variabiliteitsanalyse de kosten verlaagt terwijl de kwaliteit van de zorg behouden wordt of zelfs beter wordt [6].

Tevens worden enkele aannames uit de literatuur verder gebruikt: ligduren zijn lognormaal verdeeld [9], want de kans op hoge uitschieters is in de praktijk hoger dan lage uitschieters. Dit geldt overigens niet voor proceduretijden, die op basis van eigen experimenten dichter bij een normale verdeling lijken te zijn (al verschilt dit per procedure). Toch zijn er enkele uitdagingen en kansen om de zorg te verbeteren [5], wat met name komt doordat het merendeel van de huidige wiskundige modellen niet toepasbaar zijn. Vaak worden aannames gedaan die de praktische complexiteit negeren, waardoor de oplossingen niet representatief zijn voor de realiteit.

Voor het planningsprobleem van de HCK's is weinig bekend, omdat in de literatuur vaak alleen de overbezetting op afdelingen wordt geminimaliseerd zonder het overwerk op HCK's (of operatiekamers) te minimaliseren zoals in [1, 2, 7, 8]. Zelfs zonder de HCK's erbij te betrekken, blijkt het probleem zeer moeilijk oplosbaar te zijn [3], wat in de theoretische informatica en toegepaste wiskunde ook "NP-moeilijk" wordt genoemd, waardoor het op te lossen probleem niet triviaal is en zelf enige creativiteit vereist.

4.3 Basis ILP-model

Het optimaliseren van planningsmethoden kan op diverse manieren, maar een veelgebruikte (en daarom gehanteerde) methode is Geheeltallig Lineair Programmeren¹. Voor een goed begrip van de wiskundige implementatie van het model, is kennis omtrent Geheeltallig Lineair Programmeren vereist; toch zal bij elk stuk wiskunde een toelichting worden gegeven die voor een breder publiek begrijpelijk zou moeten zijn.

Bij het maken van de planning kan men met verschillende factoren rekening houden, maar wanneer teveel in het model wordt meegenomen, kan het probleem onnodig ingewikkeld gemaakt worden. Daarom wordt in deze paragraaf eerst een “basis ILP-model” voorgesteld, waarin de fundamentele onderdelen van het model in ieder geval zijn meegenomen. Vervolgens wordt in de volgende paragrafen dit basismodel uitgebreid totdat het zo dicht mogelijk bij de realiteit komt. Tevens is het de moeite waard om te vermelden dat de modellen in dit hoofdstuk generiek zijn gemaakt, zodat deze getallen makkelijk aangepast kunnen worden en dit model eventueel ook in een ander onderzoek toegepast kan worden. Bijvoorbeeld, er is bekend dat er 3 operatiekamers zijn in dit onderzoek, maar het model is op een dusdanige manier opgebouwd dat het nog steeds kan worden opgelost indien er elk ander aantal operatiekamers beschikbaar zou zijn; hetzelfde geldt voor het aantal afdelingen, openingstijden per kamer, etc.

In het basismodel wordt aangenomen dat er K kamers (operatiekamers of HCK's) zijn voor procedures, en A afdeling (of zorgeenheden) voor voor- en nazorg. Er wordt aangenomen dat elke patiënt altijd een procedure ondergaat, én altijd op de afdeling ligt (ter voor- en nazorg). De planning wordt gemaakt voor een bepaalde duur van D dagen, waarbij het voor de hand ligt om deze in de praktijk te stellen aan 7 voor een weekplanning. Verder vereist elke patiënt één van de C categorieën van procedures, waarvoor elke categorie een eigen kansverdeling² heeft voor zowel de proceduretijd op een kamer als de ligduur op de een afdeling. Om die reden worden de volgende (stochastische) variabelen geïntroduceerd:

O_c = benodigde opnameduur (in dagen) voor categorie c op een afdeling

P_c = benodigde proceduretijd (in uren) voor categorie c op een kamer

Er wordt van uitgegaan dat de (kans)verdelingen van zowel O_c als P_c bekend zijn, die in dit onderzoek zijn geschat op basis van de data analyse. Zoals eerder aangegeven bestaat het maken van de planning uit het toewijzen van procedures aan tijdsslots en om die reden wordt de volgende beslissingsvariabele geïntroduceerd:

x_{cd} = # ingeplande patiënten van categorie c op dag d

¹Beter bekend onder de Engelse benaming, Integer Linear Programming (ILP).

²Een kansverdeling is een begrip uit de kansrekening waaruit men kan aflezen hoe groot de kans is dat een bepaalde waarde wordt aangenomen. Een mogelijke kansverdeling voor de proceduretijd is bijvoorbeeld dat er een 20% kans is dat deze 30 minuten duurt, 50% voor 45 minuten en 20% voor 60 minuten.

Ten slotte is de volgende informatie nodig voordat een eerste ILP-model opgesteld kan worden:

T_{dk} = beschikbare tijd voor procedures van kamer k op dag d

B_{ad} = # beschikbare bedden op afdeling a op dag d

Voorlopig is het doel van het eerste model dus om het aantal uitgevoerde procedures te maximaliseren, wat later in dit hoofdstuk wordt aangepast. Verder moet gelden dat de verwachte totale proceduretijd korter is dan de beschikbare tijd voor procedures én het verwachte aantal bezette bedden op de afdelingen kleiner of gelijk is aan het aantal beschikbare bedden. Deze doelstelling en twee voorwaarden kunnen als volgt beschreven worden middels een ILP-model:

$$\max \sum_{c=1}^C \sum_{d=1}^D x_{cd} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{c=1}^C \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{cd} \leq \sum_{k=1}^K T_{dk} \quad d \in [D] \quad (2)$$

$$\sum_{c=1}^C \sum_{i=0}^{\infty} \mathbb{P}(O_c \geq i) \cdot x_{c,d-i} \leq \sum_{a=1}^A B_{ad} \quad d \in [D] \quad (3)$$

$$x_{cd} \in \mathbb{N}_0 \quad (4)$$

Qua notatie geldt dat “[D]” gelijk staat aan de verzameling $\{1, \dots, D\}$. De doelstellingsfunctie (1) geeft aan dat het aantal procedures gemaximaliseerd moet worden, terwijl de eerste voorwaarde (2) beschrijft dat de som van de verwachte proceduretijden kleiner dan of gelijk is aan de som van de openingstijden van de kamers. Merk op dat dit eigenlijk nog een probleem kan veroorzaken, wat dan ook één van de gebreken van dit basismodel is. Stel nu dat er 3 kamers zijn die allen slechts 2 uur open zijn op een bepaalde dag, dan zou een procedure van 6 uur volgens dit model ingepland kunnen worden. Aangezien een procedure maar op één kamer kan, zou dit 4 uur overwerk leveren op die kamer (terwijl de andere kamers leeg zouden zijn). Met andere woorden, hoewel de tijd aan procedures op een bepaalde dag minder is dan de totale mogelijke proceduretijd op alle kamers, betekent dat niet dat er nadien een rooster te maken is zodat alle drie kamers apart ook op tijd eindigen naar verwachting.

Dit probleem is ontstaan omdat de beslissingsvariabele x_{cd} niet aangeeft op welke kamer deze procedure gedaan hoeft te worden. Hoewel de oplossing is om de beslissingsvariabelen uit te breiden (x_{cdk}), wordt hier pas aan het einde van dit hoofdstuk op ingegaan, omdat deze oplossing de rekentijd van het oplossen van dit ILP-model aanzienlijk laat stijgen (en mogelijk in de praktijk dus niet bruikbaar is). Merk overigens op dat dit probleem (nog) niet speelt bij de afdelingen. Stel dat er in totaal 10 bedden zijn, dan kan dit voorlopig makkelijk gesplitst worden naar 2 afdelingen met 5 bedden zonder dat er logistieke problemen ontstaan.

De tweede voorwaarde (3) geeft aan dat het aantal verwachte bezette bedden

maximaal het beschikbare aantal bedden per dag is. Voor elke dag d wordt dan gekeken naar het aantal patiënten dat in de dagen ervoor is opgenomen, en wordt bekeken wat de kans is dat ze nog steeds op dag d er liggen³. Merk dus op dat er voorlopig de volgende aannames zijn gedaan:

- Elke categorie procedure kan gedaan worden op elke kamer en dag.
- Er zijn geen (semi-)spoedpatiënten.

Vanzelfsprekend zijn elk van de bovengenoemde aannames niet waar, maar het model zal in de volgende paragrafen worden uitgebreid zodat het model de bovenstaande factoren (in die volgorde) allemaal kan meenemen.

4.4 Compatibiliteiten

Vanwege beperkte apparatuur per operatiekamer kunnen bepaalde categorieën (van procedures) niet op elke kamer behandeld worden en ook niet op elke dag, in verband met beschikbaarheden van bijvoorbeeld artsen. Daarnaast geldt dat elke patiënt ook niet op elke afdeling behandeld kan worden (mogelijk vanwege specialisaties in opleidingen). Voor de kamers, afdelingen, maar ook de dagen geldt dus dat er slechts een bepaalde verzameling van categorieën behandeld kan worden. Om hiermee rekening te houden worden de volgende verzamelingen geïntroduceerd, die vooraf bekend zouden moeten zijn:

α_a = verzameling categorieën die opgenomen kunnen worden op afdeling a

δ_d = verzameling categorieën die behandeld kunnen worden op dag d

κ_k = verzameling categorieën die behandeld kunnen worden op kamer k

Waarvoor er geldt dat $\alpha_a, \delta_d, \kappa_k \subseteq \{1, \dots, C\}$ voor alle $a = 1, \dots, A$, $d = 1, \dots, D$ en $k = 1, \dots, K$. Door deze uitbreiding moeten de capaciteiten van alle afdelingen/operatiekamers gesplitst worden, wat simpel mogelijk is als de beslissingsvariabele uitgebreid wordt zodat de kamer en afdeling erin betrokken worden:

$$x_{acdk} = \# \text{ patiënten van categorie } c \text{ op dag } d \text{ op kamer } k \text{ en afdeling } a$$

Waarna het bijbehorend ILP-model er als volgt uit ziet:

³Wiskundig detail: het ligt voor de hand om te bekijken hoeveel patiënten zijn opgenomen op dag $d - i$ te kijken en te zien wat de kans is dat deze er minstens i dagen liggen (voor alle i), maar eigenlijk moet de veel ingewikkeldere subindex $((d - i - 1 + iD) \bmod D) + 1$ gekozen worden. De reden hiervoor is dat de planning cyclisch is; dat wil zeggen, alleen de dagen $d = 1, \dots, D$ bestaan, en dag -3 bestaat dus niet. Het is weliswaar een omslachtige manier om te bepalen wat bijbehorende weekdag is (bijv. dinsdag), maar is de snelst mogelijke manier om het te implementeren.

$$\max \sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \sum_{d:c \in \delta_d} \sum_{k:c \in \kappa_k} x_{acdk} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{acdk} \leq T_{dk} \quad d \in [D]; k \in [K] \quad (2)$$

$$\sum_{c=1}^C \sum_{k:c \in \kappa_k} \sum_{i=0}^{\infty} \mathbb{P}(O_c \geq i) \cdot x_{a,c,d-i,k} \leq B_{ad} \quad a \in [A]; d \in [D] \quad (3)$$

$$x_{acdk} \in \mathbb{N}_0 \quad (4)$$

Theoretisch gezien is dit precies, maar een voorwaarde met een oneindige som is niet implementeerbaar. Om die reden wordt de oneindige som afgekapt tot een groot getal, bijvoorbeeld het getal i waarvoor geldt dat $\mathbb{P}(O_c \geq i) \leq 0,00001$. Dit betekent dat de kans dat een patiënt langer op een afdeling ligt dan i dagen kleiner is dan 0,001 %, wat men als verwaarloosbaar klein kan beschouwen.

In de volgende paragraaf zal eerst een overzicht van de gebruikte notatie op een rijtje worden gezet (welke deels al is gegeven) waarna het wordt uitgebreid tot een model dat ook (semi-)spoedpatiënten en de benodigde openingstijden per kamer kan uitrekenen, alsmede het optimale aantal bedden per afdeling.

4.5 Overzicht notatie

In een uitgebreid model worden de volgende beslissingsvariabelen en tevens prestatemaatstaven gebruikt:

x_{acdk} = # patiënten van categorie c op dag d op kamer k en afdeling a

τ_{dk} = openingstijd van kamer k op dag d in uren

ν_{dk} = verwachte uitloop op kamer k op dag d in uren

β_{ad} = beschikbare aantal bedden op afdeling a op dag d

ω_{ad} = verwachte overbezette bedden op afdeling a op dag d

Hierbij geldt dat τ_{dk} en β_{ad} ook constant kunnen zijn (wat waarschijnlijk voor β_{ad} het geval zal zijn). Gegeven constanten voor de planningshorizon D :

$B_{min,a}$ = minimum # te reserveren bedden op afdeling a

$B_{max,a}$ = maximum # te reserveren bedden op afdeling a

$E_{min,c}$ = minimale # in te plannen electieve procedures van categorie c

$E_{max,c}$ = maximale # in te plannen electieve procedures van categorie c

$T_{min,k}$ = minimale openingstijd van kamer k

$T_{max,k}$ = maximale openingstijd van kamer k

$V_{\tau,k}$ = verlies per geopende uur van kamer k (personeelskosten)

$V_{v1,k}$ = verlies voor het eerste uur uitloop op kamer k

$V_{v2,k}$ = verlies per uur uitloop na het eerste uur op kamer k

$V_{\beta,a}$ = verlies per gereserveerde bed op afdeling a (personeelskosten)

$V_{\omega1,a}$ = verlies per eerste overbezette bed op afdeling a

$V_{\omega2,a}$ = verlies overbezette bed na het eerste overbezette bed op afdeling a

W_c = opbrengst voor het behandelen van procedure c

Er is dus een onderscheid gemaakt tussen het verlies voor het eerste uur uitloop, en het verlies per uitloop na het eerste uur. De achterliggende aanname is dat het personeel het niet erg vindt om ongeveer een half uurtje uit te lopen, omdat dit ook bij hun werk hoort. Echter, wanneer de uitloop te lang wordt, kan men dit wél als een probleem ervaren omdat dit teveel invloed kan hebben op de tevredenheid van het personeel. Om die reden is het eerste uur uitloop minder erg dan de uitloopuren erna, oftewel, $V_{v1,k} < V_{v2,k}$ voor alle $k \in [K]$. Voor overbezetting op afdelingen geldt een andere reden: een eerste overbezette bed kan met kunst- en vliegwerk worden opgelost, maar wanneer er twee (of meer) bedden tekort zijn, past dit fysiek niet meer en moeten patiënten buiten wachten voor opname. Verder is er dus een minimum én maximum gegeven voor:

- het aantal bedden te gebruiken op een afdeling; er kan een minimum > 0 zijn wegens arbeidsvoorwaarden, en er kan een maximum zijn vanwege plaatsgebrek (of onvoldoende personeel).
- het aantal in te plannen electieve procedures van een categorie; er kan een minimum > 0 zijn omdat al aan sommige patiënten is toegezegd dat ze bijv. deze week geholpen kunnen worden, en er kan een maximum zijn omdat er simpelweg niet genoeg patiënten van deze categorie zijn.
- de openingstijd per operatiekamer; er kan een minimum > 0 zijn wegens arbeidsvoorwaarden (bijv. er moet altijd minstens 4 uur gewerkt worden, omdat het personeel onvriendelijk is om men op te roepen voor 3 uur of minder werk), en er kan een maximum zijn vanwege arbeidsvoorwaarden (bijv. er mag maar maximaal 9 uur gewerkt worden per dag).

Gegeven verzamelingen:

α_a = verzameling categorieën die opgenomen kunnen worden op afdeling a

δ_d = verzameling categorieën die behandeld kunnen worden op dag d

κ_k = verzameling categorieën die behandeld kunnen worden op kamer k

Gegeven stochasten:

O_c = benodigde opnameduur (op een afdeling) voor categorie c in dagen

P_c = benodigde proceduretijd (op een operatiekamer) voor categorie c in uren

Z_{cd} = # (semi-)spoedpatiënten van categorie c op dag d

4.6 Model zonder variabiliteit

In het onderstaande model zonder variabiliteit, wordt allereerst gekeken of de verwachting van de proceduretijden binnen de beschikbare tijd ligt (HCK's), evenals of de verwachting van het aantal bezette bedden lager is dan de capaciteit (afdelingen). We kijken dus eerst naar de zogenoemde deterministische variant. De doelstellingsfunctie en voorwaarden zullen nadien worden toegelicht.

$$\min \quad \Pi(x, \tau, v, \beta, \omega) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{c=1}^C \sum_{k:c \in \kappa_k} \sum_{i=0}^{\infty} \mathbb{P}(O_c \geq i) \cdot x_{ac(d-i)k} \leq \beta_{ad} + \omega_{ad} \quad a \in [A]; d \in [D] \quad (2)$$

$$\sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{acdk} \leq \tau_{dk} + v_{dk} \quad d \in [D]; k \in [K] \quad (3)$$

$$B_{\min,a} \leq \beta_{ad} \leq B_{\max,a} \quad a \in [A]; d \in [D] \quad (4)$$

$$E_{\min,c} \leq \sum_{a:c \in \alpha_a} \sum_{d:c \in \delta_d} \sum_{k:c \in \kappa_k} x_{acdk} \leq E_{\max,c} \quad c \in [C] \quad (5)$$

$$T_{\min,k} \leq \tau_{dk} \leq T_{\max,k} \quad d \in [D]; k \in [K] \quad (6)$$

$$\omega_{ad} \geq 0 \quad a \in [A]; d \in [D] \quad (7)$$

$$v_{dk} \geq 0 \quad d \in [D]; k \in [K] \quad (8)$$

$$x_{acdk} \in \mathbb{N}_0 \quad (9)$$

Toelichting doelstellingsfunctie De doelstellingsfunctie $\Pi(x, \tau, v, \beta, \omega)$ (waarbij x een vier-dimensionale matrix is, en τ, v, β, ω allen twee-dimensionale matrices) bestaat uit vijf termen:

$$\Pi(x, \tau, v, \beta, \omega) = \pi_W(x) - \pi_\tau(\tau) - \pi_v(v) - \pi_\beta(\beta) - \pi_\omega(\omega)$$

welke zijn gedefinieerd als volgt:

- $\pi_W(x)$ is de verwachte winst die is verkregen uit het aantal electieve procedures dat wordt gedaan binnen de planningsperiode. Aangezien W_c gedefinieerd is als de winst voor het behandelen van procedure c , betekent dat simpelweg dat $\pi_W(x) = \sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \sum_{d:c \in \delta_d} \sum_{k:c \in \kappa_k} W_c \cdot x_{acdk}$.
- $\pi_\tau(\tau)$ is het totale verlies aan personele/operationele kosten vanwege de openingstijden van de operatiekamers, dus $\pi_\tau(\tau) = \sum_{d=1}^D \sum_{k=1}^K V_{\tau,k} \cdot \tau_{dk}$.

- $\pi_v(v)$ is het totale verwachte verlies dat wordt gemaakt aan uitloop op operatiekamers, dus $\pi_v(v) = \sum_{d=1}^D \sum_{k=1}^K V_{v,k} \cdot v_{dk}$. Voor het overzicht is niet weergegeven dat het eerste uitlooppuur zwaarder weegt, maar dat is wel in het model geïmplementeerd door middel van een extra variabele voor de uitloop $v_{1,dk}$ die maximaal 1 is, en een $v_{2,dk}$ die elke positieve waarde mag aannemen.
- $\pi_\beta(\beta)$ is het totale verlies aan personele/operationele kosten vanwege de beschikbare bedden op de afdelingen, dus $\pi_\beta(\beta) = \sum_{a=1}^A \sum_{d=1}^D V_{\beta a} \cdot \beta_{ad}$.
- $\pi_\omega(\omega)$ is het totale verwachte verlies dat wordt gemaakt aan overbezetting op afdelingen, dus $\pi_\omega(\omega) = \sum_{a=1}^A \sum_{d=1}^D V_{\omega a} \cdot \omega_{ad}$.

Toelichting voorwaarden

- Voorwaarde (2) geeft aan dat de som van de ingeplande procedures op elke kamer per dag, minder moet zijn dan de openingstijd van de kamer plus de uitloop van die kamer. Omdat de uitloop van de kamer v_{dk} een beslissingsvariabele is die moet worden geminimaliseerd, is dit een zachte voorwaarde (waarvan altijd kan worden voldaan). In deze voorwaarde zijn (semi-)spoedpatiënten nog niet meegenomen die mogelijk ook op de kamers moeten worden behandeld, wat vanzelfsprekend effect heeft op de aangeraden openingstijd van de kamer. Een simpele manier om spoedpatiënten mee te nemen is door $x_{ac(d-i)k}$ te vervangen door $\left(x_{ac(d-i)k} + \frac{\mathbb{E}(Z_{cd})}{|\{k : c \in \kappa_k\}|}\right)$. Hierbij is $\mathbb{E}(Z_{cd})$ het verwachte aantal (semi-)spoedpatiënten van categorie c op dag d , en $|\{k : c \in \kappa_k\}|$ is het aantal kamers waarop deze patiënten kunnen worden behandeld. De deling ervan is dus het aantal (semi-)spoedpatiënten dat gemiddeld op een kamer wordt behandeld, ervan uitgaande dat deze patiënten evenredig naar verwachting over de kamers verdeeld worden.
- Voorwaarde (3) geeft aan dat de verwachte bezetting op elke afdeling per dag, minder moet zijn dan het aantal gereserveerde bedden (de capaciteit) plus het aantal overbezette bedden (eveneens een zachte voorwaarde). Ook hier kunnen (semi-)spoedpatiënten worden meegenomen door $x_{ac(d-i)k}$ te vervangen door $\left(x_{acd} + \frac{\mathbb{E}(Z_{cd})}{|a:c \in \alpha_a|}\right)$. In het model kan ook simpel verzorg van patiënten worden verwerkt door de term $\sum_{i=1}^{\infty} \mathbb{P}(\text{“aantal dagen verzorg van categorie } c\text{”} \geq i) \cdot x_{ac(d+i)k}$ aan de linkerkant van het ongelijkheid-teken toe te voegen (niet toegevoegd voor het overzicht).
- Voorwaarden (4), (5) en (6) geven aan dat respectievelijk het aantal gereserveerde bedden, electieve procedures per categorie en openingstijd per kamer tussen diens voorgeschreven minimum en maximum moeten liggen. Dit zijn wél harde voorwaarden.
- Voorwaarden (7) en (8) geven aan dat de verwachte uitloop per kamer en verwachte overbezetting per afdeling minstens 0 is (waardoor geen beloning wordt gegeven voor onderbezetting).

- Voorwaarde (9) is de standaard eis dat het aantal electieve procedures per dag niet negatief mag zijn en geheeltallig moet zijn.

4.7 Model met variabiliteit

In het vorige model is de stochasticiteit van procedures en opnameduren echter onvoldoende meegenomen. Er werd gekeken of de verwachte totale proceduretijd kleiner was dan de openingstijd en indien dat zo is, detecteert het model geen uitloop. Een slordige methode om een indicatie van de uitloop te krijgen, is om de openingstijd te vermenigvuldigen met een bepaalde factor kleiner dan 1. Bijvoorbeeld, stel dat deze factor gelijk is aan 0,8, dan wordt naar verwachting maar 80% ingepland, en alles wat erna extra wordt ingepland wordt gezien als de gemiddelde uitloop. Wiskundig gezien is dit onnauwkeurig, maar het produceert uitstekende resultaten.

Om beter variabiliteit mee te nemen, wordt in deze uitbreiding van dit model aangenomen dat de som van enkele proceduretijden normaal verdeeld is, waarna de kansverdeling van de *totale* proceduretijd eveneens normaal verdeeld is, met:

$$\mu_{d,k} = \sum_{a=1}^A \sum_{c=1}^C \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{acd}, \quad \sigma_{d,k}^2 = \sum_{a=1}^A \sum_{c=1}^C \text{Var}(P_c) \cdot x_{acd}$$

voor $d = 1, \dots, D$ en $k = 1, \dots, K$, waarbij $\mu_{d,k}$ en $\sigma_{d,k}^2$ respectievelijk het gemiddelde en de variantie zijn van de totale proceduretijd op dag d en kamer k . Hierdoor kan men nu verwachting van de uitloop op elke kamer en dag berekenen door middel van de volgende integraal (verwachte overschot van de normale verdeling, met T de openingstijd):

$$v = \int_T^\infty (t - T) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt$$

Eenzelfde soort term kan worden gemaakt voor de verwachte overbezetting per afdeling, ω_{ad} . In dat geval neemt men niet de som normaal verdeelde stochasten, maar van Bernoulli verdeelde stochasten. Immers, het aantal bezette bedden op een dag en afdeling is een som van variabelen die met kans $p = \mathbb{P}(O_c \geq i)$ gelijk is aan 1, en kans $1 - p = 1 - \mathbb{P}(O_c \geq i)$ gelijk is aan 0. Het is algemeen bekend dat de variantie van de Bernoulli-verdeling gelijk is aan $p(1 - p)$, welke vanwege diens onafhankelijkheid dan ook bij elkaar mogen worden opgeteld. Ook de som van deze Bernoulli verdeelde variabelen kan men beschouwen als een normale verdeling, maar wiskundig gezien geldt dit eigenlijk niet, want de Centrale Limietstelling geeft aan dat enkel de som van *identiek* verdeelde stochastische variabelen convergeert naar een normale verdeling. In dit geval zijn de Bernoulli-variabelen niet identiek verdeeld, want deze hebben een andere kans op succes; om die reden is dit dan ook een benadering.

Toch is niet de (niet noodzakelijk nauwkeurige) benadering van de normale verdeling het grootste probleem. In de bovenstaande formule's herkent men een niet-lineaire expressie voor de verwachte overwerktijd v , terwijl ILP-modellen, zoals de

naam al suggereert, enkel lineaire vergelijkingen accepteert. Wanneer men precies wilt zijn is dit echter onvermijdelijk, omdat de standaarddeviaties meegenomen moeten worden om een betrouwbaardere schatting te hebben van overwerk en overbezetting, en de som van de standaarddeviaties is niet lineair. Dit houdt in de praktijk in dat het probleem daardoor waarschijnlijk dusdanig lastig wordt voor ILP-solvers om dit probleem binnen afzienbare tijd op te lossen.

Hier zijn twee mogelijke oplossingen voor, welke beiden zijn onderzocht. Ten eerste kan men een lineaire approximatie gebruiken voor v en ω , zodat het wél een ILP-model blijft en dus door solvers kan worden opgelost. Deze lineaire benadering is echter niet fraai en wordt beschreven in de volgende paragraaf. Deze manier produceert redelijke resultaten, waarbij gezegd moet worden dat het ongeveer dezelfde resultaten produceert als de truc om de openingstijd met 20% in te korten.

Een ander alternatief is om geen ILP-solver te gebruiken, maar een heuristiek om het ingewikkelde model zo goed mogelijk op te lossen door eerst het basis ILP-model op te lossen. Indien zelfs voor dit model de rekentijd al te groot blijkt te zijn, kan eventueel de LP-relaxatie van het model worden genomen (wat wél snel kan worden opgelost) waarna de oplossing afgerond wordt. Hier wordt de aanname gedaan dat deze (eventueel afgeronde) oplossing van het simpelere model dichtbij de optimale oplossing zit van het uitgebreidere model. Dit kan een hele goede aanname zijn, maar momenteel is deze aanname voornamelijk gebaseerd op de intuïtie dat de verwachtingen van proceduretijden vele malen belangrijker zijn dan de fluctuatie, als het gaat om het schatten van overwerk.

Vervolgens kan met heuristische technieken worden gezocht naar betere oplossingen, zoals local search, simulated annealing en/of survival of the fittest mechanismen. Merk op dat deze heuristieken wél gewoon de ingewikkelde integralen kunnen uitrekenen, wat betekent dat geen approximaties gedaan hoeven te worden ten aanzien van de doelstellingsfunctie $\Pi(x, \tau, v, \beta, \omega)$. Sterker nog, in theorie zouden deze heuristieken naar een optimale oplossing moeten leiden indien het zoekalgoritme altijd convergeert naar betere oplossingen. Ook deze methode is op effectiviteit getest, maar deze bleek stukken minder efficiënt omdat een lokaal optimum van slechte kwaliteit snel was gevonden, en vrij veel uitzonderingsgevallen waren binnen de local search die niet altijd een fraaie oplossing hadden.

Om deze genoemde redenen is momenteel gebruik gemaakt van het model met een lineaire benadering en/of kortere openingstijd. Een voor de hand liggende factor om de openingstijd te verkorten, is de gemiddelde bezetting van een kamer. Bijvoorbeeld, stel dat de bezettingsgraad gemiddeld 70% is, dan wordt enkel 70% van de werkelijke openingstijd beschouwt. Op deze manier wordt ervoor gezorgd dat de oplossing de werkdruk over alle HCK's zal balanceren (mits meer wordt ingepland, stijgen de kosten in de doelstellingsfunctie).

4.8 Lineaire benadering van overschot

De reden waarom een lineaire approximatie van v niet eenvoudig is, is omdat v binnen een ILP-model geminimaliseerd moet worden terwijl de beslissingsvariabelen in de e-macht zitten van v . Ter voorbereiding op de linearisatie bekijken we eerst het

geval dat μ , σ en T al gegeven / constant zijn (T wordt gebruikt mits de openingstijd constant is, τ als deze variabel is). Dan kan de uitloop v worden berekend door:

$$\begin{aligned} v(\mu, \sigma^2, T) &= \int_T^\infty (t - T) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \\ &= \int_T^\infty t \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt - T \cdot \int_T^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \end{aligned}$$

waarbij de normale verdeling in de eerste term kan worden opgeschoven (door middel van een verandering van variabele) als volgt:

$$\begin{aligned} &= \int_{T-\mu}^\infty (t + \mu) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt - T \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)\right) \\ &= \int_{T-\mu}^\infty t \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt + \mu \cdot \int_{T-\mu}^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt - T \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)\right) \\ &= \left[-\frac{\sigma^2}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \right]_{t=T-\mu}^\infty + \mu \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)\right) - T \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)\right) \\ &= \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(T-\mu)^2}{2\sigma^2}} + (\mu - T) \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)\right) \end{aligned}$$

De eerste expressie kan overigens ook direct numeriek worden bepaald middels een Riemann-som. Tevens hoort voor de compleetheid eigenlijk v_{dk} , T_{dk} , μ_{dk} en σ_{dk} worden gebruikt in plaats van v , T , μ en σ , maar dit is voor het overzicht weggelaten.

Voor de linearisatie maken we één aanname, namelijk dat de verhoudingen tussen de variantie en het gemiddelde van de proceduretijd van elke categorie op een bepaalde kamer ongeveer gelijk zijn. Met andere woorden, de variantie van de proceduretijd stijgt op een kamer ongeveer lineair in de gemiddelde lengte van de proceduretijd, wat een realistische aanname kan zijn omdat langere procedures vaak een grotere fluctuatie hebben. Dit betekent formeel dat voor alle kamers $k = 1, \dots, K$ moet gelden dat $Var(P_{c_1})/\mathbb{E}(P_{c_1}) \approx Var(P_{c_2})/\mathbb{E}(P_{c_2})$ voor elke paren categorieën $c_1, c_2 \in \kappa_k$. Bovendien schrappen we voorlopig de mogelijkheid dat het model de openingstijd T als beslissingsvariabele kan hebben, dus T moet gegeven zijn; later zal worden toegelicht hoe relatief eenvoudig alsnog de optimale openingstijden kunnen worden bepaald.

Beschouw een kamer k op dag d en noem de gemiddelde ingeplande proceduretijd μ_{dk} en diens variantie σ_{dk}^2 . Vanwege de eerder genoemde aannames kunnen we σ_{dk}^2 uitdrukken als een lineaire functie van μ_{dk} , oftewel $\sigma_{dk}^2 = R_k \cdot \mu_{dk}$, waarbij R_k de (gewogen) gemiddelde ratio $Var(P_c)/\mathbb{E}(P_c)$ is van alle categorieën $c \in \kappa_k$. Dat betekent dat we voor elke μ_{dk} (verwachte proceduretijd) kunnen berekenen wat de bijbehorende variantie is.

De linearisatie werkt als volgt. Kies N linearisatiepunten en een intervallengte L dat de afstand tussen twee naaste linearisatiepunten representeert, en definieer:

$$U_{dkn} = \text{verwachte uitloop op dag } d \text{ op kamer } k \text{ voor linearisatiepunt } n$$

voor $n = 1, \dots, N$. Hier representeert linearisatiepunt n een verwachte totale proceduretijd van nL . Oftewel, $U_{dkn} = v(nL, R_k \cdot nL, T_{dk})$. Deze punten vormen referentiekaders voor de uitloop van de daadwerkelijk verwachte / ingeplande proceduretijd $\sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{acdk}$. Stel nu dat deze verwachte ingeplande proceduretijd gelijk is aan $2,8L$, dan wordt de verwachte uitloop lineair benaderd door het gewogen gemiddelde van 2 linearisatiepunten, namelijk $(U_{dk2} + 4 \cdot U_{dk3})/5$. Voor een efficiënte implementatie binnen het ILP-model introduceren we $U_{dk0} = 0$ en definiëren we:

$$e_{dkn} = \text{toename in uitloop van punt } n \text{ t.o.v. punt } n-1 \text{ op dag } d \text{ op kamer } k$$

Oftewel, $e_{dkn} = U_{dkn} - U_{d,k,n-1}$ en merk op dat zowel e_{dkn} als U_{dkn} waarden zijn die constant in het ILP-model zijn en vooraf berekend zijn.

De volgende variabele die wordt geïntroduceerd is wél een beslissingsvariabele:

$$f_{dkn} = \text{fractie ingeplande tijd tussen } (n-1)L \text{ en } nL \text{ op dag } d \text{ op kamer } k$$

Indien de verwachte proceduretijd $\sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{acdk}$ dus gelijk is aan $4,6L$, dan moeten de beslissingsvariabelen f_{dk1}, \dots, f_{dk4} gelijk zijn aan 1 en $f_{dk5} = 0,6$. Dit wordt geforceerd in het ILP-model door de volgende voorwaarden toe te voegen, ter vervanging van voorwaarde (3) in het originele model aan het begin van de vorige paragraaf:

$$\sum_{c=1}^C \sum_{a:c \in \alpha_a} \mathbb{E}(P_c) \cdot x_{acdk} = \sum_{n=1}^N L \cdot f_{dkn} \quad d \in [D]; k \in [K] \quad (10)$$

$$0 \leq f_{dkn} \leq 1 \quad d \in [D]; k \in [K]; n \in [N] \quad (11)$$

$$f_{d,k,n-1} \leq f_{dkn} \quad d \in [D]; k \in [K]; n \in \{2, \dots, N\} \quad (12)$$

Voorwaarde (10) zorgt ervoor dat de ingeplande tijd (bepaald door de ILP-solver) kan worden herschreven als de som van ingeplande tijden tussen n punten, en voorwaarde (11) is geïmplementeerd vanwege het feit dat f_{dkn} een fractie is. Voorwaarde (12) is eigenlijk niet nodig gebleken, maar is in het bovenstaand overzicht toegevoegd om het volgende aan te duiden. Het is namelijk zo dat $f_{d,k,n-1}$ eerder op zijn maximumwaarde 1 moet worden gezet voordat f_{dkn} toeneemt, om de volgorde van de toename in uitloop te behouden (e_{dkn}). Voorwaarde (11) zorgt hier deels voor, maar hiervoor moet eigenlijk nog een term in de doelstellingsfunctie worden toegevoegd. Nu kan namelijk nog steeds $f_{dk1} = f_{dk2} = f_{dk3} = 0.5$ zijn, terwijl in dit geval $f_{dk1} = 1$, $f_{dk2} = 0.5$ en $f_{dk3} = 0$ de bedoeling had moeten zijn. Om dit te forceren, moet in de doelstellingsfunctie de som $\sum_{d=1}^D \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N M^n f_{dkn}$ worden toegevoegd, met M groot genoeg zodat er een dusdanig grote straf is als f_{dkn} eerder wordt opgehoogd dan $f_{d,k,n-1}$ als $f_{d,k,n-1} < 1$. Echter, de marginale toename bleek strikt stijgend te zijn, wat betekent dat $e_{dkn} > e_{d,k,n-1}$, waardoor het nooit loont om f_{dkn} te verhogen als $f_{d,k,n-1} < 1$. Dit komt omdat het overwerk veel sneller toeneemt naarmate men meer inplant.

Door deze drie vergelijkingen is de verwachte uitloop gelijk aan $\sum_{n=1}^N e_{dkn} f_{dkn}$ voor alle dagen d en kamers k . Maar dit betekent dat de uitloop de verwachte

uitloop op kamer k op dag d in uren, v_{dk} , nu mét variabiliteit kan worden bepaald door:

$$v_{dk} = \sum_{n=1}^N e_{dkn} f_{dkn} \quad d \in [D]; k \in [K] \quad (13)$$

Dezelfde soort vergelijkingen kunnen worden opgesteld voor overbezetting op de afdelingen (som van Bernoulli-variabelen dat benaderd kan worden middels een normale verdeling). In de huidige implementatie is gekozen voor $L = 1$ en $N = 8$, wat betekent dat de verwachte ingeplande proceduretijd nooit meer dan 8 uur kan worden. Overigens zijn de wisseltijden ook inbegrepen bij elke proceduretijd.

Bepaling openingstijden Voor het model met variabiliteit moeten de openingstijden vooraf bepaald zijn voor de lineaire benadering, maar toch kan simpel de openingstijden van de kamers worden geoptimaliseerd. Immers, er zijn slechts drie kamers en per kamer mogelijk 8 verschillende openingstijden die interessant zijn (bijv., 7 uur open, 7 uur en 15 minuten open, enz.). Met een simpele brute-force methode kunnen alle mogelijkheden dan worden bekeken en telkens het model opnieuw opgelost, waaruit de openingstijden met de laagste doelstellingsfunctiewaarde wordt gekozen.

Kamers sluiten Eerder was aangegeven dat er een minimumopeningstijd kan zijn per kamer. Bijvoorbeeld, er moet altijd minstens 4 uur gewerkt worden, omdat het personeelsonvriendelijk is om men op te roepen voor 3 uur of minder werk. Het behoort echter tot de mogelijkheden dat er dusdanig weinig procedures zijn om in te plannen, dat het lucratief kan zijn om een gehele kamer te sluiten. Als T_{min} de minimale openingstijd is, dan kan deze tijd kunnen alle waarden tussen 0 en T_{min} worden vermeden door de volgende voorwaarden toe te voegen:

- $\tau \geq T_{min} \cdot y$
- $\tau \leq yM$

Waarbij $y \in \{0, 1\}$ een beslissingsvariabele is en M groot genoeg is. Deze optie is echter niet geïmplementeerd omdat er voor de huidige situatie al bij vlagen te weinig capaciteit is op de HCK's, waardoor het onderzoeken van een imperking van de openingstijden overbodig is.

Verder onderzoek De linearisatie van het overwerk is praktisch goed bruikbaar omdat de nauwkeurigheid kan worden vergroot zolang de rekentijd het toelaat. Echter, de aanname dat σ_{dk}^2 uit te drukken is als een lineaire functie van μ_{dk} , oftewel dat $\sigma_{dk}^2 = R_k \cdot \mu_{dk}$, kan een té sterke aanname zijn als er procedures zijn waarvan de duur goed is in te schatten, terwijl andere procedures een hele grote fluctuatie hebben. Indien dat zo is, is er ruimte voor onderzoek om σ_{dk}^2 op een andere manier te laten afhangen van μ_{dk} (bijvoorbeeld, logaritmisch), afhankelijk van de diversiteit van de procedures op een bepaalde kamer.

Hoofdstuk 5

Scenario's & resultaten

Het (complexe) logistieke proces is gemodelleerd middels een uitgebreide simulatie, zodat diverse scenario's kunnen worden onderzocht, wat het nodige inzicht zou moeten bieden in de gevolgen van eventuele toekomstige veranderingen. Paragraaf 5.1 beschrijft deze scenario's, waarna de optimale blauwdrukken (planningsinstructies) behorende bij deze scenario's zijn gegeven in paragraaf 5.2. Voor deze scenario's zijn diverse prestatie indicatoren van belang, zoals de verwachte overbezetting op afdelingen, verwachte overwerk op HCK's en wachttijd van patiënten. Deze resultaten zullen worden gepresenteerd in paragraaf 5.3 waaruit men een kwantitatieve vergelijking kan maken tussen huidige en mogelijke nieuwe situaties.

5.1 Scenario's

Met een scenario wordt binnen dit onderzoek gerefereerd naar een bepaalde structuur en omvang van het logistieke proces. Een andere verdeling qua bedden over de afdelingen is een voorbeeld van zo'n scenario, als men wilt onderzoeken of herverdelingen van bedden de overbelasting per afdeling kan verminderen. Enkele scenario's zijn door de afdeling Cardiologie zelf geopperd, welke zijn aangevuld door eigen scenario's die vanuit kwantitatief oogpunt relevant zijn om te onderzoeken. Deze scenario's zullen hieronder worden beschreven. Een combinatie van deze scenario's vormt ook wederom een scenario.

Huidige situatie Ook al is een simulatie voornamelijk bedoeld om veranderingen in het proces te onderzoeken, is het van cruciaal belang om ook de huidige situatie te simuleren. Zodoende kan worden gevalideerd of het simulatiemodel daadwerkelijk het juiste proces simuleert en de resultaten geeft die overeenkomen met de praktijk. Met andere woorden, door het simuleren van de huidige situatie krijgt men een indruk van hoe dicht het simulatiemodel bij de realiteit ligt. Mocht het zo zijn dat de bezettingsgraad van een bepaalde kamer enkele procenten lager ligt dan uit de data analyse blijkt, dan moet bij interpretatie van de simulatieresultaten van andere scenario's wellicht worden meegenomen dat de bezettingsgraad van die kamer in de praktijk enkele procenten hoger zal liggen dan die simulatieresultaten. De gebruikte gegevens (of invoer) voor dit scenario zijn te vinden in paragraaf 2.2 en 2.3.

Groeiscenario Een zeer realistisch scenario is het scenario waarbij het aantal patiënten aanzienlijk toeneemt, omdat VUmc de cardiologische patiëntengroep overneemt van een ander ziekenhuis. Naar verwachting leidt dit tot een toename van

240 dotters (ongeveer 1 per dag), 40 implantaten en 80 EFO/ablaties per jaar. Om deze toename te kunnen opvangen, wordt momenteel gedacht aan een uitbreiding van de Special Care van 4 naar 7 bedden, terwijl Afdeling 5C (voor implantaten en EFO/ablaties) wordt uitgebreid van 4 naar 5 bedden.

Daarbij komt dat een verbouwing binnenkort plaatsvindt, waarbij dus niet alleen de beddenaantallen veranderen, maar ook een zogenoemde “holding” wordt gecreëerd. Hierdoor worden alle wisseltijden naar de schatting van cardiologen ongeveer 10 minuten. Het aantal (semi-)spoedpatiënten in deze situatie blijft overigens hetzelfde.

Andere openingstijden HCK's Mocht het zo zijn dat er voor het groeiscenario blijkt dat er *nét* te weinig capaciteit is op de HCK's, dan kan men overwegen om de openingstijd van kamer 2 van 09:30 weer terug te zetten op 08:15. Echter, als blijkt dat de planningsmethode sterk te verbeteren is én de reductie in wisseltijd voldoende ruimte biedt zodat alle patiënten tijdig geholpen kunnen worden, kan men overwegen om juist de openingstijden te verkorten om de bezettingsgraad te verhogen.

Vier dagen EFO/ablaties Momenteel worden enkel EFO/ablaties uitgevoerd op drie dagen (woensdag, donderdag, vrijdag) in verband met de beschikbaarheid van artsen. Echter, zodra er 80 EFO/ablaties per jaar meer worden uitgevoerd (2 per week), is het een serieuze overweging om hier vier dagen van te maken.

5.2 Blauwdrukken

In hoofdstuk 4 is een wiskundig model voorgesteld waarmee het overwerk op de HCK's wordt geminimaliseerd en tegelijkertijd de overbezetting op de zorgeenheden stabiliseert om de gemiddelde productie per week te halen. Dit leidt tot een blauwdruk van de planning, of anders gezegd, een lijstje met instructies van wanneer een bepaalde procedure gepland moet worden. Bijvoorbeeld, het zou kunnen dat meer implantaten op de maandag moeten worden ingepland, zodat er later in de week meer rust ontstaat op de afdelingen.

Deze blauwdrukken verschillen per scenario. Bijvoorbeeld, wanneer gekeken wordt naar het groeiscenario, zijn er gemiddeld 2 EFO/ablaties, 1 implantaat en 5 dotterprocedures gemiddeld meer in te plannen, waardoor de blauwdruk uitgebreid wordt. Om die reden worden diverse blauwdrukken gegeven in de volgende subparagrafen op basis van de eerder genoemde scenario's.

5.2.1 Huidige situatie

Om de eerder genoemde reden wordt eerst de huidige situatie ter validatie gesimuleerd, waarvoor ook een blauwdruk gemaakt dient te worden. De gemiddelde procedureaantallen per week die moeten worden uitgevoerd zijn gegeven in paragraaf 3.2.10. Op de volgende pagina's worden deze blauwdrukken gegeven, waarna het effect ervan wordt toegelicht.

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
8-9					
9-10	Implantaat	LangeAbl	Implantaat	LangeAbl	LangeAbl
10-11					
11-12	Implantaat		Implantaat		
12-13					
13-14		Implantaat		KorteAbl	KorteAbl
14-15					
15-16					
16-17					

Figuur 5.1: Blauwdruk kamer 1, huidige situatie

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
8-9					
9-10					
10-11	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter
11-12	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter
12-13					
13-14					
14-15	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed
15-16					
16-17					

Figuur 5.2: Blauwdruk kamer 2, huidige situatie

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
8-9					
9-10	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter
10-11	SwanGanz	Dotter	Dotter	Dotter	Dotter5B
11-12					
12-13	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed	(Semi-) spoed
13-14					
14-15					
15-16					
16-17					

Figuur 5.3: Blauwdruk kamer 3, huidige situatie

Ter verduidelijking van de blauwdruk op kamer 1: de kleine lichtrode dunne blokjes representeren de gemiddelde tijd per dag dat men bezig is met een semi-spoedpatiënt voor een implantaat. Mits deze geen haast heeft (gemiddeld één per week), ligt het voor de hand om deze maandag of woensdag te behandelen omdat daar ruimte over is. De blauwdruk voor kamer 2 bestaat enkel uit 2 dotters per dag, en behoeft eigenlijk verder geen uitleg.

Bij de blauwdruk van kamer 3 moet worden opgemerkt dat de Swan Ganz procedure en Dotter5B (een dotterprocedure met langere nazorg) op respectievelijk maandag en vrijdag zijn ingepland. Immers, een Swan Ganz heeft over het algemeen een langere voorzorg terwijl de dotterprocedure vaak resulteert in een extra dag nazorg op 5B. Dit stabiliseert de bedbezetting op 5B en 5C omdat vaker gebruikt wordt gemaakt van de bedden in het weekend, en er meer ruimte ontstaat doordeweeks.

Een vuistregel is dan ook dat de procedures met de langste voorzorg op de maandag moeten worden ingepland (eventueel op de dinsdag, omdat de maandag meestal toch niet al te druk bezet is) en dat de procedures met de langste nazorg op de vrijdag moeten worden ingepland. Merk op dat de bezetting op 5C op maandag volgens deze blauwdruk gelijk kan zijn aan 4; 2 implantaten en een Swan Ganz procedure worden behandeld op maandag, terwijl een patiënt voor een lange ablatie op dinsdag ook die maandag opgenomen wordt.

5.2.2 Groeiscenario

Wanneer men een nieuwe blauwdruk maakt voor een groeiscenario (5 dotters, 1 implantaat en 2 EFO/ablaties extra per week), blijft de blauwdruk van kamer 2 hetzelfde. De blauwdruk voor kamer 3 verandert wel, maar hier komen de vijf dotters dan bij (omdat deze een langere openingstijd heeft dan kamer 2), evenredig verdeeld over de vijf dagen. De blauwdruk op kamer 1 is echter wel significant aangepast, en om die reden wordt deze opnieuw gegeven:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
8-9					
9-10	Implantaat	LangeAbl	Implantaat	LangeAbl	KorteAbl
10-11					
11-12	Implantaat	LangeAbl	Implantaat	LangeAbl	KorteAbl
12-13					
13-14	Implantaat	LangeAbl	Implantaat	LangeAbl	KorteAbl
14-15					
15-16					
16-17					
17-18					

Figuur 5.4: Blauwdruk kamer 1, groeiscenario

De implantaat van de urgentie semi-spoed (in de vorige blauwdruk gegeven door 5 dunne blokjes) is er voor het overzicht in deze blauwdruk achterwege gelaten. In de praktijk zal deze semi-spoedopname namelijk vrijwel altijd plaatsvinden op kamer 2 omdat er al vrij veel ingepland is op kamer 1 (en er niets bij is gekomen op kamer 2). Zoals in de bovenstaande figuur goed te zien is, is kamer 1 nu aanzienlijk voller ingepland dan in de huidige situatie. Hierbij is voldaan aan de restrictie dat op maximaal 3 dagen EFO/ablaties ingepland mogen worden. Daardoor is het echter onvermijdelijk dat er een dag is dat over het randje wordt ingepland (in deze blauwdruk op de vrijdag). Dit is weliswaar efficiënt, maar leidt wel tot een zeer grote kans op overwerk (dit zal verder in dit hoofdstuk onderbouwd worden met getallen). Om die reden is dan ook een laatste blauwdruk onderzocht in de volgende subparagraaf, waarin 4 EFO/ablaties mogen worden ingepland.

Overigens is het goed om het nette 3-2-3-2-3 patroon qua procedures op te merken, wat ook intuïtief een evenredige verdeling is. Momenteel worden EFO/ablaties op de woensdag, donderdag en vrijdag gedaan, waardoor zo'n passend patroon niet te realiseren is (ten gunste van de stabiliteit op afdeling 5C). Op basis van dit overzicht is het dan ook de moeite waard om de EFO/ablatie dag van woensdag naar dinsdag te verplaatsen.

5.2.3 Vier dagen EFO/ablaties

Een alternatief is om EFO/ablaties op vier dagen uit te voeren om de drukke vrijdag (3 korte ablaties) te vermijden. Dat zou dan leiden tot het volgende overzicht:

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
8-9					
9-10	Implantaat	KorteAbl	LangeAbl	LangeAbl	LangeAbl
10-11					
11-12	Implantaat				
12-13		Implantaat			
13-14					
14-15	Implantaat	Implantaat	LangeAbl	KorteAbl	KorteAbl
15-16					
16-17					
17-18					

Figuur 5.5: Blauwdruk kamer 1, groeiscenario, 4 dagen EFO/ablaties

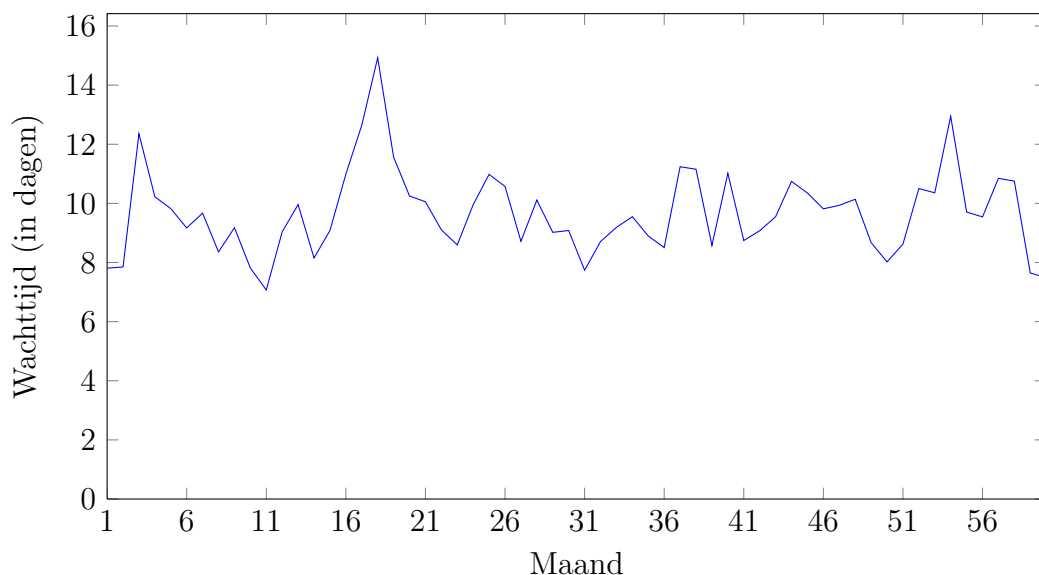
Hier ontbreekt een implantaat, welke in de blauwdruk dan op de donderdag moet worden ingepland op kamer 2, waardoor zowel stabiliteit op afdeling 5C als overwerk op de HCK's wordt vermeden. Deze moet op donderdag worden ingepland, omdat er op maandag en dinsdag al drie patiënten worden opgevangen op afdeling 5C.

5.3 Resultaten

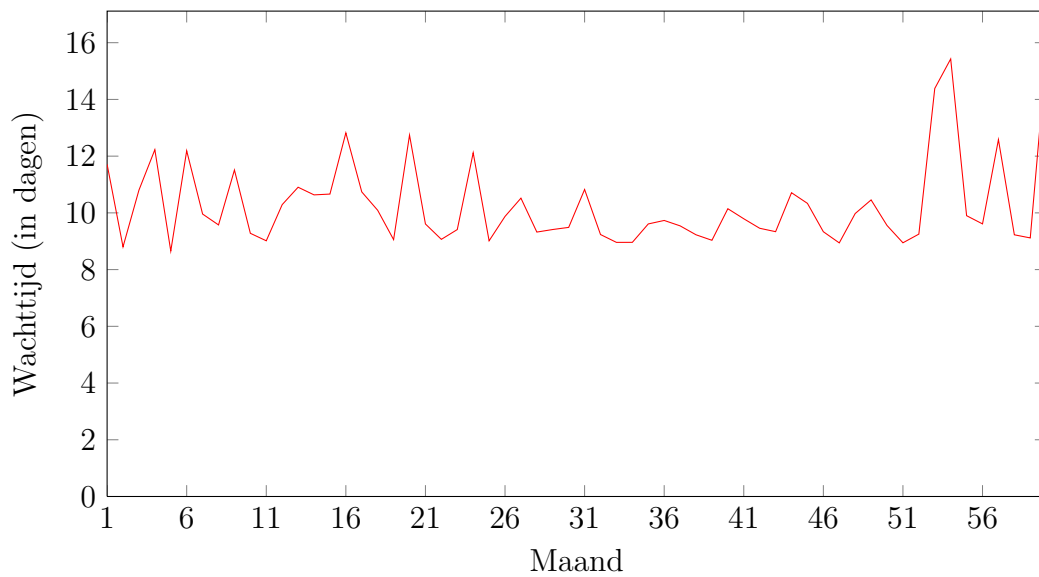
Met behulp van de blauwdrukken is de huidige situatie gesimuleerd, waarna diverse (combinaties van) scenario's zijn gesimuleerd. Een overzicht van deze resultaten zijn te vinden aan het einde van het hoofdstuk; allereerst wordt toegelicht welke scenario's er precies zijn gesimuleerd (er zijn immers veel combinaties mogelijk) voordat een afsluitende vergelijking gemaakt kan worden.

Huidige situatie Een simulatie van de huidige situatie is onmisbaar (de uitgebreide resultaten staan aan het einde van dit hoofdstuk). Wat interessant is om uit de simulatie te halen, is de (ontwikkeling van) lengte van de wachttijd. Dit is immers iets dat niet uit de data kan worden gehaald, maar wel uit de simulatie. Hoewel de ontwikkeling van de wachttijd niet direct relevant is, is het toch boeiend om te zien wat voor pieken en dalen zich vormen.

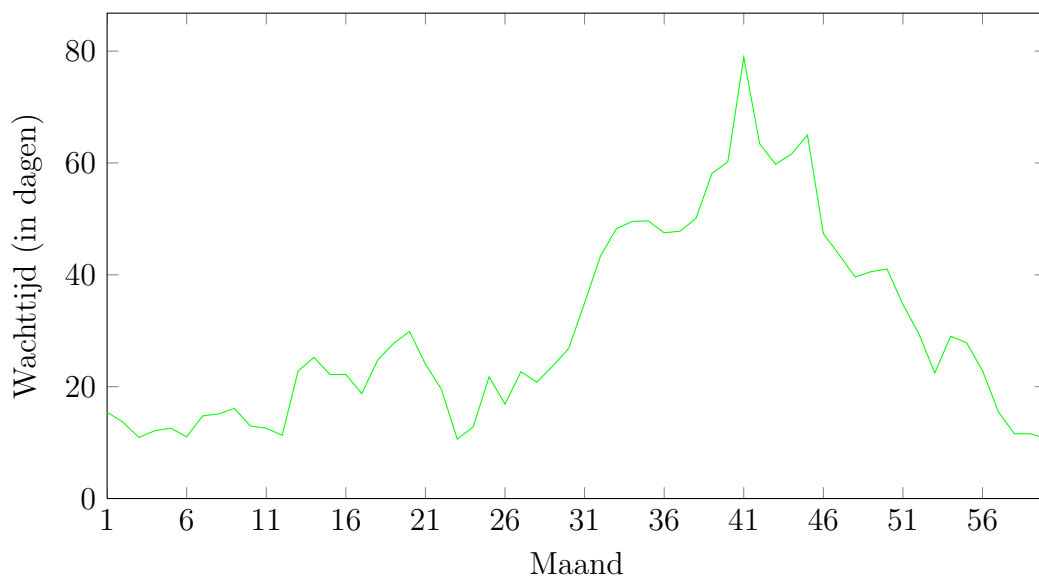
In de volgende drie figuren is de ontwikkeling van die wachttijd te zien voor dotters, implantaten en EFO/ablaties. Dit is slechts één realisatie uit de simulatie van 5 jaar (60 maanden), waarbij de gemiddelde wachttijd per maand is weergegeven. Vanzelfsprekend leidt een andere simulatie tot een ander patroon. Uit deze patronen kan men zien dat de wachttijd omhoog, maar ook naar beneden gaat, wat betekent dat men meer kan behandelen dan dat zich aanmeldt (anders zou de wachtlijst groeien naar oneindig). Men spreekt dan over een stabiel systeem, wat cruciaal is voor elk proces met een wachtlijst. Hoewel de wachttijd voor dotters en implantaten meevalt (7 dagen moeten sowieso gewacht worden omdat men hierover minimaal 7 dagen van tevoren ingelicht moet worden) kan er er bij EFO/ablaties een grotere fluctuatie ontstaan. Dit betekent dat de vraag dichtbij het aanbod ligt, waardoor de wachttijd erg gevoelig is voor zulke fluctuaties.



Figuur 5.6: Groei wachtlijst Dotters per maand

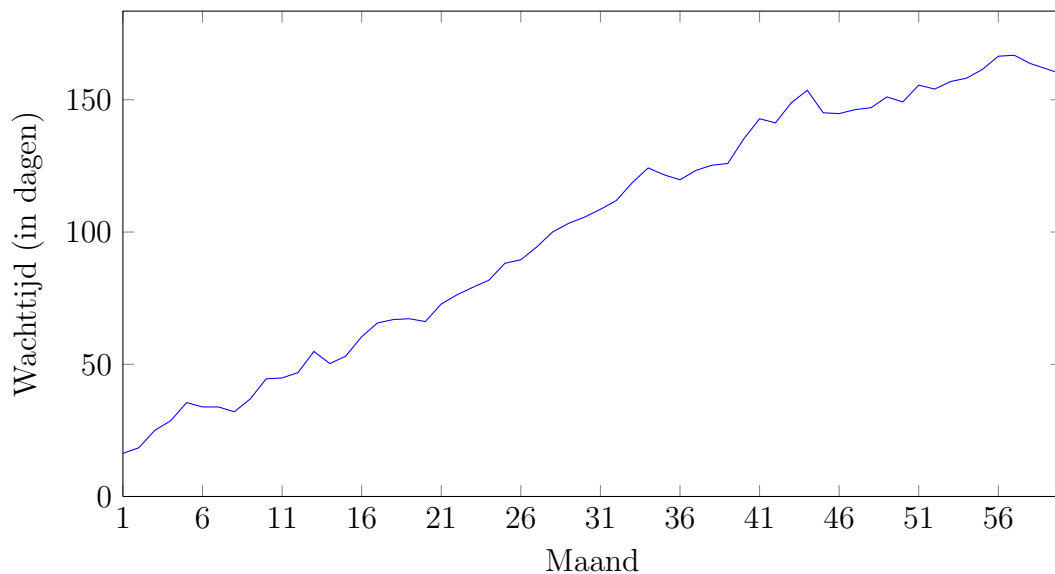


Figuur 5.7: Groei wachtlijst Implantaten per maand



Figuur 5.8: Groei wachtlijst EFO-ablaties per maand

Groei scenario, oude blauwdruk Wanneer meer patiënten zich aanmelden, terwijl de blauwdruk hetzelfde blijft, ontstaat een voor de hand liggend effect. Omdat er meer aankomt dan wordt ingepland (aangezien de oude blauwdruk uitgaat van lagere getallen), blijft de wachtlijst groeien (zie Figuur 5.9). Men spreekt dan over een instabiel systeem, wat te allen tijde vermeden dient te worden. Het gebruik van een nieuwe blauwdruk is dan ook gerechtvaardigd. Hierbij is overigens de wisseltijd vanuit alle afdelingen vermindert naar 10 minuten.



Figuur 5.9: Groei wachtlijst Dotters per maand

Groeiscenario Wanneer de nieuwe blauwdruk wordt gebruikt, ontstaat echter eenzelfde soort fenomeen, maar dan voor semi-spoedpatiënten voor dotterprocedures. Hiervoor groeit de wachtlijst naar oneindig, terwijl het eigenlijk juist crucialer is om deze tijdig te helpen. De reden is simpel: omdat er meer electieve patiënten worden ingepland, blijft er op de dag zelf minder ruimte open om semi-spoedpatiënten op te vangen. Daarvoor bestaan twee oplossingen: overwerken, of kamer 2 langer openen. Ook omdat dit scenario (wachtlijst naar oneindig) onrealistisch is, wordt deze voor het overzicht niet in de eindvergelijking meegenomen.

Groeiscenario, overwerken Om kort toe te lichten: in dit scenario wordt de nieuwe blauwdruk gebruikt, maar semi-spoedpatiënten altijd binnen 3 dagen geholpen, zelfs als er forse overwerk ontstaat.

Groeiscenario, kamer 2 langer open Een alternatief is om kamer 2 (huidige openingstijd 09:30) terug te zetten naar de oorspronkelijke openingstijd 08:15, om de groei in patiënten te kunnen opvangen.

Groeiscenario, kamer 2 langer open, 4 dagen EFO/ablaties De laatst onderzochte combinatie van toekomstige mogelijkheden is het groeiscenario met een nieuwe blauwdruk waarbij met 4 dagen EFO/ablaties kan uitvoeren. Mogelijk vermindert dit de eventuele toename qua overwerk op kamer 1 aanzienlijk.

De resultaten uit het simulatiemodel van al deze scenario's zijn weergegeven in de tabel op de volgende pagina. Hiervoor is een simulatie uitgevoerd die 50 jaar duurt om betrouwbare metingen te krijgen van een gemiddeld jaar.

	Data analyse	Huidig	Groeiscenario, overwerken	Groeiscenario, kamer 2 langer open	Groeiscenario, kamer 2 langer open, 4 dagen EFO
Bezettingsgraad kamer 1	66.4%	64.5%	75.8%	73.7%	74.1%
Bezettingsgraad kamer 2	70.3%	69.3%	76.9%	74.5%	75.3%
Bezettingsgraad kamer 3	73.9%	70.5%	78.5%	76.7%	77.0%
Voorloop kamer 1	69.1 m	86.4 m	38.2 m	45.0 m	46.5 m
Voorloop kamer 2	43.9 m	58.4 m	39.1 m	50.7 m	46.8 m
Voorloop kamer 3	46.9 m	50.6 m	43.5 m	51.8 m	50.1 m
Overwerk kamer 1	9.9 m	11.2 m	21.2 m	18.2 m	14.8 m
Overwerk kamer 2	18.5 m	19.1 m	32.6 m	17.3 m	16.7 m
Overwerk kamer 3	30.8 m	29.0 m	38.5 m	22.4 m	22.2 m

Tabel 5.1: Overzicht simulatieresultaten alle scenario's

Merk op dat uitloop niet in de bezettingsgraad is meegenomen. Over deze tabel valt een heleboel te vertellen, beginnend met de zogenoemde validatie of het simulatiemodel dichtbij de werkelijkheid ligt (de eerste twee kolommen). Het simulatiemodel produceert bezettingsgraden die ongeveer 2 procent lager liggen voor de realiteit. Wellicht zouden dan voor de bezettingsgraden voor de nieuwe scenario's dan een correctie moeten worden gedaan door twee procent erbij op te tellen, wat in de tabel voor de consistentie niet gedaan is, maar wel in deze toelichting zal worden gedaan. Waarschijnlijk wordt in de praktijk in bepaalde situaties slimmer omgegaan met onverwachte tegenslagen, en worden vaker ad hoc patiënten toch opgeroepen (uit andere ziekenhuizen) op momenten dat het rustiger blijkt te zijn. Het overwerk zit zeer nauwkeurig ten opzichte van de data analyse, al is de voorloop wel 5 tot 20 minuten meer dan realistisch is.

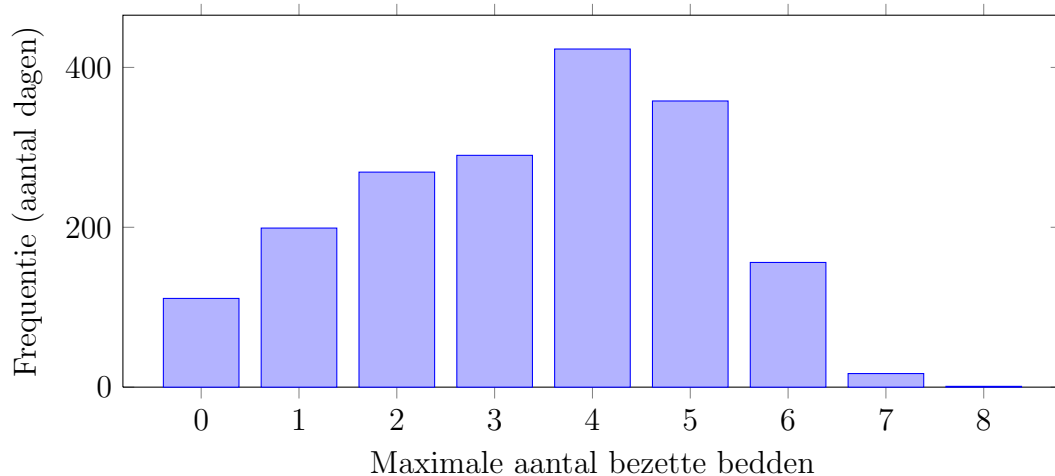
Dit wetende, kan men de resultaten van de drie interessante scenario's beter interpreteren. Dat de bezettingsgraad toeneemt vanwege de toename in patiënten, is een zekerheid. Met name op kamer 1 is een stijging van 10% zeer realistisch, en ook voor kamer 2 en 3 is een stijging van 5% tot 10% zeer aannemelijk. Voor de drie

groeiscenario's (overwerken, kamer 2 langer open en kamer 2 langer open + 4 dagen EFO) lijkt een gemiddelde bezettingsgraad van respectievelijk 79%, 77% en 77% haalbaar (na correctie van de simulatie van 2%). Dat is een zeer positief gegeven, want efficiënter gebruik van de capaciteit is tegenwoordig van grote waarde.

Dan blijft onder andere de volgende onderlinge afweging nog over, kijkend naar de derde en vierde kolom. Enerzijds kan men de bezetting 2% (10 minuten) hoger krijgen door de openingstijd van kamer 2 op 09:30 te houden (goed voor de efficiëntie, slecht voor het overwerk), terwijl het overwerk dagelijks wordt verminderd met ruim een half uur als de openingstijd wordt teruggedraaid naar 08:15. Wanneer de openingstijd van kamer 2 zo blijft, is het overwerk al ruim 90 minuten per dag (ondanks de lagere wisseltijd). Omdat dat al redelijk aan de hoge kant is, lijkt het meer dan wenselijk om de openingstijd van kamer 2 terug te zetten naar 08:15. Zelfs wanneer men de bezettingsgraad eigenlijk belangrijker vindt, lijkt procentueel een 50% stijging van het overwerk veel zwaarder te wegen dan een 2% stijging van de bezettingsgraad.

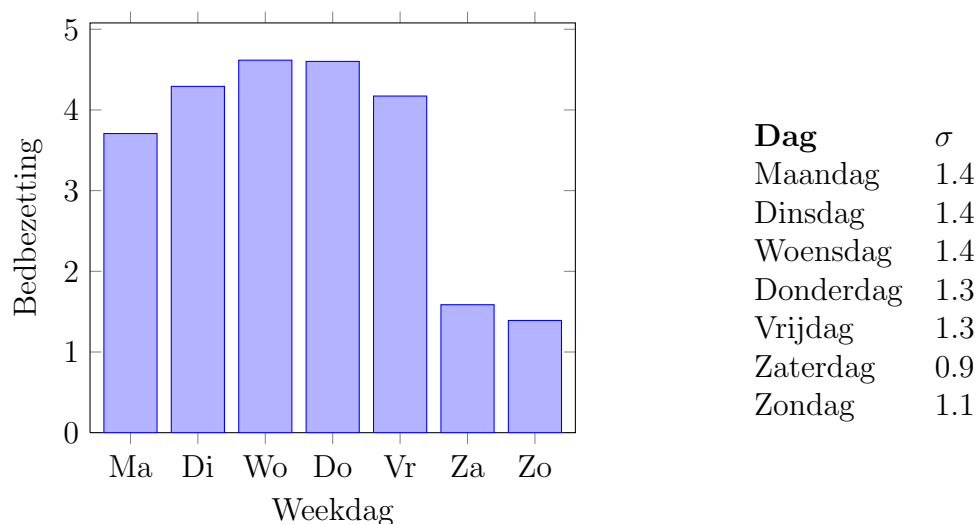
Op basis van deze situatie is onderzocht of het de moeite waard is om op 4 dagen EFO/ablaties uit te voeren (waarbij gebruik wordt gemaakt van de blauwdruk in Figuur 5.5). Hiervan lijkt een zichtbaar effect, maar het is discutabel of deze groot genoeg is. Het overwerk daalt per week gemiddeld met 6 minuten en voor de artsen is het mogelijk erg onpraktisch om vier dagen in totaal paraat te staan, dus daarom is deze verandering niet noodzakelijk.

Bedbezettingen 5C en SCAR Ten slotte wordt de aandacht gevestigd op de maximale bedbezetting van 5C en de Special Care, zoals ook gedaan in de data analyse in respectievelijk paragrafen 3.1.4 en 3.1.5. Ter herinnering, hierbij wordt gekeken naar de maximale bedbezetting voor minstens een half uur lang, om knelpunten in het logistieke proces te ontdekken. Zoals eerder genoemd krijgt de Afdeling 5C in de nieuwe situatie 5 bedden, terwijl de Special Care er 7 krijgt. Dit leidt tot de volgende figuren, waarbij de verdeling van de maximale bedbezetting voor alle groeiscenario's ongeveer hetzelfde is.



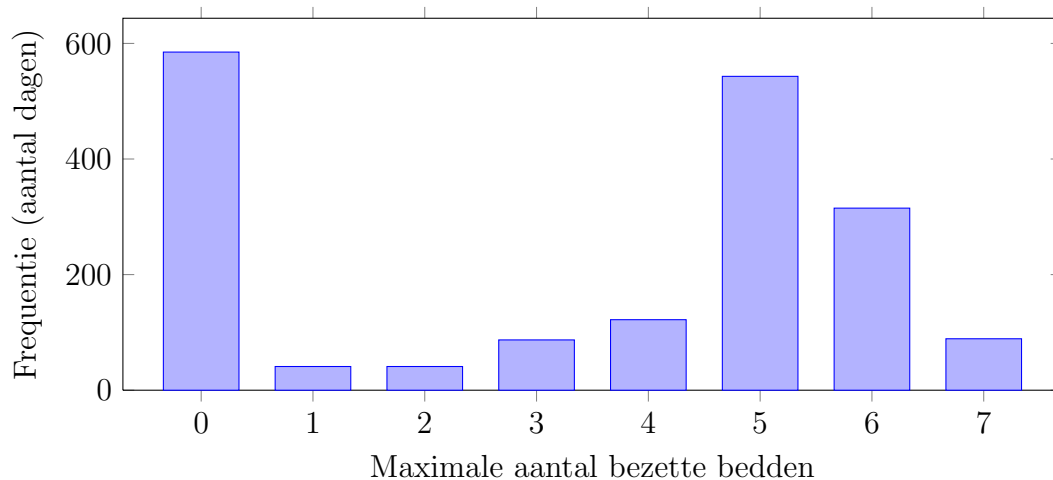
Figuur 5.10: Verdeling max. bezettingen Afdeling 5C

Voor Afdeling 5C zijn op basis van dit plaatje voldoende argumenten om 5 bedden als de beste keuze te markeren. Weliswaar is er in ongeveer 10% van de dagen een overbezetting, maar wederom is vanuit efficiëntie oogpunt onderbezetting tot een acceptabel punt gekomen. Relatief wordt het namelijk iets beter ten opzichte van de huidige situatie (13% van de dagen overbezetting), wat ook te zien is in het weekpatroon van de gemiddelde maximale bedbezetting in Figuur 5.11:



Figuur 5.11: Gemiddelde maximale bedbezetting 5C per week nieuw

Hoewel er op woensdag en donderdag nog steeds een piek ontstaat op 5C, is het patroon veel gebalanceerder dan in de huidige data analyse (zie Figuur 3.6), wat voor een groot deel te danken is aan de nieuwe blauwdruk. Met name op deze afdeling is dus een efficiënte planning mogelijk door meer patiënten voor implantaten en EFO/ablaties op de maandag en dinsdag in te plannen. Een overzicht van de verdeling van het maximale aantal bedden voor de Special Care is weergegeven in Figuur 5.12.



Figuur 5.12: Verdeling max. bezettingen Special Care

Voor de Special Care zou men op basis van dit plaatje echter verwachten dat 6 bedden het optimale beddenaantal is. Toch zijn er voldoende argumenten om het aantal bedden op 7 te zetten. Immers, op de Special Care komen relatief veel semi-spoedpatiënten binnen, maar in de huidige situatie kunnen deze niet altijd worden geaccepteerd. Nu er een extra ruimte is om meer semi-spoedpatiënten tijdig te kunnen opvangen, kan de bezetting op de HCK's beter worden aangevuld wanneer de planning eerder klaar is dan verwacht. Daarbij komt het effect dat men sneller de doorverwijzers / andere ziekenhuizen helpt, waardoor deze vaker geneigd kunnen zijn om in het vervolg sneller bij VUmc aan te kloppen door een snellere service. Tevens is 6 patiënten teveel voor één verpleegkundige, terwijl het juist weer nét iets te weinig is voor twee, wat ook de zeven bedden rechtvaardigt.

Hoofdstuk 6

Conclusies & aanbevelingen

In dit planningsonderzoek omtrent de hartcatheterisatiekamers (HCK's) van de afdeling Cardiologie op het VU medisch centrum is gekeken vanuit kwantitatief oogpunt naar de mogelijkheden ter verbetering. Hierbij is gebruik gemaakt van een uitvoerige data analyse, wiskundige optimalisatie en simulatie. Tot slot worden op basis van deze drie onderzoeksmethoden de bevindingen van dit planningsonderzoek vertaald naar diverse conclusies in paragraaf 6.1, waarna enkele aanbevelingen worden gedaan ten aanzien van het logistieke proces op de HCK's in paragraaf 6.2.

6.1 Conclusies

De verschafte data betrof data van de zorgeenheden en de HCK's waaruit enkele knelpunten naar voren kwamen die groei van de afdeling belemmeren. Binnen de zorgeenheden in de huidige situatie is het gebrek aan bedden het grootste knelpunt, wat tevens ook het vaakst gehoorde knelpunt is rondom de HCK's. Dit gevoel wordt benadrukt door de data, waaruit blijkt dat afdeling 5C en de Special Care respectievelijk 19% en 25% van de doordeweekse dagen meer capaciteit nodig is dan beschikbaar. Op afdeling 5C vindt overbezetting voornamelijk plaats op de woensdag en donderdag, omdat patiënten van de maandag en dinsdag langer kunnen blijven liggen dan verwacht. Echter, er is een bepaalde fluctuatie qua bezetting dit beddenaantal het efficiëntst is. Ook al is het regelmatig krap, lijkt in de huidige situatie een uitbreiding van de bedden te inefficiënt.

De data van de HCK's toonde aan dat de gemiddelde bezettingsgraad rond de 70% ligt. Men kan de leegstand onderscheiden in de starttijd, wisseltijd en de voorloop (tijd dat men eerder klaar is dan gepland), welke respectievelijk 10%, 50% en 40% van de leegstand veroorzaken. Ook al is een deel van de wisseltijd onvermijdelijk (bijv. kamers worden expres vrijgehouden indien spoed op komst is), lijkt hier alsnog toch de meeste winst te behalen (met name op kamer 1). Vanwege de natuurlijke fluctuatie in de proceduretijden, is het vrijwel onmogelijk om vanuit wiskundig oogpunt de voorloop te verminderen, temeer omdat de wachtlijst regelmatig leeg is en er dus geen patiënten zijn.

Met behulp van een wiskundig optimalisatiemodel is berekend wat de optimale planningsmethodiek is, en het blijkt dat de huidige manier van plannen daar erg dichtbij komt. Met andere woorden, qua puzzelen in de planning lijkt vrij weinig ruimte voor verbetering, temeer omdat er dusdanig veel restricties zijn dat er ook weinig ruimte was tot schuiven binnen de planning.

Als laatste is middels een simulatiemodel het huidige logistieke proces nagebootst om inzicht te krijgen in toekomstige veranderingen. Een voornaamste verandering

betreft een toename van het aantal patiënten van bijna 400, waarbij de Special Care en afdeling 5C respectievelijk 3 en 1 bed(den) extra krijgen. Uitgaande van dit groeiscenario blijkt een stijging van de bezettingsgraad van 8 tot 10 procent zeer realistisch is, waarbij moet worden opgemerkt dat door deze groei het overwerk met maar liefst een half uur per dag kan toenemen. Echter, als de openingstijd van kamer 2 wordt terugschroefd naar 08:15 (momenteel 09:30), is er geen extra overwerk vergeleken met de huidige situatie, terwijl de bezettingsgraad 6 tot 8 procent kan stijgen. Hoewel de afweging subjectief is, lijkt het laatstgenoemde scenario het meest ideale resultaat, temeer omdat de overbezetting op afdeling 5C vermindert en op de Special Care vrijwel helemaal verdwijnt. Daarbij moet echter wel gebruik worden gemaakt van de blauwdruk die is geopperd in paragraaf 5.2, waarbij het zeer wenselijk (maar niet verplicht) is dat EFO/ablaties op dinsdag in plaats van woensdag worden uitgevoerd, om het 3-2-3-2-3 opnamepatroon per week te realiseren voor Afdeling 5C. EFO/ablaties uitvoeren op vier dagen in plaats van drie levert een zeer kleine winst op, maar is niet noodzakelijk.

6.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen sluiten goed aan op de conclusies, want het groeiscenario lijkt een zekerheid: een uitbreiding van 1 bed op afdeling 5C, en een uitbreiding van 3 bedden voor de Special Care. Daarmee is de overbezetting verminderd terwijl alsnog efficiënt wordt omgegaan met de schaarse middelen. Voor de HCK's is het verstandig om de openingstijd van kamer 2 terug te zetten naar 08:15 (oorspronkelijk 09:30), omdat de groei vanuit een ander ziekenhuis anders niet voldoende kan worden opgevangen.

Qua planningsmethodiek valt er in de huidige situatie weinig verder te optimaliseren, omdat de huidige manier van planning dichtbij de optimale methode ligt. Een vuistregel voor het planning is dan ook om de procedures met de langste voorzorg op de maandag of dinsdag in te plannen, terwijl de procedures met de langste nazorg op vrijdag worden ingepland. Daarnaast wordt aangeraden om EFO/ablaties op dinsdag in plaats van woensdag uit te voeren om de bezetting op afdeling 5C iets te stabiliseren (al is het verschil gering).

Tevens wordt aanbevolen enkele extra gegevens / data bij te houden om de huidige situatie beter in kaart te brengen, die worden genoemd in in Bijlage C. Hoewel de verschafte data namelijk veel informatie bood, moeten er meer gegevens worden bijgehouden om nauwkeurige uitspraken te doen. Hoewel dit planningsonderzoek voornamelijk van kwantitatieve aard was, wordt ten slotte (op basis van gesprekken met verpleegkundigen op de zorgeenheden / HCK's, het secretariaat en diverse artsen) toch enkele suggesties ter verbetering gedaan vanuit een kwalitatief oogpunt. Voor sommige suggesties is weliswaar enige verandering noodzakelijk niet mogelijk niet haalbaar is, maar misschien brengt dit anderen op ideeën die wel in zijn totaliteit uit te voeren en veelbelovend zijn.

Bijlage A

Toelichting data analyse

A.1 Toelichting data analyse zorgeenheden

A.1.1 Volledige datasetspecificatie zorgeenheden

Gegeven	Beschrijving
Patient	Patientnummer, uniek zevencijferig getal.
DTsort	Samengestelde datum verrichting + opnamedatum, bijv. 09:00:00, 1-3-2012.
Gekop-perioden	Getal dat aangeeft of de regel verbonden is met meerdere regels (dus meerdere opnamedelen).
Opntyp	Opnametype (DBH, KLI, PRE)
Spoed	Indicator van urgentie (“J” = spoed, “N” = geen spoed).
Afdeling	Afkorting van de afdeling van opname van de patient (ICAR, OEHH, SCAR, SCCH, VCCH, VLON, VVAT).
Beh-spec	Behandelend specialisme (ANS, CAR, CCH, GAS, GER, GYN, HEM, HGE, HLK, HL, HON, INW, KCH, KNO, LON, NCH, NEF, NEU, NUC, ONI, ORT, PCH, REU, TRA, URO, VAT, VER).
Start	Start van de opname, bijv. 09:00:00, 1-3-2012.
Eind	Einde van de opname, bijv. 14:30:00, 1-3-2012.
Opnwijz	Opnamewijze (ANZI, EHBO, EIZI, HUIS, PSYC, REVA, VPLI).
Ontwijz	Ontslagwijze (ANZI, BEJA, EIZI, HUIS, OVER, OVOB, OVRL, PSYC, REVA, TADV, VPLI).
Opn-jnr	Jaar van opname (11, 12, 13).
Opn-volgnr	Opnamevolgnummer; regels (opnamedelen) met hetzelfde opnamevolgnummer behoren tot dezelfde opname.
Opndeel-nr	Opnamedeelnummer; het deel van de opname (een 2 geeft aan dat dit opnamedeel het tweede deel van de opname was).
Verrichting	Verrichtingscode, bijv. 333207C.
CBV-omschrijving	Omschrijving van de verrichting, bijv. “HART - CORONAIR ARTERIOGR.-KATH.LI.OF KATH.LI.-RE.”.
Verrichtingsdatum	Verrichtingsdatum (zonder tijd), bijv. 00:00:00, 1-3-2012.

A.2 Totstandkoming analyse zorgeenheden

De dataset van de zorgeenheden bevat informatie over elke patiënt die één van de vijf zorgeenheden heeft bezocht en bestaat uit een lijst van 28241 regels, waarbij elke regel een opnamedeel representeert. Elke regel is dus niet per se één opname, want een opname kan zijn verspreid over vijf delen en dus vijf regels (bijv. verschillende verrichtingen op eenzelfde dag). In de tabel op de volgende pagina kan een overzicht gevonden worden van de gebruikte informatie per regel/opnamedeel in de dataset.

In dit onderzoek ligt de interesse vanzelfsprekend niet in opnamedelen, maar in volledige opnames. Zodoende weet men bijvoorbeeld het daadwerkelijke aantal patiënten dat VUmc bezoekt (1 opname = 1 patiënt). Daarom zijn diverse opnamedelen samengevoegd indien het opnamevolgnummer hetzelfde is, aangezien regels met hetzelfde opnamevolgnummer bij dezelfde opname (en dus ook patiënt) horen. Daarnaast zijn er ook een heleboel regels in de dataset die ook buiten beschouwing gelaten mogen worden. Immers, deze dataset bevat alle patiënten die op de zorgeenheden zijn gekomen, terwijl dit onderzoek draait om de planning van de HCK's (en dus ook het deel van de afdelingen dat bestemd is voor de HCK's). Om die reden zijn voor de meeste analyses de opnames zonder HCK-verrichting verwijderd uit de dataset.

Ten slotte nog enkele opmerkingen voor de volledigheid, en eventueel voor eenieder die deze getallen wilt herproduceren:

- Als de opname enkel de verrichting behandeling op de cardioverter is én op de Eerste Hart Hulp was, dan is het geen HCK onderzoek (deze zijn er dan ook uitgefilterd).
- Voor 277 opnames (475 van de 28241 regels/opnamedelen) was helemaal geen opnamedata beschikbaar, behalve het patiëntnummer, de registratietijd van het opnamedeel (de rest was niet ingevuld) en de verrichting. Van deze opnames is dus geen start- en eindtijd beschikbaar, waardoor een deel van de HCK-patiënten ontbreekt in de bovenstaande analyse. Van 7430 opnames zijn de aankomst- en ontslagtijd wél bekend, wat betekent dat 4,9% van de opnames niet zijn inbegrepen bij eerder genoemde verdelingen.
- In de dataset is de opnametijd van ongeveer 75% van de patiënten gelijk aan 06:45, terwijl de Special Care pas vanaf 07:30 open is (en direct patiënten opneemt). Na navraag bij de SCAR is gebleken dat 06:45 niet kan kloppen en dat er hoogstwaarschijnlijk iets onjuist moet zijn gegaan in de automatische opslag van deze data; daarom zijn alle tijden aangepast van 06:45 naar 07:30.
- Van 82 regels in deze dataset was er wel een opname starttijd, maar geen eindtijd. De reden hiervoor is dat deze patiënten ten tijde van het opvragen van deze dataset nog in het ziekenhuis lagen en dus nog geen ontslagdatum hadden. Het betrof dan ook allemaal patiënten die in 2013 waren opgenomen, en aangezien de voorgaande data analyse enkel de data van 2011 en 2012 in beschouwing nam, heeft dit geen effect op de data analyse.

A.2.1 Volledige datasetspecificatie HCK's

Gegeven	Beschrijving
No	Procedurenummer.
Case	Unieke procedurecode.
Datum	Datum van creatie case.
Tijd	Tijd van creatie case.
Procedures	Verrichtingen, gescheiden met een “+”-teken, bijv.: Cath. links+PCI acute coronaire syndroom, met stent
OND	Indicator voor onderzoek (0 = geen onderzoek, 1 = wel)
PCI	Indicator voor dotterprocedure (0 of 1)
IMP	Indicator voor implantatie (0 of 1)
EFO	Indicator voor EFO-ablatie (0 of 1)
RDN	Indicator voor RDN-procedure (0 of 1)
PCI-Proc	Aantal dotterbehandelingen
Reg-nummer	Patientnummer, uniek zevencijferig getal.
ProcedureDate	Datum van procedure.
PatientInTime	Tijd van aankomst patient.
FirstLidocaine	Tijd van verdoving patient.
FirstLoggedItem	Tijd van eerste actie XperIM van verpleegkundige.
LastLoggedItem	Tijd van laatste actie XperIM van verpleegkundige.
BeginTime	Tijd van start van de eerste verrichting.
EndTime	Tijd van einde van de laatste verrichting.
PatientOutTime	Tijd van vertrek patient.
PP-spoed	Indicator van spoed. “Leeg” = geen spoed, “Dag” = spoed binnen kantooruren, “ANW” = spoed buiten kantooruren (avond, nacht, weekeinde)
Kamer	Kamernummer.

A.2.2 Totstandkoming analyse HCK's

Ook voor deze dataset zijn nog vier afsluitende opmerkingen te maken voor de volledigheid, en eventueel voor eenieder die deze getallen wilt herproduceren:

- Alle procedures waar geen kamer was aangegeven óf geen tijden zijn ingevuld, zijn verwijderd. Wanneer er bijvoorbeeld geen kamer was ingevuld, was bij sommige cases het patientnummer 1234567 of waren er een reeks van procedures met hetzelfde patiëntnummer, dus zulke dingen lijken op een test of op een mislukte creatie. Hierdoor zijn in totaal 18 cases (3 uit 2011, 15 uit 2012) verwijderd en vanwege dit kleine aantal heeft het waarschijnlijk geen significante invloed op de resultaten, mochten er cases tussen zitten die toch wél echte procedures waren.
- Een procedure is in de dataset beschreven als een reeks van verrichtingen, gescheiden met “+”-tekens, dus bijvoorbeeld: “Cath. links+PCI intracor.meting

(IVUS,FFR,CFR)+PCI eentaks stenose, met stent”. Nu zit er ook een ver-
richting tussen onder de naam “Cath. links + rechts”, wat één verrichting is,
en door het data analyse vooraf is vervangen door “Cath. links en rechts”.

- Bij sommige procedures was de laatste actie (LastLoggedItem) later dan de FirstLoggedItem van de daaropvolgende procedure, wat vanzelfsprekend niet waar kan zijn. Waarschijnlijk is bij deze procedures iets (minuten, uren, of zelfs dagen) nog later aangepast voor de volledigheid, maar hierdoor is de proceduretijd incorrect. Dit betrof 285 van de 5954 procedures, wat toch een hoog aantal is. Bij deze procedures is de LastLoggedItem veranderd naar de FirstLoggedItem, en voor het berekenen van de wisseltijden zijn deze procedures niet meer meegenomen (anders zou de wisseltijd te vaak gelijk zijn aan). Bij het berekenen van de bezettingsgraad is deze echter wel meegenomen, omdat de bezettingsgraad anders veel te laag zou zijn (dan zou een hele procedure worden verwijderd op een dag).
- Ook waren er procedures in de dataset met een verdacht korte of lange proceduretijd. Wanneer de proceduretijd korter was dan 10 minuten of langer dan 8 uur, is deze niet meegenomen voor het berekenen voor de proceduretijden. Wanneer de proceduretijd te lang was, was het altijd mogelijk geweest om het enigszins te corrigeren aan de hand door de manier beschreven in het punt hierboven.

A.3 Bepaling proceduretijd

Hoe de proceduretijd volgens de definitie berekend kan worden, is met behulp van de data van de HCK's niet eenduidig, terwijl deze wel nodig is om bijvoorbeeld de bezettingsgraad van een HCK te berekenen. In deze paragraaf wordt toegelicht waarom dat lastig is, en welke aanpak momenteel is gehanteerd.

Bepaling start proceduretijd De start van de procedure kan worden bepaald met behulp van de PatientInTime (aankomst patiënt), BeginTime (tijd van eerste verrichting), FirstLidocaine (tijd van verdoving) of de FirstLoggedItem (eerste actie in XperIM door verpleegkundige). Echter, het gebruik van één van deze vier tijden heeft elk zijn nadeel. Het moge ten eerste duidelijk zijn dat de FirstLidocaine en BeginTime het verst van de bovengenoemde definitie voor de procedurestarttijd staan, omdat er een heleboel vereiste handelingen voor deze tijden al zijn geweest (voorbereiding patiënt, voorbespreking, etc.).

In de PatientInTime¹ zit ook een deel van de voorbereidingstijd niet inbegrepen, namelijk de voorbereidingstijd zonder dat een patiënt in de kamer zit (bijvoorbeeld, het klaarmaken van het HCK-bed). Maar wellicht belangrijker is het feit dat de geregistreerde PatientInTime niet altijd correct is. Zodra een patiënt binnenkomt, is het invullen van deze tijd niet het eerste wat alle verpleegkundigen doen (maar door sommigen wel!). Sommige verpleegkundigen maken bijvoorbeeld eerst kennis met de

¹In XperIM: “aankomst patiënt”

patiënt en zorgen ervoor dat hij of zij comfortabel op het HCK-bed ligt. Wanneer dat is afgerond, ongeveer tien minuten nadat de patiënt was binnengekomen, wordt dan de PatientInTime ingevuld. Verpleegkundigen hoeven deze tijden niet handmatig in te vullen (al is dat wel mogelijk), want voor het gemak kunnen ze ook op een knopje klikken waardoor de huidige tijd automatisch wordt ingevuld. Het is goed te begrijpen dat het dan overbodig wordt gevonden om handmatig deze tijd aan te passen voor die vijf of tien minuten, maar het is voor een foutloze data analyse niet ideaal. Hierdoor kunnen dan de proceduretijden gemiddeld 10 minuten lager liggen dan gemiddeld, en kan de bezettingsgraad minstens 10% afwijken van de daadwerkelijke tijd dat er wordt gewerkt op de HCK's.

Een alternatief is om dan de FirstLoggedItem te gebruiken. Wanneer de case is aangemaakt, dan is er dus een verpleegkundige in de HCK, en is het aannemelijk dat de andere verpleegkundige bezig is met opstarten. Ook hier is een nadeel bij, want de case hoeft niet per se aangemaakt te worden op het moment dat de HCK bezig is voor de bijbehorende procedure. Bijvoorbeeld, de case kan alvast worden aangemaakt vlak voor de pauze, of op het moment dat er gewacht wordt op de volgende patiënt. Dan is de kamer dus niet bezig, maar zit de kamer in de wisseltijd, wat niet tot de proceduretijd behoort. Aan de andere kant kan de case ook pas worden aangemaakt enkele tijd nadat de verpleegkundigen bezig zijn, als het aanmaken van de case simpelweg later gebeurt.

Er is handmatig gecontroleerd hoe vaak het voorkomt dat de FirstLoggedItem te verdacht verschilt van de PatientInTime (langer dan een half uur), want dit zou de suggestie kunnen wekken dat de case is aangemaakt en eerst nog pauze is genomen. Dit blijkt in 2 jaar echter slechts 40 keer het geval te zijn geweest. De beste manier om de starttijd te bepalen is mogelijk subjectief, maar er wordt gekozen om de FirstLoggedItem te gebruiken omdat deze intuïtief meer in de buurt komt van het moment dat de verpleegkundigen daadwerkelijk bezig zijn.

Bepaling eind proceduretijd Eenzelfde soort verhaal geldt voor de eindtijd van de procedure, welke kan worden bepaald met behulp van de LastLoggedItem, PatientOutTime of EndTime (eindtijd van laatste verrichting). De PatientOutTime gebeurt altijd na de EndTime, en is dus altijd nauwkeuriger dan de EndTime (dus de EndTime wordt niet gebruikt). Bij de PatientOutTime zit echter vaak niet het schoonmaken inbegrepen, of het schrijven van de brief, terwijl dit wel allemaal handelingen zijn die bij de proceduretijd horen volgens de definitie.

De LastLoggedItem klinkt dan daarom dan wel érg bruikbaar, want het is goed voor te stellen dat het afsluiten van de case gedaan wordt op het moment dat alles ook echt klaar is (brief geschreven, patiënt weg, en vaak ook schoongemaakt), en dit is naar het idee van enkele verpleegkundigen ook het beste om te gebruiken. Hier is dan echter één uitzonderingsgeval bij, want het komt regelmatig voor dat de case op een later moment (soms uren, maar soms ook dagen) wordt heropend en een kleine aanpassing wordt gedaan. Zulke verdachte LastLoggedItems kunnen echter worden gerepareerd. Stel nu dat de LastLoggedItem 12 uur later is, dan is dit vanzelfsprekend ongeloofwaardig (geen enkele procedure duurt zo lang) en wordt deze tijd niet meegenomen in de data analyse. Ook als de LastLoggedItem van een

bepaalde procedure op een kamer later is dan de PatientInTime van de volgende procedure, dan is het ook vrijwel zeker dat die LastLoggedItem niet klopt. In zulke gevallen wordt het einde van de procedure gezet op de FirstLoggedItem van de volgende procedure.

Correctie Op basis van 19 eigen observaties, is bekeken hoe dichtbij deze logtijden bij de daadwerkelijke start en eind volgens de definitie zitten. Gemiddeld bleek de procedure 5 minuten eerder te starten dan de eerste logtijd, en 3 minuten later te eindigen. Samenvattend, het begin van de proceduretijd is gedefinieerd als de FirstLoggedItem min 5 minuten, en het einde van de procedure is gedefinieerd als de LastLoggedItem plus 5 minuten, mits deze geen extreem late tijd vertoont (dan wordt de FirstLoggedItem van de volgende procedure gebruikt).

A.4 Regel toekenning urgentie naar patiënt

Een gebrek in de dataset van de zorgeenheden is het feit dat enkel een “J” of een “N” wordt gebruikt (respectievelijk spoed en geen spoed) voor de indicatie van de urgentie, terwijl er drie soorten urgenties zijn (spoed, semi-spoed en electief). Bovendien betekent een “J” niet direct dat het een échte spoed is, maar kan het ook een semi-spoed zijn met minder urgentie. Daarom zijn de volgende regels (in overleg met één van de cardiologen) een regel opgesteld om te bepalen welke urgentie toegekend moet worden aan een patiënt:

- Indien de opnamewijze gelijk is aan “ANZI” (afkomstig uit ander ziekenhuis), dan behoort de patiënt onvoorwaardelijk tot de categorie semi-spoed.
- Als de spoed-indicator gelijk is aan “J” en de patiënt op dezelfde dag is behandeld als de dag dat hij is aangekomen, dan is de patiënt een spoed-patient. Mits deze niet op dezelfde dag is behandeld, dan is het een semi-spoed patiënt (immers, de patiënt hoefde niet op diezelfde dag te worden behandeld, wat getuigt van geen grote spoed).
- Als de spoed-indicator gelijk is aan “N” en de patiënt is behandeld op de dag zelf, óf de dag nadat hij is aangekomen, dan is het een electieve patiënt. Een groot deel patiënten wordt namelijk de dag vóór de procedure opgenomen, wat duidelijk ingepland is en de patiënt dus electief is. Als de patiënt echter twee of meer dagen na opname is opgenomen, dan wordt ervan uitgegaan dat de patiënt in het ziekenhuis wacht op een procedure, en dus een grotere urgentie heeft dan thuiswachtende patiënten (en wordt hij of zij dus gemarkeerd als een semi-spoedpatiënt).

Merk op dat de bovenstaande regels aan elke patiënt een urgentie kan toewijzen. Hoewel deze regels niet altijd correct zijn (bijvoorbeeld, een patiënt kan ook twee dagen van tevoren worden opgenomen waardoor hij electief is in plaats van semi-spoed), kan ervan worden uitgegaan dat het in het overgrote deel goed wordt gerekend. Bovendien middelt een deel van de “foute” urgenties elkaar uit.

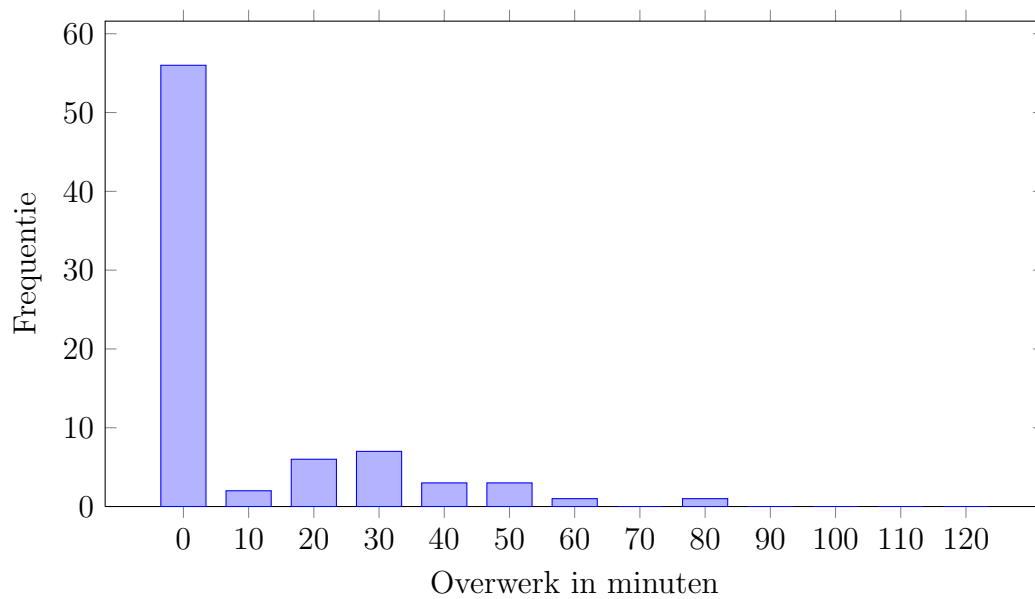
Bijlage B

Data analyse per HCK

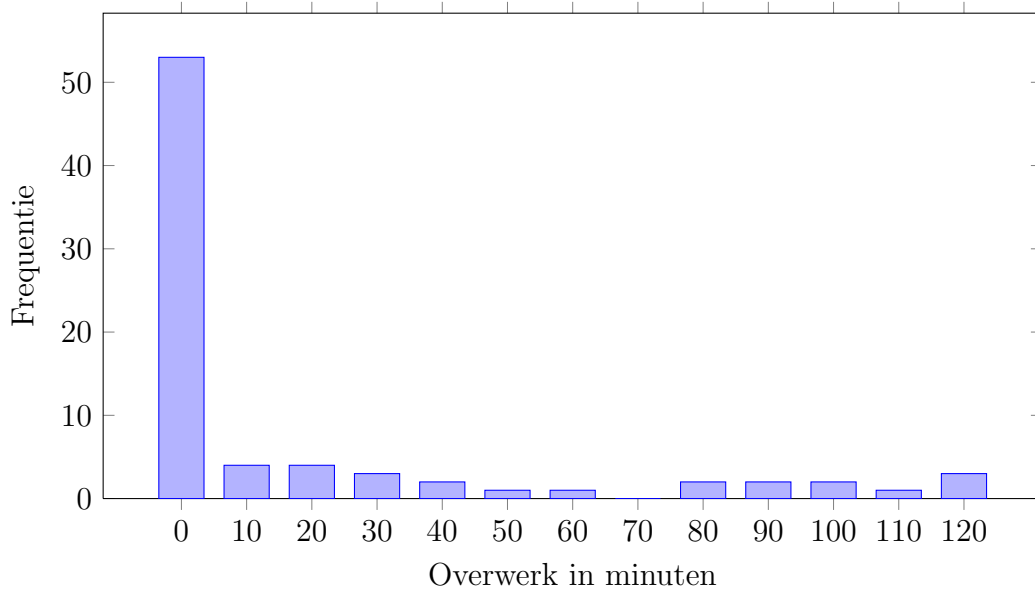
B.1 Overwerk

	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	79	78	81
Gemiddelde	9.92	18.49	30.79
Standaard deviatie	17.63	35.45	68.36
25-% getrimde gemiddelde	1.08	2.33	10.17

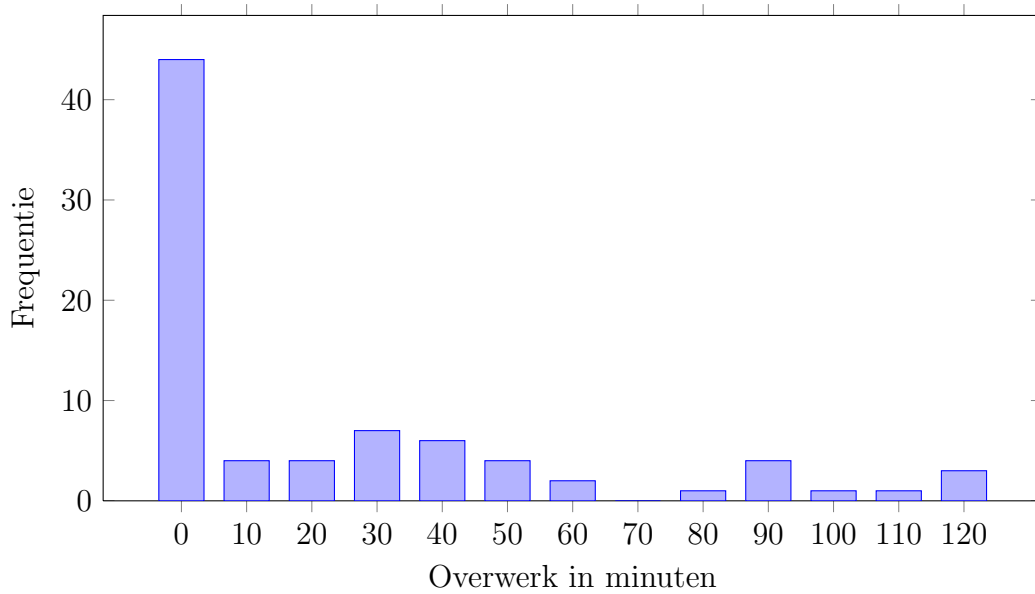
Tabel B.1: Overwerk per kamer (in minuten)



Figuur B.1: Verdeling overwerk kamer 1 (in minuten)



Figuur B.2: Verdeling overwerk kamer 2 (in minuten)

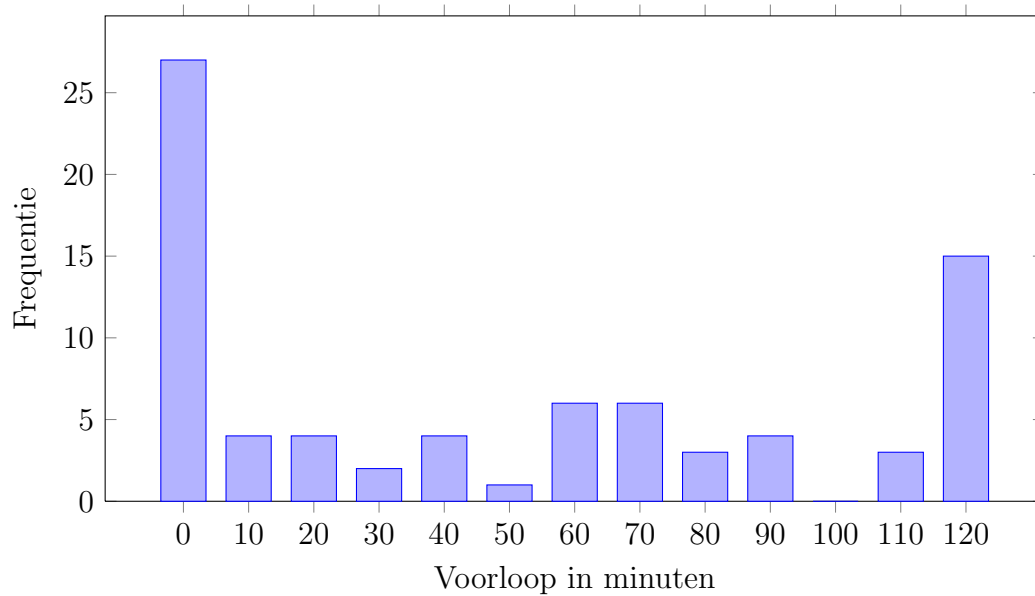


Figuur B.3: Verdeling overwerk kamer 3 (in minuten)

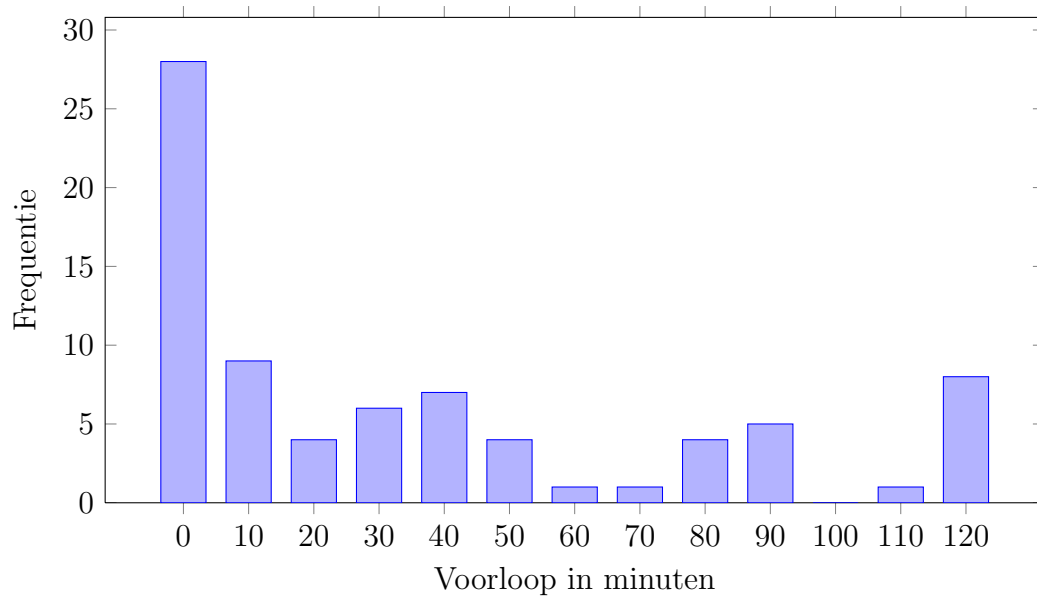
B.2 Voorloop

	Kamer 1	Kamer 2	Kamer 3
Aantal metingen	79	78	81
Gemiddelde	69.05	43.93	46.89
Standaard deviatie	88.23	63.41	116.66
25-% getrimde gemiddelde	39.95	22.33	16.48

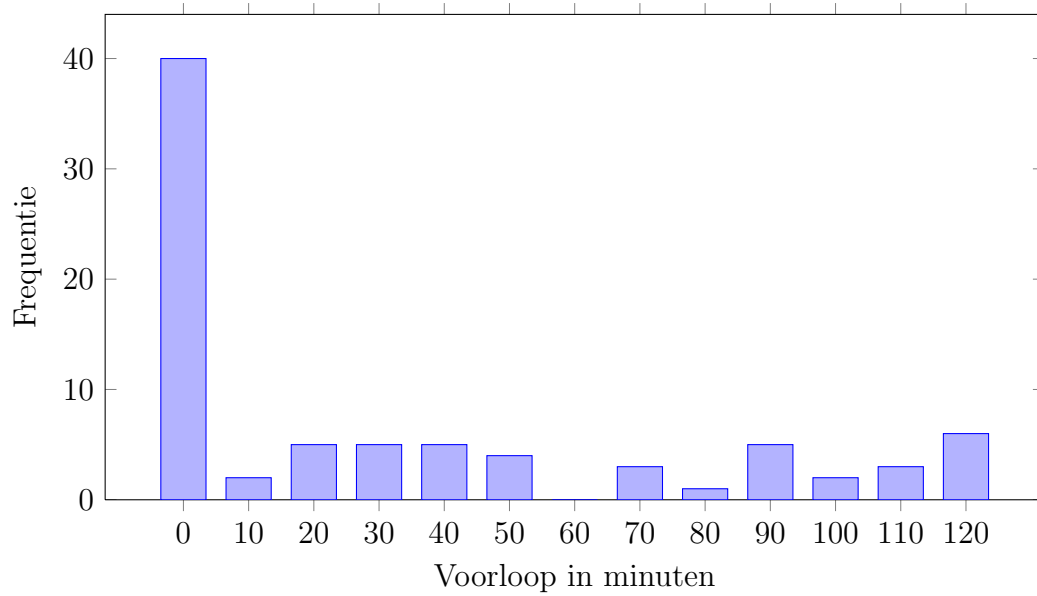
Tabel B.2: Voorloop per kamer (in minuten)



Figuur B.4: Verdeling voorloop kamer 1 (in minuten)



Figuur B.5: Verdeling voorloop kamer 2 (in minuten)



Figuur B.6: Verdeling voorloop kamer 3 (in minuten)

B.3 Data analyse kamer 1

B.3.1 Algemene procedurestatistieken kamer 1

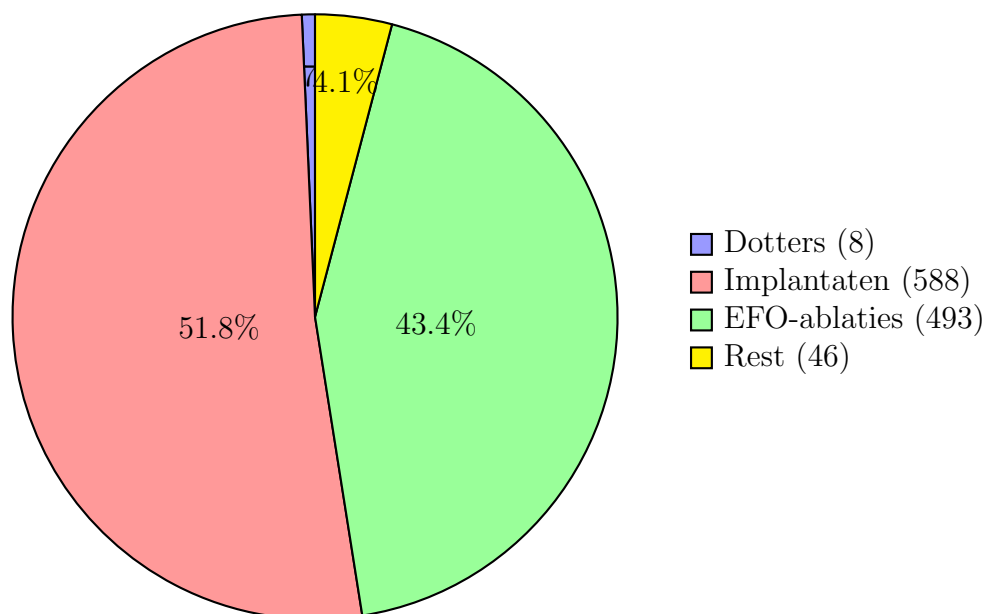
	2011	2012	Totaal
Aantal procedures	569	566	1135

Tabel B.3: Algemene statistieken procedures

B.3.2 Procedureverdeling kamer 1

	2011	2012	Totaal
Aantal dotters	2	6	8
Aantal implantaten	307	281	588
Aantal EFO-ablaties	234	259	493
Aantal RND	0	0	0
Aantal combinaties	0	0	0
Aantal onbekend	26	20	46

Tabel B.4: Procedures per soort kamer 1

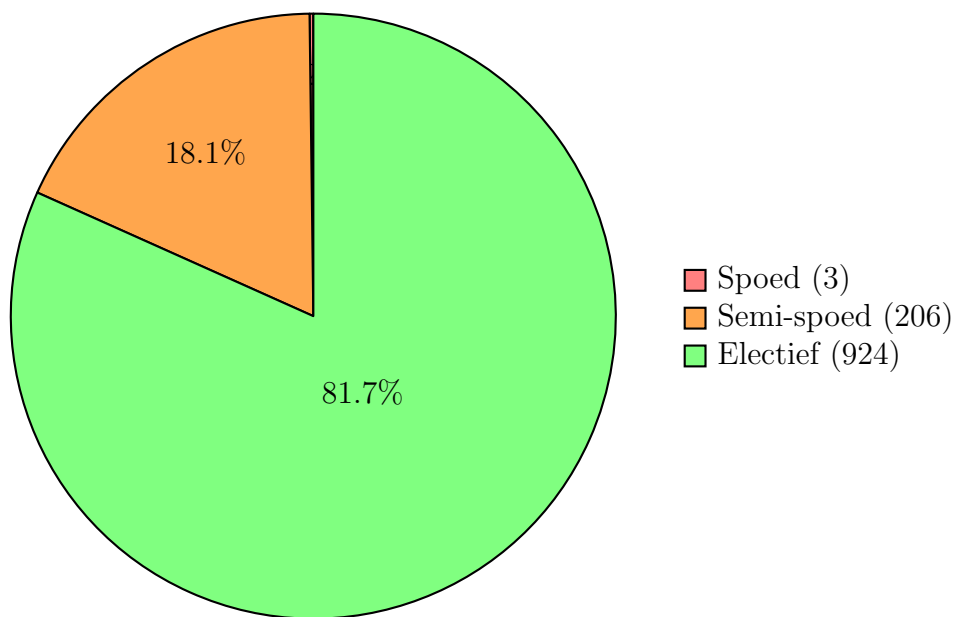


Figuur B.7: Procedureverdeling kamer 1

B.3.3 Urgentieverdeling kamer 1 binnen kantooruren

	2011	2012	Totaal
Aantal spoed	2	1	3
Aantal semi-spoed	116	90	206
Aantal electief	450	474	924

Tabel B.5: Urgentieverdeling kamer 1 binnen kantooruren

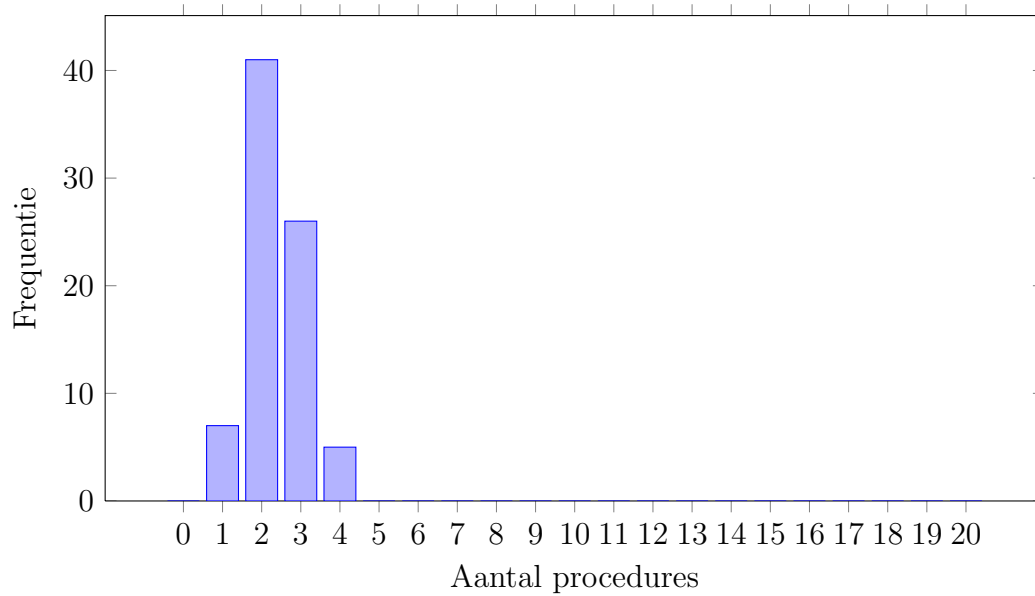


Figuur B.8: Diagram urgentieverdeling kamer 1 binnen kantooruren

B.3.4 Aantal procedures kamer 1

Gemiddelde	2.37
Standaard deviatie	0.74
25%-getrimde gemiddelde	2.28

Tabel B.6: Aantal procedures kamer 1



Figuur B.9: Verdeling aantal procedures kamer 1

Opmerking: deze getallen betreffen enkel metingen binnen de periode 1 september 2012 t/m 31 december 2012. Tevens representeert de y-as het aantal metingen (van de 80) en geen percentages.

B.4 Data analyse kamer 2

B.4.1 Algemene procedurestatistieken kamer 2

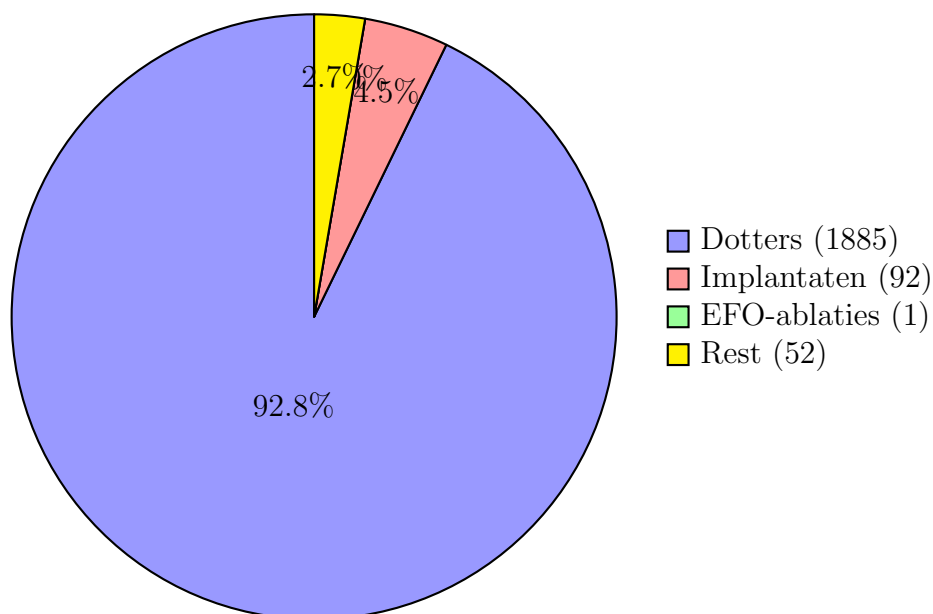
	2011	2012	Totaal
Aantal procedures	1003	1027	2030

Tabel B.7: Algemene statistieken procedures

B.4.2 Procedureverdeling kamer 2

	2011	2012	Totaal
Aantal dotters	954	931	1885
Aantal implantaten	32	60	92
Aantal EFO-ablaties	1	0	1
Aantal RND	4	8	12
Aantal combinaties	0	0	0
Aantal onbekend	12	28	40

Tabel B.8: Procedures per soort kamer 2

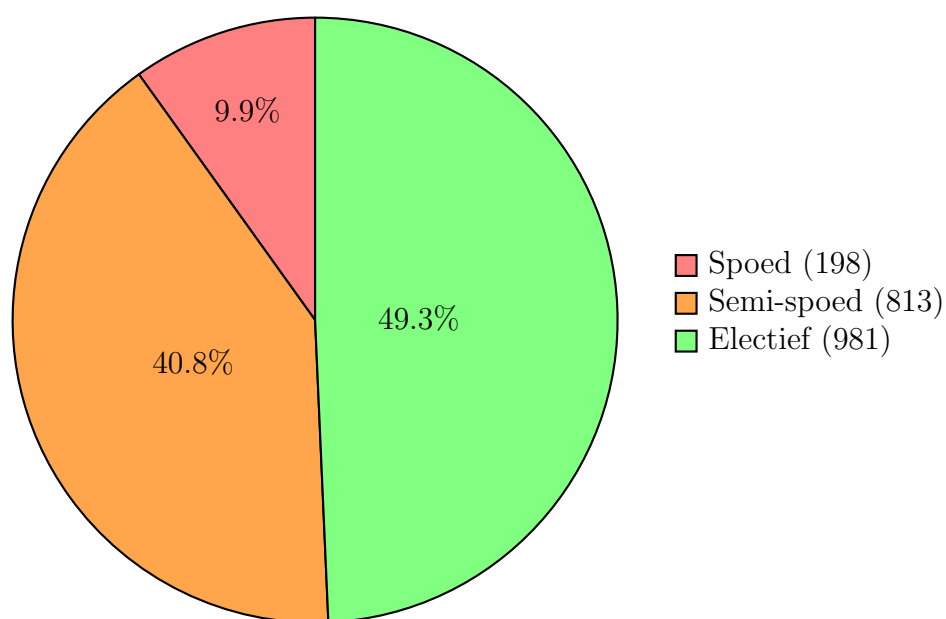


Figuur B.10: Procedureverdeling kamer 2

B.4.3 Urgentieverdeling kamer 2 binnen kantooruren

	2011	2012	Totaal
Aantal spoed	96	102	198
Aantal semi-spoed	388	425	813
Aantal electief	507	474	981

Tabel B.9: Urgentieverdeling kamer 2 binnen kantooruren

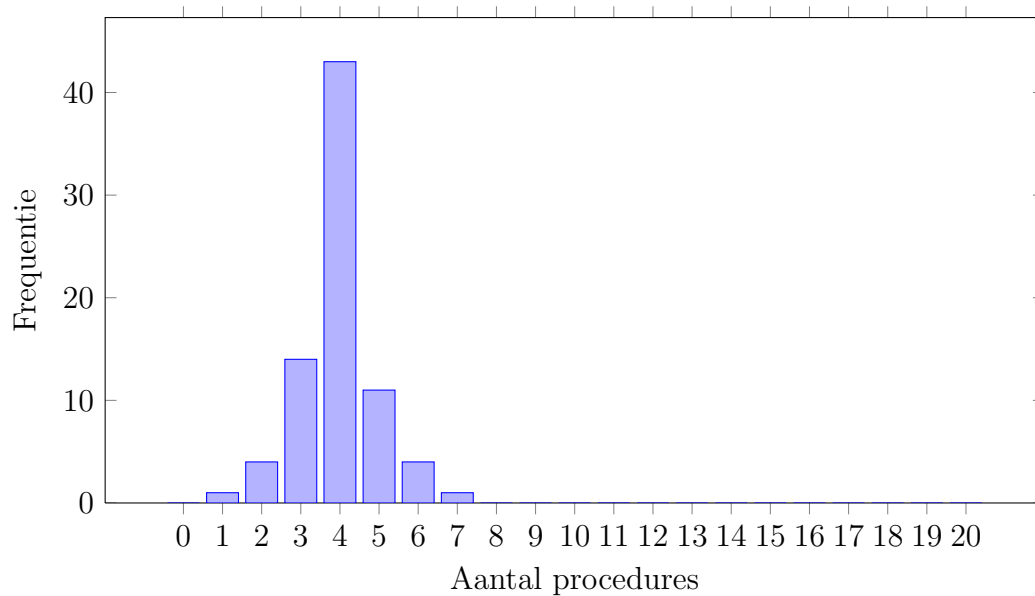


Figuur B.11: Diagram urgentieverdeling kamer 2 binnen kantooruren

B.4.4 Aantal procedures kamer 2

Gemiddelde	3.96
Standaard deviatie	0.99
25%-getrimde gemiddelde	4.00

Tabel B.10: Aantal procedures kamer 2



Figuur B.12: Verdeling aantal procedures kamer 2

Opmerking: deze getallen betreffen enkel metingen binnen de periode 1 september 2012 t/m 31 december 2012. Tevens representeert de y-as het aantal metingen (van de 80) en geen percentages.

B.5 Data analyse kamer 3

B.5.1 Algemene procedurestatistieken kamer 3

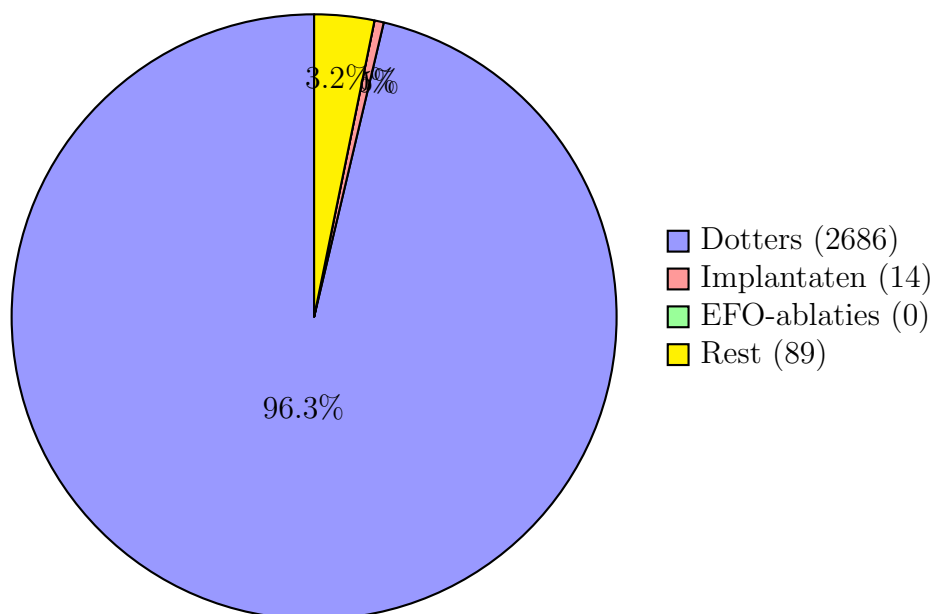
	2011	2012	Totaal
Aantal procedures	1317	1472	2789

Tabel B.11: Algemene statistieken procedures

B.5.2 Procedureverdeling kamer 3

	2011	2012	Totaal
Aantal dotters	1265	1421	2686
Aantal implantaten	9	5	14
Aantal EFO-ablaties	0	0	0
Aantal RND	5	1	6
Aantal combinaties	0	0	0
Aantal onbekend	38	45	83

Tabel B.12: Procedures per soort kamer 3

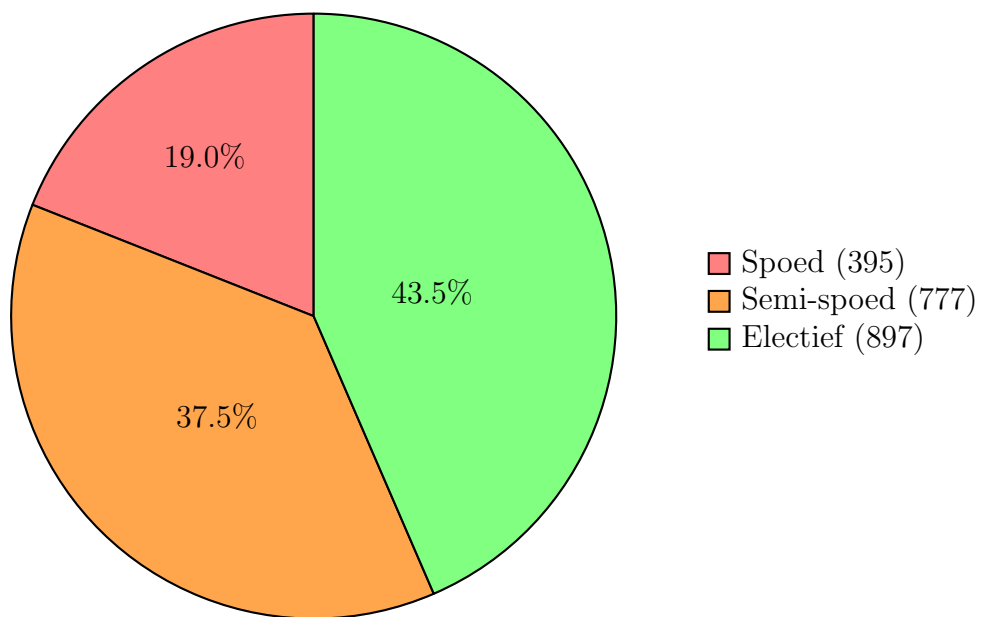


Figuur B.13: Procedureverdeling kamer 3

B.5.3 Urgentieverdeling kamer 3 binnen kantooruren

	2011	2012	Totaal
Aantal spoed	203	192	395
Aantal semi-spoed	360	417	777
Aantal electief	404	493	897

Tabel B.13: Urgentieverdeling kamer 3 binnen kantooruren

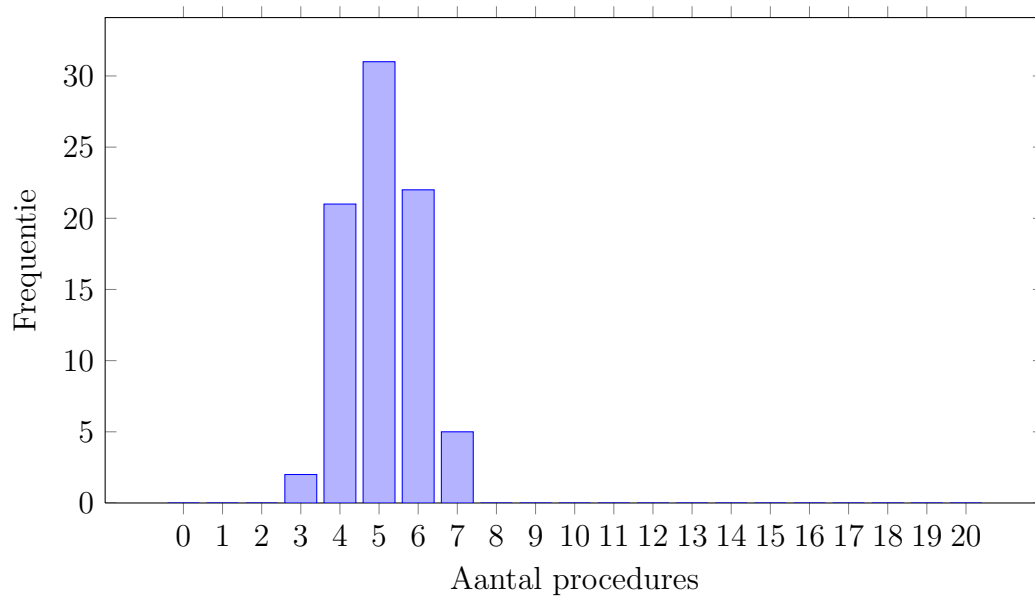


Figuur B.14: Diagram urgentieverdeling kamer 3 binnen kantooruren

B.5.4 Aantal procedures kamer 3

Gemiddelde	5.09
Standaard deviatie	0.94
25%-getrimde gemiddelde	5.13

Tabel B.14: Aantal procedures kamer 3



Figuur B.15: Verdeling aantal procedures kamer 3

Opmerking: deze getallen betreffen enkel metingen binnen de periode 1 september 2012 t/m 31 december 2012. Tevens representeert de y-as het aantal metingen (van de 80) en geen percentages.

Bijlage C

Benodigde data voor compleet inzicht

De data analyse in hoofdstuk 3 is gebaseerd op de data die beschikbaar is gesteld, en ook al zijn deze gegevens toereikend, is het de moeite waard om extra gegevens bij te houden om een compleet inzicht te krijgen in de knel- en verbeterpunten in de logistiek, die hieronder zijn benoemd.

Aanmeldings- / acceptatiemoment van patiënt Hiermee kan de wachttijd van patiënten voor procedure (of opname) worden bepaald, wat op dit moment onbekend is. Als een patiënt zich aanmeldt voor een procedure, betekent het namelijk nog niet dat hij of zij daadwerkelijk op de wachtlijst gezet wordt (dit dient eerst besproken te worden door het hartteam). Wanneer zowel het aanmeldings- als acceptatietijdstip worden bijgehouden, krijgt men inzicht in beide types wachttijden.

Beoogde afdeling van patiënt Regelmatig worden patiënten opgenomen op een andere afdeling dan de beoogde afdeling. Bijvoorbeeld, de meeste patiënten voor een dotterprocedure vanuit een ander ziekenhuis zijn het beste op hun plek op de Special Care, maar hier is niet altijd plaats. Vaak wordt dan afgeweken naar Afdeling 5B, maar in de data is niet te zien dat dat is gebeurd. In dit voorbeeld zou voor een nauwkeurigere simulatie bekend moeten zijn wat het aantal patiënten was dat naar de Special Care had moeten gaan, om het effect van een uitbreiding van deze afdeling beter te kunnen bepalen.

Hierbij hoort overigens ook het tijdstip van een beoogde overplaatsing. Bijvoorbeeld, op de CCU liggen patiënten voor intensievere (duurdere) zorg, maar na een bepaalde tijd is de patiënt in een dusdanige toestand dat een normal care bed volstaat. Ook hiervoor geldt dat er geen normal care bed aanwezig is, waardoor deze patiënt onnodig dure zorg krijgt en zelfs in theorie het bed bezet houdt waardoor een patiënt (in de praktijk wordt dit overigens altijd wel op een passende manier opgelost).

Start- en eindtijd van een procedure Om de starttijd te bepalen, is in de data is enkel te zien wat de eerste logtijd (door de verpleegkundige), tijd van aankomst van de patiënt en de start van de procedure is. Echter, de start van de procedure kan iets eerder zijn, bijvoorbeeld wanneer de kamer voorbereid moet worden voor een speciale procedure. De kamer is dan in gebruik, en dit zou dan ook eigenlijk moeten worden meegenomen in de bezettingsgraad, maar dit is niet uit de data op te maken, dus dit is extra belangrijk om bij te houden.

Bijlage D

Kwalitatieve suggesties ter verbetering

Eigenlijk is dit planningsonderzoek van kwantitatieve aard en ligt de focus niet op het veranderen van de werkwijze, maar toch worden bescheiden suggesties gedaan ter verbetering vanuit een kwalitatief oogpunt. Deze betreffen allemaal suggesties om de start- en wisseltijd te verkorten, of om uitloop te vermijden. Immers, het zijn deze twee factoren waardoor de bezettingsgraad geen 100% is, en dus grofweg de twee punten waarnaar gekeken moet worden om de bezettingsgraad te maximaliseren.

Openbare data analyse Een data analyse zoals in hoofdstuk 3 geeft een goed beeld van hoe productief men eigenlijk is. Toch hebben de meeste werknemers weinig inzicht in waar er precies verbetering mogelijk is, en hoeveel. Om die reden zou het een goed idee kunnen zijn om belangrijke prestatie indicatoren (met name de wisseltijden) elke week openbaar naar werknemers te communiceren. Mogelijk prikkelt het hebben van een referentiekader / mikpunt namelijk de drang naar verbetering, omdat men direct resultaten kan zien. Vaak worden de goede inspanningen niet gezien, wat demotiverend kan zijn voor sommigen om zulke inspanningen te verrichten.

Een nadeel hierbij zou kunnen zijn dat hiermee (voor sommigen) het onprettige idee wordt gecreëerd dat men continu in de gaten wordt gehouden. Voor de één is dit qua productie juist positief, wetende dat men hun eigen goede inspanningen terug kunnen zien, terwijl dit voor de ander een onprettig “Big Brother”-effect creëert waardoor een minder fijn gevoel heerst. Toch zijn er tal van voorbeelden waarin het openbaar maken van de prestatie een positief effect heeft op de efficiëntie. Bijvoorbeeld, in veel magazijnen wordt openbaar gemaakt hoeveel pakketjes “order pickers” per week inpakken wat een extra motivatie geeft om het niet rustig aan te doen (wat overigens niet per se iets zegt over de kwaliteit), maar ook in ziekenhuizen zijn zulke effecten te zien. Eén voorbeeld betreft deurbewegingen op de OK (wat men als zeer onprettig ervaart), wat bij sommige ziekenhuizen is gehalveerd sinds het enkel wordt bijgehouden. Men is zich dan bewust van het belang om dat te vermijden, en denkt twee keer na (minder spullen vergeten) zodat extra deurbewegingen worden vermeden.

Informatievoorzieningen Een veelgehoord punt waar ruimte voor verbetering voor de HCK's, het secretariaat en de zorgeenheden is de mogelijkheden voor snelle, onderlinge informatievoorziening. Momenteel wordt een Excelsheet gebruikt, wat niet automatisch ververst kan worden. Hoewel de oplossing wellicht niet goedkoop

en/of moeilijk te implementeren is, is er grote behoefte aan software die snel up-to-date informatie geeft zonder dat telkens naar het Excelbestand moet worden gegaan die gesloten en geopend hoeft te worden.

Licht variabele werktijden Zowel de voorloop als het overwerk op de HCK's is op dit moment gemiddeld in totaal ruim een uur (zie subparagraaf 3.2.8), wat betekent dat het personeel vaak te kort of te lang beschikbaar is. Dit is te verklaren door de onvermijdelijke fluctuatie in de lengte van de procedures, die vooraf moeilijk met zekerheid nauwkeurig zijn te voorspellen. Vaak moet het personeel blijven tot 16.30, zelfs wanneer er weinig patiënten op het programma staan. Wanneer het personeel geen grote bezwaren heeft, kan er mogelijk iets flexibeler worden omgegaan met deze eindtijd. Bijvoorbeeld, wanneer het personeel op een bepaalde dag tot 17.00 heeft overgewerkt, kan dit mogelijk worden gecompenseerd door op een andere dag een half uur eerder naar huis te gaan op een dag waarop het rustig is, zonder overwerkuren te registreren.

Reservepatiënten De eerder genoemde onvermijdelijke fluctuatie kan ook op een andere manier worden verholpen. Weliswaar is deze oplossing minder ideaal, vooral omdat het iets vraagt van de patiënt, maar dit kan juist beter voor de desbetreffende patiënt uitpakken, of het kan juist een andere patiënt helpen. Patiënten voor een implantaat liggen vaak in het ziekenhuis, maar kunnen niet altijd binnen enkele dagen geholpen worden. Dit kan alleen wanneer er een dag is dat een bepaalde kamer sneller klaar is dan verwacht en zulke patiënten kan opvangen. Hierdoor vermindert de voorloop. Mogelijk zijn er constructies te verzinnen waardoor patiënten gevraagd worden om eerder aanwezig te zijn, wetende dat er een kans is dat ze daadwerkelijk eerder kunnen worden geholpen. Dit geldt dan alleen voor patiënten die per se zo snel mogelijk geholpen willen worden, en elke mogelijkheid aannemen om kans te maken om een dag eerder geholpen te worden. Dit speelt wellicht een duidelijkere rol bij dotterpatiënten; het secretariaat plant patiënten één a twee weken van tevoren in zodat ze zeker zijn van een procedure. Mogelijk zijn sommige patiënten echter ook bereid om op bepaalde dagen “paraat” te staan om eerder geholpen te kunnen worden waarmee de patiënt eerder geholpen is voorloop vermeden wordt op dagen dat de planning eerder klaar is dan verwacht.

Schatting proceduretijden Op basis van (een brief uit) de bespreking van het hartteam voor een bepaalde patiënt, moet het secretariaat een inschatting maken van de proceduretijd. Idealiter kan het hartteam zelf hiervoor een schatting maken, aangezien deze meer inzicht hebben in de complexiteit van de procedure waardoor het secretariaat beter kan inplannen. Weliswaar is er bij sommige procedures veel onzekerheid wat er moet gebeuren waardoor men het riskant kan vinden om zoiets te voorspellen, maar ook dat is belangrijke informatie voor het secretariaat. Hierbij moet worden opgemerkt dat het secretariaat vaak zelf een redelijke inschatting kan maken van de proceduretijden; dit betreffen voornamelijk uitzonderingsgevallen.

Bibliografie

- [1] J. Beliën, *Exact and Heuristic Methodologies for Scheduling in Hospitals: Problems, Formulations and algorithms*, PhD Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, 2006.
- [2] J. Beliën & E. Demeulemeester, *Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy*, European Journal of Operational Research, Vol 176, 1185 - 1204, 2005.
- [3] B. Cardoen, E. Demeulemeester & J. Beliën, *Optimizing a multiple objective surgical case scheduling problem*, Katholieke Universiteit Leuven, 2006.
- [4] T. Cayirly & E. Veral, *Outpatient Scheduling in Health Care, A Review of Literature*, Production and Operations Management, Volume 12, No. 4, 2003.
- [5] D. Gupta & B. Denton, *Appointment scheduling in health care: Challenges and opportunities*, IIE Transactions, Volume 40, 2008.
- [6] E. Litvak & M. Long, *Cost and Quality Under Managed Care: Irreconcilable Differences?*, The American Journal of Managed Care, Vol 6, 305 - 312, 2000.
- [7] P. M. Koeleman-Out, *A Careful Solution: patient scheduling in health care*, PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 2012.
- [8] N. Kortbeek, *Quality-driven Efficiency in Healthcare*, PhD Thesis, University of Twente, 2012.
- [9] P. S. Stepaniak, *Modeling and Management of Variation in the Operating Theatre*, PhD Thesis, Erasmus University Rotterdam, 2010.