

Jeroen Bosch Ziekenhuis

Voorspellingsmodel

Een nieuw voorspellingsmodel voor het aantal nieuw binnenkomende patiënten per tijdseenheid bij het Borstcentrum JBZ

Giel van Erp
22-6-2014

Management samenvatting

Aanleiding & Doel

Het aanbod aan zorg moet tot op alle niveaus worden gepland. Het is dus belangrijk om een zo nauwkeurig mogelijk beeld te krijgen van de toekomstige vraag naar zorg, om de planning te kunnen optimaliseren. Een direct probleem is dat het Borstcentrum JBZ op het moment te maken heeft met een te lange wachttijd voor de eerste stap in het zorgproces, de mammografie. Het doel van dit onderzoek is om een betere voorspelling te maken van de vraag naar zorg bij het Borstcentrum JBZ. De volgende stap, het verbeteren van de planning, behoort niet tot dit onderzoek. Dit resulteert in de volgende onderzoeksvraag: *Hoe kan er een betere voorspelling worden gemaakt van het aantal nieuw binnenkomende patiënten per tijdseenheid bij het Borstcentrum van het Jeroen Bosch ziekenhuis?*

Aanpak

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, beantwoorden wij de volgende zes deelvragen.

- *Wat staat er in de theorie aangaande het voorspellen van het aantal nieuw binnenkomende patiënten?*
- *Hoe bepaalt het Borstcentrum JBZ op dit moment het verwachte aantal nieuw binnenkomende patiënten?*
- *Hoe, en welke van de in de theorie beschreven onderdelen, kunnen leiden tot een verbetering van de voorspelling van het aantal nieuw binnenkomende patiënten bij het Borstcentrum JBZ?*
- *Welke data is er op dit moment beschikbaar?*
- *Welke invloed hebbende factoren zoals beschreven in de theorie zijn van toepassing op het Borstcentrum JBZ?*
- *Wat is de verwachte verbetering van de nieuwe wijze waarop er een voorspelling wordt gedaan voor het aantal nieuw binnenkomende patiënten, ten overstaande van de huidige methode?*

Resultaten

Het borstcentrum JBZ heeft verschillende patiëntenaankomstgroepen. Deze verschillende aankomstgroepen hebben verschillende karakteristieken, waardoor wij voor

elke van deze groepen een apart voorspellingsmodel gebruiken. Vervolgens sommeren wij de resultaten van deze drie groepen om te komen tot de voorspelling voor het gehele Borstcentrum JBZ.

De eerste groep bestaat uit patiënten die doorgestuurd worden door de huisarts. Hiervoor maken wij gebruik van tijdreeksmodellen. Uit vergelijking blijkt dat Exponential Smoothing & Moving Average de nauwkeurigste zijn. Hierbij moet de kanttekening worden gemaakt dat de seizoensafhankelijkheid bij Winter's Method nauwkeuriger kan worden naarmate het meer periodes heeft om de seizoensfactor te bepalen.

De tweede groep bestaat uit patiënten die doorgestuurd worden via de bevolkingsonderzoeksbussen. Hierbij gebruiken wij een causaal voorspellingsmodel. De parameters bepalen wij door middel van regressieanalyse. Hierbij hebben wij echter een groot gebrek aan data. We hebben slechts de gegevens van een jaar. Verder zijn er aanwijzingen dat de seizoensfactoren zoals genoemd bij de tijdreeksmodellen ook hier van toepassing zijn. Hier kunnen wij echter geen harde uitspraken doen.

De derde groep zijn de poliklinische patiënten. Het Borstcentrum JBZ weet lange tijd van te voren hoe groot deze groep is. Omdat deze groep niet voorspeld hoeft te worden, laten wij deze groep verder buiten beschouwing.

Er zijn drie onderdelen waarover wij conclusies hebben getrokken en waarbij wij ook aanbevelingen doen. Deze onderdelen zijn data, voorspellingsmethoden en planning. Een volledig overzicht van alle aanbevelingen is te lezen in paragraaf 6.2.

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van mijn Bacheloropdracht. Deze opdracht vormt de afsluiting van de bacheloropleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Bij deze opleiding wordt veel kennis vergaard maar daarnaast worden er ook veel vaardigheden aangeleerd. Want ondanks dat ik weinig tot geen ervaring heb met het maken en omgaan met voorspellingsmodellen. Heb ik wel de vaardigheden aangeleerd gekregen om hiermee om te gaan.

Het onderwerp sprak mij, vanwege een aantal verschillende redenen, erg aan. Ten eerste was de omschrijving van de opdracht en het doel dat daar uit voortkomt, erg duidelijk. Ten tweede is het een onderwerp wat voldoende specifiek is. Ten slotte is het onderwerp ook erg uitdagend, ik had bij aanvang weinig tot geen ervaring met voorspellingsmodellen, daarnaast is een ziekenhuis een erg complexe omgeving.

Ten slotte wil ik graag het Borstcentrum JBZ bedanken en in het bijzonder Margo van Schijndel en Maartje van de Vrugt voor de begeleiding vanuit het Ziekenhuis. Verder wil ik ook Erwin Hans bedanken als begeleider vanuit de Universiteit Twente.

Nu rest mij enkel u veel plezier te wensen met het lezen van mijn verslag.

Giel van Erp

Lijst met afkortingen

HAS	Hoge Agrarische School
JBZ	Jeroen Bosch Ziekenhuis
STZ	Stichting Topklinische Ziekenhuizen
ZLTO	Zuidelijke Landbouw en Tuinders Organisatie
MDO	Multidisciplinair Overleg
MAE	Mean Absolute Error
MPE	Mean Percentage Error

The goal of forecasting is not to predict the future but to tell you what you need to know to take meaningful action in the present. (Saffo, 2007)

Inhoud

Management samenvatting	1
Voorwoord.....	3
Lijst met afkortingen	4
Hoofdstuk 1 – Introductie	9
1.1 – Jeroen Bosch Ziekenhuis.....	9
1.1.1 – Algemeen.....	9
1.1.2 – Beleid	10
1.1.3 – Het borstcentrum	10
1.2 – Bevolkingsonderzoek.....	10
1.3 – Aanleiding	11
1.4 – Doel en afbakening.....	11
1.5 – Deelvragen.....	12
1.5.1 – Deelvraag 1, Theorie.....	12
1.5.2 – Deelvraag 2, Huidige werkwijze.....	13
1.5.3 – Deelvraag 3, Theorie en Praktijk.....	13
1.5.4 – Deelvraag 4, Data	14
1.5.5 – Deelvraag 5, Causaal voorspellingsmodel	14
1.5.6 – Deelvraag 6, Resultaat	15
Hoofdstuk 2 – Theorie	17
2.1 – Inleiding	17
2.2 – Voorspellingsproces.....	18
2.3 – Voorspellingsmethoden	19
2.4 – Data	20
2.4.1 – Data functies.....	20
2.4.2 – Dataverzameling.....	20
2.5 – Causale voorspellingsmodellen	21
2.5.1 – Wiskundig causaal voorspellingsmodel	21
2.5.2 – Invloed hebbende factoren	22
2.6 – Tijdreeksvoorspellingsmodellen.....	23
2.6.1 – Moving average	23
2.6.2 – Exponential smoothing.....	24
3.6.3 – Exponential smoothing with linear trend.....	25
3.6.4 – Winter’s method.....	26

2.7 – Samengestelde wiskundige voorspellingsmodellen	26
2.8 – Nauwkeurigheid	28
2.9 – Menselijke inbreng.....	29
2.10 – Conclusie	30
Hoofdstuk 3 – Huidige werkwijze en toepassing theorie Ozcan en Eagle & Brown	32
3.1 – Huidige werkwijze	32
3.1.1 – Aankomstproces.....	32
3.1.2 – Huidige voorspellingswerkwijze.....	33
3.1.3 – Bevolkingsonderzoek	33
3.1.4 – Planning.....	34
3.2 – Toepassing Theorie	34
3.2.1 – Proces, Stap een en twee van Ozcan	34
3.2.2 – Proces Eagle & Brown	35
3.3 – Conclusie	36
Hoofdstuk 4 – Tijdreeksmodel voor de huisarts patiënten	38
4.1 – Stap 2, Eagle & Brown: Data Collectie	38
4.2 – Stap 3 & 4, Eagle & Brown: Voorspellingsmodel keuze	39
4.2.1 – Naïve	39
4.2.2 – Moving average.....	40
4.2.3 – Exponential smoothing	41
4.2.4 – Exponential smoothing with linear trend	42
4.2.5 – Winter’s Method	42
4.3 – Stap 5, Eagle & Brown: Nauwkeurigheid	43
4.3.1 – Vergelijking tussen de vijf voorspellingsmodellen	43
4.3.2 – Vergelijking met de huidige methode.....	46
4.4 – Conclusie	47
Hoofdstuk 5 – Causaal model voor de patiënten bevolkingsonderzoek	49
5.1 – Stap 2, Eagle & Brown: Data collectie	49
5.2 – Stap 3 & 4, Eagle & Brown: Voorspellingsmodelkeuze	50
5.2.1 – Natuurlijke Regressie	50
5.2.1 – Logische Regressie	52
5.3 – Stap 5, Eagle & Brown: Nauwkeurigheid	53
5.3.1 – Vergelijking tussen de regressiemodellen	53
5.3.2 – Vergelijking nauwkeurigheid met huidige werkwijze	54

5.4 – Conclusie.....	54
Hoofdstuk 6 – Conclusie & aanbevelingen.....	57
6.1 – Conclusie.....	57
6.2 – Aanbevelingen	58
6.2.1 – Data	58
6.2.2 – Voorspellingsmethoden	58
6.2.3 – Planning	59
Bibliografie.....	61
Appendices	65
Appendix A, Zorgproces	65
Appendix B, Voorspellingsprincipes	65
Appendix C, Planning mammografie	66
Appendix D, Bevolkingsonderzoeksplanning	71
Appendix E, Statistische testen optima tijdreeksmodellen.....	72
Appendix F, Statistische testen optimum tijdreeksmodellen & huidige werkwijze.....	76
Appendix G, Statistische testen optima causale modellen	79
Appendix H, Statistische testen optimum causale modellen & huidige werkwijze	80
Appendix I, Samenvatting statistische gegevens voorspellingsfout	81

Hoofdstuk 1 – Introductie

Hoofdstuk één geeft een introductie op het onderzoek. Paragrafen 1.1 en 1.2 geven een introductie op de betrokken instanties, het Jeroen Bosch Ziekenhuis, het Borstcentrum JBZ en het Bevolkingsonderzoek. Paragraaf 1.3 beschrijft de aanleiding van het onderzoek. In paragraaf 1.4 staan het doel, de afbakening en de hoofdvraag vermeld. In paragraaf 1.5 staan de deelvragen en de aanpak voor elk van deze deelvragen.

1.1 – Jeroen Bosch Ziekenhuis

Paragraaf 1.1 geeft een korte contextuele omschrijving van het Jeroen Bosch Ziekenhuis. De paragraaf beschrijft een korte algemene introductie over het Jeroen Bosch Ziekenhuis evenals het Borstcentrum JBZ.

1.1.1 – Algemeen

Het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ) komt voort uit fusies van vijf verschillende ziekenhuizen. Van deze vijf ziekenhuizen waren er drie in de stad 's-Hertogenbosch te vinden, de overige twee waren gevestigd in Boxtel en Zaltbommel (Jeroen Bosch Ziekenhuis, 2014). Op dit moment zijn de drie ziekenhuizen uit 's-Hertogenbosch, sinds 2011, gevestigd op een locatie. Op de overige locaties (Boxtel, Zaltbommel) bevinden zich poliklinieken en dagbehandeling. Poliklinieken en dagbehandeling bevinden zich ook op locaties in Rosmalen en Nieuwkuijk (Jeroen Bosch Ziekenhuis, 2014) (Jeroen Bosch Ziekenhuis, 2012).

Het verzorgingsgebied van het JBZ omvat de gehele regio 's-Hertogenbosch en is met meer dan 4000 medewerkers ook de grootste werkgever in de regio. Het ziekenhuis verzorgt jaarlijks meer dan een half miljoen polikliniekbezoeken en een ruime 60.000 ziekenhuisopnames (Jeroen Bosch Ziekenhuis, 2014).

Ten slotte is het JBZ een van de grootste opleidingsziekenhuizen van Nederland en daarmee aangesloten bij de Stichting Topklinische Ziekenhuizen (STZ). Kenmerken voor een STZ zijn hoogwaardige zorg, opleiding en onderzoek, maar het is geen universitair medisch centrum (Stichting Topklinische Ziekenhuizen, 2014). Verder werkt het JBZ samen met het Radboud Universitair Medisch Centrum en het Bernhoven Ziekenhuis. Ook werkt het JBZ samen met bedrijven en andere kennisinstellingen, door middel van bijvoorbeeld de Health to Business Community, met als doel het stimuleren van kennisuitwisseling tussen de verschillende betrokken partijen, of de Fhealinc, een

samenwerkingsverband tussen het JBZ, HAS Den Bosch, de ZLTO en de Gemeente 's-Hertogenbosch (Jeroen Bosch Ziekenhuis, 2014).

1.1.2 – Beleid

Het JBZ heeft de ambitie om het meest patiëntgerichte en patiëntveilige ziekenhuis te worden van Nederland. Het JBZ stelt vier onderwerpen centraal: toenemende zorgaanvraag, kritische zorgconsument, naast patiëntenzorg ook opleiding en onderzoek & maatschappelijk verantwoord ondernemen. Het onderdeel onderzoek focust zich voornamelijk op de onderdelen: voeding & lifestyle, veiligheid & ketenzorg. Daarnaast heeft het JBZ de vier belangrijkste kernwaarden: veiligheid, gastvrijheid, openheid & vernieuwend (Jeroen Bosch Ziekenhuis, 2014).

1.1.3 – Het borstcentrum

Het Borstcentrum JBZ is verantwoordelijk voor de het gehele zorgpad dat doorlopen wordt wanneer er een indicatie is van borstkanker. Dus vanaf het moment waarop de patiënt wordt doorgestuurd vanuit de huisarts is het Borstcentrum JBZ diegene die de zorg op zich neemt. Het borstcentrum JBZ heeft de visie om de best mogelijke zorg te bieden op het gebied van borstkanker, waarbij deskundig, snel en persoonlijk sleutelwoorden zijn (Borstcentrum JBZ, 2014).

Het borstcentrum werkt met zeer veel verschillende medische specialismen, deze specialismen werken samen binnen het MDO (multidisciplinair overleg), het gaat om de specialismen; Chirurgie, Medische Oncologie, Radiologie, Plastische Chirurgie, Radiotherapie, Pathologie, Nucleaire Geneeskunde, Anesthesiologie, Psychologie & Fysiotherapie (Borstcentrum JBZ, 2014).

1.2 – Bevolkingsonderzoek

Het bevolkingsonderzoek is een screening op verschillende vormen van kanker, namelijk baarmoederhalskanker, darmkanker en borstkanker. Voor het onderzoek, naar de aankomst van patiënten bij het Borstcentrum JBZ, is de screening op borstkanker van belang. Bij het bevolkingsonderzoek borstkanker worden alle vrouwen met de leeftijd tussen de 50 en de 75 jaar uitgenodigd. Deze screening vindt elke twee jaar plaats en is op vrijwillige basis. De screening heeft als doel om borstkanker in een vroeg stadium op te

sporen en de kans op een goede behandeling daarmee te vergroten. In het werkgebied van het JBZ zijn twee organisaties verantwoordelijk voor de screening, Bevolkingsonderzoek Zuid en Bevolkingsonderzoek Oost (Bevolkingsonderzoek Zuid, 2014) (Bevolkingsonderzoek Oost, 2014).

1.3 – Aanleiding

Binnen het Jeroen Bosch ziekenhuis en de ziekenhuiswereld in zijn algemeen, is planning een belangrijk en ingewikkeld proces. Immers mensen worden niet gepland ziek, reageren niet gelijk op bepaalde ziektebeelden etc., echter het hebben van goede planning is essentieel voor het coördineren van alle processen die zich afspelen binnen een ziekenhuis. Want ondanks dat de vraag naar zorg niet te plannen is, moet elk afzonderlijk onderdeel van het aanbod aan zorg wel worden gepland (Heroman, Davis, & Farmer, 2012).

Dit onderzoek zal zich richten op het borstcentrum. Bij het borstcentrum komen patiënten op verschillende manieren binnen, hetzij via de huisarts, hetzij via de bevolkingsonderzoeksbussen (hoewel daarbij de eigenlijke verwijzing alsnog via de huisarts gaat). Op het moment is de wachttijd te lang voordat een nieuwe patiënt zijn eerste afspraak heeft. Deze tijd bedraagt nu minimaal drie tot vijf dagen en moet terug naar twee tot drie dagen. Dit is belangrijk omdat het hebben van lange wachttijden ervoor zorgt dat patiënten minder tevreden zijn en dat het JBZ daardoor niet de beoogde doelstelling haalt. Daarnaast zullen lange wachttijden leiden tot verlies van patiënten, omdat zij zullen overstappen naar een concurrerend ziekenhuis.

1.4 – Doel en afbakening

Het doel van deze opdracht is om ervoor te zorgen dat er een betere voorspelling kan worden gemaakt van het aantal nieuw binnenkomende patiënten per tijdseenheid. Binnen dit onderzoek zal er alleen gekeken worden naar het aantal binnenkomende patiënten bij het borstcentrum, andere onderdelen in het ziekenhuis of bij de radiologie (het eerste specialisme waar patiënten van het borstcentrum mee te maken krijgen) laten wij buiten beschouwing. Ook onderzoek naar verdere planningsverbeteringen ten gevolge van de verbeterde voorspelling behoort niet tot het doel.

Dit nieuwe voorspellingsmodel moet er wel toe leiden dat er een betere planning kán worden gemaakt wat enerzijds als doel heeft om overcapaciteit te voorkomen en

daarmee kosten en anderzijds moet het ervoor zorgen dat, zonder veel extra kosten, het ziekenhuis de gestelde doelen ten behoeve van de wachttijd voor het eerste bezoek kan behalen en zij dus de wachttijd kunnen reduceren.

Met dit doel en deze afbakeningen kunnen wij de volgende hoofdvraag herleiden welke gedurende het onderzoek beantwoord zal moeten worden:

Hoe kan er een betere voorspelling worden gemaakt van het aantal nieuw binnenkomende patiënten per tijdseenheid bij het Borstcentrum van het Jeroen Bosch ziekenhuis?

1.5 – Deelvragen

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden, is de hoofdvraag opgesplitst in verschillende deelvragen. Iedere deelvraag is wederom, waar nodig, opgesplitst in kleinere deelvragen wat voor meer duidelijkheid dient te zorgen.

Nu bestaat er het idee dat aan de hand van de bevolkingsonderzoekbussen een deel van het aantal binnenkomende patiënten voorspeld kan worden. In hoeverre de positie van deze bevolkingsonderzoekbussen invloed heeft op het aantal nieuw binnenkomende patiënten is niet bekend, daarom is dit opgenomen als aparte deelvraag.

1.5.1 – Deelvraag 1, Theorie

Wat staat er in de theorie aangaande het voorspellen van het aantal nieuw binnenkomende patiënten?

- *Welke wiskundige modellen zijn er om het aantal nieuw binnenkomende patiënten te voorspellen?*
- *Welke data wordt er gebruikt voor het voorspellen van het aantal nieuw binnenkomende patiënten?*
- *Hoe beschrijft de theorie, hoe men om dient te gaan met data?*
- *Welke factoren worden er in de theorie beschreven die van invloed zijn op het aantal nieuw binnenkomende patiënten?*
- *Welke methoden beschrijft de theorie om te kijken hoe nauwkeurig een voorspelling is?*

Voor het beantwoorden van deze vraag zal er theorie worden geraadpleegd uit verschillende bronnen. Hiervoor maken wij gebruik van de boeken die behandeld zijn tijdens de colleges van de opleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Daarnaast zullen wij gebruik maken van de digitale (en fysieke) bibliotheek van de Universiteit van Twente en de Technische Universiteit van Luleå. De uitwerking van deze vragen wordt gegeven in hoofdstuk 2. De conclusie staat beschreven in paragraaf 2.10.

1.5.2 – Deelvraag 2, Huidige werkwijze

Hoe bepaalt het Borstcentrum JBZ op dit moment het verwachte aantal nieuw binnenkomende patiënten?

- *Hoe wordt er op het moment omgegaan met historische data?*
- *In hoeverre wordt er gebruik gemaakt van wiskundige modellen?*
- *Hoe nauwkeurig zijn de huidige voorspellingen*
- *Hoe groot is de variabiliteit?*
- *In hoeverre wordt de positie van de bevolkingsonderzoekbussen nu meegenomen in de bepaling van het verwachte aantal patiënten in het Borstcentrum JBZ?*

Deze deelvraag kunnen wij enkel beantwoorden met informatie van het ziekenhuis zelf. Wij zullen daarom interviews moeten houden met medewerkers van het Borstcentrum JBZ. Daarnaast kunnen wij gebruik maken van interne documenten, daar waar de interviews geen antwoord kunnen geven. Deze deelvragen behandelen wij in het eerste deel van hoofdstuk 3. Wederom is in paragraaf 3.3 de conclusie te lezen.

1.5.3 – Deelvraag 3, Theorie en Praktijk

Hoe, en welke van de in de literatuur beschreven onderdelen, kunnen leiden tot een verbetering van de voorspelling van het aantal nieuw binnenkomende patiënten bij het Borstcentrum JBZ?

Voor de beantwoording van deze deelvraag moeten wij de praktijk zoals deze is bij het borstcentrum JBZ, vergelijken met de theorieën uit de theorie. Aan de hand van de vergelijking tussen de theorie en de praktijk, moeten wij vervolgens een plan van aanpak schrijven waarmee wij een nieuwe voorspellingsmethode voor het Borstcentrum JBZ kunnen bepalen. Dit beschrijven wij in het tweede deel van hoofdstuk 3. Het uitvoeren van dit plan van aanpak zal gebeuren in de rest van hoofdstuk 3, hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5.

1.5.4 – Deelvraag 4, Data

Welke data is er op dit moment beschikbaar?

- *In hoeverre zijn er data over historische patiënten aankomsten aanwezig binnen het JBZ?*
- *In hoeverre zijn er demografische data beschikbaar over patiënten?*
- *Welke data is er beschikbaar bij andere onderdelen van het proces, zoals huisartsen en bij het bevolkingsonderzoek.*

Geschikte data is van groot belang voor het maken van een voorspelling. Om onderzoek te doen over voorspellingen heeft men deze data dus ook nodig. Het grootste gedeelte van de data is, naar verwachting, binnen het ziekenhuis aanwezig. Wanneer dit niet het geval is, zullen wij bij derden naar data moeten vragen. Hierbij moeten wij rekening houden met de toekomst. Wanneer dit essentiële data zijn die ook in de toekomst nodig zal zijn voor het uitvoeren van de voorspellingsmethode, moeten wij ervoor zorgen dat deze data ook in de toekomst beschikbaar is. Dit beschrijven wij in paragraaf 4.1 en paragraaf 5.1, telkens in een eigen paragraaf. De onderdelen die wij bespreken in deze paragrafen hebben betrekking op de rest van respectievelijk hoofdstuk 4 en 5.

1.5.5 – Deelvraag 5, Causaal voorspellingsmodel

Welke invloed hebbende factoren zoals beschreven in de literatuur zijn van toepassing op het Borstcentrum JBZ?

- *In hoeverre heeft de positie van de bevolkingsonderzoeksbussen invloed op het aantal binnenkomende patiënten?*
- *Welke andere factoren zijn er en hoe groot is hun invloed op het aantal binnenkomende patiënten?*

Omdat het Borstcentrum JBZ heeft aangegeven dat er de verwachting is dat er een causaal verband is tussen de positie van de bevolkingsonderzoeksbussen en het aantal nieuw binnenkomende patiënten, moeten wij dit meenemen in het onderzoek. Om dit te onderzoeken zullen wij een regressieanalyse uitvoeren tussen de positie van de bevolkingsonderzoekbus en het aantal nieuw binnenkomende patiënten. Bij deelvraag één hebben wij gezocht naar factoren die invloed hebben op borstkanker en de vraag naar de behandeling hiertoe. Wanneer hier aanwijzingen zijn dat deze factoren een causaal verband aantonen, zullen wij dit ook door middel van regressieanalyse verder onderzoeken. Het onderzoek naar een causaal verband staat in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 5 staat ook hoe wij dit causaal verband verwerken in de voorspellingsmodellen.

1.5.6 – Deelvraag 6, Resultaat

Wat is de verwachte verbetering van de nieuwe wijze waarop er een voorspelling wordt gedaan voor het aantal nieuw binnenkomende patiënten, ten overstaande van de huidige methode?

- *In hoeverre is de nieuwe methode nauwkeuriger?*
- *In hoeverre is de nieuwe methode ingewikkelder of juist minder ingewikkeld?*

Om deze vraag te beantwoorden zullen wij de nauwkeurigheid van de voorgestelde voorspellingsmethode en de daarbij behorende modellen moeten vergelijken met de huidige methode. Dit is belang omdat we hiermee kunnen bepalen of de voorgestelde voorspellingsmethode daadwerkelijk een verbetering is. Deze vergelijking zal in zowel hoofdstuk 4 als hoofdstuk 5 worden gedaan in paragraaf 4.4 en paragraaf 5.4.

Hoofdstuk 6 behandelt de resultaten uit de paragrafen 4.4 en 5.4. In hoofdstuk 6 komen ook de overige conclusies en aanbevelingen aan bod.

Hoofdstuk 2 – Theorie

Hoofdstuk 2 geeft de theoretische achtergrond die gebruikt wordt in dit onderzoek. Paragraaf 2.1 vormt hiervoor de inleiding. Paragraaf 2.2 beschrijft het voorspellingsproces. Het voorspellingsproces gebruiken wij vervolgens als leidraad in de rest van dit hoofdstuk. Daarom is paragraaf 2.3 gewijd aan de te gebruiken voorspellingsmethoden, paragraaf 2.4 aan data, paragraaf 2.5 aan causale voorspellingsmodellen, paragraaf 2.6 aan tijdreeksvoorspellingsmodellen en paragraaf 2.8 aan de nauwkeurigheid van de voorspelling. Paragraaf 2.7 is een verdieping op de paragrafen 2.5 en 2.6. Ten slotte wordt de menselijke inbreng toegevoegd in paragraaf 2.9.

2.1 – Inleiding

Het maken van een voorspelling, het Engelse ‘forecasting’, gebeurt op veel verschillende vlakken. Men kan voorspelling maken voor aardbevingen, beurskoersen of energieprijzen. Voor ons is het voorspellen van de vraag van belang. Immers het aantal nieuw binnenkomende patiënten is de vraag naar zorg op dat bepaalde moment. Heroman, Davis & Farmer beschrijven forecasting als een iteratief proces waarbij goede data noodzakelijk is, waar men net zo ver terug moet kijken als men vooruit kijkt en waar goede beoordeling van belang is (Heroman, Davis, & Farmer, 2012). Ondanks dat het maken van voorspellingen relevante informatie kan opleveren, heeft het ook zijn beperking, deze zijn kort uiteengezet door Hopp & Spearmann (2000).

‘De drie regels voor voorspellingen

1: Voorspellingen zijn nooit correct

2: Gedetailleerde voorspellingen zijn slechter dan meer algemene voorspellingen

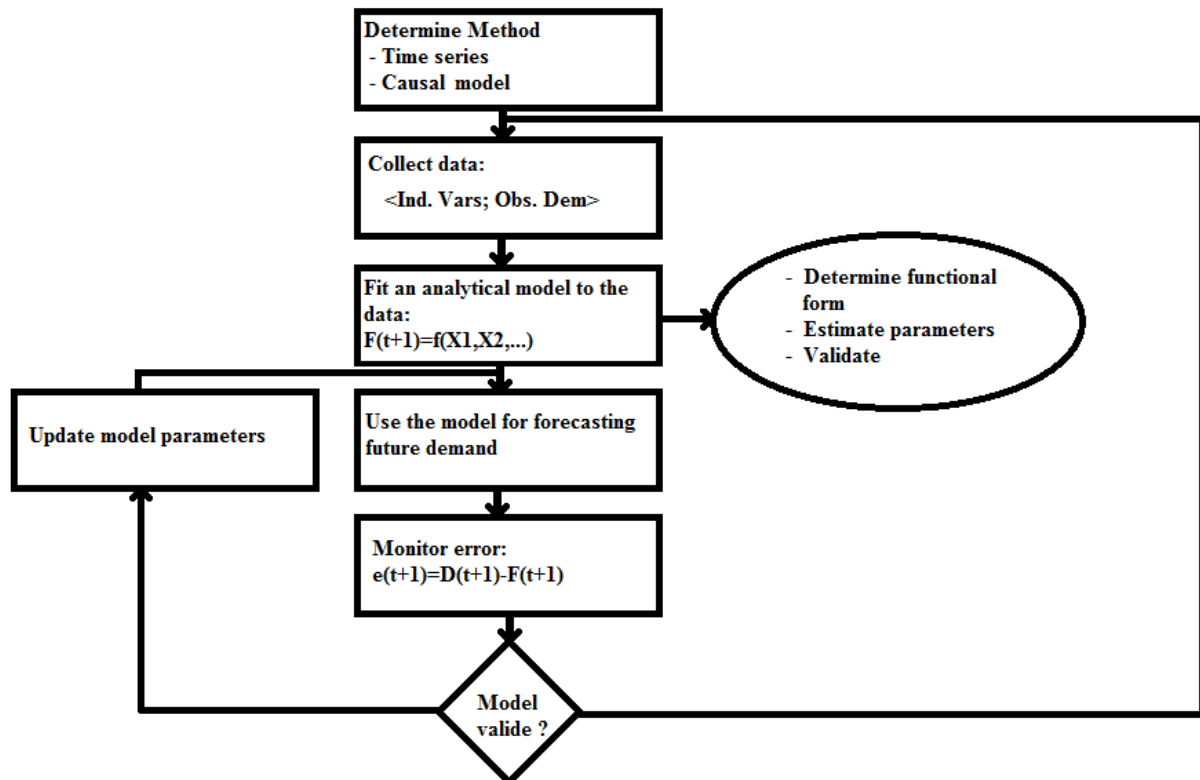
3: Hoe verder de voorspelling in de toekomst is, hoe minder accuraat hij is.’

Naast deze korte drie regels is er een uitgebreide set aan voorspellingsprincipes opgenomen in Appendix B (Sekri, et al., 2006). Deze principes dekken fundamentele aspecten van het voorspellen af. De principes zijn echter niet technisch van aard, het richt zich meer op het proces behorend bij het maken van een voorspelling.

Daarnaast heeft ook Saffo zes regels opgesteld voor effectief voorspellen. Regel 1: Define the Cone of Uncertainty. Het is belangrijk om de context te bepalen van dat wat je voorspelt, wees duidelijk in wat er dient te gebeuren om de voorspelling sterk te doen afwijken van de werkelijkheid. Regel 2: Look for the S-Curve. Veranderingen vinden voornamelijk plaats in de S-vormige lijnen, rechtlijnigheid komt maar zelden voor. Regel 3: Embrace the Things That Don't Fit. Op die punten is er mogelijkheid om vooruitgang te behalen, op die punten speelt de werkelijkheid zich af. Regel 4: Hold Strong Opinions Weakly. Wanneer je te sterk vasthoudt aan een punt waarvan je verwacht dat het veel informatie heeft, zal er snel tunnelvisie optreden waardoor andere vormen van informatie achter zullen blijven terwijl deze voor de voorspelling wel van groot belang zouden kunnen zijn. Regel 5: Look Back Twice as Far as You Look Forward. Hierin gaat Saffo nog verder dan Heroman et al., het komt er hoe dan ook op neer dat om een goede voorspelling van de toekomst te kunnen doen, je het verleden goed moet kennen. Regel 6: Know When Not to Make a Forecast. Deze regel spreekt aardig voor zichzelf. Het maken van voorspellingen heeft soms zin maar kan bijvoorbeeld bij afwezigheid van geschikte data, niet van toegevoegde waarde zijn (Saffo, 2007).

2.2 – Voorspellingsproces

Volgens Ozcan zijn er vijf stappen in elk van de voorspellingsprocessen (Ozcan, 2009). Stap een is het identificeren van de doelen. Hierbij bepaal je dus ook hoeveel middelen ervoor beschikbaar zijn, en hoe nauwkeurig het model dient te zijn. Stap twee is het kiezen van een tijdshorizon. Hierbij moet worden meegenomen dat naarmate de grote van de tijdshorizon toeneemt, de nauwkeurigheid van de voorspelling afneemt. De derde stap is de keuzen van het juiste voorspellingsmodel, hierbij spelen de middelen die binnen het bedrijf voorhanden zijn een sterke rol. In stap vier voert men de daadwerkelijke voorspelling uit. In deze stap is data, en de kwaliteit daarvan, van groot belang. In de laatste stap evalueer je het model. Door de nauwkeurigheid te bepalen van de voorspelling en door het vergelijken met andere modellen of parameterwaarden, kan men waar nodig aanpassingen doen. Een specifiek schema voor het doen van kwantitatieve voorspellingen is gegeven in figuur 2.1, ondanks dat het gespecialiseerd is in het doen van kwantitatieve voorspellingen, zijn er veel overeenkomsten te zijn met de algemene stappen geformuleerd door Ozcan. Het is voornamelijk een uitwerking van de stappen vier en vijf van de vijf stappen van Ozcan.



Figuur 1.1 Schema voor implementatie van kwantitatieve voorspellingen (Engle & Brown, 1986)

2.3 – Voorspellingsmethoden

In de theorie zijn er vele wiskundige modellen te vinden om de toekomstige vraag naar goederen of diensten te bepalen. De meest eenvoudige is om simpelweg als voorspelling voor de komende periode, exact hetzelfde te verwachten als dat van de vorige periode, dit wordt ook wel naïef voorspellen genoemd (Ozcan, 2009). De eerste scheiding in voorspellingsmethode is tussen de kwantitatieve en kwalitatieve voorspellingsmethoden. Kwalitatieve voorspellingsmethoden worden voornamelijk gebruikt voor voorspellingen over langere periodes en maakt gebruik van de expertise van mensen. Daardoor worden kwalitatieve voorspellingsmethoden weinig gebruikt in de Operations Management. Kwantitatieve voorspellingsmethoden worden echter wel veel gebruikt, hierin heb je twee soorten: causale modellen en tijdreeks modellen. (Hopp & Spearman, 2000)

Tijdreeksvoorspellingsmodellen worden gebruikt wanneer resultaten uit het verleden een goede voerspeller zijn voor de toekomst en wanneer er geen variabele beschikbaar is voor het creëren van een causaal voorspellingsmodel. Met een

tijdreeksvoorspellingsmodel probeer je de data uit het verleden zo te gebruiken dat je er iets waardevols mee kunt zeggen over de toekomst (Hopp & Spearman, 2000). Bij een causaal model probeer je factoren te identificeren die op het moment van het maken van de voorspelling bekend zijn, en een causaal verband hebben met dat wat je probeert te voorspellen.

In de paragraaf 2.5 beschrijven wij meer over causale modellen. In paragraaf 2.6 staat meer over tijdreeksmodellen en in paragraaf 2.9 staat in meer of mindere mate een verdieping op de kwalitatieve voorspellingsmethode.

2.4 – Data

Allereerst is het van belang dat er verschil wordt gemaakt tussen kwantitatieve data, kwalitatieve data en informatie. Dit zijn namelijk drie afzonderlijke begrippen. Kwantitatieve data zijn data voornamelijk uitgedrukt in cijfers, kwalitatieve data echter is uitgedrukt in afbeeldingen of woorden. Ten slotte is er nog informatie, informatie is data met een interpretatie, de data is geanalyseerd met een bepaald doel wat informatie voort brengt (Robinson, 2004).

2.4.1 – Data functies

Naast verschillende manieren waarop data gegeven is zijn er ook verschillende functies voor data: omschrijvende/contextuele data, realiserende data en validerende data. Om een goed onderzoek heb je elk van deze vormen nodig. De omschrijvende data is nodig om ervoor te zorgen dat de theorie en de context op elkaar afgestemd kunnen worden, verder weet men door deze data binnen welke kaders er naar oplossingen gezocht moet worden. Realiserende data heeft men nodig voor het creëren van het eigenlijke model zelf. Het toont bijvoorbeeld verbanden aan of bepaald ratio's. Validerende data is ten slotte nodig als controle middel, in hoeverre geeft het model/formule/etc. de werkelijkheid weer (Robinson, 2004)

2.4.2 – Dataverzameling

Het volgende punt is data verzameling. Wederom zijn er drie vormen, categorie A; direct beschikbare data, categorie B; niet beschikbare data maar wel te verzamelen en categorie C; niet beschikbare data en ook niet te verzamelen. De laatste vorm kan erg

problematisch worden, er zijn echter wel manieren om hier mee om te gaan. De meest voor de hand liggende manier is om de data te schatten. Dit verlaagt echter wel de geloofwaardigheid. Openheid over aannames is zeer belangrijk om totale afkeuring te voorkomen. Daarnaast moet er altijd gevoeligheidsanalyse worden gedaan over de aannames. Een andere manier om te gaan met dit probleem, is om de data te zien als variabele. Wanneer data wel beschikbaar is of verzameld kan worden zijn er nog een aantal zaken van belang. Is de omvang van de data groot genoeg voor het doel, immers wanneer dit niet het geval is maakt dit het onderzoek minder geloofwaardig. Verder moet mijn kijken naar de kwaliteit van de data. Wat is de reden voor het verzamelen van de data geweest, hoe aannemelijk is het dat er fouten zitten in de data. Men moet zich ook afvragen in hoeverre het verleden relevant is voor de toekomst. Het zoeken naar onregelmatigheden in de data behoort ook tot de opties maar kan heel arbeidsintensief worden. Wanneer de conclusie wordt getrokken dat de data niet van voldoende kwaliteit beschikt om onderdeel te zijn van het onderzoek, moet men de data behandelen als zijnde categorie C (Robinson, 2004).

2.5 – Causale voorspellingsmodellen

Causale voorspellingsmodellen zijn van groot belang bij het maken van een voorspelling. In paragraaf 2.5.1 is de wiskundige achtergrond uitgewerkt. In paragraaf 2.5.2 staan factoren die zouden kunnen leiden tot een causaal verband beschreven.

2.5.1 – Wiskundig causaal voorspellingsmodel

Bij causale modellen wordt de voorspelling voor een variabele gebaseerd op ander observeerbare, of in ieder geval goed voorspelbare variabele. Het meest voorkomende model is het basis lineaire model:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m \quad [2.1]$$

Hierin is Y de te voorspellen waarden, x_i is de waarde voor elk van de goed voorspelbare waarden en b_i is een constante ratio die door middel van statistisch onderzoek wordt bepaald. Het bepalen van de exacte formule gaat door middel van een regressiemodel. Dit kan vaak automatisch door middel van computer programma's worden gedaan (Hopp & Spearman, 2000).

2.5.2 – *Invloed hebbende factoren*

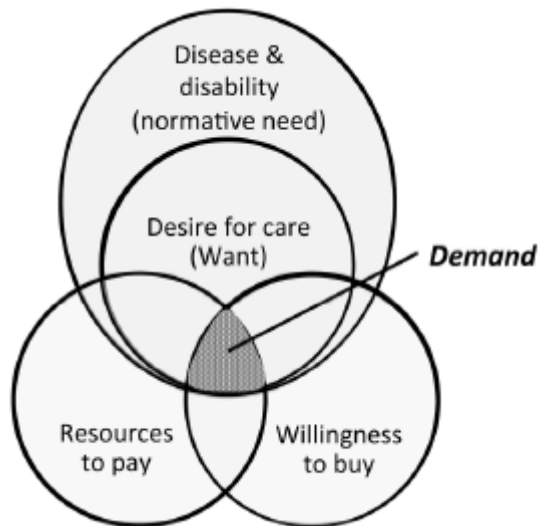
Zoals aangegeven door het JBZ zelf, is te verwachten dat de positie van de bevolkingsonderzoeksbussen invloed hebben op het aantal nieuw binnenkomende patiënten. In deze sub paragraaf zal er gekeken worden of er andere factoren zijn, volgens de theorie, die invloed kunnen hebben op het aantal nieuw binnenkomende patiënten.

Er zijn voor de ontwikkeling van borstkanker verschillende risicofactoren bekend. Aanleg en erfelijkheid zijn risicofactoren, maar zullen niet meegenomen worden omdat deze groep patiënten ver van te voren bekend is en dus niet voorspeld hoeft te worden. Het zelfde geldt voor de risicogroep van patiënten die voorheen met borstkanker in aanraking is gekomen, de grote van deze groep en de planning daarbij is ver van te voren bekend en hoeft dus ook niet voorspelt te worden (Borstkankervereniging Nederland , 2014).

Er zijn ook andere factoren geïdentificeerd die negatieve invloed hebben. Zo zou voeding invloed kunnen hebben op de vorming van kanker, echter is dit niet aangetoond voor borstkanker, wel voor vormen van darm- of maagkanker (Borstkankervereniging Nederland , 2014). Gewicht, wat tot in meer of mindere mate een gevolg is van voeding, heeft echter wel een invloed op de vorming van borstkanker, vetweefsel bevordert namelijk de aanmaak van oestrogeen wat eens sterke invloed heeft op het risico op borstkanker (Laamiri, Otmani, Ahid, & Barkat, 2013). Veel beweging verkleint juist de kans op borstkanker. Daarnaast geven veel alcoholgebruik en roken, met het grootste effect wanneer dit snel gebeurt na de eerste menstruatie, een verhoogde kans op borstkanker (Klatsky, Udaltsova, Li, Baer, & Tran, 2014) (Band, Le, Fang, & Deschamps, 2002).

Echter er is nog een verschil tussen de vraag naar zorg en de benodigde zorg. Er spelen ook factoren die een patiënt beletten gebruik te maken van zorg (White, 2012). In figuur 2.2 zijn de verschillende factoren die aanwezig moeten zijn voordat er daadwerkelijk sprake is van vraag naar zorg. Ten eerste moet er verlangen zijn naar zorg. Dit verlangen moet overigens bij de patiënt liggen, wanneer een patiënt een aandoening heeft maar daar niet aan wenst geholpen te worden, is er geen sprake van vraag. Het tweede onderdeel dat aanwezig dient te zijn, zijn de middelen tot het betalen van de zorg. De enige manier waarop er daadwerkelijk vraag naar zorg komt, is wanneer de patiënt ook in staat is de kosten voor de zorg te dragen. Ten derde moet de patiënt ook nog de

keuze maken deze middelen ook daadwerkelijk ter gebruik van de zorg te stellen. De laatste twee onderdelen zijn in Nederland minder aan de orde. In Nederland heeft iedereen namelijk een verplichte basiszorgverzekering wat de kosten voor borstkankeronderzoek onder vallen (Rijksoverheid, 2014).



Figuur 2.2 Relatie tussen vraag en benodigde zorg (White, 2012).

2.6 – Tijdreeksvoorspellingsmodellen

In paragraaf 2.6 staat de wiskundige achtergrond van de tijdreeksmodellen. De vier meest gebruikte tijdreeksmodellen staan in de komende paragrafen uitgewerkt.

2.6.1 – Moving average

Wanneer men gebruik maakt van het moving average model, bepaal je de voorspelling voor de komende periode als

het gemiddelde van observaties van de afgelopen perioden. Hierbij maak je de aanname dat er geen sprake is van een trend. Dit kan zeer simpel worden gedaan door middel van simpelweg het gemiddelde te nemen. Dit resulteert in de volgende formule:

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^t A(i)}{t} \quad [2.2]$$

$$f(t+k) = F(t) \quad k = 1, 2, \dots$$

Waarbij:

$F(t)$ = de voorspelling voor periode t

$A(t)$ = de gerealiseerde waarde in periode t

$f(t+k)$ = de voorspelling in periode t voor periode $t+k$

Dit resulteert slechts in een formule voor het average model. Zoals te zien is aan de formule word hier geen onderscheid gemaakt in data van nu of data van 5 jaar terug, ook al kunnen deze sterk verschillen in relevantie. Daarvoor maakt men gebruik van het moving average model. Hierbij neemt men alleen een m aantal periodes mee uit het verleden. Dit leidt tot de volgende formule:

$$F(t) = \frac{\sum_{i=t-m+1}^t A(i)}{m} \quad [2.3]$$

$$f(t+k) = F(t) \quad k = 1, 2, \dots$$

Waarbij:

$F(t)$ = de voorspelling voor periode t

$A(t)$ = de gerealiseerde waarde in periode t

$f(t+k)$ = de voorspelling in periode t voor periode $t+k$

De grote van m hangt af van dat voorspelt dient te worden, een grote m creëert een stabiel model maar reageert traag op veranderingen, een kleine m reageert echter snel op verandering maar kan mogelijk te veel waarde hechten aan uitzonderingen. Het bepalen van een geschikte m gaat doormiddel het proberen van verschillende waarde waarbij je kijkt welke waarde het beste resultaat geeft (Hopp & Spearman, 2000).

2.6.2 – Exponential smoothing

Bij het moving average model is elke van de m perioden gelijk. Dus de meest recente observatie heeft een gelijk belang als de minst recente observatie. Bij exponential smoothing pakt men dit anders aan. Hierbij neemt men het gemiddelde van de meest recente observatie en de voorspelling van de vorige periode. Hierbij geeft men wel een weging, α , aan de twee onderdelen. Hierbij wordt wederom de aanname gemaakt dat er geen sprake is van een trend. Dit leidt tot de volgende formule:

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha)F(t - 1) \quad [2.4]$$

$$f(t + k) = F(t) \quad k = 1, 2, \dots$$

Waarbij:

$F(t)$ = de voorspelling voor periode t

$A(t)$ = de gerealiseerde waarde in periode t

$f(t+k)$ = de voorspelling in periode t voor periode $t+k$

α = smoothing constante

De grote van α heeft wederom grote invloed op hoe de voorspellingen zich gedragen. Bij een kleine α is de meest recente periode van ondergeschikt belang en krijgt men dus een erg stabiele voorspelling, die niet snel reageert op veranderingen. Wanneer men echter een grote α neemt, wordt er veel waarde gehecht aan de meest recente periode maar kan een uitzondering in deze periode zorgen voor grote gevolgen voor de voorspelling voor de komende periode. Om tot een goede α te komen zal men moet proberen welke waarde leidt tot het beste resultaat (Hopp & Spearman, 2000).

3.6.3 – Exponential smoothing with linear trend

Wanneer je te maken hebt met een groei, of juist een afname, in dat wat je wilt voorspellen, dient dit meegenomen te worden in je voorspelling. In dit geval wordt er uit gegaan van een lineaire trend, er wordt wel gezorgd dat de helling van de lijn elke periode opnieuw wordt aangepast. Er wordt hier gebruik gemaakt van dezelfde formule als bij het exponential smoothing model, alleen wordt er nu de factor trend bij opgeteld. De factor trend heeft ook zijn eigen formule.

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha)(F(t - 1) + T(t - 1)) \quad [2.5]$$

$$T(t) = \beta(F(t) - F(t - 1)) + (1 - \beta)T(t - 1) \quad [2.6]$$

$$f(t + k) = F(t) + kT(t) \quad k = 1, 2, \dots$$

Waarbij:

$F(t)$ = de voorspelling voor periode t

$A(t)$ = de gerealiseerde waarde in periode t

$T(t)$ = de trendfactor in periode t

$f(t+k)$ = de voorspelling in periode t voor periode $t+k$

α & β = smoothing constanten

Voor de waarde van α geldt hetzelfde als voorheen en voor de waarde van β geldt een soort gelijk verhaal. De grote van β bepaalt namelijk mede hoeveel invloed de helling van de lijn meest recente periode is ten overstaande van de helling van de voorspelling van de vorige periode (Hopp & Spearman, 2000).

3.6.4 – Winter's method

Wanneer het aantal nieuw binnenkomende patiënten seizoen afhankelijk is, zullen de eerder genoemde modellen niet werken omdat hier veranderingen als trend zullen worden beschouwd en niet als seizoen verandering. De toevoeging van een factor seizoen is gedaan door Winter (1960). Het is in principe de voorspelling uit 3.3.2.3 vermenigvuldigd met de geschikte seizoensfactor. In formulevorm:

$$F(t) = \alpha \frac{A(t)}{c(t-N)} + (1-\alpha)(F(t-1) + T(t-1)) \quad [2.7]$$

$$T(t) = \beta(F(t) - F(t-1)) + (1-\beta)T(t-1) \quad [2.8]$$

$$c(t) = \gamma \frac{A(t)}{F(t)} + (1-\gamma)c(t-N) \quad [2.9]$$

$$f(t+k) = (F(t) + kT(t))c(t+k-N) \quad t+k = N+1, \dots, 2N$$

Waarbij:

$F(t)$ = de voorspelling voor periode t

$A(t)$ = de gerealiseerde waarde in periode t

$T(t)$ = de trendfactor in periode t

$c(t)$ = de seizoensfactor voor periode t

$f(t+k)$ = de voorspelling in periode t voor periode $t+k$

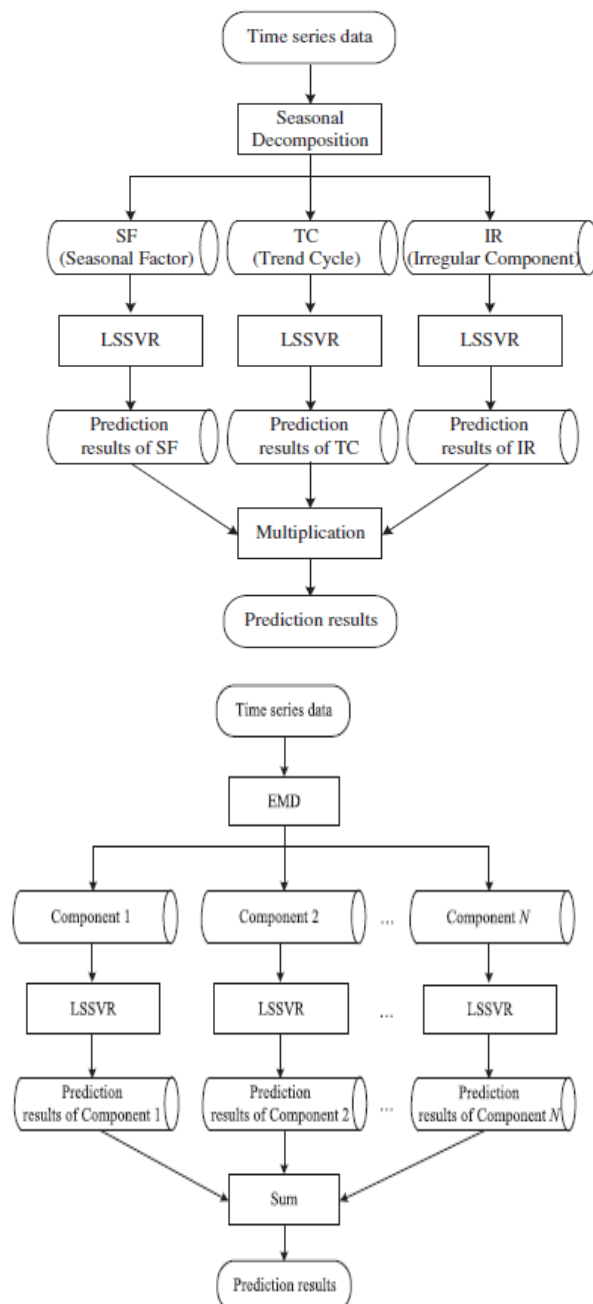
α & β & γ = smoothing constanten

2.7 – Samengestelde wiskundige voorspellingsmodellen

De hiervoor genoemde modellen zijn erg eenvoudig en bieden op zichzelf zelden een oplossing. Wel kan de theorie die in die modellen zit, in combinatie met andere modellen, een samengesteld wiskundig model genereren wat er voor moet zorgen dat het model wel praktisch inzetbaar is. Dit wordt ook wel de hybride benadering genoemd.

Een voorbeeld hiervan is de hybride benadering gebaseerd op SD (Seasonal decomposition) en LSSVR (Least Square Support Vector Regression). In een hybride

benadering zijn er drie generieke stappen: decompositie, enkelvoudige voorspelling, aggregatie. Allereerst wordt de voorspelling opgedeeld in afzonderlijke onderdelen, in het geval van SD worden dit een seizoen factor, een trend factor en een irreguliere factor. Daarna volgt voor elke van de onderdelen een afzonderlijke voorspelling. In het laatste onderdeel komen elk van die afzonderlijke voorspellingen samen. Dit proces is schematisch weergegeven in figuur 2.3 (Xie, Wang, & Lai, 2014).



Figuur 2.3 Hybride SD en LSSVR en Hybride EMD en LSSVR (Xie, Wang, & Lai, 2014)

Een ander voorbeeld is een hybride benadering gebaseerd op EMD (Empirical mode decomposition) en wederom LSSVR. Hier worden de, in het geval van het

ziekenhuis, patiënten verdeeld in unieke groepen met elke zijn unieke eigenschap. Vervolgens wordt er door middel van LSSVR voorspellingen gedaan voor elke van deze afzonderlijke groepen. Voor het totale resultaat worden de voorspellingen van de afzonderlijke groepen gesommeerd.

2.8 – Nauwkeurigheid

Zoals eerder vernoemt bij data in 3.4 heb je te maken met verschillende data sets. Data voor het bepalen van de parameters en data om het gehele model te controleren in hoeverre het beter is dan de oude situatie of een vergelijkbaar model.

Voor het vergelijken van de prestatie van verschillende voorspellingsmodellen, worden verschillende methoden gebruikt, waaronder RMSE, Root Mean Square Deviation, MAE, Mean Absolute Error en MPE, Mean Percentage Error. De formules voor deze methodes zijn als volgt:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t^2}{n}} \quad [2.10]$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t^2}{n} \quad [2.11]$$

$$MPE = \frac{1}{n} * \frac{\sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t^2}{y_t} \quad [2.12]$$

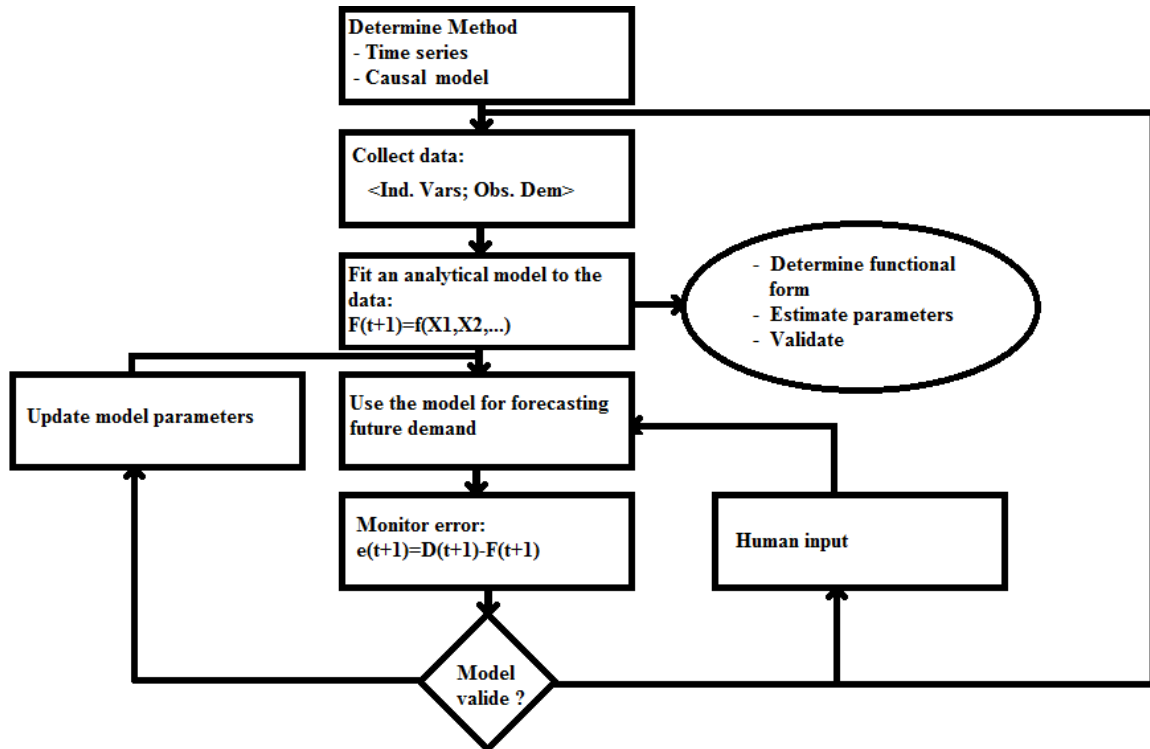
Waarbij n het aantal periodes is, y_t de geobserveerde waarde voor periode t en \hat{y}_t de voorspelde waarde is voor periode t . Hoe kleiner de waarden zijn van deze formules, hoe beter de voorspelling is (Ozcan, 2009); (Abraham, Byrnes, & Bain, 2009).

Naast deze methoden om te kijken naar de voorspellingnauwkeurigheid, kan men ook kijken naar directievoorspellingsnauwkeurigheid. Hierbij wordt gekeken naar de prestatie van het model ten overstaande van de veranderingen. Hierbij duidt een grotere waarde van D_{stat} op een beter model (Xie, Wang, & Lai, 2014).

$$D_{stat} = \sum_{t=1}^N \frac{d_t}{n}$$

$$\text{where } d_t = \begin{cases} 1, & (y_t - y_{t-1})(\hat{y}_t - y_{t-1}) \geq 0 \\ 0, & \text{anders} \end{cases}$$

2.9 – Menselijke inbreng



Figuur 1.4 Gebaseerd op (Engle & Brown, 1986); (Silver, Pyke, & Peterson, 1998)

Gebaseerde op model genoemd in 3.2 (Engle & Brown, 1986) is in figuur 2.4 een aanpassing gedaan op basis van de theorie volgens Silver, Pyke & Peterson. Aan het bestaande model is de menselijke input en controle toegevoegd. Deze controle maakt het verder mogelijk om aanpassingen voor de toekomst te maken voor uitzonderlijke gevallen die buiten het model vallen maar wel een grote invloed heeft op de verwachte vraag.

Waar de ratio model versus menselijke kennis hangt af van de situatie. Dit hangt voornamelijk af wie diegene is die de menselijke input zal leveren. Hoe gespecialiseerder iemand is op een bepaald gebied, hoe beter diegene is om goede menselijke input te leveren. Verder blijkt uit praktijk onderzoek dat experts betere voorspellingen maken dan modellen kunnen (Siefert & Hadida, 2013). Terwijl andere het tegenovergestelde beweren (Lawrence, Edmundson, O'Connor, & Onkal, 2006). Dit maakt het moeilijk, ofwel onmogelijk hier goede oordelen over te vellen. Wel is het zo dat 'evidence-based management' helpt bedrijven beter te presteren door het weghalen van persoonlijke voorkeuren (Pfeffer & Sutton, 2006).

2.10 – Conclusie

Wanneer wij het voorspellingsproces doorlopen dat door Ozcan is opgesteld komen nagenoeg alle onderdelen die zijn behandeld in dit hoofdstuk naar voren. Ook het voorspellingsproces opgesteld door Eagle & Brown past binnen het voorspellingsproces van Ozcan. Het vormt hier slechts een uitwerking op. Wanneer wij dus in de volgende hoofdstukken ons bezig gaan houden met de situatie bij het Borstcentrum JBZ zullen wij deze voorspellingsprocessen dan ook doorlopen. Aangezien de overige theorie als input nodig is voor deze voorspellingsprocessen, komt dit terug waar nodig.

Hoofdstuk 3 – Huidige werkwijze en toepassing theorie Ozcan en Eagle & Brown

Om de voorspelling te kunnen verbeteren is het van belang dat men weet hoe de voorspelling nu wordt gedaan en wat de redenen hiervoor zijn. In paragraaf 3.1 kijken wij naar de huidige werkwijze, er wordt gekeken naar het maken van de voorspelling zelf maar ook naar het plannen als gevolg hiervan. In paragraaf 3.2 vergelijken wij de praktijk met de theorie zoals besproken in hoofdstuk 2. Bij deze vergelijking zullen wij de eerste stappen zetten van het voorspellingsproces van zowel Ozcan als Engle & Brown.

3.1 – Huidige werkwijze

In paragraaf 3.1 gaan wij deelvraag twee en de daarbij behorende sub deelvragen beantwoorden. Paragraaf 3.1.1 beschrijft de manier waarop patiënten terecht komen bij het borstcentrum JBZ. In paragraaf 3.1.2 zullen wij de huidige voorspellingsmethode bespreken. In paragraaf 3.1.3 gaan we verder in op de huidige omgang met de bevolkingsonderzoekbussen. Ten slotte zullen wij in paragraaf 3.1.4 ingaan op de huidige planningsmethode.

3.1.1 – Aankomstproces

De patiëntenaankomst binnen het Borstcentrum JBZ geschiedt via verschillende kanalen. Dit kan het best geïllustreerd worden door middel van een schematische weergave van het zorgproces (Appendix A).

Uit deze weergave valt op te maken dat de voorspelling, van het aantal nieuw binnenkomende patiënten per tijdseenheid, gericht zal zijn op de patiënten die aankomen bij de Radiologie, welke het eerste onderdeel is van het zorgproces. De patiënten kunnen worden opgedeeld in drie groepen. De groep die wordt doorgestuurd vanuit het bevolkingsonderzoek, de groep die vanwege een verscheidenheid aan redenen door gestuurd is door de huisarts en een groep die op regelmatige basis op controle komen omdat zij een verhoogd risico hebben. Omdat elke patiënt officieel doorgestuurd worden door de huisarts, benoemen wij, voor een duidelijk onderscheid tussen de groepen, de groep die via het bevolkingsonderzoek het zorgproces volgt ook de groep bevolkingsonderzoeksbus patiënt, de groep die op controle komt zal benoemd worden als poliklinisch patiënt en de overige groep zal worden benoemd als ‘huisarts patiënten’. Omdat deze groepen elke andere eigenschappen heeft dient hier rekening mee gehouden te worden in het onderzoek

3.1.2 – Huidige voorspellingswerkwijze

Hoewel dit in veel gevallen een uitgebreid onderdeel zou kunnen zijn, valt er in dit geval niet veel te zeggen over de huidige werkwijze. Er wordt op dit moment geen gebruik gemaakt van een wiskundig model op zichzelf. Daarnaast wordt er überhaupt weinig tot geen aandacht besteed aan de voorspellingsstap in het planningsproces. Het best kan de huidige methode worden omschreven als het naïeve voorspellen in combinatie met veel menselijke input hoewel dit niet volledig correct is, men zou het ook kunnen zien als een kwalitatieve voorspelling van de vraag naar zorg, hierbij wordt echter gesuggereerd dat er zeer actief naar gekeken wordt.

Voor het inplannen van de patiënten zijn de secretaresses verantwoordelijk en voor het maken van de planning zelf zijn de coördinerend laborant en het unithoofd verantwoordelijk. Indirect maken zij dus ook de voorspelling. Zij hebben echter een standaard aantal plaatsen voor patiënten per dag beschikbaar. Wanneer zij het idee hebben dat dit niet afdoende zal zijn of juist te veel, kunnen zij ad hoc aanpassingen doen. Deze aanpassingen zijn niet bekend en kunnen dus ook niet mee worden genomen in de vergelijking tussen de huidige- en de voorgestelde voorspellingsmethode. Omdat er geen daadwerkelijke voorspelling wordt gedaan, moeten wij deze voorspelling afleiden van het aantal vrije plaatsen, daaruit kunnen wij vervolgens ook de nauwkeurigheid aflezen. Voor de duidelijkheid op het moment zijn er twee kamers beschikbaar voor de mammografie. Voor elke van de binnenkomende groepen zijn er aparte tijden gereserveerd. Zo zijn er voor de patiënten van het bevolkingsonderzoek vijf plaatsen per dag beschikbaar. Voor poliklinische patiënten zijn er zes plaatsen beschikbaar en achttien voor patiënten die direct zijn doorverwezen vanuit de huisarts (ook zijn er twee spoedplaatsen opgenomen en is er ruimte voor uitloop). Een overzicht van de standaard planning is opgenomen appendix C.

3.1.3 – Bevolkingsonderzoek

Op het moment wordt er wel gekeken naar het bevolkingsonderzoek. Echter wordt dit op een basale manier gedaan. Wanneer de bevolkingsonderzoekbussen in de buurt van het ziekenhuis staan, en vooral wanneer er meerdere in de buurt staan, worden er extra plaatsen beschikbaar gemaakt voor patiënten vanuit het bevolkingsonderzoek. Dit gebeurt aan de hand van een schema (Appendix D) Hierin is ook een basaal onderscheidt

gemaakt in de verwachte drukte. Er zijn vier 'kleuren' welke aangeven of er grote matige of lage drukte wordt verwacht. Dit onderscheid wordt gedaan aan de hand van de afstand van de bevolkingsonderzoekbussen ten overstaande van het JBZ. Deze extra plaatsen gaan echter wel direct ten kosten van het aantal plaatsen voor patiënten die door gestuurd zijn vanuit de huisarts. Omdat wij niet weten in hoeverre de aanpassingen gedaan worden kunnen wij niet bepalen of op enige manier afleiden hoe nauwkeurig de voorspelling is. Wel kunnen wij bepalen in hoeverre er regressie bestaat tussen het gebruikte schema en de daadwerkelijke aankomst van patiënten via het bevolkingsonderzoek.

3.1.4 – Planning

Vervolgens is het van belang wanneer de voorspellingen gemaakt moeten worden voor welke periode. Oftewel wanneer wordt er voor welke periode een planning gemaakt. Immers de voorspelling is input voor het maken van een planning. Er is een standaard planning welke kan worden herzien, dit is echter een streng en bureaucratisch proces en duurt minimaal twaalf weken. Daarnaast worden vakantieplanningen vier maanden van tevoren gemaakt. Vakantieplanningen zijn van toepassing op alle schoolvakanties. Hiervoor wordt waar nodig een mammografie kamer gesloten (dit wordt gestuurd door het personeel dat voor handen is en niet door variatie in patiënten aankomst). Aanpassingen kunnen vrij kort van tevoren worden gedaan, dit kan doordat de directe werkelijkheid daar om vraagt, of omdat een voorspelling op de korte termijn aantoont dat veranderingen noodzakelijk zijn.

3.2 – Toepassing Theorie

Om deelvraag drie te kunnen beantwoorden zullen wij de deelvragen een en twee met elkaar moeten vergelijken. Welke onderdelen uit de theorie zijn, gezien de situatie bij het Borstcentrum JBZ, van toepassing. Aan de hand van deze vergelijking zal er een plan van aanpak volgen.

3.2.1 – Proces, Stap een en twee van Ozcan

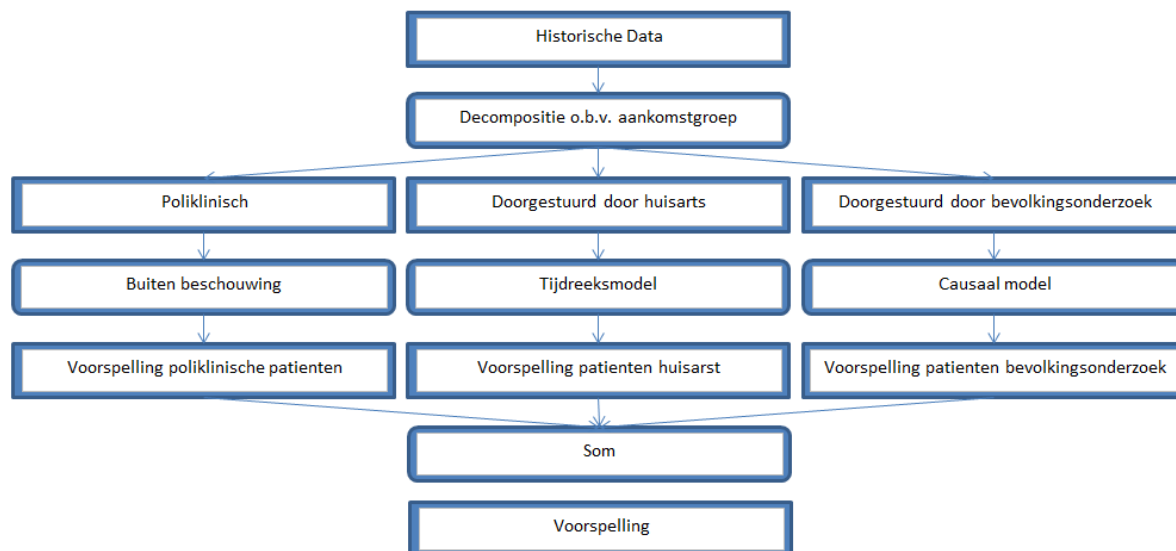
We hebben in de theorie twee voorspellingsprocessen besproken. We zullen hiervan stappen een en twee van het proces Ozcan uitvoeren. De stappen drie tot en met vijf worden ook uitgevoerd maar dan naar het model van Eagle & Brown.

Waarbij de doelen in hoofdstuk 1 al duidelijk zijn gemaakt is dat niet het geval voor de tijdshorizon. Die is namelijk direct gelinkt aan de situatie zoals deze is binnen het Borstcentrum JBZ. Uit paragraaf 3.1.4 blijkt dat het er verschillende tijdshorizonnen van toepassing zijn. De kortste tijdshorizon is een volledige week van te voren, het JBZ heeft aangegeven dat dit zinnig kan zijn omdat er op dat moment nog aanpassingen gedaan kunnen worden. Voor grootschalige aanpassingen is een termijn van twaalf weken nodig. En voor de vakantieplanning heeft het Borstcentrum JBZ een tijdshorizon van minimaal vier maanden, daarnaast worden afspraken voor de poliklinische patiënten ver van te voren gemaakt daarom is een halfjaarlijkse tijdshorizon van toepassing.

3.2.2 – Proces Eagle & Brown

Door de analyse van het aankomstproces hebben wij geconcludeerd dat er drie verschillende groepen zijn. Deze drie verschillende groepen hebben ook elk unieke eigenschappen wat betreft de aankomst. Door dit gegeven kunnen we concluderen dat de eerste stap, de keuze van een voorspellingsmethode, causaal, tijdreeks, etc. niet voor elke van de groepen hetzelfde is. Geïnspireerd op de modellen uit paragraaf 2.8 en door de unieke eigenschappen van deze groepen, hebben wij enkel de keuze om een hybride model op te stellen. Een schematische weergave van dit model is weergegeven in figuur 3.1.

Binnen dit onderzoek zullen de poliklinische patiënten achterwege worden gelaten omdat het maken van een voorspelling voor deze groep minder van belang is. Deze groep is door de risicofactoren lang in beeld en kan daardoor ver van te voren ingeplant worden. Voor de groep die doorgestuurd wordt vanuit de huisarts zal een tijdreeks model moeten worden bepaald. Ten slotte is er ook nog de groep van patiënten die via het bevolkingsonderzoek bij het borstcentrum terecht komen. Bij deze groep is een causaal verband te verwachten. Daarom zal er hier worden gezocht naar een geschikt causaal model.



Figuur 3.2 Voorgesteld voorspellingsmodel

In hoofdstuk 4 zullen wij de overige stappen van het voorspellingsproces van Eagle & Brown uitwerken voor het tijdreeksmodel. In hoofdstuk 5 zullen wij de overige stappen uitwerken voor het Causaal model. Voor de verwerking van de data en het bepalen van de voorspelling zal er gebruik worden gemaakt van Excel. Dit omdat Excel veel mogelijkheden heeft om dit soort problemen op te lossen, maar ook omdat dit programma standaard in het ziekenhuis aanwezig is.

3.3 – Conclusie

In hoofdstuk 3 hebben wij twee onderwerpen besproken, de huidige werkwijze bij het Borstcentrum JBZ en hoe de theorie kan worden gebruikt binnen de situatie bij het Borstcentrum JBZ.

Wij concluderen dat er het Borstcentrum JBZ weinig tot geen aandacht besteedt aan het voorspellen zelf. Zij maken wel een planning en gaan daarbij uit van de maximale capaciteit. Daarnaast kijkt men wel naar de positie van de bus maar gebeurt dit op een basale manier. Omdat planningen op verschillende momenten gemaakt moeten worden moeten wij rekeningen met planningshorizonnen van twee, twaalf en 26 weken.

Omdat we met verschillende patiëntenaankomstgroepen te maken hebben zullen wij naar verschillende voorspellingsmethoden kijken. Voor de patiënten uit het bevolkingsonderzoek kijken we hiervoor naar causale voorspellingsmodellen, voor de patiënten die via de huisarts doorgestuurd zullen wij gebruik maken van een tijdreeksvoorspellingsmodel.

Hoofdstuk 4 – Tijdreeksmodel voor de huisarts patiënten

In hoofdstuk vier voeren wij de laatste stappen uit van het proces zoals beschreven door Eagle & Brown, voor de patiënten die via de huisarts worden doorverwezen naar het Borstcentrum JBZ. De eerste stap is al uitgevoerd in hoofdstuk drie. In paragraaf één zullen wij daarom stap twee bespreken; de datacollectie. In paragraaf twee zullen wij een correcte methode selecteren. In paragraaf drie zullen wij de nauwkeurigheid vergelijken tussen de verschillende modellen. Daarnaast wordt ook de nauwkeurigheid van de huidige methode vergeleken. In paragraaf vier zal worden afgesloten met een conclusie.

4.1 – Stap 2, Eagle & Brown: Data Collectie

Omdat wij gebruik maken van tijdreeksmodellen, is het van belang dat wij een grote hoeveelheid aan historische data hebben die een afdoende beeld geven van de situatie zoals deze is bij het Borstcentrum JBZ. Omdat het eerste specialisme van het Borstcentrum JBZ de radiologie is en het Borstcentrum JBZ zelf geen gedetailleerde gegevens over patiënten aankomsten bij de radiologie heeft, moeten wij de algemene data van de radiologie gebruiken. De data die de radiologie bijhoudt, is echter zeer divers en omvat alle onderdelen van de radiologie zelf. Daarom moeten wij de data die benodigd is voor de tijdreeksmodellen uit deze grote hoeveelheid aan data extraheren.

Voor de voorspellingsmodellen willen wij weten hoeveel patiënten we wanneer kunnen verwachten. Als input van het tijdreeksmodellen willen wij echter niet weten wanneer patiënten fysiek aankomen in het ziekenhuis, maar wanneer het verzoek voor een afspraak binnenkomt, oftewel het moment waarop de boeking van de afspraak plaatsvindt. Wij kunnen vervolgens, door middel van verschillende gegevens die per boeking bekend zijn, bepalen welke boekingstijden toebehoren aan het Borstcentrum JBZ en bij de specifieke groep huisarts patiënten.

Vervolgens moeten wij deze boekingstijden nog omzetten naar bruikbare cijfers voor de tijdreeksmodellen. Hiervoor bepalen we het gemiddelde aantal boekingen per dag voor elk van de weken. We maken geen gebruik van het totaal aantal boekingen per week omdat we dan geen rekening zouden houden met kortere weken in verband met feestdagen. Verder groeperen wij de data per week. Het ziekenhuis heeft immers tot vijf dagen om een afspraak in te plannen, daarnaast zou een groepering per dag te gedetailleerd zijn wat de nauwkeurigheid niet ten goed zal komen.

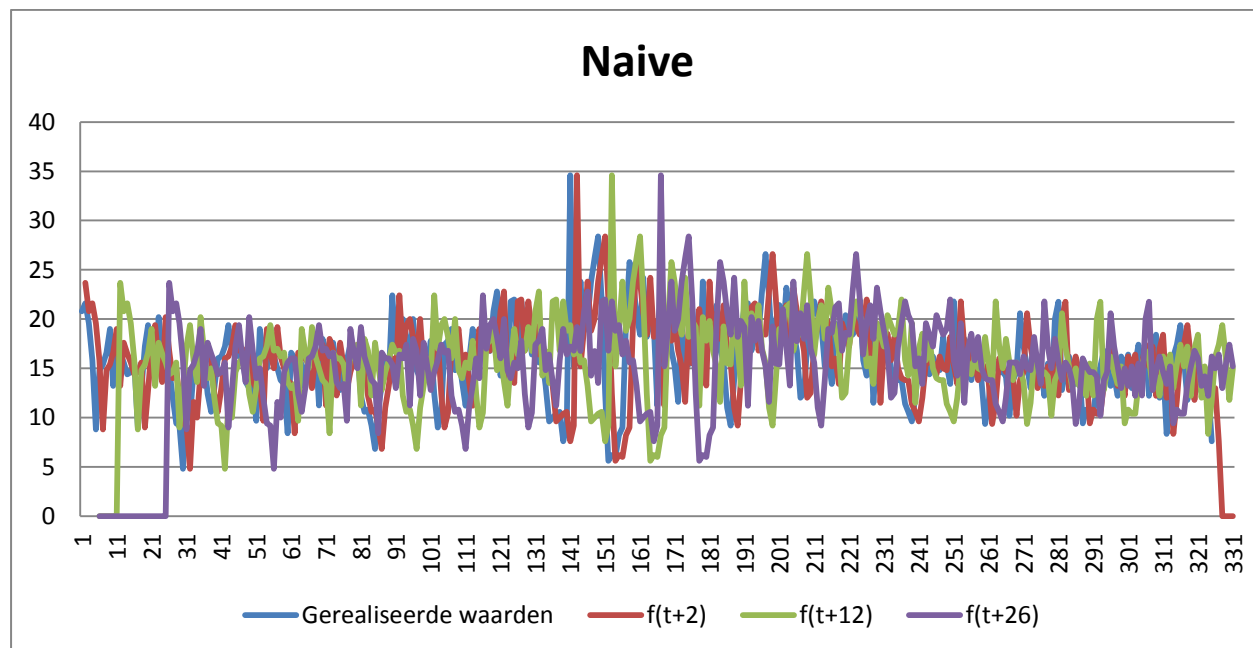
Voor het bepalen van het meest geschikte tijdreeksmodel hebben wij de beschikking over data van de jaren 2008 tot en met maart 2014.

4.2 – Stap 3 & 4, Eagle & Brown: Voorspellingsmodel keuze

In stap drie passen wij vijf verschillende tijdreeskmodellen toe op de data van het Borstcentrum JBZ. Wij werken de tijdreeksmodellen uit in de komend sub-paragrafen. Wij bespreken de volgende tijdreeksmodellen: naïve, moving average, exponential smoothing, exponential smoothing with linear trend en winter's method.

4.2.1 – Naïve

Bij naïef voorspellen is de te voorspellen periode simpelweg gelijk aan de huidige periode. In het geval van het Borstcentrum JBZ betekend dat, dat, bij de voorspelling van twee weken vooruit, de voorspelling van week drie de gerealiseerde waarde van week één is. Bij het maken van de voorspelling twaalf weken vooruit, is de voorspelling van week dertien gelijk aan week één en de voorspelling van 26 weken vooruit gaat op een gelijke wijze.



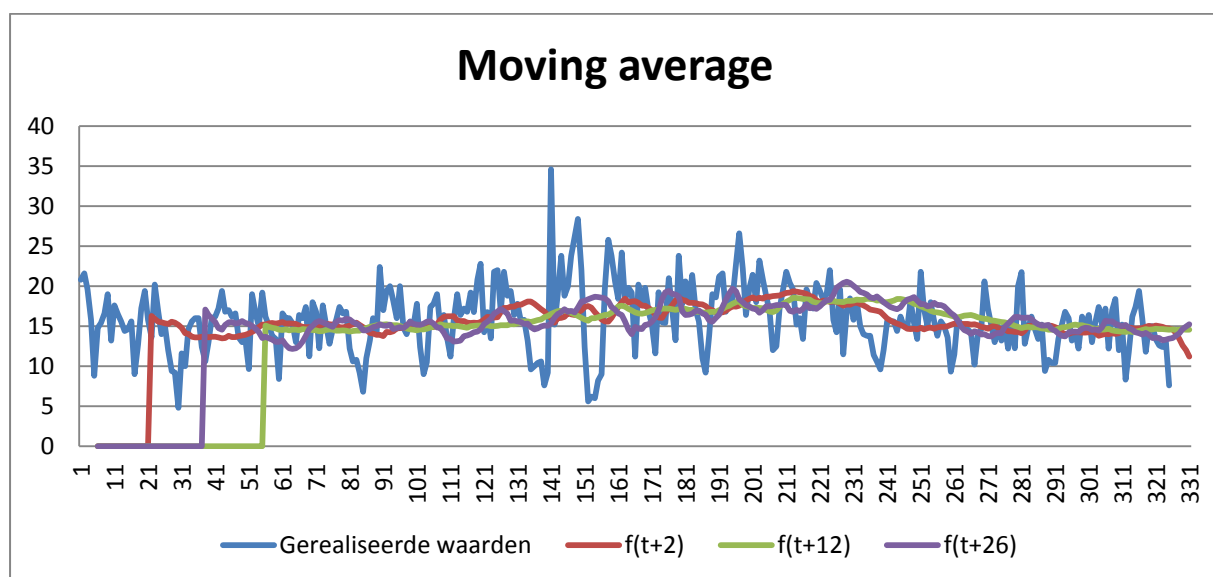
Figuur 4.1 Grafiek naïef voorspellen

In de bovenstaande grafiek zijn vier verschillende reeksen uitgezet. Op de horizontale as staan de weken en op de verticale as het gemiddeld aantal boekingen per dag in de desbetreffende week. De blauwe lijn zijn de daadwerkelijk gerealiseerde

waarden. De rode lijn geeft de voorspelling over twee weken weer, de groene lijn geeft de voorspelling twaalf weken vooruit en de paarse lijn geeft de voorspelling van 26 weken vooruit weer. Uit de grafiek kunnen wij snel de kenmerken van dit voorspellingsmodel zien. In principe is de lijn met de daadwerkelijke gerealiseerde waarde naar rechts verschoven met het aantal weken wat men vooruit voorspeld.

4.2.2 – Moving average

Bij het tijdreeksmodel, moving average, nemen wij het gemiddelde van de meest recente x periode als voorspelling voor de komende periode. De waarde van x , het aantal periodes dat wordt gebruikt om het gemiddelde te bepalen, hangt af van de situatie en zullen wij dan ook optimaliseren. Voor deze optimalisatie maken wij gebruik van de Excel-tool ‘oplosser’. Omdat we wederom te maken hebben met drie verschillende voorspellingen; twee weken, twaalf weken en 26 weken, zullen wij deze optimalisatie voor elk van de drie tijdhorizonnen uitvoeren.



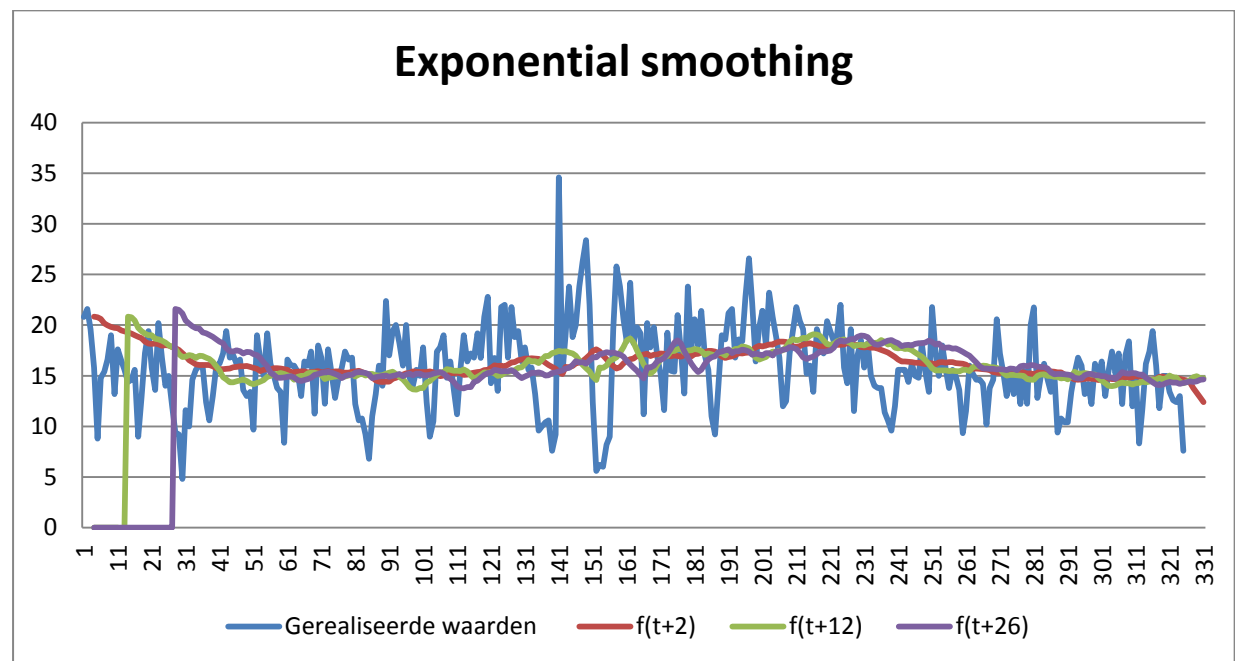
Figuur 2.2 Grafiek Moving average

In figuur 4.2 zijn de voorspellingen naast de gerealiseerde waarde gezet. Wederom zijn de karakteristieken van de voorspellingsmethoden snel duidelijk. Doordat er een gemiddelde wordt genomen worden de pieken en dalen uit de voorspelling gehaald. De reden dat in de eerste weken nul zijn heeft te maken met de opstart van het systeem, men kan immers alleen een voorspelling doen wanneer er voldoende historische data is om de voorspelling over te doen. Het optimale aantal aan periodes om over te middelen is, voor de voorspelling van twee weken vooruit, 21, voor de voorspelling van twaalf weken

vooruit is dit 45 weken en voor de voorspelling van 26 weken is dit 14 weken. Het lijkt bijzonder dat het maken van de eerste voorspelling vooruit vraagt om het kleinste aantal aan periodes, een van de vuistregels is namelijk ook dat men minimaal twee keer zover terug moet kijken als men vooruit kijkt. Echter het kan verklaard worden doordat wanneer men zo ver terug kijkt de data niet meer realistisch is voor de toekomst.

4.2.3 – Exponential smoothing

Bij het tijdreeksmodel exponential smoothing wordt het gewogen gemiddelde genomen van de gerealiseerde waarde en de voorspelling van de vorige periode. De weging van deze twee onderdelen wordt bepaald door middel van de waarde α . De waarde van alfa wordt wederom bepaald door middel van de ‘Oplosser’ van Excel. Wederom moet deze optimalisatie voor elk van de drie tijdshorizonnen worden gedaan.



Figuur 4.3 Grafiek Exponential smoothing

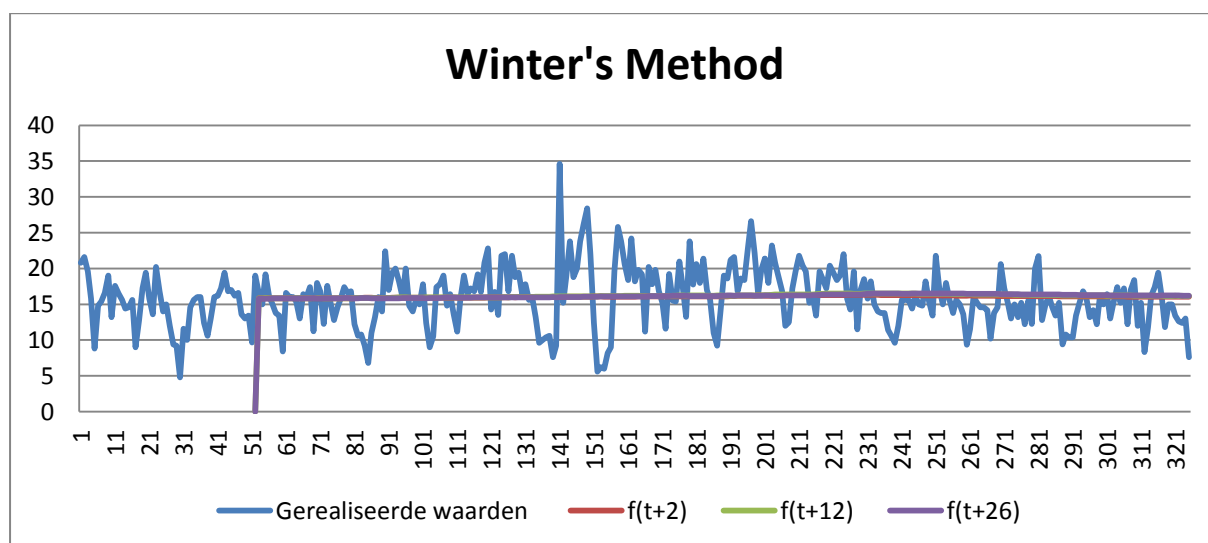
In figuur staan de resultaten van de voorspellingen met exponential smoothing, De opzet van de grafiek is het zelfde als in 4.2.1 en 4.2.2. Wederom is er sprake van een opstart moment. Dit opstart moment duurt nu echter langer dan alleen de eerste paar weken waarvoor het systeem ‘nul’ voorspelt. Dit komt doordat het een aantal periodes kost voordat de voorspelling uit de vorige periode vaak genoeg is doorgerekend. Dit is extra belangrijk omdat in alle gevallen de waarde voor alfa erg laag is, rond de 0,05. Dit betekent dat het systeem erg sterk afvlakt en dus in de richting van een moving average model gaat.

4.2.4 – Exponential smoothing with linear trend

Bij het tijdreeksmodel, exponential smoothing with linear trend, wordt er naast het gewone exponential smoothing nog een factor trend bijgeteld. Dit kan erg belangrijk zijn wanneer wij voor meerdere periodes vooruit een voorspelling maken. De trend nemen wij dan voor meerder periodes mee. Deze trend is gebaseerd op het verschil van de afgelopen twee periodes en de trendwaarde van de afgelopen periode. Dit is wederom gewogen door de factor β . Optimalisatie wordt wederom uitgevoerd voor dit systeem door middel van de Excel ‘Oplosser’. Wanneer wij deze oplosser echter uitvoeren komt erin elk van de drie tijdshorizonnen een β van nul uit. Dat wil zeggen dat het model exact hetzelfde wordt als het tijdreeksmodel exponential smoothing zoals besproken in sub-paragraaf 4.2.3.

4.2.5 – Winter’s Method

Het laatste tijdreeksmodel dat wij zullen toepassen op de situatie bij het Borstcentrum JBZ, is Winter’s Method, dit tijdreeksmodel is een uitbreiding op de tijdreeksmodellen uit sub-paragraaf 4.2.3 en 4.2.4. In deze situatie wordt er een factor ‘seizoen’ aan toegevoegd. In dit geval hebben wij te maken met 52 seizoenen elke week van het jaar, mocht een jaar 53 weken hebben nemen wij voor week 53 dezelfde seizoen factor als week 52. Door dit hoge aantal en doordat de factor seizoen gedeeltelijk wordt bepaald door de seizoen factor van een jaar terug, de weging bepalen wij met de constante γ , is de opstart bij dit systeem erg lang en kunnen alleen de later jaren als realistische weergave van de kracht van het tijdreeksmodel worden beschouwd.



Figuur 4.4

De grafiek zoals gegeven in figuur zes is op gelijke wijze opgebouwd als de overige grafieken in deze paragraaf. Wij kunnen zien dat de waardes van de voorspelling niet of nauwelijks verschillen. Dit wordt deels veroorzaakt door de schaal van de grafiek daarnaast is er ook erg weinig verschil tussen de voorspelde waardes. Daarnaast is de waarde van α nog verder terug gelopen naar een kleine 0,002 voor alle drie de tijdshorizonnen. Dit kan komen omdat verschillen in de voorspelling niet meer opgevangen hoeven te worden door een hoge alfa, oftewel de waarde van de huidige gerealiseerde waarde, maar ze worden opgevangen door de seizoen factor. De waarde van gamma is echter wel sterk afhankelijk van het afgelopen jaar met een optimale waarde van gamma van meer dan 0,6 in alle gevallen. Dit kan veroorzaakt worden doordat de waarde van de seizoen factor is gebaseerd op een relatief laag aantal waarneming, dit zijn er namelijk maar zes. Wanneer er meer waarnemingen zijn verwachten wij dat de factor seizoen een constantere vorm aan zal nemen.

4.3 – Stap 5, Eagle & Brown: Nauwkeurigheid

Uiteindelijk is het doel van elk voorspellingsmodel om de toekomstige vraag zo nauwkeurig mogelijk te voorspellen. De nauwkeurigheid is dan het belangrijkste keuze criterium om voor een bepaald voorspellingsmodel te kiezen. In paragraaf 4.3.1 maken wij een vergelijking tussen de vijf voorspellingsmodellen. In paragraaf 4.3.2 vergelijken wij vervolgens het resultaat van de vergelijking uit paragraaf 4.3.1 met de huidige methode. Omdat de statistische gegevens van de fout van de voorspelling van belang zijn bij het maken van een planning, is er een samenvatting van de statische gegevens opgenomen in Appendix I.

4.3.1 – Vergelijking tussen de vijf voorspellingsmodellen

Omdat het gebruik van alle voorspellingsmodellen tegelijk niet praktisch en sowieso overbodig is, gaan wij in 4.3.1.1 op zoek naar de beste optie. In paragraaf 4.3.1.2 zullen wij kijken of er ook daadwerkelijk een statistisch verschil te vinden is.

4.3.1.1 – Resultaten voorspellingsmodellen

In hoofdstuk 2 hebben wij in de theorie verschillende manieren besproken om de voorspellingen te controleren op de nauwkeurigheid. We maken op dit moment gebruik

van twee manieren de MAE en de MPE. De MAE geeft de gemiddelde kwadratische fout en de MPE geeft de gemiddelde relatieve fout. Een samenvatting van de resultaten van de verschillende voorspellingsmodellen is opgenomen in tabel 4.1.

Tabel 4.1

		f(t+2)	f(t+12)	f(t+26)	f(t+2)	f(t+12)	f(t+26)
		MAE	MAE	MAE	MPE	MPE	MPE
Naive	274	22,449	31,415	33,220	0,23672	0,29783	0,31567
	weken						
	117	13,140	16,372	19,766	0,19515	0,22578	0,25868
	weken						
Moving Average	274	16,103	15,583	17,131	0,217973	0,22077	0,231538
	weken						
	117	8,6576	9,8849	10,765	0,165468	0,18784	0,189989
	weken						
Exponential smoothing	274	16,133	15,537	16,794	0,22169	0,21937	0,23077
	weken						
	117	8,8008	9,4286	10,576	0,17528	0,17950	0,19728
	weken						
Exponential smoothing with linear trend	274	16,133	15,537	16,794	0,22169	0,21937	0,23077
	weken						
	117	8,8008	9,4286	10,576	0,17528	0,17950	0,19728
	weken						
Winter's Method	274	16,512	16,581	16,713	0,22570	0,22804	0,22896
	weken						
	117	9,7993	10,164	10,376	0,18884	0,19486	0,19726
	weken						

Zoals te zien is in de tabel bekijken wij de fout over twee verschillende periodes, van week één van 2009 tot en met week dertien van 2014 en van week één van 2012 tot en met week dertien van 2014. Deze keuze is gemaakt omdat na 2012 de data een vele male minder grote aan variantie laat zien dan voor die periode. Dit kan veroorzaakt worden doordat vanaf dat moment het JBZ op de nieuwe locatie is gevestigd. Om die reden zijn de data van na 2012 het meest representatief voor de huidige situatie in het Borstcentrum JBZ.

In tabel 4.1 zijn de beste waarden rood gekleurd. Hierbij valt op dat ondanks dat de waardes (ofwel de fout) bij de twee verschillende periodes sterk verschilt, de waardes wel dezelfde keuze maken als beste voorspellingsmodel. De tijdshorizonnen kiezen wel voor verschillende optimale modellen, maar de MAE en de MPE zijn hier wel consequent in. Hierop moet echter wel de uitzondering worden gemaakt voor de waarde van de MPE in het geval van de tijdshorizon van 26 weken.

Ten slotte dienen wij nog een kanttekening te maken bij Winter's Method. Omdat de seizoensfactor maar eens per jaar bepaald kan worden zijn er maar zes perioden geweest om deze factor door te laten bepalen, hierdoor zal deze waarschijnlijk nog niet stabiel zijn. Wanneer dit wel het geval is zou dit nog verdere verbetering kunnen opleveren maar daar kunnen wij nu geen harde bewijzen voor aanleveren.

4.3.1.2 – *Statistisch verschil*

Om een definitief oordeel te kunnen geven of een voorspellingsmodel beter is in deze situatie dan een ander zullen wij hiervoor een statistische test moeten uitvoeren. Wij vergelijken hierbij het verschil tussen de beste waardes en de op-een-na beste waarde. In dit geval gaat het in elk van de tijdshorizonnen en bij zowel de MPE als de MAE om Exponential Smoothing en Moving Average.

Voor deze statistische test maken wij gebruik van de T-test onder een alfa van 0,10. Wij zullen beginnen met de vergelijking van de MPE waarden. Bij de tijdshorizon van twee weken is voor zowel de 274 als de 117 weken aangetoond dat Moving Average met een zekerheid van 0,9 beter is dan Exponential Smoothing. Bij de tijdshorizon van 12 weken kunnen wij alleen zeggen over 117 weken dat Exponential Smoothing beter is met een zekerheid van 0,9. Over de 274 weken kunnen wij vanuit de statistiek geen uitspraken doen. Ten slotte voor de tijdshorizon van 26 weken, is er wederom geen uitspraak over de

274 weken, maar kan men wel zeggen dat met een zekerheid van 0,9, Moving Average in het geval van 117 weken beter is.

Wanneer we de MAE waarden gaan vergelijken blijkt dat we in geen van de gevallen met een zekerheid van 0,9 kunnen zeggen dat een van beide beter is dan de ander. Behalve in het geval van de tijdhorizon van twaalf weken bij de 117 weken. Hier kunnen wij wel stellen dat Moving Average beter is. De statistische testen staan in appendix E.

4.3.2 – Vergelijking met de huidige methode

De theorie is gebaseerd op jaren onderzoek, dit is echt geen garantie dat het een verbetering is van de huidige praktijk zoals deze nu is in het Borstcentrum JBZ. Daarom zullen wij de optimale waarden van de theorie vergelijken met de waarden die voortkomen uit de huidige methode. In tabel 4.2 staat een overzicht van de resultaten.

Tabel 4.2

		Oude Methode	Nieuw f(t+2)	Nieuw f(t+12)	Nieuw f(t+26)
MAE	117 weken	9,5443	8,6576	9,4286	10,576
	274 weken	16,594	16,126	15,537	16,794
MPE	117 weken	0,18579	0,16547	0,17950	0,19728
	274 weken	0,22221	0,21808	0,21937	0,23077

In de tabel kunnen we al snel zien dat bij een voorspelling van 26 weken vooruit er geen voordeel wordt behaald boven de oude methode. De andere twee tijdshorizonten geven wel een verschil. Om te kijken in hoeverre wij hier statistische zekerheid over hebben

voeren wij dezelfde statistische test uit als in de vorige sub-paragraaf. Bij de nieuwe methode van twee weken vooruit kan in geen van de gevallen aangetoond worden dat de nieuwe methode statistisch beter is, behalve bij de MPE 117 weken. In het geval van een tijdshorizon van twaalf weken kan een verbetering ook niet statistisch worden aangetoond behalve in het geval van de MAE 274 weken, daar kan men stellen dat er zich, met een zekerheid van 0,9 een verbetering heeft opgetreden.

4.4 – Conclusie

Tussen de verschillende tijdreeksmodellen zit weinig verschil wat betreft de resultaten. Voornamelijk tussen de twee beste opties, moving average en exponential smoothing zit weinig verschil. Dit is ook te verwachten, de alfa bij exponential smoothing is dermate laag dat dat voorspellingsmodel erg dicht bij het moving average komt. Daar komt bij dat het aantal periodes waarover moving average zijn gemiddeldes neemt erg groot is. Ten slotte bestaat er nog de mogelijkheid dat winter's method toch beter is. De seizoensfactor heeft namelijk maar zes periodes de mogelijkheid gehad om te ontwikkelen, het is dus goed mogelijk dat dit voorspellingsmodel beter wordt wanneer deze seizoensfactoren beter worden.

Wij kunnen echter niet concluderen dat deze methoden een sterke verbetering oplevert ten opzichte van de huidige werkwijze. Waar het al mogelijk was om een statistische verbetering aan te tonen was deze zeer minimaal.

Hoofdstuk 5 – Causaal model voor de patiënten bevolkingsonderzoek

Het tweede onderdeel van het voorspellingsmodel vormt te groep patiënten die via het bevolkingsonderzoek binnenkomt. Hiervoor maken wij gebruik van een causaal voorspellingsmodel. Wij zullen wederom de stappen van Eagle & Brown doorlopen. In paragraaf 5.1 zal het wederom gaan om de data collectie. In paragraaf 5.2 zullen wij zowel natuurlijke als onnatuurlijke regressie bespreken. Paragraaf 5.3 besteden wij vervolgens aan de nauwkeurigheid. De conclusie staat beschreven in paragraaf 5.4.

5.1 – Stap 2, Eagle & Brown: Data collectie

In dit geval maken wij gebruik van een causaal model. Omdat wij hierbij zoeken naar correcte waarden voor de parameters, is het ook in dit geval van belang dat wij een grote hoeveelheid aan historische data hebben die een afdoende beeld geven van de situatie zoals deze is bij het Borstcentrum JBZ. Omdat wederom het eerste specialisme van het Borstcentrum JBZ de radiologie is en het Borstcentrum JBZ zelf geen gedetailleerde gegevens over patiënten aankomsten bij de radiologie heeft, moeten wij de algemene data van de radiologie gebruiken. De data die de radiologie bijhoudt, is echter zeer divers en omvat alle onderdelen van de radiologie zelf. Daarom moeten wij de data die benodigd is voor het correct bepalen van de parameters voor het causale model uit deze grote hoeveelheid aan data extraheren

Voor het causale model willen wij weten hoeveel patiënten we wanneer kunnen verwachten. Hiervoor willen wij dus wederom het boekingsmoment weten van alle patiënten die via het bevolkingsonderzoek door gaan naar het Jeroen Bosch ziekenhuis. Bij de radiologie hebben patiënten die via het bevolkingsonderzoek binnekomen een aparte code voor het eerste onderzoek. Deze aparte code is echter pas voor het eerst eind 2012 in gebruik genomen. Dit betekent dat voor dit onderdeel de hoeveelheid aan data erg klein is. Omdat de cyclus van een bus van het bevolkingsonderzoek twee jaar duurt, hebben wij niet de data voor een volledige cyclus.

Vervolgens moeten wij deze boekingstijden nog omzetten naar bruikbare cijfers voor het causaal model. Hiervoor maken wij gebruik van het zelfde systeem als wij gebruiken bij het tijdreeksmodel uit hoofdstuk 4. Om dezelfde reden als daar zijn genoemd en omdat dit voor het sommeren van de verwachting het meest praktisch is.

5.2 – Stap 3 & 4, Eagle & Brown: Voorspellingsmodelkeuze

In stap drie en vier passen wij twee verschillende benaderingen op een causaal model toe op de data van het Borstcentrum JBZ. De uitwerking van deze twee modellen geven wij in de komende paragrafen. Hierbij staat de natuurlijke regressie in 5.2.1 en de onnatuurlijke regressie in 5.2.2.

5.2.1 – Natuurlijke Regressie

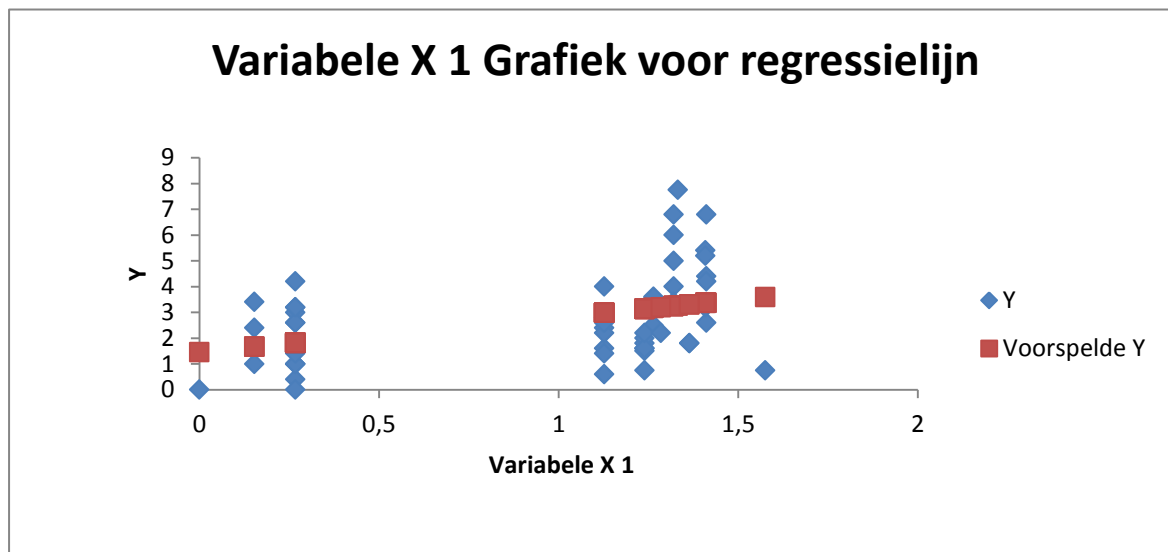
Een van de mogelijkheden om dit probleem aan te pakken is om gebruik te maken van de natuurlijke regressie. Hierbij gaan we opzoek naar de waarde van een parameter die samen met de variabelen die bepaald wordt door de positie van de bus een zo correct mogelijke voorspelling geeft. Wij doen dit aan de hand van de onderstaande formule.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m$$

De waarde van de variabele die de positie van de bus voorstelt is van essentieel belang. We kunnen immers niet de parameter vermenigvuldigen met een plaatsnaam. Om deze waarde te bepalen kijken wij wat de afstand is van de positie van de bevolkingsonderzoeksbus tot het JBZ. Dit hebben wij vervolgens afgezet tegen de afstand van de bevolkingsonderzoeksbus tot het andere dichtstbijzijnde ziekenhuis dat niet het JBZ is. Vervolgens is er bepaald aan de hand van deze twee afstanden wat de fractie is van de patiënten die naar het Borstcentrum JBZ zal gaan. Hierbij maken wij een aantal aannames. Wij gaan ervanuit dat de afstand tot een ziekenhuis de bepalende factor is voor de patiënt om voor een bepaald ziekenhuis te kiezen, andere factoren zoals kwaliteit en historische voorkeur nemen wij niet mee. Daarnaast maken wij de aanname dat deze afstand tot de positie van de bevolkingsonderzoeksbus representatief is voor de positie van de patiënten die daar uit voortkomen.

Vervolgens moeten wij de parameters bepalen. Omdat wij tot op heden geen gebruik maken van een andere verklarende variabele is het nu de bedoeling om alleen b_1 te bepalen. De meest optimale waarde van b_1 kunnen wij wederom bepalen door middel van de oplosser. Hiervoor hebben we echter enkelen alleen het jaar 2013, het resultaat hiervan is dus nog discutabel. De waarde van b_1 is optimaal voor 2013 bij een waarde van 2,56. Hierbij bepalen wij geen waarde voor b_0 ervan uitgaande dat bij geen

bevolkingsonderzoeksbussen in de buurt van het JBZ er ook geen patiënten zullen zijn, wij noemen deze optie ‘Oplosser’.



Figuur 5.1

Wanneer we b_0 wel meenemen, kunnen we aan de hand van regressie analyse bepalen wat de waardes zijn voor deze twee parameters. Dit geeft voor de parameter b_0 een waarde van 1,456 en voor de waarde van b_1 een waarde van 1,356, deze optie noemen we ‘Regressie’. In figuur 5.1 is de grafiek opgenomen met de regressielijn.

Het moge duidelijk zijn dat voor het jaar 2013 de laatste optie een beter resultaat geeft. Helaas kunnen wij daar geen algemene uitspraak over doen. De waarden van de parameters zijn gebaseerd op een kleine hoeveelheid aan periodes. Hierdoor hebben uitschieters in de data een relatief grote invloed.

Andere invloed hebbende factoren zoals genoemd in hoofdstuk 2, zijn minder aan de orde omdat deze alleen bij snelle verandering enige vorm invloed zullen hebben op de voorspelling van het aantal nieuw binnenkomende patiënten. Echter dit zijn factoren die slechts een zeer langzame verandering kennen. Een ander genoemde factor is de economische staat van de omgeving, maar, zoals eerder vermeld, door het Nederlandse zorgstelsel en de ernst van de aandoening nemen wij deze factor ook niet mee.

Wij zouden ten slotte eventuele de seizoensfactoren zoals bepaald bij Winter’s Method in paragraaf 4.3.5 mee kunnen nemen. Wij vermenigvuldigen dan simpelweg de seizoensfactor van de desbetreffende week met de voorspelling van die desbetreffende week. Wij zullen deze optie vanaf nu “Seizoen’ noemen.

5.2.1 – Logische Regressie

Omdat het bepalen van correcte parameters moeilijk tot nagenoeg onmogelijk is met de huidige hoeveelheid aan historische data, kunnen wij ook op een andere manier de waarden van de parameters bepalen. We kunnen namelijk bepalen hoeveel het verwachte aantal patiënten is dat per week zal worden doorgestuurd.

De input voor deze methode is vele male groter. Voor het bepalen van het verwachte aantal patiënten hebben wij veel gegevens nodig van Bevolkingsonderzoek Zuid en het Bevolkingsonderzoek Oost. Hier hebben wij op het moment nog niet volledige toegang toe. Om er toch voor te zorgen dat het JBZ hier mogelijk in de toekomst mee aan de slag kan nemen wij dit toch op in het verslag.

Voor het bepalen van het aantal patiënten wat doorgestuurd zal worden moeten wij twee dingen weten, hoeveel patiënten worden er onderzocht en hoeveel patiënten worden er vervolgens doorgestuurd voor nader onderzoek. Om te bepalen hoeveel patiënten er onderzocht worden, en dan voornamelijk wanneer wij dit geruime tijd van tevoren willen weten, moeten wij gaan kijken hoeveel patiënten er per week een uitnodiging krijgen. Het aantal uitnodigingen staat niet gelijk aan het aantal onderzoek. Wij zullen dit eerst nog moeten corrigeren door middel van het opkomstpercentage. Om vervolgens te bepalen hoeveel patiënten doorgestuurd worden naar het ziekenhuis voor nader onderzoek, zullen wij het verwachte aantal onderzoeken per week vermenigvuldigen met het percentage doorverwijzingen. Dit resulteert in de volgende formule.

$$\sum_{i=1}^n b_{1i} \times b_{2i} \times b_3 \times x_{1i}$$

Hierbij is b_{1i} het aantal uitnodigingen, b_{2i} het opkomstpercentage in de desbetreffende plaats en b_3 is het algemene doorstuurpercentage. Vervolgens wordt dit vermenigvuldigd met x_{1i} welke de relatieve afstanden zijn zoals gebruikt bij de natuurlijke regressie. Dit sommeren wij over alle bussen die zich in het gebied van JBZ bevinden waarbij n het aantal bussen is en i het fictieve nummer van elke bus.

Wij zouden ten slotte ook hier de eventuele de seizoensfactoren zoals bepaald bij Winter's Method in sub-paragraaf 4.3.5 mee kunnen nemen. Wij vermenigvuldigen dan simpelweg de seizoensfactor van de desbetreffende week met de voorspelling van die

desbetreffende week. De formule verandert dan op de volgende manier waarbij c de seizoensfactor is in week j :

$$\left(\sum_{i=1}^n b_{1i} \times b_{2i} \times b_3 \times x_{1i} \right) * c_j$$

5.3 – Stap 5, Eagle & Brown: Nauwkeurigheid

Wederom is de nauwkeurigheid van het model doorslaggevend in de prestatie. Daarom zullen wij wederom een vergelijking moeten maken tussen de verschillende regressiemethoden op basis van de nauwkeurigheid. In 5.3.1 bekijken wij de verschillen tussen de verschillende regressiemethoden die besproken zijn in 5.2. In 5.3.2 maken wij de vergelijking met de huidige werkwijze. Omdat de statistische gegevens van de fout van de voorspelling van belang zijn bij het maken van een planning, is er een samenvatting van de statistische gegevens opgenomen in Appendix I.

5.3.1 – Vergelijking tussen de regressiemodellen

In de vorige paragraaf hebben wij verschillende regressiemodellen besproken. Het gaat dan om enerzijds om de natuurlijke regressie en de opties die daarbij van toepassing zijn, anderzijds gaat het om de logische regressie. Helaas hebben wij niet de gegevens om de logische regressie uit te kunnen voeren. Dit resulteert er ook in dat het niet mogelijk is voor ons om dit met de natuurlijke regressie te vergelijken.

Omdat we hier niet te maken hebben met voorspellingshorizonnen hoeven wij hier nu geen rekening mee te houden. Daarnaast hebben is de data set ook dermate klein dat er hier ook geen onderscheidt gemaakt hoeft en kan worden, welk deel van de dataset het meest representatief is.

Tabel 1

	Oplosser	Regressie	Seizoen
MAE	2,9365	2,6331	2,5831
MPE	0,65507	0,64859	0,62451

Bij zowel de MAE als de MPE geeft de variant waar de extra seizoenscorrectie is toegevoegd de beste waarde. Omdat de seizoensfactor overgenomen is van de

tijdreeksmodellen, geldt hier dezelfde limitatie als daar het geval was, de waardes zijn slechts op zes periodes gebaseerd. De verwachting is echter dat dit beter wordt bij een toename van het aantal periodes.

Wij voerden hier dezelfde statistische testen uit als is gebeurd in 4.3.1.2. Voor zowel de MAE als de MPE kunnen wij geen uitspraken doen. Naast dat de waarde erg kleine verschillen vertonen, is de dataset ook erg klein waardoor wij niet mogen stellen dat er verschillen zijn.

5.3.2 – Vergelijking nauwkeurigheid met huidige werkwijze

Ondanks dat de werkwijze die op het moment in het Borstcentrum JBZ wordt gebruikt, niet tot een van de voorspellingstheorieën behoort, wil dit nog niet zeggen dat de best fit uit de theorie ook daadwerkelijk een vooruitgang is. Daarom maken wij ook de vergelijking met de huidige methode. Wij vergelijken enkel ‘Seizoen’ ondanks dat er niet aangetoond is dat deze waarden beter zijn dan die van ‘Regressie’. De waarden zijn in Tabel 4 naast elkaar gezet.

Tabel 2

	Huidig	Seizoen
MAE	7,6263	2,5831
MPE	1,5113	0,62451

Gebruik makend van dezelfde statistiek kunnen wij hier wel duidelijk stellen dat beide waarden, dus zowel de MAE als de MPE, een verbetering zijn van de huidige methode.

5.4 – Conclusie

Voor het bepalen van een geschikt causaal model hebben wij relatief weinig data tot onze beschikking. Voor het bepalen van de natuurlijke regressie zijn er slechts 65 weken bekend hierdoor waardoor het bepalen van juiste parameters en het maken van een geschikte keuzen erg lastig is. Uit de data die wij hebben blijkt wel dat wij door middel van regressie analyse in combinatie met de seizoensinvloeden de beste resultaten krijgen. Dit blijft echter discutabel. Voor logische regressie hebben wij verder weinig data, wat

het onmogelijk maakt om daar conclusies uit te trekken. Wel lijkt het potentie te hebben wat het interessant maakt om dit in de toekomst wel mee te nemen. Dit geldt overigens ook voor de natuurlijke regressie, wanneer men hier harde uitspraken over wil doen, zal er meer data over moeten worden verzameld.

Hoofdstuk 6 – Conclusie & aanbevelingen

In paragraaf 6.1 kijken wij naar de conclusies die wij hebben kunnen trekken op grond van de voorgaande hoofdstukken. In paragraaf 6.2 zullen wij kijken wat dit oplevert voor het Borstcentrum JBZ.

6.1 – Conclusie

In de theorie staan veel duidelijke en goed omschreven voorspellingsmodellen, belangrijk daarbij is dat wij op een correcte manier omgaan met deze modellen. Zowel met de modellen zelf, als met het proces dat bij het voorspellen hoort. Een erg praktisch proces is opgesteld door Ozcan, en een uitwerking van de belangrijkste stappen is gedaan door Eagle & Brown.

Wij kunnen concluderen dat, op dit moment, het Borstcentrum JBZ weinig tot geen aandacht besteedt aan het voorspellen zelf. Zij maken wel een planning en gaan daarbij uit van de maximale capaciteit. Daarnaast kijkt men wel naar de positie van de bevolkingsonderzoeksbus maar dit gebeurt op een basale manier. Omdat planningen op verschillende momenten gemaakt moeten worden moeten wij rekeningen met planningshorizonnen van twee, twaalf en 26 weken. Naast de verschillende planningsperspectieven heeft het Borstcentrum JBZ ook patiëntenaankomstgroepen met verschillende karakteristieken wat zijn invloed heeft op het voorspellingsmodel. Dit geeft dat De huisarts patiënten te maken krijgen met een tijdreeksmodel en dat bevolkingsonderzoeksbus patiënten te maken krijgen met een causaal model.

De verschillende tijdreeksmodellen tonen weinig verschil, in de resultaten die ze geven. Wel worden de beste resultaten behaald met moving average en exponential smoothing dat deze resultaten echter beter zijn dan de overige kan niet of maar net statische worden aangetoond. Dat de beste resultaten van de tijdreeksmodellen beter zijn dan de werkwijze die nu wordt gehanteerd in het Borstcentrum JBZ, kan ook maar zelden worden aangetoond wat je doet afvragen of het verstandig is om veranderingen überhaupt door te voeren.

Over het tweede deel, het causale model voor de bevolkingsonderzoeksbus patiënten kunnen wij weinig tot geen harde conclusies trekken. Ja er lijkt potentie te zijn voor verbetering ten opzichte van de huidige methode en over een jaar kan die ook sterk worden aangetoond maar tegelijkertijd zijn de onderlinge verschillen tussen de voorgestelde voorspellingsmodellen klein en is niet zeker welke het optimale

voorspellingsmodel is. Dit is voornamelijk te wijten aan een gebrek aan correcte data en een gebrek aan een voldoende hoeveelheid aan data.

6.2 – Aanbevelingen

Om wederom het proces te volgen zoals beschreven door Eagle en Brown beginnen wij met de data collectie, vervolgens kijken wij naar de voorspellingsmethoden en daarna zullen wij nog een paar aanbevelingen doen ten behoeve van de planning.

6.2.1 – Data

Op moment houdt het borstcentrum JBZ, niet zelf de aankomst van het aantal patiënten bij. Dit betekent dat wij die moeten extraheren uit een bijzondere grote hoeveelheid aan data van de gehele afdeling radiologie. Aangezien dit veel tijd kost en het veel eenvoudiger is om dit direct apart op te slaan, kan het maken van voorspelling daardoor sterk vereenvoudigd worden.

Wanneer er wel een afspraak wordt gemaakt voor patiënten maar deze niet komt opdagen wordt dit uit het systeem gehaald. Wanneer deze afspraak wordt gemaakt, moeten wij dit wel zien als een aankomst van een patiënt in het systeem. Hoe groot dit probleem is, is mij niet helemaal duidelijk, aangezien de meningen bij het Borstcentrum JBZ uiteenlopen en omdat het niet bijgehouden wordt hoe vaak en wanneer dit voorkomt.

Het zelfde geldt voor de bevolkingsonderzoeksbus patiënten. Op het moment wordt er gemonitord wanneer zij aankomen. Dit gebeurt echter pas sinds eind 2012. Om in de toekomst harde uitspraken te kunnen doen over deze groep patiënten moet dit ook in de toekomst zo blijven.

Tot slot kan het voordelig zijn wanneer het Borstcentrum JBZ een nauwere samenwerking aangaat met het Bevolkingsonderzoek. De informatie die het Borstcentrum JBZ tot zijn beschikking heeft, is erg geëlimineerd. Daarnaast heb ik het idee dat de informatie die aanwezig is, ook niet volledig is.

6.2.2 – Voorspellingsmethoden

Bij de huisarts patiënten kan er geen grote verbetering worden gemaakt. Toch kan het geen kwaad om actiever om te gaan met de voorspelling. Hierdoor krijgt de planner een beter beeld wat er precies gebeurt. Daarnaast kunnen de statistische gegevens die in

de bijlage staan helpen bij het bepalen van de minimaal benodigde aantal plaats om de doelstelling te behalen.

Daarnaast is het verstandig om nog verder te kijken naar winter's method. Met de huidige dataset is het nog niet mogelijk om hiervoor een goed en representatief beeld neer te zetten. Aangezien dit voorspellingsmodel wel potentie heeft

Bij het causale voorspellingsmodel zijn wij pas in de eerste fase. Door een gebrek aan data vanuit zowel het Borstcentrum JBZ als het bevolkingsonderzoek kunnen wij hier geen harde uitspraken over verbeterde methode doen. Wel kunnen wij zeggen dat binnen de gegevens die wij hebben het causale voorspellingsmodel een substantiële verbetering teweeg brengt. Deze verbetering kan nog sterker worden wanneer de parameters beter geschat worden en de logische regressie nog wordt uitgevoerd.

6.2.3 – Planning

Het Borstcentrum JBZ heeft op het moment te maken met een erg starre planning. Elk van de verschillende patiëntenaankomstgroepen heeft een apart gedeelte van de planning tot zijn beschikking. Dit terwijl de onderzoeken voor de mammografie voor elke patiënt hetzelfde zijn. Aangezien de patiëntenaankomst zeer verschilt, lijkt het ons handiger om een meer flexibel systeem te hanteren.

Omdat de capaciteit beperkt is, is het niet altijd mogelijk om meer patiënten in bepaalde weken in te plannen. Wanneer je echter, bij voorbaat, rekening houdt met een groter toestroom aan huisarts en bevolkingsonderzoeksbus patiënten, kun je bijvoorbeeld plaats vrijmaken bij de poliklinische patiënten. Voor deze groep is het namelijk minder van belang of zij een de afspraak een week eerder of een week later hebben.

Deze flexibiliteit kunnen wij verder verhogen wanneer wij de poliklinische patiënten geen half jaar van te voren inplannen maar op een veel later tijdstip. Denk hierbij aan de tandarts waarbij je een herinnering krijgt wanneer je weer ongeveer op controle dient te komen. Deze herinnering kan den zo gestuurd worden dat de patiënt terecht komt in de weken met overcapaciteit.

Bibliografie

- Abraham, G., Byrnes, G., & Bain, C. (2009). Short-Term Forecasting of Emergency Inpatient Flow. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 380-388.
- Band, R., Le, N., Fang, R., & Deschamps, M. (2002). Carcinogenic and endocrine disrupting effects of cigarette smoke and risk of cancer . *The Lancet* , 1044-1049.
- Bevolkingsonderzoek Oost. (2014). *Bevolkingsonderzoek borstkanker* . Retrieved from Bevolkingsonderzoek Oost : <http://www.bevolkingsonderzoekoost.nl/borstkanker>
- Bevolkingsonderzoek Zuid . (2014). *Bevolkingsonderzoek borstkanker* . Retrieved from Bevolkingsonderzoek Zuid : <http://www.bevolkingsonderzoekzuid.nl/borstkanker>
- Borstcentrum JBZ. (2014). *Aandacht voor uw zorg*. Retrieved from Borstcentrum JBZ: <http://www.borstcentrumjbz.nl/borstcentrum-jbz/borstcentrum-jbz.html>
- Borstcentrum JBZ. (2014). *Specialismen*. Retrieved from Borstcentrum JBZ: <http://www.borstcentrumjbz.nl/borstcentrum-jbz/specialismen.html>
- Borstkankervereniging Nederland . (2014, april 1). *Borstkankervereniging nederland* . Retrieved from Risicofactoren : http://www.borstkanker.nl/wat_is_borstkanker_risicofactoren
- Claudio, D., Miller, A., & Huggins, A. (2014). Time series forecasting in an outpatient cancer clinic using commonday clustering . *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering* , 16-26.
- Engle, R., & Brown, S. (1986). Model Selection for Forecasting . *Applied Math. Comput.*, 313-327.
- Heroman, W., Davis, C., & Farmer, K. (2012). Demand Forecasting and Capacity Mangement in Primary Care . *American college of Physician Executives* .
- Hopp, W., & Spearman, M. (2000). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Managment*. New York: McGraw Hill.
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2012, juli). *Locatie Nieuwkuijk*. Retrieved from Patientenfolder : <http://jeroenboschziekenhuis.org/website/patientenfolders/POL/POL-009%20Locatie%20Nieuwkuijk.pdf>
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2014). *Beleid*. Retrieved from Jeroen Bosch Ziekenhuis: <http://www.jbz.nl/Publicaties/105781/Over-JBZ-Beleid>
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2014, Maart). *Locatie Boxtel*. Retrieved from Patientenfolders : <http://www.jeroenboschziekenhuis.nl/Website/Patientenfolders/POL/POL-306%20Locatie%20Boxtel.pdf>
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2014, Januari). *Locatie Rosmalen* . Retrieved from Patientenfolders : <https://www.jeroenboschziekenhuis.nl/Website/Patientenfolders/POL/POL-305%20Locatie%20Rosmalen.pdf>

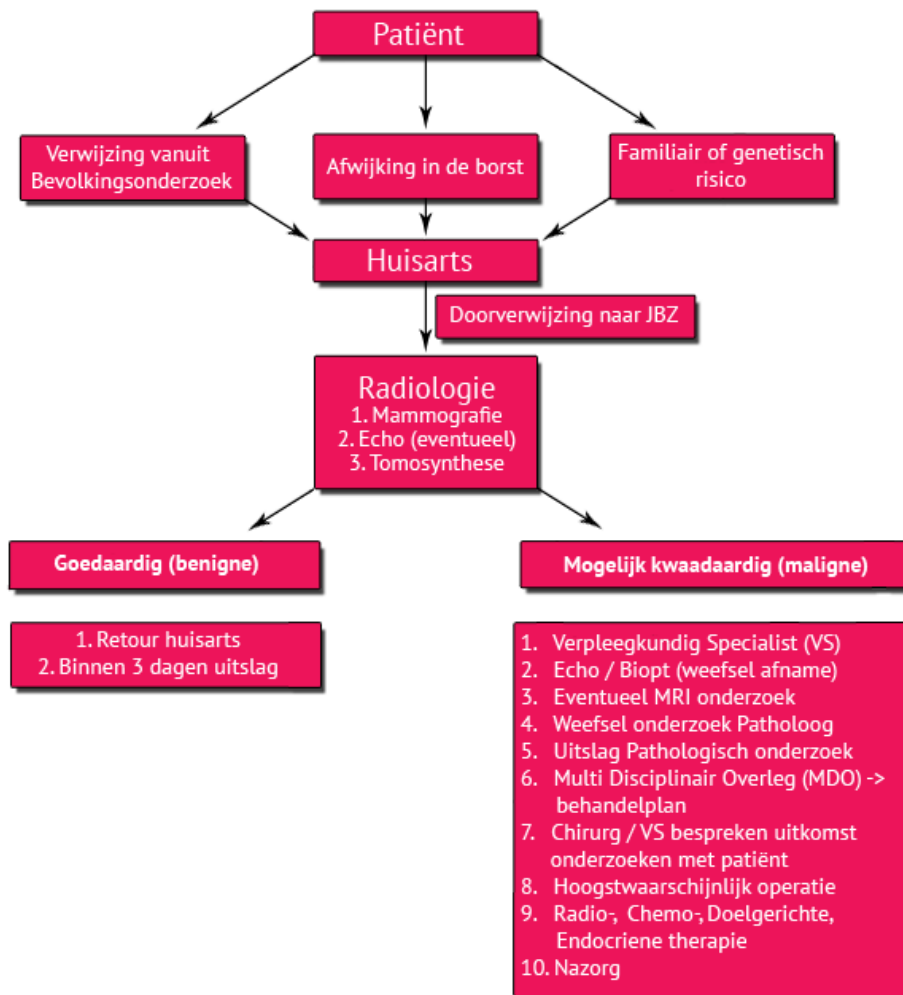
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2014, april). *Locatie Zaltbommel*. Retrieved from Patientenfolders : <https://www.jeroenboschziekenhuis.nl/Website/Patientenfolders/POL/POL-007%20Locatie%20Zaltbommel.pdf>
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2014). *Over JBZ*. Retrieved from Jeroen Bosch Ziekenhuis: <http://www.jbz.nl/Publicaties/100084/Overige-top-navigatie-Over-JBZ>
- Jeroen Bosch Ziekenhuis. (2014). *Samenwerking*. Retrieved from Jeroen Bosch Ziekenhuis: <http://www.jbz.nl/Publicaties/118944/Overige-top-navigatie-Over-JBZ-Samenwerking>
- Klatsky, A., Udaltsova, N., Li, Y., Baer, D., & Tran, N. F. (2014). Moderate alcohol intake and cancer: the role of underreporting . *Cancer causes & Control* .
- Laamiri, F., Otmani, A., Ahid, S., & Barkat, A. (2013). Lipid profile among Moroccan overweight women and breast cancer: a case-control study. *International Journal of General Medicine* , 439-445.
- Lawrence, M., Edmundson, R., O'Connor, M., & Onkal, D. (2006). Judgmental forecasting: A review of progress over the last 25 years. *International Journal of forecasting* , 493-518.
- Ozcan, Y. (2009). *Quantitative Methods in Health Care Management: Techniques and Applications* . Hoboken : John Wiley and Sons Ltd .
- Pfeffer, J., & Sutton, R. (2006). Evidence-based management . *Harvard Business Review* , 1-12.
- Rijksoverheid. (2014). *Wat zit er in het basispakket van de zorgverzekering?* Retrieved from Rijksoverheid: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/zorgverzekering/vraag-en-antwoord/wat-zit-er-in-het-basispakket-van-de-zorgverzekering.html>
- Robinson, S. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. Hoboken, USA: John Wiley & Sons Inc .
- Saffo, P. (2007). Six Rules for Effective Forecasting . *Harvard Business Review* .
- Sekri, N., Chisholm, R., Longhi, A., Evans, P., Rilling, M., Wilson, E., & Madrid, Y. (2006). Principles for Forecasting Demand for Global Health Products .
- Siefert, M., & Hadida, A. (2013). On the relative importance of linear model and human judge(s) in combined forecasting . *Organisational Behavior and Human Decision Processes* , 24-36.
- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* . Hoboken : John Wiley & Sons .
- Stichting Topklinische Ziekenhuizen . (2014, april 24). *Over STZ*. Retrieved from STZ ziekenhuizen : <http://www.stz.nl/pagina/9-over-stz.html>
- White, A. (2012). Factors Influencing Demand for Dental Services: Population, Demographics, Disease, Insurance . *Journal of Dental Education* , 996-1007.

Xie, G., Wang, S., & Lai, K. (2014). Short-term forecasting of air passenger by using hybrid seasonal decomposition and least square vector regression approaches . *Journal of Air Transport Managment* , 20-26.

Appendices

Appendix A, Zorgproces

Zorgproces (Borstcentrum JBZ, 2014)



Appendix B, Voorspellingsprincipes

Voorspellingsprincipes (Sekri, et al., 2006)

1. **Customer Focused Principles** which identify how to ensure that the forecast will meet the needs of its customers and have the greatest impact on the decisions it is intended to inform.

- *Identify the principal customers/decision makers of the forecast and clearly understand their needs.*
- *Understand and clearly communicate the purpose of the forecast and the decisions that it will affect.*

- *Create a forecasting process that is independent of planning and target setting.*
 - *Protect the forecasting process from political interference and ensure it is transparent.*
2. **Process and Context Focused Principles** which identify how to create a credible forecasting process and to develop, present, and understand the forecast in relation to the overall market situation and public policy environment.
- *Embed the forecast into the broader environment taking into account market conditions, public policy, competitive forces, regulatory changes, health program guidelines.*
 - *Create a dynamic forecasting process that continually incorporates and reflects changes in the market, public policy and health program capabilities.*
3. **Methodology and Data Focused Principles** which identify how to select the right methods for the nature of the forecast being developed and effectively incorporate qualitative and quantitative information. These principles do not cover the specific method to use in each situation, the statistical nature of certain methodologies or specific data requirements.
- *Choose the methodologies most appropriate to the data and market environment. Obtain customers/decision makers' agreement on the methodologies.*
 - *Keep the methodologies simple and appropriate to the situation. Don't introduce too much complexity, but include sufficient detail to address the level of investment risk and accuracy required.*
 - *Make forecast assumptions clear and explicit.*
 - *Understand data and their limitations. Use creativity and intelligence in gathering and introducing data into forecasts.*

Appendix C, Planning mammografie

Planning mammografie per kamer (Borstcentrum JBZ, 2014)

Systeemplanning Categorie E en X

JMA1	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	zaterdag
08:00	Kwaliteit	Kwaliteit	Kwaliteit	Kwaliteit	Kwaliteit	Dicht
08:05						Dicht
08:10						Dicht
08:15	E/X Spoed	E/X Spoed	E/X Spoed	E/X Spoed	E/X Spoed	Dicht
08:20						Dicht
08:25						Dicht
08:30						Dicht

08:35	E/X Spoed	E/X Spoed	E/X Spoed	E/X Spoed	E/X Spoed	Dicht
08:40						Dicht
08:45						Dicht
08:50						Dicht
08:55	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
09:00						Dicht
09:05						Dicht
09:10						Dicht
09:15	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
09:20						Dicht
09:25						Dicht
09:30						Dicht
09:35	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
09:40						Dicht
09:45						Dicht
09:50						Dicht
09:55	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
10:00						Dicht
10:05						Dicht
10:10						Dicht
10:15	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
10:20						Dicht
10:25						Dicht
10:30	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
10:35						Dicht
10:40						Dicht
10:45	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
10:50						Dicht
10:55						Dicht
11:00						Dicht
11:05	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
11:10						Dicht
11:15						Dicht
11:20						Dicht
11:25	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
11:30						Dicht
11:35						Dicht
11:40						Dicht
11:45	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
11:50						Dicht
11:55						Dicht
12:00						Dicht
12:05	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
12:10						Dicht
12:15						Dicht
12:20						Dicht
12:25						Dicht
12:30	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
12:35						Dicht
12:40						Dicht
12:45	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
12:50						Dicht

Bacheloropdracht Technische Bedrijfskunde

12:55						Dicht
13:00	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
13:05						Dicht
13:10						Dicht
13:15	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
13:20						Dicht
13:25						Dicht
13:30						Dicht
13:35	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
13:40						Dicht
13:45						Dicht
13:50						Dicht
13:55	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
14:00						Dicht
14:05						Dicht
14:10						Dicht
14:15	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
14:20						Dicht
14:25						Dicht
14:30						Dicht
14:35	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
14:40						Dicht
14:45						Dicht
14:50						Dicht
14:55	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
15:00						Dicht
15:05						Dicht
15:10						Dicht
15:15	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
15:20						Dicht
15:25						Dicht
15:30	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
15:35						Dicht
15:40						Dicht
15:45						Dicht
15:50	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
15:55						Dicht
16:00						Dicht
16:05						Dicht
16:10	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
16:15						Dicht
16:20						Dicht
16:25						Dicht
16:30	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
16:35						Dicht
16:40						Dicht
16:45	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht
16:50						Dicht
16:55						Dicht
17:00	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht
17:05						Dicht
17:10						Dicht

17:15	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Systeemplanning Categorie E, X, P en K

JMA2	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	zaterdag
08:00	Kwaliteit	Kwaliteit	Kwaliteit	Kwaliteit	Kwaliteit	Dicht
08:05						Dicht
08:10						Dicht
08:15						Dicht
08:20	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	Dicht
08:25						Dicht
08:30						Dicht
08:35						Dicht
08:40	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	Dicht
08:45						Dicht
08:50						Dicht
08:55						Dicht
09:00	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	Dicht
09:05						Dicht
09:10						Dicht
09:15						Dicht
09:20	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	Dicht
09:25						Dicht
09:30						Dicht
09:35						Dicht
09:40	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	E/X, BOBZ	Dicht
09:45						Dicht
09:50						Dicht
09:55						Dicht
10:00	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
10:05						Dicht
10:10						Dicht
10:15	pauze	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
10:20						Dicht
10:25						Dicht
10:30	Pause	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
10:35						Dicht
10:40						Dicht
10:45	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
10:50						Dicht
10:55						Dicht
11:00						Dicht
11:05	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
11:10						Dicht
11:15						Dicht
11:20						Dicht
11:25	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
11:30						Dicht
11:35						Dicht
11:40						Dicht
11:45	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht

Bacheloropdracht Technische Bedrijfskunde

11:50						Dicht
11:55						Dicht
12:00						Dicht
12:05	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
12:10						Dicht
12:15						Dicht
12:20						Dicht
12:25						Dicht
12:30	Pause	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
12:35						Dicht
12:40						Dicht
12:45	Pause	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
12:50						Dicht
12:55						Dicht
13:00	Pause	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
13:05						Dicht
13:10						Dicht
13:15	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
13:20						Dicht
13:25						Dicht
13:30						Dicht
13:35	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
13:40						Dicht
13:45						Dicht
13:50						Dicht
13:55	E/X	E/X	E/X	E/X	E/X	Dicht
14:00						Dicht
14:05						Dicht
14:10						Dicht
14:15	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
14:20						Dicht
14:25						Dicht
14:30						Dicht
14:35	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
14:40						Dicht
14:45						Dicht
14:50						Dicht
14:55	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
15:00						Dicht
15:05						Dicht
15:10						Dicht
15:15	Pause	pauze	pauze	pauze	pauze	Dicht
15:20						Dicht
15:25						Dicht
15:30	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
15:35						Dicht
15:40						Dicht
15:45						Dicht
15:50	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
15:55						Dicht
16:00						Dicht
16:05						Dicht

16:10	P/K	P/K	P/K	P/K	P/K	Dicht
16:15						Dicht
16:20						Dicht
16:25						Dicht
16:30	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Uitloop	Dicht
16:35						Dicht
16:40						Dicht
16:45	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht
16:50						Dicht
16:55						Dicht
17:00	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht
17:05						Dicht
17:10						Dicht
17:15	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht	Dicht

Appendix D, Bevolkingsonderzoeksplanning

Bevolkingsonderzoeksplanning (Borstcentrum JBZ, 2014), tweejaarlijkse cyclus

BOBZ	datum	aantal dagen
den bosch zuid	19.12.13 tot 20.3.14	77
Heusden	21.3.14 tot 8.4.14	10
Waalwijk	9.4.14 tot 16.7.14	62
Drunen	17.7.14 tot 18.9.14	41
Rosmalen	19.9.14 tot 18.12.14	63
Vught	19.12.14 tot 9.3.15	49
Aalburg	10.3.15 tot 9.4.15	19
Vlijmen	10.4.15 tot 11.6.15	37
den bosch west	12.6.15 tot 13.8.15	41
st mchielsgestel	24.1.14 tot 4.3.14	28
Den Dungen	5.3.14 tot 21.3.14	13
Berlicum	25.3.14 tot 23.4.14	21
Boxtel	24.4.2014 tot 14.7.14	52
Liempde	15.7.2014 tot 29.7.14	11
Best	30.7.2014 tot 24.10.2014	59
Schijndel	27.10.14 tot 15.1.15	52
Nuland	16.1.15 tot 20.2.15	25
Haaren	23.2.15 tot 25.3.15	18
Helvoirt	26.3.15 tot 15.4.15	13
St Oedenrode	16.4.15 tot 18.6.15	41
Breugel	19.6.15 tot 11.8.15	35
Erp	12.8.15 tot 1.9.15	15
Veghel	2.9.15 tot 2.12.15	63
Uden	7.1.2014 tot 30.5.2014	94
Heesch	2.6.2014 tot 8.7.2014	25
Nistelrode	9.7.2014 tot 5.8.2014	15
Heeswijk Dinther	6.8.2014 tot 29.8.2014	18

Appendix E, Statistische testen optima tijdreeksmodellen

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MAE bij een voorspelling twee weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 274 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	16,11444603	16,12553714
Variantie	995,4850576	956,2923608
Waarnemingen	274	274
Pearson-correlatie	0,988056508	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	273	
	-	
T- statistische gegevens	0,037711817	
P(T<=t) eenzijdig	0,484972508	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284660281	
P(T<=t) tweezijdig	0,969945016	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650454303	

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	8,800780847	8,6575767
Variantie	157,8444642	165,9900158
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,949676909	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
T- statistische gegevens	0,382569734	
P(T<=t) eenzijdig	0,351369442	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,702738883	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MAE bij een voorspelling twaalf weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 270 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
--	--------------------	--------------------

Gemiddelde	15,62263646	15,58312178
Variantie	763,2298058	807,1706501
Waarnemingen	270	270
Pearson-correlatie	0,986472127	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	269	
T- statistische gegevens	0,138901652	
P(T<=t) eenzijdig	0,444815897	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284706624	
P(T<=t) tweezijdig	0,889631795	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650537873	

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	9,428606539	9,884941077
Variantie	190,4247265	191,3893888
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,976413988	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
T- statistische gegevens	-1,64472895	
P(T<=t) eenzijdig	0,051366529	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,102733059	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MAE bij een voorspelling 26 weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 274 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	16,74724659	17,127957
Variantie	972,2433817	1047,753635
Waarnemingen	274	274
Pearson-correlatie	0,973477293	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	273	
T- statistische gegevens	0,850130292	
P(T<=t) eenzijdig	0,197998802	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284660281	
P(T<=t) tweezijdig	0,395997605	

Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig 1,650454303

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	10,57606306	10,76546072
Variantie	214,6536638	239,2946627
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,94741028	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
	-	
T- statistische gegevens	0,413829744	
P(T<=t) eenzijdig	0,339881462	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,679762923	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MPE bij een voorspelling twee weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 274 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,221517445	0,21808271
Variantie	0,075500557	0,077250829
Waarnemingen	274	274
Pearson-correlatie	0,98818805	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	273	
T- statistische gegevens	1,334829619	
P(T<=t) eenzijdig	0,091522115	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284660281	
P(T<=t) tweezijdig	0,183044229	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650454303	

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,175284936	0,165468172
Variantie	0,032497133	0,031138984
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,968690607	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	

Vrijheidsgraden	116
T- statistische gegevens	2,370539464
P(T<=t) eenzijdig	0,009705651
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302
P(T<=t) tweezijdig	0,019411302
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MPE bij een voorspelling twaalf weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 270 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,220378991	0,220770233
Variantie	0,064646443	0,063232095
Waarnemingen	270	270
Pearson-correlatie	0,987781685	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	269	
	-	
T- statistische gegevens	0,162237613	
P(T<=t) eenzijdig	0,43562027	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284706624	
P(T<=t) tweezijdig	0,871240539	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650537873	

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,17950351	0,18783903
Variantie	0,033169322	0,034033105
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,981226756	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
	-	
T- statistische gegevens	2,532957493	
P(T<=t) eenzijdig	0,006322932	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,012645863	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MPE bij een voorspelling 26 weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 274 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,230302809	0,231456318
Variantie	0,071351623	0,081089851
Waarnemingen	274	274
Pearson-correlatie	0,978137845	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	273	
	-	
T- statistische gegevens	0,316598741	
P(T<=t) eenzijdig	0,375895022	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284660281	
P(T<=t) tweezijdig	0,751790044	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650454303	

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,197284608	0,189988989
Variantie	0,037371749	0,03740958
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,965860462	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
T- statistische gegevens	1,561812576	
P(T<=t) eenzijdig	0,060528131	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,121056262	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Appendix F, Statistische testen optimum tijdreeksmodellen & huidige werkwijze

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MAE bij een voorspelling twee weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 274 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	16,12553714	16,59380747
Variantie	956,2923608	958,9009058
Waarnemingen	274	274
Pearson-correlatie	0,939873213	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	

Vrijheidsgraden	273
	-
T- statistische gegevens	0,722318054
P(T<=t) eenzijdig	0,235358616
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284660281
P(T<=t) tweezijdig	0,470717232
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650454303

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	8,6575767	9,544250815
Variantie	165,9900158	165,6612413
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,789322399	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
	-	
T- statistische gegevens	1,147378096	
P(T<=t) eenzijdig	0,126793162	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,253586325	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van de MAE bij een voorspelling twaalf weken vooruit bij een vergelijkingshorizon van 274 weken en bij 117 weken.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,21808271	0,22221443
Variantie	0,077250829	0,059809938
Waarnemingen	274	274
Pearson-correlatie	0,947055235	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	273	
T- statistische gegevens	-0,750165667	
P(T<=t) eenzijdig	0,226900477	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,284660281	
P(T<=t) tweezijdig	0,453800953	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,650454303	

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,165468172	0,185789635

Variantie	0,031138984	0,035503068
Waarnemingen	117	117
Pearson-correlatie	0,876097101	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	116	
	-	
T- statistische gegevens	2,400833332	
P(T<=t) eenzijdig	0,008973721	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,288892302	
P(T<=t) tweezijdig	0,017947441	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,658095744	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van MPE voor de tijdshorizon van 117 en 274 weken bij een tweeweekse tijdshorizon.

T-toets: twee steekproeven met ongelijke varianties

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,165468172	0,179070785
Variantie	0,031138984	0,028640775
Waarnemingen	117	117
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	232	
	-	
T- statistische gegevens	0,601780589	
P(T<=t) eenzijdig	0,273953907	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,285211265	
P(T<=t) tweezijdig	0,547907814	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,651448062	

T-toets: twee steekproeven met ongelijke varianties

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,21808271	0,22026269
Variantie	0,077250829	0,057486044
Waarnemingen	274	274
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	534	
	-	
T- statistische gegevens	0,098307037	
P(T<=t) eenzijdig	0,46086269	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,283138934	
P(T<=t) tweezijdig	0,92172538	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,647712114	

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van MPE voor de tijdshorizon van 117 en 274 weken bij een tijdshorizon van twaalf weken.

T-toets: twee steekproeven met ongelijke varianties

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,17950351	0,179070785
Variantie	0,033169322	0,028640775
Waarnemingen	117	117
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	231	
T- statistische gegevens	0,01882677	
P(T<=t) eenzijdig	0,492497775	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,285227154	
P(T<=t) tweezijdig	0,984995549	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,651476725	

T-toets: twee steekproeven met ongelijke varianties

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,219470423	0,22026269
Variantie	0,063865703	0,057486044
Waarnemingen	274	274
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	544	
	-	
T- statistische gegevens	0,037646399	
P(T<=t) eenzijdig	0,484991712	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,283109718	
P(T<=t) tweezijdig	0,969983423	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,647659478	

Appendix G, Statistische testen optima causale modellen

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van MAE voor het beste en een-na-beste causale model.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele 1</i>	<i>Variabele 2</i>
Gemiddelde	0,624513704	0,648587542
Variantie	0,619121649	0,713744656
Waarnemingen	62	62
Pearson-correlatie	0,985928866	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	

Vrijheidsgraden	61
	-
T- statistische gegevens	1,275951172
P(T<=t) eenzijdig	0,103404981
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,295584571
P(T<=t) tweezijdig	0,206809961
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,670219484

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	Variabele 1	Variabele 2
Gemiddelde	2,583095782	2,633112895
Variantie	13,45036644	12,2460927
Waarnemingen	65	65
Pearson-correlatie	0,981979042	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	64	
	-	
T- statistische gegevens	0,575602455	
P(T<=t) eenzijdig	0,283451183	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,29491982	
P(T<=t) tweezijdig	0,566902366	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,669013025	

Appendix H, Statistische testen optimum causale modellen & huidige werkwijze

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van MAE voor het causale model en de huidige werkwijze.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	Variabele 1	Variabele 2
Gemiddelde	2,583095782	7,626269
Variantie	13,45036644	45,50255
Waarnemingen	65	65
	-	
Pearson-correlatie	0,039277336	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	64	
T- statistische gegevens	-5,21032926	
P(T<=t) eenzijdig	1,07324E-06	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,29491982	
P(T<=t) tweezijdig	2,14648E-06	

Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig

1,669013025

Toets naar statistisch verschil tussen de uitkomsten van MAE voor het causale model en de huidige werkwijze.

T-toets: twee gepaarde steekproeven voor gemiddelden

	<i>Variabele</i>	
	<i>Variabele 1</i>	<i>2</i>
Gemiddelde	0,624513704	1,511341
Variantie	0,619121649	3,994618
Waarnemingen	62	62
Pearson-correlatie	0,87125688	
Schatting van verschil tussen gemiddelden	0	
Vrijheidsgraden	61	
T- statistische gegevens	-5,10173337	
P(T<=t) eenzijdig	1,76471E-06	
Kritiek gebied van T-toets: eenzijdig	1,295584571	
P(T<=t) tweezijdig	3,52943E-06	
Kritiek gebied van T-toets: tweezijdig	1,670219484	

Appendix I, Samenvatting statistische gegevens voorspellingsfout

Samenvatting statistische gegevens voorspellingsfout Causaal voorspellingsmodel.

<i>Fout</i>		<i>Kwadratische fout</i>	
Gemiddelde	-0,24448995	Gemiddelde	2,936531
Standaardfout	0,212012528	Standaardfout	0,458
	-		
Mediaan	0,315104768	Mediaan	1,37957
	-		
Modus	0,315104768	Modus	0,099291
Standaarddeviatie	1,709299646	Standaarddeviatie	3,692512
Steekproefvariantie	2,921705281	Steekproefvariantie	13,63465
	-		
Kurtosis	0,516913264	Kurtosis	4,952551
	-		
Scheefheid	0,191747387	Scheefheid	2,026641
Bereik	7,622845534	Bereik	18,82141
	-		
Minimum	4,338365283	Minimum	0
Maximum	3,284480251	Maximum	18,82141
	-		
Som	15,89184674	Som	190,8745

Aantal	65
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	0,423543714

Aantal	65
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	0,91496

Samenvatting statistische gegevens voorspellingsfout Tijdreeksvoorspellingsmodel.

<i>Fout, 2 weken</i>	
Gemiddelde	2,231855
Standaardfout	0,178026
Mediaan	1,670635
Modus	3,161905
Standaarddeviatie	1,925641
Steekproefvariantie	3,708095
Kurtosis	0,184776
Scheefheid	1,007451
Bereik	7,562698
Minimum	0,045238
Maximum	7,607937
Som	261,127
Aantal	117
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	0,352602

<i>Kwadratische Fout, 2 weken</i>	
Gemiddelde	8,657577
Standaardfout	1,1911
Mediaan	2,791021
Modus	9,997642
Standaarddeviatie	12,88371
Steekproefvariantie	165,99
Kurtosis	3,575642
Scheefheid	2,018571
Bereik	57,87865
Minimum	0,002046
Maximum	57,8807
Som	1012,936
Aantal	117
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	2,359123

<i>Fout, 12 weken</i>	
Gemiddelde	2,403259
Standaardfout	0,177457
Mediaan	1,890417
Modus	#N/B
Standaarddeviatie	1,919491
Steekproefvariantie	3,684445
Kurtosis	0,568645
Scheefheid	1,073575
Bereik	8,534296
Minimum	0,050554
Maximum	8,58485
Som	281,1813
Aantal	117
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	0,351476

<i>Kwadratische Fout, 12 weken</i>	
Gemiddelde	9,428607
Standaardfout	1,275759
Mediaan	3,573675
Modus	#N/B
Standaarddeviatie	13,79945
Steekproefvariantie	190,4247
Kurtosis	5,203575
Scheefheid	2,234949
Bereik	73,6971
Minimum	0,002556
Maximum	73,69966
Som	1103,147
Aantal	117
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	2,526802

<i>Fout, 26 weken</i>	
Gemiddelde	2,4338
Standaardfout	0,165047

<i>Kwadratische Fout, 26 weken</i>	
Gemiddelde	9,083276
Standaardfout	1,08029

Mediaan	2,105213	Mediaan	4,431921
Modus	#N/B	Modus	#N/B
Standaarddeviatie	1,785255	Standaarddeviatie	11,68512
Steekproefvariantie	3,187136	Steekproefvariantie	136,5421
Kurtosis	-0,14812	Kurtosis	3,341828
Scheefheid	0,7866	Scheefheid	1,855272
Bereik	7,542489	Bereik	57,23458
Minimum	0,0229	Minimum	0,000524
Maximum	7,565389	Maximum	57,23511
Som	284,7546	Som	1062,743
Aantal	117	Aantal	117
Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	0,326896	Betrouwbaarheidsniveau(95,0%)	2,139651