

# Capaciteitsverdeling zorgpaden

---

Research paper Business Analytics

Eline Bussing

Begeleider: dr. R. Bekker

Vrije Universiteit Amsterdam  
Faculteit der Exacte Wetenschappen  
De Boelelaan 1081a  
1081 HV Amsterdam



## **Voorwoord**

Een onderdeel van de master Business Analytics is het schrijven van een research paper. Voor deze paper wordt een zelfstandig onderzoek uitgevoerd door de student waarbij de nadruk wordt gelegd op het bedrijfsgerichte aspect van de studie, naast wiskunde en informatica aspecten.

Omdat ik vanwege mijn werk bezig ben geweest met zorgpaden en er op dit gebied nog niet veel onderzoek is gedaan naar de kwantitatieve effecten, leek dit onderwerp me erg interessant.

Graag wil ik René Bekker bedanken voor de ondersteuning en adviezen tijdens het uitvoeren van het onderzoek en het schrijven van dit rapport.

## Samenvatting

Een methode die zich de laatste jaren binnen de zorgsector heeft ontwikkeld zijn klinische zorgpaden. Zorgpaden beschrijven voor een patiënt de opeenvolgende stappen in het zorgproces. Het doel van het gebruik van zorgpaden is het creëren van meer transparante zorg en het verbeteren van de kwaliteit van de zorg. Tevens kan de zorg aanzienlijk verbeterd worden doordat verschillende zorgprocessen gestructureerd worden en op elkaar worden afgestemd. Echter zorgpaden zijn niet overal hetzelfde, ze kunnen op verschillende manieren benaderd en geïmplementeerd worden.

Momenteel is er nog niet veel onderzoek gedaan naar de logistieke voordelen en uitdagingen die zorgpaden mogelijk kunnen opleveren. Eén van de mogelijke behandelingen die bij veel zorgpaden voorkomt is een operatie. De operatie kamer (OK) heeft een bepaalde capaciteit waarmee rekening moet worden gehouden bij het inplannen van patiënten. Binnen ziekenhuizen wordt er per vakgebied al een bepaalde capaciteit van de OK gereserveerd. Het is echter interessant om te onderzoeken wat het gevolg is voor de verwachte doorlooptijd van zorgpaden om binnen een bepaald vakgebied capaciteit te reserveren voor de aankomststromen vanuit verschillende zorgpaden.

Het onderzoek is beperkt tot twee zorgpaden die onder hetzelfde vakgebied vallen. Deze zorgpaden hebben dezelfde algemene structuur: Polikliniekbezoeken, onderzoek, operatie en verblijf in het ziekenhuis na de operatie. De zorgpaden zijn gemodelleerd als een netwerk van wachtrijen. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de Queueing Network Analyzer (QNA) methode. De QNA methode is een methode die een benadering geeft van de prestatieanalyse van netwerken zonder de Markov eigenschap (W. Whitt, 1983). Aan de hand van deze methode is voor een aantal scenario's de verwachte doorlooptijd per zorgpad berekend.

Uit het onderzoek is gebleken dat het reserveren van capaciteit van de OK voor de aankomststromen vanuit verschillende zorgpaden bij de gehanteerde parameters een grotere verwachte doorlooptijd per zorgpad oplevert. Dit wordt met name veroorzaakt doordat de verwachte wachttijd van de OK voor beide zorgpaden veel groter wordt. Echter het reserveren van capaciteit van de OK heeft vrij weinig invloed op de verwachte wachttijden van de andere processtappen. Dit kan verklaard worden doordat de patiëntstroom die vanuit de OK naar de andere processtappen gaat heel klein is in vergelijking met de totale patiëntstromen die op de polikliniek of het onderzoek komen, waardoor de invloed van het reserveren van capaciteit van de OK op de verwachte wachttijd van deze processtappen verwaarloosbaar wordt.

Tevens is onderzocht wat het gevolg is wanneer er onderscheid wordt gemaakt tussen eerste polikliniekbezoeken en herhaalbezoeken. Uit deze analyse is gebleken dat, gekeken naar de verwachte doorlooptijd per zorgpad bij de gehanteerde parameters, het geen voordeel oplevert om onderscheid te maken tussen eerste polikliniekbezoeken en herhaalbezoeken.

Belangrijke inputvariabelen van de QNA methode zijn de variatiecoëfficiënten van het aankomstproces en van de behandelzeiten per processtap, die de mate van variatie in de betreffende processen bepalen. Er is onderzocht wat de invloed van deze variatiecoëfficiënten is op de verwachte wachttijden per processtap. Uit de analyse is gebleken dat hoe groter de variatiecoëfficiënten zijn, des te meer variatie in de processtappen zal voorkomen waardoor verwachte wachttijden van de processtappen

groter worden. Tevens is gebleken dat de variatiecoëfficiënten van het aankomstproces het meeste invloed hebben op de verwachte wachttijden van de processtappen waar de externe patiëntstromen aankomen. In dit geval is dat het onderzoek en de polikliniek. Voor de OK is de invloed minder groot omdat dit knooppunt verderop in het netwerk ligt en alleen interne patiëntstromen heeft. Ook is gebleken dat de variatiecoëfficiënten van de behandelzeiten per processtap het meeste invloed hebben op de verwachte wachttijd van de processtap waarvan de variatiecoëfficiënten worden gevarieerd en de processtappen waar de patiëntstromen direct vanuit die processtap heen gaan.

## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b> .....	2
<b>Samenvatting</b> .....	3
<b>1. Inleiding</b> .....	6
1.1 <i>Achtergrond</i> .....	6
1.2 <i>Probleemomschrijving</i> .....	6
<b>2. Zorgpaden</b> .....	7
2.1 <i>Wat is een zorgpad?</i> .....	7
2.2 <i>Motivatie voor zorgpaden</i> .....	7
2.3 <i>Ontwikkeling van zorgpaden</i> .....	7
2.4 <i>Beperkingen van zorgpaden</i> .....	9
<b>3. Begrenzing onderzoek</b> .....	11
3.1 <i>Zorgpad LKS</i> .....	11
3.2 <i>Zorgpad HNP</i> .....	11
3.3 <i>Algemene weergave zorgpaden LKS en HNP</i> .....	12
3.4 <i>Polikliniek</i> .....	14
3.5 <i>Operatie</i> .....	14
<b>5. Het model</b> .....	16
3.1 <i>Model zonder capaciteitsreservering OK</i> .....	16
3.2 <i>Model met capaciteitsreservering OK</i> .....	17
3.3 <i>Beperkingen van het model</i> .....	18
3.4 <i>Berekeningen</i> .....	19
3.4.1 <i>Manipuleren input</i> .....	19
3.4.2 <i>Met capaciteitsreservering</i> .....	19
3.4.3 <i>Berekenen verwachte wachttijd en verwachte doorlooptijd</i> .....	20
<b>5. Scenario's</b> .....	22
5.1 <i>Basisscenario</i> .....	22
5.1.1 <i>Situatie zonder capaciteitsreservering OK</i> .....	23
5.1.2 <i>Situatie met capaciteitsreservering OK</i> .....	25
5.2 <i>Onderscheid tussen eerste polikliniekbezoek en herhaalbezoeken</i> .....	25
5.3 <i>Variëren van variatiecoëfficiënten</i> .....	28
5.4 <i>Verdeling capaciteit tussen polikliniek en OK</i> .....	32
5.5 <i>Implementeren extra zorgpad</i> .....	33
<b>7. Conclusie</b> .....	35
<b>8. Referenties</b> .....	36

# 1. Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De zorgsector heeft de laatste jaren veel ingrijpende veranderingen ondergaan. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te wijzen. Allereerst zijn de kosten van de zorg gestegen. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de vergrijzing van de bevolking en de medische vooruitgang. Daarnaast maken mensen op een steeds actievere manier gebruik van de zorg; ze willen op de hoogte worden gehouden en betrokken blijven. Tevens zijn er veranderingen op het gebied van de rol van de overheid, de toenemende invloed van zorgverzekeraars op zorgorganisaties en de intrede van de marktwerking binnen de zorgsector (M. Pomp, M. Janssen, 2007). Deze veranderingen dragen bij aan de complexe structuur van de processen in zorginstellingen.

Daarnaast zijn processen in ziekenhuizen zeer ingewikkeld vanwege de samenstelling van medische faciliteiten en afdelingen die onderling met elkaar verbonden zijn. Ook de stochastische natuur van de zorgprocessen draagt hieraan bij. Dit betekent dat er flexibele technieken nodig zijn om structuur aan te brengen in deze processen.

Eén van deze technieken die zich de laatste jaren binnen de zorgsector heeft ontwikkeld zijn klinische zorgpaden. Door het implementeren van zorgpaden kan de zorg aanzienlijk verbeterd worden doordat verschillende zorgprocessen gestructureerd worden en op elkaar worden afgestemd. Echter zorgpaden zijn niet overal hetzelfde, ze kunnen op verschillende manieren benaderd en geïmplementeerd worden.

## 1.2 Probleemomschrijving

Momenteel is er nog niet veel onderzoek gedaan naar de logistieke voordelen die zorgpaden mogelijk kunnen opleveren. Daarom is het interessant om te onderzoeken hoe zorgpaden logistiek verbeterd kunnen worden. Een van de belangrijkste onderwerpen op dit gebied is de doorlooptijd van zorgpaden. De doorlooptijd is onder andere afhankelijk van het aankomstpatroon van patiënten, de duur van verschillende processen of behandelingen binnen het zorgpad en de capaciteit van deze processen.

Eén van de mogelijke behandelingen die bij veel zorgpaden voorkomt is een operatie. De operatie kamer (OK) heeft een bepaalde capaciteit waarmee rekening moet worden gehouden bij het inplannen van patiënten. Deze capaciteit is onder andere afhankelijk van het aantal operatie kamers, het aantal artsen en het aantal uur dat per dag voor operaties wordt gereserveerd.

Binnen ziekenhuizen wordt per vakgebied een bepaalde capaciteit van de OK gereserveerd. Dit betekent dat ieder vakgebied een bepaald aantal OK's en/of een bepaald aantal uur per week tot zijn beschikking heeft. Het is echter ook interessant om te onderzoeken wat het gevolg is wanneer er binnen een bepaald vakgebied capaciteit van de OK wordt gereserveerd voor de aankomststromen vanuit verschillende zorgpaden. Er zal onderzocht worden wat de gevolgen zijn van deze capaciteitsreservering op de verwachte doorlooptijd van een zorgpad. Het onderzoek zal beperkt worden tot twee zorgpaden die onder hetzelfde vakgebied vallen.

## **2. Zorgpaden**

### **2.1 Wat is een zorgpad?**

Voor het organiseren van de zorg wordt steeds vaker gebruik gemaakt van zorgpaden. In de literatuur worden veel verschillende termen gebruikt voor het begrip zorgpad, zoals klinisch zorgpad, zorgtraject of zorgprogramma (VUmc, 2006). Echter deze termen betekenen in grote lijnen hetzelfde en kunnen daarom naar keuze gebruikt worden.

Zorgpaden beschrijven voor een patiënt de opeenvolgende stappen in het zorgproces. Dit betekent dat alle processen die een patiënt doorloopt vanaf het moment dat de patiënt het ziekenhuis binnenkomt tot aan ontslag uit het ziekenhuis in kaart worden gebracht. Het doel van het gebruik van zorgpaden is het creëren van meer transparante zorg en het verbeteren van de kwaliteit van de zorg.

De methode is oorspronkelijk ontstaan in de industrie waar de zogenaamde Critical Path Method (CPM) werd ontwikkeld om complexe processen beter te kunnen plannen en organiseren. Halverwege de jaren tachtig werd deze methode overgenomen door de zorgsector en werd het woord 'critical' vervangen door 'clinical'. Het eerste gebruik van zorgpaden vond plaats in het New England Medical Center in Boston. In het begin van de jaren negentig werd de methode tevens gebruikt in Engeland en Australië. Tegenwoordig is er over de hele wereld veel ervaring opgedaan met zorgpaden.

Hoewel veel zorginstellingen al ervaring hebben opgedaan op het gebied van zorgpaden is er nog niet voor ieder ziektebeeld een zorgpad ontwikkeld. Daarnaast beschrijven zorgpaden een zorgproces voor een bepaalde groep patiënten binnen een specifieke zorginstelling. Dit betekent dat het zorgpad van een bepaald ziektebeeld voor iedere zorginstelling verschillend kan zijn.

### **2.2 Motivatie voor zorgpaden**

Een zorgpad geeft duidelijkheid over de stappen in het zorgproces. Het gebruik van zorgpaden biedt voordelen voor zowel patiënten als voor de zorgverleners die betrokken zijn bij het zorgproces.

Een belangrijk voordeel voor patiënten is dat er aan de hand van zorgpaden een betere voorlichting over het te doorlopen zorgtraject kan worden gegeven. Patiënten kunnen beter worden geïnformeerd over wat er zal plaatsvinden tijdens het zorgproces. Hierdoor is er meer duidelijkheid over het te doorlopen zorgtraject en kan de zorg meer tijdig en klantvriendelijker worden aangeboden.

Door het gebruik van zorgpaden weet elke zorgverlener op ieder moment welke doelen er worden nagestreefd. De zorgverlener weet welke taken hierbij horen en wat de verantwoordelijkheden zijn. Hij weet welke informatie aan de patiënt gegeven moet worden en wat er nodig is na ontslag uit het ziekenhuis. Hierdoor is er "meer duidelijkheid over taken en bevoegdheden van personen die betrokken zijn bij het zorgproces" (IKZ, 2009).

### **2.3 Ontwikkeling van zorgpaden**

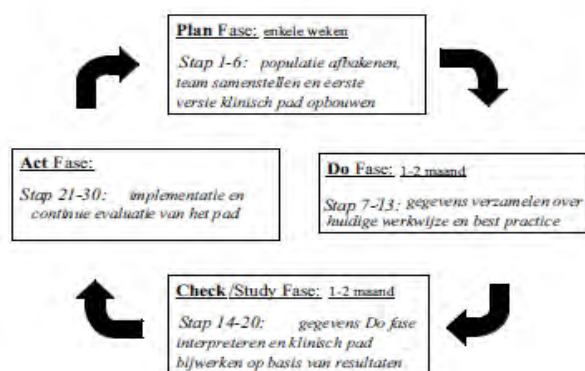
Het ontwikkelen van zorgpaden is een complex proces. Zorgpaden hebben te maken met verschillende afdelingen en er zijn dan ook veel verschillende belanghebbenden betrokken. Er

moet worden besproken welke verbeteringen er ten opzichte van de huidige situatie gedaan kunnen worden. Daarnaast vereist de ontwikkeling van een zorgpad teamwerk. Daarom is het belangrijk dat personen die bij enig proces van het zorgpad zijn betrokken goed worden geïnformeerd en worden opgeleid.

Zorgpaden kunnen voor iedere zorginstelling verschillend zijn. Daarom is het van belang om voor de ontwikkeling van zorgpaden het proces zoals beschreven in het 30 stappenplan systematisch te doorlopen om een succesvolle implementatie te verzekeren. “Het doel van dit stappenplan is een multidisciplinair team op een systematische wijze te begeleiden bij de ontwikkeling, implementatie en evaluatie van een klinisch pad” (K. Vanhaecht & W. Sermeus, 2002).

Het is mogelijk dat één of meerdere stappen uit dit plan niet doorlopen worden. Tevens is het mogelijk om bepaalde stappen in een andere volgorde of gelijktijdig te doorlopen.

Het stappenplan bestaat uit vier fasen; De Plan fase, Do fase, Check/Study fase en de Act fase zoals in figuur 1 hieronder is weergegeven.



Figuur 1. Plan Do Check Act cyclus voor een klinisch pad (K. Vanhaecht & W. Sermeus, 2002)

Het volledige plan staat in de tabellen hieronder weergegeven.

<b>Plan Fase</b>
Stap 1: Eerste contact
Stap 2: Impactanalyse
Stap 3: Samenstelling interdisciplinaire werkgroep
Stap 4: Afbakening van de patiëntenpopulatie
Stap 5: Bepalen van de doelstellingen van het klinisch pad, het operationaliseren van de doelstellingen in meetbare indicatoren en bepalen van de sleutelinterventies
Stap 6: Eerste versie van het klinische pad (huidige werking)
<b>Do Fase</b>
Stap 7: Dossieranalyse
Stap 8: Voormeting aan de hand van Klinisch Pad Kompas
Stap 9: Patient Surveys
Stap 10: Documentenanalyse
Stap 11: Proces mapping
Stap 12: Vergelijking met “best practice guidelines”
Stap 13: Peer Review



---

**Check / Study fase**

Stap 14: Vastleggen van de operationele criteria voor afbakening van de patiëntenpopulatie
Stap 15: Concreet uitschrijven van een klinisch pad via een Time-Task matrix
Stap 16: Planning van het volledige proces
Stap 17: Capaciteit- en middelenplan
Stap 18: Opstellen van Service Level Agreements (SLA)
Stap 19: Vastleggen van de aansturing van het pad
Stap 20: Opleiding van alle medewerkers

---

**Act fase**

Stap 21: Testcasus
Stap 22: Aanpassen van het pad tot een definitieve implementatieversie
Stap 23: Integratie van klinische paden in het patiënteninformatiesysteem
Stap 24: Integratie van het klinische pad in het patiëntendossier
Stap 25: Registratie van afwijkingen
Stap 26: Agendabeheer- en boekingsystemen
Stap 27: Patiënteninformatie via folders of internet
Stap 28: De beschikbaarheid van een klinisch pad en bijhorende infobrochures op een intranet
Stap 29: Nameting en systematische evaluatie van het pad
Stap 30: Opzetten van een systematische feedback loop

Tabel 1. 30-stappenplan voor de ontwikkeling van zorgpaden. (K. Vanhaecht & W. Sermeus, 2002)

Uit het bovenstaande stappenplan kunnen een aantal stappen genoemd worden die het meest belangrijk zijn voor het ontwikkelen van zorgpaden (K. Vanhaecht & W. Sermeus, 2002).

- Het samenstellen van een interdisciplinaire werkgroep.
- Bepaling van de doelstellingen van het pad en het operationaliseren in indicatoren op basis van Klinisch Pad Kompas.
- Eerste versie van het klinische pad met een lijst van sleutelinterventies.
- Analyse van de huidige werkwijze door dossieranalyse, voormeting, patiënten surveys en gesprekken met de hulpverleners.
- Opmaak tweede versie van klinische pad op basis van resultaten uit Do-fase.
- Opleiding van de hulpverleners
- Implementatie van het pad via testcasus en later via de definitieve versie
- Nameting en systematische evaluatie van het pad. Een objectieve evaluatie op basis van het Klinisch Pad Kompas waarna de resultaten gebruikt worden voor een eventuele aanpassing van het pad
- Blijvende systematische opvolging.

## 2.4 Beperkingen van zorgpaden

Er zijn een aantal beperkingen te noemen op het gebied van het ontwikkelen en implementeren van zorgpaden. Het eerste probleem is dat zorgpaden het proces voor de ideale patiënt beschrijven. Hierdoor kan dit in sommige situaties problemen met zich meebrengen voor bepaalde patiënten die bijvoorbeeld een meer complex of afwijkend ziektebeeld hebben. Ook is het lastig om te identificeren welke patiënten geschikt zijn om deel te nemen aan een bepaald zorgpad (N. Everey, J. Hochman, R. Becker, S. Kopecky & C. Cannon, 2000).

Een tweede probleem dat er nog onvoldoende onderzoek is gedaan naar de effectiviteit van zorgpaden. Hoewel bekend is dat zorgpaden leiden tot verkorte ligduur is hierbij nog geen rekening gehouden met de kosten die de ontwikkeling en implementatie van zorgpaden met zich meebrengen. Dit zou echter wel in beschouwing moeten worden genomen bij het bepalen of zorgpaden een kostenvoordeel zullen opleveren (N. Everey, J. Hochman, R. Becker, S. Kopecky & C. Cannon, 2000).

Tevens is het van belang dat de gehele organisatie achter de invoering van zorgpaden staat. Wanneer dit niet het geval is, zou er namelijk ontevredenheid onder het personeel kunnen ontstaan. Door het gebruik van zorgpaden zou er minder afwisseling in het werk zijn waardoor personeel zich nonchalanter en minder betrokken op zou kunnen stellen.

### 3. Begrenzing onderzoek

Het onderzoek wordt beperkt tot twee zorgpaden die onder hetzelfde vakgebied vallen. Er is gekozen voor het vakgebied neurologie. Twee voorbeelden van zorgpaden die beiden worden behandeld door dit vakgebied zijn lumbale kanaalstenose (LKS) en hernia nucleï pulposi (HNP).

Er moet worden opgemerkt dat iedere zorginstelling zelf vaststelt welke vakgebieden betrokken worden bij een bepaald zorgtraject. Dit betekent dat niet ieder ziektebeeld altijd onder hetzelfde vakgebied valt. Er kunnen zelfs meerdere vakgebieden een rol spelen bij het zorgtraject van één bepaald ziektebeeld. Zo is vaak ook neurochirurgie of orthopedie betrokken bij de bovengenoemde zorgpaden. Echter voor dit onderzoek wordt aangenomen dat zowel LKS als HNP alleen onder het vakgebied neurologie vallen. Tevens moet worden opgemerkt dat zorgpaden per ziekenhuisinstelling verschillend kunnen zijn.

De zorgpaden van beide ziektebeelden bestaan onder andere uit een polikliniekbezoek, een onderzoek, een operatie en een verblijf in het ziekenhuis na de operatie. Dit is slechts een zeer algemene beschrijving van de zorgpaden. Echter, omdat de overige processen van deze zorgpaden een verwaarloosbare hoeveelheid tijd in beslag nemen, zullen de zorgpaden voor dit onderzoek worden beperkt tot deze algemene weergave. In het vervolg van dit hoofdstuk zullen de twee zorgpaden, LKS en HNP, nader worden toegelicht.

#### 3.1 Zorgpad LKS

“Een lumbale kanaalstenose is een vernauwing van het lendenwervelkanaal. Door de jarenlange belasting heeft de wervelkolom de neiging om slijtage te vertonen. Deze slijtage veroorzaakt een vernauwing van het wervelkanaal door het woekeren en dikker worden van het wervelbot. In het wervelkanaal bevinden zich onder andere zenuwen. In het onderste deel van het wervelkanaal zijn dat de zenuwen die naar de benen, de voeten en de blaas lopen. Door de vernauwing komen er één of meer zenuwen in de klem. Die kunnen dan geïrriteerd raken en pijn veroorzaken of soms kunnen die zenuwen uitvallen, waardoor vermindering van gevoel en/of kracht in het been en de voet kan ontstaan” (Nederlandse Vereniging voor Neurochirurgie, 2009).

Na verwijzing van de huisarts arriveert de patiënt op de polikliniek neurologie. Aan de hand van onder andere een röntgenfoto, een CT en/of MRI scan zal de diagnose LKS worden gesteld. Deze onderzoeken zijn nodig om andere aandoeningen uit te sluiten. Vervolgens keert de patiënt terug op de polikliniek om de uitslag van de onderzoeken te bespreken en het vervolgtraject te bepalen. Wanneer de patiënt nog weinig klachten heeft, wordt de lumbale kanaalstenose niet behandeld. Pas als de klachten toenemen en het functioneren van de patiënt verstoord dreigt te raken, kan er gekozen worden voor een operatie. Na de operatie moet de patiënt nog een aantal dagen in het ziekenhuis verblijven om te herstellen. Hierna volgt een derde polikliniekbezoek waarin wordt besproken wat de vervolgstappen zullen zijn waarna ontslag uit het ziekenhuis volgt.

#### 3.2 Zorgpad HNP

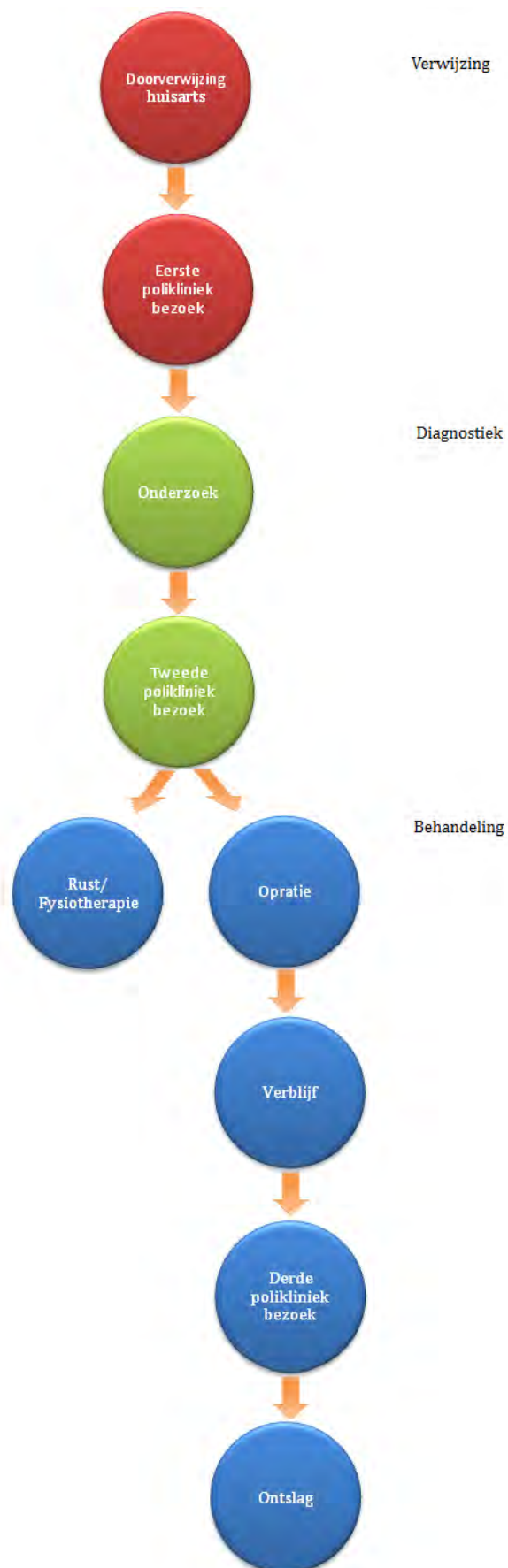
“Een rughernia heet voluit een hernia nucleï pulposi. Dit betekent een uitstulping van de weke kern van de tussenwervelschijf. Een tussenwervelschijf is een flexibele verbinding tussen twee wervels. Hierdoor kunnen de afzonderlijke wervels in de wervelkolom ten opzichte van elkaar

bewegen. De tussenwervelschijf bestaat uit een stevige ring waarop de wervels steunen. Binnenin die ring bevindt zich de weke kern. Door een meestal onbekende oorzaak kan de weke kern van de tussenwervelschijf beschadigd raken. Hierdoor kunnen stukken weefsel van de kern loslaten en door een zwakke plek aan de achterzijde in het wervelkanaal gaan uitpuilen. Die uitpuiling is de hernia" (Tergooiziekenhuizen, 2009).

Na verwijzing van de huisarts arriveert de patiënt op de polikliniek neurologie. Aan de hand van een CT en/of MRI scan zal de diagnose HNP worden gesteld. Vervolgens keert de patiënt terug op de polikliniek om de uitslag van de onderzoeken te bespreken en het vervolgtraject te bepalen. Na het stellen van de diagnose zijn er drie verschillende behandelmogelijkheden; fysiotherapie, pijnbestrijding en rust of een operatie. Ongeveer 1 op de 7 mensen zijn aangewezen op een operatie. Bij het merendeel van de patiënten verdwijnen de klachten vanzelf ondersteund door fysiotherapie of rust en pijnstillers. Echter wanneer de klachten blijven zal de patiënt geopereerd moeten worden. Na de operatie moet de patiënt nog een aantal dagen in het ziekenhuis verblijven om te herstellen. Hierna volgt een derde polikliniekbezoek waarin wordt besproken wat de vervolgstappen zullen zijn, waarna het ontslag van de patiënt volgt.

### **3.3 Algemene weergave zorgpaden LKS en HNP**

De zorgpaden die in de vorige paragrafen zijn besproken vertonen erg veel overeenkomsten in algemeen verloop. Daarom kunnen beide zorgpaden ook op dezelfde wijze in kaart worden gebracht. In figuur 2 wordt de algemene weergave, die geldt voor zowel het zorgpad LKS als HNP, weergegeven. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze weergave sterk vereenvoudigd is. In de realiteit zouden naast de stappen die zijn weergegeven in figuur 2 een aantal andere stappen kunnen plaatsvinden, zoals telefonisch een afspraak maken of fysiotherapeutische oefeningen. Echter, aangezien iedere zorginstelling zelf de inrichting van de zorgpaden bepaald, kunnen deze stappen voor iedere zorginstelling verschillend zijn. Alleen de meest algemene en belangrijke stappen zullen voor iedere zorginstelling gelijk zijn. Gekeken naar de duur zullen deze stappen tevens vrijwel geen invloed hebben op de verwachte doorlooptijd van de zorgpaden. Daarom zal er voor dit onderzoek alleen gebruik gemaakt worden van de meest algemene stappen van de zorgpaden.



Figuur 2. Algemene weergave zorgpaden LKS / HNP

### **3.3 Polikliniek**

Wanneer de huisarts de patiënt doorverwijst naar het ziekenhuis maakt deze een afspraak voor een bezoek aan een van de poliklinieken van het ziekenhuis. Een polikliniek is een afdeling in het ziekenhuis waar mensen terecht kunnen voor een medische consultatie of kleine behandeling waarbij geen opname in het ziekenhuis is voorzien. Na het polikliniekbezoek wordt er een diagnose gesteld en wordt er bepaald welk behandeltraject de patiënt zal doorlopen.

In de afgelopen jaren zijn er steeds meer aparte poliklinieken opgezet die gericht zijn op bepaalde afwijkingen. Dit betekent dat veel vakgebieden binnen het ziekenhuis een eigen polikliniek hebben. Op deze manier wordt er gestreefd om het aantal onderzoeken en consultaties te optimaliseren.

Zowel het aankomstpatroon als de behandeltime, ook wel de consultatietijd genoemd, zijn afhankelijk van het zorgpad dat wordt gevolgd. Daarnaast hebben poliklinieken een bepaalde capaciteit waarmee rekening moet worden gehouden. Aangezien de behandeltime afhankelijk is van de arts en de status van de patiënt kan deze variatie vertonen.

Er zijn een aantal factoren die het polikliniekbezoek proces kunnen beïnvloeden. Allereerst de volgorde waarop patiënten worden behandeld kan afhankelijk zijn van de aankomstvolgorde maar ook van de status van de patiënt. In dit rapport zullen patiënten echter alleen op aankomstvolgorde worden behandeld.

Daarnaast, wanneer patiënten te lang moeten wachten voordat hun afspraak zal plaatsvinden, kunnen zij ervoor kiezen om het systeem vroegtijdig te verlaten en op zoek te gaan naar een alternatief. Ook kunnen er zogenaamde no-shows optreden. Dit betekent dat patiënten niet op hun afspraak verschijnen. Tevens kan er tijdens een polikliniekbezoek naar voren komen dat er meer dan de ingeplande standaard onderzoeken gedaan moet worden om een diagnose te kunnen stellen. Ook hierdoor kan de consultatietijd worden beïnvloed. Deze factoren zullen tijdens dit onderzoek buiten beschouwing worden gelaten.

### **3.4 Operatie proces**

Patiënten waarbij geconstateerd is dat zij een operatie nodig hebben, kunnen hiervoor direct een afspraak maken. Nadat de afspraak is gemaakt, moet de patiënt wachten op de operatiedatum. Afhankelijk van het te doorlopen zorgpad moet de patiënt een bepaalde tijd ter voorbereiding in het ziekenhuis aanwezig zijn of worden opgenomen.

Het aankomstpatroon van het operatieproces vertoont veel fluctuaties. Om het proces toch zoveel mogelijk te organiseren zijn er een aantal afspraken gemaakt die gehanteerd worden binnen ziekenhuizen. Er wordt bijvoorbeeld voor elk vakgebied voor een bepaalde tijd een of meerdere OK's gereserveerd, afhankelijk van het aantal operaties en de gemiddelde duur van een operatie.

Een operatie bestaat uit verschillende fasen; de inductie, de skin-to-skin operatie, nazorg en vaak het schoonmaken van de operatiekamer. Pas wanneer al deze stappen zijn doorlopen kan de volgende operatie worden gestart. Dit betekent dat de totale operatieduur afhankelijk is van meerdere factoren en hierdoor dus een grotere kans heeft op afwijkingen. Er wordt in dit onderzoek uitgegaan van de totale behandeltime van deze fasen samen.

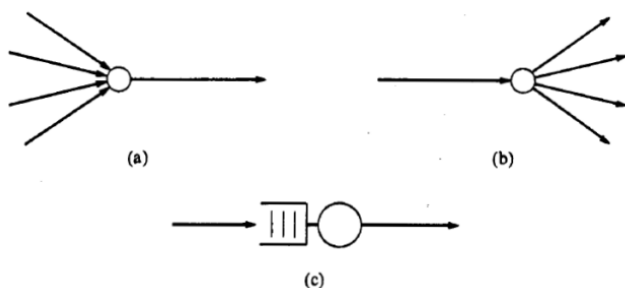
Er zijn een aantal factoren die het operatieproces en de operatieduur kunnen beïnvloeden. Allereerst kunnen patiënten buiten het indelen op aankomstvolgorde ook gebaseerd op urgentie worden ingedeeld voor een operatie. Echter, voor dit onderzoek zal hier geen rekening mee worden gehouden en zullen de patiënten worden ingedeeld op aankomstvolgorde. Daarnaast kunnen er complicaties optreden tijdens de operatie waardoor de operatie langer zal duren dan verwacht. Daar de behandelduur stochastisch is, wordt dit wel meegenomen in het onderzoek.

## 4. Het model

De zorgpaden worden gemodelleerd als een netwerk van wachtrijen. Hierbij worden een aantal algemene aannames gedaan:

- Het systeem is een open netwerk; Patiënten komen van buiten, worden behandeld in één of meerdere knooppunten en verlaten uiteindelijk het systeem.
- Er is geen limiet voor het aantal patiënten in het systeem en ieder knooppunt heeft een oneindige wachtruimte.
- Ieder knooppunt kan een bepaald aantal servers bevatten. Dit zijn identieke onafhankelijke servers, die elk één patiënt per keer in behandeling kunnen nemen. Er kunnen bijvoorbeeld meerdere OK's of onderzoeksfaciliteiten parallel werken. Voor dit onderzoek zal ieder knooppunt één server bevatten. Dit betekent dat er slechts één patiënt per keer behandeld kan worden.
- Patiënten worden in behandeling genomen volgens het first-come-first-served principe.

Omdat niet aangetoond kan worden dat de aankomsten Poisson en de servicetijden exponentieel verdeeld zijn, kunnen bestaande methoden om de wachttijd van het proces vast te stellen niet worden gehanteerd. Daarom zal voor dit onderzoek gebruik gemaakt worden van de Queueing Network Analyzer (QNA) methode. De QNA methode is een methode die een benadering van de prestatieanalyse van netwerken zonder de Markov eigenschap geeft. Het algemene idee van QNA is om alle aankomstprocessen en servicetijd distributies te representeren aan de hand van een aantal parameters. De congestie bij iedere faciliteit kan worden bepaald met behulp van benaderingsformules die afhankelijk zijn van deze parameters (W. Whitt, 1983). De parameters van de interne stromen worden bepaald door gebruik te maken van drie soorten operaties; (a) samenvoegen, (b) opsplitsen, en (c) vertrek of stroom door een queue. Deze staan hieronder in figuur 3 weergegeven.



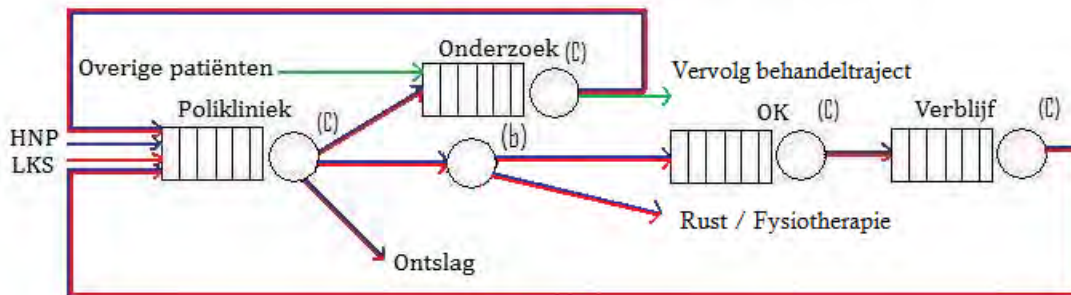
Figuur 3. Basis netwerk operaties: a) samenvoegen, b) opsplitsen, c) vertrek of stroom door een queue. (W. Whitt, 1983).

In de onderstaande paragrafen zullen, gebaseerd op de bovenstaande operaties, de netwerken van de twee zorgpaden worden besproken.

### 4.1 Model zonder capaciteitsreservering OK

Het netwerk voor de situatie zonder het reserveren van capaciteit van de OK voor de twee zorgpaden kan, gebaseerd op de operaties die in de vorige paragraaf zijn genoemd, worden samengesteld. Dit netwerk is in figuur 4 weergegeven.

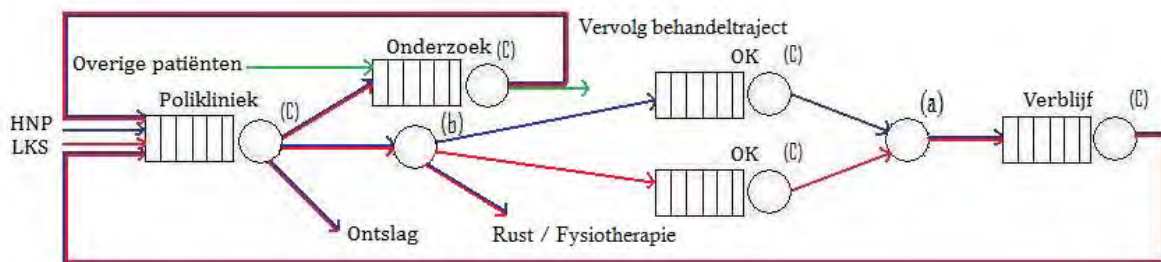




Figuur 4. Netwerk zonder capaciteitsreservering

#### 4.2 Model met capaciteitsreservering OK

In de situatie waarin capaciteit van de OK wordt gereserveerd voor de twee zorgpaden kan het netwerk worden samengesteld zoals weergegeven in figuur 5. In deze figuur is te zien dat de OK in het netwerk opgesplitst is in twee aparte knooppunten. Hierbij gaat de stroom patiënten met HNP door het ene knooppunt van de OK en de stroom patiënten met LKS door het andere knooppunt van de OK.



Figuur 5. Netwerk met capaciteitsreservering

#### 4.3 Beperkingen van het model

Er moet worden opgemerkt dat, aangezien de bovenstaande netwerken zeer vereenvoudigd zijn, deze niet geheel overeen komen met de realiteit. Een aantal zaken die voor dit onderzoek buiten beschouwing worden gelaten, maar mogelijk in de realiteit wel van invloed kunnen zijn, op de uitkomst van het onderzoek worden hieronder besproken.

- Wanneer een patiënt na het eerste polikliniekbezoek wordt ingepland voor een onderzoek zal, ook al zou de situatie zich voordoen dat er direct plaats is voor het uitvoeren van het onderzoek, deze nooit direct wordt uitgevoerd. Dit betekent dat er een minimale wachttijd gehanteerd wordt voordat de patiënt verder gaat naar het onderzoekproces. Dit geldt tevens voor de overige polikliniekbezoeken en de operatie. De patiënt zal altijd op afspraak worden ingepland. Met deze minimale wachttijd wordt echter geen rekening gehouden in het model.
- Naast de zorgpaden LKS en HNP vallen meer zorgpaden onder het vakgebied neurologie die tevens gebruik maken van een OK. Deze zorgpaden worden echter voor dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

- De aankomsten van patiënten en behandeltijden zullen niet gebaseerd zijn op reële cijfers. Het is dus zeer aannemelijk dat de gehanteerde getallen afwijken van de realiteit.
- Aangezien zorgpaden niet algemeen zijn vastgelegd en iedere zorginstelling deze naar eigen keuze kan inrichten is het mogelijk dat de bovenstaande zorgpaden niet geheel op de realiteit berusten.

#### 4.4 Berekeningen

Na het samenstellen van de netwerken voor zowel de situatie met als zonder capaciteitsreservering van de OK voor de twee zorgpaden zal aan de hand van de QNA methode de kwadratische variatiecoëfficiënten van de behandeltijden  $\tau$  en de kwadratische variatiecoëfficiënten van het aankomstproces per knooppunt worden bepaald.

Aangezien er meerdere aankomststromen van verschillende soorten patiënten zijn wordt er gekozen voor de methode die rekening houdt met verschillende klassen en routes.

De volgende parameters zijn nodig voor het gebruik van de formules.

- $n$  = aantal knooppunten
- $m_j$  = aantal servers op knooppunt  $j$
- $r$  = aantal routes/stromen
- $n_k$  = aantal knooppunten in route  $k$
- $\hat{\lambda}_k$  = externe aankomstintensiteit van klasse  $k$
- $c^2_k$  = kwadratische variatiecoëfficiënt van het externe aankomstproces voor klasse  $k$
- $n_{kj}$  = het  $j^{\text{de}}$  knooppunt dat wordt bezocht door patiënten van klasse  $k$
- $\tau_{kj}$  = De gemiddelde behandeltijd van klasse  $k$  op het  $j^{\text{de}}$  knooppunt van zijn route
- $c^2_{skj}$  = kwadratische variatie coëfficiënt van de behandeltijd van klasse  $k$  op het  $j^{\text{de}}$  knooppunt van zijn route

Aangezien de input voor dit onderzoek gebaseerd is op meerdere soorten patiëntstromen zal in paragraaf 4.3.1 eerst de input aangepast worden tot een algemene input. Daarna zullen in paragraaf 4.3.2 de parameters per knooppunt worden bepaald. Tenslotte is er voldoende informatie om in paragraaf 4.3.3 de verwachte wachttijd en verwachte doorlooptijd per knooppunt te kunnen benaderen. Tevens kan de kansdichtheid en de verdeling van de verwachte wachttijd worden benaderd.

##### 4.3.1 Manipuleren input

De input voor dit onderzoek is gebaseerd om meerdere soorten patiëntstromen. Omdat de analyse gedaan wordt per knooppunt zal de input eerst moeten worden gemanipuleerd tot een algemene input.

Allereerst worden de externe aankomststromen berekend:

$$\lambda_{0j} = \sum_{k=1}^r \hat{\lambda}_k 1\{k: n_{k1} = j\} \quad (1)$$

Op dezelfde wijze worden alle stromen van knooppunt  $i$  naar knooppunt  $j$  berekend:

$$\lambda_{ij} = \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k-1} \hat{\lambda}_k 1\{(k, l): n_{kl} = i, n_{k,l+1} = j\} \quad (2)$$

En zo ook de stromen die het netwerk verlaten:

$$\lambda_{i0} = \sum_{k=1}^r \hat{\lambda}_k 1\{k: n_{kn_k} = i\} \quad (3)$$

Aan de hand van de bovenstaande formules wordt de routingmatrix  $Q$  berekend. Dit is een matrix die het deel van de patiënten van knooppunt  $i$  naar  $j$  gaan bevat:

$$q_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{i0} + \sum_{k=1}^n \lambda_{ik}} \quad (4)$$

Vervolgens wordt de behandeltijd per knooppunt  $j$  berekend door de behandeltijden per knooppunt per route te middelen:

$$\tau_j = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k \tau_{kl} 1\{(k,l):n_{kl}=j\}}{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k 1\{(k,l):n_{kl}=j\}} \quad (5)$$

De kwadratische variatiecoëfficiënt  $c_{sj}^2$  worden verkregen door middel van het tweede moment aan de hand van de onderstaande formule. Deze parameter wordt per knooppunt  $j$  berekend.

$$\tau_j^2 (c_{sj}^2 + 1) = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k \tau_{kl}^2 (c_{skl}^2 + 1) 1\{(k,l):n_{kl}=j\}}{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k 1\{(k,l):n_{kl}=j\}} \quad (6)$$

#### 4.3.2 Bepalen parameters per knooppunt

Nu is er voldoende informatie om de interne aankomstintensiteiten  $\lambda_j$  en de verkeersintensiteiten  $\rho_j$  te berekenen. Aan de hand van de onderstaande formule wordt het stelsel van vergelijkingen opgelost om op deze manier de aankomstintensiteiten per knooppunt  $j$  te bepalen:

$$\lambda_j = \lambda_{0j} + \sum_{i=1}^n \lambda_i q_{ij} \quad (7)$$

Na het berekenen van de aankomstintensiteiten van de knooppunten kunnen aan de hand van de onderstaande formule (8) de interne stromen  $\lambda_{ij}$  van knooppunt  $i$  naar knooppunt  $j$  worden berekend. Aan de hand van de tweede formule (9) wordt het deel van de aankomsten  $p_{ij}$  die van knooppunt  $i$  naar knooppunt  $j$  gaan berekend.

$$\lambda_{ij} = \lambda_i q_{ij} \quad (8)$$

$$p_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_j} \quad (9)$$

De verkeersintensiteiten  $\rho_j$  worden berekend aan de hand van de onderstaande formule:

$$\rho_j = \frac{\lambda_j \tau_j}{m_j} \quad (10)$$

Vervolgens kunnen de kwadratische variatiecoëfficiënten  $c_{0j}^2$  van het externe aankomstproces berekend:

$$c_{0j}^2 = (1 - \bar{w}_j) + \bar{w}_j \left[ \sum_{k=1}^r C_k^2 \left( \frac{\hat{\lambda}_k 1\{k:n_{k1}=j\}}{\sum_{l=1}^r \hat{\lambda}_l 1\{k:n_{kl}=j\}} \right) \right] \quad (11)$$

Waarbij de variabele  $\bar{w}_j$  wordt gebruikt om de operatie van het samenvoegen van stromen te specificeren.  $\bar{w}_j$  wordt als volgt berekend:

$$\bar{w}_j(\rho_j, v_j) = \frac{1}{[1+4(1-\rho_j)^2(\bar{v}_j-1)]} \quad (12)$$

Waarbij

$$\bar{v}_j = \frac{1}{\left( \frac{\sum_{k=1}^r \hat{\lambda}_k 1\{k:n_{k1}=j\}}{\sum_{l=1}^r \hat{\lambda}_l 1\{l:n_{l1}=j\}} \right)^2} \quad (13)$$

Vervolgens kunnen de kwadratische variatiecoëfficiënten  $c_{aj}^2$  worden berekend door de vergelijkingen op te lossen aan de hand van de onderstaande formule:

$$c_{aj}^2 = a_j + \sum_{i=1}^n c_{ai}^2 b_{ij} \quad (14)$$

Waarbij  $b_{ij}$  en  $a_j$  constanten zijn die worden berekend aan de hand van de onderstaande formules:

$$b_{ij} = w_j p_{ij} q_{ij} [v_{ij} + (1 - v_{ij})(1 - \rho_i^2)] \quad (15)$$

$$a_j = 1 + w_j \{ (p_{0j} c_{0j}^2 - 1) + \sum_{i=1}^n p_{ij} [(1 - q_{ij}) + (1 - v_{ij}) q_{ij} \rho_i^2 x_i] \} \quad (16)$$

Hierbij zijn  $x_i$ ,  $v_{ij}$ , en  $w_j$  afhankelijk van de basisparameters die eerder zijn berekend;  $\rho_i$ ,  $m_i$  en  $c_{si}^2$  maar niet van de kwadratische variatiecoëfficiënten  $c_{aj}^2$  die wordt berekend. De variabele  $x_i$  en  $v_{ij}$  worden gebruikt om de vertrek operatie te specificeren. De variabele  $w_j$  wordt gebruikt om de operatie van het samenvoegen van stromen te specificeren. De formules om de variabelen  $x_i$ ,  $v_{ij}$ , en  $w_j$  te berekenen, zijn in dit geval van QNA als volgt:

$$v_{ij} = 0 \quad (17)$$

en

$$x_i = 1 + m_i^{-0.5} (\max\{C_{si}^2, 0.2\} - 1) \quad (18)$$

en

$$w_j(\rho_j, v_j) = \frac{1}{[1+4(1-\rho_j)^2(v_j-1)]} \quad (19)$$

Waarbij

$$v_i = \frac{1}{\sum_{i=0}^n p_{ij}^2} \quad (20)$$

#### 4.3.3 Berekenen verwachte wachttijd en verwachte doorlooptijd

Aan de hand van de berekende variatiecoëfficiënten  $c_{sj}^2$  en  $c_{aj}^2$  kan per knooppunt  $j$  de verwachte wachttijd  $EW_j$  worden berekend:

$$EW_j = \tau_j \rho_j \frac{(c_{aj}^2 + c_{sj}^2)g}{2(1 - \rho_j)} \quad (21)$$

Waarbij  $g$  een parameter is die een extra verfijning aanbrengt in het berekenen van de verwachte wachttijd. Deze wordt als volgt berekend:

$$g(\rho_j, C_{sj}^2, C_{aj}^2) = \begin{cases} \exp \left[ -\frac{2(1-\rho)}{3\rho} \frac{(1-C_{aj}^2)^2}{C_{aj}^2 + C_{sj}^2} \right], & C_s^2 < 1 \\ 1, & C_s^2 \geq 1 \end{cases} \quad (22)$$

Vervolgens kan de verwachte doorlooptijd per zorgpad  $k$  worden bepaald:

$$ED_k = \sum_{j=1}^r (\tau_{kj} + EW_j) \quad (23)$$

Tevens kan de kansdichtheid en de verdeling van de wachttijd per knooppunt worden benaderd (W. Whitt, 1983).

## 5. Scenario's

In dit hoofdstuk worden een aantal scenario's doorberekend en de resultaten die hieruit voortkomen worden geïllustreerd. Er zal een basisscenario worden opgesteld dat zal worden gebruikt om te onderzoeken wat het gevolg is voor de verwachte doorlooptijd wanneer er capaciteit van de OK voor verschillende zorgpaden wordt gereserveerd. Hierbij zal worden geprobeerd om de waarden van de parameters zo reëel mogelijk te houden. Daarna zullen vanuit dit basisscenario een aantal andere scenario's worden opgesteld die ook interessant zijn om te onderzoeken en deze zullen met elkaar worden vergeleken.

### 5.1 Basisscenario

Om het probleem te modelleren zijn voor het bepalen van de behandeltijden en de aankomsttijden een aantal aannames gedaan. Hoewel deze cijfers deels gebaseerd zijn op reële cijfers, kan niet worden aangenomen dat de waarden overeenkomen met de realiteit voor een specifieke instelling. De aannames worden hieronder beschreven.

- Naar schatting hebben ongeveer 75.000 patiënten per jaar HNP (Nederlandse vereniging van neurochirurgen, 2008). Momenteel zijn er in totaal ongeveer 145 ziekenhuizen in Nederland, de zelfstandig behandelcentra en privéklinieken zijn hierbij buiten beschouwing gelaten (NVZ vereniging van ziekenhuizen, nb). Wanneer aangenomen wordt dat het aantal HNP patiënten uniform is over alle ziekenhuizen, zullen er gemiddeld 10 patiënten per week per ziekenhuis aankomen.
- 1 op de 7 a 8 patiënten met HNP hebben een operatie nodig. Hieruit volgt dat ongeveer gemiddeld 1.2 patiënten per week per ziekenhuis een hernia operatie krijgen. Voor het gemak wordt aangenomen dat dit aantal op 1.5 per week ligt.
- Voor LKS zijn de aantallen per jaar in Nederland nog niet bekend. Daarom wordt aangenomen dat ongeveer 50.000 patiënten per jaar LKS hebben. Wanneer aangenomen wordt dat dit aantal uniform is over alle ziekenhuizen zullen er gemiddeld 7 patiënten per week per ziekenhuis aankomen.
- Tevens wordt aangenomen dat, evenals bij HNP patiënten, 1 op de 7 a 8 patiënten met LKS een operatie nodig heeft. Hieruit volgt dat er gemiddeld 1 patiënt per week per ziekenhuis een operatie voor LKS krijgt.
- Om de totale capaciteit per week van zowel de polikliniek als de OK neurologie te berekenen worden de volgende aannames gedaan:
  - Een operatiedag bevat 8 uur. Aangenomen wordt dat er een 1/2 dag per week operaties kunnen worden ingepland en er is één OK per week gereserveerd voor neurologie. Dit betekent dat de capaciteit van de OK 4 uur per week is.
  - Daarnaast wordt aangenomen dat de capaciteit van de polikliniek 16 uur per week bedraagt.
- Voor het onderzoekproces worden andere zorgverleners ingezet. Er wordt aangenomen dat de capaciteit van het onderzoek 40 uur per week bedraagt. Echter hier wordt wel rekening gehouden met de overige patiënten die buiten de zorgpaden HNP en LKS vallen en ook voor een dergelijk onderzoek worden ingepland. Er wordt aangenomen dat het aantal overige patiënten ongeveer 35 per week is.

- Vervolgens wordt aangenomen dat na de operatie de patiënt voor zowel het zorgpad HNP als het zorgpad LKS 48 uur in het ziekenhuis moet verblijven. Omdat er wordt aangenomen dat wanneer een patiënt wordt geopereerd deze na afloop niet hoeft te wachten op een bed kan het verblijf na de operatie in het netwerk gemodelleerd worden als een knooppunt met een oneindige capaciteit.

### 5.5.1 Situatie zonder capaciteitsreservering OK

In deze situatie wordt geen rekening gehouden met het reserveren van capaciteit van de OK voor de aankomststromen vanuit de verschillende zorgpaden. De totale capaciteit van de OK kan worden gebruikt voor zowel het zorgpad HNP als voor het zorgpad LKS. In tabel 2 hieronder wordt het gemiddeld aantal aankomsten per aankomststroom per week weergegeven.

Gemiddeld aantal aankomsten per week	
HNP patiënten zonder operatie	8.5
HNP patiënten met operatie	1.5
LKS patiënten zonder operatie	6
LKS patiënten met operatie	1
Overige patiënten	35

Tabel 2. Gemiddeld aantal aankomsten per week

In tabel 3 worden de behandelzeiten per zorgproces weergegeven.

Behandeltijd in uren per soort patiëntstroom	Eerste polikliniekbezoek	Onderzoek	Tweede polikliniekbezoek	OK	Verblijf	Derde polikliniekbezoek
HNP zonder operatie	0.25	0.75	0.5	-	-	-
HNP met operatie	0.25	0.75	0.5	1.5	48	0.5
LKS zonder operatie	0.25	0.75	0.5	-	-	-
LKS met operatie	0.25	0.75	0.5	1.5	48	0.5
Overige patiënten	-	0.75	-	-	-	-

Tabel 3. Behandeltijd in uren per soort patiëntstroom

Om de capaciteiten van de verschillende processtappen op een juiste manier te verwerken in de benadering voor de verwachte wachttijd wordt de behandelzeit per proces geschaald aan de hand van de beschikbare capaciteit per processtap. Er wordt aangenomen dat er geen rekening gehouden hoeft te worden met bijvoorbeeld wekeindes en dag en nacht. De uren worden op deze manier verspreid over de hele week. Dit betekent dat het niet van belang is wanneer de processtappen precies plaatsvinden, maar dat er alleen gekeken wordt naar het totaal aantal uur per week.

Omdat aangenomen wordt dat wanneer een patiënt geopereerd wordt er altijd direct een bed beschikbaar is voor het verblijf in het ziekenhuis na de operatie zal de capaciteit van deze processtap in dit model oneindig groot zijn.

De capaciteiten per processtap zijn in tabel 4 weergegeven.

Polikliniek	Onderzoek	OK	Verblijf
16	40	4	$\infty$

Tabel 4. Capaciteit per processtap in uren per week

De variatiecoëfficiënten van zowel het aankomstproces als de behandelzeiten bepalen de mate van variatie in deze processen; hoe groter de variatiecoëfficiënten, des te groter de variatie in de processen zal zijn. De variatiecoëfficiënten worden standaard 1 genomen maar de invloed van het variëren van deze coëfficiënten zal in dit hoofdstuk ook worden onderzocht.

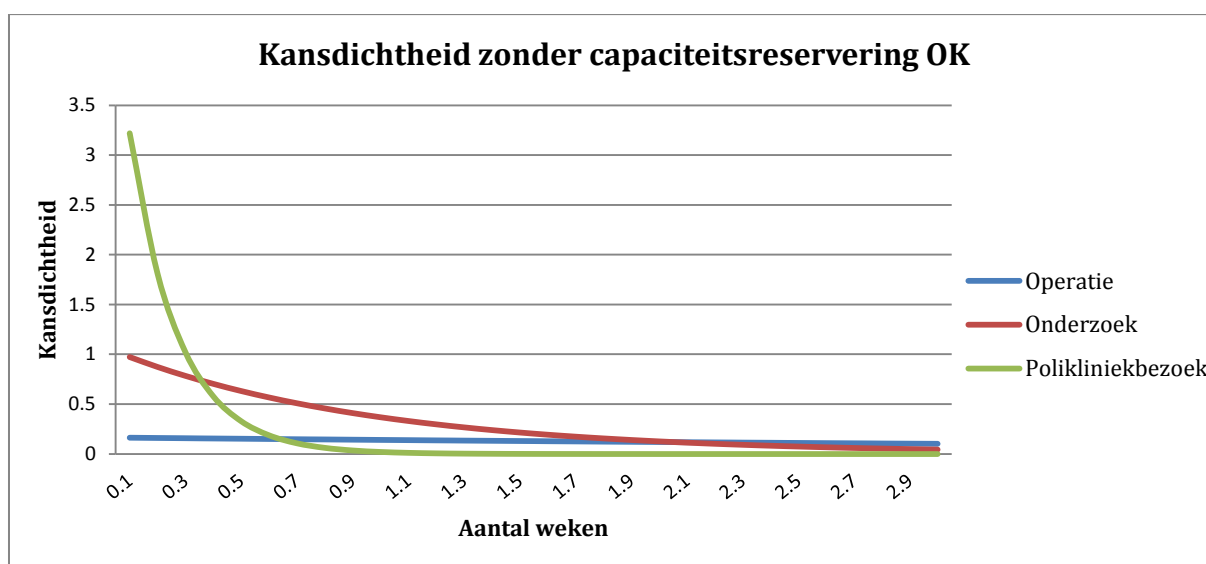
De verwachte doorlooptijd van een zorgpad is de verwachte hoeveelheid tijd dat een patiënt in het systeem zit. Dit zijn de behandelzeiten per knooppunt opgeteld bij de som van alle verwachte wachttijden per knooppunt. De load per processtap is het aantal aankomsten per week per behandelzeit per server. Om ervoor te zorgen dat het systeem stabiel blijft, dus dat er niet meer patiënten per processtap aankomen dan het betreffende knooppunt aankan, moet de load altijd kleiner zijn dan 1. De verwachte wachttijd ( $E[W]$ ) per processtap, de load per processtap en de verwachte doorlooptijd van de zorgpaden bij de hierboven genoemde parameters worden in tabel 5 weergegeven.

Processtap	$E[W]$ HNP/LKS patiënten in dagen	Load HNP/LKS patiënten per proces
Polikliniek	1.298979	0.875
Onderzoek	5.181729	0.975
OK	39.59335	0.9375
Verblijf	0	0
<b>Verwachte doorlooptijd</b>	<b>50.81785</b>	

Tabel 5. Verwachte wachttijd per processtap, load per processtap en de verwachte doorlooptijd per zorgpad

Omdat er geen capaciteit van de OK wordt gereserveerd voor de aankomststromen vanuit de twee zorgpaden, hebben beide zorgpaden hetzelfde verloop. Omdat tevens de waarden van de parameters voor beide zorgpaden als gelijk worden verondersteld betekent dit dat de bovenstaande resultaten voor beide zorgpaden overeenkomen. De verwachte doorlooptijd van beide zorgpaden is in dit geval dus ongeveer 51 dagen, ofwel ongeveer 7 weken wat met name veroorzaakt wordt door de verwachte wachttijd van de OK.

Tevens is de kansdichtheid van de verwachte wachttijd per processtap bepaald. Met de kansdichtheid wordt de kansverdeling van de verwachte wachttijd beschreven. De kansdichtheid is voor elke processtap weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 6. Kansdichtheid per processtap in situatie zonder capaciteitsreservering van de OK per zorgpad

De bovenstaande figuur laat de kansverdeling van de verwachte wachttijden van de processtappen zien. De verwachte wachttijd van de polikliniek is hyperexponentieel verdeeld. Dit wordt veroorzaakt doordat de variatiecoëfficiënt van de behandelzeit van de polikliniek groter is dan 1. Daarnaast zijn de verwachte wachttijden van het onderzoek en



de OK in dit geval exponentieel verdeeld. De variatiecoëfficiënt van de behandeltijd van zowel het onderzoek als de OK is gelijk aan 1.

### 5.5.2 Situatie met capaciteitsreservering OK

In de situatie waarin wel capaciteit van de OK voor de aankomststromen vanuit de twee zorgpaden wordt gereserveerd, worden zowel het gemiddeld aantal aankomsten per week voor elke stroom patiënten als de behandeltijden per processtap als gelijk aan die van de situatie zonder capaciteitsreservering van de OK verondersteld. Ook de capaciteiten van de polikliniek, het onderzoek en het verblijf zullen hetzelfde zijn. Echter de capaciteit van de OK zal nu verdeeld worden tussen de twee zorgpaden. De capaciteitsverdeling van de OK wordt gebaseerd op de verhouding van de aankomstintensiteiten. De totale capaciteit van de OK is 4 uur per week. Dit betekent dat er  $\frac{1.5}{2.5} * 4 = 2.4$  uur per week gereserveerd wordt voor HNP patiënten en  $\frac{1.0}{2.5} * 4 = 1.6$  uur per week gereserveerd wordt voor LKS patiënten. De capaciteiten per processtap per zorgpad worden in tabel 6 weergegeven.

Capaciteit in uren per week	Polikliniek	Onderzoek	OK	Verblijf
HNP patiënten	16	40	2.4	$\infty$
LKS patiënten	16	40	1.6	$\infty$

Tabel 6. Capaciteit per processtap in uren per week

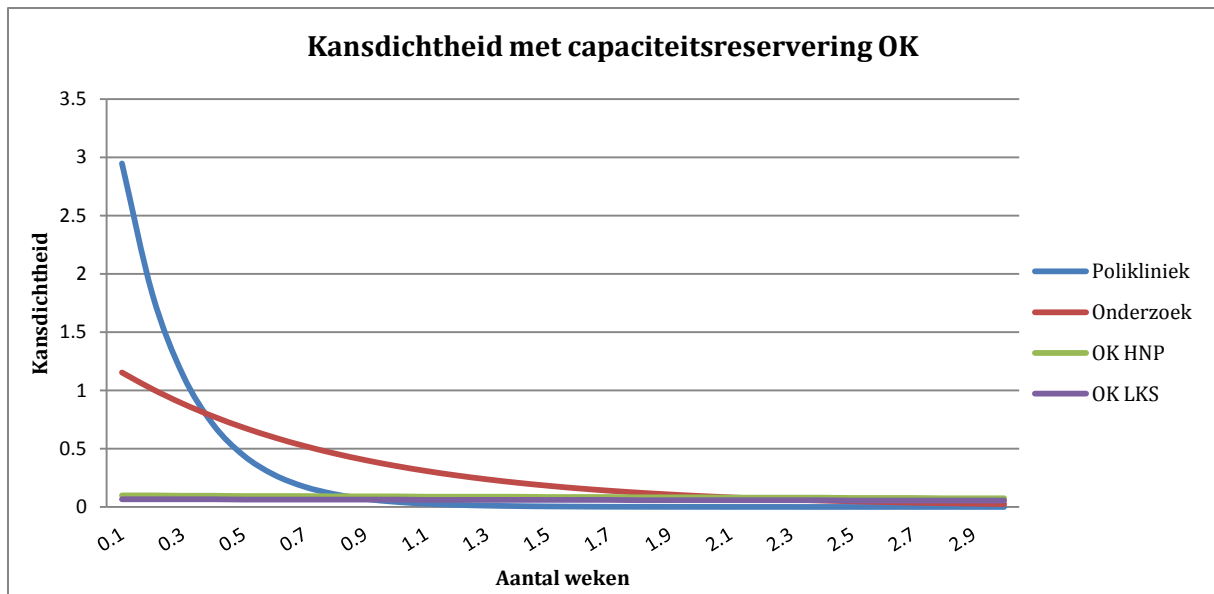
De verwachte wachttijd per processtap, de load per processtap en de verwachte doorlooptijd per zorgpad worden in tabel 7 weergegeven.

Processtap	E[W] HNP patiënten in dagen	Load per processtap HNP patiënten	E[W] LKS patiënten in dagen	Load per processtap LKS patiënten
Polikliniek	1.298934	0.875	1.298934	0.875
Onderzoek	5.181722	0.975	5.181722	0.975
OK	65.84333	0.9375	98.65583	0.9375
Verblijf	0	0	0	0
<b>Verwachte doorlooptijd</b>	<b>77.06768</b>		<b>109.88018</b>	

Tabel 7. Verwachte wachttijd per processtap, load per processtap en verwachte doorlooptijd per zorgpad

Wanneer de verwachte doorlooptijd zonder capaciteitsreservering van de OK wordt vergeleken met de verwachte doorlooptijden van de twee zorgpaden met capaciteitsreservering van de OK, kan worden geconcludeerd dat deze een slechter resultaat opleveren. Dit geldt voor beide zorgpaden en wordt met name veroorzaakt doordat de verwachte wachttijd van de OK voor zowel HNP als LKS patiënten veel groter wordt. Te zien is dat het reserveren van capaciteit vrij weinig invloed heeft op de verwachte wachttijden van de andere processtappen. Dit zou verklaard kunnen worden doordat de patiëntstroom vanuit de OK heel klein is (slechts 2.5 patiënten per week) in vergelijking met de totale patiëntstromen die op de polikliniek en het onderzoek komen, waardoor de invloed van het reserveren van de capaciteit van de OK op de andere processtappen vrijwel verwaarloosbaar is.

Tevens is de kansdichtheid van de verwachte wachttijd per processtap bepaald. Deze is te zien in de figuur hieronder.



Figuur 7. Kansdichtheid per processtap in situatie met capaciteitsreservering van de OK per zorgpad

De bovenstaande figuur laat de kansverdeling van de verwachte wachttijden van de processtappen zien. De verwachte wachttijd van de polikliniek is hyperexponentieel verdeeld. Dit wordt veroorzaakt doordat de variatiecoëfficiënt van de behandeltijd van de polikliniek groter is dan 1. Daarnaast zijn de verwachte wachttijden van het onderzoek, de OK voor HNP patiënten en de OK voor LKS patiënten in dit geval exponentieel verdeeld.

## 5.2 Onderscheid tussen eerste polikliniekbezoek en herhaalbezoeken

In deze paragraaf zal onderscheid gemaakt worden tussen een eerste polikliniekbezoek (EPB) en herhaalbezoeken. Omdat de verwachte wachttijden voor EPB's toegangstijden zijn terwijl de verwachte wachttijd van herhaalbezoeken invloed heeft op patiënten binnen het systeem, is het interessant om te onderzoeken wat het gevolg is wanneer er onderscheid wordt gemaakt tussen EPB's en herhaalbezoeken. Er zal gekeken worden wat de invloed van het verdelen van de capaciteit van de polikliniek tussen EPB's en herhaalbezoeken op de verwachte doorlooptijd per zorgpad is.

In deze situatie wordt de polikliniek in het netwerk opgesplitst in twee knooppunten. Voor het eerste polikliniekbezoek komen de patiënten aan bij het eerste knooppunt van de polikliniek en voor herhaalbezoeken, het tweede en derde polikliniekbezoek, komen de patiënten bij het tweede knooppunt van de polikliniek. Zoals in het basisscenario wordt verondersteld, is de totale capaciteit van de polikliniek 16 uur per week. Er zal worden bepaald hoe deze totale capaciteit het best kan worden verdeeld tussen de EPB's en herhaalbezoeken.

Omdat een vereiste is dat systeem stabiel blijft, dus dat er niet meer aankomsten zijn dan het systeem aankan, zijn er bepaalde grenzen verbonden aan het verdelen van de capaciteit. Dit betekent dat er niet minder dan 5 uur maar ook niet meer dan 6 uur per week gereserveerd kan worden voor de EPB's. Tevens wordt ervoor gekozen dat de capaciteit in stappen van halve uren verdeeld kan worden. Dit betekent dat er slechts drie mogelijkheden zijn met betrekking tot het verdelen van de capaciteit in deze situatie.

Omdat bekend is dat het reserveren van capaciteit van de OK per zorgpad een verslechtering van de verwachte doorlooptijd oplevert wordt de analyse alleen gedaan voor de situatie zonder capaciteitsreservering van de OK.

Allereerst zal gekeken worden wat de resultaten zijn wanneer er 6 uur per week wordt gereserveerd voor het eerste polikliniek bezoek en de overige 10 uur per week voor de herhaalbezoeken. Vervolgens worden ook de resultaten berekend wanneer er 5.5 uur per week gereserveerd wordt voor het eerste polikliniekbezoek en de overige 10.5 uur per week voor de herhaalbezoeken. Ten slotte worden de resultaten berekend wanneer er 5 uur per week gereserveerd wordt voor het eerste polikliniekbezoek. Hieruit volgt dat er 11 uur per week aan capaciteit overblijft voor herhaalbezoeken. In de bovengenoemde situaties worden alle overige parameters als gelijk aan het basisscenario verondersteld. De resultaten worden in de tabel hieronder weergegeven.

Processtap	E[W] in dagen 6 uur reserveren voor EPB's	E[W] in dagen 5.5 uur reserveren voor EPB's	E[W] in dagen 5 uur reserveren voor EPB's	E[W] in dagen zonder onderscheid tussen EPB's en herhaalbezoeken
EPB	0.708333	1.081818	1.983333	1.298979
Onderzoek	5.11875	5.11875	5.11875	5.181729
Herhaalbezoeken	13.65	4.333333	2.481818	1.298979
OK	39.375	39.375	39.375	39.59335
Verblijf	0	0	0	0
<b>Verwachte doorlooptijd</b>	<b>72.64792</b>	<b>56.38807</b>	<b>53.58655</b>	<b>50.81785</b>

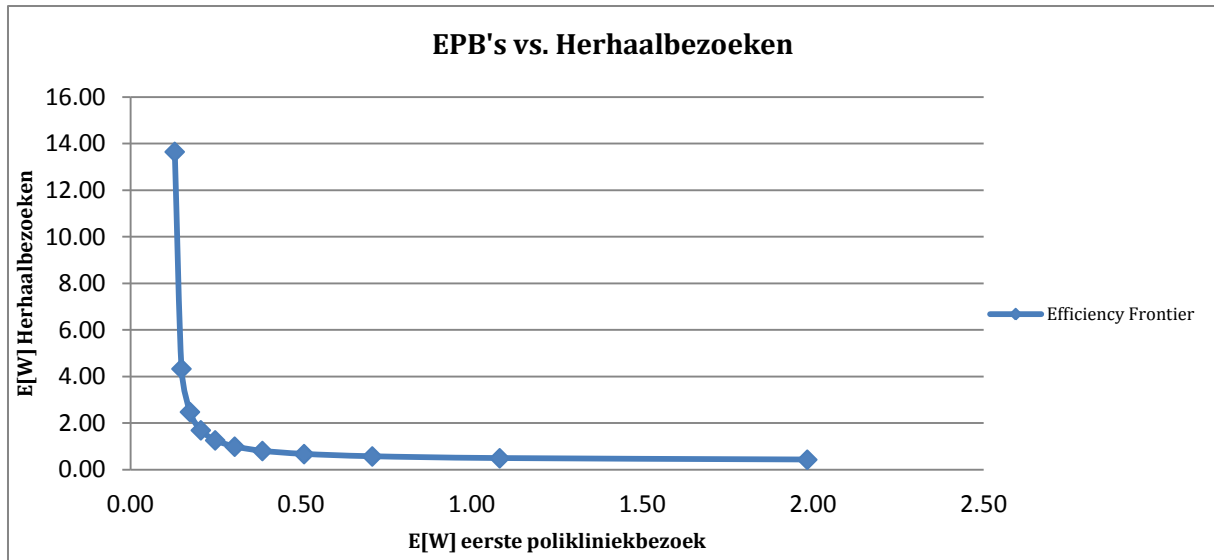
Tabel 8. Verwachte wachttijd per processtap en verwachte doorlooptijd

Uit de bovenstaande resultaten is op te maken dat de toegangstijd het kleinst is wanneer er 6 uur per week wordt gereserveerd voor EPB's. Aangezien er meer capaciteit beschikbaar is voor EPB's dan wanneer er 5.5 of 5 uur per week wordt gereserveerd voor EPB's is dit niet verwonderlijk. Echter wanneer er 5 uur per week voor EPB's gereserveerd wordt, is de verwachte doorlooptijd per zorgpad het kleinst. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de verwachte wachttijd van de herhaalbezoeken in deze situatie aanzienlijk kleiner is dan wanneer er 5.5 of 6 uur per week gereserveerd wordt voor EPB's.

Wanneer de verwachte doorlooptijden van de situaties waarin capaciteit wordt gereserveerd voor EPB's en herhaalbezoeken, worden vergeleken met de verwachte doorlooptijd van het basisscenario, waarin geen onderscheid gemaakt wordt tussen EPB's en herhaalbezoeken, kan worden geconcludeerd dat het geen voordeel oplevert om onderscheid te maken tussen EPB's en herhaalbezoeken.

Wanneer de totale capaciteit van de polikliniek groter genomen wordt, namelijk 20 uur per week is het mogelijk om het effect op de verwachte wachttijd van het reserveren van capaciteit voor het eerste polikliniekbezoek en herhaalbezoeken inzichtelijk te maken. Hierbij is tevens aangenomen dat het reserveren van capaciteit mogelijk is in stappen van halve uren. Aangezien het reserveren van capaciteit van de OK een verwaarloosbare invloed heeft op de verwachte wachttijden van de polikliniek is het effect ook hier weer alleen gemeten voor de situatie zonder capaciteitsreservering van de OK.

De onderstaande grafiek laat de verwachte wachttijd van het eerste polikliniek bezoek tegen de verwachte wachttijd van de herhaalbezoeken zien.



Figuur 8. Efficiency frontier verwachte wachttijd EPB vs. herhaalbezoeken

Uit de bovenstaande grafiek is op te maken waar zowel EPB's als herhaalbezoeken de kleinste verwachte wachttijd hebben. In de onderstaande tabel wordt nog een keer een overzicht gegeven van de verwachte wachttijden per processtap maar nu met de bijbehorende verdeling van capaciteit tussen de EPB's en herhaalbezoeken. Voor de EPB's is de capaciteit gevarieerd tussen de 5 en de 9 uur per week. Voor de herhaalbezoeken is de capaciteit gevarieerd tussen de 11 en de 15 uur per week.

Aantal uur reserveren voor EPB's en herhaalbezoeken											
Uren	5 en 15	5.5 en 14.5	6 en 14	6.5 en 13.5	7 en 13	7.5 en 12.5	8 en 12	8.5 en 11.5	9 en 11	9.5 en 10.5	10 en 10
EPB	1.983	1.082	0.708	0.509	0.386	0.305	0.248	0.206	0.174	0.149	0.129
Onderzoek	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119	5.119
Herhaalbezoek	0.433	0.495	0.574	0.674	0.808	0.993	1.264	1.696	2.482	4.333	13.650
OK	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375	39.375
Verblijf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 9. Verwachte wachttijd per processtap bij capaciteitsverdeling tussen EPB's en herhaalbezoeken

Uit de bovenstaande tabel is af te lezen wat de verwachte wachttijd van zowel het eerste polikliniekbezoek als de herhaalbezoeken is bij een gegeven capaciteitsreservering. Te zien is dat hoe meer capaciteit voor de EPB's wordt gereserveerd, hoe kleiner de verwachte wachttijd van deze processtap wordt. Dit geldt andersom ook voor de herhaalbezoeken.

### 5.3 Meten invloed van de variatiecoëfficiënten

In deze paragraaf zullen de variatiecoëfficiënten van zowel het aankomstproces als de behandelzeiten per processtap gevarieerd worden. Zoals eerder genoemd bepalen de variatiecoëfficiënten de mate van variatie in de processtappen. In het basisscenario zijn alle variatiecoëfficiënten 1 genomen. Echter in deze paragraaf zal aan de hand van het variëren van deze coëfficiënten gekeken worden wat de invloed is op de verwachte wachttijden per processtap.

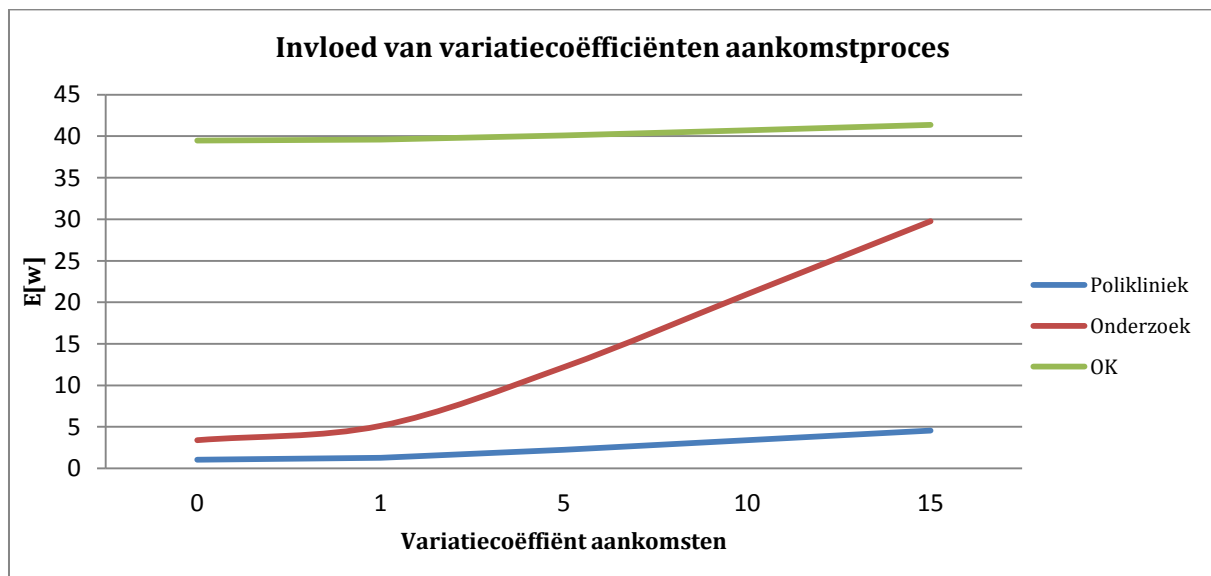
Voor dit scenario wordt de analyse tevens alleen gedaan voor de situatie zonder capaciteitsreservering van de OK aangezien bekend is dat het reserveren van capaciteit van de OK per zorgpad een verslechtering van de verwachte doorlooptijd per zorgpad oplevert. Het effect zal immers vrijwel hetzelfde zijn, alleen de verwachte wachttijden zullen veel groter zijn.

Allereerst wordt de invloed van de variatiecoëfficiënten van het aankomstproces op de verwachte wachttijden per processtap gemeten. De variatiecoëfficiënten van het aankomstproces van elk zorgpad krijgen steeds dezelfde waarde toegekend. Deze waarden worden gevarieerd tussen 0 en 15. De resultaten die hieruit voortkomen zijn in de tabel hieronder weergegeven.

Variatiecoëfficiënten aankomstproces	0	1	5	10	15
Polikliniek	1.057013	1.298839	2.231765	3.397746	4.563728
Onderzoek	3.407179	5.133972	12.20362	20.98098	29.75834
OK	39.46787	39.59327	40.09529	40.72271	41.35013
Verblijf	0	0	0	0	0

Tabel 10. Verwachte wachttijd per processtap bij verschillende variatiecoëfficiënten van het aankomstproces

Om een duidelijk beeld te geven van de invloed van de variatiecoëfficiënten van het aankomstproces op de verwachte wachttijd per processtap, zijn de resultaten tevens weergegeven in de onderstaande grafiek.



Figuur 9. Verwachte wachttijd bij verschillende variatiecoëfficiënten van het aankomstproces

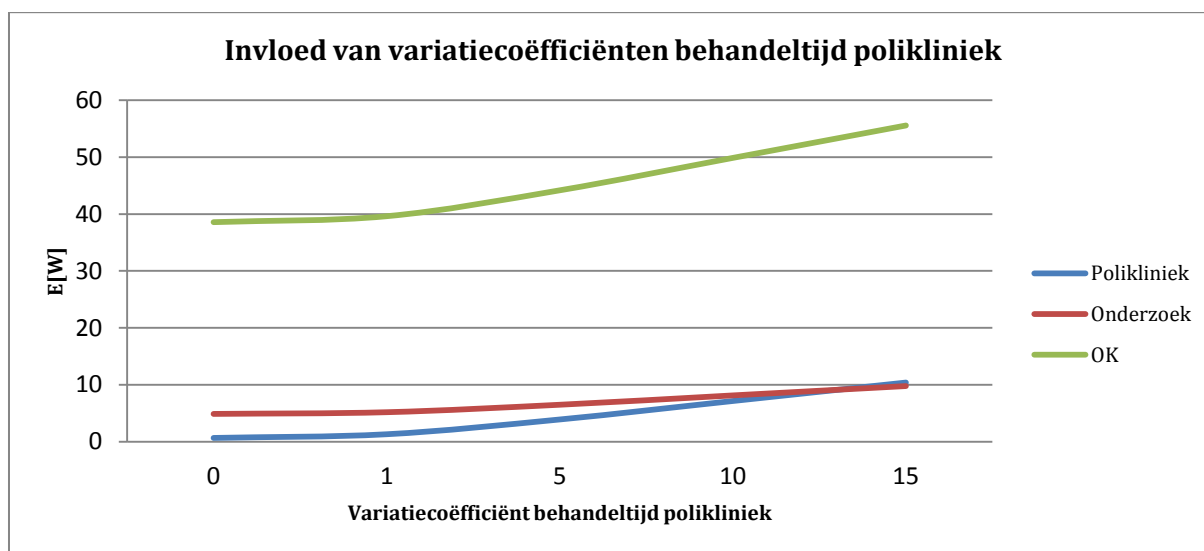
In zowel de bovenstaande tabel als figuur is te zien dat hoe groter de variatiecoëfficiënten, des te groter de verwachte wachttijden van de processtappen zijn. Tevens is te zien dat het variëren van de variatiecoëfficiënten van het aankomstproces van invloed is op de verwachte wachttijden van alle processtappen. Echter de grafiek laat zien dat de invloed op de verwachte wachttijd van het onderzoek veel groter is dan de invloed op de verwachte wachttijd van de polikliniek en de OK. Dit kan verklaard worden doordat de polikliniek niet alleen externe patiëntstromen heeft maar dat de patiënten ook twee keer intern terug keren op de polikliniek tijdens het tweede en derde polikliniekbezoek waardoor de effecten op de verwachte wachttijd minder worden. Daarnaast heeft de OK geen externe patiëntstroom waardoor de effecten op de verwachte wachttijd van de OK gematigd zijn.

Vervolgens worden de variatiecoëfficiënten van de behandelzeiten per processtap gevarieerd. Allereerst worden de variatiecoëfficiënten van de behandelzeiten van de polikliniek gevarieerd. De resultaten zijn in de tabel hieronder weggegeven.

Variatiecoëfficiënten behandeltime polikliniek	0	1	5	10	15
Polikliniek	0.648844	1.298979	3.899786	7.150795	10.4018
Onderzoek	4.880056	5.181729	6.499263	8.146174	9.79309
OK	38.54722	39.59335	44.16124	49.8711	55.58096
Verblijf	0	0	0	0	0

Tabel 11. Verwachte wachttijd in dagen bij verschillende variatiecoëfficiënten behandeltime polikliniek

De resultaten zijn tevens in de onderstaande grafiek weergegeven om de invloed van de variatiecoëfficiënten op de verwachte wachttijd per processtap in beeld te brengen.



Figuur 10. Verwachte wachttijd bij verschillende variatiecoëfficiënten van de behandeltime van de polikliniek

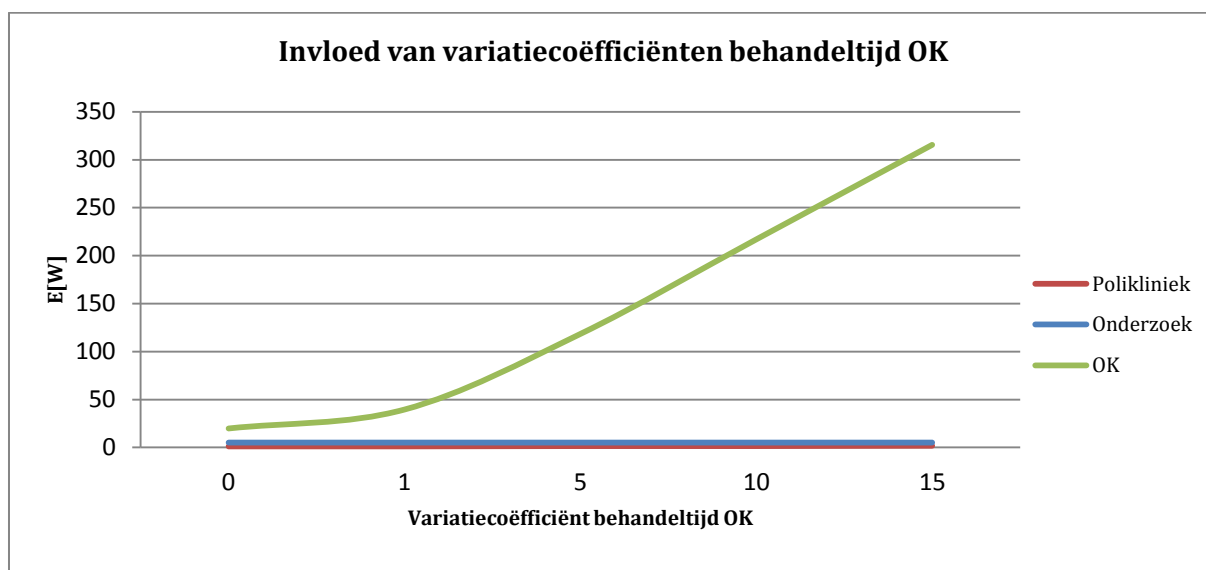
In zowel de bovenstaande tabel als de grafiek is te zien dat hoe groter de variatiecoëfficiënten van de behandeltime van de polikliniek worden, des te groter de verwachte wachttijd wordt. Omdat er meer variatie in de behandeltime voor zal komen is dit niet verwonderlijk. Opvallend is dat de variatiecoëfficiënten van de behandeltime van de polikliniek van invloed is op de verwachte wachttijd van alle processtappen. Dit kan worden verklaard door het feit dat zowel het onderzoek als de OK worden bereikt door de uitstroom van patiënten vanuit de polikliniek. Daarnaast is het grootste effect te zien op de verwachte wachttijd van de OK. Dit kan verklaard worden doordat de OK alleen een instroom van patiënten vanuit de polikliniek heeft terwijl het onderzoek naast de instroom vanuit de polikliniek ook een externe instroom heeft waardoor de effecten gematigd worden.

Vervolgens worden de variatiecoëfficiënten van de behandeltime van de OK gevarieerd. De resultaten zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Variatiecoëfficiënten behandeltime OK	0	1	5	10	15
Polikliniek	1.208497	1.298979	1.366979	1.593721	1.757468
Onderzoek	5.181729	5.181729	5.181729	5.227476	5.25289
OK	19.85785	39.59335	118.3799	216.9395	315.4651
Verblijf	0	0	0	0	0

Tabel 12. Verwachte wachttijd in dagen bij verschillende variatiecoëfficiënten behandeltime OK

De resultaten zijn tevens in de onderstaande grafiek weergegeven om de invloed van de variatiecoëfficiënten op de verwachte wachttijd per processtap in beeld te brengen.



Figuur 11. Verwachte wachttijd bij verschillende variatiecoëfficiënten van de behandel tijden van de OK

Uit de bovenstaande tabel is op te maken dat wanneer de variatiecoëfficiënten van de behandel tijden van de OK worden gevarieerd, dit alleen van grote invloed is op de verwachte wachttijd van de OK. Echter, in de tabel is ook te zien dat de variatiecoëfficiënten van de OK effect hebben op de verwachte wachttijden van de andere processtappen maar dit effect is in vergelijking met het effect op de verwachte wachttijd van de OK zo klein dat dit niet zichtbaar is in de bovenstaande grafiek.

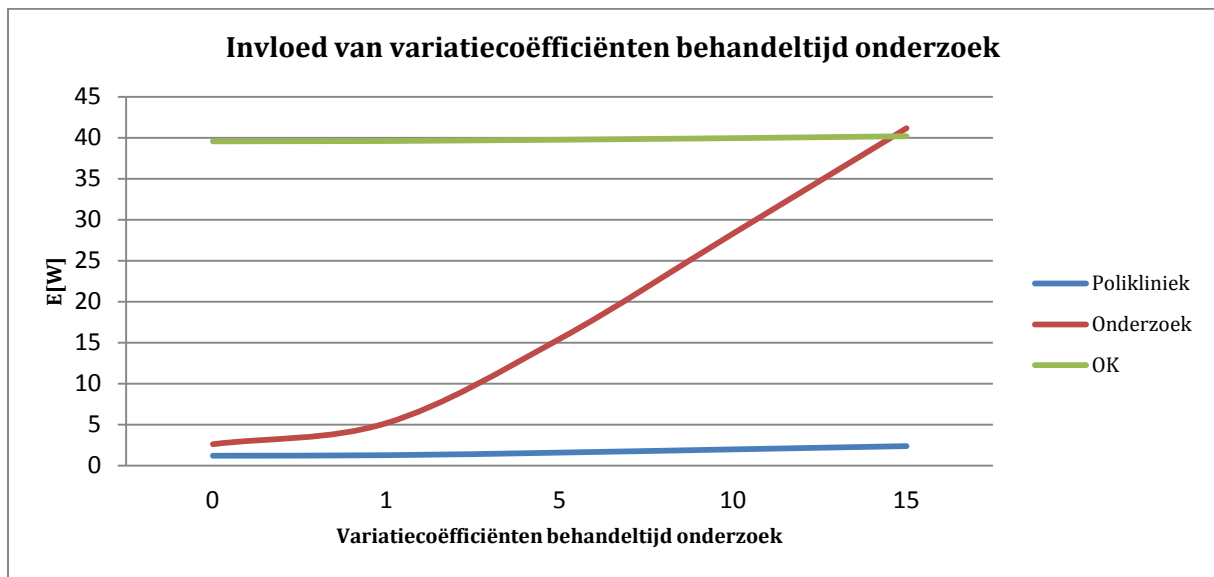
Wanneer de coëfficiënten worden vergroot, levert dit zoals verwacht een grotere verwachte wachttijd op. Echter opvallend is dat de variatiecoëfficiënten van de behandel tijden van de polikliniek een grote invloed hebben op de verwachte wachttijden van alle processtappen terwijl in deze situatie er alleen een duidelijk effect te zien is in de verwachte wachttijd van de OK. Dit kan worden verklaard door het feit dat de patiëntstromen vanuit de polikliniek alle overige processtappen kunnen bereiken terwijl de patiëntstroom vanuit de OK erg klein is en tevens slechts naar één direct volgend knooppunt gaat, namelijk het verblijf. Daarna bereikt de patiëntstroom pas weer de polikliniek. Het effect zou dus merkbaar zijn in de verwachte wachttijd van het verblijf. Echter, aangezien het knooppunt verblijf in geen enkele situatie een wachttijd heeft, kan voor dit knooppunt geen effect gemeten worden. Doordat de polikliniek pas na het verblijf bereikt wordt door de patiëntstroom vanuit de OK is het effect op de verwachte wachttijd van de polikliniek zeer klein.

Ten slotte worden ook de variatiecoëfficiënten van de behandel tijden van het onderzoek gevarieerd. De resultaten hiervan worden in de tabel hieronder weergegeven.

variatiecoëfficiënten behandel tijd onderzoek	0	1	5	10	15
Polikliniek	1.235342	1.298979	1.613369	2.007683	2.40141
Onderzoek	2.612577	5.181729	15.46803	28.3261	41.18409
OK	39.55945	39.59335	39.76252	39.97471	40.18657
Verblijf	0	0	0	0	0

Tabel 13. Verwachte wachttijd in dagen bij verschillende variatiecoëfficiënten behandel tijden onderzoek

De resultaten zijn tevens in de onderstaande grafiek weergegeven om de invloed van de variatiecoëfficiënten op de verwachte wachttijd per processtap in beeld te brengen.



Figuur 12. Verwachte wachttijd bij verschillende variatiecoëfficiënten van de behandeltime van het onderzoek

Uit zowel de bovenstaande tabel als de grafiek is op te maken dat wanneer de variatiecoëfficiënten van de behandeltime van het onderzoek worden gevarieerd, dit alleen een grote invloed heeft op de verwachte wachttijden van het onderzoek. Echter er is ook enig effect te zien in de verwachte wachttijden van zowel de polikliniek als de OK, maar dit is zeer klein. Dit kan tevens verklaard worden door het feit dat de patiënten na het onderzoek slechts naar één direct volgend knooppunt gaan, namelijk de polikliniek. Omdat de polikliniek naast de patiëntstroom van het onderzoek nog andere inkomende patiëntstromen heeft, wordt de invloed op de verwachte wachttijd van de polikliniek, wanneer de variatiecoëfficiënten van de behandeltime van het onderzoek worden gevarieerd, zeer klein.

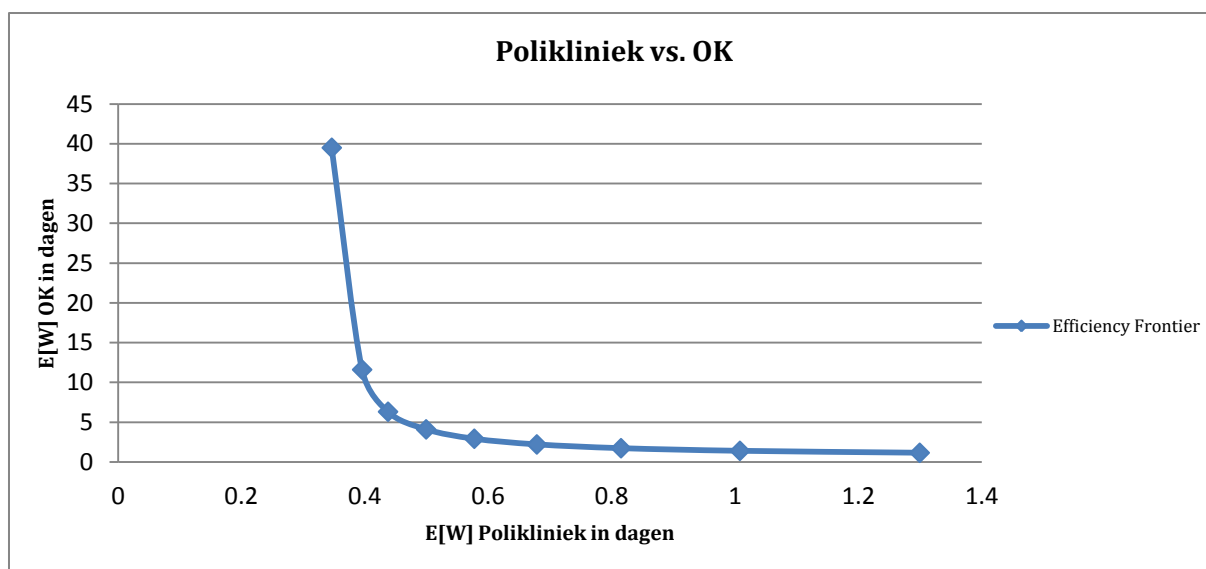
#### 5.4 Verdeling capaciteit tussen polikliniek en de OK

Omdat de capaciteit van zorgprocessen mede afhankelijk is van het aantal uren dat artsen werkzaam zijn, is het interessant om te onderzoeken hoe artsen hun uren het best kunnen verdelen tussen de polikliniek en de OK waarbij gekeken wordt naar het effect hiervan op de verwachte wachttijden per processtap.

In het basisscenario wordt een totale capaciteit van 20 uur per week verondersteld, die te verdelen is tussen de polikliniek en de OK. Vanwege de eis dat het systeem stabiel moet blijven en om het effect op de verwachte wachttijden van het verdelen van de totale capaciteit goed in kaart te kunnen brengen, zal deze iets groter genomen worden. Wanneer de totale capaciteit verhoogd wordt tot 24 uur per week is dit voldoende. Tevens wordt aangenomen dat het verdelen van capaciteit mogelijk is in hele en halve uren per week.

In de onderstaande grafiek zijn de verwachte wachttijden van de OK uitgezet tegen de verwachte wachttijden van de polikliniek. Hieruit is op te maken wanneer beiden de kleinste verwachte wachttijd hebben.





Figuur 13. Efficiency frontier verwachte wachttijd Polikliniek vs. OK

In de onderstaande tabel worden de verwachte wachttijden per processtap nog een keer weergegeven maar nu met de bijbehorende verdeling van capaciteit tussen de polikliniek en de OK. Voor de polikliniek is de capaciteit gevarieerd tussen de 16 en de 20 uur per week en voor de OK is de capaciteit gevarieerd tussen de 4 en de 8 uur per week. Het verdelen van capaciteit is gedaan in stappen van halve uren.

	Aantal uur reserveren voor polikliniek en OK									
Uren	20 en 4	19.5 en 4.5	19 en 5	18.5 en 5.5	18 en 6	17.5 en 6.5	17 en 7	16.5 en 7.5	16 en 8	
Polikliniek	0.346	0.396	0.438	0.499	0.577	0.679	0.815	1.008	1.299	
Onderzoek	5.159	5.068	5.163	5.166	5.169	5.171	5.175	5.178	5.182	
OK	39.515	11.614	6.325	4.108	2.929	2.213	1.739	1.407	1.165	

Tabel 14. Verwachte wachttijd per processtap bij capaciteitsverdeling tussen polikliniek en OK

Uit de bovenstaande tabel is af te lezen wat de verwachte wachttijd van zowel het de polikliniek als de OK is bij een gegeven capaciteitsreservering. Te zien is dat hoe meer capaciteit voor de voor de OK wordt gereserveerd, hoe kleiner de verwachte wachttijd van deze processtap wordt. Dit geldt andersom ook voor de polikliniek.

### 5.5 Implementeren extra zorgpad

In deze paragraaf zal er gekeken worden wat de invloed is op de verwachte wachttijden per processtap van het implementeren van een extra zorgpad. Dit zorgpad zal net zoals LKS en HNP vallen onder het vakgebied neurologie en zal dezelfde structuur hebben: Polikliniekbezoeken, onderzoek, operatie en verblijf. De aankomstintensiteit van dit extra zorgpad wordt op 1.5 persoon per week genomen. De behandeltijden en capaciteiten worden gelijk aan die van de andere twee zorgpaden verondersteld.

Omdat de capaciteiten in het basisscenario zijn aangepast aan twee zorgpaden en niet berekend zijn op meerdere zorgpaden, zullen deze voor dit scenario eventueel moeten worden bijgesteld. Dit geldt echter alleen voor de capaciteit van de OK. Vanwege de eis dat het systeem stabiel moet blijven, wordt de totale capaciteit van de OK verhoogd van 4 uur per week naar 8 uur per week. De wachttijden per processtap en de verwachte doorlooptijden per zorgpad worden dan als volgt:

Processtap	E[W] in dagen HNP/LKS patiënten zonder reservering	E[W] in dagen met reservering HNP	E[W] in dagen met reservering LKS	E[W] in dagen met reservering extra zorgpad
Polikliniekbezoek	23.73205	23.68902	23.68902	23.68902
Onderzoek	21.20277	21.3011	21.3011	21.3011
OK	3.976538	10.53903	15.78903	10.52642
Verblijf	0	0	0	0
<b>Verwachte doorlooptijd</b>	<b>98.5213</b>	<b>105.05301</b>	<b>110.30301</b>	<b>105.04041</b>

Tabel 15. Verwachte wachttijd per processtap per zorgpad en verwachte doorlooptijd van drie zorgpaden

Ter vergelijking is het basisscenario ook nog een keer berekend met de capaciteit van de OK op 8 uur per week in plaats van de 4 uur per week van het basisscenario. De wachttijden en de totale doorlooptijden zijn hieronder in de tabel weergegeven.

Processtap	E[W] in dagen HNP/LKS patiënten zonder reservering	EW in dagen met reservering HNP	E[W] in dagen met reservering LKS
Polikliniekbezoek	1.299251	1.298911	1.298911
Onderzoek	5.181772	5.181719	5.181719
OK	1.164515	1.936568	2.901642
Verblijf	0	0	0
<b>Verwachte doorlooptijd</b>	<b>12.38987</b>	<b>13.16085</b>	<b>14.12593</b>

Tabel 16. Verwachte wachttijd per processtap en verwachte doorlooptijd van twee zorgpaden

Wanneer de bovenstaande resultaten met elkaar worden vergeleken kan geconcludeerd worden dat een extra zorgpad een slechtere verwachte doorlooptijd per zorgpad oplevert vergeleken met de situatie zonder extra zorgpad. Tevens is te zien dat het implementeren van een extra zorgpad een negatief effect heeft op de verwachte wachttijd van alle processtappen. Aangezien een extra zorgpad, extra aankomsten met zich meebrengt en meer van de beschikbare capaciteit per processtap vereist, is dit niet verwonderlijk. Echter opvallend is dat de processtap met de grootste verwachte wachttijd, de bottleneck, verschuift van het onderzoek naar de polikliniekbezoeken.

Tevens is opvallend dat wanneer de bovenstaande resultaten worden vergeleken met de resultaten van het basisscenario, zelfs wanneer er een extra zorgpad is geïmplementeerd, de verwachte doorlooptijden per zorgpad korter zijn dan de verwachte doorlooptijden van het basisscenario. Dit kan verklaard worden doordat 1.5 patiënt extra per week geen verdubbeling van het aantal patiënten inhoudt terwijl de capaciteit van de OK wel wordt verdubbeld, de belasting van de OK kleiner wordt.

## 6. Conclusie

Voor dit onderzoek zijn twee zorgpaden die onder hetzelfde vakgebied vallen, geanalyseerd. Deze zorgpaden hebben dezelfde algemene structuur: Polikliniekbezoeken, onderzoek, operatie en verblijf in het ziekenhuis na de operatie. De zorgpaden zijn gemodelleerd als een netwerk van wachtrijen.

Allereerst is onderzocht wat het gevolg voor de verwachte doorlooptijd van beide zorgpaden is wanneer er capaciteit van de OK wordt gereserveerd voor de aankomststromen vanuit de twee zorgpaden is. Uit het onderzoek is gebleken dat het reserveren van capaciteit van de OK bij de gehanteerde parameters een grotere verwachte doorlooptijd per zorgpad oplevert. Daarom kan geconcludeerd worden dat het beter is om geen capaciteit van de OK te reserveren voor de verschillende zorgpaden. Dit wordt met name veroorzaakt doordat de verwachte wachttijd van de OK voor beide zorgpaden veel groter wordt. Echter het reserveren van capaciteit heeft vrij weinig invloed op de verwachte wachttijden van de andere processtappen van beide zorgpaden. Dit kan verklaard worden doordat de patiëntstroom vanuit de OK heel klein is in vergelijking met de totale patiëntstromen die op de polikliniek of het onderzoek komen, waardoor de effecten van het reserveren van de capaciteit van de OK per zorgpad op de andere processtappen verwaarloosbaar worden.

Vervolgens is onderzocht wat het gevolg is wanneer er onderscheid wordt gemaakt tussen eerste polikliniekbezoeken en herhaalbezoeken. Uit de resultaten is gebleken dat het geen voordeel oplevert om onderscheid te maken tussen eerste polikliniekbezoeken en herhaalbezoeken.

Tevens is onderzocht wat de invloed van de variatiecoëfficiënten van zowel het aankomstproces als de behandelzeiten per processtap is op de verwachte wachttijden per processtap. Uit de analyse is gebleken dat hoe groter de variatiecoëfficiënten zijn, des te meer variatie in de processtappen zal voorkomen waardoor verwachte wachttijden van de processtappen groter worden. Tevens is gebleken dat de variatiecoëfficiënten van het aankomstproces het meeste invloed hebben op de verwachte wachttijden van de processtappen waar de externe patiëntstromen aankomen. In dit geval is dat het onderzoek en de polikliniek. Voor de OK is de invloed minder groot omdat dit knooppunt verderop in het netwerk ligt en alleen interne patiëntstromen heeft. Ook is gebleken dat de variatiecoëfficiënten van de behandelzeiten per processtap het meeste invloed hebben op de verwachte wachttijd van de processtap waarvan de variatiecoëfficiënten worden gevarieerd en de processtappen waar de patiëntstromen direct vanuit die processtap heen gaan.

Ten slotte is de invloed van het implementeren van een extra zorgpad op de verwachte doorlooptijd onderzocht. Geconcludeerd kan worden dat een extra zorgpad een slechtere verwachte doorlooptijd per zorgpad oplevert. Aangezien een extra zorgpad, extra aankomsten met zich mee brengt en meer van de beschikbare capaciteit per processtap vereist, is dit niet verwonderlijk.

## 7. Referenties

- [1] Cardoen B. en Demeulemeester E. (2007). *Evaluating the capacity of clinical pathways through discrete-event simulation*. KU Leuven Department of Decision Sciences and Information Management Working Paper.
- [2] Demeulenmeester E., Sermeus W., Beliën J. en Cardoen B. (2007). *Clinical pathways and operations management: it takes two to tango*. Tijdschrift voor Economie en Management.
- [3] Every N. R., Hochman J., Becker R., Kopecky S. en Cannon C.P. (2000). *Critical Pathways A Review*. Circulation.
- [4] Hummel H., Otter R. en de Vries J. (2010). *Integrale oncologische van model naar 'daily practice'*. Integrale oncologische zorgpaden.
- [5] Integraal Kanker Centrum Zuid (2009). *Toolkit zorgpaden*.
- [6] Janssen M.C.W. (2007). *Markt en Consument in de gezondheidszorg, Enkele valkuilen in de transitie naar meer marktwerking in de gezondheidszorg*. Tijdschrift voor Management en Organisatie.
- [8] Nederlandse Vereniging voor Neurochirurgie (2009). *Lumbale Stenose*. Via <http://www.nvvn.org/patienteninfo/rug-stenose.php>
- [9] Nederlandse Vereniging van Neurochirurgen (2008). *Hernia*. Via [http://www.nccn.nl/nccn/patienteninfo/wervelkolom\\_en\\_ruggenmerg/hnp\\_lumbaal](http://www.nccn.nl/nccn/patienteninfo/wervelkolom_en_ruggenmerg/hnp_lumbaal)
- [10] NVZ Vereniging van ziekenhuizen. *Feiten en cijfers*. Via [http://www.nvz-ziekenhuizen.nl/Feiten\\_en\\_cijfers](http://www.nvz-ziekenhuizen.nl/Feiten_en_cijfers)
- [11] Pomp, M.J. (2007). *Marktwerking in de zorg*. Tijdschrift voor Management en Organisatie.
- [12] Sermeus W. en K. Vanhaecht K. (2009). *Wat zijn klinische paden*. Acta Hospitalia.
- [13] Tergooiziekenhuizen (2009). *Zorgpad hernia nucleï pulposi*.
- [14] Tergooiziekenhuizen (2009). *Zorgpad lumbale kanaalstenose*.
- [15] Vanhaecht K. en Sermeus W. (2002). *Draaiboek voor de ontwikkeling, implementatie en evaluatie van een klinisch pad. 30 Stappenplan van het netwerk klinische paden*. Acta Hospitalia.
- [16] VU medisch centrum (2006). *Zorgpadontwikkeling in het VUmc*.
- [17] Whitt W. (1983). *The Queueing Network Analyzer*. The Bell system technical journal.