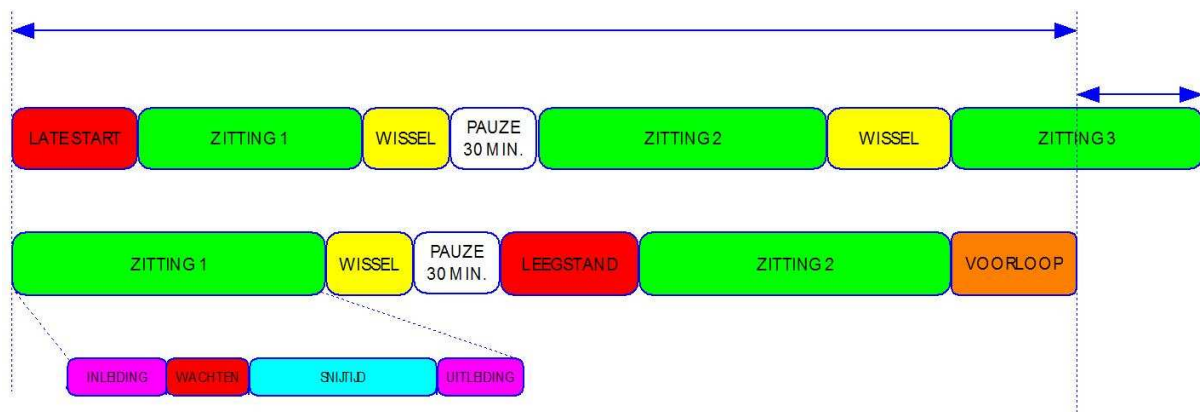




## Benutting van operatiekamers

*Simulatiestudie naar de benutting van de operatiekamers van het Operatief  
 Dagbehandelingcentrum in het Universitair Medisch Centrum Groningen*



**Technische Bedrijfskunde**

**Afstudeerrichting Discrete Technologie**

**Maart 2009**

**Student: L.H.G. Janssen**

**Eerste Begeleider RuG: Dr. N.D. van Foreest**

**Tweede Begeleider RuG: Dr. Ir. D.J. van der Zee**

**Begeleider UMCG: Ir. P. Goudswaard**

## Inhoud

Samenvatting.....	2
Voorwoord .....	5
1 Inleiding.....	7
1.1 UMCG .....	7
1.2 ODBC.....	7
2 Aanleiding en opzet onderzoek.....	8
2.1 Aanleiding onderzoek.....	8
2.2 Doel van het onderzoek .....	8
2.3 Opzet van het onderzoek .....	9
3 Systembeschrijving.....	10
3.1 ODBC.....	10
3.2 Operatiekamer .....	11
3.3 Planning.....	11
3.4 Operatieschema .....	12
4 Analyse .....	14
4.1 KPI's .....	15
4.2 Duur processtappen .....	18
4.3 Randvoorwaarden .....	19
4.4 Kosten.....	20
4.5 Conclusie .....	21
5 Herontwerp .....	22
5.1 Verbetervoorstellen .....	22
5.2 Conclusie .....	23
6 Experimenten .....	24
6.1 Scenario's .....	24
6.2 Simulatie.....	25
7 Resultaten.....	27
7.1 Samenvatting resultaten .....	27
7.2 Conclusie .....	28
8 Conclusie en aanbevelingen.....	29
8.1 Conclusie .....	29
8.2 Aanbevelingen.....	31
9 Bijlagen .....	32
9.1 Patiëntstroom buiten ODBC.....	32
9.2 Specialismen.....	32
9.3 Uitloopduur .....	33
9.4 Operatieduur .....	33
9.5 Basisinstellingen simulatiemodel .....	35
9.6 Scenario 6: combinatie.....	40
9.7 Output simulatiemodel .....	42
Bronvermelding.....	43

## Samenvatting

Dit afstudeeronderzoek is gedaan in het kader van de opleiding Technische Bedrijfskunde (TBK) aan de Rijks Universiteit Groningen (RUG). Het onderzoek heeft plaatsgevonden binnen het Lean Operations Research Centrum (LORC). Er is onderzoek gedaan naar de benutting van de vier operatiekamers van het Operatief Dagbehandelingcentrum (ODBC) in Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG). Hier vinden relatief eenvoudige operaties plaats, waarbij de patiënt enkele uren na de operatie weer naar huis mag.

De doelstelling van dit onderzoek luidt:

***Het verkrijgen van inzicht in de bezettingsgraden van de operatiekamers van het ODBC in het UMCG en deze bezettingsgraden mogelijkerwijs verhogen.***

De vraagstelling luidt:

***Is het mogelijk de bezettingsgraden van de operatiekamers te verhogen?***

Allereerst is in kaart gebracht welke productiestappen de patiënt ondergaat van binnenkomst tot het verlaten van het ziekenhuis. Met behulp van een systeemanalyse zijn de duur van de stappen voor de patiënt bepaald. Vervolgens heeft het onderzoek zich gericht op de benutting van de operatiekamers. In de analyse worden de kritische performance indicatoren (KPI's) vastgesteld. Dit zijn: aantal operaties per dag, geplande bezettingsgraad, electieve bezettingsgraad, gerealiseerde bezettingsgraad, uitloop na 16.00 uur en uitloop na 17.00 uur. De formules voor het bepalen van de bezettingsgraden zien er als volgt uit.

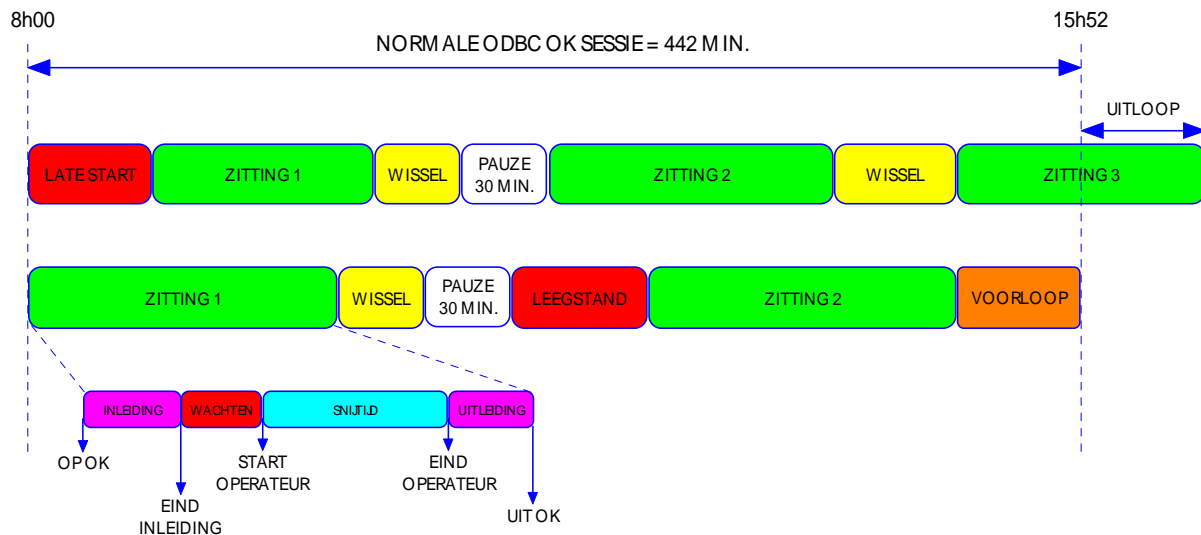
$$\text{geplande bezettingsgraad} = \frac{\text{som geplande zittingsduren}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

$$\text{electieve bezettingsgraad} = \frac{\text{som gerealiseerde zittingsduren binnen sessieduur}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

$$\text{gerealiseerde bezettingsgraad} = \frac{\text{som gerealiseerde zittingsduur}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

Om het verschil in realisatie en planning in kaart te brengen worden de geplande en de gerealiseerde wisseltijd gebruikt. Om daarnaast inzichtelijk te maken wat de bezetting is tijdens de sessieduur, zonder uitloop, wordt de electieve bezettingsgraad gebruikt.

De KPI's zijn berekend door middel van een analyse op basis van historische data gedurende anderhalf jaar. Met behulp van het onderstaand overzicht wordt het gebruik van de operatiekamers doorgelicht. Hierin worden de verschillende fases waarin een operatiekamer zich kan bevinden aangegeven. De rode vakjes geven verspilling van de operatietijd aan, terwijl een correcte benutting van de operatiekamers met de groene vlakjes worden aangegeven. De overige blokjes zijn niet geheel te elimineren, maar hebben wel invloed op de benutting van de operatiekamers.



### Overzicht operatieschema voor 2 operatiekamers.

Bij het onderzoek naar de KPI's wordt gekeken naar zowel de geplande waarden als de gerealiseerde waarden. Het verschil tussen gepland en gerealiseerd is aanzienlijk, een beperkte mate is echter toegestaan door het feit dat onverwachte complicaties kunnen optreden. In de verbetervoorstellen wordt voorgesteld om de rode blokjes uit figuur 1 zoveel mogelijk te elimineren en hierdoor de bezettingsgraden te verhogen. De belangrijkste verbetervoorstellen zijn:

- Minimaliseren late start
- Verschil geplande en gerealiseerde operatietijd verkleinen
- Verschil geplande en gerealiseerde wisseltijd verkleinen
- Verkorten voorloop

De verbetervoorstellen worden met behulp van een simulatieonderzoek getoetst op haalbaarheid. In deze simulatie is de patiëntstroom zichtbaar gemaakt op de plattegrond van het ODBC, door deze visuele weergave is het voor een ieder zichtbaar welke invloed de voorstellen hebben. De verbetervoorstellen worden getoetst in zogenaamde scenario's. Deze scenario's worden vergeleken met de oorspronkelijke situatie.

In de onderstaande tabel staan de KPI's berekend voor de huidige situatie en de KPI's berekend door het simulatieprogramma na implementatie van de verbetervoorstellen. In de rij 'huidig' staan de bezettingsgraden berekend door het simulatiemodel. In de rij 'mogelijk' staat het resultaat van het scenario waarin geen late start voorkomt, gemiddeld 27 operaties per dag worden uitgevoerd, de geplande wisseltijd 10 minuten bedraagt en de geplande operatietijd 5 minuten hoger is. De groene waarden zijn verbeterd, de neutrale niet significant veranderd en de rode verslechterd.

	Operaties	OK	Gepland	Electief	Gerealiseerd	Uitloop na 16.00 uur	Uitloop na 17.00 uur	Op tijd
Huidig	25	1	77%	77%	79%	28%	4%	72%
		2	65%	77%	81%	45%	15%	55%
		3	67%	73%	74%	24%	3%	76%
		4	60%	75%	78%	48%	8%	52%
Mogelijk	27	1	83%	75%	79%	46%	13%	55%
		2	78%	81%	85%	41%	9%	59%
		3	72%	72%	75%	36%	6%	64%
		4	74%	80%	87%	56%	22%	45%

**Tabel 1** Overzicht KPI's van de huidige tov. de mogelijke situatie, berekend door het simulatiemodel.

Het blijkt uit de tabel dat het mogelijk is om de bezettingsgraden te verhogen, zonder dat de uitlooperpercentages uit de hand lopen. Het is dus mogelijk binnen de gestelde tijd 2 extra operaties op een dag uit te voeren. Dit komt neer op een halve operatie per OK. Deze extra operaties zorgen voor extra opbrengsten van €200.000,- per jaar voor het UMCG, bij gelijkblijvende kosten.

## Voorwoord

Mijn enige twee aanrakingen met het ziekenhuis voordat ik aan dit onderzoek begon waren de eerste dag na mijn geboorte en een kleine operatie op 4-jarige leeftijd.

Tijdens de opleiding technische bedrijfskunde heb ik geen ervaringen opgedaan met de bedrijfsvoering in een ziekenhuis, hoewel er allerlei bedrijfsprocessen plaatsvinden. Vaak wordt er gebruikgemaakt met technisch hoogwaardige apparatuur. Op het moment dat ik op zoek was naar een afstudeeropdracht kwam ik in de gelegenheid om een onderzoek in het UMCG naar de benutting van de operatiekamers te doen. Dit leek me een interessante uitdaging. Mijn interesse werd gewekt doordat het UMCG een van de grootste bedrijven in Noord-Nederland is en in hartje Groningen ligt. Tevens zie ik het als een uitdaging om door een technisch bedrijfskundige bril naar het bedrijfsproces 'opereren' te kijken. Dit om mijn horizon nog verder te verbreden. Na gesprekken met de betrokken afstudeerbegeleiders is mijn motivatie alleen maar verder gestegen.

Tijdens mijn afstudeeronderzoek heb ik op vele verschillende werkplekken gewerkt. Zo heb ik zowel een werkplek gehad op de zevende verdieping als in de kelder van het ziekenhuis. Aan het eind van het onderzoek heb ik door omstandigheden het afstudeeronderzoek thuis afgemaakt. Naast het afstudeeronderzoek heb ik me toen beziggehouden met de bedrijfsvoering op het agrarisch bedrijf van mijn ouders. De meest bijzondere werkplek blijft echter de periode van ongeveer een maand dat ik observaties en tijdsmetingen heb verricht in de operatiekamers van het UMCG. Ik heb in deze periode zeer diverse operaties van dichtbij mogen aanschouwen. Dit heeft een onvergetelijke indruk op mij achtergelaten.



***Iedereen die op enige wijze een bijdrage heeft geleverd bij de totstandkoming van dit onderzoeksrapport wil ik bedanken voor hun ondersteuning.***

In het bijzonder wil ik dhr. P. Goudswaard danken voor het wekelijkse koffiemoment, waarbij we en passant de vorderingen van die week bespraken. De energie en tijd die u altijd vrijmaakte heeft mij geïnspireerd.

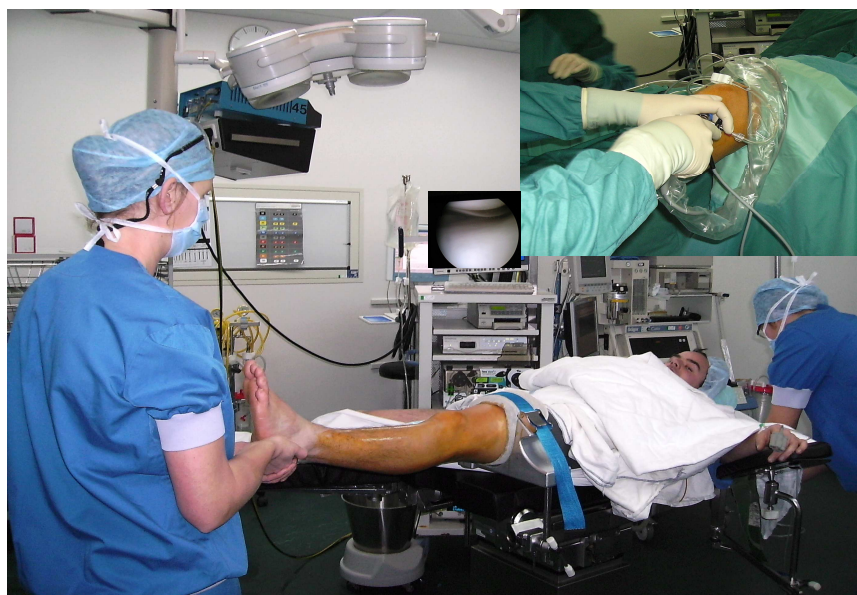
Ook mijn afstudeerbegeleiders dhr. N. van Foreest en D.J. van der Zee wil ik danken voor de brede steun. Tijdens de gesprekken met voornamelijk eerste begeleider N. van Foreest heb ik altijd de constructieve wijze waarop we de voortgang bespraken enorm gewaardeerd.

Verder wil ik alle medewerkers op het ODBC bedanken voor hun medewerking, iedereen was na de gebruikelijke scepsis altijd volledig bereid mee te werken aan dit onderzoek, in het bijzonder mevr. L. Huender en dhr. B. Ballast.

Mijn studiegenoten H. van de Ven, T. Hoogstins, W. Meijer wil ik bedanken voor de eindeloze uren die ik met jullie op de werkkamer en ver daarbuiten heb mogen doorbrengen. De inhoudelijke gesprekken over dit onderzoek alsmede de discussies over van alles en nog wat heb ik altijd met bijzonder veel plezier ervaren.

Ten slotte wil ik mijn familie bedanken voor hun steun. Ondanks de meningsverschillen die we zeker in de eindfase zo nu en dan hadden hebben jullie mij altijd geholpen met het afronden van de studie technische bedrijfskunde. Mijn dank gaat uit naar mijn gehele loopbaan als leerling en later als student, zonder jullie had dit niet kunnen slagen.

Op de kop af twee weken voor het afronden van dit onderzoek heb ik op een andere manier kennis gemaakt met het ziekenhuis. Ik heb namelijk een kijkoperatie aan mijn linkerknie ondergaan. Dit is toevallig een van de vele operaties die ik van dichtbij heb gezien tijdens de dagen die ik voor dit onderzoek in de operatiekamer heb doorgebracht. Ik heb ervaren dat in de Nederlandse zorg het welzijn van de patiënt voorop staat. Dit aspect moet zeker niet vergeten worden in de verdere optimalisatie van de benutting van de zorg in Nederland.



# 1 Inleiding

Deze afstudeerscriptie is gemaakt ter afsluiting van de opleiding technische bedrijfskunde aan de Rijksuniversiteit Groningen (RUG). In de scriptie wordt het afstudeeronderzoek binnen het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG) beschreven. Hieronder wordt het UMCG kort beschreven; zowel de taken als de organisatiestructuur komen hierbij aan bod. Speciale aandacht gaat vervolgens uit naar het Operatief Dagbehandelingcentrum (ODBC).

## 1.1 UMCG

Het UMCG is het enige universitaire medisch centrum in het noorden van Nederland. Het heeft alle medische specialismen en subspecialismen in huis en is het eindpunt van verwijzing voor ongeveer drie miljoen Nederlanders. In het ziekenhuis is plaats voor ruim 1300 patiënten. Jaarlijks worden zo'n 31.000 patiënten opgenomen en komen er zo'n 32.000 patiënten op de Centrale Spoedopvang en studeren er ongeveer 3400 studenten. Er zijn meer dan 9000 medewerkers verantwoordelijk voor de kerntaken zorg, onderzoek en onderwijs. Hiermee is het UMCG niet alleen één van de grootste werkgevers in het noorden van het land, maar ook één van de grootste ziekenhuizen in Nederland. De vernieuwde missie van het UMCG luidt: Bouwen aan de toekomst van gezondheid<sup>1</sup>. De drie kerntaken van het UMCG scheppen de voorwaarden waarbinnen deze toekomst plaats zal vinden.

Het UMCG gebruikt sinds een aantal jaren een organisatiestructuur waarbij de verschillende specialismen zijn ingedeeld in sectoren. Het afstudeeronderzoek richt zich op het ODBC, dit is een onderdeel van Sector E: ondersteunende specialisme. Het ODBC is een ondersteunend specialisme omdat het voortdurend te maken heeft met patiënten, materialen en personeel uit andere specialismen. Afspraken met andere specialismen zijn essentieel voor het functioneren van het ODBC.

## 1.2 ODBC

Het Operatief dagbehandelingcentrum (ODBC) is een afdeling binnen het ziekenhuis die relatief nieuw is. Er worden op jaarbasis 4500 operaties uitgevoerd.<sup>2</sup> Het gaat hier om relatief kleine ingrepen, waarbij de patiënt op de dag van de operatie weer naar huis mag. De patiënt wordt dus niet opgenomen, maar direct na de behandeling weer naar huis gestuurd. Op de ODBC worden alleen electieve operaties uitgevoerd. Het gaat hier dus om goed planbare operaties, omdat vooraf de tijdsduur van de behandeling met redelijke mate van zekerheid bekend zijn.

De klanten van het ODBC zijn alle afdelingen met operaties waarbij de patiënt dezelfde dag weer naar huis kan. Het gaat hier om uiteenlopende specialismen, bijvoorbeeld plastische chirurgie en oncologie. Een overzicht met alle specialismen die gebruik maken van het ODBC staat in bijlage 9.2.

De operaties worden uitgevoerd in de vier operatiekamers die het ODBC bezit. Tevens heeft het ODBC een behandelkamer tot zijn beschikking. Hier worden geen operaties uitgevoerd, maar vinden wel behandelingen plaats. Deze behandeling wordt uitgevoerd door een verpleegkundige. De operatiekamers zijn identieke kamers, maar in de praktijk hebben bepaalde specialismen een vaste operatiekamer waar hun operaties uitgevoerd worden.



## 2 Aanleiding en opzet onderzoek

In dit hoofdstuk wordt de aanleiding van het onderzoek beschreven. Vervolgens wordt in de opzet van het onderzoek de doelstelling en vraagstelling geformuleerd.

### 2.1 Aanleiding onderzoek

Het UMCG heeft zichzelf als doel gesteld structureel 40 miljoen euro te bezuinigen<sup>3</sup>. Om dit te realiseren wordt de Lean Six Sigma(LSS) methode gehanteerd. Dit onderzoek werkt samen met één van de projecten binnen LSS en draagt bij aan de bezuinigingsdoelen van het UMCG.

Van de operatiekamers van het ODBC is de performance op het gebied van bezettingen onbekend. Er bestaat het vermoeden dat de bezetting van de operatiekamers niet op het gewenste niveau van 85 à 90 % ligt. Dit onderzoek richt zich op het verzamelen van gegevens betreffende de bezettingsgraden op het ODBC, verder wordt er onderzoek gedaan hoe de bezetting op te hogen. Het onderzoek is gekoppeld aan een Black Belt en een Green Belt project binnen het UMCG.<sup>4</sup> Deze projecten doen specifiek onderzoek op het gebied van effectiviteit van personeelsinzet en de bezetting van de operatiekamers.<sup>5</sup> De manager van het ODBC denkt dat de planning en inrichting van het proces belangrijke parameters zijn met betrekking tot de bezetting. Overige betrokkenen, onder andere de black en green belt, hebben het vermoeden dat de manier van werken invloed heeft op het presteren van het ODBC. Er bestaat bijvoorbeeld het vermoeden dat er later gestart wordt met opereren dan de geplande start van de operatiedag.

Dit onderzoek richt zich niet op het medisch handelen van de specialisten. Specifieke kennis op dat gebied is niet aanwezig bij de onderzoeker. Het onderzoek richt zich zodoende alleen op logistieke inrichting in de breedste zin van het woord.<sup>6</sup> Uiteindelijk wordt getracht dit uit te drukken in de performance van de herontworpen situatie.

### 2.2 Doel van het onderzoek

Het onderzoek is erop gericht de hieronder vastgelegde doelstelling te verwezenlijken.

Doelstelling:

***Het verkrijgen van inzicht in de bezettingsgraden van de operatiekamers van het ODBC in het UMCG en deze bezettingsgraden mogelijkerwijs verhogen.***

De doelstelling richt zich op het verkrijgen van inzicht, dit heeft een tweedelig karakter. Ten eerste worden de huidige bezettingsgraden vastgesteld en ten tweede wordt inzichtelijk gemaakt waarom de bezettingsgraad op dit niveau liggen en welke karakteristieken invloed hebben op de bezettingsgraden. Nadat er inzicht is verkregen in de bezettingsgraden wordt er onderzocht of de bezettingsgraden kunnen worden verhoogd. De doelstelling richt zich uitsluitend op de operatiekamers, en dus niet op de behandelkamers van het ODBC.

Vraagstelling:

***Is het mogelijk de bezettingsgraden van de operatiekamers te verhogen?***

Deelvragen:

- Welke onderdelen kunnen in het productieproces van het ODBC onderscheiden worden en hoe wordt dit proces ingericht en aangestuurd?
- Wat zijn de huidige prestaties van het ODBC?
  - Hoe groot is de verspilling van de operatiekamers?
  - Welke randvoorwaarden zijn van invloed op de bezettingsgraden?
- Welke verbetervoorstellen leiden tot betere prestaties?

In de vraagstelling wordt de bezettingsgraad genoemd. De algemene definitie van bezettingsgraad zoals die in dit onderzoek wordt gebruikt is:

$$\text{bezettingsgraad} = \frac{\text{som zittingsduren}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

Met de zittingsduur wordt de duur van een operatie bedoeld, dus vanaf het moment dat de patiënt de OK binnenkomt tot het moment dat de patiënt de OK verlaat. De sessieduur is het aantal minuten dat een operatiekamer op één dag vrijgegeven is voor het uitvoeren van operaties.

## 2.3 Opzet van het onderzoek

Aan de hand van onderstaand figuur wordt het onderzoek opgezet. Ieder blokje staat voor een hoofdstuk in het verslag.

In hoofdstuk 3 worden de onderdelen van het productieproces in beschreven. Hierbij komen de inrichting en de aansturing kort aan bod. In hoofdstuk 4 wordt het productiesysteem geanalyseerd. De verspilling wordt in kaart gebracht, net als de randvoorwaarden van het systeem. In hoofdstuk 5 worden de verbetervoorstellen opgesteld. In hoofdstuk 6 worden de verbetervoorstellen getoetst in het simulatiemodel. In hoofdstuk 7 worden de resultaten van het simulatiemodel weergegeven. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 aan de van de hoofdvraag de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek weergegeven.



**Figuur 2-1 Opzet van het onderzoek.**

### 3 Systeembeschrijving

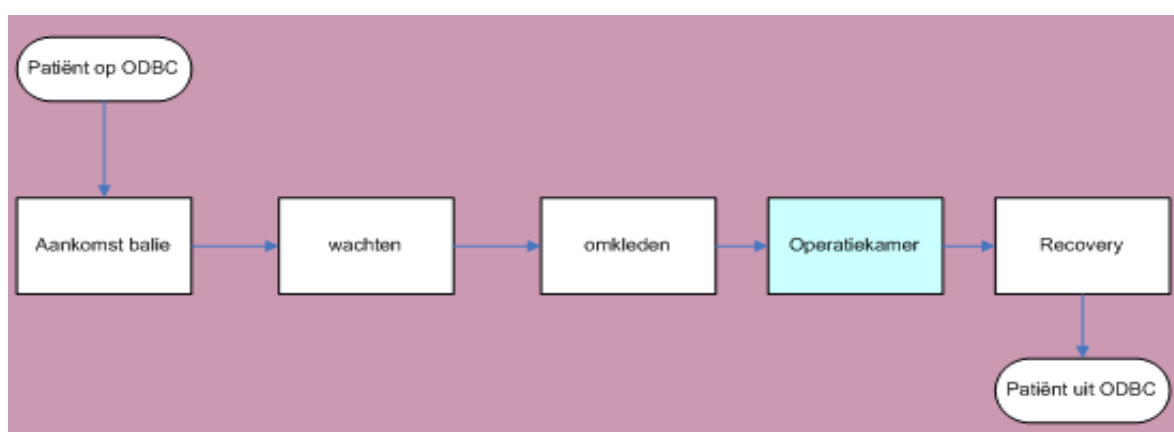
In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe het ODBC is ingericht en welke stappen de patiënt ondergaat zowel binnen als buiten de operatiekamer. In paragraaf 3.4 wordt het operatieschema uitgelegd.

#### 3.1 ODBC

Het Operatieve Dagbehandelcentrum, ook wel ODBC genoemd, is een afdeling binnen het universitair medisch centrum in Groningen. Op deze afdeling worden relatief kleine operaties uitgevoerd bij patiënten. Als de operatie succesvol verloopt, kan de patiënt nog dezelfde dag weer naar huis. Dit heeft een tweedelig voordeel: 1. de patiënt hoeft zodanig niet onnodig lang in het ziekenhuis te verblijven, maar kan rustig in een vertrouwde omgeving herstellen, 2. de kosten voor de zorg nemen af, omdat er geen 'duur' bed gebruikt wordt voor een overnachting.

Patiënten die uiteindelijk op het ODBC belanden, bezoeken allereerst een arts. Deze stelt een diagnose. Als een operatie noodzakelijk wordt geacht, wordt gekeken of deze operatie uitgevoerd wordt op het ODBC. Als dit het geval is, wordt de patiënt geopereerd. Na een succesvolle operatie kan de patiënt naar huis. In enkele gevallen kan het echter voorkomen dat de klacht van de patiënt niet geheel verdwenen is. Dan gaat de patiënt weer terug naar de arts en kan de patiënt eventueel weer op het ODBC belanden. Een schematische weergave van de patiëntstroom buiten het ODBC is weergegeven in bijlage 9.1.

Dit onderzoek richt zich op de performance van het ODBC en dus niet op de patiëntstroom buiten het ODBC. Het is daarom zinvol om de patiëntstroom binnen het ODBC in kaart te brengen. In het onderstaande figuur is de patiëntstroom op het ODBC weergegeven. Bij aankomst op het ODBC meldt de patiënt zich bij de balie. Hier wordt geregistreerd dat de patiënt op het complex is gearriveerd. Vervolgens wordt de operatiedag doorgenomen met de patiënt en uiteindelijk mag de patiënt plaatsnemen in de wachtkamer. Dan is het wachten totdat de patiënt opgeroepen wordt om zich om te kleden. In de omkleedruimte trekt de patiënt operatiekleding aan, zijn eigen kleding wordt naar de recovery gebracht. Op het moment dat de operatiekamer klaar is voor de operatie wordt de patiënt opgehaald en naar de operatiekamer gebracht. De verschillende stappen die daar plaatsvinden worden in paragraaf 3.2 uitgelegd. Nadat de patiënt uit de operatiekamer komt wordt hij naar de recovery gebracht. Als de patiënt is bijgekomen en ontslag heeft gekregen van de chirurg mag de patiënt weer naar huis vertrekken.

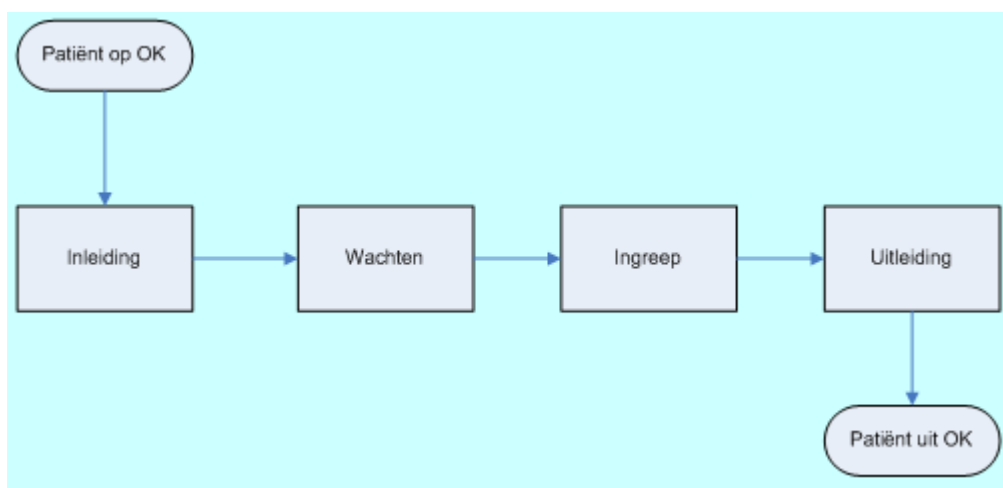


**Figuur 3-1** Schematische weergave patiëntstroom op het ODBC.

### 3.2 Operatiekamer

Op het moment dat de patiënt, omgekleed en wel, verschijnt in de operatiekamer start het primaire proces. De eerste stap binnen het primaire proces is de inleiding, gevolgd door de ingreep, en de uitleiding. De laatste stap van het primaire proces vindt niet plaats op de operatiekamer, maar in de recovery. De inleiding, uitleiding en recovery zijn onderdeel van de totale operatie en worden zodoende gerekend tot het primaire proces.

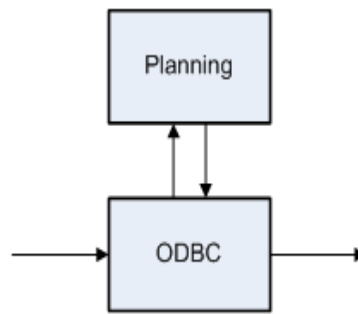
Tijdens de inleiding wordt door de anesthesiemedewerker de patiënt op zijn gemak gesteld en onder narcose gebracht, verder wordt de te opereren plaats steriel gemaakt. Tussen het eind van de inleiding en de start van de ingreep wordt er soms enkele minuten gewacht, meestal omdat de chirurg nog niet klaar is om te beginnen. Vervolgens wordt de ingreep gedaan. Nadat de chirurg de laatste handeling bij de patiënt heeft gedaan wordt deze, tijdens de uitleiding, wakker gemaakt en van de operatietafel overgebracht op een gewoon bed. Op het moment dat de patiënt de operatiekamer verlaat eindigt de uitleiding. In het onderstaande figuur staan de verschillende processtappen in de operatiekamer weergegeven.



Figuur 3-2 Schematische weegave patiëntstroom op de operatiekamer.

### 3.3 Planning

Om goed te kunnen functioneren, moet de patiëntstroom door het ODBC worden aangestuurd. Binnen het ODBC is een planningsbureau aanwezig dat zorgt voor de planning van de operaties over de verschillende operatiekamers. Hierbij wordt rekening gehouden met sturende elementen zoals snijtijden per specialismen en aantal operatiekamers. De wachttijden voor de patiënt variëren van enkele weken tot enkele maanden. Schematisch ziet de aansturing er als volgt uit.



**Figuur 3-3 Aansturing ODBC.**

De planning houdt rekening met vele karakteristieken van een operatie. De belangrijkste zijn:

- Dagdelen beschikbaar stellen aan de specialismen.
- Soortgelijke operaties binnen een dagdeel bundelen, om de wissels zo kort mogelijk te houden.
- Meest complexe / langste operaties eerst, aan het eind van de dag kan dan bij uitloop eventueel voor een korte operatie uitgeweken worden naar een andere OK.
- Inschatten van operatieduur per specialist.
- Planning in blokken van 15 minuten, het is alleen mogelijk om per kwartier te plannen.

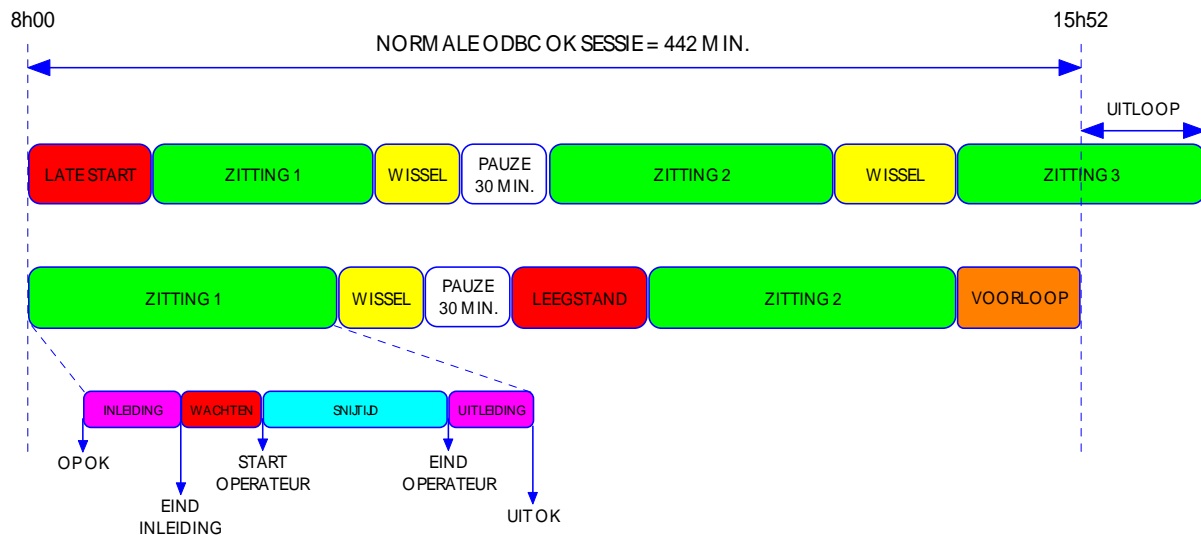
Bij het invullen van het operatieschema door de planning wordt er ook rekening gehouden met de leeftijd van de patiënt, het soort anesthesie en het gebruik van hulpmiddelen. Verder zijn er vele verschillende voorwaarden waar rekening mee gehouden moet worden, in verband met de diepgaandheid van het verslag en is er voor gekozen deze voorwaarden buiten beschouwing te laten.

### **3.4 Operatieschema**

In de vorige paragraaf zijn de belangrijkste elementen waarmee rekening wordt gehouden in de planning weergegeven. Hoe ziet de realisatie van die planning er nou uit?

In de gerealiseerde planning worden de zittingen ingepland. Een zitting is de som van de inleiding, wachten, snijtijd en uitleiding. Verder wordt voor de wissel van operaties binnen een specialisme een kwartier wisseltijd gereserveerd. Voor wissels tussen specialismen wordt een uur gereserveerd, dit is altijd inclusief de pauze van een half uur. De duur van de operaties leidt ertoe dat er aan het eind van de dag vaak nog ruimte overblijft in de planning. Dit is een soort van buffer van tijd om eventuele uitloop op te vangen en dit noemt men de voorloop. Als de operaties onverwacht langer duren dan gepland wordt met behulp van die buffertijd uitloop voorkomen.

In onderstaand figuur wordt een schematisch overzicht gegeven van het verloop van de operatiekamers: het operatieschema. In dit schema is dus de realisatie van de planning weergegeven. Om alle elementen weer te geven is er gekozen om dit schema voor twee OK's te maken.



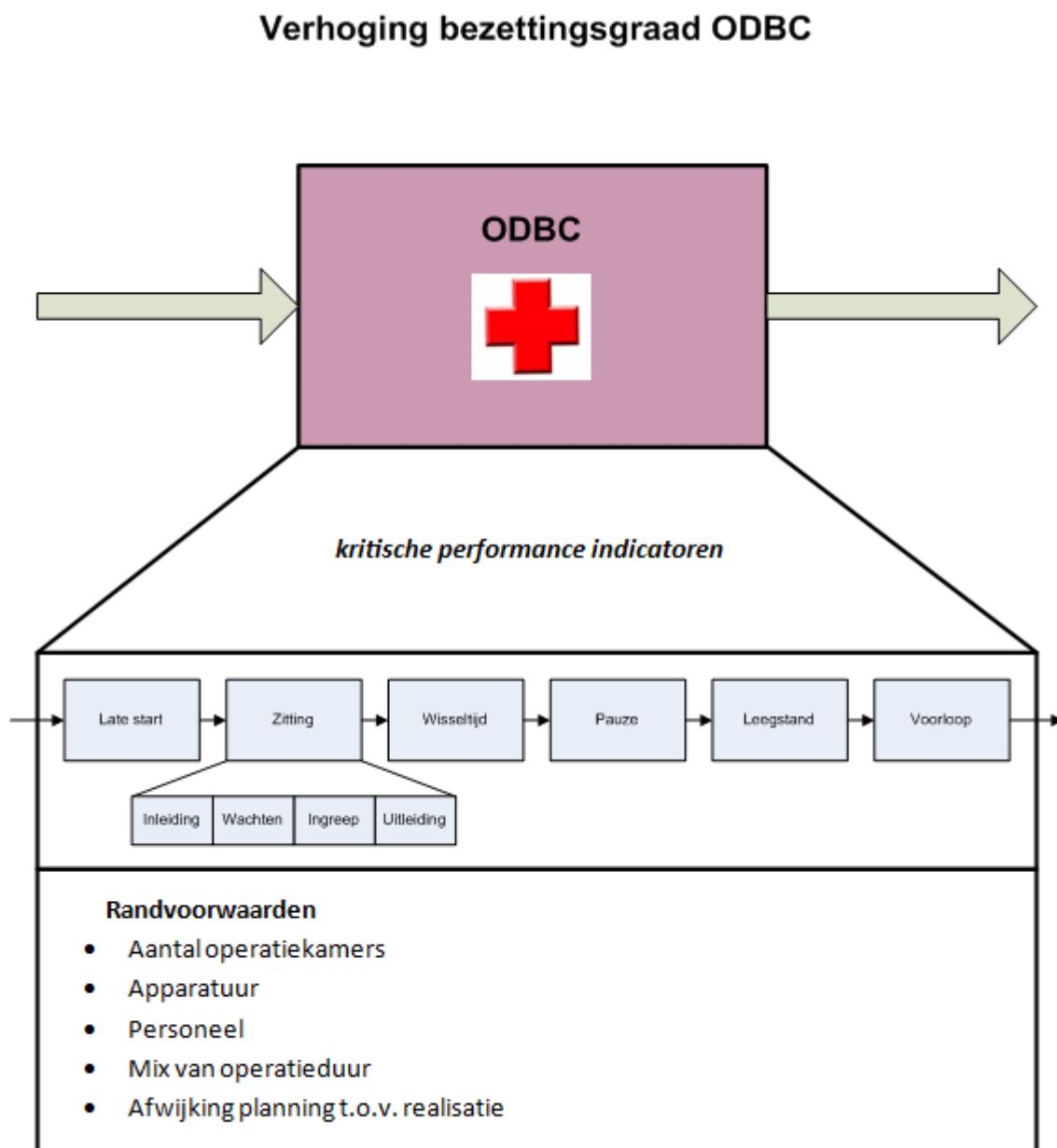
**Figuur 3-4 Schematisch overzicht van 2 OK's.**

In het operatieschema zijn de zittingen met een groene kleur weergegeven. Op die momenten is er daadwerkelijk een patiënt op de operatiekamer. Op de overige momenten is er geen patiënt op de operatiekamer aanwezig. Tijdens de wissel wordt de operatiekamer opgeruimd en klaargemaakt voor de volgende operatie. In geval van leegstand is de operatiekamer klaar voor gebruik, maar is er geen patiënt aanwezig. Tussen de middag wordt er een half uur gepauzeerd. Onderaan het overzicht wordt er ingezoomd op de verschillende fases binnen de zitting.

In dit hoofdstuk is uitgelegd welk soort operaties worden uitgevoerd op het ODBC. Hoe het proces is ingericht en hoe het wordt aangestuurd door de planningsafdeling. Verder is aan bod gekomen hoe het operatieschema in elkaar zit. In het volgende hoofdstuk wordt in kaart gebracht hoe groot de verspilling is binnen de operatiekamer en dus welke winst er valt te behalen met betrekking tot de benutting van de operatiekamers.

## 4 Analyse

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van het onderstaande schema een analyse gedaan van de prestaties van het ODBC. Het doel is het verhogen van de bezettingsgraad. Met behulp van de kritische performance indicatoren (KPI's) worden de huidige prestaties van het ODBC vastgesteld. In de analyse wordt verder de duur van de verschillende processtappen vastgelegd. Ook de randvoorwaarden, waarbinnen het ODBC opereert wordt onder de loep genomen. Dit is vastgelegd in het onderstaand figuur. Uiteindelijk worden in de conclusie van dit hoofdstuk de prestaties en de verspilling opgesomd.



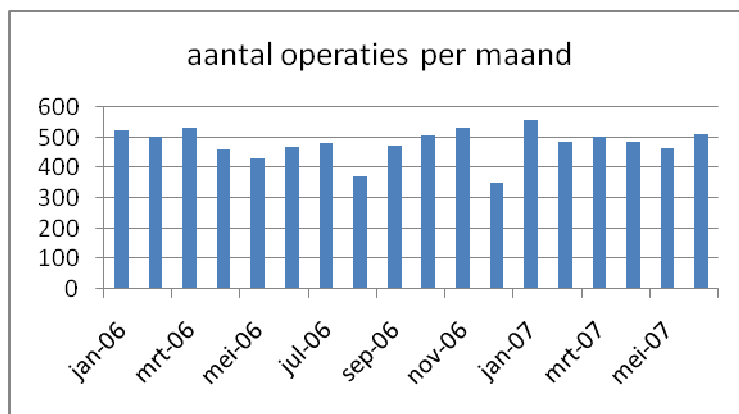
Figuur 4-1 Schematische weergave analyse van het ODBC.

## 4.1 KPI's

Met behulp van de kritische performance indicatoren (KPI's) wordt de prestaties van de operatiekamers van het ODBC vastgelegd. De KPI's zijn: het aantal operaties per dag, de geplande, electieve en gerealiseerde bezettingsgraad en de uitlooperpercentages.

### 4.1.1 Aantal operaties

De eerste KPI die wordt onderzocht is het aantal operaties dat uitgevoerd wordt op het ODBC. In de onderstaande figuur staat het aantal operaties per maand uitgevoerd in de vier operatiekamers van het ODBC. In de maanden met veel vakantiedagen valt het op dat er weinig operaties worden uitgevoerd. Het ODBC is op vakantiedagen geheel of gedeeltelijk gesloten. In de overige maanden worden er gemiddeld 500 operaties uitgevoerd in gemiddeld 20 dagen.<sup>7</sup> Dit komt neer op gemiddeld 25 operaties per dag.



Figuur 4-2 Aantal operaties per maand op het ODBC

### 4.1.2 Bezettingsgraad

Onderzoeken naar de prestaties van productiesystemen richten zich vaak op de bezettingsgraad van een bepaalde afdeling. Ook in dit onderzoek richt men zich met name op de benutting van de operatiekamers uitgedrukt in bezettingsgraden. Er is gekozen om dit met behulp van drie bezettingsgraden weer te geven. De verschillende bezettingsgraden richten zich specifiek op de planning, de benutting binnen bedrijfstijd en de totale benutting. Door het opsplitsen van het begrip bezettingsgraad kan onderzocht worden of meer operaties leiden tot beter gebruik van de sessietijd, of tot meer uitloop. Tevens wordt de totale benutting vastgesteld.

De **geplande bezettingsgraad** is de som van de geplande zittingsduren gedeeld door de sessieduur. De geplande bezetting zal nooit beschikken over uitloop. De geplande bezettingsgraden kunnen daardoor nooit boven de 100 procent uitkomen.

$$\text{geplande bezettingsgraad} = \frac{\text{som geplande zittingsduren}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

De **electieve bezettingsgraad** is de som van de gerealiseerde zittingsduren binnen de sessieduur gedeeld door de sessieduur. Net als bij de geplande bezettingsgraden is bij de electieve



bezettingsgraad geen invloed van de uitloop van de sessieduur waarneembaar. Hiermee zijn de prestaties binnen bedrijfstijd zichtbaar gemaakt.

$$\text{electieve bezettingsgraad} = \frac{\text{som gerealiseerde zittingsduren binnen sessieduur}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

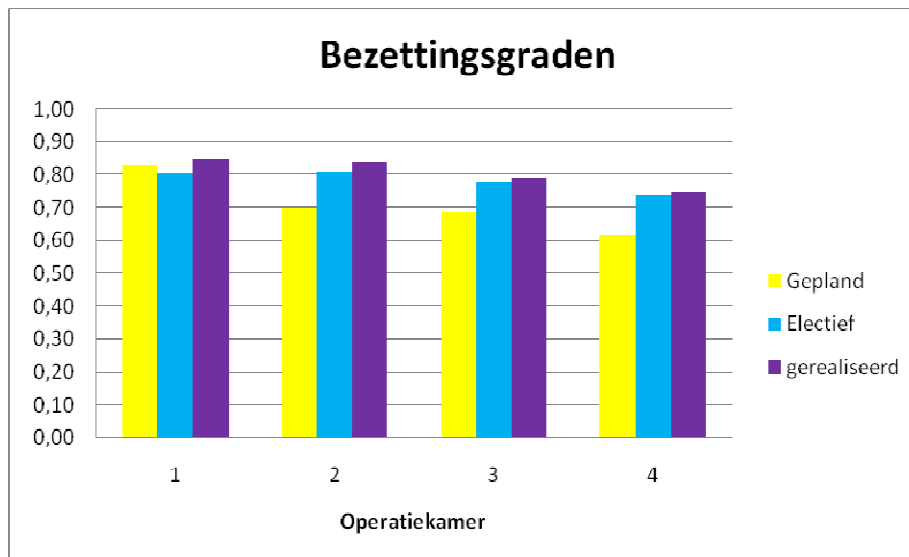
De **gerealiseerde bezettingsgraad** is de som van de gerealiseerd zittingsduren gedeeld door de vrijgegeven sessieduur. Omdat de uitloop van de sessie wordt meegenomen, maar de vrijgegeven sessieduur niet verlengd wordt, kan het voorkomen dat de bezettingsgraad van een operatiekamer boven de 100 procent uitkomt.

$$\text{gerealiseerde bezettingsgraad} = \frac{\text{som gerealiseerde zittingsduur}}{\text{sessieduur}} * 100\%$$

Voor het bepalen van de bezettingsgraden is data gebruikt uit het programma OK-plus. De data is door de onderzoeker gevalideerd. Figuur 4-3 geeft de percentages van de geplande, electieve en gerealiseerde bezettingsgraden weer. De percentages hebben betrekking op de operatiekamers van het ODBC. De cijfers corresponderen met de operatiekamernummers. Opvallend is dat de verschillende type bezettingsgraden van OK 1 dicht bij elkaar liggen. Dit geeft aan dat de planning een realistische weergave is van de werkelijkheid. Een verklaring voor dit verschil is dat op OK1 alleen door het specialisme oogheekunde geopereerd wordt. Verder blijkt dat de planning van OK1 gedaan wordt door de planningsafdeling van het specialisme zelf. Dit planbureau plant in tegenstelling tot het planbureau van de ODBC de operaties per minuut in. De gebruikte precisie in de planning zorgt dus voor een realistische planning.

Een ander opvallend punt is dat de electieve en gerealiseerde bezettingsgraden ten opzichte van de geplande bezettingsgraad beduidend hoger zijn op OK2, OK3 en OK4. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn de planning en het inzetten van het personeel. Oogheekunde zorgt namelijk voor zijn eigen personeel. Het betreft hier niet alleen de chirurg, maar ook de omloop, verpleegkundige en medisch assistent. In een onderzoek naar optimale bezettingsgraden voor een bepaald specialisme blijkt oogheekunde een specialisme te zijn dat een bezettingsgraad van 87 % kan halen. Bij de andere specialismen varieert dit van een kleine 80 % tot maximaal 90 %.<sup>8</sup> Wel moet worden opgemerkt dat het hier om een onderzoek naar de prestaties van het totale operatiecentrum gaat, terwijl op het ODBC alleen relatief korte operaties gedaan worden. Een conclusie in dit onderzoek van Feenstra is namelijk dat een kortere gemiddelde operatieduur een positief effect heeft op de hoogte van de ideale bezettingsgraad<sup>9</sup>.

Als laatste blijkt dat de gerealiseerde bezettingsgraad altijd hoger is dan de electieve bezettingsgraad, iets wat impliciet in de definitie staat. Het verschil zit hem namelijk in de operatieduur buiten de sessietijd. Op OK 2, 3 en 4 blijft dit zeer beperkt, terwijl in OK 1 dit verschil een fractie groter is. Dit kan mede veroorzaakt worden doordat de planning van oogheekunde niet altijd de pauze inplant. Doorwerken in de pauze komt tot uiting in een hogere gerealiseerde bezettingsgraad. Ook zijn er dagen dat er op OK 1 tot 16.30 ingepland wordt.



**Figuur 4-3** Bezettingspercentages van de operatiekamers op het ODBC

#### 4.1.3 Uitlooperpercentages

De laatste KPI die onderzocht wordt is het uitlooperpercentage van de operatiekamers. Als er na 16.00 uur nog geopereerd wordt is er sprake van uitloop van het operatieschema. Het personeel van het ODBC heeft normaal gesproken dienst tot 16.00 uur. Een kwart van het personeel heeft echter dienst tot 17.00 uur. Ongeveer een kwart van de operaties mag zodoende uitlopen. Het personeel hoeft dan nog geen overuren te maken. Pas als er meer dan een kwart van de operaties uitloopt, of de uitloop langer dan 1 uur duurt, is er sprake van overwerk.

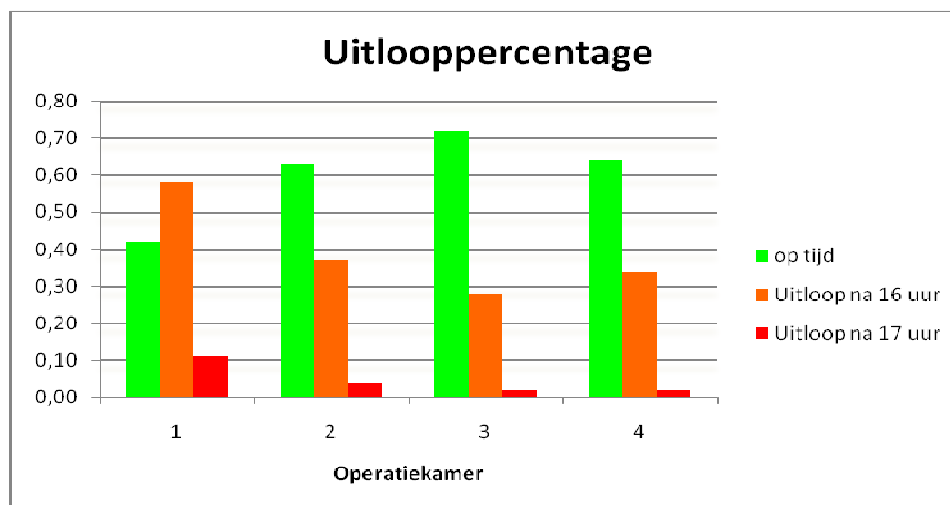
Er zijn vele verschillende oorzaken van uitloop. Dit valt op te splitsen in:

- Niet te voorkomen uitloop, zoals onverwachte complicaties bij operaties.
- Wel te voorkomen uitloop (verspilling), zoals het te laat starten van operaties doordat het personeel niet op tijd gereed is of het uitvoeren van extra of andere ingrepen dan in het planningsschema vermeld staat.

In het onderstaande figuur blijkt dat OK1 de kamer is met het hoogste percentage uitloop, namelijk bijna 60 %. Dit houdt in dat in ieder geval in 60% van de gevallen de dag tot het eind van de sessieduur operationeel was. De leegstandpercentages worden hierdoor juist kleiner. Dit is te zien aan het feit dat bij een hoog percentage uitloop de gerealiseerde bezettingsgraad meer zal afwijken van de electieve bezettingsgraad. Op OK1 worden gemiddeld één keer per week operaties tot 16.30 gepland. Een gedeelte van de uitloop van OK1 bevat dus geplande uitloop.

Doordat de uitloop na 16.00 uur van OK2, OK3 en OK4 op 30% en hoger ligt en het personeel met 9 uur diensten 25% bedraagt, is er een percentage van 5 tot 10% van het personeel dat buiten hun werktijden doorgaat. Het overwerk percentage voor personeel met een 8-uurs dienst ligt dus op 5 tot 10%. Het percentage uitloop na 17.00 uur is 1 % tot 3 % voor OK2, OK3 en OK4. Er hoeft dus maar in een enkel geval overgewerkt te worden door personeel met een 9 uur dienst. In OK1 wordt langer doorgewerkt, dit zorgt ook voor een hoger uitlooperpercentages na 17.00 uur. In bijlage 9.3 is in een grafiek weergegeven hoe de uitlooperduur eruit ziet. Het blijkt dat binnen een uur na het eindtijdstip

ongeveer 90% van operaties beëindigd is. Dit geldt zowel voor de uitloop na 16.00 uur als die na 17.00 uur. In het onderstaande figuur staan de uitlooperpercentages van de operatiekamers weergegeven.



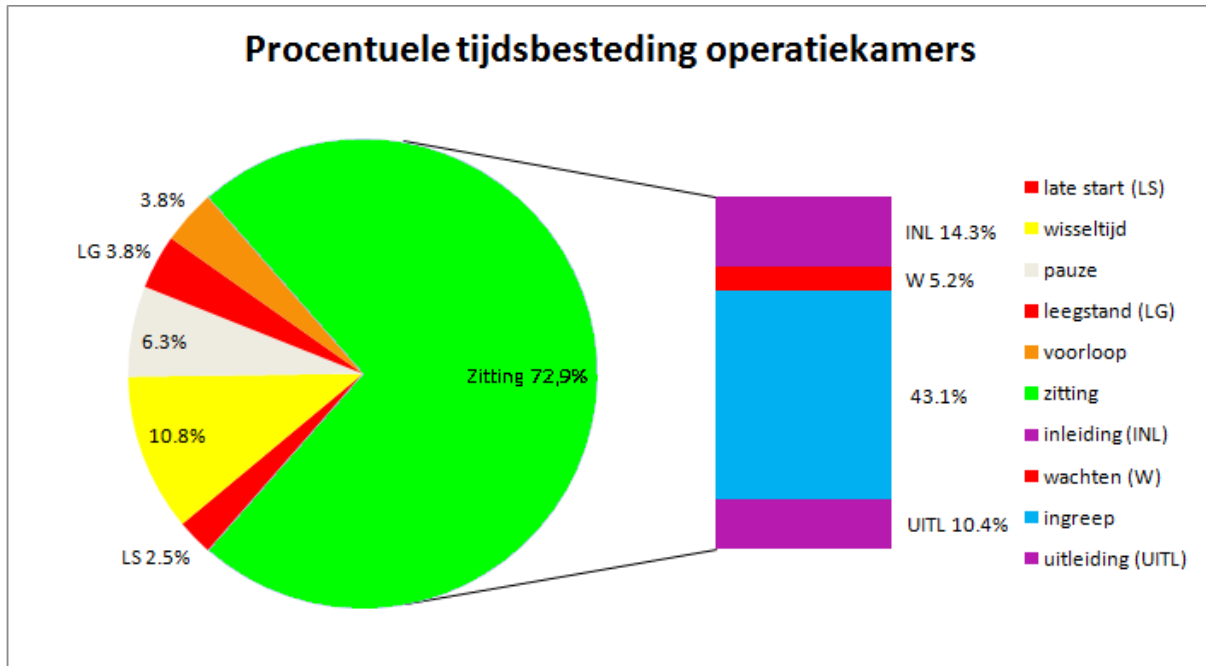
Figuur 4-4 Schematische weergave van de uitloop op het ODBC per operatiekamer.

## 4.2 Duur processtappen

De systeemanalyse van het ODBC gaat verder dan alleen de KPI's te bepalen. In deze paragraaf wordt onderzocht in welke fases de operatiekamers zich kunnen bevinden. Hierbij wordt ingezoomd op de fase zitting.

Vanuit de lean filosofie wordt getracht verspilling te voorkomen<sup>10</sup>. In het onderstaande schema zijn in het rood de elementen weergegeven die verspilling zijn van de operatietijd. In het oranje is de voorloop weergegeven, dit is ook verspilling, maar door de grote fluctuaties in operatieduur is enige mate van voorloop acceptabel. Zou dit niet het geval zijn dan zou er iedere dag overgewerkt moeten worden. In het geel staat de wisseltijd. Tijdens dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat deze tijd niet te verkorten valt, maar het kost wel degelijk tijd in het operatieschema. De groene vakjes, zittingen, is benutte operatietijd. Echter tijdens de zitting wordt er ook nog tijd verspild door te wachten en langdurige in- en uitleidingen.

In het onderstaande taartdiagram worden de fases die eerder in het basisschema zijn benoemd weergegeven. De procentuele tijdsbesteding van de operatiekamers worden weergegeven. Het verschil met de bezettingsgraad is dat in deze grafiek de pauze van een half uur is meegenomen. Ook de 8 minuten die voor het opruimen van de operatiekamers gepland staat in het basisschema is meegenomen. Dit betekent dat de totale tijdsbesteding alle tijd tussen 8.00 uur en 16.00 uur omvat.



**Figuur 4-5** Taartgrafiek met de procentuele tijdsbesteding in de operatiekamer.

Het overgrote deel van de dag, 72,9%, vinden in de operatiekamers zittingen plaats. In totaal is de chirurg 43,1% van de dag bezig met de daadwerkelijke ingreep. In dit onderzoek is de tijd die besteed wordt aan de zitting, wisseltijd of pauze als geven en dus onveranderlijk aangenomen. De mogelijkheden voor verbetering omvatten alleen de overige 10% van de tijd op de operatiekamers (late start, leegstand en voorloop). Dit komt neer 48 minuten per dag per operatiekamer.

De duur van de processtappen voor de patiënt zijn ook geanalyseerd. Deze wordt weergegeven in de onderstaande tabel. Hieruit blijkt dat de patiënt in totaal ongeveer 3,5 uur aanwezig is op het ODBC en dat hiervan ongeveer een uur wordt doorgebracht op de operatiekamer. De eigenlijke ingreep duurt gemiddeld maar een half uur.

	aankomst & omkleden	inleiding	Wachten	ingreep	uitleiding	recovery	ontslag	recovery & ontslag
gemiddeld	39	11	4	33	8	57	67	124
st. dev.	29	7	5	27	6	47	56	68
Mediaan	32	10	3	27	6	51	65	124

**Tabel 4-1** Duur processen voor de patiënt.

### 4.3 Randvoorwaarden

In de voorgaande paragrafen zijn de operatiekamers van het ODBC onder de loep genomen. In deze paragraaf worden de randvoorwaarden waarbinnen de operatiekamers functioneren uiteengezet. De randvoorwaarden die worden beschreven zijn:

- Aantal operatiekamers  
Het ODBC beschikt over vier identieke operatiekamers. In de praktijk wordt OK1 echter alleen door het specialisme oogheelkunde gebruikt.

- **Medische hulp middelen**  
Tijdens de operatie beschikt het operatieteam over gereedschappen om de operatie uit te voeren. Deze medische hulpmiddelen dienen aanwezig te zijn om een operatie mogelijk te maken en worden binnen het UMCG geleverd door de centrale sterilisatie afdeling (CSA).
- **Apparatuur**  
De benodigde apparatuur voor operaties is aanwezig op het ODBC. De apparatuur staat niet standaard in een OK, maar wordt s'ochtends naar de OK's gebracht, en aan het eind van de dag weer verwijderd. Omschakeling van het ene naar het andere specialisme in de middagpauze kost ongeveer een half uur. Deze wordt echter altijd gekoppeld met de middagpauze, waardoor er altijd een uur gereserveerd wordt in de planning.
- **Personeel**  
De operatieteams, behalve de chirurgen, vallen onder het management van het ODBC. Ook beschikt het ODBC over ondersteunende medewerkers, zoals planners en baliemedewerkers. De operatieassistenten werken 8- of 9-uurs diensten. Beide teams starten om 8.00 uur. Een 8 uur dienst eindigt om 16.00 uur. Een kwart van het personeel werkt een 9 uur dienst, deze eindigt om 17.00 uur.
- **Mix van operatieduur**  
De operaties die op het ODBC worden uitgevoerd duren niet allemaal even lang. De duur van de operaties varieert van 15 minuten tot 2 uur (bijlage 9.3). Bij een hogere productie zal dezelfde mix van operatieduur gehandhaafd blijven. Dit betekent dat de gemiddelde operatieduur hetzelfde zal blijven.
- **Afwijking planning ten opzichte van de realisatie**  
Na een analyse van de geplande operatieduur ten opzichte van de gerealiseerde operatieduur blijkt dat de operatieduur langer duurt dan gepland. Voor de wisseltijd geldt het omgekeerde. Er wordt in gemiddeld 10 minuten gewisseld terwijl in de planning met 15 minuten rekening wordt gehouden.

#### **4.4 Kosten**

De kosten van het ODBC worden voornamelijk bepaald door het inzetten van personeel en het onderhoud van de operatiekamers. Dit onderzoek richt zich niet op het verlagen van de kosten, maar op het verhogen van de bezettingsgraden. Efficiënter gebruik van de operatiekamers leidt tot hogere opbrengsten. Er wordt dan namelijk meer geproduceerd met gelijkblijvend personeel en hetzelfde onderhoud aan operatiekamers. In overleg met de manager van het ODBC en de Black Belt is besloten dat de opbrengsten van het ODBC bestaan uit de vergoedingen die de zorgverzekeraars betalen aan het ziekenhuis. De hoogte van de vergoeding voor een gemiddelde operatie op het ODBC is vastgesteld op €500, -.<sup>11</sup> Deze vergoeding wordt door de zorgverzekeringen aan het UMCG betaald en niet aan het ODBC.

## 4.5 Conclusie

In dit hoofdstuk is het ODBC op een bedrijfskundige wijze geanalyseerd. Er is gekeken naar de KPI's. Er is een studie gedaan over de duur van de processtappen en de belangrijkste randvoorwaarden waarbinnen het ODBC opereert zijn vastgesteld.

De KPI's van het ODBC zijn:

Aantal operaties per dag	25
Geplande bezettingsgraad	60-80%
Electieve bezettingsgraad	73-81%
Gerealiseerde bezettingsgraad	75-85%
Op tijd	60-75%
Uitloop na 16.00 uur	25-40%
Uitloop na 17.00 uur	1-10%

**Tabel 4-2 Overzicht KPI's van het ODBC.**

De tijdstudie naar de besteding geeft aan dat 10% van de tijd verspilling plaatsvindt. Deze verspilling omvat late start, leegstand en voorloop. Om te voorkomen dat iedere OK uitloopt is het echter noodzakelijk om ruim een kwartier voorloop als nodig te beschouwen. Het verschil tussen de planning en de realisatie is groot, dit komt omdat er alleen in kwartieren gepland wordt en de operatietijd afhankelijk is van het soort ingreep en niet van de snijdend chirurg. Het uitvoeren van één extra operatie per dag levert het UMCG gemiddeld €500,- op.

## 5 Herontwerp

In de analyse van het ODBC is het duidelijk geworden dat er ruimte is om meer operaties uit te voeren en zodoende de bezettingsgraad te verhogen. In dit hoofdstuk worden verbetervoorstellen gepresenteerd die een verhoging van de bezettingsgraad moeten realiseren. Ook wordt uitgelegd met behulp van welke methode de verbetervoorstellen worden getoetst op haalbaarheid.

### 5.1 Verbetervoorstellen

- *Minimaliseren late start*

Het minimaliseren van de late start kan door de discipline te verhogen bij het betrokken personeel. Het lijkt erop dat men onbewust te laat begint met de patiënt naar de OK brengen. Door de discipline te verhogen kan dit omhoog worden gebracht. Uit gesprekken met de planning is een andere mogelijke oorzaak van de late start aan het licht gekomen. De snijdende specialist (chirurg) wordt namelijk pas om 8.15 uur ingeroosterd. In veel gevallen wil de chirurg de patiënt zien vóór de inleiding, als de chirurg pas om 8.15 uur arriveert dan is dit een reden voor de late start. Op het moment dat de late start geëlimineerd is levert dit een ruimte van ruim 3 procent op aan het eind van de dag, dit kan gebruikt worden voor overige operaties.

- *Verschil geplande en gerealiseerde wisseltijd verkleinen*

De wisseltijd verkorten is een maatregel die alleen in de planning ruimte oplevert. De werkelijke wisseltijd gebeurt namelijk gemiddeld in 10 minuten blijkt uit de data. De planning krijgt een extra ruimte van 5 minuten per wissel. De geplande bezettingsgraad wordt op deze manier met 3 procent verlaagd.

- *Verkorten voorloop*

Zoals in de tabel wordt aangegeven is de gemiddelde voorloop met 10 minuten te verkorten. De planningsgraad biedt ruimte in het operatieschema. Verkorten van de voorloop met 10 minuten zorgt voor een verhoging van de bezettingsgraden met ruim 2 procent.

- *Verschil geplande en gerealiseerde operatietijd verkleinen*

Er zijn twee voorstellen voor de reductie van de afwijking van de operatieduur ten opzichte van de geplande operatieduur. Het eerste voorstel is de planning in het operatieschema per minuut, dit zorgt voor minder afwijking van het gemiddelde. Om ook de standaard deviatie voor de afwijking te verkleinen wordt het voorstel gedaan om voor alle specialismen de planningsduur aan te passen aan de desbetreffende chirurg. De gemiddelde operatieduur van de laatste 10 operaties van de chirurg voor een bepaalde ingreep wordt dan gebruikt als de in te plannen operatieduur. Voor de aanwezigheid van een arts-assistent dient een toevoeging van bijvoorbeeld 5 minuten aangebracht te worden. Door deze maatregelen zal de gemiddelde operatieduur in de planning verhogen met bijna 10 minuten per operatie. Dit verhoogt de geplande bezettingsgraad met ongeveer 10 procent. De aanwezigheid van arts-assistent zal ook voor een verhoging van de geplande bezettingsgraad met naar verwachting 1 procent bewerkstelligen. Dit voordeel is echter niet bij alle operaties te behalen, omdat nou eenmaal niet bij iedere operatie door een arts-assistent geopereerd wordt. In de onderstaande tabel staat het voordeel per OK beschreven. Omdat de planning van OK1 door het specialisme oogheelkunde wordt gedaan en de bezettingsgraden van OK1 hoog liggen

richten de verbetervoorstellen zich voornamelijk tot OK2, OK3 en OK4. Het verkleinen van de late start levert echter ook een kwartier bezettingsvoordeel in OK1 op.

<b>Verbetervoorstel</b>	<b>Te verwachten voordeel planning</b>	<b>Te verwachten voordeel bezetting</b>
Minimaliseren late start	15 minuten per dag	15 minuten per dag
Verkorten van geplande wisseltijd tot 10 minuten	- 25 minuten per dag	
Verkorten van voorloop met 10 minuten per OK	10 minuten per dag	10 minuten per dag
Plannen op de minuut nauwkeurig	40 minuten per dag	
Rekening houden met aanwezigheid chirurg, arts-assistent of kinderchirurgie in de planning	5 minuten Minder spreiding planning en operatieduur	
<b>Totale te verwachten winst</b>	<b>45 minuten</b> <b>10 procent</b>	<b>25 minuten</b> <b>6 procent</b>

Tabel 5-1 verbetervoorstellen voor het ODBC.

## 5.2 Conclusie

De potentiële geplande bezettingsgraad ligt 10 procent hoger dan de originele bezettingsgraad, waardoor deze op ongeveer 80 % komt. Ook de electieve bezettingsgraad stijgt en wel met 6 procent, waardoor de bezetting van de OK2, OK3 en OK4 op ongeveer 85 % uitkomt. In het komende hoofdstuk wordt door middel van een simulatie nagegaan of de verbetervoorstellen ook werkelijk deze winst in de performance van het ODBC oplevert.



## 6 Experimenten

In dit hoofdstuk worden de verbetervoorstellen omgezet naar uit te voeren experimenten. Met behulp van scenario's worden de verschillende verbeteringsvoorstellen op haalbaarheid getest. Vervolgens wordt beschreven hoe het simulatiemodel eruit ziet om de verschillende scenario's te testen.

### 6.1 Scenario's

Er zijn een aantal experimentele factoren die in de scenario's af kunnen wijken van huidige instellingen van het ODBC. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de input parameters van het simulatiemodel.

Experimentele factor	Varieerbare parameter
Planning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wisseltijd</li> <li>• voorloop</li> </ul>
Late start	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huidig</li> <li>• verkorting</li> </ul>
Wisseltijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huidig</li> <li>• verkorting</li> </ul>

**Figuur 6-1** Overzicht input parameters van het simulatiemodel.

Er zijn 6 mogelijke scenario's gecreëerd om de verbetervoorstellen te toetsen:

Het eerste scenario is het huidige scenario(basisscenario), dit scenario wordt gebruikt om het simulatiemodel te testen op validiteit en dient tevens als referentiekader van de overige scenario's.

In het tweede scenario wordt de late start geëlimineerd. Het komt er dus op neer dat het operatieteam iedere dag stipt om 8.00 uur klaar staat om te beginnen, zodat er in de ochtend meer tijd over blijft om te opereren. In de simulatie komt het net als in de werkelijkheid af en toe voor dat de patiënt nog niet aanwezig is, waardoor 8.00 uur nooit helemaal gehaald wordt.

In het derde scenario wordt gekeken wat de invloed is van een snellere wisseltijd. Dit is een theoretische verbetering. Of dit in de praktijk realiseerbaar is, is niet bekend bij de onderzoeker. Het lijkt in het kader van dit onderzoek echter nuttig om de voordelen van kortere wisseltijden in kaart te brengen. Zodoende kan een kwantitatieve waarde gegeven worden aan kortere wissels. Dit scenario volgt dus als enige niet geheel uit de eerdere verbetervoorstellen.

In het vierde scenario wordt onderzocht welk effect een drukker operatieschema, hier herkenbaar door 27 in plaats van 25 operaties per dag, heeft op de performance van het ODBC. Door 2 extra operaties uit te voeren op een dag, wordt er tweemaal een uur extra aan operaties uitgevoerd. Dit komt neer op een 30 minuten per OK. In de verbetervoorstellen wordt verwacht dat er ruimte is voor 25 minuten extra aan operaties in het operatieschema. Om twee operaties per dag extra te plannen is het tweewekelijks operatieschema aangepast. De operatieduur gemiddelde en standaard afwijking zijn gelijk gebleven. Het komt er op neer dat er in dit scenario 270 operaties in twee weken gedaan worden in plaats van 250 operaties.

Het vijfde scenario is een scenario waarin alleen de geplande tijden veranderen. De stroom patiënten door het systeem zal hierdoor niet wezenlijk veranderen.

In het zesde scenario zijn de verbetervoorstellen uit hoofdstuk 5 gecombineerd. Met dit scenario zal worden getoetst of de te verwachten winst van de verbetervoorstellen ook daadwerkelijk gehaald wordt.

In de onderstaande tabel wordt het verschil met de huidige situatie per scenario weergegeven.

Scenario nummer	Verskil met huidige situatie
1	Geen
2	Late start: 0 minuten
3	Wisseltijd: lognorm gem. 5,0; st. dev. 5,0
4	27 operaties per dag gemiddeld
5	Geplande wisseltijd 10 minuten + geplande operatieduur plus 5 minuten
6	Scenario 2, 4, 5 gecombineerd

**Tabel 6-1** Overzicht met het verschil van de scenario's ten opzichte van de huidige situatie.

## 6.2 Simulatie

Het herontwerp kan met behulp van verschillende technieken worden getoetst op haalbaarheid. Er is geprobeerd het herontwerp door middel van operational research en het Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW)<sup>12</sup> te toetsen. In het VRPTW wordt een planning gemaakt van transportritten binnen bepaalde tijden. Dit lijkt op het eerste gezicht op het planningsprobleem van het ODBC, maar bij nadere invulling blijken er toch teveel verschillen te zijn. Door de complexiteit van het probleem en de visuele beperkingen van de onderzochte technieken is gekozen om het herontwerp uit te voeren met behulp van een simulatie. Het softwarepakket Plant Simulation (Em-Plant) is hiervoor gebruikt. Bij het opstellen en uitvoeren van het simulatiemodel wordt gebruikt gemaakt van het boek *Simulation* van S. Robinson<sup>13</sup>.

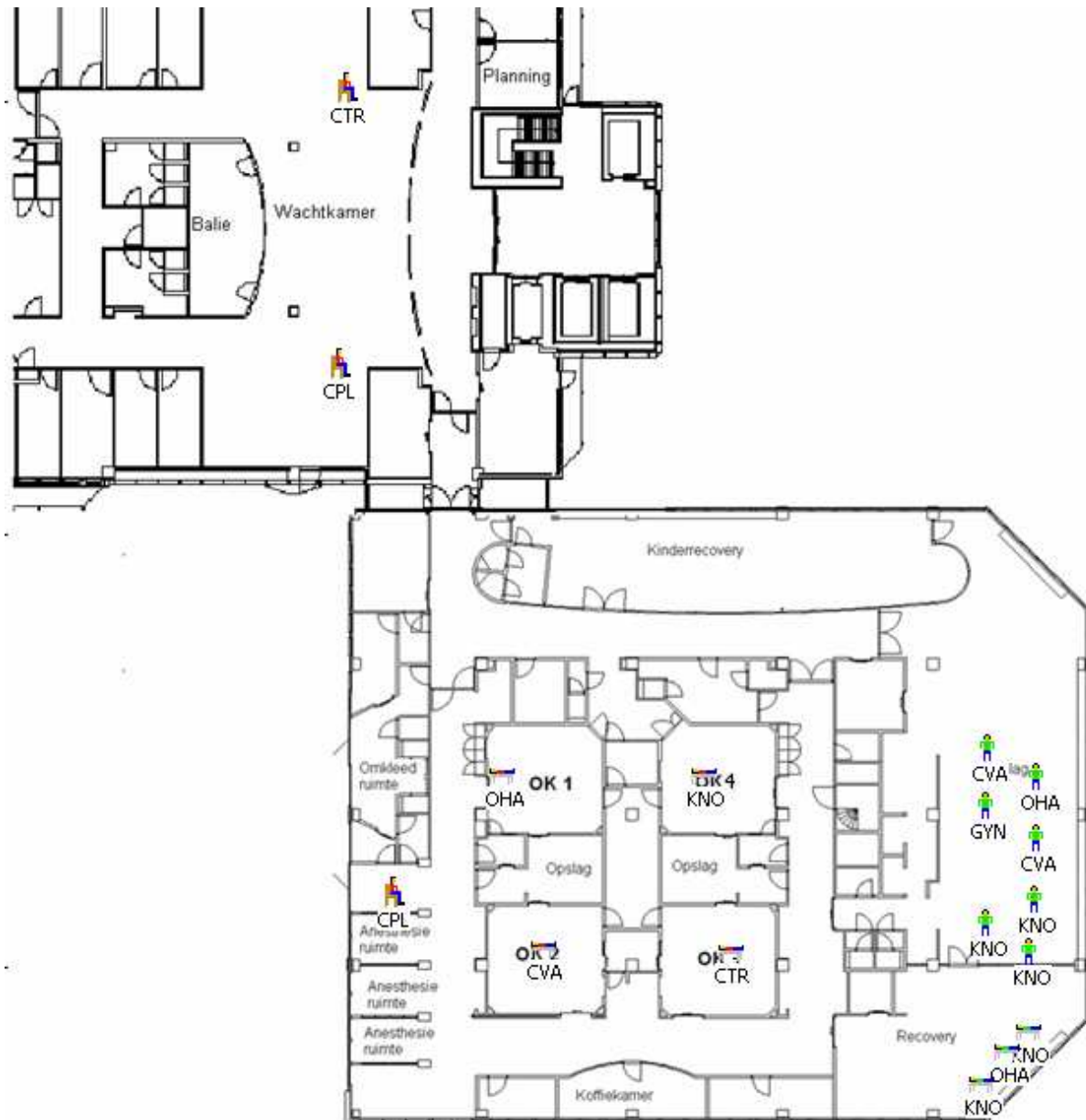
In het simulatiemodel wordt de werkelijkheid zo goed mogelijk weergegeven. Het is echter onmogelijk om de werkelijkheid precies na te bootsen. Zo zal in de werkelijkheid een operatieteam niet de gehele dag in hetzelfde tempo werken. Als het programma voorspoedig verloopt zal het tempo van het operatieteam dalen en als er uitloop dreigt zal het operatieteam proberen om de achterstand op het schema in te lopen. Deze variatie in werktempo op het eind van de dag is niet meegenomen in het simulatiemodel. De variatie in werktempo zit natuurlijk wel verdisconteerd in de operatietijden over de gehele dag.

In het simulatiemodel wordt gebruik gemaakt van stochastische variabelen. Om de werkelijkheid toch zo goed mogelijk te benaderen worden bepaalde kenmerken van het model vastgelegd in de basisinstellingen, zodat het model de werkelijkheid zo nauwkeurig mogelijk weergeeft. In bijlage 9.5 staat een verantwoording van de basisinstellingen van het simulatiemodel.

In de simulatie wordt de patiëntstroom op de plattegrond van het ODBC weergegeven. Zo is zichtbaar dat een patiënt arriveert, in de operatiekamer ligt en naar huis gaat. Door de instellingen van het model te veranderen kunnen de verschillende scenario's worden nagebootst. Zo kan er onder andere worden aangegeven of er wel of geen late start bestaat in een scenario. De data van de

verschillende scenario's wordt opgeslagen per OK en per patiënt. In het volgende hoofdstuk worden de resultaten van het simulatieonderzoek uiteengezet.

In onderstaand screenshot van de simulatie is de plattegrond van het ODBC weergegeven. Hier staan de patiënten met icoontjes weergegeven.



Figuur 6-2 Screenshot van de weergave in het simulatiemodel.

## 7 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van de uitgevoerde experimenten beschreven. Na het uitzetten van deze resultaten wordt geconcludeerd of de resultaten overeenkomen met de te verwachten voordelen uit het hoofdstuk herontwerp.

### 7.1 Samenvatting resultaten

In deze paragraaf worden de resultaten van de scenario's geanalyseerd en beschreven. Aan de hand van het gecombineerde scenario, scenario 6, is duidelijk geworden wat de gezamenlijke invloed is van scenario 2, 4 en 5. De volledige uitwerking van de resultaten van scenario 6 zijn te lezen in bijlage 9.6. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de afzonderlijke invloeden van de scenario's op de belangrijkste performance criteria bezettingsgraad en uitlooperpercentage. Met een schuin pijltje omhoog zijn verbeteringen in de performance weergegeven en met een pijltje omlaag verslechtingen. Bij een horizontaal streepje is het verschil in performance niet of minder dan één procent aanwezig. In bijlage 9.7 staat de output van het simulatiemodel voor de scenario's weergegeven in procenten.

scenario	Gepland	Electief	Gerealiseerd	Op tijd	> 4 pm	> 5 pm
1	-	-	-	-	-	-
2	-	↗	-	↗	↗	↗
3	-	↗	-	↗	↗	↗
4	↗	-	↗	↘	↘	↘
5	↗	-	-	-	-	-
6	↗	↗	↗	↘	↘	↘

**Tabel 7-1** Overzicht met de resultaten van het simulatiemodel.

Het valt op dat scenario 2 en 3 alleen een positieve invloed laten zien, op zowel de bezettingsgraden als de uitlooperpercentages. Dit voordeel werd ook verwacht.

In scenario 4, het drukkere operatieschema, valt het op dat er een hogere geplande en gerealiseerde bezettingsgraad is, maar dat dit niet leidt tot een hogere electieve bezettingsgraad. Met andere woorden, er worden wel meer operaties gedaan, maar niet binnen de openingstijden (8.00 uur tot 16.00 uur) van het ODBC. Dit leidt dan ook tot hogere uitlooperpercentages. Dit was ook verwacht, omdat er alleen meer operaties gedaan worden, maar verder geen verbeteringen zijn doorgevoerd.

In het gecombineerde scenario worden de positieve invloeden van scenario 2, 4 en 5 gecombineerd. Hierdoor worden zowel de geplande, electieve en gerealiseerde bezettingsgraad verhoogd. Er worden dus meer operaties binnen bedrijfstijd uitgevoerd. Echter de uitlooperpercentages zijn wel hoger dan in het basisscenario.

Na het toetsen van de resultaten van het huidige scenario met de analyse resultaten is gebleken dat het simulatiemodel enkele procenten afwijkt van de werkelijkheid. In de resultaten is ook slechts

enkele procenten winst behaald. Doordat de effecten van de verbetervoorstellen in het simulatiemodel dicht in de buurt komen van het te verwachten effect, is het aannemelijk dat de invloeden op het simulatiemodel soortgelijk zijn aan de invloeden op het werkelijke systeem. De verbetervoorstellen die als verandering zijn meegenomen in het simulatiemodel, hebben een positief effect gehad op de bezettingsgraad. De uitlooperpercentages zijn echter wel verslechterd. Verder is er duidelijk geworden dat het verkorten van de late start zoals verwacht een positief effect heeft op de electieve bezettingsgraad en de uitlooperpercentages. Het verkorten van de wisseltijd zorgt ook voor een beduidende performancewinst op het gebied van uitlooperpercentages. Het ligt echter niet binnen het kader van dit onderzoek om te tornen aan de duur van de wisseltijd.

## 7.2 Conclusie

In de onderstaande tabel wordt met een vinkje weergegeven of het te verwachten voordeel uit het hoofdstuk herontwerp zijn behaald.

Verbetervoorstel	Te verwachten voordeel planning	Te verwachten voordeel bezetting
Minimaliseren late start	✓	✓
Verkorten van geplande wisseltijd tot 10 minuten	✓	
Verkorten van voorloop met 10 minuten per OK	✓	✓

**Tabel 7-2** Overzicht met behaalde verbetervoorstellen

In bovenstaande tabel is af te lezen dat het te verwachten voordeel is behaald voor de verbetervoorstellen die verwerkt zijn in het simulatiemodel. De resultaten met een vinkjes geven aan dat deze grotendeels behaald zijn. Zo is er bijvoorbeeld nog een gemiddelde late start van bijna een minuut. De overige verbetervoorstellen uit hoofdstuk 5 zijn niet getoetst in het simulatiemodel. Hiervoor is te weinig detail bekend over de operaties.

Echter de uitlooperpercentages zijn opgelopen met gemiddeld 10% tot 60%, voor de uitloop na 16.00 uur. En met gemiddeld 5% tot 10% na 17.00 uur.

De conclusie is dan ook dat de bezettingsdoelstelling is behaald, maar dat dit ten koste is gegaan van de uitlooperpercentages. Door de invoering van de verbetervoorstellen zal er in de werkelijkheid ongeveer 10% meer uitloop plaatsvinden. Terwijl de bezetting ongeveer 4% omhoog gaan, van gemiddeld 79% naar 83%. Met een iets mindere winst op de bezettingsgraden zullen de uitlooperpercentages zeer waarschijnlijk wel binnen de grenzen blijven. Bij alle afzonderlijke scenario's is namelijk gebleken dat de uitlooperpercentages wel naar beneden gaan bij gelijkblijvend operatieschema, bijvoorbeeld de eliminatie van de late start.

## 8 Conclusie en aanbevelingen

### 8.1 Conclusie

In dit hoofdstuk wordt de doelstelling van dit onderzoek getoetst. In hoofdstuk 2 is de doelstelling vastgelegd, namelijk:

***Het verkrijgen van inzicht in de bezettingsgraden van de operatiekamers van het ODBC in het UMCG.***

In hoofdstuk 3 is een beschrijving gegeven van het primaire proces van het ODBC: het opereren van de patiënt. Er is beschreven dat het ODBC alleen eenvoudige operaties doet, waarbij de patiënt na afloop van de operatie nog dezelfde dag weer naar huis mag. De verschillende processtappen op de operatiekamer zijn besproken. Vervolgens zijn ook de processtappen voorafgaand aan en na afloop van de operatie beschreven. Hierbij is aandacht besteed aan de planning van de operaties. Deze heeft namelijk een grote invloed op de bezettingsgraad. Aan het eind van het hoofdstuk wordt het operatieschema weergegeven. De verschillende processtappen op een operatiekamer komen hierin tot uiting.

Nadat in hoofdstuk 3 is beschreven hoe het ODBC te werk gaat, wordt in hoofdstuk 4 een kwantitatieve analyse van het productiesysteem ODBC gedaan. Hierbij is de nadruk gelegd op de duur van de processen in de operatiekamer. De KPI's die vastgelegd zijn worden berekend aan de hand van historische data over een periode van anderhalf jaar. De KPI's bedragen:

- Maandelijks 500 operaties. In de vakanties is een reductieperiode ingesteld, waardoor er tijdelijk minder OK's open zijn en er dus minder operaties worden uitgevoerd.
- Bezettinggraden OK1 ruim 80%. Voor de overige OK's varieert de bezettingsgraad tussen de 70 en 80%. Bij deze OK's ligt de geplande bezettingsgraad ruim onder de gerealiseerde bezettinggraad. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de geplande en de gerealiseerde operatietijd niet overeenkomen. In hoofdstuk 4 wordt dit verschil geanalyseerd en kwantitatief gemaakt.
- De uitlooperpercentages voor OK1 ligt hoger dan bij de andere OK's. Ruim 60% van de operatiedagen is de laatste operatie niet voor 16.00 uur klaar. Op de overige OK's is in 30% van de dagen de laatste operatie niet voor 16.00 uur klaar. De uitloop na 17.00 uur varieert van enkele procenten tot ruim 10%. Opvallend is dat OK1 het laagste percentage uitloop na 17.00 uur heeft.

In deze hoofdstukken is met behulp van zowel een kwalitatieve als een kwantitatieve analyse geprobeerd inzicht te krijgen in de bezettingsgraden van het ODBC. In de volgende hoofdstukken wordt de hoofdvraag beantwoord :

***Is het mogelijk de bezettingsgraden van de operatiekamers te verhogen?***

Aan de hand van de bevindingen in de systeembeschrijving en de analyse zijn er vijf verbetervoorstellen opgesteld. Drie van deze voorstellen worden met behulp van een simulatiemodel getoetst. Er is gekozen voor een simulatiestudie, omdat deze visuele vorm van

doorrekenen herkenbaar is voor het personeel van het ODBC en het een veelgebruikte methode is binnen het UMCG. In de onderstaande tabel worden de verbetervoorstellen nogmaals uiteengezet, met een vinkje wordt aangegeven dat het verbetervoorstel getoetst is in het simulatiemodel.

Verbetervoorstel	Input model
Minimaliseren late start	✓
Verkorten (geplande) wisseltijd	✓
Verkorten voorloop	✓
Plannen op de minuut nauwkeurig	X
Rekening houden met chirurg, arts assistent, patiënt	X

#### **8-1 Overzicht welke verbetervoorstellen als input simulatiemodel worden meegenomen.**

In hoofdstuk 5 is verder de theoretische winst in bezettingsgraden berekend. Na toetsing van de verschillende input blijkt dat de verbetervoorstellen in het simulatiemodel ook hogere bezettingsgraden opleveren. In het gecombineerde scenario zijn de verbetervoorstellen gecombineerd. Dit scenario biedt een performancewinst op van 10% voor de geplande bezettingsgraad en de electieve en gerealiseerde bezettingsgraad in OK2 en OK4 liggen 5% hoger. In de verbetervoorstellen werd een performancewinst in de bezetting van respectievelijk 6 en 11 procent voorspeld. De voorspelde performancewinst wordt dus bijna volledig behaald. Het kleine verschil valt te verklaren door het feit dat niet alle verbetervoorstellen zijn meegenomen in het simulatiemodel. Samenvattend hebben de volgende verbetervoorstellen een positief effect op de bezettingsgraad:

- Minimaliseren late start
- Verschil geplande en gerealiseerde operatietijd verkleinen
- Verschil geplande en gerealiseerde wisseltijd verkleinen
- Verkorten voorloop

De verbetervoorstellen hebben als gezamenlijk doel het geplande operatieschema en het gerealiseerde operatieschema dichter bij elkaar te brengen. Voor zowel patiënt, chirurg als het personeel van het ODBC zal dit leiden tot meer rust en minder ergernis. Het uitlopen van operaties door onverwachte complicaties zal echter niet verdwijnen. Het is dus mogelijk om de bezettingsgraad van de operatiekamers te verhogen. Er kunnen dagelijks 2 operaties extra uitgevoerd worden. Dit komt met 200 operatiedagen neer op  $200 \times 2 \times \text{€}500$ , - = €200.000, - extra opbrengsten voor het UMCG.

## 8.2 Aanbevelingen

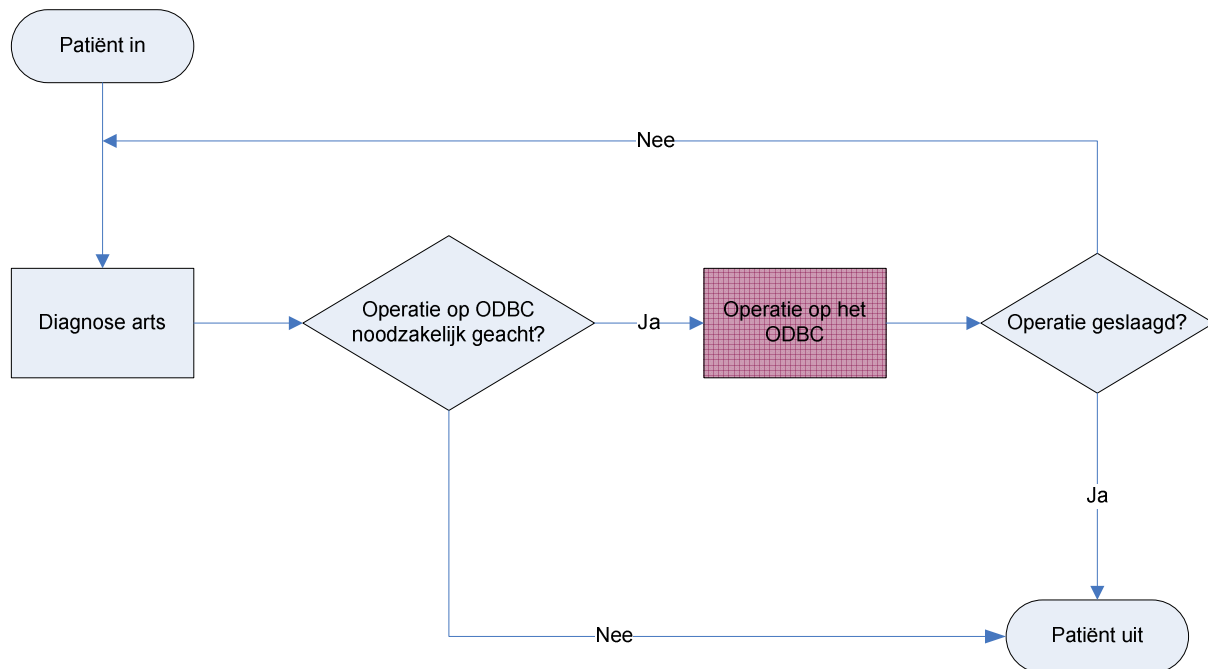
Aan de doelstelling van het onderzoek is voldaan. In dit onderzoek zijn echter nog een aantal aanbevelingen voor het ODBC aan het licht gekomen. Ze zijn niet allemaal direct invoerbaar, maar bieden wel een efficiëntievoordeel, de onderzoeker verwacht een totaal potentieel efficiëntievoordeel van dezelfde orde als de behaalde extra opbrengsten die dit onderzoek oplevert. Aanbevelingen hiertoe zijn:

- Operatieduur aan de gemiddelde duur van een chirurg aanpassen.
- Operatieduur aanpassen als deze gedaan wordt door arts-assistent. Er is nader onderzoek nodig om te weten wat de invloed van de inzet van een arts-assistent op de operatieduur is.
- Aantal specialismenwissels op één dag terugbrengen. Elk specialismenwissel kost 30 minuten geplande operatietijd.
- De planning van alle operaties door de planningafdeling van het ODBC laten plaatsvinden en niet door de specialismen zelf. De planningsregels die oogheelkunde gebruikt, zoals plannen op de minuut nauwkeurig, werken goed. Als het planningsbureau deze regels voor alle afdelingen kan gebruiken zal door uniforme planningsregels het beste resultaat gehaald worden.
- Het aantal beperkende maatregelen voor de planning minimaliseren. Op dit moment zijn er tientallen belangrijke en minder belangrijke planningsregels die gehanteerd worden.
- Het personeelsaanbod aan het eind van de dag flexibel maken. Dit kan door de ene dag kwartiertje korter te werken en andere dag kwartiertje langer, in plaats van een 16.00 uur dienst en een 17.00 uur dienst.
- Afstemming tussen snijdend specialist en personeel strakker handhaven. Zo is er nu soms onduidelijkheid over hoe laat de specialist aanwezig dient te zijn.
- Voor het personeel inzichtelijk maken wat de prestaties zijn. Door bijvoorbeeld lijsten op te hangen die wekelijks laten zien wat de op tijd begin en de op tijd eindig percentages zijn.



## 9 Bijlagen

### 9.1 Patiëntstroom buiten ODBC



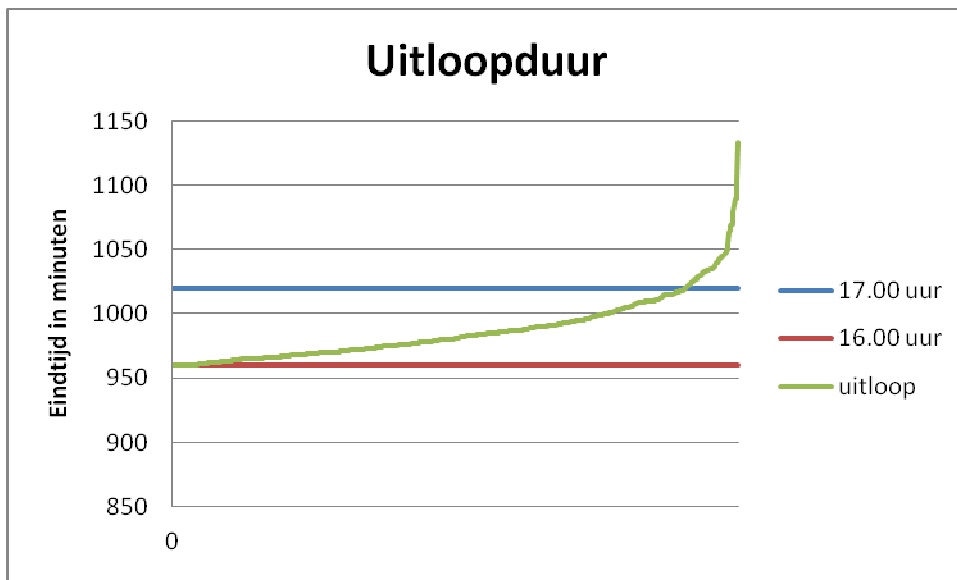
9-1 Patiëntstroom buiten het ODBC om.

### 9.2 Specialismen

Specialisme code	Specialisme
CAB	Abdominale chirurgie
CKC	Kinderchirurgie
CON	Chirurgische oncologie
CPL	Chirurgische plastische
CTR	Chirurgische traumatologie
CUR	Chirurgische urologie
CVA	Vaatchirurgie
DEA	Dermatologie algemeen
KIA	Kinderkliniek algemeen
KIO	Kindergeneeskunde oncologie
KNO	Keel, neus, oorheelkunde
MBT	Bijzondere tandheelkunde
MOA	Mondheelkunde algemeen
NCA	Neurochirurgie algemeen
OHA	Oogheelkunde algemeen
ORA	Orthopedie algemeen
PSS	Psychiatriestemming
REA	revalidatie algemeen
VGY	Gynaecologie
VON	Oncologie
VVE	Verloskunde

### 9.3 Uitloopduur

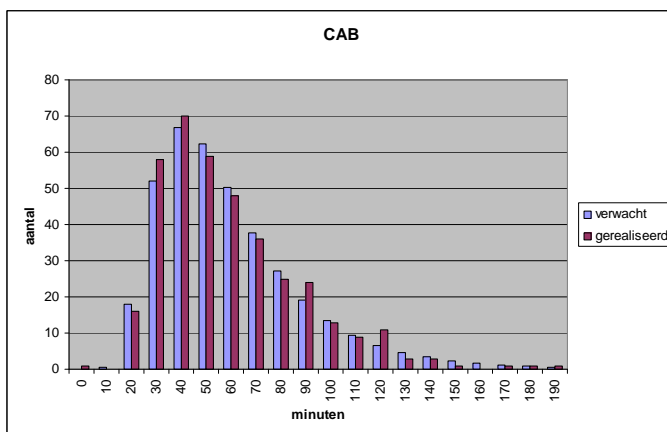
In het onderstaande figuur staat de uitloopduur weergegeven van alle operaties die uitgevoerd zijn op het ODBC. Opvallend is dat ongeveer 90% van de uitloop beperkt blijft tot voor 17.00 uur. Van de operaties die na 17.00 uur eindigen is het grootste gedeelte tot een half uur na die tijd klaar, er blijven echter altijd operaties die nog later klaar zijn door onverwachte complicaties. De uitlooppatronen na 16.00 uur en na 17.00 uur lijken op elkaar. Ook de uitloopduren in de verschillende scenario's vertonen een soortgelijk patroon.



Figuur 9-2 Uitloopduur operaties op het ODBC.

### 9.4 Operatieduur

De operatieduur per specialisatie is nagebootst met een stochastische verdelingen. Bijna alle specialisaties hebben een operatieduurverdeling die lognormaal verdeeld is. In 1 geval benadert de gamma verdeling de operatieduur het best. Deze lijkt sterk op de lognormale verdeling. Een lognormale lijkt op een links scheve normale verdeling<sup>14</sup>. In onderstaande grafiek is de verdeling voor het specialisme abdominale chirurgie.



Figuur 9-3 operatieduurverdeling CAB.

De onderstaande verdelingen geven de waarden voor de verdeling die de gerealiseerde operatieduur per specialisatie weergeeft. Daaronder staat weergegeven hoe lang de operaties gepland zijn.

**gerealiseerd**

specialisme	gemiddelde	st.dev.	verdeling
ORA	64,3	29,4	lognormaal
CAB	55,7	31,9	lognormaal
CKC	8,0	8,2	gamma
CON	84,5	46,5	lognormaal
CPL	58,0	41,3	lognormaal
CTR	61,2	28,0	lognormaal
CUR	64,0	27,5	lognormaal
KIO	41,9	18,0	lognormaal
KNO	36,0	22,2	lognormaal
MBT	84,5	46,5	lognormaal
MOA	51,8	31,3	lognormaal
NCA	37,1	23,1	lognormaal
OHA	50,3	22,7	lognormaal
ORA	64,3	29,4	lognormaal
PSS	32,3	12,6	lognormaal
VGY	73,6	32,9	lognormaal
VON	44,3	16,0	lognormaal
VVE	11,5	3,6	gamma

**gepland**

Minuten	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
<b>CAB</b>	9,4%	40,2%	23,6%	17,3%	2,4%	6,8%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CKC</b>	2,2%	28,7%	20,1%	41,6%	3,2%	3,2%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CON</b>	0,0%	5,0%	24,8%	26,5%	19,1%	9,2%	0,2%	14,0%	0,0%	0,7%	0,2%	0,2%
<b>CPL</b>	1,9%	23,9%	31,6%	27,8%	3,4%	6,3%	0,5%	4,1%	0,0%	0,2%	0,1%	0,2%
<b>CTR</b>	0,0%	16,2%	43,9%	33,3%	1,6%	3,5%	0,2%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CUR</b>	0,5%	32,6%	31,1%	22,6%	1,6%	11,1%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CVA</b>	0,0%	0,0%	1,4%	28,6%	18,6%	25,7%	2,9%	20,0%	0,0%	2,9%	0,0%	0,0%
<b>DEA</b>	0,0%	8,2%	40,8%	26,5%	8,2%	16,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>KIA</b>	11,1%	65,1%	9,5%	12,7%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>KIO</b>	76,3%	16,8%	3,9%	1,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,2%
<b>KNO</b>	64,9%	12,5%	8,4%	4,7%	6,3%	1,3%	1,7%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>MBT</b>	1,3%	1,7%	3,3%	28,5%	1,7%	33,1%	1,3%	18,4%	0,0%	3,3%	0,0%	7,1%
<b>MOA</b>	14,3%	36,6%	23,8%	17,0%	0,9%	3,2%	0,0%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>NCA</b>	0,0%	51,6%	30,9%	16,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>OHA</b>	0,8%	5,6%	61,2%	23,7%	2,5%	5,0%	0,4%	0,5%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%
<b>ORA</b>	0,4%	7,2%	30,9%	45,1%	2,7%	8,1%	0,0%	3,8%	0,0%	1,8%	0,0%	0,1%
<b>PSS</b>	98,3%	1,5%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>REA</b>	23,7%	74,6%	0,0%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>VGY</b>	1,0%	6,1%	11,9%	53,2%	2,7%	18,6%	1,4%	5,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>VON</b>	0,0%	69,3%	18,0%	4,0%	0,3%	1,9%	0,6%	5,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>VVE</b>	0,0%	95,0%	4,2%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

## 9.5 Basisinstellingen simulatiemodel

Om te beginnen is het noodzakelijk om vast te stellen of het simulatiemodel eindig is of niet. Met eindig wordt bedoeld dat de simulatie in zijn begin- en eindtoestand hetzelfde aantal patiënten in het systeem omvat. De begintoestand van het model is het begin van een operatiedag. Dan zijn er geen patiënten in het systeem. Aan het eind van de dag zijn er ook geen patiënten in het systeem, zoals de naam operatief DAG behandeling centrum al zegt. Er is dus sprake van een simulatie met een eindig karakter (aan het begin en het eind van iedere dag zijn er geen patiënten in het systeem aanwezig). Aangezien er sprake is van een eindig karakter hoeft er geen rekening gehouden te worden met een zogenaamde warming-up periode van het simulatiemodel.

Nu duidelijk is dat er geen gebruik gemaakt hoeft te worden van een warming-up periode wordt de run lengte bepaald. In hoofdstuk 3 is beschreven dat er op het ODBC gewerkt wordt met een tweewekelijks rooster. De lengte van een run komt overeen met deze twee weken. Iedere dag begint en eindigt het systeem leeg en op basis van een tweewekelijks rooster (10 dagen) worden de patiënten in het systeem gebracht.

Het uitvoeren van één run van 10 dagen is echter niet lang genoeg om betrouwbare resultaten te genereren. Er zijn twee mogelijkheden om wel voldoende data te bemachtigen; langere runs of meerdere runs. Aangezien er sprake is van een eindig model is het noodzakelijk om meerdere runs uit te voeren. Bij iedere run moeten de gebruikte random nummers in het model anders zijn. Dit wordt opgelost door de runs als het ware achter elkaar te laten verlopen. Door gebruik te maken van één lange run (eigenlijk dus meerdere replicaties gestopt in 1 run) hoeven de random number streams in het model niet steeds aangepast te worden per run.

Nu vastgesteld is wat de run lengte is, moet het aantal replicaties bepaald worden. Om dit te bepalen is gebruik gemaakt van de 'confidence interval' methode.<sup>15</sup> Hier wordt vastgesteld dat 25 runs, oftewel 250 dagen betrouwbare resultaten genereren. Aangezien de rekentijd voor het model relatief kort is (ongeveer een kwartier) wordt gewerkt met de een lengte van 1000 dagen per run, dit komt neer op 100 weken, ongeveer twee jaar.

- Warming-up : 0
- Run lengte: 10 dagen
- Aantal runs: 25

### ***Confidence interval methode***

De 'confidence interval' methode is een statistische methode voor het bepalen van het aantal runs per experiment. Hiervoor wordt er afhankelijk van het gekozen significantieniveau  $b$  een confidence interval rondom de outputwaarde berekend. Met een waarschijnlijkheid van  $(1 - b)$  ligt de correcte outputwaarde (bij oneindige simulatieduur) binnen dit interval. Naarmate er meer runs worden gesimuleerd kan dit confidence interval preciezer worden berekend. De precisie wordt weergegeven door de percentuele afwijking van de intervalgrenzen ten opzichte van het gemiddelde. Voor het toepassen van de 'confidence interval' methode is een simulatie van 100 runs van 10 dagen zonder 'warming-up' periode doorgevoerd. Er is voor gekozen om een significantieniveau van 2,5% en een maximale afwijking van eveneens 2,5% aan te houden. De berekeningen zijn gedaan voor

operatiekamer 3, omdat hier de meeste wissels van specialismen plaatsvinden. Dit is zogezegd de meest complexe operatiekamer. Voor de berekeningen is wederom gebruik gemaakt van een Excel spreadsheet op het Internet. Om een goed beeld te krijgen van het noodzakelijk aantal runs is de 'confidence interval' methode voor de volgende output toegepast:

- electieve bezettingsgraden
- gerealiseerde bezettingsgraden
- uitloop na 16.00 uur
- uitloop na 17.00 uur

Per output is een tabel met de resultaten van de berekeningen in deze bijlage opgenomen. Er kan worden afgelezen dat voor de bezettingsgraden bij een significantieniveau van 2,5% elf runs voldoende zijn voor een confidence interval met een afwijking van minder dan 2,5%.

Bij het uitlooperpercentage gaat de convergentie veel minder snel en komt eigenlijk niet op het juiste interval niveau, maar in de tabel valt af te lezen dat vanaf ongeveer 25 runs een betrouwbaar resultaat wordt geleverd.

### Electieve bezettingsgraad

Replication	Result	Cum. mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	0,80901164	0,81	n/a	n/a	n/a	n/a
2	0,81405875	0,81	0,004	0,75	0,88	7,91%
3	0,79464238	0,81	0,010	0,77	0,84	4,48%
4	0,83496982	0,81	0,017	0,78	0,85	4,29%
5	0,87317918	0,83	0,030	0,78	0,87	5,78%
6	0,79668946	0,82	0,030	0,78	0,86	4,67%
7	0,82405119	0,82	0,027	0,79	0,85	3,70%
8	0,79071505	0,82	0,027	0,79	0,84	3,35%
9	0,81733785	0,82	0,026	0,79	0,84	2,86%
10	0,84241205	0,82	0,025	0,80	0,84	2,62%
11	0,81703506	0,82	0,024	0,80	0,84	2,33%
12	0,82610087	0,82	0,023	0,80	0,84	2,10%
13	0,8230314	0,82	0,022	0,80	0,84	1,91%
14	0,84936898	0,82	0,023	0,81	0,84	1,86%
15	0,85165891	0,82	0,023	0,81	0,84	1,81%
16	0,80413651	0,82	0,023	0,81	0,84	1,73%
17	0,7863889	0,82	0,024	0,81	0,84	1,74%

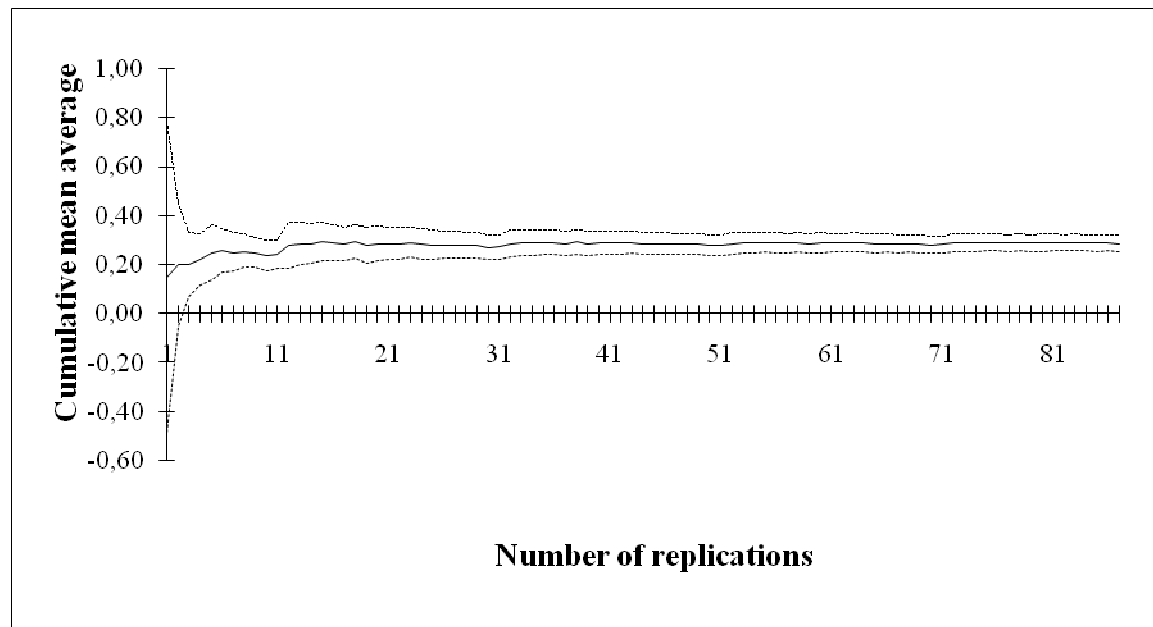
### Gerealiseerde bezettingsgraad

Replication	Result	Cum. mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	0,8237484	0,82	n/a	n/a	n/a	n/a
2	0,82264294	0,82	0,001	0,81	0,84	1,71%
3	0,81092369	0,82	0,007	0,79	0,84	3,11%
4	0,84535116	0,83	0,014	0,80	0,86	3,63%
5	0,8836345	0,84	0,029	0,79	0,88	5,37%
6	0,80828325	0,83	0,028	0,80	0,87	4,39%
7	0,83248599	0,83	0,026	0,80	0,86	3,48%
8	0,80219965	0,83	0,026	0,80	0,85	3,18%
9	0,83727617	0,83	0,025	0,81	0,85	2,73%
10	0,86301296	0,83	0,026	0,81	0,85	2,60%
11	0,83091451	0,83	0,024	0,81	0,85	2,31%
12	0,84797055	0,83	0,024	0,82	0,85	2,11%
13	0,83332135	0,83	0,023	0,82	0,85	1,92%
14	0,88807705	0,84	0,026	0,82	0,86	2,10%
15	0,86806587	0,84	0,026	0,82	0,86	2,03%
16	0,82004999	0,84	0,026	0,82	0,85	1,92%
17	0,7950846	0,84	0,027	0,82	0,85	1,95%

**Na 16 uur**

Replication	Result	average	deviation	interval	interval	deviation
1	0,1	0,10	n/a	n/a	n/a	n/a
2	0,2	0,15	0,071	-0,49	0,79	423,54%
3	0,3	0,20	0,100	-0,05	0,45	124,21%
4	0,2	0,20	0,082	0,07	0,33	64,96%
5	0,3	0,22	0,084	0,12	0,32	47,22%
6	0,4	0,25	0,105	0,14	0,36	44,03%
7	0,3	0,26	0,098	0,17	0,35	35,10%
8	0,2	0,25	0,093	0,17	0,33	30,96%
9	0,3	0,26	0,088	0,19	0,32	26,53%
10	0,2	0,25	0,085	0,19	0,31	24,32%
11	0,1	0,24	0,092	0,17	0,30	26,27%
12	0,3	0,24	0,090	0,18	0,30	23,67%
13	0,7	0,28	0,154	0,18	0,37	33,52%
14	0,4	0,29	0,151	0,20	0,37	30,55%
15	0,3	0,29	0,146	0,21	0,37	28,15%
16	0,4	0,29	0,144	0,22	0,37	26,05%
17	0,2	0,29	0,141	0,22	0,36	25,13%
18	0,2	0,28	0,138	0,21	0,35	24,27%
19	0,5	0,29	0,143	0,23	0,36	23,43%
20	0	0,28	0,154	0,21	0,35	25,78%
21	0,4	0,29	0,153	0,22	0,36	24,31%
22	0,3	0,29	0,149	0,22	0,35	23,06%

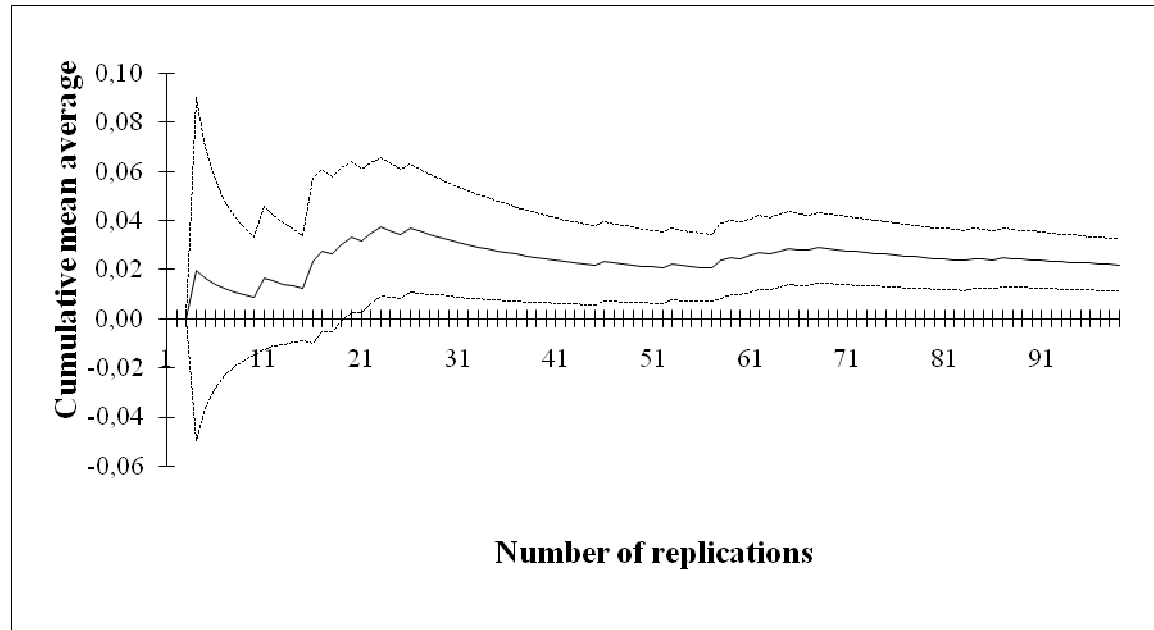
23	0,3	0,29	0,146	0,22	0,35	21,93%
24	0,4	0,29	0,144	0,23	0,35	20,88%
25	0,1	0,28	0,146	0,22	0,34	21,26%



### Na 17 uur

Replication	Result	Cum. mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	0	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a
2	0	0,00	0,000	0,00	0,00	#DEEL/0!
3	0	0,00	0,000	0,00	0,00	#DEEL/0!
4	0	0,00	0,000	0,00	0,00	#DEEL/0!
5	0,1	0,02	0,045	-0,05	0,09	349,54%
6	0	0,02	0,041	-0,04	0,07	316,34%
7	0	0,01	0,038	-0,03	0,06	296,87%
8	0	0,01	0,035	-0,02	0,05	284,12%
9	0	0,01	0,033	-0,02	0,04	275,15%
10	0	0,01	0,032	-0,02	0,04	268,50%
11	0	0,01	0,030	-0,01	0,03	263,38%
12	0,1	0,02	0,039	-0,01	0,05	174,83%
13	0	0,02	0,038	-0,01	0,04	173,32%
14	0	0,01	0,036	-0,01	0,04	172,06%
15	0	0,01	0,035	-0,01	0,04	171,00%
16	0	0,01	0,034	-0,01	0,03	170,09%
17	0,2	0,02	0,056	-0,01	0,06	143,33%
18	0,1	0,03	0,057	-0,01	0,06	119,83%
19	0	0,03	0,056	-0,01	0,06	119,78%
20	0,1	0,03	0,057	0,00	0,06	103,61%

21	0,1	0,03	0,058	0,00	0,06	91,59%
22	0	0,03	0,057	0,00	0,06	91,85%
23	0,1	0,03	0,057	0,01	0,06	82,59%
24	0,1	0,04	0,058	0,01	0,07	75,15%
25	0	0,04	0,057	0,01	0,06	75,53%





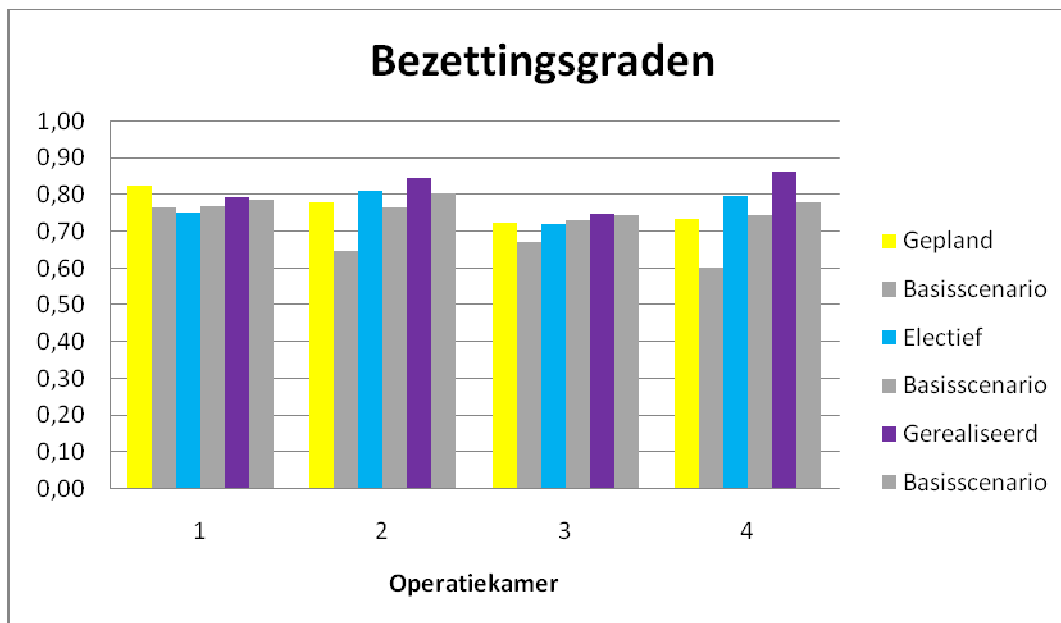
## 9.6 Scenario 6: combinatie

### 9.6.1 Doelstelling

Door een combinatie van scenario 2 (geen late start), 4 (meer operaties) en 5 (verkorten geplande wisseltijd en operatieduur) de te verwachten voordelen uit de verbetervoorstellen te behalen.

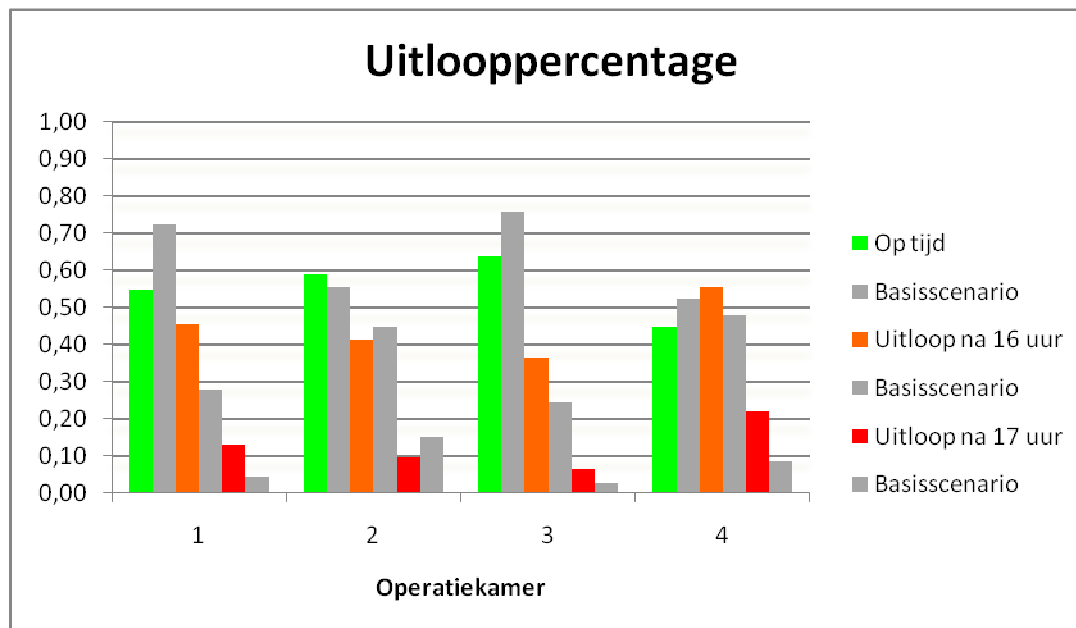
### 9.6.2 Output

Door de combinatie van de verschillende scenario's zullen zowel de geplande, de electieve als de gerealiseerde bezettingsgraad verbeteren. In de onderstaande grafiek zijn de bezettingsgraden van het gecombineerde scenario weergegeven ten opzichte van het basisscenario.



**Figuur 9-4** Bezettingsgraden scenario 6 uit het simulatiemodel

In de bovenstaande grafiek is af te lezen dat de geplande bezettingsgraad aanzienlijk omhoog gaat. Voor OK1 en OK3 met ruim vijf procent, terwijl voor OK2 en OK4 tot dertien procent meer operatietijd gepland wordt. In de verbetervoorstellen staat dat een verbetering van 11 procent te verwachten valt. Op twee van de operatiekamers wordt dit behaald. Op deze operatiekamers gaan ook de electieve en de gerealiseerde bezettingsgraad aanzienlijk omhoog, met respectievelijk 5 % voor electief en 5 tot 8 % voor gerealiseerd. In het verbetervoorstel werd een performance verbetering van 6 % verwacht op de electieve en gerealiseerde bezettingsgraden. Op OK1 en OK3 is de electieve en gerealiseerde bezettingsgraad weinig veranderd. Zoals eerder in dit hoofdstuk aangegeven zat er ook minder ruimte in het operatieschema om meer operaties uit te voeren. Verder is het opmerkelijk dat vooral de gerealiseerde bezettingsgraad bij OK4 ver boven de electieve bezettingsgraad ligt. Dit duidt op een hoog uitlooperpercentage voor OK4. In de onderstaande grafiek staan de uitlooperpercentages van het gecombineerde scenario weergegeven.



**Figuur 9-5** Uitlooperpercentages scenario 6 uit het simulatiemodel.

Het uitlooperpercentage bij operatiekamer 4 is inderdaad hoger dan bij de andere operatiekamers, vooral de uitloop na 17.00 uur is ruim 6 % opgelopen. OK1, OK2 en OK3 eindigen tussen de vijftig en ruim zestig procent van de dagen op tijd. Voor OK1 en OK3 is dit lager dan in het basisscenario, maar in OK2 ligt dit percentage iets hoger dan het basisscenario. Al met al kan gezegd worden dat het maximale uitlooperpercentage na 16.00 uur meer dan de gewenste 25 procent is.

Het aantal operaties dat uitgevoerd wordt ligt voor dit scenario op 27 per dag. Dus 2 operaties per dag meer dan in het basisscenario. En de gemiddelde eindtijd voor de dag ligt ruim 10 minuten hoger dan in het basisscenario. Dit betekent een voorloopverkorting van 10 minuten.

## 9.7 Output simulatiemodel

In de onderstaande tabel staan de output van het simulatiemodel weergegeven. In de rij werkelijk staat data die verkregen is door analyse van het werkelijke systeem. In de rij simulatie staat de output van het model, met de instellingen zoals die in de werkelijkheid ook zijn. Opvallend is dat het simulatiemodel 3 á 4 procent lagere bezettingsgraden genereert en iets lagere uitlooperpercentages á 5 tot 10 procent. Tijdens het testen van het model is gebleken dat het gedrag van het simulatiemodel de werkelijkheid nabootst. Dit is gedaan met behulp van zowel visuele waarnemingen als met het meten van de output.

	OK	Begin tijd	Eind tijd	Operaties	Gepland	Electief	Gerealiseerd	Uitloop > 16	Uitloop > 17	Op tijd
Werkelijk	1	8:11:32	15:33:15	6,2	0,83	0,80	0,85	0,58	0,11	0,42
	2	8:12:20	15:29:38	6,1	0,70	0,81	0,84	0,37	0,04	0,63
	3	8:11:45	15:27:59	5,3	0,69	0,78	0,79	0,28	0,02	0,72
	4	8:13:51	15:34:02	7,4	0,62	0,74	0,75	0,34	0,02	0,64
Simulatie	1	8:11:26	15:44:10	6	0,77	0,77	0,79	0,28	0,04	0,72
	2	8:12:55	15:59:24	6,5	0,65	0,77	0,81	0,45	0,15	0,55
	3	8:11:33	15:35:56	5,2	0,67	0,73	0,74	0,24	0,03	0,76
	4	8:14:32	16:01:25	7,3	0,60	0,75	0,78	0,48	0,08	0,52
Scenario 2	1	8:00:00	15:33:51	6	0,77	0,78	0,79	0,17	0,01	0,83
	2	8:00:00	15:43:24	6,5	0,65	0,78	0,81	0,32	0,07	0,68
	3	8:00:00	15:30:37	5,2	0,67	0,73	0,74	0,20	0,02	0,80
	4	8:02:36	15:50:06	7,3	0,60	0,76	0,78	0,36	0,04	0,64
Scenario 3	1	8:11:26	15:30:29	6	0,77	0,78	0,79	0,15	0,01	0,85
	2	8:12:55	15:40:29	6,5	0,65	0,78	0,81	0,30	0,05	0,70
	3	8:11:33	15:25:31	5,2	0,67	0,74	0,74	0,15	0,01	0,86
	4	8:14:32	15:43:00	7,3	0,60	0,76	0,78	0,29	0,03	0,71
Scenario 4	1	8:12:04	16:05:20	6,6	0,75	0,74	0,79	0,51	0,16	0,50
	2	8:12:39	16:07:01	6,3	0,71	0,79	0,85	0,55	0,18	0,45
	3	8:12:28	15:49:14	5,8	0,66	0,71	0,75	0,40	0,09	0,60
	4	8:09:14	16:28:26	8,3	0,64	0,78	0,87	0,65	0,29	0,35
Scenario 5	1	8:11:26	15:44:10	6	0,83	0,77	0,79	0,28	0,04	0,72
	2	8:12:55	15:59:24	6,5	0,72	0,77	0,81	0,45	0,15	0,55
	3	8:11:33	15:35:56	5,2	0,73	0,73	0,74	0,24	0,03	0,76
	4	8:14:32	16:01:25	7,3	0,68	0,75	0,78	0,48	0,08	0,52
Scenario 6	1	8:02:38	15:58:16	6,6	0,83	0,75	0,79	0,46	0,13	0,55
	2	8:00:36	15:48:44	6,3	0,78	0,81	0,85	0,41	0,09	0,59
	3	8:01:08	15:43:43	5,8	0,72	0,72	0,75	0,36	0,06	0,64
	4	7:58:49	16:11:58	8,3	0,74	0,80	0,87	0,56	0,22	0,45

Tabel 9-1 Overzicht KPI's van de huidige tov. de mogelijke situatie, berekend door het simulatiemodel.

## Bronvermelding

---

- <sup>1</sup> UMCG, 2008, Bouwen aan de toekomst van gezondheid, visie 2007-2011
- <sup>2</sup> UMCG, operatiedata januari 2006- juni 2007, OKplus.
- <sup>3</sup> UMCG, 2007, Polsslag extra
- <sup>4</sup> Goudswaard, P., 2007, Een waardevolledagbehandeling.
- <sup>5</sup> UMCG, 2007, Polsslag 16
- <sup>6</sup> Van Dale, 2005, Van Dale woordenboek, Van Dale Uitgevers.
- <sup>7</sup> UMCG, operatiedata januari 2006- juni 2007, OKplus.
- <sup>8</sup> Feenstra, F., 2005, Simulatiestudie naar de benutting van de OK in een universitair medisch centrum.
- <sup>9</sup> Feenstra, F., 2005, Simulatiestudie naar de benutting van de OK in een universitair medisch centrum.
- <sup>10</sup> Womack, J. en Jones, D., 2006, Handboek Lean Solutions, Simon & Schuster.
- <sup>11</sup> Gesprek Huender. L. en Goudswaard, P., 2008.
- <sup>12</sup> Solomon, M., 1987, Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints, Operations Research, Vol.35, No. 2., pp. 254-265
- <sup>13</sup> Robinson, S., 2004, Simulation: the practice of model development and use, 1e druk, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- <sup>14</sup> Law, A.M. and W.D. Kelton., 1991, Simulation modeling and analysis. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- <sup>15</sup> <http://eu.wiley.com//legacy/wileychi/robinson/supp/Replications.xls>, 2008.