



UMC Utrecht

UNIVERSITEIT TWENTE.

Bachelor verslag

HET REDUCEREN VAN VARIATIE IN BEDBEZETTING DOOR HET TOEWIJZEN VAN SPECIALISMEN AAN VERPLEEGAFDELINGEN

Auteur

10 juli 2017

R. Buter

r.buter@student.utwente.nl

s1594206, Technische Bedrijfskunde

Begeleiders

Ir. A.G. Leeftink

Universiteit Twente, Centre for Healthcare Operations Improvement and Research

Dr. Ir. N.J. Borgman

Universiteit Twente, Centre for Healthcare Operations Improvement and Research

A.W.J. Slootbeek

UMC Utrecht, Divisie Heelkundige Specialismen, manager zorgseenheid KNO

Voorwoord

Dit verslag is het resultaat van mijn bacheloropdracht die ik heb uitgevoerd voor de studie Technische Bedrijfskunde op de Universiteit Twente. Deze opdracht vond plaats op de verpleegafdelingen van de divisie Heelkundige Specialismen in het UMC Utrecht. Hier heb ik de beddensituatie geanalyseerd, de benodigde bedden capaciteit berekend en de effecten van toewijzingen van specialismen aan verpleegafdelingen bestudeerd.

Naast iedereen op de verpleegafdelingen, wil ik graag speciaal Michel Zeilmaker, Ria Matthijsen en Annita Slooder bedanken voor de mogelijkheid om deze opdracht uit te voeren in het UMC Utrecht en voor hun begeleiding hierin. Daarnaast wil ik Nardo Borgman bedanken voor zijn rol als tweede begeleider op de universiteit en voor de feedback die hij mij gegeven heeft. Ten slotte wil ik Gréanne Leefink bedanken voor haar begeleiding tijdens de voorbereiding en uitvoering van mijn opdracht. Naast deze begeleiding wil ik haar bedanken voor de feedback die ik heb gekregen op eerdere versies van dit verslag en dat ze altijd bereikbaar was voor vragen.

Robin Buter,

juli 2017

Management samenvatting

Introductie en probleemomschrijving

Op de verpleegafdelingen B3 Oost, D4 Oost, D4 West en D5 West van de divisie Heelkundige Specialismen (DHS) in het UMC Utrecht, liggen patiënten voor en na een operatie of een ander soort behandeling. Patiënten worden behandeld door een medisch specialisme en elk specialisme hoort normaliter thuis op één van de verpleegafdelingen.

De DHS ervaart al een aantal jaar schommelingen in de bedbezetting. De grootte van deze variatie verschilt per verpleegafdeling. Daarnaast is er een substantieel verschil in de gemiddelde bedbezetting van de verpleegafdelingen, namelijk als laagste 47,85% en als hoogste 75,28%. Wij onderzoeken of een andere samenstelling van specialismen beter is voor de (variatie in) bedbezetting, aangezien deze samenstelling vaak door toeval of historische redenen is gevormd. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

“Welke toewijzing van specialismen aan de verpleegafdelingen van de divisie Heelkundige Specialismen leidt tot de laagste variatie in bedbezetting en hoeveel bedden zijn daarvoor nodig?”

Dit onderzoek heeft drie fases; namelijk eerst een analyse van de huidige situatie en de patiënten, daarna de berekening van de bedden capaciteit en ten slotte de evaluatie met behulp van een simulatiemodel waarin herindelingen worden beoordeeld op variatie. Deze scenario's zijn onder andere herindelingen die aan de fysieke restricties van de verpleegafdelingen voldoen.

Fase 1: Analyse van de huidige situatie en van de patiënten

B3 Oost en D5 West hebben meer variatie in de bedbezetting dan de afdelingen op D4. Dit kan komen doordat zij een variabel aankomstproces hebben met een substantieel lager gemiddelde ligduur dan D4 West en Oost. Door deze lagere gemiddelde ligduur zakt de aanwezigheid in het weekend ook harder af. Wat opvalt is dat de totale ligduur over 2016 van B3 Oost en D5 West beiden de helft is van D4 West. Dit gecombineerd met het gemiddelde aantal open bedden leidt tot het verschil in de gemiddelde bedbezetting.

Uit de analyse van de aankomsten van de specialismen komt voornamelijk dat deze erg variabel zijn. Zelfs de aankomsten van de electieve doordeweekse patiënten varieert sterk, terwijl men dit in eerste instantie niet zou verwachten. De aankomsten per uur en over de weekdays heen zijn ook variabel. In het weekend worden zelden electieve patiënten opgenomen.

Uit analyses van de ligduur blijkt dat er significante verschillen zijn tussen de variabiliteit in de ligduur per specialisme. Hierbij heeft KNO een van de laagste en VAT een van de hoogste variabiliteit.

Fase 2: Beddencapaciteit

Met een Erlang verlies model is het aantal benodigde bedden berekend per specialisme en per verpleegafdeling. Voor een lagere blokkeringskans zijn meer bedden nodig. Dit resulteert in een afweging tussen bedbezetting en blokkeringskans. Daarnaast heeft schaalvergroting een beduidend effect. Als alle specialismen apart zouden functioneren, zou er met een blokkeringskans van 3% 143 bedden nodig zijn. Echter, als alle specialismen onder één grote verpleegafdeling zouden werken, zijn er maar 96 bedden nodig. Gegeven de huidige indeling van specialismen, zijn er 116 bedden nodig om maximaal 3% van de patiënten te moeten weigeren.

Fase 3: Simulatiemodel

Met behulp van een simulatiemodel dat het aantal aanwezige patiënten per uur bijhoudt evalueren wij 16 herindelingen. Alle herindelingen vertonen minder variatie in bedbezetting doordeweeks en over de hele week dan de huidige situatie. Daarnaast leidt het samenvoegen van afdelingen, naast het schaalvoordeel in het aantal benodigde bedden, ook tot een lagere variatie in bedbezetting. Indeling 1 uit de tabel hieronder leidt tot de laagste variatie in bedbezetting over de hele week, en indeling 2 leidt tot de laagste variatie doordeweeks. Voor beiden zijn 116 bedden nodig.

Indeling	D4		B3		D5			D4	
	WEST		OOST		WEST			OOST	
1	<i>ORT</i>	<i>PLA</i>	<i>OOG</i>	<i>CTR</i>	<i>KNO</i>	<i>CHI</i>	<i>KA</i>	<i>VAT</i>	<i>URO</i>
2	<i>ORT</i>	<i>PLA</i>	<i>OOG</i>	<i>CTR</i>	<i>KNO</i>	<i>URO</i>	<i>KA</i>	<i>VAT</i>	<i>CHI</i>

Aanbevelingen

Op basis van de resultaten van de drie fasen, zijn de belangrijkste aanbevelingen uit dit onderzoek:

1. Om een eerlijk inzicht te krijgen in de verschillen in de bedbezetting van de verschillende verpleegafdeling, is het belangrijk om alle bedden die niet gebruikt worden officieel in het informatiesysteem te sluiten. Hierdoor zal de registratie van de bedbezetting nauwkeuriger worden.
2. Zorg dat verpleegkundigen getraind zijn om alle patiënten op een verpleegafdeling kunnen verzorgen. Hierdoor verdwijnen de grenzen tussen de bedden voor de specialismen op de verpleegafdeling en kan men maximaal gebruik maken van alle bedden op de verpleegafdeling.
3. Probeer het aantal aankomsten van patiënten te stabiliseren. Zelfs de electieve aankomsten per weekdag zijn erg variabel. Variabele aankomsten leiden tot een variabele bedbezetting.

4. Combineer in eerste instantie specialismen zodanig dat het relatieve gemiddelde aantal aanwezige patiënten vergelijkbaar is over alle verpleegafdeling. Hierdoor zijn de lasten en bedden capaciteit beter verspreid. Combineer daarnaast een specialisme met een lange ligduur met een specialisme met een korte ligduur.

Vervolgonderzoek

Een logisch vervolg op dit onderzoek zou onderzoek naar het indelen van specialismen op zorgzwaarte zijn, waarbij werkdruk meetbaar wordt gemaakt en ook rekening wordt gehouden met personeelsplanning. Daarnaast zou het interessant zijn om de effecten te analyseren van een short-stay afdeling. Hierbij kan ook gekeken worden naar hoe zo'n afdeling ingericht moet worden, wie daar precies moet komen liggen, en wat het effect daarvan is op de overige afdelingen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Management samenvatting	2
Begrippen en definities	7
1. Introductie en onderzoeksopzet	8
1.1 UMC Utrecht.....	8
1.2 Probleemomschrijving	9
1.3 Onderzoeksdoel.....	10
1.4 Onderzoeksvragen.....	10
1.5 Scope en begripsvaliditeit.....	11
2. De huidige situatie	13
2.1 Patiëntenstroom en aankomstproces	13
2.1.1 Patiëntenstroom.....	13
2.2.1 Aankomstproces.....	14
2.2 Fysieke verschillen tussen de verpleegafdelingen	15
2.3 Belangrijke veranderingen in de laatste 3 jaar	16
2.4 Prestaties van de verpleegafdeling.....	17
2.4.1 Prestatie-indicatoren.....	17
2.4.2 Databronnen	18
2.4.3 Prestaties	18
2.5 Conclusie.....	23
3. Aankomsten en ligduren van patiënten.....	25
3.1 Aankomsten	26
3.1.1 Verdeling aankomsten.....	26
3.1.2 Aankomsten over de week	28
3.1.3 Aankomstverloop over een dag.....	29
3.2 Ligduur.....	30
3.3 Conclusie.....	32
4. Bepaling bedden capaciteit volgens de literatuur	34
4.1 Opzet literatuuronderzoek.....	34
4.2 Resultaten literatuuronderzoek	34

4.2.1 Bedbezetting en de variabiliteit daarvan.....	34
4.2.2 Blokkeringskans.....	35
4.2.3 Het toewijzen van bedden.....	36
4.3 Selectie van de methode voor dit onderzoek	37
4.4 Berekening beddencapaciteit voor de huidige situatie	37
4.5 Conclusie.....	41
5. Simulatiemodel	42
5.1 Conceptueel model.....	42
5.1.1 Beschrijving model	42
5.1.2 Data-input.....	43
5.1.3 Aannames en versimpelingen	45
5.2 Validatie en verificatie	45
5.3 Experimenten	47
5.4 Analyse van de resultaten	49
5.5 Conclusie.....	52
6. Conclusie, aanbevelingen en discussie	53
6.1 Conclusie.....	53
6.2 Aanbevelingen	55
6.3 Discussie	55
Bronnen.....	57
Bijlagen.....	59
Bijlage A - Probleemkluwen.....	59
Bijlage B - Vergelijking van datasets	59
Bijlage C - Literatuurstudie.....	60
Bijlage D – Feestdagen en zomersluiting	62
Bijlage E - Statistische verdelingen	62
Bijlage F – Aankomsten per specialisme	63
Bijlage G – Hyperexponentiële verdeling ligduur	69
Bijlage H – Beddencapaciteit validatie.....	69
Bijlage I – Simulatiemodel	72
Bijlage J – Volledige resultaten simulatie.....	74

Begrippen en definities

Bedbezetting – De operationele bezetting: $\frac{\text{Gemiddeld aantal patiënten aanwezig}}{\text{Aantal operationele bedden}} * 100\%$. (Let op:

Dit verschilt van de financiële bedbezetting, die met verpleegdagen werkt, en hierdoor mogelijk een bezetting groter dan 100% bereikt.)

Specialisme – Een groep zorgverleners die gespecialiseerd is in een bepaald vakgebied. Het type aandoening van een patiënt bepaalt dus onder welk specialisme hij of zij behandeld wordt.

Bed weigering – Situatie waarin een patiënt van een bepaald specialisme arriveert en alle bedden van dat specialisme al bezet zijn, ook wel blokkering genoemd. Blokkeringen komen ook voor op verpleegafdelings- of divisieniveau. Over welke blokkering het gaat, wordt duidelijk uit de context.

Weekdag – Een maandag, dinsdag, woensdag, donderdag, vrijdag, zaterdag of zondag. Vaak gebruikt in de vorm van bijvoorbeeld de bedbezetting op maandag, dinsdag, woensdag, etc.

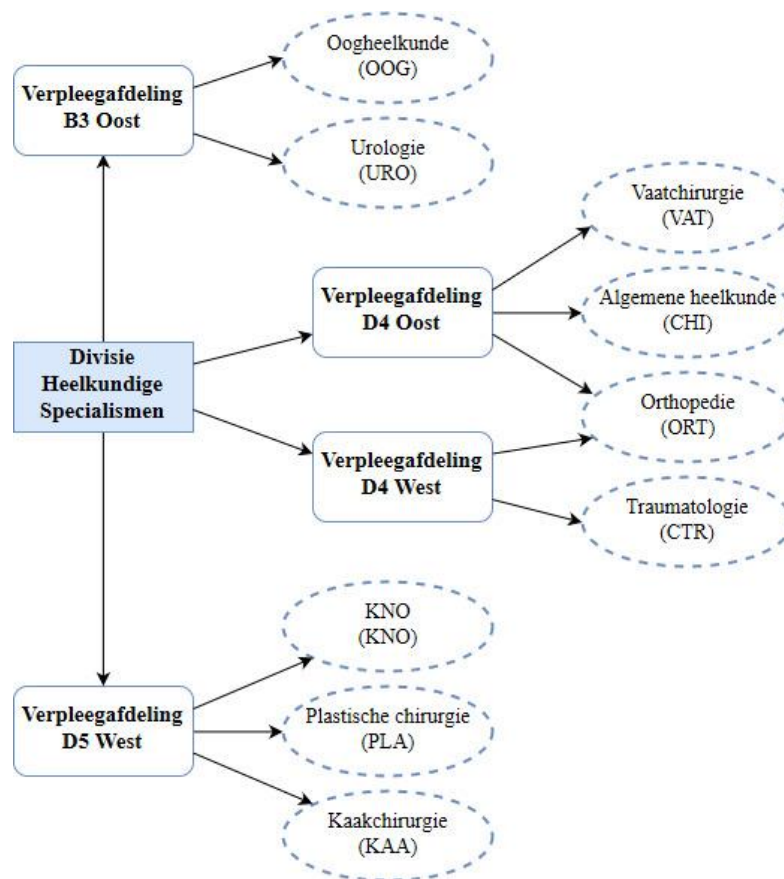
1. Introductie en onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk introduceren wij het probleem en hoe wij dit gaan aanpakken. In Sectie 1.1 bespreken wij waar dit onderzoek zich afspeelt in het UMC Utrecht. Sectie 1.2 beschrijft de problemen die het UMC Utrecht ondervindt met hun bedbezetting. Sectie 1.3 vervolgt met het doel van dit onderzoek en in Sectie 1.4 geven wij alle onderzoeksvragen. Ten slotte bespreken wij kort in Sectie 1.5 de scope van dit onderzoek en de begripsvaliditeit.

1.1 UMC Utrecht

Het Universitair Medisch Centrum Utrecht (UMC Utrecht) heeft ruim 12.000 werknemers en behandelt jaarlijks meer dan 32.000 patiënten. Dit doen ze door de zorg te verdelen over 12 divisies, die elk een thema hebben. Deze opdracht vindt plaats op de verpleegafdelingen van de divisie Heelkundige Specialismen (DHS). Deze divisie heeft naast de normale zorg ook de functie van traumacentrum, vaatcentrum, handencentrum en ruggencentrum.

DHS heeft in totaal vier verpleegafdelingen waarin patiënten van een bepaald specialisme terecht komen na een operatie of een ander type behandeling. In Figuur 1.1 staat waar welke specialismen exact thuishoren. Het gaat dus over negen specialismen waarvan elk, behalve orthopedie, in zijn geheel op één verpleegafdeling ligt.



Figuur 1.1. De huidige indeling van specialismen onder de verpleegafdelingen van DHS.

1.2 Probleemomschrijving

De divisie Heelkundige Specialismen ervaart al een aantal jaar schommelingen in de bedbezetting op uur- en dagniveau. De grootte van deze variatie verschilt per verpleegafdeling. Een probleemkluwen staat in Bijlage A en wordt in deze paragraaf besproken.

Het probleem dat ondervonden wordt door het ziekenhuis, het handelingsprobleem (Heerkens & van Winden, 2012) genoemd, is als volgt geformuleerd:

“Te hoge variatie in de bedbezetting van de verpleegafdelingen per dag.”

Een hoge variatie in bedbezetting betekent dat er momenten zijn waarop er te weinig of te veel bedden aanwezig zijn, wat niet efficiënt is (Harrison et al., 2005). Bij te weinig bedden is de kans groter dat een patiënt geweigerd wordt en naar een andere verpleegafdeling moet, wat tot een verslechtering in de kwaliteit van zorg leidt (Goulding et al., 2013). Daarnaast is hierdoor tijdens de pieken vaak te weinig personeel ingepland of beschikbaar, waardoor de werkdruk hoog ligt. Ook dit leidt tot een verslechtering in de kwaliteit van zorg (Litvak et al., 2005).

Als oorzaak van die variatie zijn twee verschillende stromen geïdentificeerd. De eerste is richting de OK-planning, aangezien pieken en dalen in de OK-planning het aantal aanwezige patiënten op een verpleegafdeling beïnvloed. De tweede stroom is de indeling van patiënten over verpleegafdelingen. In overleg met de stakeholders is besloten dat dit project alleen over die tweede stroom gaat.

Dat de huidige indeling van patiënten onder de verpleegafdelingen niet optimaal is, kan nog eens in twee oorzaken worden opgesplitst. De eerste oorzaak is dat de huidige indelingsmanier, namelijk op basis van specialisme, niet goed genoeg werkt. Er zou dan op een andere manier geselecteerd moeten worden die beter rekening houdt met de gevolgen daarvan op de bedbezetting. De tweede oorzaak is dat de huidige indeling van specialismen aan een verpleegafdeling niet optimaal is voor de bedbezetting. Deze indelingen zijn vaak door toeval of historische redenen bepaald en niet cijfermatig onderbouwd. Voor dit project is als kernprobleem deze tweede stroom gekozen, omdat hierbij een oplossing in de praktijk realistischer en beter uitvoerbaar is dan bij de eerste stroom.

Het kernprobleem is als volgt geformuleerd:

“De toewijzing van specialismen aan een verpleegafdeling houdt onvoldoende rekening met het effect daarvan op de bedbezetting van een verpleegafdeling.”

1.3 Onderzoeksdoel

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in wat de effecten zijn van andere groeperingen van specialismen aan de verpleegafdelingen en om te bepalen hoeveel bedden per verpleegafdeling dan nodig zijn. Voor mogelijke nieuwe groepering moet ook onderzocht worden welke voorzieningen en fysieke restricties aanwezig zijn.

Dit vereist een analyse van de huidige situatie, waarbij de nadruk ligt op data-analyse, en een groepering van specialismen die tot de laagste variatie in bedbezetting leidt. Daarnaast wordt ook het aantal benodigde bedden onderbouwd door resultaten uit een literatuurstudie.

1.4 Onderzoeksvragen

Om het onderzoeksdoel te bereiken is de volgende hoofdvraag geformuleerd: *“Welke toewijzing van specialismen aan de verpleegafdelingen van de divisie Heelkundige Specialismen leidt tot de laagste variatie in bedbezetting en hoeveel bedden zijn daarvoor nodig?”*

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, zijn deelvragen opgesteld. Eerst is een analyse van de huidige situatie nodig, waarbij de verschillende verpleegafdelingen onderzocht en vergelekt worden. Daarna wordt een uitgebreide data-analyse verricht om inzicht te krijgen in de aankomsten en ligduren van patiënten van de specialismen. Hierna wordt in de literatuur gezocht naar manieren om de benodigde hoeveelheid bedden berekenen, waarbij de meest geschikte methode voor het UMC Utrecht en deze opdracht wordt gekozen. Ten slotte wordt dit alles verwerkt in een simulatiemodel, om de effecten van verschillende groeperingen te analyseren en te evalueren.

De deelvragen luiden als volgt:

1. Wat is de huidige situatie in de verpleegafdelingen van de divisie heelkundige specialismen?

- a) *Hoe worden patiënten aan een bed toegewezen?*
- b) *Wat zijn de fysieke verschillen tussen de verpleegafdelingen?*
- c) *Wat zijn belangrijke prestatie-indicatoren en hoe scoren de verschillende verpleegafdelingen hierop?*

Hoofdstuk 2 beantwoordt deze vraag. Gesprekken met verpleegkundigen en teamleiders zijn hier de belangrijkste informatiebron. Deze gesprekken dienen niet alleen als basis voor vraag 1, maar leveren later ook context voor de data-analyse en scenario's voor het simulatiemodel.

2. Wat zijn de aankomsten en ligduren van patiënten van de verschillende specialismen?

Hoofdstuk 3 geeft inzicht in de aankomsten en ligduren van de patiënten middels een data-analyse. Wij vergelijken en analyseren deze eigenschappen van patiënten per specialisme. Daarnaast verifiëren we de informatie die verpleegkundigen en teamleiders geven, aan de hand van data. Een gedeelte van de resultaten is input voor het simulatiemodel.

3. Welke manieren van bedden capaciteit berekenen bestaan er volgens de literatuur en welke is het meest geschikt voor de divisie Heelkundige Specialismen?

In Hoofdstuk 4 bespreken wij de uitkomsten van een literatuurstudie naar methoden om de bedden capaciteit te berekenen. Daarna is een methode gekozen die gebruikt gaat worden om de bedden capaciteit uit te rekenen. Het hoofdstuk sluit af met de uitgerekende bedden capaciteit voor de huidige situatie en vergelijkt deze met de huidige beddenverdeling.

4. Wat zijn de effecten van verschillende toewijzingen van specialismen onder de verpleegafdelingen?

- a) *Wat zijn mogelijke scenario's?*
- b) *Hoe scoren die scenario's?*

Hoofdstuk 5 beschrijft het ontwikkelde simulatiemodel, de scenario's die getest worden en hun resultaten. Wie kiezen voor simuleren omdat hiermee snel verschillende scenario's kunnen worden geëvalueerd. Het simulatiemodel is gemaakt in Tecnomatrix Plant Simulation.

Dit onderzoek bestaat dus uit drie fasen; namelijk eerst de analyse van de huidige situatie en patiënten in Hoofdstuk 2 en 3, daarna de berekening van de bedden capaciteit in Hoofdstuk 4 en ten slotte analyse van de effecten van het toewijzen van specialismen aan verpleegafdelingen in Hoofdstuk 5 door middel van simulatie.

Nadat alle deelvragen beantwoord zijn, geeft Hoofdstuk 6 een conclusie op de hoofdvraag, een aanbeveling en een discussie waar wij ook suggesties voor vervolgonderzoek geven.

1.5 Scope en begripsvaliditeit

Om dit project een duidelijke richting te geven en om dit ook haalbaar te maken gegeven de tijd, hebben wij dit project afgebakend. Hierbij zijn de volgende punten van belang:

- Voor dit project zijn alleen de vier verpleegafdelingen en de negen specialismen zoals in paragraaf 1.1 besproken van belang. De patiënten die uit in andere divisie komen, maar wel op de verpleegafdelingen van DHS liggen worden wel meegenomen in de analyse van de verpleegafdelingen, maar niet in de simulatie.
- Dit project heeft de focus op de bedden en wij houden geen rekening met de restricties dat het aantal beschikbare verpleegkundigen met zich mee brengt. Daarnaast maken wij zorgzwaarte en werkdruk niet meetbaar.

- Voor de analyse van de verschillen tussen verpleegafdeling nemen wij alleen de grote bevindingen mee die zinvol zijn voor de data-analyse of de scenario's van het simulatiemodel. Details zoals de beschikbare opslagruimte en de samenstelling van de hoeveelheid bedden op één kamer beschouwen wij als te gedetailleerd en niet relevant.

Naast deze afbakening is het van belang dat de definitie van een aantal begrippen duidelijk zijn. Zoals vermeld in Begrippen en Definities, bedoeling wij met bedbezetting de operationele bedbezetting. De bedbezetting zal daarom ook op deze manier berekend worden. De variatie meten wij als de variatiecoëfficiënt die berekend wordt door de standaarddeviatie te delen door het gemiddelde. Door de standaarddeviatie te delen door het gemiddelde ontstaat er een relatieve standaarddeviatie waarop verpleegafdelingen wel eerlijk met elkaar vergeleken kunnen worden. Later in het Hoofdstuk 5 introduceren wij een eigen berekening voor de variatie.

2. De huidige situatie

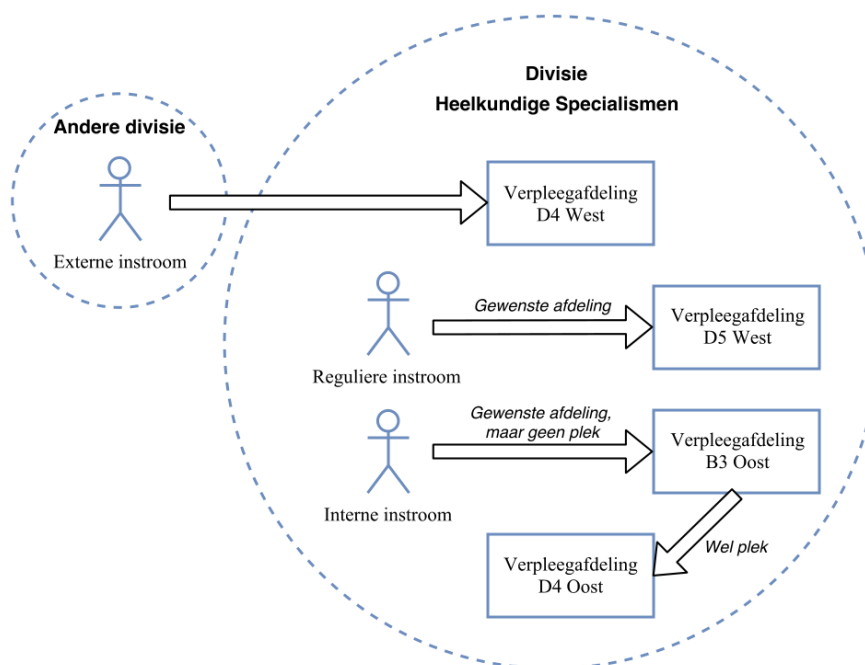
Dit hoofdstuk is deel van de eerste fase van dit onderzoek en schetst een beeld van de huidige situatie van de vier verpleegafdelingen. Wij onderzoeken eerst in Sectie 2.1 waar de patiënten vandaan komen, waar ze terecht komen en hoe dit proces verloopt. Daarna bepalen wij de relevante fysieke verschillen tussen de verpleegafdelingen in Sectie 2.2. Verder bespreken wij in Sectie 2.3 belangrijke verandering in de laatste 3 jaar die tot de huidige situatie hebben geleid. Ten slotte evalueren wij in Sectie 2.4 de prestaties van de verpleegafdelingen.

2.1 Patiëntenstroom en aankomstproces

In Sectie 2.1.1 bespreken wij de drie verschillende soorten patiëntenstromen en in Sectie 2.1.2 bespreken wij hoe het proces verloopt van de toewijzing van een bed.

2.1.1 Patiëntenstroom

De patiëntenstroom van de verpleegafdelingen in DHS is onderverdeeld in drie verschillende categorieën: reguliere instroom, interne instroom en externe instroom. Voor elke instroomcategorie zijn er zowel electieve patiënten en spoedpatiënten. Electieve patiënten zijn geplande opnames, terwijl spoedpatiënten ongepland opgenomen worden. De verschillende instromen staan in Figuur 2.1 en worden nu verder toegelicht.



Figuur 2.1. De verschillende instromingen uitgebeeld

Reguliere instroom

Met reguliere stroom worden de patiënten bedoeld die op de correcte verpleegafdeling terecht komen; oftewel op de verpleegafdeling waarop hun specialisme daadwerkelijk behandeld wordt. Dit is veruit het grootste deel van de patiënten en ook de norm. Deze stroom kan weer onderverdeeld worden in electieve patiënten en spoedpatiënten.

Interne instroom

Patiënten die niet op de gewenste verpleegafdeling terecht kunnen, maar wel op één van de andere verpleegafdelingen, worden de interne instroom genoemd. Voor de electieve patiënten waarvoor geen plek is op de correct verpleegafdeling, overleggen de verpleegafdelingen met elkaar in de ochtend over wie er wel plek heeft. Het komt zelden voor dat niemand plek heeft, dus vandaar dat er geen externe uitstroom is geïdentificeerd. Als een patiënt op een andere afdeling ligt dan gewenst, dan wordt in het ziekenhuis over een leenbed gesproken.

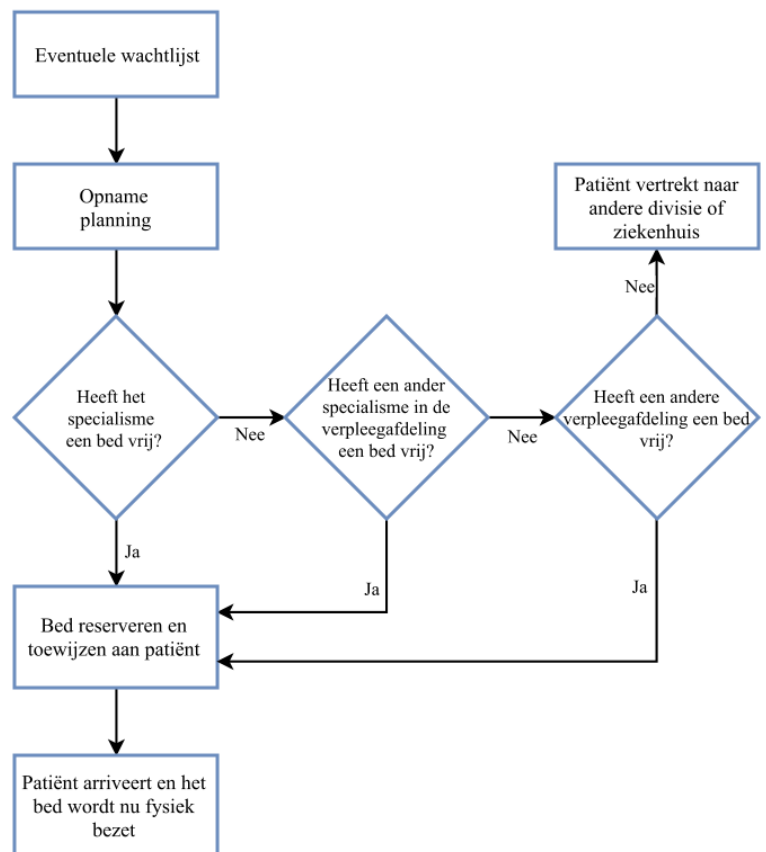
Externe instroom

De externe instroom zijn de patiënten die uit een andere divisie komen en een bed bezetten op één van de verpleegafdelingen.

2.2.1 Aankomstproces

In de verpleegafdelingen bezetten patiënten voor en/of na een operatie of behandeling een bed. Als de patiënt een operatie heeft gepland, dan wordt hij eerst op de verpleegafdeling opgenomen en vertrekt hij daarna in dat bed naar de OK. In Figuur 2.2 staat het meest gebruikelijke proces van de aankomst van een electieve patiënt en het toewijzen van een bed. Er zijn andere variaties mogelijk, die kunnen per situatie of verpleegafdeling verschillen. Aangezien electieve patiënten gepland zijn, kan van tevoren worden gekeken of er een bed vrij is op de juiste plek.

De hoogste prioriteit voor het ziekenhuis is het plaatsen van de patiënt op de correcte verpleegafdeling, maar de bedden op een verpleegafdeling zijn ook onder de specialismen verdeeld. In eerste instantie kijkt het specialisme van de patiënt of zij een bed vrij hebben. Zo niet, dan wordt gekeken of een van de andere specialismen op dezelfde afdeling een bed kan missen. De mate van flexibiliteit hierin verschilt per afdeling en per situatie. Als de andere specialismen bijvoorbeeld bijna vol liggen en ze



Figuur 2.2. Het proces van aankomst en toewijzing van een bed aan electieve patiënten.

verwachten nog patiënten, dan wordt het risicovol om een patiënt over te nemen omdat die specialismen straks misschien zelf hun patiënten niet meer kwijt kunnen op hun eigen bedden.

Oftewel, in de praktijk wordt er flexibel omgegaan met de verdeling van de bedden, zolang het niet ten koste gaat van het originele specialisme.

Mocht er echt geen plek zijn op de juiste verpleegafdeling, dan wordt er overlegd met andere verpleegafdelingen of zij een patiënt (tijdelijk) over kunnen nemen. Als op geen enkele verpleegafdeling plek is, moet de patiënt naar een andere divisie of ziekenhuis, maar dit valt buiten de scope van dit project.

Een bed wordt meestal 12 uur voordat de patiënt arriveert vrijgehouden. Alleen bij uitzonderlijke gevallen, zoals een spoedpatiënt, kan worden gekeken of dit bed toegewezen kan worden aan iemand anders dan de originele patiënt.

Het aankomstproces van een spoedpatiënt verloopt anders, aangezien deze ongepland is. Degene die de spoedpatiënt ontvangt in het ziekenhuis gaat de verpleegafdelingen rondbellen om te vragen of er plek is, beginnende bij de verpleegafdeling waar de patiënt onder zou moeten vallen. Mocht deze verpleegafdeling geen plek hebben, dan gaan ze de andere verpleegafdelingen in de divisie langs totdat er een bed is gevonden.

2.2 Fysieke verschillen tussen de verpleegafdelingen

De fysieke verschillen tussen de verpleegafdelingen zijn verdeeld onder voorzieningen en locatie. Eerst worden alle voorzieningen per verpleegafdeling besproken en daarna de locatie.

Voorzieningen

In Tabel 2.1 staat voor elke verpleegafdeling de maximale bedden capaciteit en welke speciale voorzieningen aanwezig zijn. Op B3 Oost is een behandelkamer voor oogheelkunde aanwezig. Hier vinden controles plaats en de apparatuur is vergelijkbaar met wat een opticien gebruikt. Daarnaast is er een artsenkamer voor oogheelkunde aanwezig, aangezien die patiënten vaak (tijdelijk) slecht zien en dan niet het ziekenhuis door hoeven naar de polikliniek. Op D4 West is een kamer ingericht als fysioruimte voor orthopedie patiënten, waarin kleine oefeningen verricht kunnen worden. Ten slotte heeft D5 West twee behandelkamers voor KNO. Daarnaast is er een behandelkamer voor kaakchirurgie die gedeeld wordt met D5 Oost, die niet onder DHS valt.

Categorie \ verpleegafdeling	B3 Oost	D4 Oost	D4 West	D5 West
Maximale bedden capaciteit	30	34	34	29
Speciale voorzieningen	Behandelkamer OOG, Artsenkamer OOG		Fysioruimte ORT	Twee behandelkamers KNO, één behandelkamer KAA

Tabel 2.1. De maximale bedden capaciteit en speciale voorziening per verpleegafdeling.

Locatie

Voor locatie van verpleegafdelingen zijn twee aspecten belangrijk, namelijk de locatie ten opzichte van elkaar en de afstand tot de operatiekamers. De verpleegafdelingen hebben de vorm van één helft van de letter V, waarbij beide helften de windrichting aangeven. Verder geven de letters aan welke verpleegtoren en het cijfer wat daarop volgt de verdieping, waarbij de begane grond 1 is.

D4 Oost en D4 West liggen dus als enige verpleegafdeling naast elkaar, aangezien ze beiden in de D-toren op de 4^e verdieping liggen. Dit betekent dat het samenvoegen tot één verpleegafdeling fysiek haalbaar is, wat de mogelijkheid tot verdere samenwerking vergroot. Naast deze mogelijke samenwerking, valt het op dat B3 Oost als enige verpleegafdeling in een andere verpleegtoren zit, wat juist de samenwerking met andere afdelingen bemoeilijkt.

De afstand tot de operatiekamers bepaalt in zekere mate hoe efficiënt verpleegkundigen een deel van hun tijd kunnen besteden. De operatiekamers bevinden zich rondom verpleegtoren B. Dit betekent dat verpleegkundigen die patiënten van de D-torens naar de operatiekamers moeten verplaatsen, vaak 20 minuten daarmee bezig zijn per patiënt.

2.3 Belangrijke veranderingen in de laatste 3 jaar

In de laatste drie jaar hebben er gebeurtenissen plaatsgevonden die impact hadden op hele verpleegafdelingen, maar ook een aantal die alleen bepaalde specialismen beïnvloedden

Oncologie

Op 1 januari 2015 zijn bij een aantal specialismen de oncologische patiënten permanent overgeplaatst naar andere afdelingen buiten DHS. Een aantal specialismen hebben nog steeds hun oncologische patiënten.

Bij D5 West hebben hierdoor de grootste veranderingen plaatsgevonden. De oncologie patiënten van KNO werden overgeplaatst naar een verpleegafdeling van een andere divisie. Hiervoor in de plaats zijn plastische chirurgie en kaakchirurgie in hun geheel overgenomen. Voor deze overname lagen maar een deel van hun patiënten op D5 West.

Op D4 Oost waren de oncologie patiënten van algemene heelkunde overgeplaatst naar een andere verpleegafdeling buiten DHS. Echter lagen het eerste half jaar nog veel van die patiënten toch nog op D4 Oost, terwijl dat niet meer hun correcte verpleegafdeling was. Verder waren de oncologie patiënten van urologie op B3 Oost ook overgeplaatst.

Overig

Sinds begin 2016 heeft er een aantal kleine veranderingen plaatsgevonden op D4 West. Ten eerste is er een toename in oncologische wervelkolom patiënten van orthopedie, aangezien het UMC Utrecht zich hierin gespecialiseerd heeft. Dit zijn meestal patiënten die relatief lang liggen op de verpleegafdeling. Daarnaast worden er sinds 2016 minder kleinere operaties gepland, waardoor er ook minder dagbehandelingspatiënten aanwezig zijn.

2.4 Prestaties van de verpleegafdeling

In deze paragraaf worden de prestaties per verpleegafdeling geanalyseerd en beoordeeld. Dit gaat over alle patiënten die daadwerkelijk op de verpleegafdelingen lagen. In Hoofdstuk 3 worden patiënten per specialisme onder de loep genomen. Eerst motiveren wij in Sectie 2.4.1 welke prestatie-indicatoren wij gaan gebruiken, om zo een beeld te krijgen van de huidige situatie. Daarna bespreken wij kort de databronnen in Sectie 2.4.2. Ten slotte geven wij de prestaties en analyses van de verpleegafdelingen in Sectie 2.4.3.

2.4.1 Prestatie-indicatoren

In deze paragraaf bespreken wij verscheidene categorieën met bijbehorende prestatie-indicatoren. Per categorie bespreken wij waarom wij hiervoor gekozen hebben en hoe wij deze gedefinieerd hebben. Verder bespreken wij per categorie de exacte prestatie-indicatoren.

Bedbezetting

Bedbezetting is gekozen als prestatie-indicator, aangezien volgens het handelingsprobleem de variatie hierin te hoog was. De bedbezetting is, zoals eerder aangeven, gedefinieerd als $\frac{\text{Gemiddeld aantal patiënten aanwezig}}{\text{Aantal operationele bedden}} * 100\%$ en de variatie is gemeten als de variatiecoëfficiënt. Om de bedbezetting context te geven, moeten het aantal open bedden per tijdseenheid ook worden gegeven. Dit zal bij het evalueren van de prestaties verder worden besproken.

De gemiddelde bedbezetting bekijken wij per jaar en per dag van de week. Dat laatste is om te kijken of er dagen zijn die structureel beter bezet zijn dan andere. De variatie bekijken wij per dag en per week, om de fluctuaties van de bedbezetting van dag tot dag in kaart te brengen, en om te beoordelen hoeveel de bedbezetting per week fluctueert.

Prestatie-indicator
De gemiddelde bedbezetting per jaar
De gemiddelde bedbezetting per dag van de week
De variatie in bedbezetting per dag
De variatie in bedbezetting per week
Gemiddeld aantal open bedden

Ligduur

De gemiddelde ligduur kan in combinatie met het aantal opnames worden gebruikt om per verpleegafdeling de totale ligduur te berekenen, ook wel de totale werkelijke verpleegdagen genoemd. Het gemiddelde van de ligduur zegt echter niks over de verdeling van de ligduur en kan zelfs misleidend zijn, aangezien het gemiddelde wordt beïnvloed door de scheefheid van die kansverdeling. De kansverdeling van de ligduur bespreken wij in Hoofdstuk 3 per specialisme.

Prestatie-indicator
De gemiddelde ligduur per jaar
Aantal opnames per jaar

Leenbedden

Als een patiënt op de verkeerde verpleegafdeling ligt, geeft deze afdeling een leenbed af aan de patiënt. De verpleegafdeling waarop de patiënt eigenlijk hoort te liggen, heeft dan een patiënt geweigerd. Aangezien de prestaties in dit hoofdstuk op verpleegafdelingsniveau worden beoordeeld, is het noodzakelijk om te weten hoeveel patiënten zijn geweigerd en hoeveel extra zijn opgenomen per afdeling. Bij het aantal afgegeven leenbedden is het ook belangrijk om te weten hoeveel verpleegdagen per verpleegafdeling wordt besteed aan patiënten die daar niet thuishoren. Bij het afgeven van leenbedden maken wij onderscheid tussen patiënten binnen en buiten de divisie.

Prestatie-indicator
Aantal patiënten geweigerd per jaar
Aantal interne leenbedden afgegeven per jaar
Aantal extra interne verpleegdagen opgenomen per jaar
Aantal externe leenbedden afgegeven per jaar
Aantal extra externe verpleegdagen opgenomen per jaar

2.4.2 Databronnen

Om de prestaties van de verpleegafdelingen te testen, zijn twee verschillende databronnen gebruikt. De eerste is uit het Zorgkubus systeem, waarbij data op elk moment aangevraagd kan worden in de vorm van een draaitabel. Dit systeem is gevoelig voor invoerfouten en kan andere definities hanteren van begrippen dan vereist. De tweede bron is een dataset met alle opnames en ontslagen van patiënten uit 2014, 2015 en 2016. In deze dataset is een opname en ontslag per verblijfslocatie, terwijl in de Zorgkubus een opname en ontslag per ziekenhuisverblijf is. Het gevolg hiervan is dat de dataset meer opnames met een lagere gemiddelde ligduur heeft en de Zorgkubus juist minder opnames met een hogere gemiddelde ligduur heeft. Ondanks dit verschil, is de totale ligduur over 2016 van de twee databronnen vergelijkbaar voor elk specialisme. Bijlage B vergelijkt de bedbezetting berekend uit de dataset met de gegevens uit de Zorgkubus.

2.4.3 Prestaties

Wij bespreken de prestaties van de verpleegafdelingen op de prestatie-indicatoren zoals eerder besproken in Sectie 2.4.1. Om de prestaties wat betreft de ligduur en de leenbedden uit te rekenen, is de dataset gebruikt. Alle overige informatie komt uit de Zorgkubus.

Bedbezetting

In Tabel 2.2 staat de gemiddelde bedbezetting per verpleegafdeling in 2014, 2015 en 2016. Om de bedbezetting context te geven, is ook het gemiddelde aantal open bedden gegeven. Alleen afdeling B3 Oost en D5 West sluiten structureel bedden in het weekend. Doordeeweeks vinden af en toe kleine fluctuaties plaats in het aantal open bedden.

Wat opvalt is de daling in bedbezetting tussen 2014 en 2015 voor de afdelingen D4 Oost en D5 West. Een mogelijke oorzaak zou de overplaatsing van de oncologie patiënten kunnen zijn, zoals besproken in Sectie 2.3.

Prestatie-indicator	Afdeling	2014	2015	2016
De gemiddelde bedbezetting per jaar	B3 Oost	46,77%	46,55%	47,85%
	D4 Oost	65,30%	61,89%	64,36%
	D4 West	73,77%	72,25%	75,28%
	D5 West	56,46%	48,20%	47,86%
Het gemiddelde aantal bedden open	B3 Oost	25,3	25,8	25,4
	D4 Oost	33,9	34,6	33,9
	D4 West	33,9	34,6	33,9
	D5 West	20,4	26,2	25,8

Tabel 2.2. De gemiddelde bedbezetting en het gemiddelde aantal open bedden per verpleegafdeling in 2014, 2015 en 2016. (Bron: Zorgkubus)

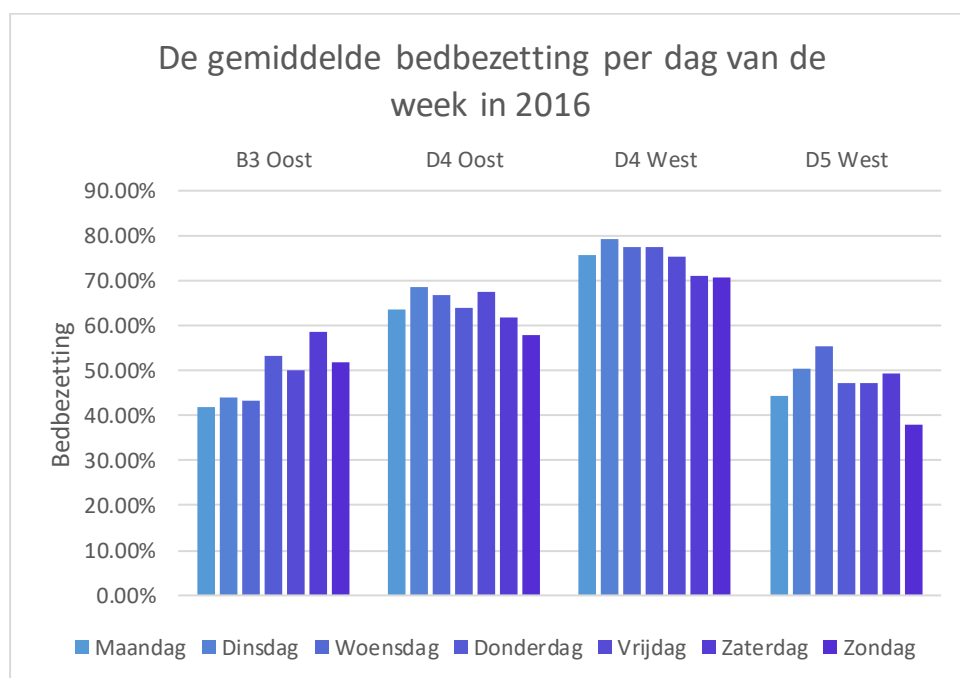
De variatie in bedbezetting per week en per dag staan in Tabel 2.3. De variatie is gemeten als de variatiecoëfficiënt, wat de fractie van de standaarddeviatie van het gemiddelde is. Dit betekent dat wij de variatie gegeven zoals in Tabel 2.3 onderling eerlijk kunnen vergelijken. D5 West ervaart zowel per week en per dag voor elk jaar de hoogste variatie in bedbezetting. D4 Oost ondervond van 2014 naar 2015 de grootste verandering in variatie van alle verpleegafdelingen op weekniveau, namelijk een toename van 0,061 in 2015. Ook hier zou een mogelijke oorzaak de overplaatsing van de oncologie patiënten kunnen zijn.

Prestatie-indicator	Afdeling	2014	2015	2016
De variatie in bedbezetting per week	B3 Oost	0,166	0,170	0,167
	D4 Oost	0,091	0,152	0,144
	D4 West	0,112	0,112	0,116
	D5 West	0,189	0,217	0,204
De variatie in bedbezetting per dag	B3 Oost	0,279	0,264	0,248
	D4 Oost	0,127	0,185	0,178
	D4 West	0,152	0,142	0,141
	D5 West	0,248	0,295	0,279

Tabel 2.3. De berekende variatie in bedbezetting per week en per dag voor elke verpleegafdeling in 2014, 2015 en 2016. (Bron: berekend uit data Zorgkubus)

In Figuur 2.3 staat de gemiddelde bedbezetting per dag van de week in 2016 voor elke verpleegafdeling, waarbij de week begint op maandag. Hieruit wordt duidelijk of er dagen zijn die structureel beter of slechter bezet zijn.

D4 West en in iets mindere mate D4 Oost lijken doordeweeks stabiel en zakken in het weekend iets af. B3 Oost en D5 West hebben echter meer fluctuaties doordeweeks, zoals een duidelijke piek op respectievelijk donderdag en woensdag. Uit gesprekken met verpleegkundigen van B3 Oost kwam ook dat donderdag inderdaad een drukke dag is, omdat urologie en oogheelkunde dan beiden operaties gepland hebben. Zelfs met gesloten bedden halen B3 Oost en D5 West in het weekend een lagere bedbezetting dan de overige afdelingen. De resultaten uit Figuur 2.3 staan in lijn met de variaties in bedbezetting gegeven in Tabel 2.3.

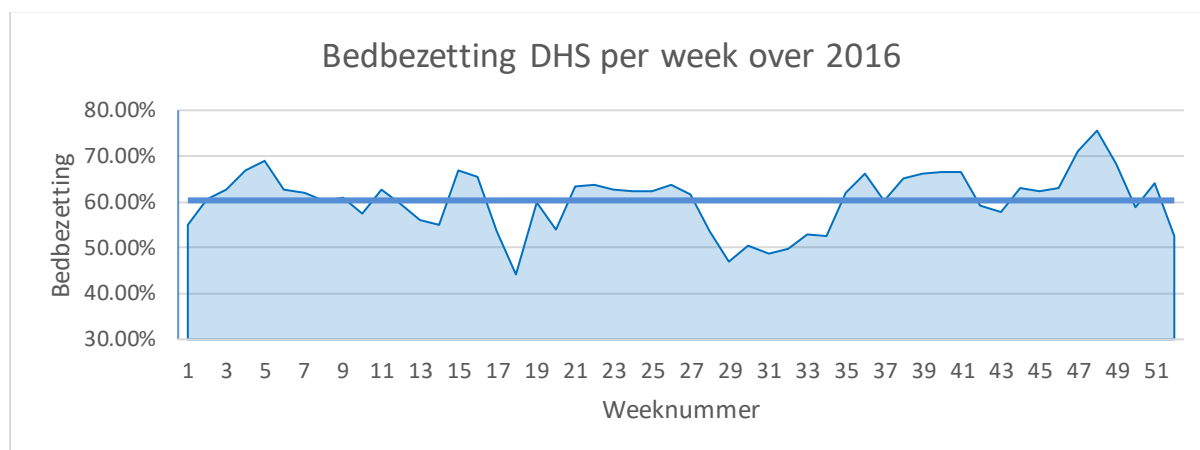


Figuur 2.3. De gemiddelde bedbezetting per dag van de week, beginnende bij maandag, voor elke verpleegafdeling in 2016. (Bron: Zorgkubus)

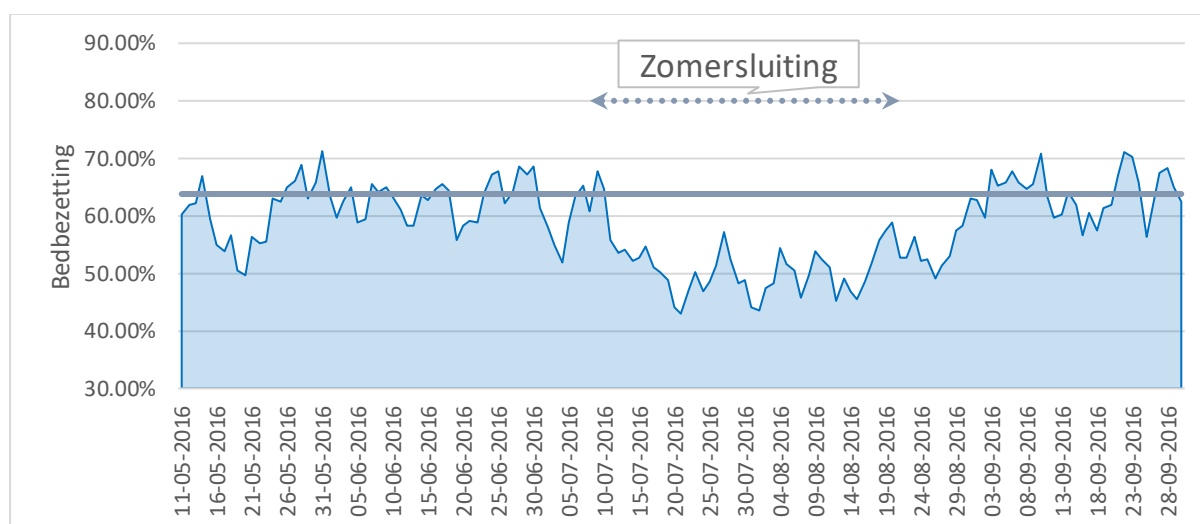
Uit overige analyses blijkt dat de variatie in de bedbezetting voor elke verpleegafdeling in het weekend hoger ligt dan doordeweeks, waarbij D5 West het grootste relatieve verschil heeft. Tijdens het weekend vinden zelden opnames plaats, maar worden wel patiënten ontslagen. Hierdoor is de bezetting in het weekend ook afhankelijk van het aantal patiënten dat aanwezig is op vrijdagavond.

Tijdens en voor feestdagen worden minder operaties gepland, omdat onder andere dan minder personeel op de verpleegafdeling beschikbaar is. Vaak sluiten verpleegafdelingen de bijbehorende bedden niet in het informatiesysteem, wat betekent dat de bedbezetting daalt tijdens deze periode. In de zomer vindt ook de zogenaamde zomersluiting plaats. De afdelingen worden niet volledig gesloten, maar er worden wel minder patiënten behandeld.

In Figuur 2.4 staat de bedbezetting van DHS per week over 2016, waarbij de rechte lijn de jaarlijkse gemiddelde bedbezetting aangeeft. Figuur 2.5 zoomt in op dag niveau in de zomerperiode, waarbij de zomersluiting is aangegeven.



Figuur 2.4. De bedbezetting van DHS per week over 2016. De rechte lijn geeft de gemiddelde bedbezetting van 2016 aan. (Bron: Zorgkubus)



Figuur 2.5. De bedbezetting van alle vier verpleegafdelingen bij elkaar per dag tijdens de zomerperiode. Hierbij geeft de lijn het jaarlijkse gemiddelde aan en de stippellijn de periode waarin de zomersluiting plaatsvindt. (Bron: Zorgkubus)

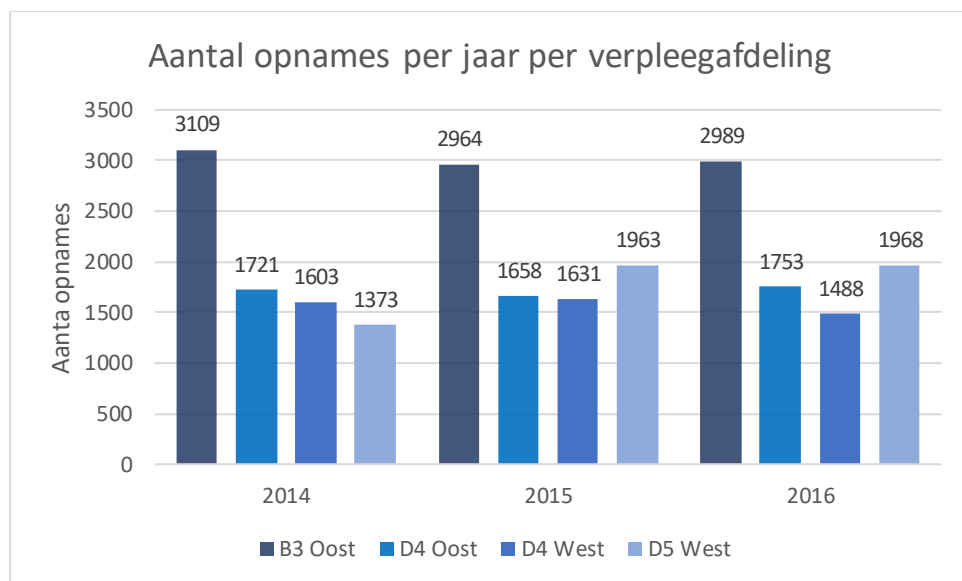
Ligduur

In Tabel 2.4 staat de gemiddelde ligduur en in Figuur 2.6 het aantal opnames per jaar. B3 Oost heeft veruit de meeste opnames, maar ook de laagste gemiddelde ligduur per opname. Het aantal opnames en de gemiddelde ligduur zijn voor B3 Oost en D4 Oost stabiel gebleven over de jaren. Door de overplaatsing van de oncologische patiënten en de volledige toetreding van kaakchirurgie en plastische chirurgie op 1 januari 2015, zijn er in 2015 bijna 600 meer opnames geweest dan in 2014 op D5 West. In 2016 is het aantal opnames gedaald op D4 West. Dit zou kunnen komen door de verandering in het OK-schema in 2016, waardoor er minder dagbehandelingspatiënten op D4 West liggen. Dit zou dan ook de stijging in de gemiddelde ligduur verklaren.

Afdeling	2014	2015	2016
B3 Oost	1,40	1,47	1,47
D4 Oost	4,60	4,63	4,39
D4 West	5,68	5,51	6,09
D5 West	3,09	2,33	2,26

Tabel 2.4. De gemiddelde ligduur in dagen per verpleegafdeling in 2014, 2015 en 2016. (Bron: dataset)

Uit het aantal opnames en de gemiddelde ligduur daarvan, volgt de totale ligduur en hoeveel patiënten gemiddeld aanwezig zijn op de verpleegafdelingen zoals in Tabel 2.5 voor 2016 staat weergegeven. Wat opvalt is het enorme verschil in totale ligduur tussen sommige afdelingen. Uit de formule van Little, die zegt dat het gemiddelde aantal klanten (patiënten) gelijk is aan hun verwachte aankomstintensiteit vermenigvuldigt met hun verwachte verblijftijd, volgt dat het gemiddelde aantal patiënten aanwezig evenveel verschilt. Als het gemiddelde aantal patiënten aanwezig gedeeld wordt door het gemiddelde aantal open bedden, geeft dat de bedbezetting die vergelijkbaar is met wat eerder dit hoofdstuk is besproken.



Figuur 2.6. Het aantal opnames per jaar voor elke verpleegafdeling in 2014, 2015 en 2016. (Bron: dataset)

Afdeling	Totale ligduur (dagen)	Gemiddeld aantal patiënten aanwezig per dag	Gemiddeld aantal open bedden
B3 Oost	4398	12,05	25,4
D4 Oost	7688	21,06	33,9
D4 West	9056	24,81	33,9
D5 West	4439	12,16	25,8

Tabel 2.5. De totale ligduur, het gemiddelde aantal patiënten aanwezig en het gemiddelde aantal open bedden per verpleegafdeling in 2016. (Bron: dataset, open bedden uit Zorgkubus)

Leenbedden

In Tabel 2.7 staat het aantal patiënten dat geweigerd is door een verpleegafdeling, hoeveel leenbedden elke verpleegafdeling heeft afgegeven en hoeveel verpleegdagen dat waren, uitgesplitst in de interne en externe patiëntstroom voor 2016. Alle geweigerde patiënten van orthopedie patiënten zijn in dit geval bij D4 West opgeteld.

D5 West weigert zelden patiënten en geeft de meeste leenbedden af, wat betekent dat zij ruim in de bedden zitten voor hun eigen patiënten. D4 Oost geeft echter de meeste interne leenbedden af, waarvan ongeveer de helft van B3 Oost komt en de andere helft van D4 West.

De totale ligduur van de verpleegafdelingen van DHS in 2016 is ongeveer 25581 dagen en de totale aankomsten zijn 8198. Voor de interne patiënten betekent dit dat 2,7% van de opnames op de verkeerde verpleegafdeling lagen voor 1,6% van de ligduur. Met de externe leenbedden daarbij opgeteld, zijn 6,0% van alle opnames voor 3,6% van de ligduur voor patiënten die daar niet thuishoren.

Afdeling	Patiënten geweigerd	Interne leenbedden afgegeven		Externe leenbedden afgegeven		Totaal extra opgenomen	
		Aantal	Verpleeg-dagen	Aantal	Verpleeg-dagen	Aantal	Verpleeg-dagen
B3 Oost	60	37	38	63	97	100	135
D4 Oost	71	81	156	74	149	155	305
D4 West	86	45	113	25	43	70	156
D5 West	8	62	114	103	220	165	334
Totaal	225	225	420	265	509	490	929

Tabel 2.7. Het aantal geweigerde patiënten en de afgegeven leenbedden per verpleegafdeling in 2016. (Bron: dataset)

2.5 Conclusie

Hoofdstuk 2 geeft antwoord op de deelvraag 1 “Wat is de huidige situatie in de verpleegafdelingen van de divisie heelkundige specialismen?”.

Sectie 2.1 beschrijft hoe een patiënt aan een bed wordt toegewezen. Aankomsten van patiënten zijn electief of spoed. Deze aankomsten kunnen verder verdeeld worden in drie verschillende patiëntenstromen; de reguliere, externe en interne instroom. Voor electieve patiënten wordt 12 uur voor hun opname een bed vrijgehouden. Bij een spoedpatiënt belt de dokter de verpleegafdelingen op om te vragen als er een bed vrij is, beginnende bij de verpleegafdeling waar deze patiënt onder valt.

In Sectie 2.2 zijn de fysieke verschillen tussen de verpleegafdelingen onderzocht. Op B3 Oost staat een behandelkamer voor oogheelkunde en op D4 West een fysioruimte voor orthopedie. Daarnaast heeft D5 West in totaal drie behandelkamers; twee voor KNO en één voor kaakchirurgie die gedeeld wordt met D5 Oost. Aangezien de operatiekamers zich in de B-toren bevinden, is de afstand tot B3 Oost kort en de afstand tot de D-toren lang. Ten slotte liggen D4

Oost en D4 West naast elkaar op dezelfde verdieping, dat de mogelijkheid tot samenwerking vergroot.

Sectie 2.3 bespreekt de belangrijkste veranderingen in 2014, 2015 en 2016. In 2015 zijn de oncologie patiënten van algemene heekunde, urologie en KNO overgeplaatst naar andere divisies. Op D5 West is plastische chirurgie en kaakchirurgie in hun geheel overgenomen.

In Sectie 2.4 zijn de prestatie-indicatoren en hoe de verpleegafdelingen daarop scoren beschreven. Deze indicatoren zijn in drie hoofdgroepen onderverdeeld; bedbezetting, ligduur en leenbedden. In lijn met het handelingsprobleem van Hoofdstuk 1, zien we dat de bedbezetting inderdaad variabel is, zowel doordeweeks en in het weekend, maar ook van week tot week.

B3 Oost en D5 West hebben meer variatie in de bedbezetting dan de afdelingen op D4. Dit kan komen doordat zij een variabel aankomstproces hebben met een substantieel lager gemiddelde ligduur dan D4 West en Oost. Wat het meest opvalt, is dat de totale ligduur over 2016 van B3 Oost en D5 West beiden de helft is van D4 West. Dit gecombineerd met het gemiddelde aantal open bedden leidt tot het verschil in de gemiddelde bedbezetting.

In Hoofdstuk 3 kijken wij verder in detail naar de variabiliteit van het aankomstproces en de ligduur, maar dan per specialisme.

3. Aankomsten en ligduren van patiënten

Hoofdstuk 2 bespreekt de prestaties per verpleegafdeling, maar in dit hoofdstuk analyseren wij de aankomsten en ligduren van de patiënten juist per specialisme, waarbij wij ook onderscheid maken tussen spoed en electieve patiënten. Dit hoofdstuk is het tweede en laatste deel van de eerste fase van het onderzoek.

Wij analyseren de aankomsten en ligduren op basis van de opnames en ontslagen zoals gedefinieerd in de dataset besproken in Sectie 2.4.2. De resultaten van deze analyse gebruiken wij voor de methode om bedden capaciteit te berekenen in Hoofdstuk 4 en als input voor het simulatiemodel in Hoofdstuk 5. Eerst bespreken wij de aankomsten van elk specialisme in Sectie 3.1. Daarna geven wij in Sectie 3.2 meer inzicht in de ligduur van de patiënten per specialisme door naast het gemiddelde, ook de variatie daarin te bespreken.

Voor de analyses in dit hoofdstuk zijn een aantal feestdagen van 2016 niet meegerekend, aangezien rond de feestdagen weinig tot geen patiënten worden ingepland. Daarnaast worden de opnames tijdens de zomersluiting ook niet meegerekend, omdat wij deze periode niet als representatief achten voor de rest van het jaar. Hiervoor is mede gekozen omdat de resultaten van dit hoofdstuk ook voor het simulatiemodel worden gebruikt, die niet rekening houdt met deze geplande fluctuatie. In Bijlage D staat een volledige lijst met datums die niet meetellen. In 2016 bleven 219 week- en 82 weekenddagen over; dus in totaal 301 dagen.

In dit hoofdstuk maken wij gebruik van afkortingen voor de specialismen, zoals die ook in het UMC Utrecht gebruikt worden. Wij refereren naar Tabel 3.1 waarin alle specialismen met hun volledige naam en afkorting staan vermeld.

Afkorting	Volledig
VAT	Vaatchirurgie
CHI	Algemene heekunde
CTR	Traumatologie
ORT	Orthopedie
KNO	Keel-Neus-Oorheekunde
KAA	Kaakchirurgie
PLA	Plastische chirurgie
OOG	Oogheekunde
URO	Urologie

Figuur 3.1. De afkortingen van de specialismen met hun volledige naam.

3.1 Aankomsten

In deze paragraaf bespreken wij eerst de verdeling van hoeveel patiënten per dag aankomen in Sectie 3.1.1. Daarna kijken wij hoe de aankomsten zich verspreiden over de week in Sectie 3.1.2. Ten slotte analyseren wij in Sectie 3.1.3 het aankomstverloop over een dag.

3.1.1 Verdeling aankomsten

De aankomsten zijn in twee hoofdgroepen verdeeld; de electieve patiënten en de spoedpatiënten.

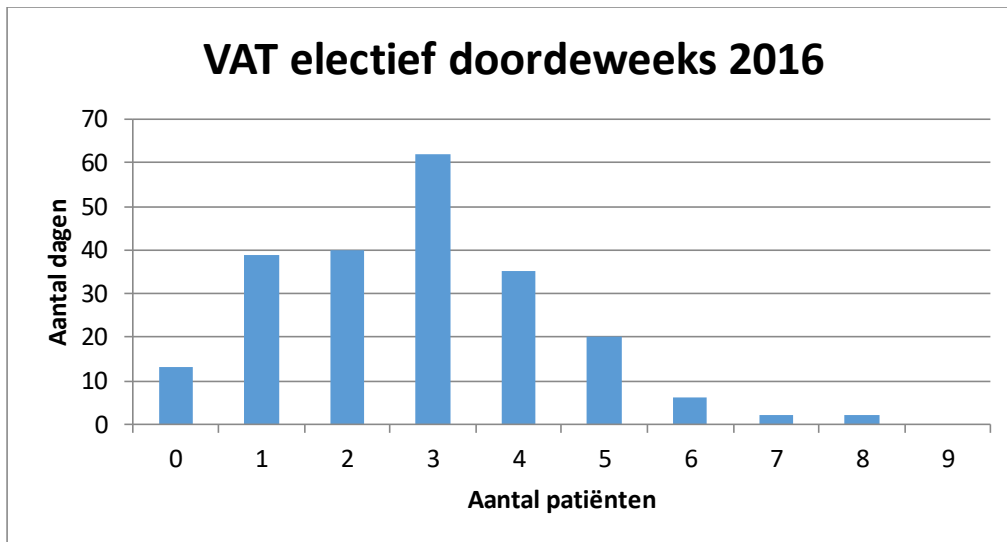
Electieve patiënten

De electieve patiënten zijn verder onderverdeeld in patiënten die doordeweeks (ma t/m vr) en in het weekend aankomen. Dit onderscheid is gemaakt omdat in het weekend zelden opnames worden gepland, zoals te zien is in Tabel 3.2. Voor 2016 zijn voor de patiënten doordeweeks en het weekend apart grafieken gemaakt waarbij aangegeven wordt hoeveel dagen een specifiek aantal patiënten arriveren. In Figuur 3.1 en Figuur 3.2 staan de verdeling van aankomsten van patiënten van VAT respectievelijk doordeweeks en in het weekend. De grafieken voor de overige specialismen staan in Bijlage F.

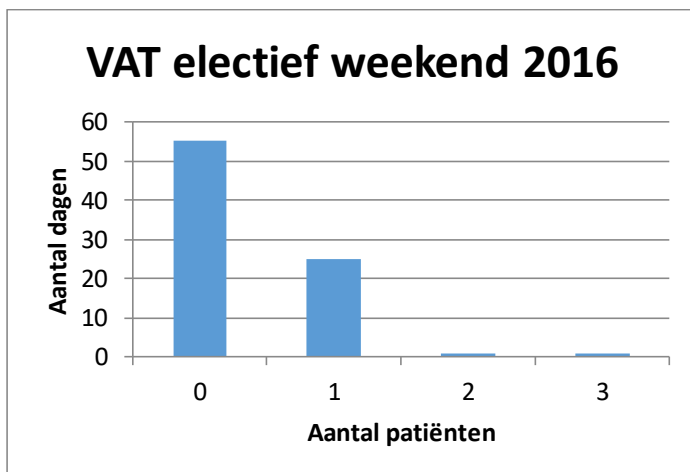
Uit de grafieken van de doordeweekse opnames zien we dat het aantal opnames per dag sterk varieert voor elk specialisme. Dit is opmerkelijk, aangezien dit geplande opnames zijn en men zou verwachten dat deze stabiel zijn. Onder andere de Bruijn et al. (2010) en Walley et al. (2006) merken ook op dat de aankomsten van electieve patiënten meer variabel zijn dan gedacht. Soms zijn de aankomsten van electieve patiënten meer variabel dan die van spoedpatiënten.

2016	Electief doordeweeks	Electief weekend	Spoed	Totaal
VAT	611	30	191	832
CHI	262	14	202	478
ORT	624	30	211	865
CTR	178	5	455	638
PLA	453	9	62	524
KNO	589	32	80	701
KAA	327	6	81	414
OOG	1229	2	214	1445
URO	914	24	208	1146
Totaal	5187	152	1704	7043

Tabel 3.2. Het aantal opnames per patiëntgroep voor elk specialisme in 2016. (Bron: dataset)



Figuur 3.1. De verdeling van de aankomsten van electieve patiënten van VAT doordeweeks in 2016. (Bron: dataset, $n = 219$ dagen)



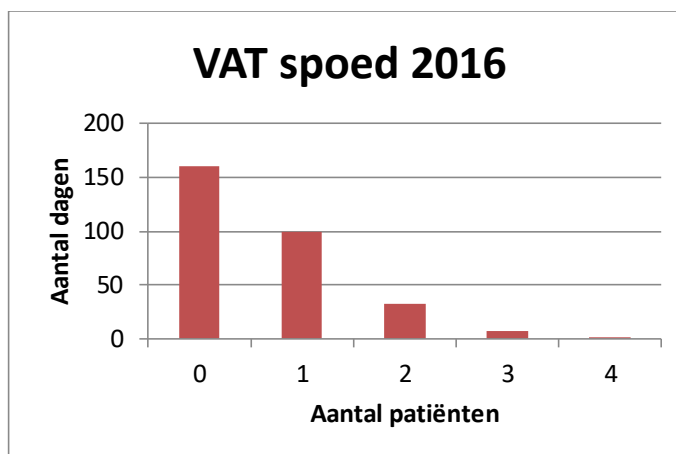
Figuur 3.2. De verdeling van de aankomsten van electieve patiënten van VAT in het weekend in 2016. (Bron: dataset, $n = 81$ dagen)

Spoed patiënten

In Tabel 3.3 staat het percentage spoedopnames van de totale opnames, gebaseerd op de cijfers in Tabel 3.2. CTR valt op met 71,32% spoedopnames. Dit percentage is niet vreemd, omdat slachtoffers van ongevallen, zoals onder andere verkeersongelukken, onder CTR vallen. Net zoals bij de electieve patiënten, is voor de spoedpatiënten ook een grafiek van de verdeling van aankomsten gemaakt. In Figuur 3.3 staat de verdeling voor VAT in 2016. De grafieken voor de overige specialismen staan in Bijlage F.

2016	Spoed %
VAT	22,96%
CHI	42,26%
ORT	24,39%
CTR	71,32%
PLA	11,83%
KNO	11,40%
KAA	19,57%
OOG	14,81%
URO	18,15%
Totaal	24,19%

Tabel 3.3. Het percentage spoed patiënten. (Bron: dataset)



Figuur 3.3. De verdeling van het aantal spoedaankomsten per dag van VAT in 2016. (Bron: dataset, n = 301 dagen)

Uit Figuur 3.3 halen we dat op ruim de helft van de dagen geen spoedpatiënten binnenkomen. Als er wel spoedpatiënten binnenkomen, is dit vaak 1 per dag. De kans dat x aantal patiënten arriveert per dag, neemt sterk af naarmate x groter wordt.

3.1.2 Aankomsten over de week

In Tabel 3.4 staat het percentage van de totale opnames van electieve patiënten per dag van de week in 2016. Hieruit is op te maken dat doordeweeks voor geen enkel specialisme de opnames gelijk zijn verspreid. De mate in deze ongelijkheid verschilt. CTR, PLA en KAA hebben bijvoorbeeld duidelijk twee pieken doordeweeks. De overige specialismen hebben maar één herkenbare piek.

Op maandag vinden de meeste opnames plaats en de meerderheid van de specialismen heeft een piek op maandag. Op vrijdag vinden juist de minste opnames plaats doordeweeks, maar bij enkel één specialisme is dit ook de dag met de minste opnames.

Het aantal opnames op een dag van een specialisme wordt onder andere beïnvloed door de structurele planning van operaties en hoe groot het deel van de patiënten is dat een dag voor de operatie al opgenomen wordt. Dat eerste heeft te maken met op welke vaste dagen geopereerd wordt. Het tweede kan bijvoorbeeld door het beleid van de verpleegafdelingen zelf komen en door de gemiddelde afstand dat een patiënt van een specialisme moet reizen naar het ziekenhuis.

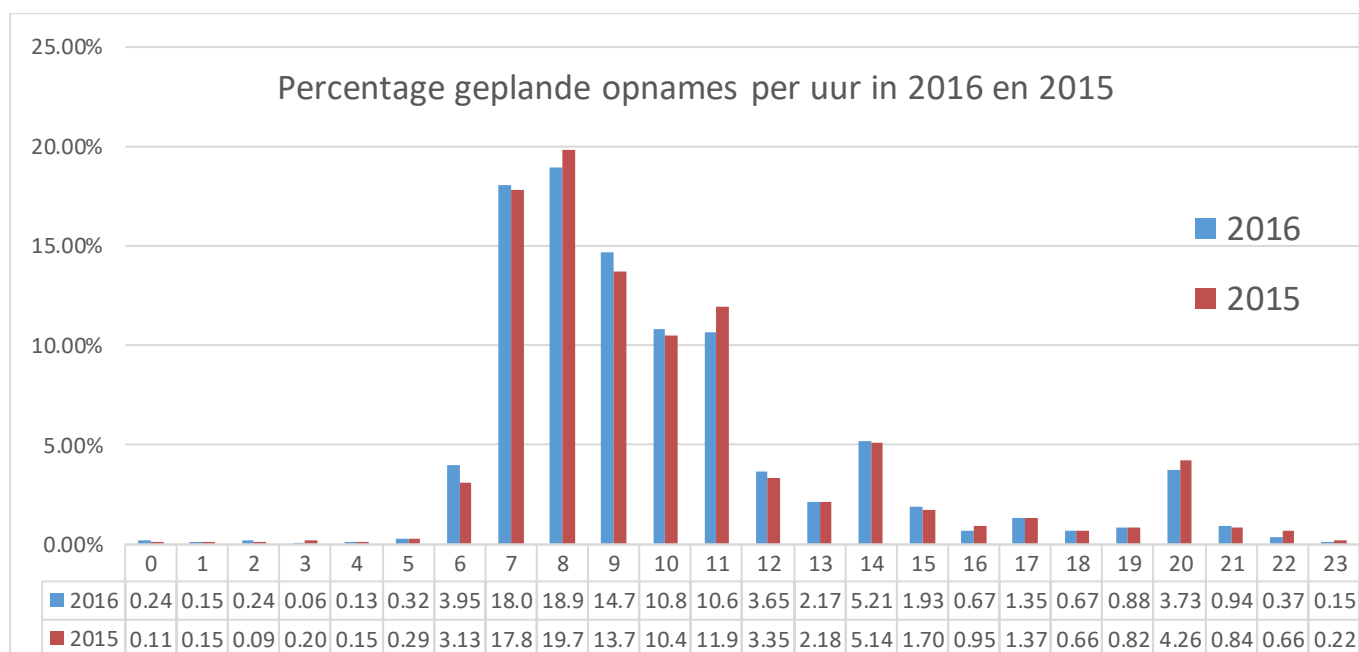
Dag	VAT	CHI	ORT	CTR	PLA	KNO	KAA	OOG	URO	Totaal
Ma	14,98%	30,80%	31,50%	11,48%	28,57%	37,30%	11,71%	19,98%	27,29%	24,59%
Di	25,59%	15,22%	14,22%	32,79%	12,55%	19,77%	16,52%	18,77%	14,50%	18,01%
Wo	17,94%	16,67%	11,62%	13,11%	32,03%	17,85%	29,13%	13,89%	19,19%	18,13%
Do	17,47%	11,59%	22,63%	30,60%	8,44%	7,07%	27,33%	26,24%	21,11%	19,53%
Vr	19,34%	20,65%	15,44%	9,29%	16,45%	12,70%	13,51%	20,96%	15,35%	16,87%
Za	1,40%	2,90%	1,22%	2,19%	0,43%	0,00%	0,30%	0,00%	0,75%	0,73%
Zo	3,28%	2,17%	3,36%	0,55%	1,52%	5,31%	1,50%	0,16%	1,81%	2,13%

Tabel 3.4. Het percentage van de totale opnames van electieve patiënten per dag van de week voor elk specialisme in 2016. De doordeweekse opnames volgen per specialisme een kleurenschema, waarbij de drukste dag het donkerst is. (Bron: dataset, n = 5340 patiënten)

3.1.3 Aankomstverloop over een dag

De aankomstintensiteit is niet gelijk over de dag en ongeveer 85% van de patiënten arriveert tussen 7:00 en 16:59. Figuur 3.4 geeft de verdeling van de opnametijden van geplande opnames weer per uur in 2016 en in 2015, waarbij uur 0 de aankomsten zijn tussen 00:00 en 00:59 enzovoort. De aankomsten per uur in 2016 en 2015 zijn vergelijkbaar.

Meer dan de helft van de opnames vindt plaats tussen 7:00 en 9:59. In de twee uur daarna vindt ook nog een substantieel deel van de opnames plaats en vanaf 12:00 zakt het af. Als een patiënt een operatie heeft gepland, bezet hij of zij vaak 1 tot 2 uur van tevoren een bed. Aangezien de operaties in de ochtend beginnen, verklaart dat ook de piek in opnames.



Figuur 3.4. Het percentage geplande opnames per uur in 2016 en 2015. (Bron: dataset, n = 10807 opnames in totaal)

Verder is er een piek bij 14 uur en 20 uur te zien. Die eerste kan verklaard worden doordat de verpleegkundigen daarvoor pauze hebben en om 14 uur iedereen weer beschikbaar voor werk is. De tweede piek om 20 uur komt omdat verpleegafdelingen de patiënten die een dag voor de operatie opgenomen willen of moeten worden, rond dat tijdstip uitnodigen.

3.2 Ligduur

In deze paragraaf geven wij de gemiddelde ligduur voor elk specialisme. Maar eerst beginnen wij met het bespreken van een methode om inzicht in de variatie van deze ligduur te krijgen.

De Bruijn et al. (2010) kwam met het idee om de Lorenz-curve (Lorenz, 1905), die de verdeling van het totale inkomen over de bevolking weergeeft in cumulatieve percentages, toe te passen op de ligduur van patiënten. Oftewel, op de y-as staat het percentage van de verpleegdagen en op de x-as staan het percentage van de patiënten, beide van 0 tot 100 procent. Bij een gelijke verdeling, waarbij elke patiënt een even lange ligduur heeft, zou daar dan een rechte lijn uit komen. In het echt nemen de langliggers een disproportioneel deel van de verpleegdagen in.

Om deze variatie aan te geven, wordt gebruik gemaakt van de Gini-coëfficiënt (Gini, 1912). Deze coëfficiënt heeft een waarde tussen 0 en 1, waarbij hoe hoger de waarde, hoe oneerlijker de verpleegdagen zijn verdeeld onder de patiënten. Met deze coëfficiënt kunnen wij dus de verpleegafdelingen vergelijken op variabiliteit in de ligduur. Daarnaast stellen Bekker & de Bruijn (2011) dat ligduur verdelingen met een Gini-coëfficiënt tussen 0,5 en 0,75 benaderd kunnen worden door een hyperexponentiële verdeling, wat geïmplementeerd kan worden in het simulatiemodel in Hoofdstuk 5. Bijlage G biedt meer informatie over de hyperexponentiële verdeling.

De volgende formule is door de Bruijn et al. (2010) gebruikt,

$$G = \frac{1}{n} * \left(n + 1 - 2 * \frac{\sum_{i=1}^n (n + 1 - i) * y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \right),$$

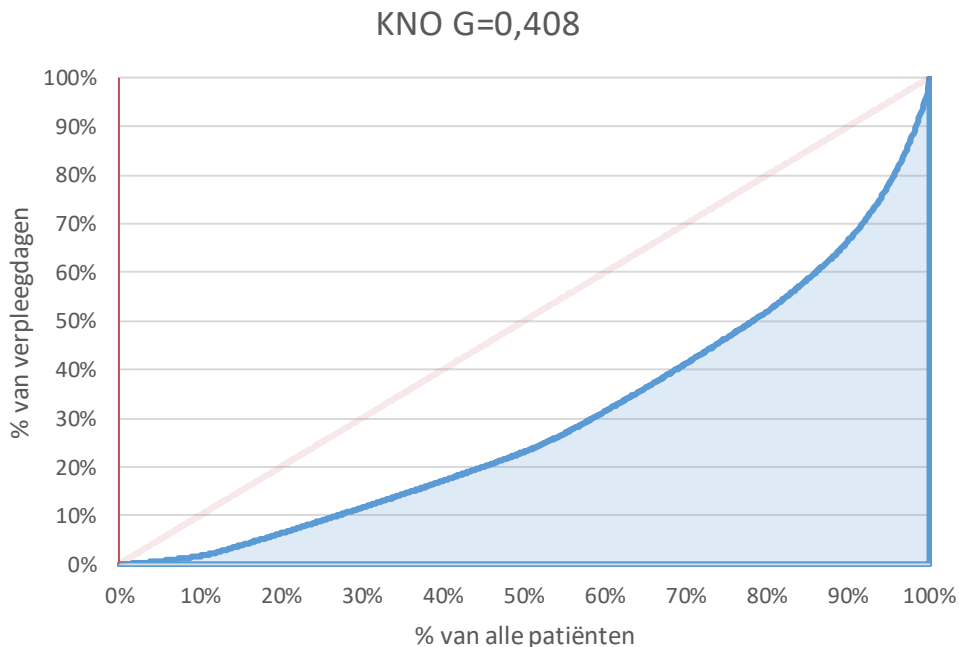
waarbij n het totaal aantal opnames is en y_i de waardes van de ligduur van de opnames is, waarvoor geldt dat ze van laag naar hoog zijn gesorteerd en $i = 1, \dots, 1 - n$.

In Tabel 3.5 staan de gemiddelde ligduur en de Gini-coëfficiënt per specialisme voor 2016. De Gini-coëfficiënten van de specialismen liggen tussen de 0,408 en 0,623. In Figuur 3.5 staat de Lorenz curve voor KNO met $G = 0,408$. Uit dit figuur is te halen dat ongeveer 80% van de patiënten 50% van de capaciteit gebruikt. Dit betekent dat de andere 20% van de patiënten ook 50% van de capaciteit gebruikt. In Figuur 3.6 staat de Lorenz-curve van VAT die een hogere Gini-coëfficiënt heeft dan KNO, namelijk 0,620. Bij VAT gebruikt 90% van de patiënten 50% capaciteit en dus 10% van de patiënten de overige 50%.

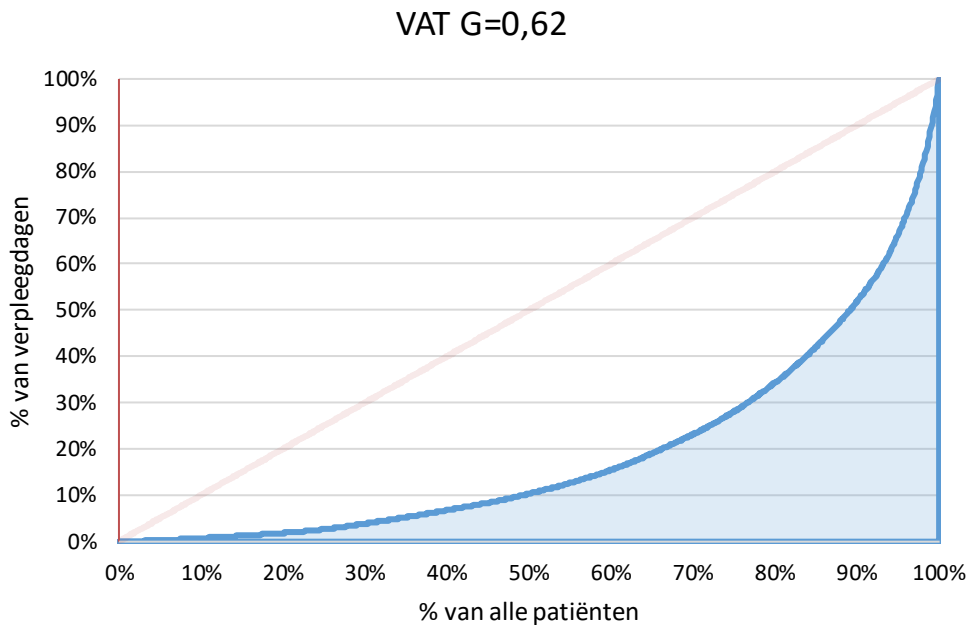
Specialisme	Gemiddelde ligduur (dagen)	G
VAT	3,87	0,620
CHI	5,20	0,551
ORT	5,73	0,514
CTR	5,99	0,559
KNO	2,13	0,408
KAA	2,42	0,425
PLA	2,46	0,601
OOG	1,11	0,623
URO	1,95	0,623

Tabel 3.5. De gemiddelde ligduur in dagen en de Gini-coëfficiënt per specialisme in 2016. (Bron: ligduur uit dataset)

Specialismen met een hogere Gini-coëfficiënt hebben dus een grotere variatie in ligduur en een kleinere groep patiënten met de langste ligduren die evenveel capaciteit gebruikt als specialismen met een lagere coëfficiënt. Dit is onafhankelijk van de gemiddelde ligduur, zoals te zien is in Tabel 3.4 bij OOG, URO en VAT die dezelfde coëfficiënt hebben. Deze variatie is niet per se negatief, omdat deze groep patiënten door hun (relatief) lange aanwezigheid de bedbezetting op een minimum houden en daardoor stabiliseren.



Figuur 3.5. Lorentz curve voor KNO met een Gini-coëfficiënt van 0,408 in 2016. (n = 702 patiënten, 1492 dagen ligduur)



Figuur 3.6. Lorentz curve voor VAT met een Gini-coëfficiënt van 0,62 in 2016. (n = 832 patiënten, 3223 dagen ligduur)

3.3 Conclusie

Hoofdstuk 3 geeft antwoord op deelvraag 2 “Wat zijn de aankomsten en ligduren van patiënten van de verschillende specialismen?”.

In Sectie 3.1 bespreken wij het aankomstintensiteiten van de specialismen. Eerst hebben wij gekeken naar de verdeling van hoeveel patiënten per dag aankomen, waarbij de patiënten zijn onderverdeeld in spoed patiënten, doordeweeks electieve patiënten en electieve patiënten in het weekend. De verdeling van het aantal patiënten dat wordt opgenomen doordeweeks is verrassend variabel, zoals ook de Bruijn et al. (2010) en Walley et al. (2006) ondervinden. Tijdens het weekend worden zelden electieve opnames gepland. Het percentage spoed patiënten ligt voor de meest specialismen tussen de 10 en 25 procent. Traumatologie is een uitschieter met 71% spoedopnames.

Verder is het aankomstproces over de week ook erg variabel. Bij elke specialisme zijn doordeweeks één of twee duidelijke pieken te herkennen. Op vrijdag vindt gemiddeld de minste doordeweekse opnames plaats, maar bij enkel één specialisme is dit ook de laagste doordeweekse dag. Ook het aantal opnames per uur verschillen enorm. Ruim 85% van de patiënten arriveert tussen 7:00 en 16:59 uur. Meer dan de helft van de opnames vindt plaats tussen 7:00 en 9:59 uur.

Sectie 3.2 gaat verder in op de variabiliteit in de ligduur door middel van de Gini-coëfficiënt. Deze coëfficiënt heeft een waarde tussen 0 en 1, waarbij 0 betekent dat elke patiënt een gelijke hoeveelheid capaciteit gebruikt. Een hogere coëfficiënt betekent dat een steeds kleinere groep patiënten evenveel capaciteit gebruikt als de overige patiënten. Dit is niet per se negatief, aangezien deze groep patiënten de bedbezetting enigszins stabiliseren doordat ze ook in de avond en in het weekend aanwezig zijn. De Gini-coëfficiënten van de specialismen liggen tussen de 0,408 en 0,623. Bekker & de Bruijn (2011) stellen dat ligduur verdelingen met een Gini-coëfficiënt tussen 0,5 en 0,75 benaderd kunnen worden door een hyperexponentiële verdeling, wat gebruikt kan worden in het simulatiemodel in Hoofdstuk 5.

4. Bepaling bedden capaciteit volgens de literatuur

In dit hoofdstuk begint de tweede fase van het onderzoek waarin wij naast methoden voor het uitrekenen van de benodigde bedden capaciteit bespreken, ook inzichten rondom bedden capaciteit en bedbezetting uit de literatuur. Sectie 4.1 bespreekt hoe wij tot de resultaten in Sectie 4.2 komen. In Sectie 4.3 selecteren wij een methode om bedden capaciteit uit te rekenen, die het meest geschikt is voor het UMC Utrecht en dit project. Daarna passen wij in Sectie 4.4 deze methode toe op de huidige situatie, om het aantal benodigde bedden uit te rekenen.

4.1 Opzet literatuuronderzoek

Om een geschikte methode te vinden om het benodigde aantal bedden te berekenen, hebben wij gevonden artikelen onderverdeeld op basis van drie concepten: bedbezetting, bed weigering en bed toewijzing. Deze drie concepten hebben allemaal invloed op de benodigde bedden capaciteit.

In Bijlage C staat de zoekstrategie en classificatie van de gevonden artikelen op basis van deze drie concepten.

4.2 Resultaten literatuuronderzoek

In dit hoofdstuk bespreken wij de resultaten van dit literatuuronderzoek. Aangezien in de opgestelde conceptmatrix bij elk artikel staat welke concepten besproken worden, kunnen wij de resultaten ook makkelijk per concept bespreken in plaats van per auteur (Webster & Watson, 2002). Aangezien sommige artikelen over meerdere concepten gaan, is het soms niet mogelijk om die artikelen helemaal uit te splitsen per concept.

Eerst bespreken wij in Sectie 4.2.1 wat gevonden is over bedbezetting en de variabiliteit daarvan, daarna in Sectie 4.2.2 over de blokkeringskans en ten slotte in Sectie 4.2.3 over het toewijzen van bedden.

4.2.1 Bedbezetting en de variabiliteit daarvan

Doordat de kosten voor de zorg in Amerika enorm zijn gestegen, hebben Cochran & Bharti (2006) onderzoek gedaan naar effectieve en efficiënte bed planning en capaciteitsbenutting. Het doel was om de bedbezetting van verschillende afdelingen te balanceren, maar om daarbij ook de blokkeringskans van bedden stroomopwaarts in de patiëntenstroom te minimaliseren. Hierbij is rekening gehouden met patronen in de vraag per maand, per dag en per uur. Om dit te modelleren zijn netwerken van wachtrijen en daarna discrete-event simulatie gebruikt.

Osorio & Bierlaire (2009) hebben een wachtrijmodel met oneindige capaciteit ontwikkelt die, in tegenstelling tot veel andere modellen van onderzoekers, wel rekening houdt met de correlatie tussen de bezetting van verschillende afdelingen. Hierdoor kunnen oorzaken van opstoppen in het netwerk worden geïdentificeerd.

Bekker & Koeleman (2011) stellen dat de bedbezetting het beste te stabiliseren is door de opnames uit te spreiden, op uur en op dag niveau door de week heen. Daarnaast zou het een goed idee zijn om patiënten met de langere verblijfsduren op vrijdag in te plannen, om zo de bedden in het weekend te vullen. Op maandag zou dan ook meer patiënten gepland moeten worden dan op andere dagen doordeweeks, om zo de bedden weer te vullen voor de aankomende week. Verder stellen ze dat alleen voor stabiele aankomstprocessen het reduceren van de variatie in ligduur leidt tot een stabielere bedbezetting. Om de variatie in de bedbezetting te reduceren, kan men dus het beste beginnen met het stabiliseren van de aankomsten.

Harrison et al. (2005) gebruiken een stochastische versie van het Harrison-Miljard multi-stage model om naast de gemiddelde bedbezetting, ook de variatie in de bedbezetting te modelleren. Hoge variatie in bedbezetting leidt tot veel lege bedden op rustige momenten. Als daarom echter het aantal bedden omlaag wordt geschroefd, leidt dit op piekmomenten juist tot veel afwijzingen van patiënten. De patiënt opnames worden gemodelleerd als een Poisson proces met verschillende intensiteiten per dag van de week en per seizoen. Er is een methode ontwikkeld om die intensiteiten te berekenen.

Dus Cochran & Bharti (2006) en Osorio & Bierlaire (2009) gebruiken beiden modellen die rekening houden met patiëntenstromen tussen afdelingen en de effecten daarvan. Harrison et al. (2005) modelleert de gemiddelde bedbezetting en ook de variatie daarin door middel van Poisson aankomsten met verschillende intensiteiten. Bekker en Koeleman (2011) stellen om de variatie in bedbezetting te verminderen, men eerst de aankomsten moet stabiliseren en daarna pas de variatie in ligduur verminderen.

4.2.2 Blokkeringskans

Bekker & De Bruin (2010) analyseerden een Mt/H/s/s model om de impact van tijdsafhankelijke aankomsten van patiënten op het aantal benodigde operationele bedden te onderzoeken. Daarnaast hebben ze ook gekeken naar de blokkeringskans die daaruit volgt. Ze stellen dat andere modellen vaak een Poisson aankomstverdeling aannemen. Echter zijn er in ziekenhuizen over een dag wel structurele pieken in aankomsten te herkennen, zoals tijdens kantooruren. Daarnaast worden er meer patiënten doordeweeks opgenomen dan in het weekend. Zelfs bepaalde dagen doordeweeks kunnen structurele pieken in aankomsten hebben door de beschikbaarheid van chirurgen. Ten slotte geven Bekker en de Bruin een methode om de beddencapaciteit te berekenen.

Echter, Bekker & De Bruin (2010) en van Essen et al. (2015) waarschuwen beiden dat het gebruik van een Erlang verlies model wellicht alleen theoretisch werkt, omdat in de praktijk de aankomsten verschillen per dag. Hierdoor zou het model het aantal benodigde bedden weleens kunnen onderschatten.

Bekker & Koeleman (2011) hebben kwantitatieve methodes ontwikkeld die het aantal patiënten berekenen die per dag opgenomen moeten worden en om de effecten van variabiliteit in geplande opnames op de beddencapaciteit te analyseren. Deze methodes maken onder andere

gebruik van kwadratisch programmeren. Een inzage dat uit de resultaten volgt, is dat hogere variatie in opnames leidt tot hogere variabiliteit in de vraag naar bedden en dat dit ook leidt tot meer afwijzingen van patiënten.

Harper & Shahani (2002) en Costa et al. (2003) benadrukken het belang van de relatie tussen bedbezetting en blokkeringskans. Ze stellen dat simpele deterministische berekening vaak het benodigde aantal bedden onderschatten. Een acceptabele bedbezetting met de voorgeschreven blokkeringskans is een complexe functie van de patiënt case mix, het aantal open bedden en de variabiliteit in de verblijfsduur van de patiënt. Gallivan et al. (2002) benadrukt ook dat de variabiliteit in de verblijfsduur grote effecten kan hebben op de benodigde capaciteit.

Dus Bekker & De Bruin (2010) gebruiken een tijdsafhankelijk wachtrijmodel om het aantal benodigde bedden uit te rekenen en hebben dit gerelateerd aan de blokkeringskans. Zowel Bekker & de Bruin (2010) en van Essen et al. (2015) waarschuwen dat het gebruik van een Erlang verlies model het aantal benodigde bedden kan onderschatten. Bekker & Koeleman (2011) stellen dat een hogere variatie in opnames leidt tot hogere variabiliteit in de vraag naar bedden.

4.2.3 Het toewijzen van bedden

De Bruin et al. (2010) hebben een Erlang verlies model (M/G/c/c) toegepast op de patiëntenstroom van verpleegafdelingen. Dit model is gebruikt om te berekenen hoeveel bedden nodig zijn per verpleegafdeling. Verder hebben zij het effect van het samenvoegen van bepaalde afdelingen gekwantificeerd. Ze stellen als verpleegafdelingen klein en verdeeld over verschillende medische disciplines zijn, het in de praktijk lastig is om tegelijkertijd een lage blokkeringskans en een hoge bedbezetting te realiseren.

Van Essen et al. (2015) biedt een methode aan om klinische afdelingen te verdelen in clusters. Deze clusters worden dan zo ingedeeld onder verpleegafdelingen, dat er op de verpleegafdelingen genoeg bedden aanwezig zijn om onder een bepaalde blokkeringskans te zitten. Als er twee of meer klinische afdelingen samengevoegd worden, wordt het risico dat een patiënt geweigerd moet worden minder. Hierdoor zou men dan minder bedden nodig hebben, voor dezelfde blokkeringskans. Er wordt naast één exacte methode, ook twee heuristieken gepresenteerd die een kortere berekentijd hebben. Deze methoden kunnen rekening houden met restricties, zoals dat bepaalde afdelingen niet bij elkaar gegroepeerd kunnen worden.

Dus de Bruin et al. (2010) gebruiken een Erlang verlies model om het aantal benodigde bedden uit te rekenen. Daarnaast laten zij de effecten van het samenvoegen van verpleegafdelingen zien. Van Essen et al. (2015) groeperen verpleegafdelingen samen op basis van een combinatie die voldoet aan een maximaal gezette blokkeringskans. Als verpleegafdelingen worden samengevoegd, is de kans dat een patiënt geweigerd moet worden kleiner dan voorheen.

4.3 Selectie van de methode voor dit onderzoek

In deze sectie selecteren wij een methode geschikt voor dit project. Daarna controleren wij als die methode ook toegepast kan worden in het UMC Utrecht.

De methode moet gegeven de beperkte beschikbare tijd en de focus van dit project, namelijk de variatie in bedbezetting verminderen, gemakkelijk te gebruiken en te implementeren zijn. Daarnaast moet het aantal benodigde bedden snel en gemakkelijk uitgerekend kunnen worden voor verschillende situaties, zoals nodig is voor elk scenario die wij gaan evalueren in het simulatiemodel.

De modellen van Cochran & Bharti (2006) en Osorio & Bierlaire (2009) vallen af, aangezien zij te veel tijd kosten en de focus van hun op patiëntstromen tussen afdelingen ligt. Het model van Bekker en Koeleman (2011) kan niet gebruikt worden, aangezien zij eerst bepalen hoeveel patiënten opgenomen zouden moeten worden, en daarna pas de bijbehorende capaciteit. Uiteindelijk kiezen wij voor de methode van de Bruin et al. (2010) die gebruik maakt van het Erlang verlies model. Met dit model kunnen wij snel, in een spreadsheet, de benodigde bedden van zowel losse specialismen en samengevoegde specialismen onder een verpleegafdeling uitrekenen. Dit model lijkt ook toepasbaar in het UMC Utrecht. In Sectie 4.4 gebruiken wij deze methode om het aantal benodigde bedden voor de huidige situatie uit te rekenen.

4.4 Berekening beddencapaciteit voor de huidige situatie

In deze sectie bespreken wij de methode van de Bruin et al. (2010) en berekenen wij de benodigde bedden voor het huidige situatie. Hiervoor gebruiken wij de resultaten uit Hoofdstuk 3. Bij het berekenen van de bedden houden wij niet rekening met patiënten buiten DHS.

Het Erlang verlies model vereist dat de aankomsten van patiënten uit een Poisson verdeling komen. Bij een Poisson verdeling is de variantie even groot als het gemiddelde. Daarnaast is vereist dat aankomsten onafhankelijk van elkaar gebeuren.

In Bijlage F staan alle aankomsten per specialisme zoals berekend in Hoofdstuk 3, inclusief de bijbehorende Poisson verdeling voor 2016. Wij hebben twee verschillende goodness-of-fit toetsen gedaan, om te bepalen als de aankomst volgens een Poisson verdeling verlopen. Hieruit kwam dat de aankomsten van electieve patiënten in het weekend en de spoedpatiënten voor alle specialismen goed benaderd worden door een Poisson verdeling. Bij de doordeweekse electieve aankomsten is de nulhypothese dat de aankomsten uit een Poisson verdeling komen, verworpen voor 5 van de 9 specialismen.

De Bruin et al. (2010) ondervonden ook dat de doordeweekse aankomsten bij de helft van de verpleegafdeling niet Poisson verdeeld is. Zij benadrukken echter dat voor het einddoel, de benodigde beddencapaciteit uitrekenen, dit niet uit maakt aangezien de Poisson verdeling de variabiliteit in de echte aankomsten alsnog goed representeert.

Om de benodigde bedden uit te rekenen is een M/G/c/c wachtrijmodel verondersteld. Hierin arriveren patiënten volgens een Poisson proces met gemiddeld λ aankomsten per dag.

De verblijfsduren van de patiënten volgen dezelfde kansverdeling en zijn onderling onafhankelijk met gemiddelde verblijfsduur μ . In dit model zijn maximaal c aantal bedden beschikbaar. Mocht een patiënt arriveren en alle bedden zijn bezet, dan wordt de patiënt geweigerd en vertrekt hij permanent uit het systeem. Deze blokkeringskans kan als volgt worden berekend (De Bruin et al, 2010):

$$P_c = \frac{(\lambda * \mu)^c / c!}{\sum_{k=0}^c (\lambda * \mu)^k / k!}$$

Voor deze formule hebben wij voor λ alle aankomsten per specialisme nodig, dus inclusief patiënten die geweigerd zijn. Aangezien in DHS zelden patiënten uit de divisie worden behandeld, liggen geweigerde patiënten op de bedden van de andere specialismen op dezelfde verpleegafdeling of op een verkeerde verpleegafdeling. Dus wij kunnen de resultaten uit Hoofdstuk 3 gebruiken.

In tegenstelling tot de auteur, kiezen wij om alleen het aantal benodigde bedden doordeweeks uit te rekenen, aangezien in het weekend zelden iemand wordt opgenomen. Het model gaat uit dat de gemiddelde aankomsten per dag gelijk zijn. Als wij het weekend wel zouden meenemen, zou de gemiddelde aankomst per dag lager liggen waardoor het aantal bedden dat doordeweeks nodig is, wordt onderschat. Echter, het weekend heeft wel effect op de gemiddelde ligduur, waardoor die hoger is dan strikt doordeweeks. Hierdoor kan dit model het aantal benodigde bedden overschatten. Maar aan de andere kant waarschuwen Bekker & de Bruin (2010) en van Essen et al. (2015) dat het gebruik van een Erlang verlies model het aantal benodigde bedden kan onderschatten, aangezien dat de aankomsten in de praktijk wel tijdsafhankelijk zijn. Later in dit hoofdstuk beoordelen wij of dit model goed past.

Aangezien λ en μ bekend zijn, kunnen wij de capaciteit c uitrekenen bij een gekozen blokkeringskans. Dit hebben wij gedaan door te itereren over c , totdat een c gevonden is waarvoor P_c kleiner is dan de gekozen blokkeringskans. Door het naar boven afronden van het aantal benodigde bedden spreken wij eigenlijk van een maximale blokkeringskans, en niet van een exacte blokkeringskans.

In Tabel 4.1 staat het berekende aantal bedden per specialisme voor een maximale blokkeringskans van 10%, 5% en 3%. In Sectie 2,4 gaven wij aan dat de blokkeringskans per verpleegafdeling 2,7% was in 2016, echter weten wij niet wat de blokkeringskans per specialisme is. In Tabel 4.1 staat ook hoeveel operationele bedden de specialismen in 2016 hadden. Let op dat het berekende aantal bedden uit gaat dat elk specialisme apart een verpleegafdeling is en dus geen voordeel heeft van schaalvergroting, terwijl de gegeven bedden uit 2016 dat wel hebben. Verder geeft de kolom gemiddeld aantal aanwezig het gemiddelde aantal patiënten in het systeem, gegeven dat niemand geweigerd wordt. Als het blokkeringspercentage lager wordt, dan wordt het gemiddelde aantal aanwezige patiënten hoger.

Om inzage te geven in de effecten van schaalvergroting en hoeveel bedden een verpleegafdeling dus zou moeten hebben, staat in Tabel 4.2 het berekende aantal bedden per verpleegafdeling in de huidige situatie. Deze kunnen wij dus wel eerlijk met elkaar vergelijken.

Specialisme	λ per dag	μ (dagen)	Gemiddeld aantal aanwezig	Bedden nodig voor			Bedden in 2016
				Pc = 0.1	Pc = 0.05	Pc = 0.03	
OOG	6,48	1,05	6,83	10	11	12	16
URO	4,90	1,81	8,87	12	14	15	14
KNO	2,97	2,02	5,99	9	10	11	12
PLA	2,30	2,36	5,41	8	10	10	7
KAA	1,74	2,30	4,01	7	8	9	9
ORT (West)	2,81	5,86	16,45	19	22	23	17
CTR	2,34	6,13	14,33	17	20	21	17
VAT	3,50	3,61	12,61	16	18	19	17
CHI	1,91	4,86	9,30	12	14	15	11
ORT (Oost)	0,79	4,51	3,56	6	7	8	6
Totaal	-	-	-	116	134	143	126

Tabel 4.1. Het aantal berekende bedden voor een blokkeringskans per specialisme in 2016. (Bron: aankomsten en ligduren uit dataset)

Afdeling	λ per dag	Gewogen μ (dagen)	Gemiddeld aantal aanwezig	Bedden nodig voor			Bedden in 2016
				Pc = 0.1	Pc = 0.05	Pc = 0.03	
B3 Oost	11,38	1,38	15,69	19	21	22	30
D4 Oost	6,20	4,11	25,48	28	31	33	34
D4 West	5,15	5,98	30,79	33	37	39	34
D5 West	7,01	2,20	15,41	18	21	22	28
Totaal	-	-	-	98	110	116	126

Tabel 4.2. Het aantal berekende bedden voor een blokkeringskans per verpleegafdeling in 2016. (Bron: aankomsten en ligduur uit dataset)

Als we een blokkeringskans van 3% als voorbeeld nemen, zien we in Tabel 4.1 en Tabel 4.2 dat door schaalvergroting de benodigde bedden van 143 naar 116 gaan.

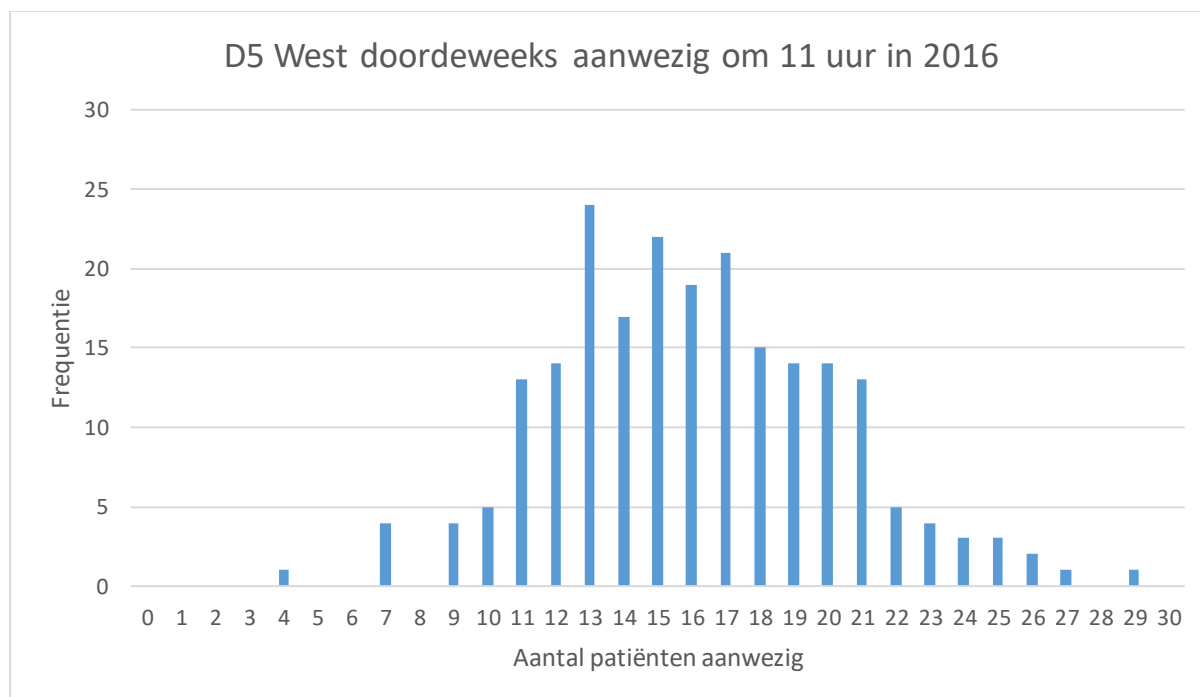
Tabel 4.3 geeft de doordeweekse bedbezetting weer van 2016 en de bedbezetting met het aantal berekende bedden met een blokkeringskans van 3%. De bedbezetting is berekend als $\lambda * \mu * (1 - Pc)$ gedeeld door het gemiddelde aantal open bedden. De blokkeringskans is opnieuw berekend voor 2016 onder de aanname dat alle blokkeringen plaats vonden doordeweeks.

Afdeling	2016		Berekend Pc = 0,03
	Pc	Bedbezetting	
B3 Oost	2,41%	51,05%	69,19%
D4 Oost	5,23%	71,02%	74,89%
D4 West	7,63%	83,64%	76,57%
D5 West	0,52%	54,76%	67,96%
Totaal	3,45%	66,06%	73,06%

Tabel 4.3. De doordeweekse bedbezetting in 2016 en de berekende bedbezetting. (Bron: blokkeringskans 2016 uit dataset)

Om te evalueren of dit Erlang verlies model een redelijk beeld geeft van de situatie, staat in Figuur 4.1 de verdeling van het doordeweekse aantal aanwezige patiënten op D5 West om 11 uur. Dit tijdstip is gekozen omdat op dit uur het meeste aantal patiënten aanwezig zijn. Dit komt doordat een groot aantal nieuwe patiënten al aangekomen is, maar de ontslagrondes pas net begonnen zijn. Let op: dit zijn alle patiënten die op D5 West *zouden moeten* liggen. Als een patiënt van bijvoorbeeld KNO op een andere verpleegafdeling ligt om 11 uur, is hij of zij dus wel meegeteld als onder D5 West. Daarnaast zijn patiënten buiten DHS niet meegerekend.

Op D5 West zijn doordeweeks 28 bedden open en met een blokkeringskans van 3% zouden 22 bedden open moeten. Slechts op 1 van de 219 dagen zijn er 28 of meer patiënten aanwezig. Op 14 dagen moeten er op het drukste moment van de dag patiënten worden geweigerd. Het model lijkt dus goed te passen. In Bijlage H staan dezelfde grafieken voor de overige verpleegafdelingen.



Figuur 4.1. De verdeling van het aantal aanwezige patiënten op D5 west om 11 uur in 2016. (Bron: Zorgkubus, n = 219 dagen)

4.5 Conclusie

Hoofdstuk 4 geeft antwoord op deelvraag 3 “*Welke manieren van bedden capaciteit berekenen bestaan er volgens de literatuur en welke is het meest geschikt voor de divisie Heelkundige Specialismen?*”.

Sectie 4.2 geeft de resultaten van een literatuurstudie naar manieren van bedden capaciteit berekenen. Cochran & Bharti (2006) en Osorio & Bierlaire (2009) gebruiken beiden modellen die rekening houden met patiëntenstromen tussen afdelingen en de effecten daarvan. Verder modelleert Harrison et al. (2005) de gemiddelde bedbezetting en ook de variatie daarin door middel van Poisson aankomsten met verschillende intensiteiten. Daarnaast gebruiken Bekker & De Bruin (2010) een tijdsafhankelijk wachtrijmodel om het aantal benodigde bedden uit te rekenen en hebben dit gerelateerd aan de blokkeringskans. Ten slotte gebruiken De Bruin et al. (2010) een Erlang verlies model om het aantal benodigde bedden uit te rekenen.

In Sectie 4.3 is gekozen voor het Erlang verlies model van de Bruin et al. (2010), aangezien daarmee snel berekeningen gedaan kunnen worden en qua implementatie in de tijdsplanning van dit project past. Deze methoden hebben wij ook toegepast op de huidige situatie in Sectie 4.4. Hiermee kan DHS van 126 bedden naar 110 bedden toe, met een blokkeringskans van 3%. De doordeweekse bedbezetting van de vier verpleegafdelingen liggen dan ook dicht bij elkaar en stijgt in totaal van gemiddeld 66% naar 73%.

Het aantal benodigde bedden zal verder gebruikt worden in Hoofdstuk 5.

5. Simulatiemodel

In dit hoofdstuk begint de derde fase van dit onderzoek waarin wij de effecten van andere toewijzingen van specialismen aan de verpleegafdelingen analyseren door middel van een simulatiemodel. Sectie 5.1 bespreekt het ontwerp van het model, de aannames, de versimpelingen en de data die gebruikt is. De validatie en verificatie van het simulatiemodel komt in Sectie 5.2 aan bod. Daarna bespreekt Sectie 5.3 naast de experimenten ook de warm-up periode en het aantal replicaties. Ten slotte analyseren wij de resultaten in Sectie 5.4. In dit simulatiemodel is data uit 2016 gebruikt.

5.1 Conceptueel model

In deze paragraaf bespreken wij het conceptueel model. Eerst geven wij in Sectie 5.1.1 een beschrijving van hoe het model eruit ziet, waarop geëxperimenteerd is en wat de output is. Daarna bespreken wij in Sectie 5.1.2 welke data gebruikt is voor de aankomsten en de ligduur. Ten slotte nemen wij de aannames en versimpelingen door in Sectie 5.1.3.

5.1.1 Beschrijving model

Het model is een discrete event simulatie van de aanwezigheid van patiënten op de verpleegafdelingen over 43 weken. Deze 43 weken (301 dagen) stellen een jaar voor zonder de zomersluiting en de feestdagen, zoals in Hoofdstuk 4 is besproken. De patiënten worden behandeld door één specialisme en een specialisme valt maar onder één verpleegafdeling. De verpleegafdeling waarop een specialisme thuishoort, kan bij de initialisatie worden ingevuld. Hierop wordt dus ook geëxperimenteerd.

De specialismen zijn onderverdeeld in electieve doordeweekse patiënten, electieve weekend patiënten en spoedpatiënten. Elk type patiënt heeft een eigen aankomstenverdeling. De ligduurverdeling verschilt per specialisme.

Aangezien het aantal opnames per dag van de week van de specialismen sterk varieert, is de hoeveelheid aankomsten per dag afhankelijk van de dag van de week voor electieve patiënten. Aan het begin van een nieuwe dag (00:00) wordt een bepaald aantal electieve patiënten gegenereerd met een aankomsttijd diezelfde dag en een ligduur. Zowel het aantal patiënten, de aankomsttijd en de ligduur komen uit een kansverdeling. Aan het begin van elk uur houden wij bij hoeveel patiënten aanwezig zijn op elke verpleegafdeling.

Na 43 weken geeft het simulatiemodel de resultaten op de volgende KPI's:

- Gemiddeld aantal aanwezige patiënten.
- Variatiecoëfficiënt van de gemiddelde aanwezigheid per dag (n=301 dagen).
- Variatiecoëfficiënt van de aanwezigheid per uur, oftewel de gemiddelde variatie over het verloop van de dag.
- Variatiecoëfficiënt van de gemiddelde aanwezigheid per week (n=43 weken).

- Variatie tussen de gemiddelde aanwezigheid van opeenvolgende doordeweekse weekdays (n=4 dagen).
- Variatie tussen de gemiddelde aanwezigheid van alle opeenvolgende weekdays (n=7 dagen).

De laatste twee KPI's geven aan hoe stabiel de gemiddelde aanwezigheid doordeweeks en over de hele week is. Wij hebben onderscheid gemaakt tussen doordeweeks en de hele week, omdat de aanwezigheid in het weekend daalt door weinig nieuwe aankomsten. Een verpleegafdeling kan dan doordeweeks een stabiel aantal patiënten hebben, maar in het weekend enorm inzakken. Hierdoor zou de variatie over de hele week hoog zijn door het verschil in aanwezigheid tussen vrijdag en zaterdag en tussen zondag en maandag, terwijl dit in de praktijk niet zo slecht hoeft te zijn aangezien gekozen kan worden om in het weekend bedden te sluiten. Deze laatste twee KPI's zijn berekend in het simulatiemodel door het kwadratische verschil in gemiddelde aanwezigheid tussen opeenvolgende weekdays te nemen. Wij hebben gekozen voor een kwadratisch verschil, om zo sterke fluctuaties zwaarder mee te laten tellen. Echter, het is eerlijker om de verschillende scenario's te beoordelen op het verschil in bedbezetting dan op aanwezigheid, omdat de bedbezetting de grootte van de verpleegafdeling meeneemt en de aanwezigheid niet. Daarom delen wij de verschillen in aanwezigheid hierna in een spreadsheet door het aantal open bedden in het kwadraat. Het aantal bedden is berekend door middel van het Erlang verlies model van Hoofdstuk 4. De KPI voor de variatie over de hele week is dus als volgt berekend:

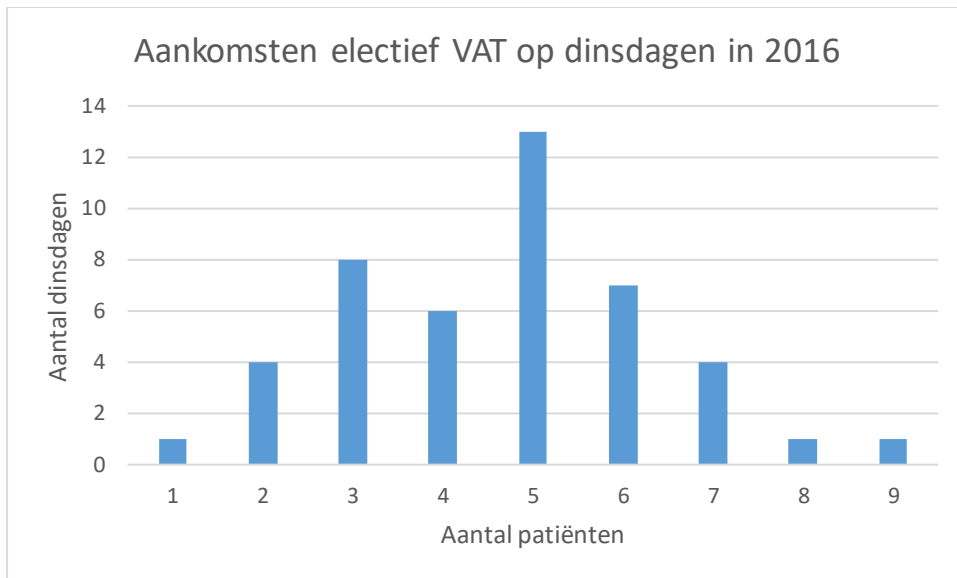
$$\frac{(maandag - zondag)^2 + (dinsdag - maandag)^2 + \dots + (zondag - zaterdag)^2}{Aantal\ open\ bedden^2}$$

De KPI voor doordeweekse variatie neemt alleen de verschillen tussen dinsdag en maandag tot en met vrijdag en donderdag mee, oftewel 4 overgangen van dagen. Daarnaast is voor maandag de gemiddelde aanwezigheid pas vanaf 8 uur 's ochtends berekend, om zo de effecten van het weekend minder zwaar mee te laten tellen.

Op deze laatste twee KPI's zullen de scenario's uiteindelijk worden beoordeeld. De overige KPI's schetsen een beeld van dat scenario; ze vertellen hoe variabel elke verpleegafdeling is en hoe de verpleegafdelingen dan onderling samenhangen.

5.1.2 Data-input

Zoals in Sectie 5.1.1 is vermeld, is het aantal aankomsten van electieve patiënten doordeweeks dag afhankelijk per specialisme. Zelfs per dag zijn de aankomsten erg variabel. Als voorbeeld staat in Figuur 5.1 de aankomstverdeling van vaatchirurgie op dinsdagen in 2016. Deze verdelingen zijn per specialisme voor elke doordeweekse weekday berekend en gebruikt als empirische kansverdeling in de simulatie.



Figuur 5.1. De verdeling van de aankomsten van VAT op dinsdagen in 2016. (Bron: dataset, $N = 45$ dagen)

Om te bepalen welk uur de electieve doordeweekse patiënt binnenkomt, is de empirische verdeling uit Sectie 3.1.3 (Figuur 3.4) gebruikt van 2016. Voor de minuten en seconden is een uniforme verdeling gekozen. Om de aankomsten simpel te houden, is de aankomsttijd voor de electieve weekend patiënten gekozen met een uniforme kans tussen 09:00 en 22:00 uur.

De aankomsten en de aankomsttijden van spoedpatiënten volgen een Poisson proces, met een variabele aankomstintensiteit per uur. Wij nemen aan dat deze aankomstintensiteit per uur voor elke dag hetzelfde is. Om te kunnen werken met variabele aankomsttijden, maken wij gebruik van een methode die Poisson thinning heet. Dit houdt in dat over de gehele dag in plaats van de gemiddelde aankomstintensiteit, de patiënten met de maximale aankomstintensiteit $\lambda_{\max}$ aankomen. Dit betekent dat de tussentijdse aankomsten een exponentiële verdeling hebben met $1/\lambda_{\max}$. Als een patiënt aankomt, wordt hij geaccepteerd met een kans $\frac{\lambda_{\text{huidige periode}}}{\lambda_{\max}}$ en anders verwijderd in de simulatie. Hierdoor worden in rustigere periodes minder patiënten geaccepteerd dan in de drukke periodes, waardoor dus de gewenste aankomstverdeling ontstaat.

Zoals in Hoofdstuk 3 is verteld, kan de ligduur van de specialisten met een Gini-coëfficiënt tussen de 0,50 en 0,75 benaderd worden door een hyperexponentiële verdeling. De hyperexponentiële verdeling is in dit geval een samenstelling van twee exponentiële verdelingen, die beide een kans en een eigen gemiddelde ligduur hebben. Oftewel, er ontstaan twee groepen patiënten: de kortliggers en de langliggers. Uit analyses blijkt dat patiënten die langer dan een paar dagen liggen goed door deze hyperexponentiële verdeling worden benaderd. Echter, vooral de ligduur korter dan 12-24 uur is minder goed vertegenwoordigd, maar in de meeste gevallen nog acceptabel. Een deel hiervan is opgelost door de patiënten die een ligduur korter dan 2 uur hebben gekregen, een nieuwe ligduur te geven die uniform tussen

7,5 en 15 uur ligt. In Bijlage G staan meer details over de hyperexponentiële verdeling en hun parameters.

Voor de simulatie nemen wij aan dat voor de specialismen die een Gini-coëfficiënt hebben tussen 0,50 en 0,75 hyperexponentieel verdeeld zijn. KNO en KAA vallen hier niet onder en krijgen een exponentiële verdeling. Wij hebben allerlei andere verdelingen getest, zoals Weibull, gamma en lognormaal, maar die waren ook niet passend genoeg. Daarnaast hebben wij ook een combinatie van een empirische verdeling voor de korte liggers en de hyperexponentiële voor de lange liggers geprobeerd, maar dit leidde tot een onderschatting van de correcte gemiddelde ligduur na een jaar. Wij bespreken verder in de discussie van Hoofdstuk 6 de problemen met de ligduur.

5.1.3 Aannames en versimpelingen

Naast wat al vermeld is in de vorige paragrafen, zijn dit de overige aannames en versimpelingen:

- De ligduur is onafhankelijk van de aankomsttijd. In het echt is dit niet zo, aangezien iemand die om 20:00 arriveert al een bepaalde minimum verblijfstijd heeft.
- Patiënten kunnen op elk moment ontslagen worden, dus ook 's nachts.
- Patiënten worden niet geweigerd, aangezien capaciteit niet verwerkt is in dit simulatiemodel. Op de verpleegafdelingen liggen alleen patiënten die er dus ook zouden moeten liggen.

5.2 Validatie en verificatie

De verificatie van het model is tijdens het programmeren en ontwikkelen gebeurd. Het model is stap voor stap gemaakt en bij elke toevoeging uitvoerig getest. Hieronder vallen ook de verschillende aankomsten, zoals de empirische verdelingen en de Poisson thinning. Daarnaast is de code aan het einde nogmaals doorlopen.

Voor validatie gebruiken wij twee manieren, namelijk de Black box validatie (Robinson, 2014) en visuele validatie met stakeholders. Bij Black box validatie vergelijken we de resultaten en andere eigenschappen uit de simulatie van de huidige indeling met de echte gegevens. Een probleem hierbij is dat in het de realiteit orthopedie op twee verpleegafdelingen ligt en in de simulatie orthopedie als één geheel gezien wordt.

In Tabel 5.1 staan het aantal opnames en de totale verpleegdagen van het simulatiemodel en in het echt naast elkaar. De verschillen kunnen verklaard worden doordat het simulatiemodel evenveel van elke weekdag bevat, maar de data niet. Bij de data zijn feestdagen eruit gehaald, waardoor niet evenveel van elke weekdag overblijft (tussen 40 en 45 van elk). In tabel 5.2 staat het gemiddeld aantal aanwezige patiënten per verpleegafdeling, waarbij orthopedie wel in zijn geheel bij D4 West zit. Deze verschillen kunnen ook door de vorige reden verklaard worden. De verschillen zijn niet significant, en dus concluderen we dat het simulatiemodel valide is met betrekking tot de opnames en verpleegdagen.

	Simulatie	Echt
Aantal opnames	6963	7043
Totale verpleegdagen	21680 dagen	22020 dagen

Tabel 5.1. Het aantal opnames en de totale verpleegdagen volgens het simulatiemodel en in het echt. (Bron: Zorgkubus)

Afdeling	Simulatie	Echt
B3 Oost	12,68	12,45
D4 Oost	18,64	18,68
D4 West	29,08	29,69
D5 West	12,35	12,33
Totaal	72,76	73,16

Tabel 5.2. Het gemiddelde aantal patiënten aanwezig per verpleegafdeling in de simulatie en in het echt (Bron: berekend uit gegevens Zorgkubus)

De variatie is lastiger te valideren, aangezien wij alleen de variatie in bedbezetting voor 2016 hebben, en B3 Oost en D5 West bedden sluiten in het weekend. Hierdoor zal de variatie in het simulatiemodel hoger liggen. Daarnaast zit zoals gezegd de orthopedie over D4 Oost en D4 West verspreid en in het simulatiemodel alleen in D4 West. In Tabel 5.3 staat de variatie per dag ($n = 301$) voor het simulatiemodel en in de realiteit. B3 Oost en D5 West hebben inderdaad een hogere variatie in het simulatiemodel.

Afdeling	Simulatie	Echt
B3 Oost	0.328	0.246
D4 Oost	0.219	0.178
D4 West	0.172	0.126
D5 West	0.314	0.270

Tabel 5.3. De variatie per dag per verpleegafdeling in de simulatie en in het echt. (Bron: berekend uit data Zorgkubus, $n = 301$ dagen)

Als het model bekeken wordt terwijl het draait, is duidelijk te zien dat B3 Oost en D5 West veel meer variëren in het aantal aanwezige patiënten dan D4 West en Oost over de tijd heen. Zelfs is te zien dat D4 West stabiel is dan D4 Oost.

Na het vergelijken van de cijfers en de context daarvan, achten wij het model valide om verschillende indelingen van verpleegafdelingen te evalueren. Een verpleegafdeling is een complex iets, waarin veel factoren een rol spelen waaronder ook menselijke invloeden een rol spelen. Dit model streeft naar een versimpelde benadering van de aanwezigheid van patiënten en kan, en hoeft, ook niet perfect te zijn.

5.3 Experimenten

Eerst bespreken wij de scenario's die we gaan beoordelen en daarna sluiten wij af met de warm-up periode en het aantal replicaties.

De scenario's zijn in drie categorieën verdeeld:

- 1) Indelingen die onder de huidige fysieke restricties mogelijk zijn. Hieronder valt dus ook de huidige situatie, die als base case geldt.
- 2) De samenvoeging van alle verpleegafdelingen. Hiermee wordt de vraag “wat is gegeven de huidige aankomsten en ligduren het best mogelijke resultaat?” beantwoord. Dit scenario zal de effecten van schaalvergroting illustreren.
- 3) De samenvoeging van D4 Oost en D4 West. Dit is een realistischere variant van categorie 2. Hier zal een aantal dezelfde indelingen worden getest als bij categorie 1, zodat deze vergeleken kunnen worden.

De fysieke restricties voor categorie 1 zijn als volgt:

- D4 West en Oost hebben maximaal 34 bedden, D5 West 29 en B3 Oost 30.
- KNO moet op D5 West liggen wegens behandelkamers.
- OOG moet op B3 Oost liggen wegens een behandelkamer en artsenkamer.
- KAA moet in de D-toren liggen. KAA zou eerst op D5 West moeten liggen, maar als dat zou gelden zouden er te weinig scenario's overblijven.
- ORT moet op D4 Oost liggen wegens een fysiokamer. Deze restrictie zou versoepeld kunnen worden, omdat deze fysiokamer niet zo belangrijk is als een behandelkamer. Echter, deze restrictie heeft geen effect op het aantal scenario's, omdat ORT niet bij OOG of KNO op de verpleegafdeling past en dus op D4 West of Oost moet liggen.

Met behulp van een schatting van het benodigde bedden per specialisme waarbij al voor schaalvergroting is gecompenseerd, zijn allereerst handmatig de indelingen uitgewerkt zoals in Tabel 5.4 staan. De experimenten voor categorie 2 zijn dezelfde als die van categorie 1, behalve dat D4 West en D4 Oost bij categorie 2 zijn samengevoegd.

Exp.	D4 WEST		B3 OOST		D5 WEST			D4 OOST	
1	ORT	CTR	OOG	URO	KNO	KAA	PLA	VAT	CHI
2	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	CHI	KAA	VAT	URO
3	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	URO	KAA	VAT	CHI
4	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	VAT		KAA	CHI URO
5	ORT	PLA	OOG	VAT	KNO	CHI	KAA	CTR	URO
6	ORT	PLA	OOG	VAT	KNO	URO	KAA	CTR	CHI
7	ORT	PLA	OOG	VAT	KNO	CTR		CHI	URO KAA
8	ORT	KAA	OOG	CHI PLA	KNO	CTR		URO	VAT
9	ORT	KAA	OOG	CHI PLA	KNO	VAT		CTR	URO
10	ORT	KAA	OOG	URO PLA	KNO	CTR		CHI	VAT
11	ORT	KAA	OOG	URO PLA	KNO	VAT		CHI	CTR
12	ORT	KAA	OOG	CTR	KNO	URO	PLA	CHI	VAT
13	ORT	KAA	OOG	CTR	KNO	CHI	PLA	VAT	URO
14	ORT	KAA	OOG	CTR	KNO	VAT		CHI	URO PLA
15	ORT	KAA	OOG	VAT	KNO	URO	PLA	CTR	CHI
16	ORT	KAA	OOG	VAT	KNO	CHI	PLA	CTR	URO
17	ORT	KAA	OOG	VAT	KNO	CTR		CHI	PLA URO

Tabel 5.4. De 17 mogelijke indelingen voor categorie 1, gegeven de fysieke restricties, waarbij elke rij een indeling is. De experimenten voor categorie 2 zijn hetzelfde, behalve dat D4 West en Oost zijn samengevoegd. Experiment 1 is de huidige situatie.

Warm-up en replicaties

Volgens een visuele inspectie van het aantal aanwezige patiënten lijkt een warm-up periode van 60 dagen al voldoende. De maximale ligduur uit de dataset ligt voor de specialismen vaak tussen de 50 en 60 uur. Aangezien de simulatie snel runt, kiezen wij voor een warm-up periode van 1 jaar (301 dagen).

Met behulp van de betrouwbaarheidsinterval methode (Robinson, 2014) is het aantal benodigde replicaties geanalyseerd. Het blijkt dat al 4 replicaties voldoende zijn voor een kleine foutmarge. Aangezien meer replicaties wel beter is en de simulatietijd kort is, kiezen wij voor 10 replicaties.

In bijlage I staat naast een screenshot van het simulatiemodel, ook grafieken en uitleg voor de warm-up periode en het aantal replicaties.

5.4 Analyse van de resultaten

In Tabel 5.5 staat een deel van de resultaten van de categorie 1 indelingen, zoals ze uit het simulatiemodel komen. Zie Tabel 5.4 voor de exacte toewijzing van specialismen per experiment. In Bijlage J staan de complete resultaten, waar de variatie in verder detail vergeleken kan worden onder de verpleegafdelingen. In deze bijlage staan dus ook de resultaten voor de experimenten uit categorie 2 en 3.

Exp	Gemiddeld aanwezig				Variatie aanwezigheid doordeweeks				Variatie aanwezigheid hele week			
	B3O	D4O	D4W	D5W	B3O	D4O	D4W	D5W	B3O	D4O	D4W	D5W
1	12,68	18,64	29,08	12,35	6,360	2,746	2,234	4,978	63,498	10,806	11,931	33,350
2	18,06	18,06	20,70	15,94	5,003	4,511	1,397	3,063	27,982	30,788	18,229	25,408
3	18,06	18,64	20,70	15,36	5,003	2,746	1,397	3,845	27,982	10,806	18,229	54,434
4	18,06	18,51	20,70	15,49	5,003	4,630	1,397	5,134	27,982	32,711	18,229	25,454
5	16,07	20,04	20,70	15,94	7,441	2,297	1,397	3,063	43,832	17,314	18,229	25,408
6	16,07	20,62	20,70	15,36	7,441	1,006	1,397	3,845	43,832	3,351	18,229	54,434
7	16,07	18,51	20,70	17,47	7,441	4,630	1,397	3,630	43,832	32,711	18,229	15,424
8	17,59	18,06	19,64	17,47	4,727	4,511	2,519	3,630	49,060	30,788	15,857	15,424
9	17,59	20,04	19,64	15,49	4,727	2,297	2,519	5,134	49,060	17,314	15,857	25,454
10	17,00	18,64	19,64	17,47	8,388	2,746	2,519	3,630	91,084	10,806	15,857	15,424
11	17,00	20,62	19,64	15,49	8,388	1,006	2,519	5,134	91,084	3,351	15,857	25,454
12	18,06	18,64	19,64	16,42	5,003	2,746	2,519	4,324	27,982	10,806	15,857	63,791
13	18,06	18,06	19,64	17,00	5,003	4,511	2,519	4,294	27,982	30,788	15,857	33,018
14	18,06	19,57	19,64	15,49	5,003	3,532	2,519	5,134	27,982	36,734	15,857	25,454
15	16,07	20,62	19,64	16,42	7,441	1,006	2,519	4,324	43,832	3,351	15,857	63,791
16	16,07	20,04	19,64	17,00	7,441	2,297	2,519	4,294	43,832	17,314	15,857	33,018
17	16,07	19,57	19,64	17,47	7,441	3,532	2,519	3,630	43,832	36,734	15,857	15,424

Tabel 5.5. Een deel van resultaten van de categorie 1 experimenten uit het simulatiemodel. Zie Tabel 5.4 voor de indeling per experiment. Experiment 1 is de huidige situatie.

Aangezien de resultaten in Tabel 5.5 de variatie in aanwezigheid meten, moeten wij daar de variatie in bedbezetting van maken om de scenario's eerlijker te vergelijken. In Tabel 5.6 staat voor Categorie 1 en 2 experimenten het aantal bedden dat nodig is voor een maximale blokkeringskans van 3%.

In Tabel 5.7 staat de gesommeerde variatie in bedbezetting doordeweeks en over de hele week per experiment, voor zowel categorie 1, 2 en 3. Deze gegevens zijn dus berekend door de resultaten uit Tabel 5.5 te delen door het aantal benodigde bedden (Tabel 5.6) in het kwadraat, om zo van de variatie in aanwezigheid om te zetten naar de variatie in bedbezetting. Let op: De waarden in Tabel 5.7 zijn vermenigvuldigd met 100, om het vergelijken van de getallen makkelijker te maken. Aangezien de waarden op zichzelf niks zeggen en alleen gebruikt worden om scenario's te vergelijken, heeft dit geen nadelige gevolgen.

Aantal bedden	Categorie 1					Categorie 2			
Exp	B3 Oost	D4 Oost	D4 West	D5 West	Totaal	B3 Oost	D4 Oost + West	D5 West	Totaal
1	22	29	43	22	116	22	65	22	109
2	28	29	33	26	116	28	56	26	110
3	28	29	33	26	116	28	56	26	110
4	28	30	33	26	117	28	56	26	110
5	27	31	33	26	117	27	57	26	110
6	27	31	33	26	117	27	58	26	111
7	27	30	33	28	118	27	56	28	111
8	29	29	32	28	118	29	54	28	111
9	29	31	32	26	118	29	56	26	111
10	28	29	32	28	117	28	55	28	111
11	28	31	32	26	117	28	56	26	110
12	28	29	32	27	116	28	55	27	110
13	28	29	32	28	117	28	54	28	110
14	28	31	32	26	117	28	56	26	110
15	27	31	32	27	117	27	56	27	110
16	27	31	32	28	118	27	56	28	111
17	27	31	32	28	118	27	56	28	111

Tabel 5.6. Het aantal benodigde bedden voor een maximale blokkeringskans van 3% per experiment.

Exp	Categorie 1		Categorie 2		Categorie 3	
	Doordeweeks	Hele week	Doordeweeks	Hele week	Doordeweeks	Hele week
1	2,79	21,94	2,53	21,01	0,37	4,06
2	1,76	12,66	1,42	10,34	N.V.T.	
3	1,66	14,58	1,43	13,33		
4	2,04	12,74	1,72	10,45		
5	1,84	13,25	1,67	11,91		
6	1,82	16,09	1,70	15,09		
7	2,13	13,29	1,80	11,09		
8	1,81	13,01	1,46	10,85		
9	1,81	12,95	1,60	11,66		
10	2,11	16,42	1,82	15,23		
11	2,18	17,28	2,00	16,39		
12	1,80	15,15	1,52	13,97		
13	1,97	12,99	1,62	10,83		
14	2,01	12,71	1,72	10,45		
15	1,96	16,66	1,79	15,77		
16	2,05	13,57	1,85	12,29		
17	2,10	13,35	1,80	11,09		

Tabel 5.7. De gesommeerde variatie doordeweeks en over de hele week voor alle categorie 1, 2 en 3 experimenten. Deze waarden zijn vermenigvuldigd met 100, om het vergelijken makkelijker te maken.

Uit de resultaten in Tabel 5.7 zien wij dat alle geteste scenario's minder variatie doordeweeks en over de hele week vertonen dan de huidige situatie (experiment 1). Dit geldt voor categorie 1 en 2. Uit de resultaten blijkt ook dat het samenvoegen van D4 Oost en D4 West in elk scenario leidt tot een kleinere variatie in bedbezetting. De relatieve grootte van deze reductie in variatie verschilt per experiment en is afhankelijk van de indeling van specialismen. Het samenvoegen tot één grote verpleegafdeling leidt tot een afname van 86,7% in variatie doordeweeks en 81,5% over de hele week, ten opzichte van de huidige situatie (categorie 1, exp 1). Naast het schaalvoordeel dat samenvoegen heeft op het aantal benodigde bedden, leidt samenvoegen dus ook tot een lagere variatie in bedbezetting.

In categorie 1 heeft experiment 3 de laagste variatie doordeweeks en experiment 2 de laagste variatie over de hele week. Experiment 2 heeft zowel de laagste variatie doordeweeks als over de hele week in categorie 2, maar de variatie doordeweeks is voor experiment 3 vergelijkbaar. In Tabel 5.8 staan nogmaals de indeling van specialismen voor experiment 2 en 3.

De gemiddelde aanwezigheid en bedbezetting voor de best presterende experimenten voor alle categorieën staan in Tabel 5.9. De aanwezigheid is gecompenseerd voor de weigering van 3% van de patiënten, waarop het aantal benodigde bedden is gebaseerd. De gemiddelde aanwezigheid en bedbezetting is over de hele week, dus inclusief het weekend. Als in het weekend bedden worden gesloten, wordt de gemiddelde bedbezetting hoger.

Exp.	D4 WEST		B3 OOST		D5 WEST			D4 OOST	
2	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	CHI	KAA	VAT	URO
3	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	URO	KAA	VAT	CHI

Tabel 5.8. De indeling van specialismen voor experiment 2 en 3.

	Categorie 1				Categorie 2		Categorie 3	
	Exp 2		Exp 3		Exp 2		Exp 1	
	Aanwezig	Bed- bezetting	Aanwezig	Bed- bezetting	Aanwezig	Bed- bezetting	Aanwezig	Bed- bezetting
B3 Oost	17,51	62,55%	17,51	62,55%	17,51	62,55%	70,5746	73,52%
D4 Oost	17,52	60,41%	18,08	62,35%	37,60	67,14%	-	-
D4 West	20,08	60,85%	20,08	60,85%	-	-	-	-
D5 West	15,46	59,47%	14,90	57,30%	15,46	59,47%	-	-
Totaal	70,57	60,86%	70,57	60,91%	70,57	64,32%	70,57	73,52%

Tabel 5.9. De gemiddelde aanwezigheid en bedbezetting over de hele week voor de experimenten met de laagste variatie voor alle categorieën. De aanwezigheid is gecompenseerd voor 3% weigering, waarop het aantal benodigde bedden is gebaseerd.

Uit het bestuderen van de variaties van specifieke indelingen op verpleegafdelingen, lijkt het een goed idee om te voorkomen dat een verpleegafdeling alleen specialismen behandelt die een relatief korte ligduur hebben. De variatie is bij zulke combinaties hoog over de hele week, aangezien het contrast tussen doordeweeks en het weekend groot is. Experiment 6, 10, 11 en 15 zijn hier voorbeelden van. Echter, een combinatie van relatieve kortliggers kan doordeweeks wel goed werken, zoals de combinatie KNO-URO-KAA in experiment 3. Hoe stabiel zo'n combinatie doordeweeks is, hangt bij kortere ligduren meer af van de dagelijkse aankomsten.

De KNO-URO-KAA combinatie werkt goed, omdat deze specialismen de pieken en dalen van hun aankomsten over de week heen aanvullen (Figuur 3.4). Een voorbeeld van een combinatie van korte liggers die doordeweeks ook niet goed presteren, zijn OOG-URO-PLA en KNO-URO-PLA in experimenten 10, 11 en 15. Dus aangezien de aanwezigheid van patiënten in een combinatie van korte liggers gevoeliger is voor variatie in dagelijkse aankomsten, lijkt het verstandig om in het algemeen een specialisme met een korte ligduur te combineren met een specialisme met een lange ligduur.

5.5 Conclusie

Hoofdstuk 5 geeft antwoord op de deelvraag 4 “*Wat zijn de effecten van verschillende toewijzingen van specialismen aan de verpleegafdelingen?*”.

Om deze vraag te beantwoorden hebben wij een discrete event simulatiemodel ontwikkeld die wij bespreken in Sectie 5.1. In Sectie 5.2 concluderen wij dat het simulatiemodel valide is om verschillende toewijzingen van specialismen aan de verpleegafdelingen te evalueren.

In Sectie 5.3 zijn drie categorieën experimenten opgesteld. Onder de eerste categorie vallen naast de huidige situatie 16 nieuwe indelingen die allen voldoen aan de fysieke restricties van de verpleegafdelingen die wij in Hoofdstuk 2 hebben geïdentificeerd. In de tweede categorie voegen wij D4 Oost en D4 West samen tot één verpleegafdeling bij diezelfde experimenten. Ten slotte voegen wij alle verpleegafdelingen samen in de derde categorie, waardoor maar een experiment overblijft.

Sectie 5.4 bespreekt de resultaten van de experimenten. Om deze experimenten te beoordelen, hebben wij een eigen meting van variatie opgesteld, die het verschil in gemiddelde bedbezetting tussen opeenvolgende weekdays sommeert. Hiermee hebben wij de variatie in bedbezetting doordeweeks en over de hele week berekend. Dit onderscheid is gemaakt omdat in het weekend het aantal patiënten dat aanwezig is daalt. Alle nieuwe indelingen hebben minder variatie doordeweeks en over de hele week dan de huidige indeling. Daarnaast leidt het samenvoegen van verpleegafdeling niet alleen tot een kleiner aantal benodigde bedden, maar ook tot een lagere variatie in bedbezetting. Ten slotte lijkt het een goed idee om een specialisme met een relatief lange ligduur met een specialisme met een korte ligduur te combineren.

In de tabel hieronder staan de indelingen van specialismen die voldoen aan de fysieke restricties met de laagste variatie. Experiment 2 heeft de laagste variatie over de hele week en experiment 3 de laagste doordeweeks.

Exp.	D4 WEST		B3 OOST		D5 WEST			D4 OOST	
2	<i>ORT</i>	<i>PLA</i>	<i>OOG</i>	<i>CTR</i>	<i>KNO</i>	<i>CHI</i>	<i>KAA</i>	<i>VAT</i>	<i>URO</i>
3	<i>ORT</i>	<i>PLA</i>	<i>OOG</i>	<i>CTR</i>	<i>KNO</i>	<i>URO</i>	<i>KAA</i>	<i>VAT</i>	<i>CHI</i>

6. Conclusie, aanbevelingen en discussie

6.1 Conclusie

Dit onderzoek geeft antwoord op de vraag “*Welke toewijzing van specialismen aan de verpleegafdelingen van de divisie Heelkundige Specialismen leidt tot de laagste variatie in bedbezetting en hoeveel bedden zijn daarvoor nodig?*”. Om deze vraag te beantwoorden, zijn 4 deelvragen geformuleerd. De deelvragen zullen nu een voor een worden beantwoord.

Hoofdstuk 2 geeft antwoord op de deelvraag 1 “*Wat is de huidige situatie in de verpleegafdelingen van de divisie heelkundige specialismen?*”. In 2015 zijn de oncologie patiënten van algemene heelkunde, urologie en KNO overgeplaatst naar andere divisies. Op D5 West is plastische chirurgie en kaakchirurgie in hun geheel overgenomen. Orthopedie, KNO en oogheelkunde hebben allen een vaste behandelkamer op hun eigen verpleegafdeling. Daarnaast liggen D4 Oost en D4 West als enige naast elkaar op dezelfde verdieping, dat de mogelijkheid tot samenwerking vergroot. De verpleegafdelingen zijn beoordeeld op drie hoofdgroepen prestatie-indicatoren; bedbezetting, ligduur en leenbedden. In lijn met het handelingsprobleem, zien we dat de bedbezetting inderdaad variabel is, zowel doordeweeks en in het weekend, maar ook van week tot week. B3 Oost en D5 West hebben meer variatie in de bedbezetting dan de afdelingen op D4. Dit kan komen doordat zij een variabel aankomstproces hebben met een substantieel lager gemiddelde ligduur dan D4 West en Oost. Wat het meest opvalt, is dat de totale ligduur over 2016 van B3 Oost en D5 West beiden de helft is van D4 West. Dit gecombineerd met het gemiddelde aantal open bedden leidt tot het verschil in de gemiddelde bedbezetting. Ten slotte neemt D5 West het grootste aantal extra patiënten op en weigert zelf het minste aantal eigen patiënten.

Hoofdstuk 3 geeft antwoord op deelvraag 2 “*Wat zijn de aankomsten en ligduren van patiënten van de verschillende specialismen?*”. Voor de analyse van de aankomsten zijn de patiënten onderverdeelt in spoed patiënten, doordeweeks electieve patiënten en electieve patiënten in het weekend. De verdeling van het aantal patiënten dat wordt opgenomen doordeweeks is verassend variabel, zoals ook de Bruijn et al. (2010) en Walley et al. (2006) ondervinden. Tijdens het weekend worden zelden electieve opnames gepland. Het percentage spoed patiënten ligt voor de meest specialismen tussen de 10 en 25 procent. Traumatologie is een uitschieter met 71% spoedopnames. Verder is het aankomstproces per uur en weekdag ook erg variabel. De variabiliteit in de ligduur is gemeten door middel van de Gini-coëfficiënt. Deze coëfficiënt heeft een waarde tussen 0 en 1, waarbij 0 betekent dat elke patiënt een gelijke hoeveelheid capaciteit gebruikt. Een hogere coëfficiënt betekent dat een steeds kleinere groep patiënten evenveel capaciteit gebruikt als de overige patiënten. De Gini-coëfficiënten van de specialismen liggen tussen de 0,408 en 0,623. Deze coëfficiënten zijn later gebruikt voor de kansverdeling van de ligduur in het simulatiemodel.

Hoofdstuk 4 geeft antwoord op deelvraag 3 “*Welke manieren van beddenscapaciteit berekenen bestaan er volgens de literatuur en welke is het meest geschikt voor de divisie Heelkundige Specialismen?*”. Uit een literatuurstudie blijkt dat er een aantal wachtrij modellen bestaan met een verschillende complexiteit en focus op details. Wij hebben gekozen voor het Erlang verlies model van De Bruin et al. (2010), omdat dit model makkelijk toepasbaar is op de verpleegafdelingen. Uit dit model volgt dat DHS van 126 bedden naar 110 bedden toe kan, met een blokkeringskans van 3%. De doordeweekse bedbezetting van de vier verpleegafdelingen liggen dan ook dicht bij elkaar en stijgt in totaal van gemiddeld 66% naar 73%.

Hoofdstuk 5 geeft antwoord op de deelvraag 4 “*Wat zijn de effecten van verschillende toewijzingen van specialismen aan de verpleegafdelingen?*”. Om deze vraag te beantwoorden hebben wij met een discrete event simulatiemodel drie categorieën experimenten vergeleken. Onder de eerste categorie vallen naast de huidige situatie 16 nieuwe indelingen die allen voldoen aan de fysieke restricties van de verpleegafdelingen. In de tweede categorie voegen wij D4 Oost en D4 West samen tot één verpleegafdeling bij diezelfde experimenten. Ten slotte voegen wij alle verpleegafdelingen samen in de derde categorie. Om deze experimenten te beoordelen, hebben wij een eigen meting van variatie opgesteld, die het verschil in gemiddelde bedbezetting tussen opeenvolgende weekdays sommeert. Hiermee hebben wij de variatie in bedbezetting doordeweeks en over de hele week berekend. Alle nieuwe indelingen hebben minder variatie doordeweeks en over de hele week dan de huidige indeling. Daarnaast leidt het samenvoegen van verpleegafdeling niet alleen tot een kleiner aantal benodigde bedden, maar ook tot een lagere variatie in bedbezetting. Ten slotte lijkt het een goed idee om een specialisme met een relatief lange ligduur met een specialisme met een korte ligduur te combineren.

De hoofdvraag “*Welke toewijzing van specialismen aan de verpleegafdelingen van de divisie Heelkundige Specialismen leidt tot de laagste variatie in bedbezetting en hoeveel bedden zijn daarvoor nodig?*” kunnen wij nu beantwoorden. Uit de resultaten van het simulatiemodel volgt dus dat indeling 1 uit Tabel 6.1 leidt tot de laagste variatie in bedbezetting over de hele week en indeling 2 leidt tot de laagste variatie doordeweeks, en voor beiden zijn 116 bedden nodig voor een maximale blokkeringskans van 3%.

Indeling	D4 WEST		B3 OOST		D5 WEST			D4 OOST	
1	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	CHI	KAA	VAT	URO
2	ORT	PLA	OOG	CTR	KNO	URO	KAA	VAT	CHI

Tabel 6.1. De exacte toewijzingen van specialismen aan de verpleegafdeling met de laagste variatie.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van de resultaten en de ervaringen die zijn opgedaan uit dit onderzoek hebben wij een aantal aanbevelingen opgesteld.

Ten eerste is het belangrijk om alle bedden die niet gebruikt worden officieel in het informatiesysteem te sluiten. Dit heeft geen effect op het dagelijks leven in de verpleegafdelingen, maar zorgt wel voor een hogere en nauwkeurigere registratie van de bedbezetting. In het weekend arriveren zelden nieuwe patiënten, dus wees dan kritisch over de hoeveelheid bedden die gebruikt gaan worden en sluit die ook officieel.

Zorg ten tweede dat (een deel van) de verpleegkundigen de patiënten van alle specialismen op een verpleegafdeling kunnen verzorgen. Hierdoor kan maximaal gebruik worden gemaakt van de schaalvergroting. Een patiënt moet alleen geweigerd worden op een verpleegafdeling als alle open bedden vol liggen. De grenzen tussen specialismen op een verpleegafdeling moeten dus vervagen.

Ten derde, combineer in eerste instantie specialismen zodanig dat het relatieve gemiddelde aantal aanwezige patiënten vergelijkbaar is over alle verpleegafdeling. Hierdoor zijn de lasten beter verspreid over de verpleegafdelingen. In het algemeen zou daarna een specialisme met een lange ligduur gekoppeld moeten worden met een specialisme met een korte ligduur. Dit is niet per se de optimale oplossing, maar wel een goed streven.

Ten slotte de allerbelangrijkste aanbeveling, maar ook één van de lastigste om te verbeteren. Probeer het aantal aankomsten van patiënten te stabiliseren. Zelfs de electieve aankomsten per weekdag zijn erg variabel. Variabele aankomsten leiden tot een variabele bedbezetting.

6.3 Discussie

In deze paragraaf doen wij eerst een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek en daarna reflecteren wij op onze eigen keuzes.

Vervolgonderzoek

Voor vervolgonderzoek kan gekeken worden als specialismen ook op basis van zorgzwaarte kunnen worden ingedeeld. Aangezien er nog steeds een tekort aan verpleegkundigen is, wordt het interessanter om de focus op verpleegkundigen te leggen, in plaats van de bedden. De uitdaging zal onder andere zijn om de pieken in de ervaren werkdruk meetbaar te maken en te verminderen.

Aangezien in het informatiesysteem niet aangegeven wordt hoe lang een bed niet gebruikt kan worden, doordat het bed bijvoorbeeld al toegezegd is aan een patiënt, kan het interessant zijn om te onderzoeken hoeveel procent van de tijd een bed echt gebruikt wordt door een patiënt en hoe deze tijd te maximaliseren is.

Ten slotte zou onderzoek gedaan kunnen worden naar een short-stay afdeling. Hierbij kan gekeken worden hoe zo'n afdeling ingericht moet worden, wie daar precies moet komen liggen, en wat het effect daarvan is op de overige afdelingen.

Reflectie

Eerst reflecteren wij op onze keuze om voor het Erlang verlies model te kiezen voor alleen de doordeweekse benodigde bedden, in plaats van over de hele week. Door deze keuze zouden de berekende bedden weleens overschat kunnen zijn, aangezien de gemiddelde ligduur hoger ligt door het weekend. De originele auteurs hebben wel gewaarschuwd dat het Erlang verlies model het aantal benodigde bedden kan onderschatten, omdat in het echt de aanname dat de aankomsten volgens een Poisson proces verlopen niet klopt en wel daadwerkelijk systematische pieken heeft. Echter, de aanname dat de aankomsten Poisson zijn verdeeld maakt het model wel gemakkelijk en relatief simpel in gebruik. Of deze onder- en overschattingen elkaar opheffen, is lastig te zeggen. Daarom hebben wij in Hoofdstuk 4 uiteindelijk wel geprobeerd het model te valideren op het drukste moment van de dag, aangezien alleen piekmomenten relevant zijn.

Voor het simulatiemodel limiteert voornamelijk één aspect de nauwkeurigheid; namelijk de ligduurverdeling. Dit heeft twee kanten. Het eerste deel is dat de aanname dat de gegenereerde ligduur onafhankelijk is van het aankomst moment niet volledig klopt. Iemand die om 20:00 aankomt blijft overnachten en heeft dus op zijn minst een minimale ligduur. Wij denken overigens dat deze aanname een beperkt effect heeft op de resultaten. Het grootste probleem zit namelijk bij de kansverdeling van de ligduur. Aangezien wij alleen de waargenomen ligduren hebben, en niet de medische ligduur, ontstaat er een verdeling die niet makkelijk benaderd wordt door een bestaande theoretische kansverdeling. Dit komt omdat de waargenomen ligduur beïnvloed is door het aankomstmoment, eventuele overnachtingen, het ontslagbeleid, opstopping in het zorgproces, etc. Vaak zijn er ook meerdere kunstmatige pieken te zien, zoals pieken tussen 24-28 uur en 48-52 uur. Oftewel, een patiënt komt aan in de ochtend en vertrekt na iets meer dan 1 of 2 dagen tijdens de ontslagrondes. Daarnaast is het lastig om zowel de kortliggers als de langliggers tegelijkertijd goed te benaderen. Zoals wij met behulp van de Lorenz curve hebben gezien in Hoofdstuk 4, blijkt volgens het capaciteitsgebruik dat beide groepen belangrijk zijn om goed te vertegenwoordigen.

Voor de ligduur verdeling kozen wij uiteindelijk voor de hyperexponentiële verdeling, omdat deze de langliggers goed benaderd. Daarnaast hadden wij al de Gini-coëfficiënt berekend en er paste geen enkele andere theoretische verdeling. De kortliggers waren hierdoor minder goed benaderd. Wij hebben dit deels opgelost door patiënten een minimale ligduur van 2 uur te geven. Wij hebben ook geprobeerd om een combinatie te maken van een empirische verdeling voor de kortliggers en een hyperexponentiële verdeling voor de langliggers. Dit werkte echter niet goed en leidde tot een incorrecte gemiddelde ligduur per specialisme. Daarnaast is een empirische verdeling ook niet ideaal, vanwege de redenen die wij hiervoor besproken hadden.

Bronnen

- Bekker, R. & de Bruin, A.M. (2010). Time-dependent analysis for refused admissions in clinical wards. *Annals of Operations Research* 178(1), 45-65.
- Bekker, R., Koeleman, P.M. (2011). Scheduling admissions and reducing variability in bed demand. *Health Care Management Science* 14, 237-249.
- Cochran, J.K. & Bharti, A. (2006). Stochastic bed balancing of an obstetrics hospital. *Health Care Management Science* 9, 31-45.
- Costa, A.X., Ridley, S.A., Shahani, A.K., Harper, P.R., De Senna, V., Nielsen, M.S. (2003). Mathematical modelling and simulation for planning critical care capacity. *Anaesthesia* 58(4), 309-407.
- De Bruin, A.M., Bekker, R., van Zanten, L., Koole, G.M. (2010). Dimensioning hospital wards using the Erlang loss model. *Annals of Operations Research* 178(1), 23-43.
- Fischer, R.A. (1950). The significance of deviations from expectation in a Poisson series. *Biometrics* 6, 17-24.
- Gallivan, S., Utey, M., Treasure, T., Valencia, O. (2002). Booked inpatient admissions and hospital capacity: mathematical modelling study. *British Medical Journal* 324, 280.
- Gini, C. (1912). Variabilità e mutabilità. Reprinted in *Memorie di metodologica statistica* (Ed. Pizetti E, Salvemini, T). Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi.
- Goulding, L., Adamson, J., Watt, I., Wright, J. (2013). Lost in hospital: a qualitative interview study that explores the perceptions of NHS inpatients who spent time on clinically inappropriate hospital wards. *Health expectations* 18:5, 982-994.
- Harper, P.R., Shahani, A.K. (2002). Modelling for the planning and management of bed capacities in hospitals. *The Journal of the Operational Research Society* 53(1), 11-18.
- Harrison, G.W., Shafer, A. & Mackay, M. (2005). Modelling variability in hospital bed occupancy. *Health Care Management Science* 8(4), 325-334.
- Heerkens, H., Winden, van A..(2012). *Geen probleem*. Nieuwegein, Nederland: Van Winden Communicatie.
- Litvak, E., Buerhaus, P.I., Davidoff, F., Long, M.C., McManus, M.L., Berwick, D.M. (2005). Managing unnecessary variability in patient demand to reduce nursing stress and improve patient safety. *Joint Commission journal on quality and patient safety / Joint Commission Resources* 31:6.
- Lorenz, M.O. (1905). Methods of measuring the concentration of wealth. *Publications of the American Statistical Association* 9, 209-219.

Osorio, C. & Bierlaire, M. (2009). An analytic finite capacity queueing network model capturing the propagation of congestion and blocking. *European Journal of Operational Research* 196(3), 996-1007.

Robinson, S. (2014). *Simulation*. Palgrave Macmillan.

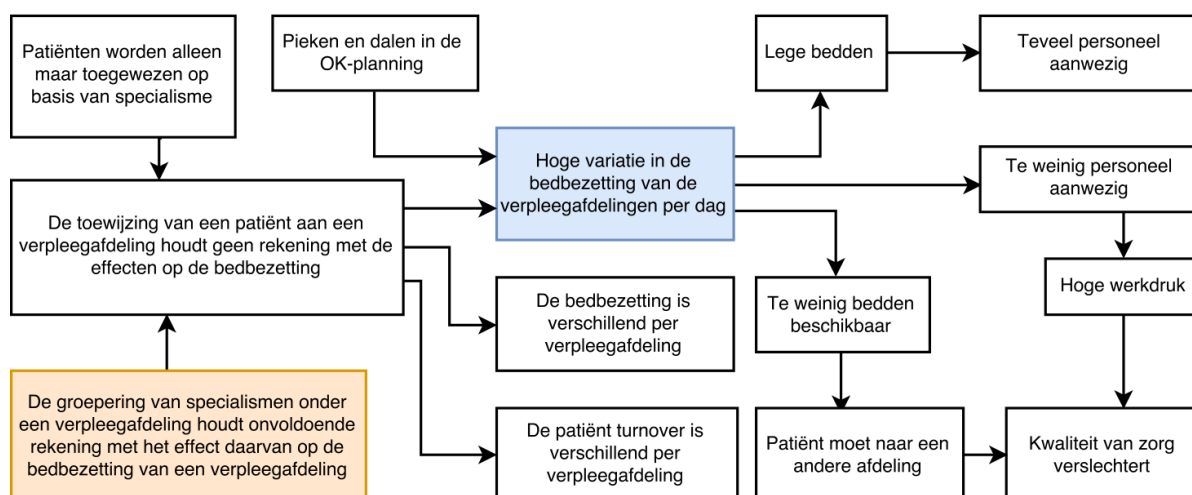
Van Essen, J.T., Van Houdenhoven, M., Hurink, J.L. (2015). Clustering clinical departments for wards to achieve a prespecified blocking probability. *OR Spectrum* 37(1), 243-271.

Walley, P., Silverster, K., Steyn, R. (2006). Managing variation in demand: lessons learned from the UK National Health Services. *Journal of Healthcare Management* 51, 309-322.

Webster, J., Watson, R.T. (2002). Analysing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *Management Information Systems Quarterly* 26(2), 13-23.

Bijlagen

Bijlage A - Probleemkluwen



Bijlage B - Vergelijking van datasets

De dataset rekent meer opnames dan de Zorgkubus. Echter, de totale ligduur is wel vergelijkbaar. In het figuur hieronder staat de berekende bedbezetting en de bedbezetting uit de Zorgkubus. Deze bedbezettingen zijn vergelijkbaar.

		# patienten in	Berekende	
2016	gem. bedden	systeem	bedbezetting	Kubus
G301	25.36	12.0597032	47.56%	47.85%
C303	33.91	21.0619863	62.12%	64.36%
C301	33.91	24.8130137	73.18%	75.28%
E310	25.79	12.17773973	47.21%	47.86%
Totaal			58.92%	60.38%

Bijlage C - Literatuurstudie

In de eerste tabel staat waarop precies gezocht is en hoeveel artikelen dit opleverde. De gebruikte artikelen zijn gekozen op basis van inclusie- en exclusiecriteria. Uiteindelijk is een conceptmatrix opgesteld waarin per gekozen artikel staat welke concepten daarin terugkomen en welke methoden de auteurs gebruiken.

Trefwoorden (Scopus)	Scope	Datum	Aantal	Gebruikt
“hospital” and “bed blocking”	Title, keywords and abstract	03/05/2017	60	2
“hospital” and “refused admissions”	Title, keywords and abstract	05/03/2017	55	5
“hospital” and “bed occupancy” and “variability”	Title, keywords and abstract	05/03/2017	52	3

Nummer	Inclusie criterium
1	Studies waarbij men modellen of simulaties gebruiken
2	Studies waarbij de bevindingen toepasbaar zijn op een verpleegafdeling in een ziekenhuis

Nummer	Exclusie criterium	Reden
1	Medische studies	Niet relevant voor dit onderzoek.
2	Studies die alleen over spoedpatiënten gaan	De focus van dit onderzoek ligt niet op spoedpatiënten.
3	Studies die alleen specifiek over ouderen gaan	Niet een representatieve groep voor dit onderzoek.
4	Studies die over hele specifieke patiëntengroepen gaan.	Voor dit onderzoek hebben we juist met veel verschillende patiëntengroepen te maken.

Author	Year	titles	Bed occupancy	Bed blocking	Bed allocation	method
Cochran, J.K. & Bharti, A.	2006	Stochastic bed balancing of an obstetrics hospital	x	x		Queuing networks, simulation
Osorio, C. & Bierlaire, M.	2009	An analytic finite capacity queueing network model capturing the propagation of congestion and blocking		x		Queuing networks, finite capacity
Bekker, R. & de Bruin, A.M.	2010	Time-dependent analysis for refused admissions in clinical wards		x		Queuing model
De Bruin, A.M. et al	2010	Dimensioning hospital wards using the Erlang loss model	x	x	x	Bed pooling, queueing model, erlang loss model
Harper, P.R. & Shahani, A.K.	2002	Modelling for the planning and management of bed capacities in hospitals	x	x	x	Operational modelling
Costa, A.X. et al	2003	Mathematical modelling and simulation for planning critical care capacity	x	x	x	Mathematical models
Harrison, G.W. et al	2005	Modelling Variability in Hospital Bed Occupancy	x			Stochastic simulation
Bekker, R. & Koeleman, P.M.	2011	Scheduling admissions and reducing variability in bed demand	x			Queuing theory, quadratic programming
Gallivan, S. et al	2002	Booked inpatient admissions and hospital capacity: mathematical modelling study	x			Mathematical models
Van Essen, J.T. et al.	2015	Clustering clinical departments for wards to achieve a prespecified blocking probability		x	x	Integer programming, heuristics

Bijlage D – Feestdagen en zomersluiting

De datums in de volgende twee tabellen tellen niet mee voor de analyse van de aankomsten van patiënten per specialisme in respectievelijk 2016 en 2015.

Dit betekent dat 2016 219 week- en 82 weekenddagen heeft. 2015 heeft dan 216 week- en 88 weekenddagen.

Datum 2016	Wat/waarom
1 jan t/m 3 jan	Opstartperiode na het nieuwe jaar
25 mrt t/m 28 mrt	Goede vrijdag t/m 2 ^e Paasdag
27 april	Koningsdag
1 mei	Dag van de arbeid
5 en 6 mei	Bevrijdingsdag en vrijdag daaropvolgend
15 en 16 mei	Pinksteren
9 juli t/m 21 aug	Zomersluiting
24 dec t/m 31 dec	Periode rondom Kerst en nieuwjaar

Datum 2015	Wat/waarom
1 jan t/m 3 jan	Opstartperiode na het nieuwe jaar
3 apr t/m 6 apr	Goede vrijdag t/m 2 ^e Paasdag
27 april	Koningsdag
5 en 6 mei	Bevrijdingsdag en vrijdag daaropvolgend
14 en 15 mei	Hemelvaart en de vrijdag daaropvolgend
24 en 25 mei	Pinksteren
13 juli t/m 23 aug	Zomersluiting
24 dec t/m 31 dec	Periode rondom Kerst en nieuwjaar

Bijlage E - Statistische verdelingen

Voor het aantal aankomsten van patiënten van specialisten in 2016 zijn twee verschillende goodness-of-fit toetsen gedaan voor de Poisson verdeling. De aankomsten van patiënten zijn onderverdeeld in electieve en spoedpatiënten. Net zoals door de Bruijn et al. (2010) is voor de electieve patiënten ook een onderscheid gemaakt tussen aankomsten doordeweeks en in het weekend.

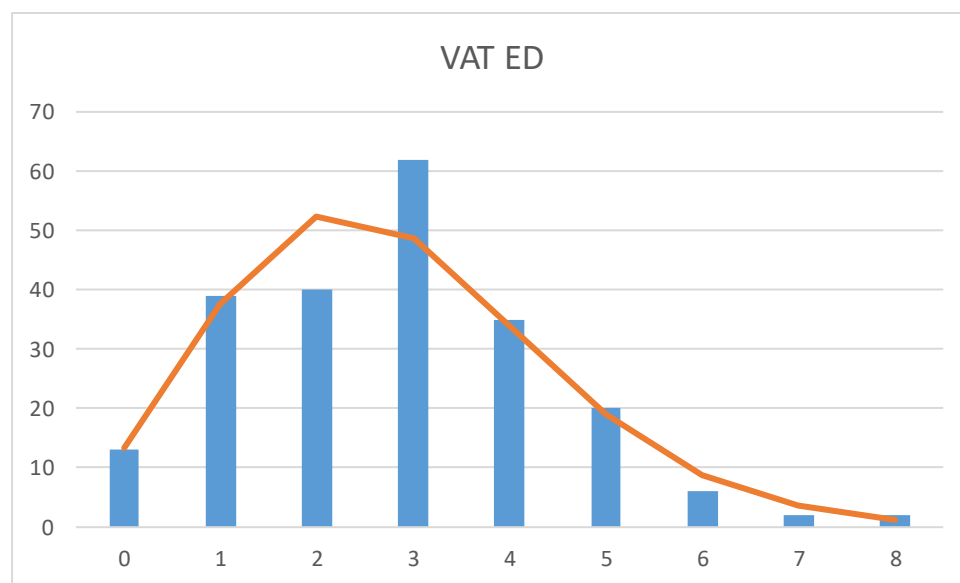
In eerste instantie is de verdeling getoetst door middel van de chi-kwadraattoets. Hierbij is als nulhypothese ondersteld dat de aankomsten volgens een Poisson verdeling verlopen. Voor een $\alpha = 5\%$ is de nulhypothese verworpen voor 6 van de 9 specialismen voor doordeweekse electieve patiënten, waarbij voor $\alpha = 2.5\%$ de nulhypothese wordt verworpen voor 5 specialismen. Geen enkele specialisme is voor de doordeweekse electieve en spoedpatiënten verworpen voor $\alpha = 5\%$.

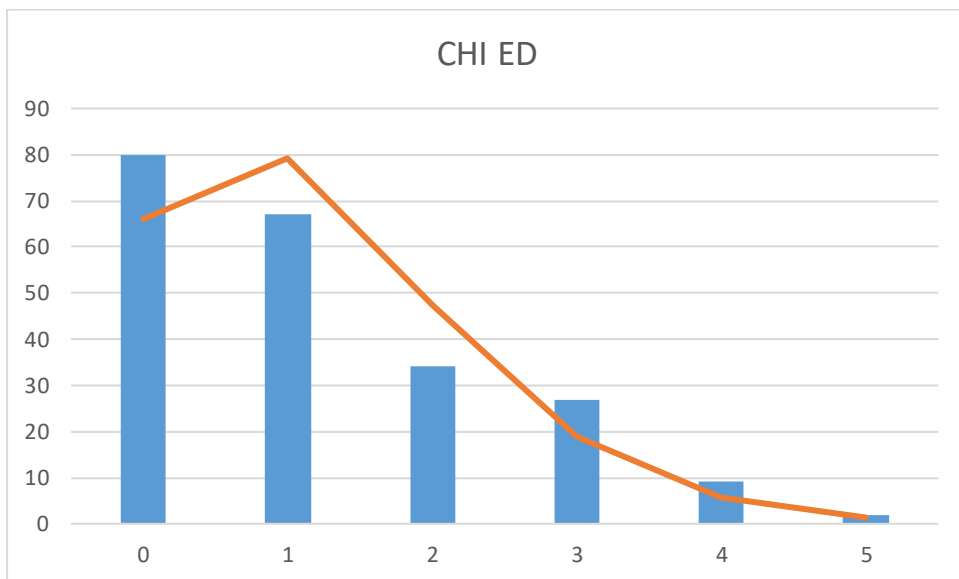
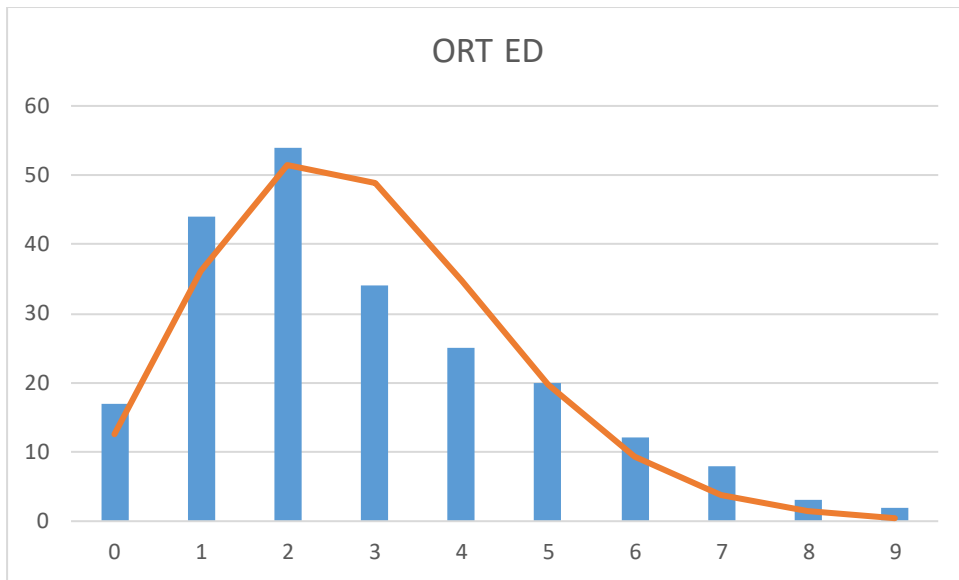
Voor de doordeweekse electieve patiënten is een tweede test gedaan op basis van de Poisson index of dispersion (Fischer, 1950). De dispersion index D is gedefinieerd als $D = \frac{\text{variantie}}{\text{gemiddelde}}$, waardoor bij een Poisson verdeling altijd $D = 1$ geldt. Onder de nulhypothese is $D * (n-1)$ chi-kwadraat verdeeld met $n - 1$ vrijheidsgraden. N is het aantal waarneming, welke bij de doordeweekse electieve patiënten 219 is. Gebruikmakende van deze chi-kwadraat verdeling, betekent het dat de nulhypothese niet wordt verworpen als D tussen 0,814 en 1,186 ligt met $\alpha = 5\%$ ($\alpha = 2,5\%$ voor elke zijde). Ook hier wordt de nulhypothese verworpen voor de 5 zelfde specialismen als bij de eerste toets.

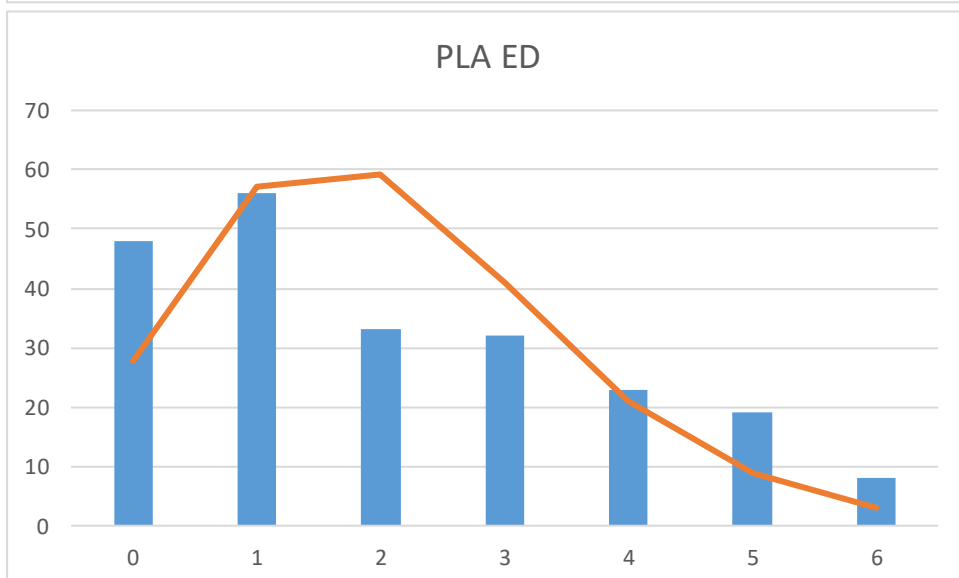
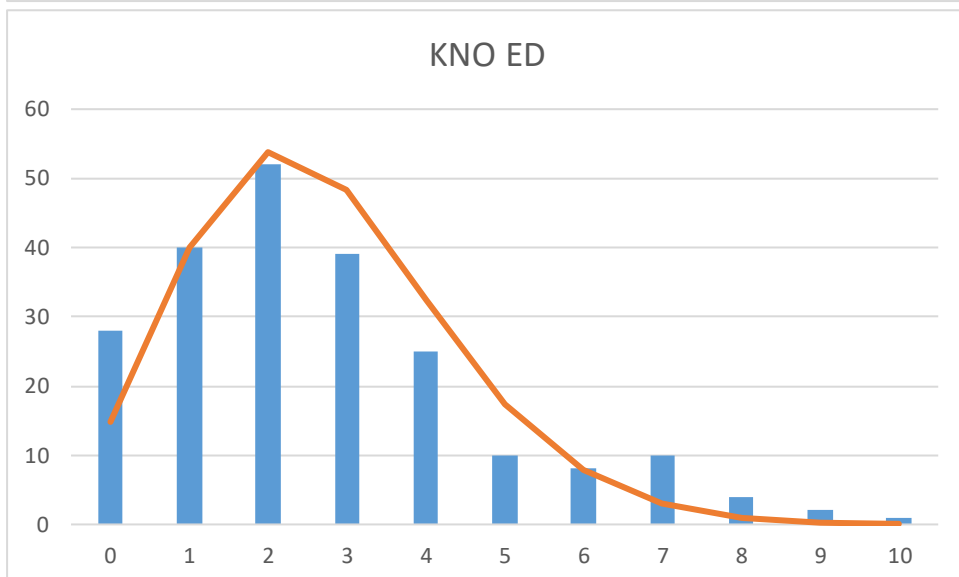
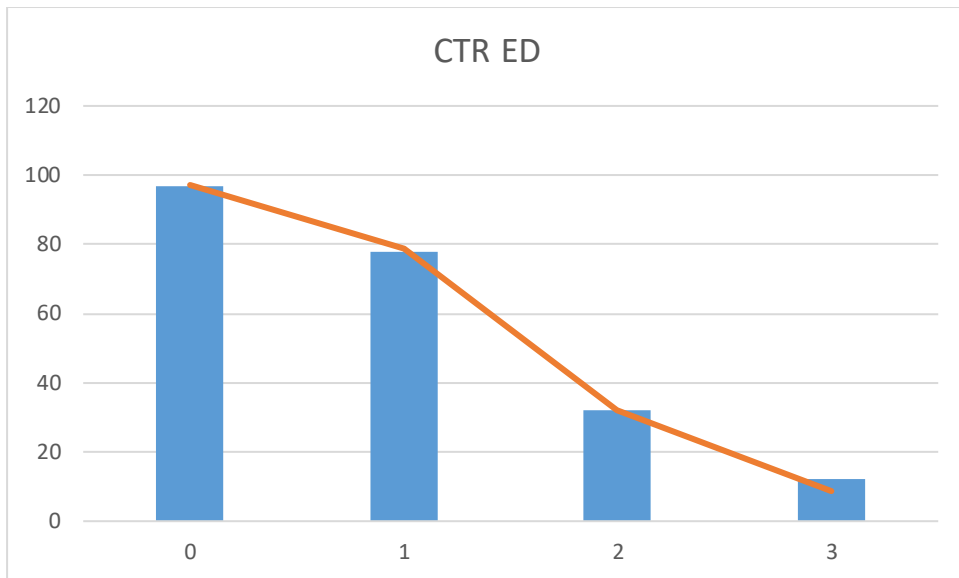
Bijlage F – Aankomsten per specialisme

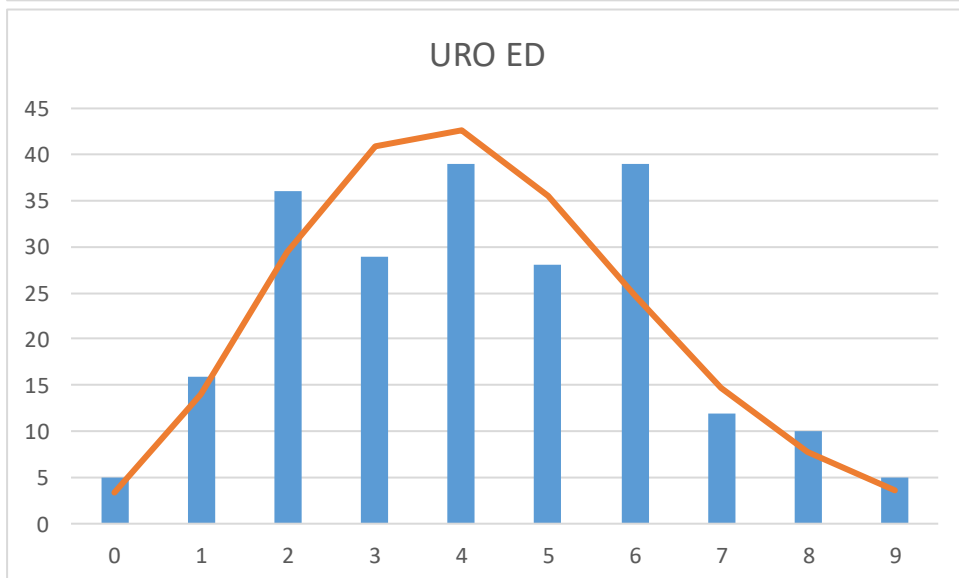
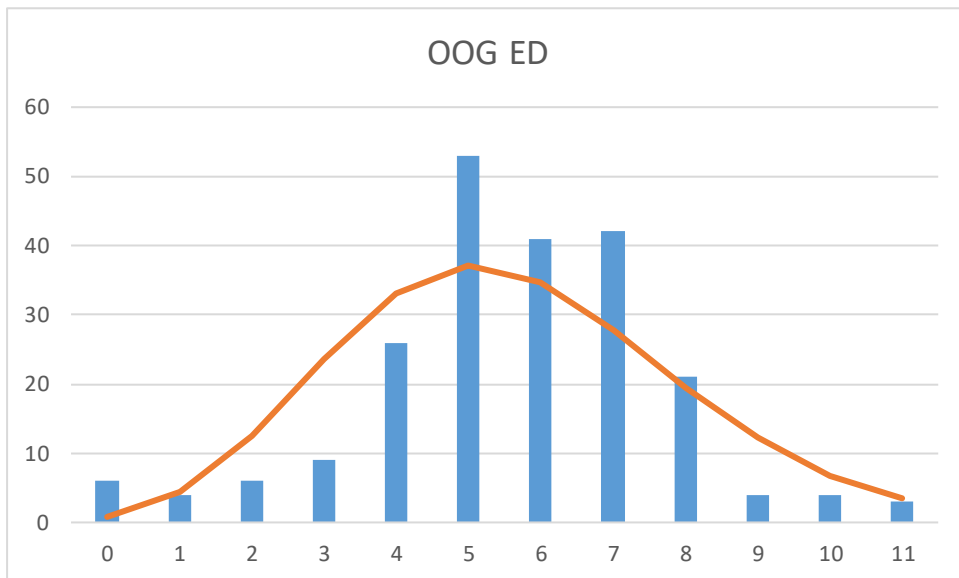
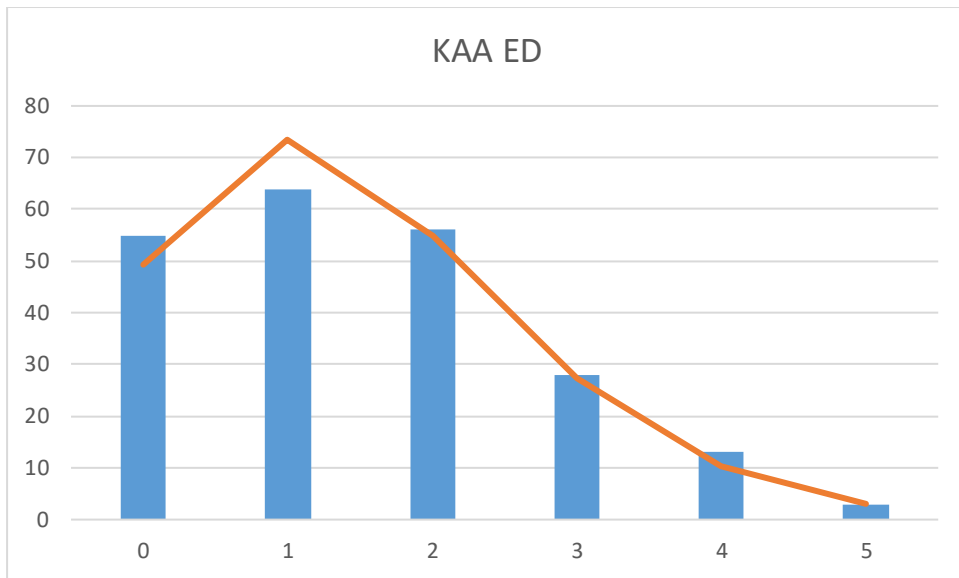
In deze bijlage staan voornamelijk grafieken voor de doordeweekse aankomstenverdeling van de specialismen, inclusief bijbehorende Poisson verdeling. Op de y-as staat de frequentie in dagen en op de x-as het aantal patiënten. Voor alle specialismen staat de doordeweekse aankomsten in deze bijlage. De vorm van de electieve weekend verdeling is voor alle specialismen vergelijkbaar en volgt een Poisson verdeling. Daarom is alleen voor VAT als voorbeeld een grafiek toegevoegd. Daarnaast geldt hetzelfde voor de Spoed aankomsten, maar dan staat er naast de grafiek van VAT ook die van CTR, aangezien CTR grotendeels spoedpatiënten zijn. ED = Electief Doordeweeks, EW = Electief weekend, S = Spoed.

Doordeweeks:

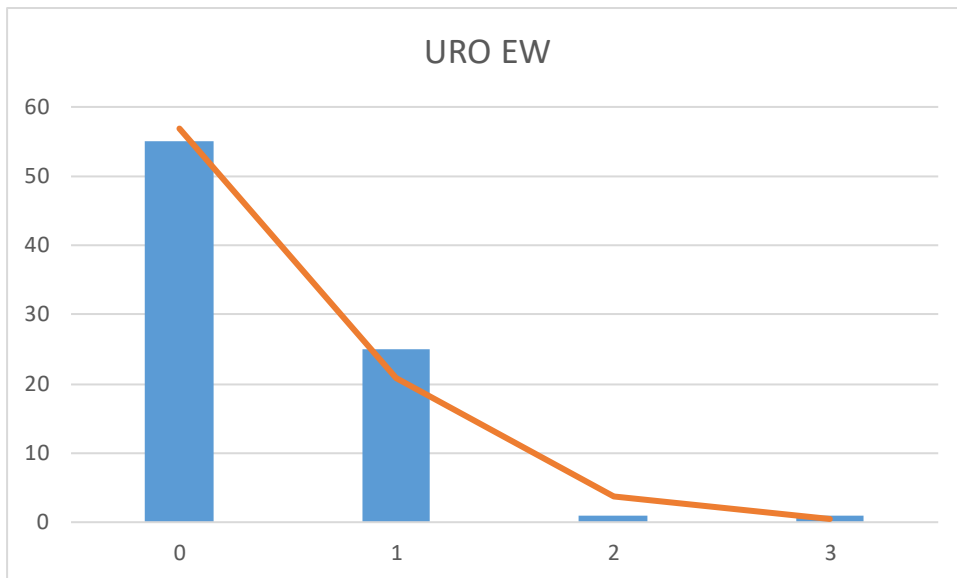




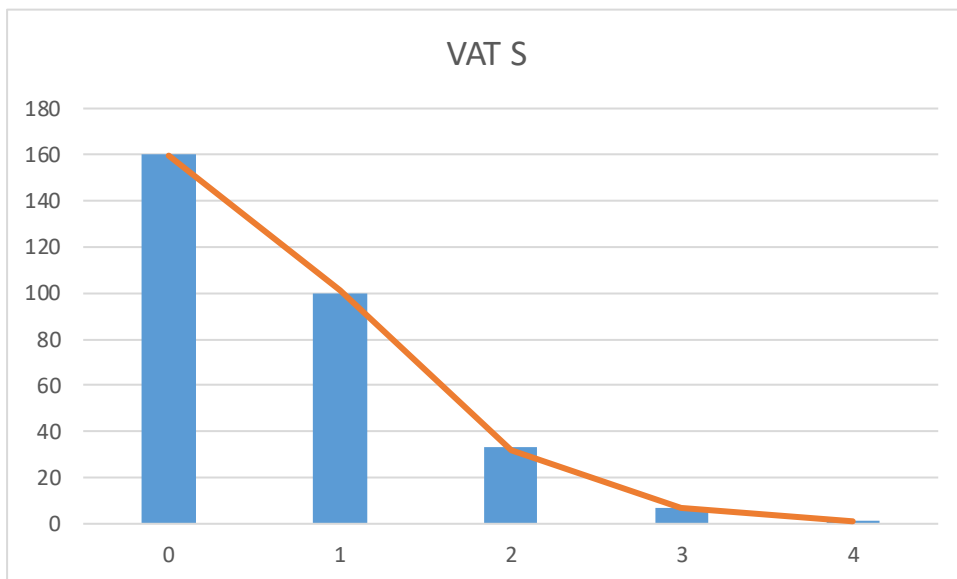


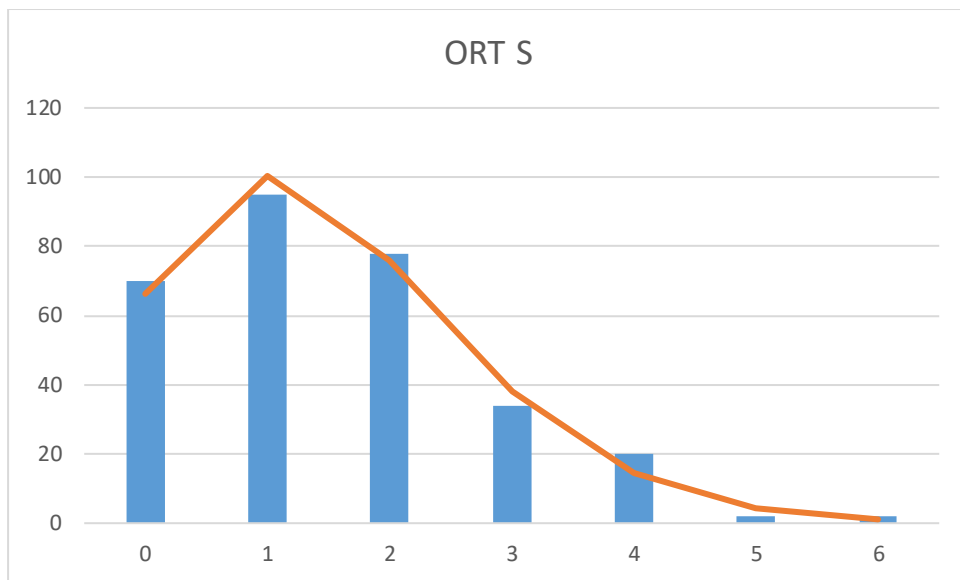


Weekend:



Speed:





Bijlage G – Hyperexponentiële verdeling ligduur

Op basis van de methode van de Bruijn et al. (2010) hebben wij de hyperexponentiële verdeling toegepast op de ligduur.

De hyperexponentiële verdeling is in ons geval de som van twee exponentiële verdeling, die met een kans de kortliggers en de langliggers voorstellen die beiden een gemiddelde ligduur hebben.

Definieer de kans op een type i ($i = 1, 2$) patiënt als p_i die een gemiddelde ligduur heeft van $1/\mu_i$.

Deze 4 parameters kunnen op de volgende manier allen worden uitgerekend:

(1) $P_1 = 0.5 + \sqrt{G - 0.5}$, waarbij G de Gini-coëfficiënt is.

(2) $P_1 + P_2 = 1$

(3) $P_1 * \frac{1}{\mu_1} = P_2 * \frac{1}{\mu_2}$, oftewel beide groepen hebben dezelfde verwachte gemiddelde ligduur

Uit (3) volgt dat:

$$\mu_1 = \frac{\text{Gemiddelde ligduur}}{2 * P_1}$$

Daarna kan μ_2 berekend worden uit (3).

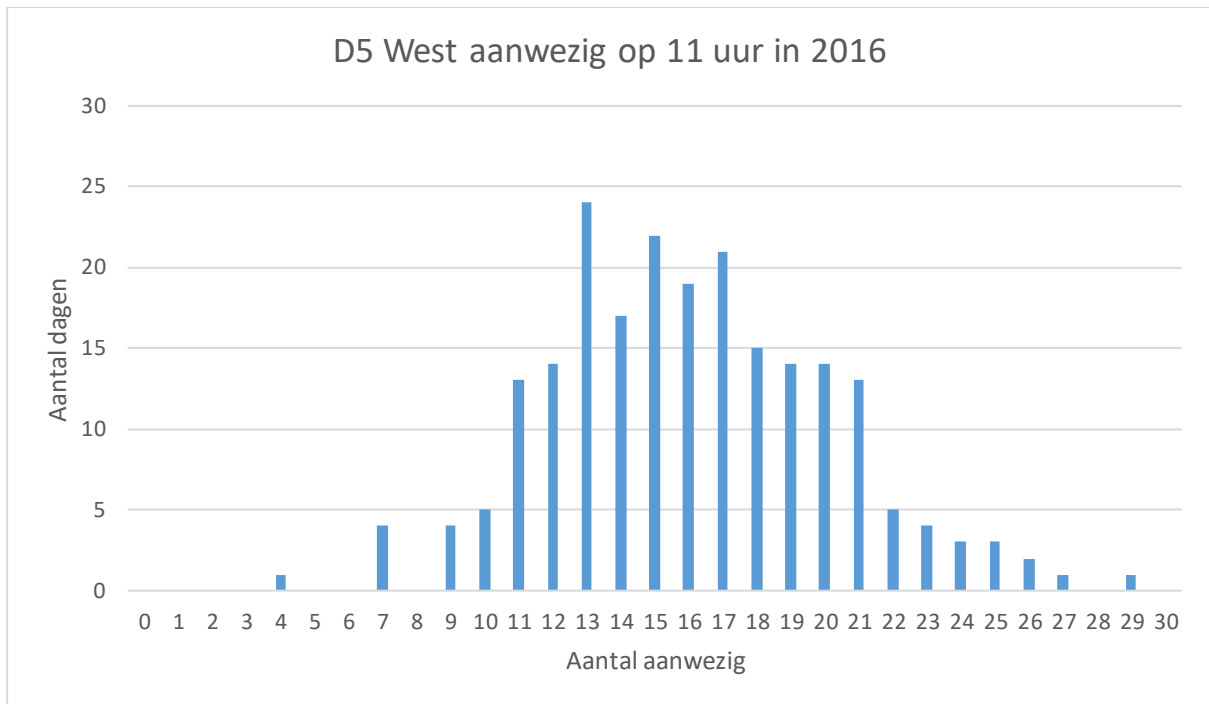
Een voorbeeld voor VAT staat hieronder in de tabel.

G	0.620176
μ (dagen)	3.873698
p1	0.846665
p2	0.153335
$1/\mu_1$	2.287622
$1/\mu_2$	12.63146

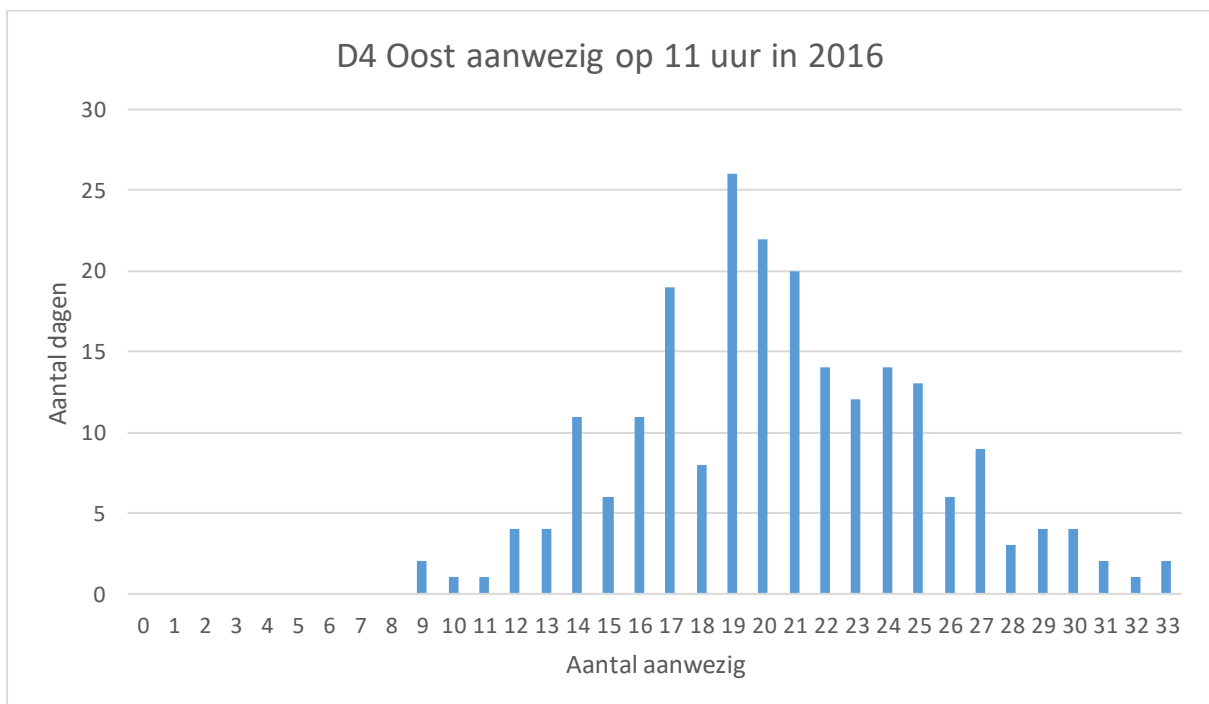
Bijlage H – Beddencapaciteit validatie

Alle berekende bedden volgens het model zijn voor een maximale blokkeringskans van 3%. Het aantal aanwezige patiënten is uit de Zorgkubus gehaald. Orthopedie zit hier in zijn geheel bij D4 West.

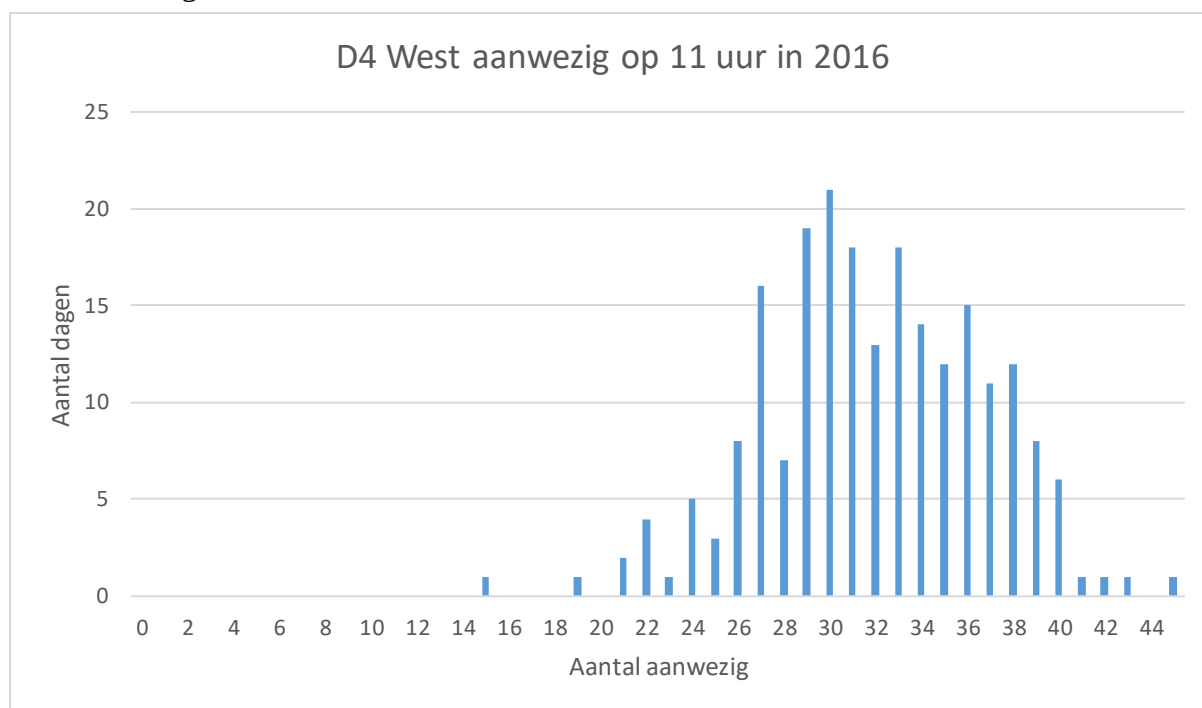
D5 west heeft 28 bedden, maar heeft volgens het model 22 bedden nodig. Het model lijkt goed te passen.



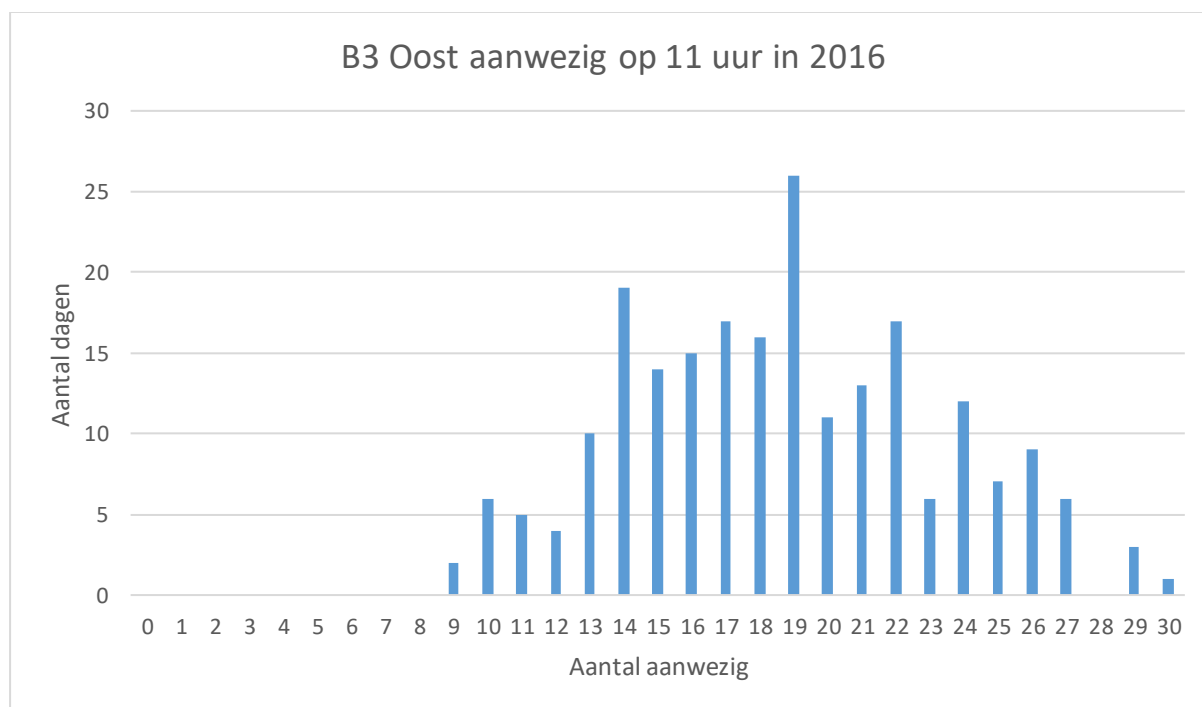
D4 Oost is hier zonder orthopedie. D4 Oost heeft 28 bedden, maar heeft 29 bedden nodig volgens het model. Het model lijkt goed te passen.



D4 West heeft 40 bedden, maar volgens het model 43 bedden nodig. Het model lijkt het aantal benodigde bedden iets te overschatten.



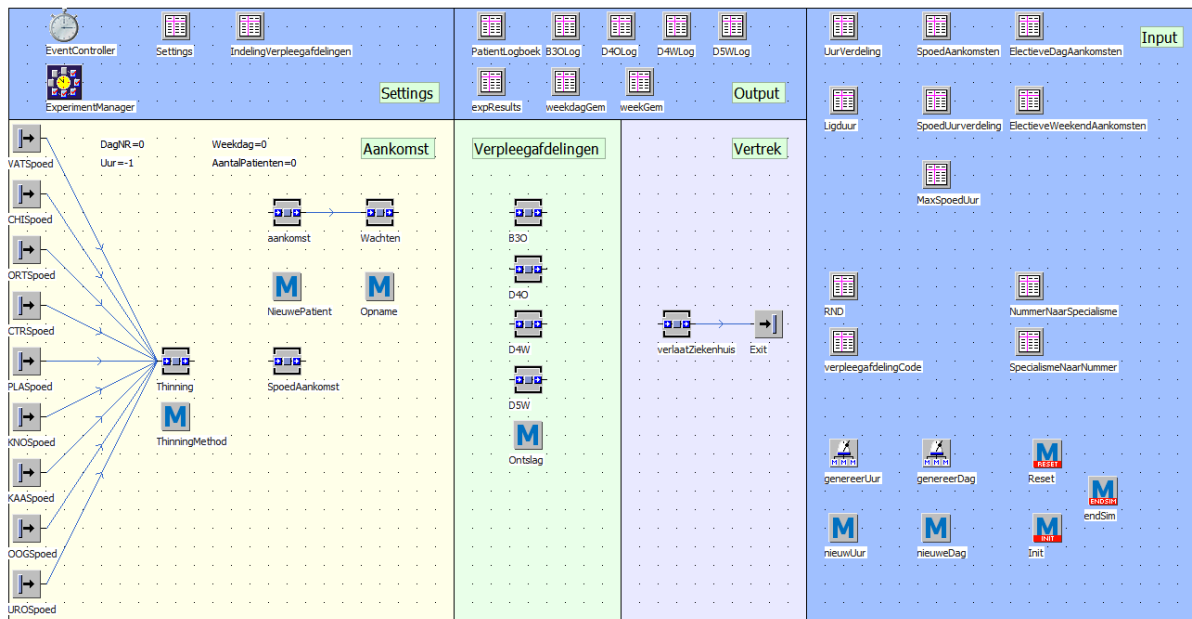
B3 Oost heeft 30 bedden, maar volgens het model 22. B3 Oost is een lastige aangezien dit een verpleegafdeling is met twee kort liggende specialismen. Zeker in de ochtend als beiden een OK-dag hebben, leidt dit tot pieken. Het model lijkt het aantal bedden iets te onderschatten, maar dit is niet verassend. In 2017 is B3 Oost overigens van 30 bedden naar 22 gegaan.



Bijlage I – Simulatiemodel

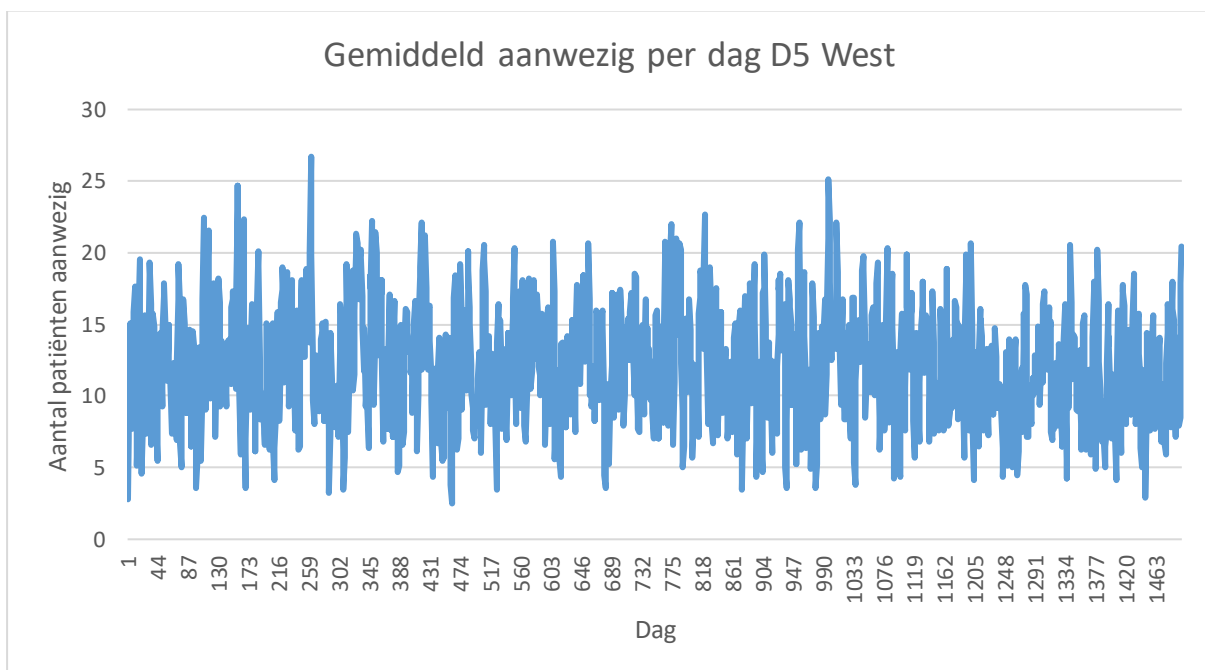
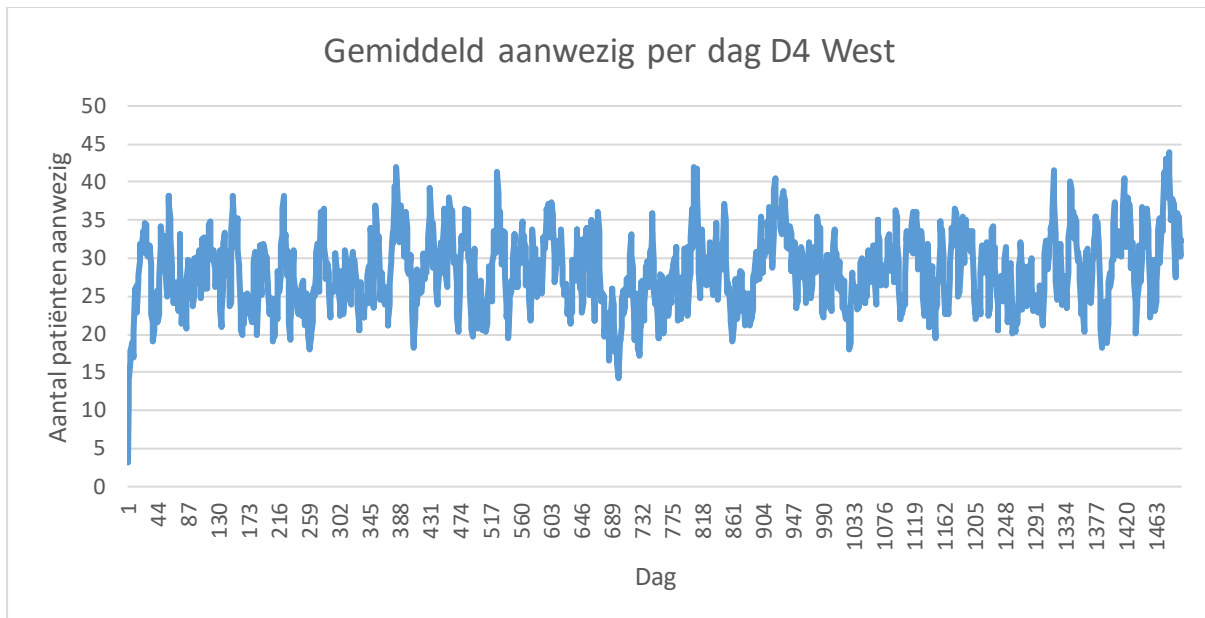
In deze bijlage staat eerst een screenshot van het simulatiemodel. Daarna staat uitleg over de warm-up periode en het aantal replicaties.

Simulatiemodel



Warm-up periode

In deze bijlage staan grafieken van het aantal gemiddelde aanwezige patiënten per dag voor D4 West en D5 West. Aangezien in het weekend zelden patiënten arriveren en de aankomsten en ligduren stochastisch zijn, zien we een sterk variërend aantal aanwezige patiënten. Op D4 West liggen patiënten met een relatieve lange ligduur, waardoor de effecten van een rustige of drukke week die week daarop nog terug is te zien. Wij hebben uiteindelijk gekozen voor een warm-up periode van 1 jaar (301 dagen).



Aantal replicaties

Het aantal replicaties is uitgerekend op basis van de betrouwbaarheidsinterval methode (Robinson, 2014). Voor deze methode hebben wij 30 losse onafhankelijke replicaties van 301 dagen met een warm-up van 301 dagen uitgevoerd en het gemiddelde aantal patiënten aanwezig genoteerd. De methode van Robinson maakt van het cumulatieve gemiddelde van de replicaties een betrouwbaarheidsinterval, berekend met behulp van de t-verdeling: $Cumulatief\ gemiddelde \pm t_{n-1, \alpha/2} * \frac{St\ dev\ gemiddeldes}{\sqrt{n}}$. Hierbij is n het aantal replicaties tot nu toe. Daarna wordt het percentuele verschil tussen het cumulatieve gemiddelde en het betrouwbaarheidsinterval uitgerekend. Wij hebben gekozen voor 10 replicaties, omdat wij een deviatie van ongeveer 0,50% nauwkeurig genoeg vonden. Zie de tabel hieronder.

Replicatie	Gemiddelde	Cumulatief gemiddelde	St dev	lower	higher	Deviatie
1	73.421	73.421	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.
2	72.331	72.876	0.385	69.414	76.339	4.75%
3	75.917	73.890	0.507	72.630	75.150	1.71%
4	74.376	74.011	0.516	73.190	74.832	1.11%
5	74.399	74.089	0.508	73.458	74.719	0.85%
6	70.110	73.426	0.464	72.939	73.912	0.66%
7	69.884	72.920	0.499	72.458	73.381	0.63%
8	72.752	72.899	0.511	72.471	73.326	0.59%
9	71.432	72.736	0.533	72.326	73.146	0.56%
10	72.953	72.757	0.538	72.373	73.142	0.53%
11	74.663	72.931	0.522	72.580	73.282	0.48%
12	74.596	73.069	0.501	72.751	73.388	0.44%
13	69.419	72.789	0.497	72.488	73.089	0.41%
14	72.639	72.778	0.492	72.494	73.062	0.39%
15	71.460	72.690	0.491	72.418	72.962	0.37%
16	73.209	72.722	0.486	72.463	72.981	0.36%
17	73.808	72.786	0.478	72.541	73.032	0.34%
18	72.823	72.788	0.470	72.555	73.022	0.32%
19	74.574	72.882	0.459	72.661	73.103	0.30%
20	73.437	72.910	0.448	72.700	73.120	0.29%
21	73.630	72.944	0.438	72.745	73.143	0.27%
22	73.667	72.977	0.427	72.788	73.167	0.26%
23	73.038	72.980	0.418	72.799	73.161	0.25%
24	72.026	72.940	0.409	72.767	73.113	0.24%
25	72.671	72.929	0.401	72.764	73.095	0.23%
26	73.917	72.967	0.394	72.808	73.126	0.22%
27	74.245	73.015	0.386	72.862	73.167	0.21%
28	72.511	72.997	0.379	72.850	73.144	0.20%
29	73.272	73.006	0.372	72.865	73.148	0.19%
30	70.900	72.936	0.366	72.799	73.073	0.19%

Bijlage J – Volledige resultaten simulatie

Onder “indeling” staat bij elk specialisme een nummer. Dit nummer stelt de verpleegafdeling waar het specialisme onder valt voor. 1 = B3 Oost, 2 = D4 Oost, 3 = D4 West, 4 = D5 West.

De categorie 1 en 2 experimenten hebben hetzelfde experimentnummer.

Categorie	Indeling										aantal	Gem. Aanwezig					Variatie dagen (n=30)					gem Var per uur over de					Variatie per week					Variatie over hele week					Variatie doordeweeks				
	exp	VAT	CHI	ORT	CTR	KNO	KA	PLA	OOG	URO		B30	D40	D4W	D5W	B30	D40	D4W	D5W	B30	D40	D4W	D5W	B30	D40	D4W	D5W	B30	D40	D4W	D5W	B30	D40	D4W	D5W						
1	1	2	2	3	3	4	4	4	1	1	301	12.68	18.64	29.08	12.35	0.328	0.219	0.172	0.314	0.385	0.233	0.180	0.352	0.154	0.171	0.142	0.190	63.498	10.806	11.931	33.350	6.360	2.746	2.234	4.978						
	2	2	4	3	1	4	4	3	1	2	301	18.06	18.06	20.70	15.94	0.229	0.244	0.218	0.253	0.253	0.268	0.233	0.276	0.161	0.162	0.171	0.177	27.982	30.788	18.229	25.408	5.003	4.511	1.397	3.063						
	3	2	2	3	1	4	4	3	1	4	301	18.06	18.64	20.70	15.36	0.229	0.219	0.218	0.286	0.253	0.233	0.233	0.326	0.161	0.171	0.171	0.160	27.982	10.806	18.229	54.434	5.003	2.746	1.397	3.845						
	4	4	2	3	1	4	2	3	1	2	301	18.06	18.51	20.70	15.49	0.229	0.239	0.218	0.257	0.253	0.264	0.233	0.281	0.161	0.159	0.171	0.177	27.982	32.711	18.229	25.454	5.003	4.630	1.397	5.134						
	5	1	4	3	2	4	4	3	1	2	301	16.07	20.04	20.70	15.94	0.264	0.201	0.218	0.218	0.299	0.233	0.233	0.326	0.158	0.164	0.171	0.160	43.832	17.314	18.229	25.408	7.441	2.297	1.397	3.063						
	6	1	2	3	2	4	4	4	3	1	4	301	16.07	20.62	20.70	15.36	0.264	0.201	0.218	0.286	0.299	0.209	0.233	0.326	0.158	0.169	0.171	0.160	43.832	3.351	18.229	54.434	7.441	4.630	1.397	3.845					
	7	1	2	3	4	4	4	2	3	1	2	301	16.07	18.51	20.70	17.47	0.264	0.239	0.218	0.225	0.299	0.264	0.233	0.241	0.158	0.159	0.171	0.173	43.832	32.711	18.229	15.424	7.441	4.630	1.397	3.630					
	8	2	1	3	4	4	4	3	1	1	2	301	17.59	18.06	19.64	17.47	0.255	0.244	0.220	0.225	0.289	0.268	0.234	0.241	0.157	0.162	0.174	0.173	49.060	30.788	15.857	15.424	4.727	4.511	2.519	3.630					
	9	4	1	3	2	4	3	1	1	1	2	301	17.59	20.04	19.64	15.49	0.255	0.217	0.220	0.257	0.289	0.233	0.234	0.281	0.157	0.164	0.174	0.177	49.060	17.314	15.857	25.454	4.727	2.297	2.519	5.134					
	10	2	2	3	4	4	3	1	1	1	1	301	17.00	18.64	19.64	17.47	0.300	0.219	0.220	0.225	0.348	0.233	0.234	0.241	0.146	0.171	0.174	0.173	91.084	10.806	15.857	15.424	8.388	2.746	2.519	3.630					
	11	4	2	3	2	4	3	1	1	1	1	301	17.00	20.62	19.64	15.49	0.300	0.201	0.220	0.257	0.348	0.209	0.234	0.281	0.146	0.169	0.174	0.177	91.084	3.351	15.857	25.454	8.388	1.006	2.519	5.134					
	12	2	2	3	1	4	3	4	1	4	4	301	18.06	18.64	19.64	16.42	0.229	0.219	0.220	0.287	0.253	0.233	0.234	0.328	0.161	0.171	0.174	0.161	27.982	10.806	15.857	63.791	5.003	2.746	2.519	4.324					
	13	2	4	3	1	4	3	4	1	2	301	18.06	18.06	19.64	17.00	0.229	0.244	0.220	0.250	0.253	0.268	0.234	0.277	0.161	0.162	0.174	0.170	27.982	30.788	15.857	33.018	5.003	4.511	2.519	4.294						
	14	4	2	3	1	4	3	2	1	2	301	18.06	19.57	19.64	15.49	0.229	0.234	0.220	0.257	0.253	0.260	0.234	0.281	0.161	0.155	0.174	0.177	27.982	36.734	15.857	25.454	5.003	3.532	2.519	5.134						
	15	1	2	3	2	4	3	4	1	4	301	16.07	20.62	19.64	16.42	0.264	0.201	0.220	0.287	0.299	0.209	0.234	0.328	0.158	0.169	0.174	0.161	43.832	3.351	15.857	63.791	7.441	1.006	2.519	4.324						
	16	1	4	3	2	4	3	4	1	2	301	16.07	20.04	19.64	17.00	0.264	0.217	0.220	0.250	0.299	0.233	0.234	0.277	0.158	0.164	0.174	0.170	43.832	17.314	15.857	33.018	7.441	2.297	2.519	4.294						
	17	1	2	3	4	4	3	2	1	2	301	16.07	19.57	19.64	17.47	0.264	0.234	0.220	0.225	0.299	0.260	0.234	0.241	0.158	0.155	0.174	0.173	43.832	36.734	15.857	15.424	7.441	3.532	2.519	3.630						
3	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	301	12.76	0.00	0.00	0.00	0.444	0.000	0.000	0.163	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.000	0.000	0.000	373.971	0.000	0.000	0.000	34.034	0.000	0.000	0.000						
	1	2	2	2	2	4	4	4	1	1	301	12.68	47.73	0.00	12.35	0.328	0.136	0.000	0.314	0.385	0.145	0.000	0.352	0.154	0.104	0.000	0.190	63.498	42.201	0.000	33.350	6.360	7.757	0.000	4.978						
	2	2	4	2	1	4	4	2	1	2	301	18.06	38.76	0.00	15.94	0.229	0.175	0.000	0.253	0.253	0.193	0.000	0.276	0.161	0.115	0.000	0.177	27.982	94.482	0.000	25.408	5.003	10.218	0.000	3.063						
	3	2	2	2	1	4	4	2	1	4	301	18.06	39.34	0.00	15.36	0.229	0.159	0.000	0.286	0.253	0.172	0.000	0.326	0.161	0.115	0.000	0.160	27.982	53.673	0.000	54.434	5.003	7.103	0.000	3.845						
	4	4	2	2	1	4	2	2	1	2	301	18.06	39.21	0.00	15.49	0.229	0.173	0.000	0.257	0.253	0.192	0.000	0.281	0.161	0.114	0.000	0.177	27.982	97.565	0.000	25.454	5.003	10.073	0.000	5.134						
	5	1	4	2	2	4	4	2	1	2	301	16.07	40.74	0.00	15.94	0.264	0.161	0.000	0.253	0.299	0.176	0.000	0.276	0.158	0.116	0.000	0.177	43.832	69.386	0.000	25.408	7.441	6.509	0.000	3.063						
	6	1	2	2	2	4	4	2	1	4	301	16.07	41.32	0.00	15.36	0.264	0.149	0.000	0.286	0.299	0.158	0.000	0.326	0.158	0.116	0.000	0.160	43.832	34.596	0.000	54.434	7.441	3.867	0.000	3.845						
	7	1	2	2	4	4	2	2	1	2	301	16.07	39.21	0.00	17.47	0.264	0.173	0.000	0.225	0.299	0.192	0.000	0.241	0.158	0.114	0.000	0.173	43.832	97.565	0.000	15.424	7.441	10.073	0.000	3.630						
	8	2	1	2	4	4	2	1	1	2	301	17.59	37.70	0.00	17.47	0.255	0.176	0.000	0.225	0.289	0.193	0.000	0.241	0.157	0.117	0.000	0.173	49.060	88.954	0.000	15.424	4.727	12.555	0.000	3.630						
	9	4	1	2	2	4	2	1	1	2	301	17.59	39.68	0.00	15.49	0.255	0.162	0.000	0.257	0.289	0.176	0.000	0.281	0.157	0.116	0.000	0.177	49.060	64.737	0.000	25.454	4.727	8.867	0.000	5.134						
	10	2	2	2	4	4	2	1	1	1	301	17.00	38.26	0.00	17.47	0.300	0.162	0.000	0.225	0.348	0.173	0.000	0.241	0.146	0.119	0.000	0.173	91.084	49.892	0.000	15.424	8.388	8.688	0.000	3.630						
	11	4	2	2	4	4	2	1	1	1	301	17.00	40.26	0.00	15.49	0.300	0.150	0.000	0.257	0.348	0.159	0.000	0.281	0.146	0.118	0.000	0.177	91.084	31.694	0.000	25.454	8.388	5.474	0.000	5.134						
	12	2	2	2	1	4	2	4	1	4	301	18.06	38.28	0.00	16.42	0.229	0.162	0.000	0.287	0.253	0.173	0.000	0.328	0.161	0.119	0.000	0.161	27.982	49.892	0.000	63.791	5.003	8.688	0.000	4.324						
	13	2	4	2	1	4	2	4	1	2	301	18.06	37.70	0.00	17.00	0.229	0.176	0.000	0.250	0.253	0.193	0.000	0.277	0.161	0.117	0.000	0.170	27.982	88.954	0.000	33.018	5.003	12.555	0.000	4.294						
	14	4	2	2	1	4	2	2	1	2	301	18.06	39.21	0.00	15.49	0.229	0.173	0.000	0.257	0.253	0.192	0.000	0.281	0.161	0.114	0.000	0.177	27.982	97.565	0.000	25.454	5.003	10.073	0.000	5.134						
	15	1	2	2	2	4	2	4	1	4	301	16.07	40.26	0.00	16.42	0.264	0.150	0.000	0.287	0.299	0.159	0.000	0.328	0.158	0.118	0.000	0.161	43.832	31.694	0.000	63.791	7.441	5.474	0.000	4.324						
	16	1	4	2	2	4	2	4	1	2	301	16.07	39.68	0.00	17.00	0.264	0.162	0.000	0.250	0.299	0.176	0.000	0.																		