

Voorspellen van fluctuaties in patiëntenstromen

UNIVERSITEIT TWENTE.



Universiteit Twente
Management en Bestuur

Gelre Ziekenhuizen
Gelre Apeldoorn

Opleiding: Technische Bedrijfskunde
Begeleider: M.C. van der Heijden

Afdeling: Regiebureau Patiëntenlogistiek
Begeleider: E. Bredenhoff

Auteur
Martijn Kamphorst

5 oktober 2012

“The future is made of the same stuff as the present.”

Simone Weil

Management Samenvatting

Gelre Ziekenhuizen maakt elk jaar een voorspelling voor het aantal bezette bedden per week op de beschouwende afdelingen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde. Deze lange termijn voorspelling is gebaseerd op het feit dat er seizoenspatronen in het aantal bezette bedden zijn ontdekt door het jaar heen. De personeelsplanning van de beschouwende afdeling wordt op deze lange termijn voorspelling afgestemd.

Aanleiding

Het aantal bezette bedden op de beschouwende verpleegafdelingen fluctueert sterk. Om nog beter te kunnen inspelen op deze grote fluctuatie in het aantal bezette bedden, is een voorspelling van het aantal bezette bedden op een korte termijn gewenst (op dagniveau). Gelre Apeldoorn wil met behulp van een korte termijn voorspelling grote pieken of dalen van het aantal bezette bedden op de afdelingen eerder zien aankomen. Wanneer dat zo is, hoeft de personeelsplanning niet meer op het laatste moment gewijzigd te worden, wat tijd en/of geld bespaart.

Probleemstelling

Voor het onderzoek is de volgende probleemstelling opgesteld:

Hoe kan het regiebureau patiëntenlogistiek binnen Gelre Apeldoorn het aantal bezette bedden op de verpleegafdelingen van de specialismen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie voorspellen met behulp van een voorspellingsmodel voor ten minste de komende zeven dagen?

Aanpak

Voor Gelre Apeldoorn is een tijdreeksvoorspellingsmodel en een causaal voorspellingsmodel ontworpen om het aantal bezette bedden op de beschouwende afdelingen te voorspellen. Met behulp van historische gegevens van twee jaar zijn de modellen ontworpen. Vervolgens zijn ze gevalideerd door middel van het maken van een voorspelling van het aantal bezette bedden van een half jaar. Deze voorspellingen zijn vergeleken met het werkelijk aantal bezette bedden in die periode.

Modelontwerp

Als tijdreeksvoorspellingsmodel is het Holt-Winters voorspellingsmodel gekozen om het aantal bezette bedden te voorspellen. Dit is een voorspellingsmodel dat inspeelt op verschillende vraagpatronen met behulp van een trendfactor en een seizoensfactor. Het feit dat dit model gebruikt maakt van een seizoensfactor is de reden dat dit model is gekozen voor Gelre Apeldoorn. Voor Gelre Apeldoorn is er gekozen om seizoensfactoren op te stellen voor de maand in het jaar en voor de dag in de week.

Als causaal voorspellingsmodel is een voorspellingsmodel gekozen die met behulp van het voorspellen van het aantal patiënten dat de afdeling in- en uitstroomt en het aantal patiënten dat op de afdeling ligt het verwachte aantal bezette bedden voorspelt. Het aantal patiënten dat de afdeling instroomt is voorspeld met het Holt-Winters voorspellingsmodel. Het aantal patiënten dat de afdeling uitstroomt is voorspeld met behulp van het bepalen van de verwachte ligduur van patiënten. Deze verwachte ligduur hangt af van het specialisme, de behandelcategorie en de diagnose van de patiënt.

Conclusies

Bij het valideren van de voorspellingsmodellen is gebleken dat het voorspellen van het aantal bezette bedden op korte termijn het beste kan worden voorspeld met het Holt-Winters tijdreeksvoorspellingsmodel. Het voorspellingsmodel is echter niet nauwkeurig genoeg om voldoende inzicht te geven over het aantal bezette bedden in de toekomst. Het voorspellingsmodel kan hierdoor niet als goede input dienen voor de personeelsplanning. Ook kan het voorspellingsmodel niet goed genoeg helpen om opnamestops te voorkomen. Daarom is de aanbeveling gedaan om het voorspellingsmodel niet te implementeren binnen de werkwijze van het regiebureau

Aanbevelingen

In de toekomst kan Gelre Apeldoorn het tijdreeksvoorspellingsmodel met meer gegevens herontwerpen en opnieuw valideren. Dit moet op basis van minimaal zes jaar patiëntgegevens. Na verwachting zijn voorspellingen op dagniveau voor Gelre Apeldoorn niet mogelijk. De fluctuaties in het bezette aantal bedden op dagniveau zijn hiervoor te groot. De voorspellingen die Gelre Apeldoorn op dit moment doet voor de lange termijn geven de beste benadering van het verwachte aantal bezette bedden. De aanbeveling is dan ook dat Gelre Apeldoorn door blijft gaan met deze voorspellingen.

Voorwoord

Voor u liggen de resultaten van mijn bacheloropdracht die ik heb uitgevoerd binnen Gelre Apeldoorn. Dit bachelorverslag geldt als eindscriptie voor de opleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. In de maanden juni, juli en september van 2012 heb ik aan dit verslag gewerkt. Het duurde iets langer dan gepland omdat het genereren van resultaten erg lastig was. Uiteindelijk ben ik blij dat ik na de vakantie nog even bij Gelre Apeldoorn terecht kon om mijn verslag af te ronden.

Graag wil ik Eelco Bredenhoff, manager patiëntenlogistiek van Gelre Apeldoorn, bedanken voor zijn begeleiding binnen Gelre Apeldoorn. Tevens wil ik Matthieu van der Heijden, docent aan de Universiteit Twente, bedanken voor zijn goede feedback en inspirerende gesprekjes op de universiteit.

Ik wens u veel plezier toe met het lezen van het verslag.

Martijn Kamphorst
Apeldoorn, 5 oktober 2012

Inhoud

1. Inleiding	10
1.1 Achtergrond.....	10
1.1.1 Gelre ziekenhuizen	10
1.1.2 Organisatiestructuur	10
2. Plan van aanpak.....	11
2.1 Aanleiding	11
2.2 Doel	11
2.2.1 Probleemstelling.....	11
2.3 Onderzoeksvragen	12
2.4 Afbakening van het onderzoek.....	13
2.5 Hoofdstukindeling en methodologie	13
3. Contextbeschrijving	14
3.1 Huidige lange termijn voorspellingen	14
3.1.1 Achtergrond van de lange termijn voorspellingen	14
3.1.2 Methode van lange termijn voorspellen	15
3.1.3 Bruikbaarheid van de lange termijn voorspellingen	15
3.2 Gewenste korte termijn voorspellingen.....	15
3.2.1 Eisen	16
3.2.2 Randvoorwaarden voor de implementatie.....	16
3.2.3 Criteria.....	16
3.3 Beschikbare gegevens binnen Gelre Apeldoorn	17
4. Voorspellingsmodellen in de literatuur	18
4.1 Korte termijn voorspellingsmodellen	18
4.1.1 Het tijdreeksvoorspellingsmodel	18
4.1.2 Het causale voorspellingsmodel.....	19
4.2 Bepaling van de nauwkeurigheid van de voorspellingsmodellen	19
4.3 Bepaling van het voorspellingsinterval	19
5. Modelontwerp	20
5.1 Ontwerp van het tijdreeksvoorspellingsmodel	20
5.1.1 Aanpassing van het Holt-Winters voorspellingsmodel	20
5.1.2 Keuze van de seizoensfactoren.....	21
5.1.3 Bepaling van de smoothing factor	23
5.2 Ontwerp van het causale voorspellingsmodel	24
5.2.1 Formule voor het causale voorspellingsmodel	24
5.2.2 Voorspellen van de instroom.....	24
5.2.3 Ontwerp van de instroomvoorspelling	25
5.2.4 Voorspellen van de uitstroom	27
5.2.5 Ontwerp van de uitstroomvoorspelling	28
6. Resultaten modelvalidatie en modelkeuze	33
6.1 Resultaten modelvalidatie	33
6.2 Keuze van het voorspellingsmodel.....	34
7. Implementatie.....	36
8. Conclusies en aanbevelingen.....	37
8.1 Conclusies	37
8.2 Aanbevelingen.....	39
9. Bronvermelding.....	40
Bijlage	41
Bijlage 1: Seizoensfactoren	42
Bijlage 2: Reflectieverslag	43

1. Inleiding

De bacheloropdracht is uitgevoerd binnen Gelre Ziekenhuizen. In dit hoofdstuk wordt de achtergrond van Gelre Ziekenhuizen toegelicht.

1.1 Achtergrond

De opdrachtgever van deze bacheloropdracht is Gelre Apeldoorn. Gelre Apeldoorn is een onderdeel van Gelre ziekenhuizen. Deze zorginstelling is gevestigd in de regio Apeldoorn en Zutphen.

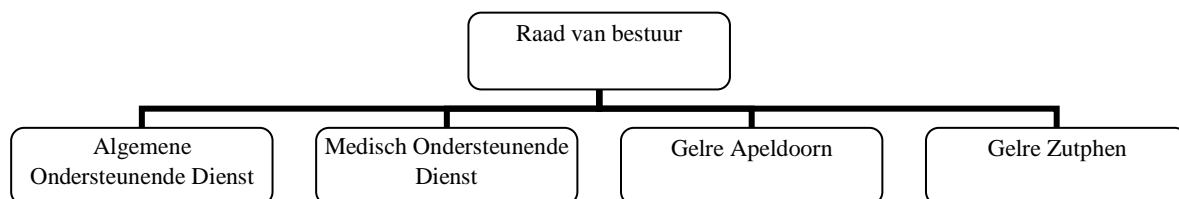
1.1.1 Gelre ziekenhuizen

Vanaf 1999 heeft Gelre ziekenhuizen haar huidige naam. In dat jaar zijn het Ziekenhuiscentrum Apeldoorn en Streekziekenhuis Het Spitaal te Zutphen gefuseerd tot Gelre ziekenhuizen. Gelre ziekenhuizen bestaat uit twee locaties: Gelre Zutphen en Gelre Apeldoorn.

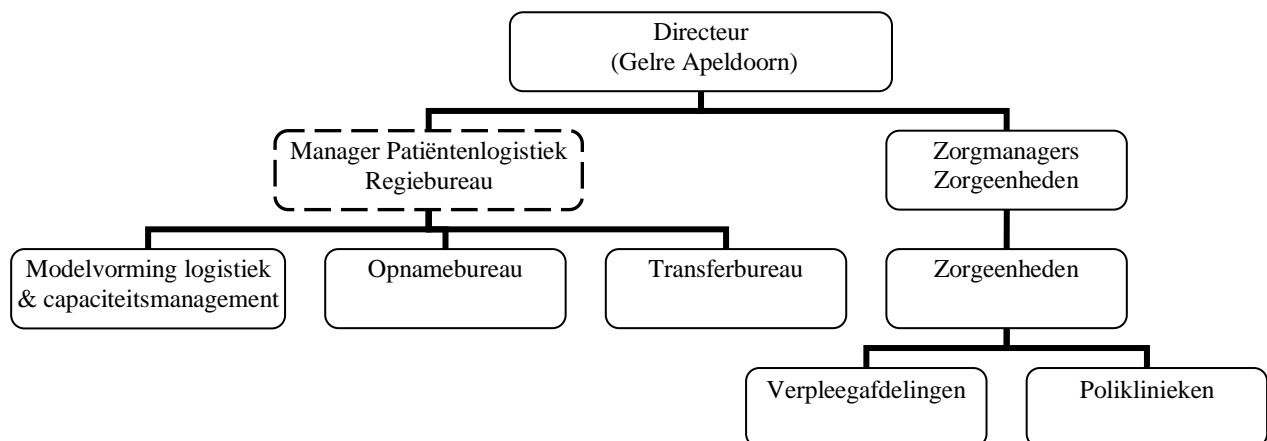
Ziekenhuiscentrum Apeldoorn bestond uit het Lukas ziekenhuis en het Juliana ziekenhuis. Op 19 mei 2009 is de vernieuwde locatie geopend op de locatie Lukas, en vanaf dat moment draagt deze locatie de naam Gelre Apeldoorn. De locatie Juliana ziekenhuis is op deze datum definitief gesloten.

1.1.2 Organisatiestructuur

De bacheloropdracht wordt uitgevoerd binnen het regiebureau van Gelre Apeldoorn. In de figuren 1 en 2 is weergegeven hoe de organisatiestructuur van Gelre ziekenhuizen is opgebouwd.



Figuur 1: Organisatiestructuur Gelre Ziekenhuizen (Bredenhoff, 2012)



Figuur 2: Organisatiestructuur Gelre Apeldoorn (Bredenhoff, 2012)

2. Plan van aanpak

2.1 Aanleiding

Op de verpleegafdelingen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie binnen Gelre Apeldoorn zijn er veel fluctuaties in patiëntenstromen. Hierdoor is het lastig voor het ziekenhuis om grip te krijgen op deze patiëntenstromen. Gelre ziekenhuizen zou graag meer controle krijgen door deze fluctuaties te voorspellen, om zodoende beter te kunnen anticiperen op de patiëntenstromen. Het anticiperen op de fluctuaties kan binnen Gelre Apeldoorn worden bewerkstelligd door te variëren in de planning van het personeel. Het aantal patiënten dat kan worden opgenomen op de verpleegafdelingen hangt af van deze personeelsplanning.

Gelre Apeldoorn heeft in het verleden aangetoond dat er seizoensinvloeden zijn in de fluctuatie van het aantal bezette bedden op de verpleegafdelingen. In 2009 heeft er onderzoek plaatsgevonden naar de fluctuatie van het aantal bezette bedden (Van Haagen, 2009). In dit onderzoek is er een model opgesteld om de verwachte aantal bezette bedden door het jaar heen te voorspellen op weekniveau. Dit model is gebaseerd op historische gegevens van patiëntenstromen in de periode 2003-2008. Het model wordt gebruikt in capaciteitsberekeningen om op de lange termijn een voorspelling te geven van de verwachte aantal bezette bedden per week.

Om nog beter te kunnen anticiperen op de fluctuaties in patiëntenstromen is het gewenst om een voorspelling te kunnen doen op een kortere termijn. Hierbij is het gewenst dat er een voorspelling wordt gedaan van het aantal bezette bedden op de drie bovengenoemde afdelingen voor ten minste de komende zeven dagen. Er is voor deze termijn gekozen omdat de personeelsplanning zeven dagen van tevoren vast staat. Als de planning binnen deze zeven dagen veranderd moet worden kost dit tijd en/of geld. Een voorspelling van het aantal bezette bedden kan helpen om te voorkomen dat de personeelsplanning op het laatste moment gewijzigd moet worden.

2.2 Doel

Het doel van het onderzoek is een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling te maken van het aantal bezette bedden op de korte termijn binnen de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde. Door middel van het voorspellen van de toekomstige patiëntenstromen moet het aantal bezette bedden van de toekomstige dagen worden voorspeld. Hierdoor kan er op de te voorspellen fluctuaties worden gereageerd en kunnen opnamestops en laatste moment veranderingen in de personeelsplanning worden voorkomen. Tevens kan de kans dat patiënten op een verkeerde afdeling komen te liggen, en daardoor door personeel worden behandeld met een niet juiste achtergrond, zo veel mogelijk worden verkleind.

2.2.1 Probleemstelling

Hoe kan het regiebureau patiëntenlogistiek binnen Gelre Apeldoorn het aantal bezette bedden op de verpleegafdelingen van de specialismen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie voorspellen met behulp van een voorspellingsmodel voor ten minste de komende zeven dagen?

2.3 Onderzoeksvragen

Om de probleemstelling te kunnen beantwoorden, zijn er een aantal onderzoeksvragen opgesteld. Deze vragen zijn gerangschikt per hoofdstuk.

Context

- 1.1 Wat is de huidige werkwijze van het voorspellen van patiëntenstromen binnen het regiebureau?
- 1.2 Welke voorspellingen heeft het regiebureau binnen Gelre Apeldoorn nodig?
- 1.3 Wat zijn de wensen van het regiebureau voor het voorspellingsmodel?
- 1.4 Welke gegevens over patiëntenstromen zijn er beschikbaar binnen Gelre Apeldoorn?

Literatuuronderzoek

- 2.1 Welke voorspellingsmodellen voor het voorspellen van patiëntenstromen op de korte termijn draagt de literatuur aan?
- 2.2 Hoe kan de nauwkeurigheid van de verschillende voorspellingsmodellen gemeten worden?
- 2.3 Op welke manier kan de betrouwbaarheid van de voorspellingen weergegeven worden?

Modelontwerp

3. Hoe kunnen de voorspellingsmodellen ontworpen worden om voorspellingen te doen van het aantal bezette bedden binnen Gelre Apeldoorn?

Modelvalidatie en Keuze van het voorspellingsmodel

- 4.1 Op welke wijze kan er een experiment plaatsvinden om het voorspellingsmodel te testen op de huidige patiëntenstromen?
- 4.2 Hoe nauwkeurig zijn de voorspellingen van het voorspellingsmodel?
- 4.3 Hoe kunnen de gekozen criteria worden afgewogen?
- 4.4 Welk voorspellingsmodel is het meest geschikt om de patiëntenstromen te voorspellen?

Implementatie

- 5.1 Hoe kan Gelre Apeldoorn het voorspellingsmodel gebruiken om patiëntenstromen op de korte termijn te voorspellen?
- 5.2 Hoe kan het voorspellingsmodel worden geïntegreerd in de werkwijze van het regiebureau patiëntenlogistiek?

2.4 Afbakening van het onderzoek

De korte termijn voorspelling moet een verwacht aantal bezette bedden weergeven voor ten minste de komende zeven dagen op de beschouwende specialismen binnen Gelre Apeldoorn. Het gaat hierbij om de beschouwende specialismen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie. Deze specialismen hebben de grootste spoedinstroom binnen het ziekenhuis, zo'n 80 tot 90% (Bredenhoff, 2012), wat zorgt voor de fluctuatie in het aantal bezette bedden.

Het onderzoek richt zich alleen op de prognose van het aantal bezette bedden. Het onderzoek gaat verder niet in op de capaciteitsplanning. Het voorspellingsmodel moet een input geven voor de personeelsplanning, waarmee Gelre Apeldoorn kan inspelen op de fluctuaties in het aantal bezette bedden.

2.5 Hoofdstukindeling en methodologie

De kern van het rapport bestaat uit zes hoofdstukken. In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe deze kernhoofdstukken samenhangen.

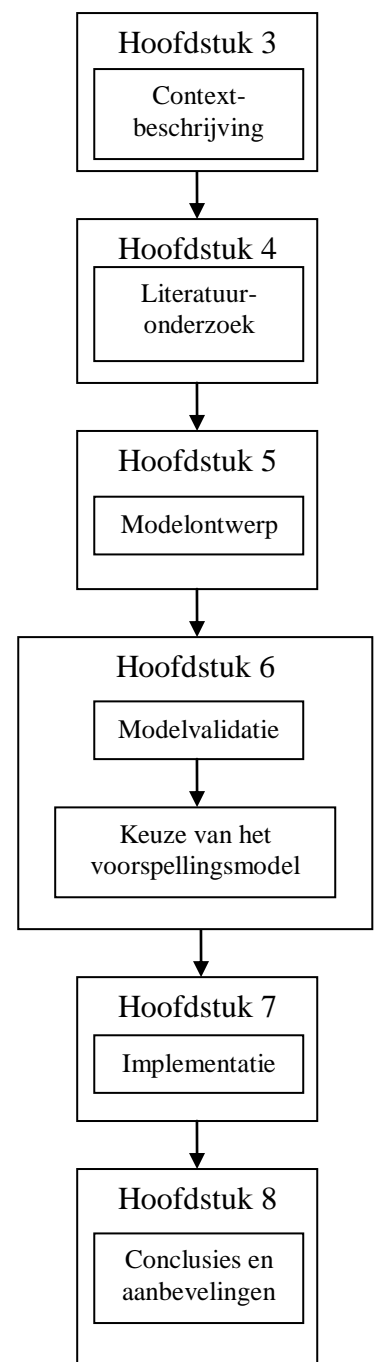
Hoofdstuk 3 bestaat uit de beschrijving van de context. De deelvragen van de contextbeschrijving worden beantwoord met behulp van interviews met het regiebureau patiëntenlogistiek en met behulp van patiëntgegevens. Tevens wordt de scriptie van Van Haagen (2009) geraadpleegd.

Hoofdstuk 4 bestaat uit het literatuuronderzoek. De deelvragen in dit hoofdstuk worden beantwoord door het raadplegen van wetenschappelijke artikelen en boeken.

Hoofdstuk 5 bestaat uit het onderdeel modelontwerp. De deelvragen in dit hoofdstuk worden beantwoord door te kijken naar de beschikbare data binnen Gelre Apeldoorn. Met behulp van deze data worden de voorspellingsmodellen, beschreven in het literatuuronderzoek, aangepast voor de specifieke situatie binnen Gelre Apeldoorn.

Hoofdstuk 6 bestaat uit de modelvalidatie en de keuze van het voorspellingsmodel. Bij de modelvalidatie testen we de voorspellingsmodellen op een deel van de beschikbare patiëntgegevens binnen Gelre Apeldoorn. Met behulp van de resultaten van dit experiment wordt het meest geschikte voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn gekozen.

Hoofdstuk 7, de implementatie, legt uit hoe het regiebureau het verwachte aantal bezette bedden op de korte termijn kan voorspellen. Er wordt beschreven in hoeverre het regiebureau het voorspellingsmodel kan gebruiken om een zo goed mogelijke korte termijn voorspelling te doen van het aantal bezette bedden op de beschouwende verpleegafdelingen.



Figuur 3:
Hoofdstukindeling

3. Contextbeschrijving

Om een raamwerk te scheppen voor het literatuuronderzoek beschrijft dit hoofdstuk allereerst de huidige praktijk van voorspellen van het aantal bezette bedden binnen Gelre Apeldoorn. Vervolgens worden in dit hoofdstuk de wensen, criteria en randvoorwaarden van het regiebureau voor het korte termijn voorspellingmodel bepaald. Ten slotte wordt bekeken welke patiëntgegevens binnen Gelre Apeldoorn beschikbaar zijn voor het ontwerpen en het valideren van het korte termijn voorspellingsmodel.

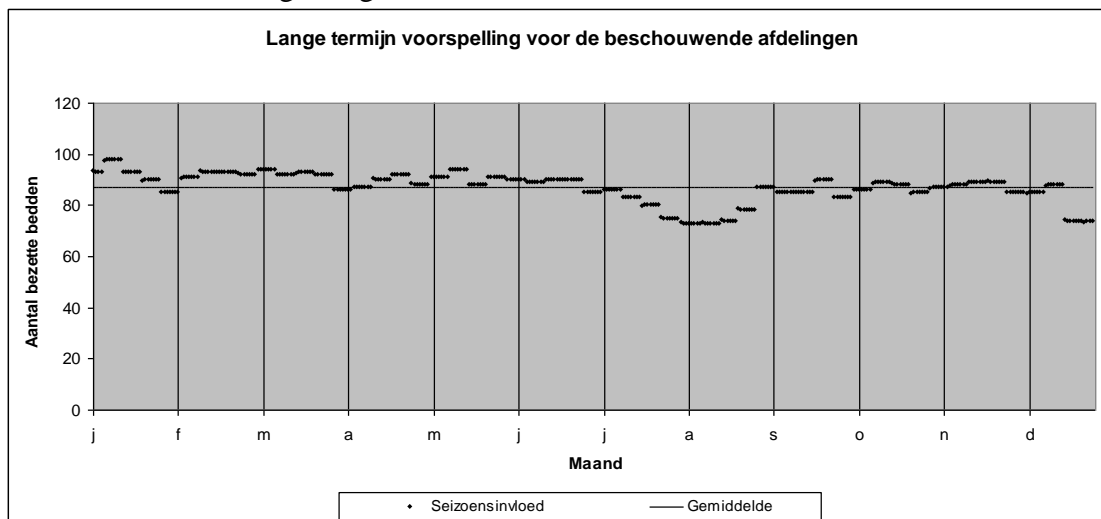
3.1 Huidige lange termijn voorspellingen

Op dit moment wordt er binnen Gelre Apeldoorn een voorspelling gedaan voor het aantal bezette bedden op weekniveau op de beschouwende verpleegafdelingen. Het regiebureau gebruikt deze voorspelling om de personeelscapaciteit van de verplegende afdelingen aan te passen aan het aantal bezette bedden. Van Haagen (2009) vormt in haar scriptie een basis voor deze lange termijn voorspellingen. In deze paragraaf bespreken we de uitkomsten van het onderzoek van Van Haagen (2009) en wordt de bruikbaarheid van deze voorspelling gegeven voor de korte termijn voorspellingen.

3.1.1 Achtergrond van de lange termijn voorspellingen

Van Haagen (2009) heeft, op basis van historische data over het aantal bezette bedden van de periode 2003-2008, het gemiddelde aantal bezette bedden per week bepaald door het jaar heen. Dit is gedaan voor de specialismen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie. Tevens is het gemiddelde aantal bezette bedden op weekniveau bepaald voor de drie specialismen samen. Als voorbeeld van een voorspelling is in figuur 4 het totaaloverzicht van de drie specialismen samen gegeven. Deze voorspelling is de voorspelling van het aantal bezette bedden in 2009.

De lijnstukken genaamd ‘seizoensinvloed’ geven het gemiddelde aantal bezette bedden op weekniveau weer. Het regiebureau gebruikt dit gemiddelde als voorspelling voor het verwachte aantal bezette bedden op de beschouwende verpleegafdelingen. Uit de grafiek blijkt dat het gemiddelde aantal bezette bedden op de beschouwende specialismen samen in de perioden eind juli en augustus lager is dan gemiddeld. De aanbeveling was dan ook dat Gelre Apeldoorn in deze periode een halve verpleegafdeling kan sluiten. Gelre Apeldoorn heeft deze aanbeveling overgenomen.



Figuur 4: Totaaloverzicht van het aantal bezette bedden voor de beschouwende afdelingen (Van Haagen, 2009)

3.1.2 Methode van lange termijn voorspellen

De lange termijn voorspellingen op basis van Van Haagen (2009) worden jaarlijks aangepast aan de begroting van het komende jaar. Bij het vaststellen van deze begroting gaat Gelre Apeldoorn uit van een groei van inkomende patiëntenstromen van 2,5% (Bredenhoff, 2012). Tevens wordt er jaarlijks een nieuwe schatting gemaakt van de ligduur van de patiënten. Op basis van de groei van patiëntenstromen in de begroting en de herberekende ligduur wordt jaarlijks het aantal bezette bedden op de verpleegafdelingen voorspeld. Hierbij worden de seizoenspatronen die Van Haagen (2009) heeft vastgesteld meegenomen in de voorspelling.

3.1.3 Bruikbaarheid van de lange termijn voorspellingen

De voorspellingen van het aantal bezette bedden op de lange termijn wordt gebruikt als vergelijkingsmodel voor de nauwkeurigheid van de korte termijn voorspellingen. Er wordt binnen de modelvalidatie getest hoe nauwkeurig de voorspellingen van de korte en lange termijn voorspellingsmodellen zijn. Op basis van deze nauwkeurigheid wordt besloten welk van de voorspellingsmodellen het beste werkt om voorspellingen op korte termijn te doen.

Uit het onderzoek dat Van Haagen (2009) heeft uitgevoerd blijkt dat er een seizoenspatroon in het aantal bezette bedden op de beschouwende verpleegafdelingen is. Dit seizoenspatroon is het sterkst te zien bij het specialisme longgeneeskunde. Bij de neurologie is de seizoenspatroon ook waargenomen, maar wel in mindere mate. Bij het aantal bezette bedden bij de interne geneeskunde is er geen duidelijk seizoenspatroon te herkennen. Het feit dat er seizoenspatronen zijn door het jaar heen op de beschouwende afdelingen wordt meegenomen bij het maken van de korte termijn voorspellingen.

3.2 Gewenste korte termijn voorspellingen

De voorspellingen van het aantal bezette bedden op de beschouwende afdelingen die Gelre Apeldoorn op dit moment doet zijn lange termijn voorspellingen op weekniveau voor het komende jaar. Voor het regiebureau patiëntenlogistiek is er, om nog beter te kunnen inspelen op patiëntenstromen, een voorspelling voor een kortere termijn gewenst. De gewenste voorspelling op korte termijn is een voorspelling op dagniveau voor de komende zeven dagen. Het is wenselijk dat er met behulp van het model aangegeven kan worden of het verwachte aantal bezette bedden de komende zeven dagen toe of af neemt.

Voor het regiebureau is het belangrijk dat wordt weergegeven hoe betrouwbaar de gegeven voorspellingen zijn. Daarom hebben we ervoor gekozen om bij het voorspellingsmodel een voorspellingsinterval te geven van 85%. Dit interval is gekozen om ervoor te zorgen dat toekomstige waarden van het aantal bezette bedden met 85% zekerheid binnen het interval vallen.

De korte termijn voorspelling moet door het regiebureau patiëntenlogistiek worden gebruikt in het beddenoverleg. Dit beddenoverleg is een bespreking tussen de verschillende verpleegafdelingen over de beschikbare opnamecapaciteit. In dit overleg wordt gekeken of de verschillende afdelingen genoeg bedden vrij hebben om patiënten op korte termijn te kunnen blijven opvangen. Wanneer dit niet mogelijk is wordt in dit overleg over oplossingen gesproken. Hierbij kan gedacht worden aan het opvangen van patiënten op afdelingen waarbij genoeg bedden beschikbaar zijn. Een ander voorbeeld is het op korte termijn uitwisselen van verplegend personeel tussen de afdelingen, zodat er meer bedden geopend worden op de afdelingen die hieraan een tekort hebben.

Gelre Apeldoorn heeft voorspellingen nodig voor de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde. Om goed te kunnen anticiperen zijn voorspellingen nodig voor elk van deze drie specialismen. Hierdoor kunnen bij een verwacht overschot van patiënten bij één van de drie specialismen patiënten worden overgeplaatst naar andere specialismen. Omdat er zoveel wordt uitgewisseld tussen de verschillende specialismen moet er tevens een totale verwachting van bezette bedden op de beschouwende afdelingen worden gegeven.

3.2.1 Eisen

Aan de hand van de wensen van het regiebureau voor de korte termijn voorspellingen zijn de volgende eisen gesteld aan het voorspellingsmodel:

- Er moet een voorspelling gedaan worden van het aantal bezette bedden op dagniveau voor zeven dagen vooruit.
- Er moet een voorspellingsinterval worden gegeven van 85%.
- Het voorspellingsmodel moet aangeven of er op korte termijn waarschijnlijk meer of minder bedden bezet zijn dan het huidige aantal bezette bedden.
- De voorspelling moet gedaan worden voor de drie specialismen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie. Tevens moet er een voorspelling gegeven worden van het aantal bezette bedden voor de drie specialismen samen.

3.2.2 Randvoorwaarden voor de implementatie

Om de voorspellingen te kunnen uitvoeren binnen Gelre Apeldoorn hebben we randvoorwaarden opgesteld voor de implementatie van het voorspellingsmodel. Aan de volgende harde eisen moet het voorspellingsmodel voldoen om te kunnen worden geïmplementeerd binnen het regiebureau:

- Het model moet gebruik maken van software dat binnen Gelre Ziekenhuizen beschikbaar is, bijvoorbeeld Microsoft Office (Microsoft Excel).
- Het model moet binnen tien minuten een voorspelling kunnen geven.
- Het voorspellingsmodel moet een fouttracker bevatten, deze fouttracker geeft aan of het model nog voldoet.
- Er moet een grafische weergave van de voorspelling gegeven worden.

3.2.3 Criteria

Om tot een keuze te komen van het beste voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn hebben we criteria opgesteld. Aan de hand van de modelvalidatie worden de verschillende voorspellingsmodellen aan de volgende criteria getoetst:

- Nauwkeurigheid van het model. (Nauwkeuriger is beter)
- Snelheid van voorspellen. (Sneller is beter)
- Aantal gegevens handmatig invoeren. (Minder gegevens invoeren is beter)

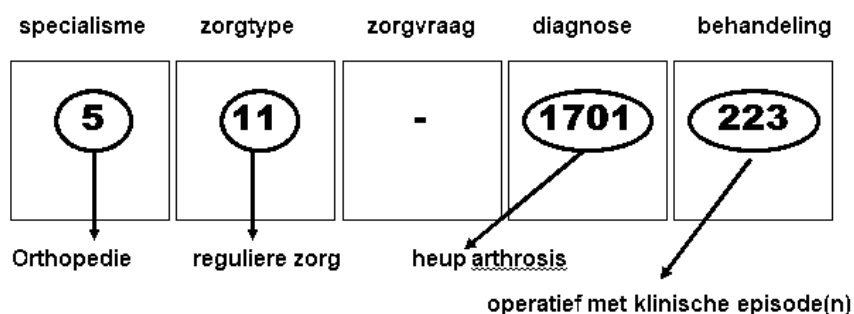
3.3 Beschikbare gegevens binnen Gelre Apeldoorn

Binnen het regiebureau patiëntenlogistiek zijn er gegevens van patiënten van tweeënhalf jaar bekend (periode 1-7-2009 tot en met 31-12-2011). Het gaat hierbij over opnamegegevens van iedere patiënt die is opgenomen op de verpleegafdelingen.

Sinds juli 2009 gebruikt Gelre Apeldoorn een ziekenhuis informatie systeem (Zis) waarin alle patiëntgegevens nauwkeurig worden geregistreerd. Binnen het Zis wordt het gehele traject van opname tot ontslag bijgehouden. Per patiënt worden de bewegingen door het ziekenhuis ingevoerd. Hierbij kan gedacht worden aan een opname op een afdeling, een overplaatsing naar een afdeling of een ontslag bij een afdeling. Per beweging wordt de begintijd & begindatum en de eindtijd & einddatum geregistreerd. Het verplegend personeel voert elke tien minuten de begintijd en eindtijd van de beweging in het systeem in. In het Zis worden de bewegingen op de minuut nauwkeurig geregistreerd.

Naast de bewegingen worden in het Zis verschillende specifieke patiëntgegevens bijgehouden. Hierbij kan gedacht worden aan het bijhouden van het specialisme waaronder de patiënt is opgenomen. Daarnaast wordt de patiënt ingedeeld in een behandelcategorie. In deze behandelcategorie wordt bijvoorbeeld onderscheid gemaakt tussen een klinische opname, een klinische overplaatsing of een dagbehandeling.

Tevens wordt er per patiënt een DBC (diagnose behandel combinatie) nummer aangemaakt. Dit DBC-nummer geeft een zorgprofiel van de patiënt weer. Dit zorgprofiel bestaat uit een specialisme, zorgtype, zorgvraag, diagnose en behandeling. Onderstaand staat een voorbeeld van een DBC-nummer (Van der Haagen, 2004). In het Zis van Gelre Apeldoorn staat per patiënt zijn/haar specifieke DBC-nummer vermeld.



De DBC voor: "Een versleten heup"

Figuur 5: Opbouw van een willekeurig DBC-nummer (Van der Haagen, 2004)

Voor het onderzoek zijn de patiëntgegevens in twee delen verdeeld. De patiëntgegevens van de periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011 wordt gebruikt voor het modelontwerp. De patiëntgegevens van periode 1-7-2011 tot en met 31-12-2011 gebruiken we om de voorspellingsmodellen te valideren. In Hoofdstuk 5 wordt beschreven hoe deze beschikbare patiëntgegevens zijn toegepast voor het ontwerpen van de voorspellingsmodellen. In Hoofdstuk 6 worden de modellen gevalideerd en wordt de uiteindelijke keuze van het meest geschikte voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn gemaakt.

4. Voorspellingsmodellen in de literatuur

In Hoofdstuk 3 is er een kader opgesteld waarin de voorspellingen binnen Gelre Apeldoorn moeten plaatsvinden. Dit hoofdstuk beschrijft wat de literatuur voorschrijft om deze voorspellingen uit te voeren. Allereerst gaan we in op welke korte termijn voorspellingsmodellen voor het voorspellen van het aantal bezette bedden de literatuur aandraagt. We motiveren welke voorspellingsmodellen het meest geschikt zijn om uit te werken voor Gelre Apeldoorn. Vervolgens beschrijven we hoe de nauwkeurigheid van de voorspellingsmodellen kunnen bepalen. Ten slotte gaan we in op de manier hoe we de betrouwbaarheid van de voorspellingen kunnen weergeven.

4.1 Korte termijn voorspellingsmodellen

Abraham et al. (2009), Farmer et al. (1990) en Lin (1989) beschrijven verschillende modellen om het aantal bezette bedden binnen ziekenhuizen te voorspellen. De auteurs maken onderscheid in twee typen voorspellingsmodellen: tijdreeksvoorspellingsmodellen en causale voorspellingsmodellen. Bij tijdreeksvoorspellingsmodellen wordt het aantal bezette bedden binnen een ziekenhuis voorspeld op basis van historische data. Er wordt geanalyseerd of er bepaalde patronen binnen de gegevens zijn. Bij causale voorspellingsmodellen wordt er op basis van externe variabelen voorspellingen van het aantal bezette bedden gedaan. We hebben ervoor gekozen om één tijdreeksvoorspellingsmodel en één causaal voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn uit te werken.

4.1.1 Het tijdreeksvoorspellingsmodel

Er zijn verschillende tijdreeksvoorspellingsmodellen die de verwachte aantal bezette bedden op korte termijn kunnen voorspellen. Lin (1989) draagt in zijn artikel het Holt-Winters voorspellingsmodel aan. In vergelijking met andere voorspellingsmodellen is dit voorspellingsmodel een relatief makkelijk model om voorspellingen te doen. Lin (1989) geeft aan dat dit tijdreeksmodel desalniettemin een goede benadering geeft van het verwachte aantal bezette bedden in vergelijking met moeilijkere tijdreeksvoorspellingsmodellen.

Silver et al. (1998) beschrijven de Holt-Winters voorspellingsmethode als een methode dat inspeelt op verschillende vraagpatronen. De Holt-Winters voorspellingsmethode beschrijft een serie dat een patroon volgt die zich elke keer herhaalt. De voorspellingsmethode maakt gebruik van seizoensfactoren en trendfactoren. De seizoensfactoren zorgen ervoor dat de serie zich aanpast aan het seizoen. De trendfactor zorgt ervoor dat de serie zich aanpast aan eventuele structurele krimp of structurele groei.

Zoals genoemd houdt het Holt-Winters tijdreeksvoorspellingsmodel rekening met seizoensinvloeden. De voorspellingen die gedaan worden met dit voorspellingsmodel worden aangepast met een seizoensfactor. Omdat Van Haagen (2009) heeft aangetoond dat er binnen de beschouwende specialismen van het Gelre Apeldoorn seizoensinvloeden zijn (paragraaf 3.1.1) en omdat het Holt-Winters voorspellingsmodel een relatief makkelijk model is, is ervoor gekozen om dit tijdreeksvoorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn uit te werken. In paragraaf 5.1 wordt het Holt-Winters voorspellingsmodel uitgewerkt voor de specifieke situatie binnen Gelre Apeldoorn.

4.1.2 Het causale voorspellingsmodel

Abraham et al. (2009) en Farmer et al. (1990) beschrijven beide een causaal voorspellingsmodel om op korte termijn het verwachte aantal bezette bedden te voorspellen. Beide auteurs dragen een voorspellingsmodel aan waarbij twee voorspellingen worden gedaan om tot een verwacht aantal bezette bedden te komen. Hierbij wordt het verwachte aantal patiënten dat de afdeling binnenkomt en de afdeling verlaat, voorspeld.

Het verwachte aantal patiënten dat op de afdeling binnenkomt, wordt voorspeld door middel van een tijdreeksvoorspellingsmodel. Het verwacht aantal patiënten dat de afdeling verlaat wordt voorspeld door te bepalen wat de verwachte ligduur van de patiënten is. Door het bepalen van de verwachte ligduur van een patiënt wordt een voorspelling van zijn/haar uitstroommoment gedaan. Door beide voorspellingen met elkaar te integreren wordt het aantal verwachte bezette bedden bepaald. In paragraaf 5.2 wordt dit voorspellingsmodel verder uitgewerkt voor Gelre Apeldoorn.

4.2 Bepaling van de nauwkeurigheid van de voorspellingsmodellen

Silver et al. (1989) beschrijven verschillende methoden om de nauwkeurigheid van een voorspellingsmodel te meten. We hebben gekozen om de Mean Absolute Deviation (MAD) te gebruiken om de nauwkeurigheid te meten. Hiervoor is gekozen omdat deze methode simpel is en de werkelijke fout in de voorspelling weergeeft. De Mean Absolute Deviation is als volgt geformuleerd:

$$MAD(\tau) = \sum_{t=1}^n |f(t+\tau) - A(t)| / n \quad (1)$$

$MAD(\tau)$ = Mean Absolute Deviation voor τ dagen vooruit $\tau = 1, \dots, 7$

$f(t+\tau) - A(t)$ = Voorspelfout voor periode $t+\tau$

n = Aantal voorspellingen

t = Huidige periode

$t+\tau$ = Voorspelde periode

4.3 Bepaling van het voorspellingsinterval

In Hoofdstuk 3 is als eis opgesteld dat het voorspellingsmodel voor het regiebureau een voorspellingsinterval moet bevatten. Het voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn moet met 85% zekerheid een interval weergeven van het verwachte aantal bezette bedden voor de komende zeven dagen. In de literatuur wordt de volgende formule voor een voorspellingsinterval gedefinieerd (Meyer, 2009):

$$(\bar{X} - c * \hat{\sigma}; \bar{X} + c * \hat{\sigma}) \quad (2)$$

\bar{X} = Voorspelde aantal bezette bedden

c = Constante, bepaald door de student verdeling

$\hat{\sigma}$ = $MAD(\tau) / \sqrt{2/\pi}$ (wanneer de voorspelfout normaal verdeeld is)

Het voorspelde aantal bezette bedden wordt bepaald met behulp van het tijdreeksvoorspellingsmodel en het causale voorspellingsmodel dat is uitgewerkt in Hoofdstuk 5. De constante, bepaald door de student verdeling is bij 85% 1,44. Er wordt vanuit gegaan dat de geschatte standaardafwijking in de voorspelfout normaal verdeeld is. Hierbij wordt gesteld dat de kans dat een voorspelling van het aantal bezette bedden even vaak naar boven als naar beneden afwijkt.

5. Modelontwerp

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de twee voorspellingsmodellen die gekozen zijn in Hoofdstuk 4 zijn toegepast op de patiëntgegevens binnen Gelre Apeldoorn. In paragraaf 5.1 wordt beschreven hoe het tijdreeksvoorspellingsmodel is ontworpen voor Gelre Apeldoorn. In paragraaf 5.2 wordt toegelicht hoe het causale voorspellingsmodel is uitgewerkt voor Gelre Apeldoorn. Beide modellen zijn ontworpen met behulp van patiëntgegevens van de periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011.

5.1 Ontwerp van het tijdreeksvoorspellingsmodel

In deze paragraaf wordt het ontwerp voor het tijdreeksvoorspellingsmodel (het Holt-Winters model) behandeld. Allereerst wordt de aanpassing van het voorspellingsmodel voor het voorspellen van het aantal bezette bedden binnen Gelre Apeldoorn toegelicht. Vervolgens wordt de keuze van de seizoensfactoren uitgewerkt. Ten slotte gaan we in op de bepaling van de smoothing factor.

5.1.1 Aanpassing van het Holt-Winters voorspellingsmodel

Het Holt-Winters voorspellingsmodel maakt normaal gesproken gebruik van een trend factor. Deze factor is voor het voorspellen van het aantal bezette bedden binnen Gelre Apeldoorn weggelaten. Het regiebureau wil op dagniveau gaan voorspellen, hierdoor is de trend die binnen Gelre Apeldoorn gehanteerd wordt (2,5% groei op de begroting per jaar) te verwaarlozen voor de voorspelling. Tevens is er bij een eerste scan op de beschikbare gegevens van het regiebureau geen duidelijke trend waargenomen.

In de theorie worden de seizoensfactoren bij het Holt-Winters model aangepast doormiddel van een formule. In dit rapport hebben we voor Gelre Apeldoorn ervoor gekozen dit niet te doen. De seizoensfactoren worden op basis van twee jaar gegevens bepaald. Er worden seizoensfactoren bepaald voor de dag in de week en voor de maand in het jaar (de motivatie hiervoor staat in paragraaf 5.1.2). Wanneer beide factoren binnen het model door middel van een formule geactualiseerd moeten worden wordt de complexiteit van het voorspellingsmodel erg groot. Daarom hebben we ervoor gekozen om jaarlijks te kijken of de seizoensfactoren niet te veel zijn afgeweken ten opzicht van het vorige jaar. Wanneer dit wel het geval is moeten de factoren opnieuw bepaald worden.

Om het aantal bezette bedden te voorspellen met behulp van het tijdreeksvoorspellingsmodel zijn voor Gelre Apeldoorn de volgende formules gedefinieerd:

$$\text{Serie:} \quad F(t) = \alpha * (A(t)/c(t-N)) + (1-\alpha) * (F(t-1)) \quad (3)$$

$$\text{Voorspelling:} \quad f(t+\tau) = F(t) * c(t+\tau-N) \quad (4)$$

α = Smoothing factor

t = Huidige periode

τ = Dag τ in de toekomst $\tau=1, \dots, 7$

N = Tijdsperiode dat de serie zijn patroon herhaald

$A(t)$ = Huidige aantal bezette bedden in periode t

$c(t)$ = Seizoensfactor voor periode t

$F(t)$ = Niveau van periode t

$f(t+\tau)$ = Voorspelling van het aantal bezette bedden voor periode $t+\tau$

5.1.2 Keuze van de seizoensfactoren

Voor het tijdreeksvoorspellingsmodel aangepast voor Gelre Apeldoorn zijn seizoensfactoren opgesteld. We hebben gekozen om op twee niveaus seizoensfactoren op te stellen: een seizoensfactor door het jaar heen en een seizoensfactor voor de dag in de week.

Achtereenvolgens worden beide niveaus van seizoensfactoren besproken. Vervolgens wordt besproken hoe deze twee niveaus van seizoensfactoren worden geïntegreerd in het voorspellingsmodel.

Seizoensfactoren door het jaar heen

Van Haagen (2009) heeft vastgesteld dat er seizoenspatronen zijn door het jaar heen. Deze seizoenspatronen waren vooral bij de specialismen longgeneeskunde en neurologie opgemerkt. Daarom kiezen we ervoor om voor beide specialismen seizoensfactoren op maandniveau op te stellen. De bepaling van de seizoensfactoren voor beide specialismen wordt besproken.

Om de maandfactoren te bepalen is allereerst het gemiddelde aantal bezette bedden per maand berekend voor longgeneeskunde en neurologie. Tevens is het totaal gemiddelde van het aantal bezette bedden over de periode van twee jaar berekend. Dit gemiddeld aantal bezette bedden voor de specialismen longgeneeskunde en neurologie is weergegeven in tabel 1.

Maand	Longgeneeskunde	Neurologie
Januari	28.6	19.97
Februari	31.4	17.80
Maart	28.3	21.34
April	26.8	19.37
Mei	26.7	19.32
Juni	25.0	20.63
Juli	20.8	16.45
Augustus	17.9	17.37
September	24.7	18.65
Oktober	24.4	18.26
November	24.5	18.70
December	23.8	15.61
Totaal gemiddelde	25.2	18.62

Tabel 1: Gemiddeld aantal bezette bedden op maandniveau (periode 1-7-2009 tot 1-7-2011)

Longgeneeskunde

Uit tabel 1 blijkt dat het gemiddeld aantal bezette bedden voor longgeneeskunde in de eerste drie maanden van het jaar aanzienlijk hoger ligt dan de overige maanden. Daarom is ervoor gekozen om voor de maanden januari, februari en maart samen een seizoensfactor op te stellen. Tevens is het gemiddelde in juli en augustus lager dan gemiddeld. Daarom is er ook voor die maanden een seizoensfactor opgesteld. Daarnaast is er voor de overige maanden een seizoensfactor opgesteld.

De seizoensfactoren op maandniveau zijn berekend door het gemiddelde te bepalen van de maanden die behoren tot de factor. Deze worden vervolgens gedeeld door het totaal gemiddelde aantal bezette bedden door het jaar heen. De factoren zijn voor longgeneeskunde weergegeven in tabel 2.

Periode	Seizoensfactor
Januari t/m maart	1.17
Juli en augustus	0.77
Overige maanden	1.00

Tabel 2: Seizoensfactoren door het jaar heen voor longgeneeskunde

Neurologie

Van Haagen (2009) stelt dat er bij neurologie in juli en augustus minder bedden bezet zijn dan in de overige maanden in het jaar. Dit blijkt ook uit tabel 1. Tevens blijkt uit tabel 1 dat er in de maand december minder bedden bezet zijn dan gemiddeld. Daarom is er voor het specialisme neurologie besloten om voor de maanden juli, augustus en december een seizoensfactor op te stellen en voor de overige maanden een factor.

De factoren zijn berekend door het gemiddeld aantal bezette bedden in de gekozen maanden te delen door het totaal gemiddeld aantal bezette bedden door het jaar heen. De factoren voor neurologie zijn weergegeven in tabel 3.

Periode	Seizoensfactor
Juli, augustus en december	0.89
Overige maanden	1.04

Tabel 3: Seizoensfactoren door het jaar heen voor neurologie

Seizoensfactoren voor de dag in de week

Omdat uit het interview met de manager patiëntenlogistiek van Gelre Apeldoorn (Bredenhoff, 2009) bleek dat er op de afdelingen minder bezette bedden in het weekend zijn dan doordeweeks is ervoor gekozen om aparte seizoensfactoren voor de weekenden op te stellen. Dit is gedaan voor alle drie de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde.

In tabel 4 staan de gemiddeld aantal bezette bedden in de week voor de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde. Uit deze tabel blijkt inderdaad dat er in het weekend minder bedden bezet zijn op de afdelingen dan doordeweeks.

Dag in de week	Longgeneeskunde	Neurologie	Interne geneeskunde
Maandag	24.8	19.2	40.1
Dinsdag	26.4	21.5	42.7
Woensdag	26.4	19.0	41.0
Donderdag	26.0	18.9	40.6
Vrijdag	25.4	17.9	39.9
Zaterdag	23.6	16.6	35.7
Zondag	23.7	17.3	35.8
Totaal gemiddelde	25.2	18.6	39.4

Tabel 4: Gemiddeld aantal bezette bedden per specialisme voor de dag in de week (periode 1-7-2009 tot 1-7-2011)

De seizoensfactoren voor het weekend zijn berekend door het gemiddeld aantal bezette bedden van de zaterdag en zondag te bepalen en deze te delen door het totaal gemiddelde door het jaar heen. De factor voor doordeweeks is op gelijke wijze bepaald. In tabel 5 zijn de seizoensfactoren weergegeven.

Specialisme	Weekfactor	Weekendfactor
Longgeneeskunde	1.03	0.94
Neurologie	1.04	0.91
Interne geneeskunde	1.04	0.91

Tabel 5: Seizoensfactoren voor de dag in de week per specialisme

Integratie van de seizoensfactoren in het Holt-Winters voorspellingsmodel

Er zijn nu op twee verschillende niveaus seizoensfactoren bepaald. Seizoensfactoren voor de week/weekend en seizoensfactoren voor de maand in het jaar. Voor het voorspellen van het aantal bezette bedden voor een dag in de toekomst met behulp van de formules van het Holt-Winters model is het noodzakelijk om maar met één seizoensfactor te werken voor die dag in de toekomst.

Om die reden is ervoor gekozen om de verschillende niveaus van seizoensfactoren met elkaar te vermenigvuldigen om tot één seizoensfactor te komen. We hebben voor een vermenigvuldiging gekozen om tot een gewogen gemiddelde te komen voor de seizoensfactor voor de dag in de week en de maand in het jaar. Voor een voorspelling van het aantal bezette bedden voor bijvoorbeeld een zaterdag in februari wordt de seizoensfactor van het weekend vermenigvuldigd met de seizoensfactor van februari. Voor interne geneeskunde is er maar op één niveau een seizoensfactor opgesteld (week/weekend). Vanzelfsprekend wordt deze gebruikt voor het Holt-Winters model. Zie Bijlage 1 voor de gebruikte seizoensfactoren in het voorspellingsmodel.

5.1.3 Bepaling van de smoothing factor

Met behulp van de formules 3 en 4 en de seizoensfactoren die zijn opgesteld zijn er voorspellingen gedaan van het aantal bezette bedden in de periode 1-7-2010 tot 1-7-2011. Deze voorspellingen zijn vergeleken met het werkelijke aantal bezette bedden in die periode. Op basis van deze vergelijking is de smoothing factor (α) in formules 3 (paragraaf 5.1.1) gekozen.

We willen de smoothing factor (α) zo kiezen dat de onnauwkeurigheid van het model zo klein mogelijk is. Deze onnauwkeurigheid wordt bepaald met behulp van de Mean Absolute Deviation als besproken in paragraaf 4.2. Hoe kleiner deze Mean Absolute Deviation, hoe nauwkeuriger het model is. Omdat er zeven dagen vooruit voorspeld moet worden wordt de smoothing factor zo gekozen zodat de gemiddelde onnauwkeurigheid zo klein mogelijk is.

$$\text{Gemiddelde onnauwkeurigheid} = \frac{\sum_{\tau} MAD(\tau)}{7} \quad \tau = 1, \dots, 7 \quad (5)$$

$MAD(\tau)$ = Mean Absolute Deviation van de voorspelling van het aantal bezette bedden voor dag τ in de toekomst

Door de smoothing factor te wijzigen kan worden bepaald in hoeverre de voorspelling nauwkeuriger wordt bij een hogere of lagere factor. De smoothing factoren per specialisme voor het aantal bezette bedden zijn gegeven in tabel 6. Tevens is bij deze factor gemiddelde onnauwkeurigheid en het gemiddeld aantal bezette bedden in de periode gegeven.

Specialisme	Smoothing factor (α)	Gemiddelde onnauwkeurigheid	Gemiddeld aantal bezette bedden
Longgeneeskunde	0.01	3.2	26
Neurologie	0.05	3.5	18.5
Interne geneeskunde	0.05	4.2	39.5

Tabel 6: Smoothing factoren per specialisme voor het aantal bezette bedden

5.2 Ontwerp van het causale voorspellingsmodel

In deze paragraaf wordt het causale voorspellingsmodel aangepast voor de situatie van Gelre Apeldoorn. Eerst geven we de formule voor het voorspellen van het aantal bezette bedden met het causale voorspellingsmodel. Daarna leggen we uit hoe de twee afzonderlijke voorspellingen, die in de formule staan, uitgewerkt zijn voor Gelre Apeldoorn.

5.2.1 Formule voor het causale voorspellingsmodel

Abraham et al. (2009) definiëren de volgende formule om het aantal bezette bedden te voorspellen:

$$\text{Voorspelling:} \quad f(t+\tau) = A(t) + B(t,t+\tau) - V(t,t+\tau) \quad (6)$$

t = Huidige periode

τ = Aantal dagen dat vooruit wordt voorspeld $\tau=1,\dots,7$

$A(t)$ = Huidige aantal bezette bedden in periode t

$B(t,t+\tau)$ = Voorspelde aantal patiënten dat de afdeling instroomt tussen periode t en $t+\tau$

$V(t,t+\tau)$ = Voorspelde aantal patiënten dat de afdeling uitstroomt tussen periode t en $t+\tau$

$f(t+\tau)$ = Voorspelling van het aantal bezette bedden voor periode $t+\tau$

Met behulp van formule 6 kan het verwachte aantal bezette bedden voor de beschouwende afdelingen voor Gelre Apeldoorn worden voorspeld. Voor deze voorspelling zijn een drietal gegevens nodig: het huidige aantal bezette bedden, het aantal patiënten dat de afdelingen binnenkomt tussen de huidige periode en de voorspelde periode en het aantal patiënten dat de afdeling verlaat tussen de huidige en de voorspelde periode. Op het moment van voorspellen is het huidige aantal bezette bedden bekend. Het aantal patiënten dat de afdeling instroomt en uitstroomt wordt doormiddel van voorspellingen bepaald. In paragraaf 5.2.2 wordt uitgelegd hoe het aantal patiënten dat instroomt voorspeld wordt. In paragraaf 5.2.3 leggen we uit hoe het aantal patiënten dat de afdeling uitstroomt wordt voorspeld.

5.2.2 Voorspellen van de instroom

Volgens het voorspellingmodel van Abraham et al. (2009) en Farmer et al.(1990) moet het aantal patiënten dat de afdeling binnenkomt worden voorspeld met behulp van een tijdreeksvoorspellingsmodel. Voor Gelre Apeldoorn is ervoor gekozen om deze instroom op de afdelingen te voorspellen met behulp van het Holt-Winters voorspellingsmodel. Hiervoor is gekozen omdat we er vanuit gaan dat de seizoenspatronen van het aantal bezette bedden die Van Haagen (2009) heeft gevonden worden veroorzaakt door de wisselende instroom op de afdelingen. Om dezelfde redenen als in paragraaf 5.1.1 is besproken wordt bij het voorspellen van het aantal patiënten dat de afdeling binnenkomt de trendfactor en het updaten van de seizoensfactor weggelaten. De volgende formules van Holt-Winters voor het voorspellen van de instroom zijn gedefinieerd:

$$\text{Serie:} \quad F(t) = \alpha * (I(t-1,t)/c(t-N)) + (1-\alpha) * (F(t-1)) \quad (7)$$

$$\text{Voorspelling:} \quad B(t,t+\tau) = F(t) * c(t+\tau-N) \quad (8)$$

α = Smoothing factor

t = Huidige periode

N = Tijdsperiode dat de serie zijn patroon herhaald

$I(t)$ = Huidige instroom van patiënten in periode t sinds periode $t-1$

$c(t)$ = Seizoensfactor voor periode t

$F(t)$ = Niveau van periode t

$B(t,t+\tau)$ = Voorspelde aantal patiënten dat de afdeling binnenkomt tussen periode t en $t+\tau$

5.2.3 Ontwerp van de instroomvoorspelling

Voor het ontwerp van het instroom voorspellingsmodel moeten er seizoensfactoren gekozen worden en moet de smoothing factor bepaald worden. In deze subparagraaf bespreken we achtereenvolgens beide onderdelen.

Keuze van de seizoensfactoren

We hebben bij het bepalen van seizoensfactoren voor de instroomt gekozen voor factoren door het jaar heen en factoren voor de dag in de week. We zullen op de bepaling van beide factoren ingaan. Tevens gaan we in op de integratie van de twee niveaus van seizoensfactoren in het voorspellingsmodel.

Bepaling van seizoensfactoren door het jaar heen

We stellen dat de seizoenspatronen in het aantal bezette bedden, die Van Haagen (2009) heeft vastgesteld, worden veroorzaakt door het wisselende aantal patiënten dat de afdeling binnen komt. Daarom is ervoor gekozen om seizoensfactoren op maandniveau door het jaar heen op te stellen voor de instroom van patiënten op de afdelingen.

Om deze factoren te bepalen is de gemiddelde instroom van patiënten per maand berekend. Wanneer de gemiddelde instroom van patiënten per maand wordt vergeleken met de gemiddelde instroom per jaar blijkt dat er bij de specialismen neurologie en interne geneeskunde te weinig seizoenspatronen te herkennen zijn. Bij het specialisme longgeneeskunde is dit wel het geval. In tabel 7 is de gemiddelde instroom van patiënten bij het specialisme longgeneeskunde gegeven.

Maand	Gemiddelde instroom van patiënten
Januari	4.34
Februari	5.00
Maart	4.18
April	4.18
Mei	4.16
Juni	3.93
Juli	3.05
Augustus	3.26
September	3.88
Oktober	4.10
November	4.42
December	4.07
Totaal Gemiddelde	4.04

Tabel 7: Gemiddelde instroom van patiënten per maand bij het specialisme longgeneeskunde (Periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011)

Uit tabel 7 blijkt dat er in de maanden juli en augustus minder instroom in de afdelingen is dan in de andere maanden. Daarom is gekozen om hiervoor een aparte seizoensfactor op te stellen. De seizoensfactor voor juli en augustus is berekend door de gemiddelde instroom van deze twee maanden te delen door het totaal gemiddelde door het jaar heen. Uit deze berekening is voor deze periode de factor 0.78 bepaald. Op diezelfde manier is de factor voor de overige maanden berekend, deze komt uit op 1.05.

Bepaling van de seizoensfactoren voor de dag in de week

Uit een interview met de manager patiëntenlogistiek van Gelre Apeldoorn (Bredenhoff, 2012) blijkt dat het aantal bezette bedden in het weekend minder is dan doordeweeks. We nemen aan dat dit verschil ontstaat door de mindere instroom op de afdelingen in het weekend. Om deze seizoensfactoren te berekenen wordt de gemiddelde instroom per weekday bepaald (op basis van twee jaar) en het totaal gemiddelde van de twee jaar. In tabel 8 is de gemiddelde instroom per weekday gegeven.

Weekdag	Longgeneeskunde	Neurologie	Interne geneeskunde
Maandag	3.37	3.91	6.55
Dinsdag	5.58	7.28	9.47
Woensdag	5.02	4.94	7.57
Donderdag	4.46	4.52	7.36
Vrijdag	4.72	4.59	7.35
Zaterdag	3.34	2.94	5.20
Zondag	1.80	2.11	3.00
Totaal gemiddelde	4.05	4.33	6.65

Tabel 8: Gemiddelde instroom per specialisme per dag in de week (Periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011)

Uit tabel 7 blijkt dat de instroom op de afdelingen op maandag, zaterdag en zondag minder is. Op dinsdag is de instroom van patiënten groter. Daarom is ervoor gekozen om voor de maandag, dinsdag, zaterdag en zondag een aparte factor op te stellen. Deze factoren zijn in tabel 9 weergegeven.

Weekdag	Longgeneeskunde	Neurologie	Interne geneeskunde
Maandag	0.83	0.90	0.98
Dinsdag	1.38	1.68	1.42
Woensdag t/m vrijdag	1.17	1.08	1.12
Zaterdag	0.83	0.68	0.78
Zondag	0.45	0.49	0.45

Tabel 9: Seizoensfactoren voor de instroom voor de dag in de week

Integratie van de seizoensfactoren in het Holt-Winters voorspellingsmodel

Bij het specialisme longgeneeskunde zijn er twee categorieën seizoensfactoren bepaald, de seizoensfactoren voor de maand in het jaar en de seizoensfactoren voor de dag in de week. Om deze seizoensfactoren te kunnen gebruiken in het Holt-Winters instroommodel is het noodzakelijk dat er maar één categorie factoren is. Daarom hebben we besloten om de twee seizoensfactoren met elkaar te vermenigvuldigen om te komen tot één seizoensfactor per dag. In dit rapport is gekozen om beide factoren gewogen mee te nemen in de berekening.

Bepaling van de smoothing factor

Voor de bepaling van de smoothing factoren (α) zijn er voorspellingen gedaan van de instroom met behulp van de formules 7 en 8 en de bepaalde seizoensfactoren. Dit is gedaan voor de periode 1-7-2010 tot en met 1-7-2011. Door de voorspelling van de instroom te vergelijken met de werkelijke instroom in die periode is de smoothing factor in formule 7 bepaald (paragraaf 5.2.2).

De smoothing factoren worden zo gekozen zodat de gemiddelde onnauwkeurigheid van de instroomvoorspellingen zo klein mogelijk is. Om deze onnauwkeurigheid te meten wordt de Mean Absolute Deviation per voorspelde dag in de toekomst bepaald (paragraaf 4.2). Vervolgens wordt de gemiddelde onnauwkeurigheid bepaald doormiddel van formule 9.

$$\text{Gemiddelde onnauwkeurigheid} = \frac{\sum_{\tau} MAD(\tau)}{7} \quad \tau = 1, \dots, 7 \quad (9)$$

$MAD(\tau)$ = Mean Absolute Deviation voor de voorspelling van de instroom voor dag τ in de toekomst.

Door de smoothing factor te vergroten en te verkleinen wordt gekeken welke factor de kleinste gemiddelde onnauwkeurigheid geeft. Dit is gedaan met in eerste instantie een stapgrootte van 0.1, vervolgens met 0,5 en uiteindelijk met 0.01. In tabel 10 wordt weergegeven per specialisme welke factoren gekozen zijn. Tevens is bij deze factor gemiddelde onnauwkeurigheid en de gemiddelde instroom in de periode gegeven.

Specialisme	Smoothing factor (α)	Gemiddelde onnauwkeurigheid	Gemiddelde instroom
Longgeneeskunde	0.01	1.6	4.4
Neurologie	0.01	1.8	4.6
Interne Geneeskunde	0.01	2.0	6.5

Tabel 10: Smoothing factoren voor het instroom voorspellingsmodel per specialisme

5.2.4 Voorspellen van de uitstroom

Voor het voorspellen van het aantal patiënten dat de afdeling verlaat gebruiken we een causaal voorspellingsmodel. Voor de patiënten die op het moment van voorspellen op de verpleegafdelingen liggen wordt een verwachte ligduur per patiënt geschat. Met behulp van deze verwachte ligduur wordt het verwachte uitstroommoment van de patiënt bepaald. Hierdoor kan per dag in de toekomst worden voorspeld welke patiënten nog wel en welke nog niet op de afdelingen liggen.

Van de patiënten die op het moment van voorspellen op de afdeling liggen is verschillende patiëntinformatie bekend. Op basis van een onderscheidende factor worden patiënten in categorieën ingedeeld. Van deze categorieën wordt de gemiddelde ligduur bepaald. In het model wordt aangenomen dat de ligduur van alle patiënten gelijk is aan de gemiddelde ligduur in zijn/haar categorie. In paragraaf 5.2.5 wordt beschreven voor welke onderscheidende factor is gekozen om patiënten in categorieën in te delen. Daarnaast worden de categorieën gegeven en daarbij de gemiddelde ligduur.

Als er wat verder in de toekomst wordt voorspeld verlaten de patiënten die tussen het moment van voorspellen en het voorspelde tijdstip zijn ingestroomd ook de afdelingen. Van deze patiënten (waarvan het aantal wordt voorspeld met behulp van het Holt-Winters model beschreven in paragraaf 4.3.2) is alleen het specialisme bekend. De instroom van patiënten

wordt namelijk per specialisme voorspeld. Het verwachte uitstroommoment van deze patiënten is de gemiddelde ligduur van een specialisme opgeteld bij het instroommoment. De gemiddelde ligduur van een specialisme wordt bepaald met behulp van historische gegevens. De bepaling van deze gemiddelde ligduur wordt beschreven in paragraaf 5.2.5.

Om de complexiteit van de voorspelling niet te groot te maken is ervoor gekozen om op een deterministische wijze te voorspellen hoeveel patiënten de afdeling verlaten. Farmer et al. (1990) beschrijft deze manier van deterministisch berekenen van het uitstroommoment van patiënten. Ze stellen bij de voorspelling van het aantal patiënten dat de afdeling verlaat dat een patiënt die langer op de afdeling ligt dan de gemiddelde ligduur de afdeling heeft verlaten. Sommige patiënten zullen de afdeling eerder verlaten dan de gemiddelde ligduur en andere patiënten zullen de afdeling later verlaten dan de gemiddelde ligduur. We gaan er vanuit, door gebruik te maken van een gemiddelde ligduur, dat de patiënten die de afdeling eerder of later verlaten zo veel mogelijk worden afgevlakt.

5.2.5 Ontwerp van de uitstroomvoorspelling

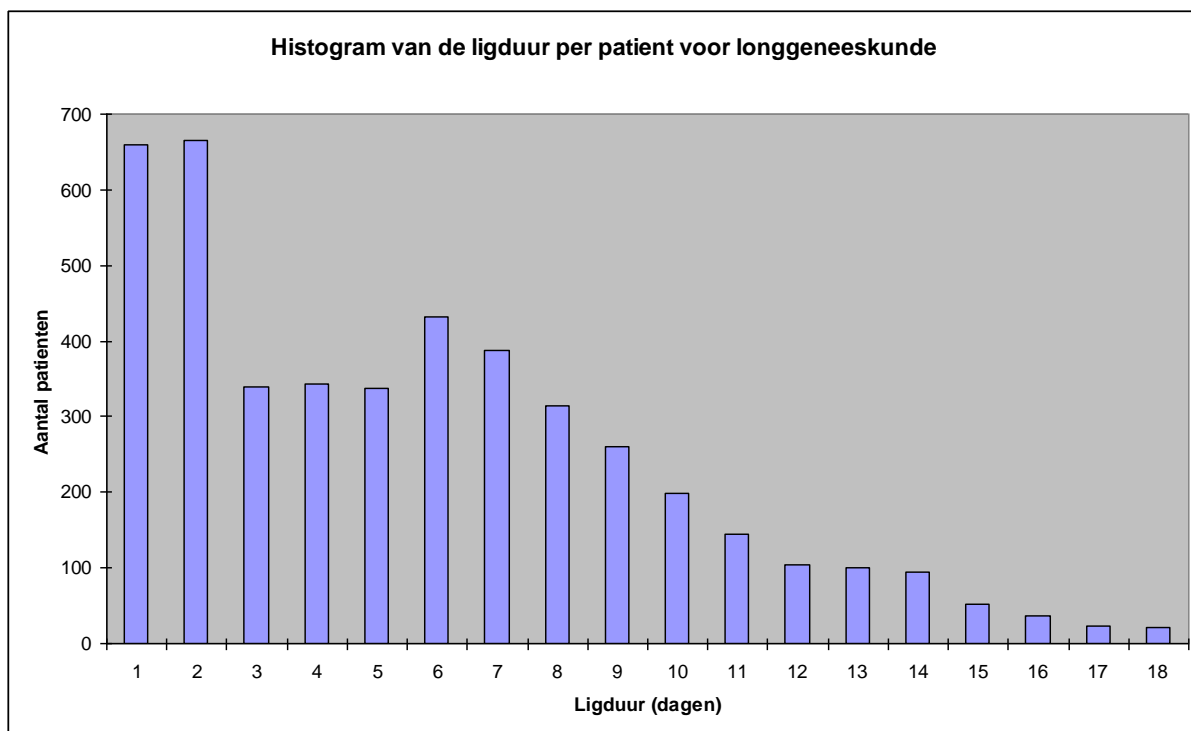
In deze subparagraaf wordt besproken hoe het uitstroom voorspellingsmodel is ontworpen. Allereerst beschrijven we hoe de uitschieters uit het beschikbare databestand gefilterd zijn. Vervolgens beschrijven we hoe we de patiënten in categorieën hebben verdeeld en ten slotte wordt in stappen beschreven hoe we uiteindelijk de uitstroom voorspellen. In deze paragraaf wordt het voorspellingsmodel voor longgeneeskunde als voorbeeld gebruikt. Het voorspellingsmodel van de andere specialismen is op dezelfde manier ontworpen.

Filteren van uitschieters

In de bestaande gegevens van Gelre Apeldoorn is van elke patiënt bekend wat de ligduur van de patiënt was. Als we vervolgens de gemiddelde ligduur en de standaard afwijking van patiënten voor een specialisme bepalen, blijkt dat de standaard afwijking van de ligduur erg hoog is. Daarom worden de uitschieters in de ligduren gefilterd. We beschouwen een ligduur afwijkend als hij groter is dan het derde steekproef kwartiel vermenigvuldigd met anderhalf keer de steekproefkwartielafstand (Meyer, 2009). Uitschieters naar onderen zijn niet waargenomen.

Keuze van de onderscheidende factor

Nadat de uitschieters uit het bestand verwijderd zijn blijkt de standaardafwijking van de ligduur per specialisme nog steeds erg hoog is. Om een kleinere standaardafwijking te krijgen is er besloten om onderscheidt te maken in behandelcategorie en in diagnose. Deze keuze wordt doormiddel van het maken van histogrammen toegelicht. We geven allereerst in figuur 6 het histogram weer van de ligduren van patiënten voor het specialisme longgeneeskunde.



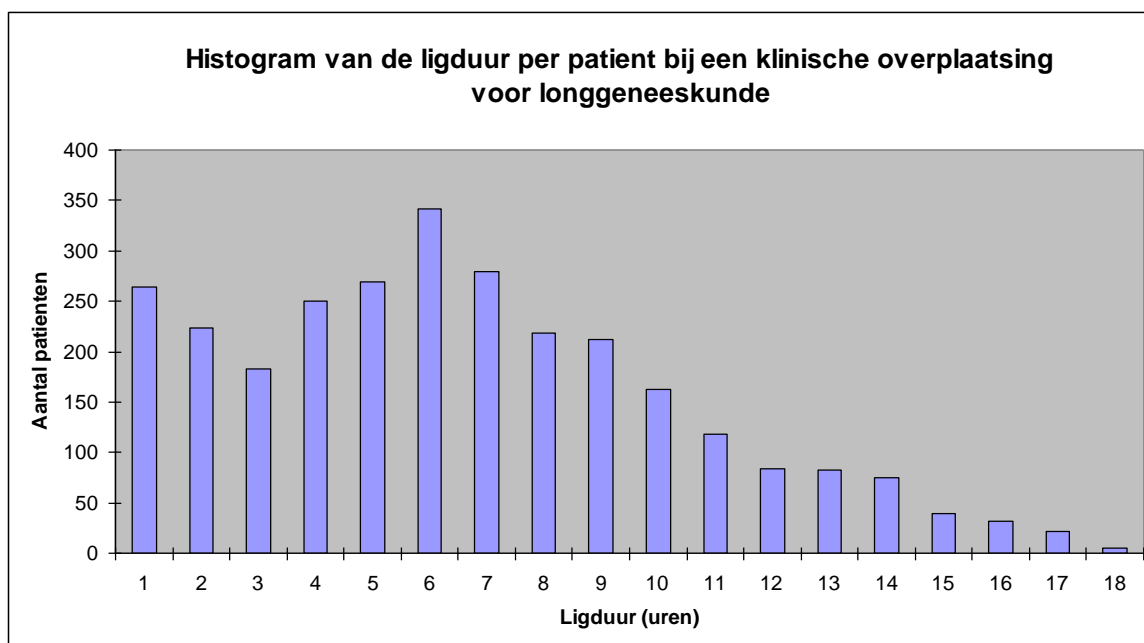
Figuur 6: Histogram van de ligduur voor de gehele longgeneeskunde (Periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011)

Het histogram weergegeven in figuur 6 verklaart waarom de standaardafwijking van de ligduren zo hoog is. Wat vooral opvalt zijn de vele patiënten die maar één of twee dagen op de afdeling verblijven. Hiervoor zijn meerdere verklaringen gevonden.

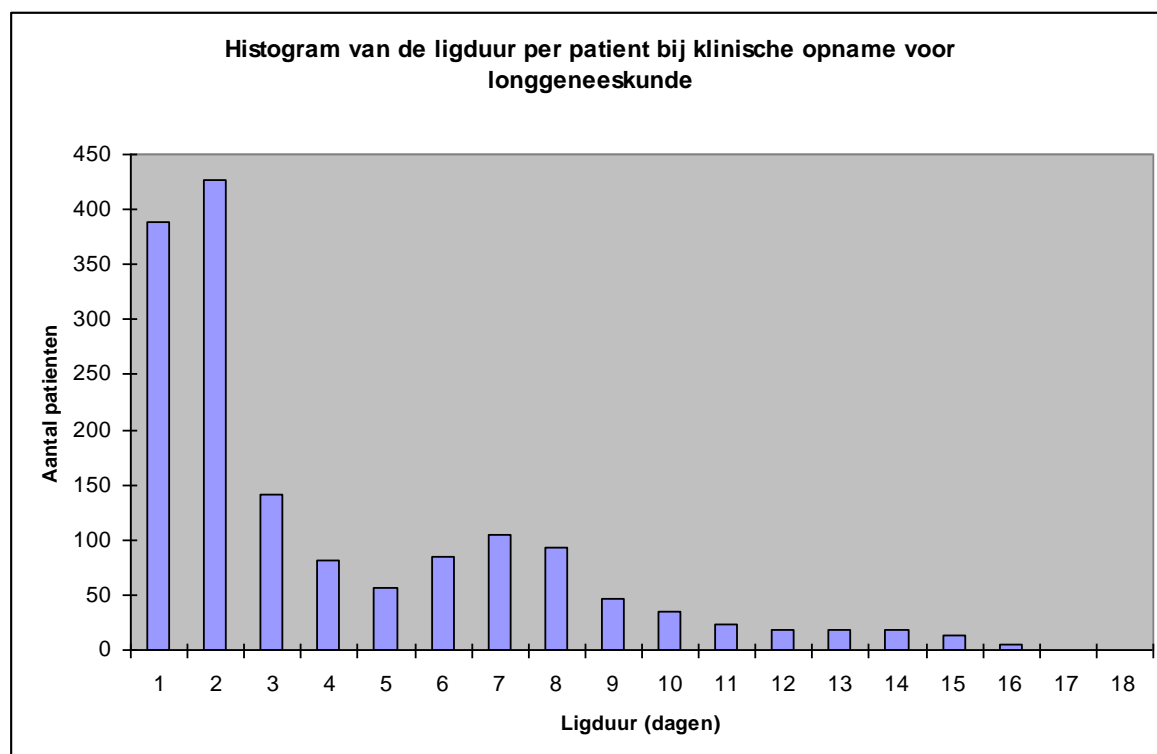
Één van verklaringen is dat sommige diagnoses binnen het specialisme dag- of nachtbehandelingen zijn. De patiënten met deze diagnoses zijn gemiddeld minder dan een dag op de afdeling aanwezig. We filteren deze diagnoses uit het databestand door diagnoses die een gemiddelde ligduur van één dag of minder hebben te verwijderen.

Nadat de dag- of nachtbehandelingen uit het databestand zijn gefilterd blijken er nog veel patiënten te zijn die maar één of twee dagen in het ziekenhuis verblijven. Een andere verklaring hiervoor is dat sommige patiënten voor de zekerheid één of twee dagen in het ziekenhuis moeten blijven. Als er door de artsen wordt vastgesteld dat de patiënt gezond is, mag deze naar huis. Om hierin onderscheid te maken is er voor het bepalen van de verwachte ligduur per patiënt besloten om, naast onderscheid in diagnose, tevens onderscheid in behandelcategorie te gaan maken.

Binnen Gelre Ziekenhuizen zijn twee grote behandelcategorieën: klinische opname en klinische overplaatsing. Bij klinische opname worden de patiënten rechtstreeks (vaak vanuit de huisarts) op de afdeling opgenomen. Wanneer patiënten de behandelcategorie klinische overplaatsing hebben zijn ze vaak opgenomen in het ziekenhuis met spoed. In de figuren 7 en 8 zijn de histogrammen van de ligduur per patiënt van klinische overplaatsing en klinische opname te zien.



Figuur 7: Histogram voor de klinische overplaatsing voor longgeneeskunde (Periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011)



Figuur 8: Histogram voor de klinische opname voor longgeneeskunde (Periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011)

Figuur 7 en 8 geven weer dat het aantal patiënten dat één of twee dagen op de afdelingen verblijft bij klinische opname aanzienlijk minder dan bij klinische overplaatsing. Patiënten die klinisch worden overgeplaatst blijven dus gemiddeld langer op de afdeling dan patiënten die klinisch worden opgenomen. Om die reden wordt er bij het voorspellen van de verwachte ligduur van de patiënten gekeken tot welke behandelcategorie deze patiënt behoort.

Naast de behandelcategorie bekijken we tevens welke diagnose de patiënt gekregen heeft. Tussen de verschillende diagnoses die worden gesteld binnen een specialisme zit een erg groot verschil in ligduren. Om die reden is ervoor gekozen om voor de voorspelling van de verwachte ligduur van de patiënt tevens naar de gestelde diagnose te kijken.

Indeling van diagnoses in categorieën

Patiënten worden binnen Gelre Apeldoorn ingedeeld in een specialisme, een behandelcategorie en een diagnose. Om de verwachte ligduur van een patiënt te bepalen worden naar alle drie de onderdelen gekeken. Een patiënt kan bijvoorbeeld behoren tot het specialisme neurologie met de behandelcategorie klinische overplaatsing en diagnose migraine.

Om tot een verwachte ligduur te komen wordt er per diagnose, die valt onder een behandelcategorie, een gemiddelde ligduur berekend. Echter worden er binnen een specialisme veel diagnoses gesteld. Bij het specialisme interne geneeskunde zijn er bijvoorbeeld 237 verschillende diagnoses gesteld in twee jaar. Daarom is ervoor gekozen om alleen een diagnose in combinatie met behandelcategorie een categorie te laten zijn, als hij meer dan gemiddeld één keer per week gesteld wordt. Er zijn twee jaar gegevens beschikbaar, dus als een diagnose in combinatie met behandelcategorie zich 100 keer voordoet wordt dit een aparte categorie.

Voor de diagnoses die zich gemiddeld minder dan één keer per maand voordoen, wordt een overige categorie gemaakt. De gemiddelde ligduur in deze overige categorie wordt bepaald door van de diagnoses die zich minder dan één keer per week voordoen een gemiddelde te bepalen. In de tabellen 11,12 en 13 zijn de categorieën gegeven voor de drie specialismen met daarbij de gemiddelde ligduur. Deze zijn bepaald in de periode 1-7-2009 tot en met 1-7-2011.

Behandelcategorie	Diagnose	Gemiddelde ligduur (uur)	Aantal patiënten
Klinische opname	1241	141	372
	1303	38	284
	1304	39	116
	Overige diagnoses	88	689
Klinische overplaatsing	1201	141	115
	1241	185	904
	1303	137	184
	1401	146	1299
	Overige diagnoses	122	576

Tabel 11: Gemiddelde ligduur per diagnose/behandel categorie voor longgeneeskunde

Behandelcategorie	Diagnose	Gemiddelde ligduur (uur)	Aantal patiënten
Klinische opname	Overige diagnoses	79	644
Klinische overplaatsing	0201	113	104
	0601	52	100
	1102	115	115
	1111	117	552
	1112	60	101
	1402	44	137
	Overige diagnoses	87	605

Tabel 12: Gemiddelde ligduur per diagnose/behandel categorie voor neurologie

Behandelcategorie	Diagnose	Gemiddelde ligduur (uur)	Aantal patiënten
Klinische opname	0927	32	452
	Overige diagnoses	58	886
Klinische overplaatsing	0005	78	101
	0006	89	112
	0016	103	119
	0042	132	186
	0401	153	266
	0421	152	101
	0431	167	194
	0491	177	129
	0701	76	100
	0927	101	105
	Geen diagnose	96	130
Overige diagnoses	123	1934	

Tabel 13: Gemiddelde ligduur per diagnose/behandel categorie voor interne geneeskunde

Van de patiënten die op het moment van voorspellen op de afdeling liggen is het specialisme, de behandelcategorie en de diagnose bekend. Van de patiënten die tussen het moment van voorspellen en de periode van voorspellen de afdeling binnen komen is dit niet bekend. Daarom wordt er een gemiddelde ligduur per specialisme bepaald. De verwachte ligduur van de patiënten die tussentijds worden opgenomen wordt gesteld op de gemiddelde ligduur van het specialisme waarin hij is ondergebracht. Deze zijn weergegeven in tabel 14.

Specialisme	Gemiddelde Ligduur (uur)	Aantal patiënten
Longgeneeskunde	131	3558
Neurologie	88	2377
Interne geneeskunde	91	4666

Tabel 14: Gemiddelde ligduur van patiënten per specialisme

Procedure voor het voorspellen van de uitstroom

Nu de verwachte ligduren voor patiënten per diagnose/behandelcategorie en specialisme bepaald zijn kan het aantal patiënten dat de afdeling verlaat voorspeld worden. De stappen die doorlopen moeten worden zijn:

Stap 1: Bepaal voor de patiënten die op het moment van voorspellen aanwezig zijn de verwachte ligduur (Bijlage 1).

Stap 2: Tel bij het instroommoment van de patiënten hun verwachte ligduur op en bepaal zo hun uitstroommoment.

Stap 3: Bepaal of de patiënten in de periode van voorspellen nog aanwezig zijn op de afdelingen.

Stap 4: Bereken met behulp van het Holt-Winters voorspellingsmodel de instroom van patiënten per specialisme.

Stap 5: Bepaal, door bij het instroommoment de verwachte ligduur van het specialisme (tabel 11) op te tellen, het uitstroommoment van deze patiënten.

Stap 6: Bepaal of deze patiënten in de periode van voorspellen nog aanwezig zijn op de afdelingen.

Stap 7: Tel de patiënten die niet meer aanwezig zijn tussen de huidige periode en de voorspelde periode (bepaald in stap 3 en 6) bij elkaar op. Dit is het voorspelde aantal patiënten dat de afdeling verlaat ($V(t, t+\tau)$ in formule 6).

6. Resultaten modelvalidatie en modelkeuze

In dit hoofdstuk worden de voorspellingsmodellen die in de paragrafen 5.1 en 5.2 zijn ontworpen worden op deze eisen, randvoorwaarden en criteria getoetst. Naast de twee ontworpen voorspellingsmodellen wordt tevens het huidige lange termijn voorspellingsmodel (paragraaf 3.1) op de eisen, randvoorwaarden en criteria getoetst. Op basis van deze toetsing wordt het beste voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn gekozen. Allereerst worden de resultaten van de modelvalidatie besproken en vervolgens wordt het beste voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn gekozen.

6.1 Resultaten modelvalidatie

De voorspellingsmodellen hebben het aantal bezette bedden voorspeld voor de periode 1-7-2011 tot en met 31-12-2011. Deze voorspellingen zijn vergeleken met het werkelijk aantal bezette bedden in die periode. Doormiddel van de resultaten in deze modelvalidatie worden de voorspellingsmodellen geëvalueerd. De resultaten worden per criteria die is opgesteld besproken.

Nauwkeurigheid van het model

De criteria nauwkeurigheid wordt beoordeeld doormiddel van het bepalen van de gemiddelde Mean Absolute Deviation (gemiddelde onnauwkeurigheid) van de voorspellingsmodellen (formule 5). In tabel 15 is deze gemiddelde onnauwkeurigheid per specialisme voor de drie voorspellingen gegeven. Tevens is de gemiddeld aantal bezette bedden gegeven.

Specialisme	MAD Lange termijn voorspellingsmodel	MAD Tijdreeksvoorspelling	MAD Causale voorspelling	Gemiddeld aantal bezette bedden
Longgeneeskunde	3.6	4.0	4.3	23.6
Neurologie	5.6	2.9	5.5	17.2
Interne geneeskunde	4.9	4.2	5.6	36.4

Tabel 15: Gemiddelde onnauwkeurigheid per specialisme per voorspellingsmethode

De grote onnauwkeurigheid van het tijdreeksvoorspellingsmodel en het causale voorspellingsmodel kan als rede hebben dat het voorspellingsmodel is getest op maar een half jaar data. Tevens zijn de voorspellingsmodellen gebouwd op twee jaar data. Dit kan leiden tot een grote onnauwkeurigheid van de voorspellingsmodellen omdat bijvoorbeeld één van de twee jaar erg afwijkt van de overige jaren.

Uit de waardes van tabel 15 blijkt dat de MAD van het causale voorspellingsmodel bij alle specialismen slechter is dan bij het tijdreeksvoorspellingsmodel. Dit is te verklaren doordat de instroom van de patiënten te veel fluctueert en de standaardafwijking van de gemiddelde ligduur per diagnose erg groot is. Ook in vergelijking met het lange termijn voorspellingsmodel scoort het causale voorspellingsmodel niet veel beter.

In vergelijking met het lange termijn voorspellingsmodel is het tijdreeksvoorspellingsmodel bij de specialismen neurologie en interne geneeskunde aanzienlijk nauwkeuriger. Bij het specialisme longgeneeskunde scoort op de criteria nauwkeurigheid het lange termijn voorspellingsmodel en het tijdreeksvoorspellingsmodel ongeveer even goed. Dit is te verklaren doordat bij het specialisme longgeneeskunde een duidelijker seizoenspatroon op de lange termijn te herkennen is. Omdat bij dit lange termijn voorspellingsmodel dit seizoenspatroon wordt meegenomen, werkt waarschijnlijk het lange termijn voorspellingsmodel bij longgeneeskunde beter dan bij de andere specialismen.

Aantal gegevens handmatig invoeren

Bij het lange termijn voorspellingsmodel moeten de minste gegevens handmatig ingevoerd worden. Bij dit voorspellingsmodel wordt jaarlijks een voorspelling gedaan waarbij alleen de gemiddelde ligduur en het verwachte aantal patiënten opnieuw ingevoerd moet worden. Bij het tijdreeksvoorspellingsmodel moet per dag het aantal bezette bedden worden ingevoerd. Bij het causale voorspellingsmodel moet per dag per patiënt de diagnose en de behandel categorie ingevoerd worden. Tevens moet de instroom van de dag ervoor ingevoerd worden.

Snelheid van voorspellen

Omdat het huidige voorspellingsmodel binnen Gelre Apeldoorn een jaarlijkse voorspelling doet en er nauwelijks gegevens handmatig ingevoerd hoeven te worden voorspeld dit voorspellingsmodel het snelst. In het tijdreeksvoorspellingsmodel moet dagelijks het aantal bezette bedden ingevoerd te worden, dit is zeer snel te doen. Ook het jaarlijks updaten van de seizoensfactoren in het tijdreeksvoorspellingsmodel kost niet veel tijd. Het causale voorspellingsmodel neemt echter wel meer tijd in beslag. Dagelijks moet een aantal gegevens handmatig ingevoerd worden en jaarlijks moet de gemiddelde ligduur per diagnose en de seizoensfactoren opnieuw bepaald worden.

6.2 Keuze van het voorspellingsmodel

In deze paragraaf wordt het beste voorspellingsmodel voor Gelre Apeldoorn gekozen. Alle drie de voorspellingsmodellen voldoen aan alle eisen en aan alle randvoorwaarden die zijn opgesteld. Daarom wordt het model gekozen aan de hand van de criteria. In tabel 16 is weergegeven hoe de verschillende criteria scoren bij de verschillende specialismen. Hierbij is voor de criteria aantal gegevens handmatig invoeren en snelheid van voorspellen een driepuntsschaal gekozen (goed, gemiddeld en slecht).

	Criteria	Lange termijn voorspellingsmodel	Tijdreeksvoorspellingsmodel	Causaal Voorspellingsmodel
Long-geneeskunde	Nauwkeurigheid	3.6	4.0	4.3
	Aantal gegevens handmatig invoeren	Goed	Gemiddeld	Slecht
	Snelheid van voorspellen	Goed	Gemiddeld	Slecht
Neurologie	Nauwkeurigheid	5.6	2.9	5.5
	Aantal gegevens handmatig invoeren	Goed	Gemiddeld	Slecht
	Snelheid van voorspellen	Goed	Gemiddeld	Slecht
Interne geneeskunde	Nauwkeurigheid	4.9	4.2	5.6
	Aantal gegevens handmatig invoeren	Goed	Gemiddeld	Slecht
	Snelheid van voorspellen	Goed	Gemiddeld	Slecht

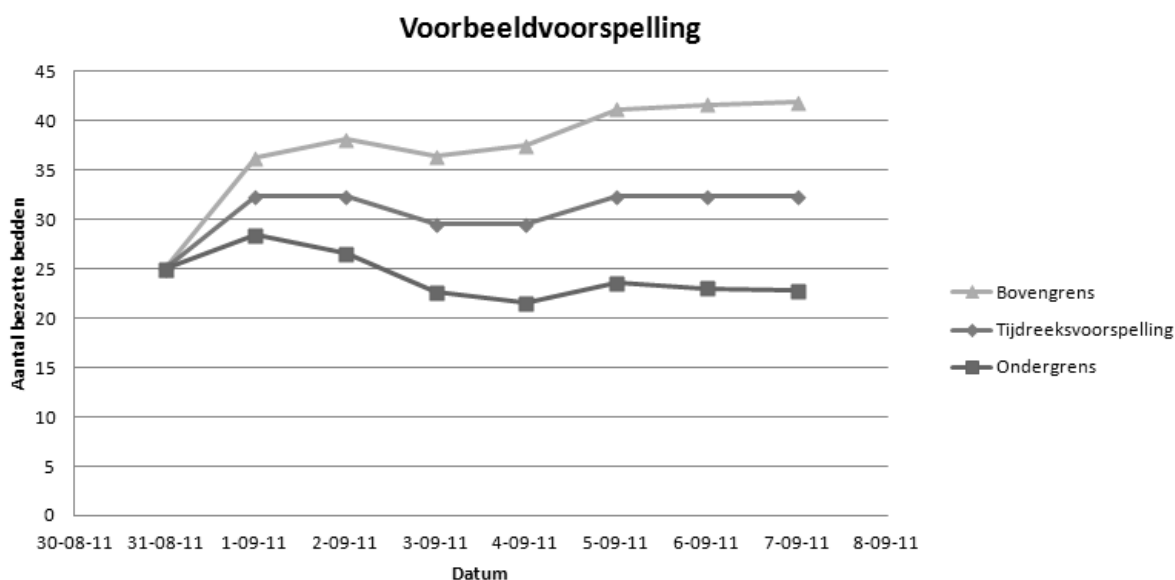
Tabel 16: Scores van de criteria voor de voorspellingsmodellen per specialisme

Bij de specialismen neurologie en interne geneeskunde is het tijdreeksvoorspellingsmodel het beste voorspellingsmodel om op korte termijn het aantal bezette bedden te voorspellen. Het model is een stuk nauwkeuriger dan de overige modellen. Het voorspellingsmodel scoort iets slechter op de criteria het aantal gegevens dat handmatig invoeren en de snelheid van voorspellen, maar dit verschil is erg klein. Omdat de nauwkeurigheid van het voorspellingsmodel de belangrijkste criteria is, is het tijdreeksvoorspellingsmodel gekozen voor de specialismen neurologie en interne geneeskunde.

Bij het specialisme longgeneeskunde scoren het lange termijn voorspellingsmodel en het tijdreeksvoorspellingsmodel ongeveer even goed. Omdat het tijdreeksvoorspellingsmodel het beste scoort bij de overige specialismen wordt ook voor longgeneeskunde het tijdreeksvoorspellingsmodel gekozen. Hierdoor kan het regiebureau bij elk specialisme op dezelfde wijze voorspellen, wat gemakkelijker is dan het hanteren van twee verschillende voorspellingsmethoden.

Voor het voorspellen van het bezette bedden voor de drie specialismen samen worden de drie voorspellingen bij elkaar opgeteld. De onafhankelijke tijdreeksvoorspellingen van het aantal bezette bedden voor de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde worden bij elkaar opgeteld om tot een totaal aantal bezette bedden voor de beschouwende afdelingen te komen.

In figuur 9 is een voorbeeld van een voorspelling met behulp van het tijdreeksvoorspellingsmodel gegeven. Hierbij zijn het aantal bezette bedden voorspeld voor het specialisme longgeneeskunde voor de periode 1-9-2011 tot en met 7-9-2011.



Figuur 9: Voorbeeldvoorspelling voor het specialisme longgeneeskunde (periode 1-9-2011 tot en met 7-9-2011)

7. Implementatie

In Hoofdstuk 6 is het tijdreeksvoorspellingsmodel gekozen om het aantal bezette bedden voor Gelre Apeldoorn te voorspellen. In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe Gelre Apeldoorn het beste de voorspellingen kan implementeren in hun werkwijze.

Het regiebureau bespreekt elke dag met de hoofden van de afdelingen de stand van zaken met betrekking tot de bedbezetting. Dit gebeurt elke dag om half 12. Het voorspellingsmodel dat is ontworpen voor Gelre Apeldoorn kan bijdragen bij het inzicht of de afdelingen genoeg bedden beschikbaar hebben voor de komende zeven dagen.

Met behulp van het gekozen korte termijn voorspellingsmodel kan het regiebureau elke dag om half 12 de verwachte aantal bezette bedden voor de komende zeven dagen voorspellen. Dit kan gedaan worden door het huidige aantal bezette bedden in het beddenhuis per specialisme in het voorspellingsmodel in te voeren. Het voorspellingsmodel geeft vervolgens een grafische weergave van het aantal bezette bedden voor de komende zeven dagen. Hierbij wordt ook de gemiddelde onnauwkeurigheid gegeven. Aan deze gemiddelde onnauwkeurigheid kan Gelre Apeldoorn zien of het voorspellingsmodel nog steeds even nauwkeurig voorspeld.

Jaarlijks moet Gelre Apeldoorn de seizoensfactoren actualiseren. Het regiebureau kan dit doen door jaarlijks het gemiddeld aantal bezette bedden voor de gekozen seizoenen te bepalen. Deze moet gedeeld worden door het gemiddeld aantal bezette bedden van dat jaar. Wanneer de factor, die uit de berekening volgt, niet veel afwijkt van de huidige seizoensfactor hoeft het regiebureau de factor niet te wijzigen. Wanneer dit wel het geval is dat moet het regiebureau de factor actualiseren door alleen de laatste vier jaar mee te wegen bij de bepaling van de seizoensfactoren.

In overleg met de manager patiëntenlogistiek (Bredenhoff, 2012) is besloten om op dit moment het tijdreeksvoorspellingsmodel verder niet te gaan implementeren voor Gelre Apeldoorn. Een gemiddelde voorspelfout van drie bedden is te veel, er komt hierdoor niet veel meer inzicht in het aantal bezette bedden op de afdelingen in de toekomst. Het voorspellingsmodel is dus te onnauwkeurig om op de goede momenten de pieken en dalen in het aantal bezette bedden te voorspellen. Hierdoor kan het voorspellingsmodel op dit moment geen goede bijdrage leveren bij het maken van de personeelsplanning en bij het verminderen van opnamestops.

8. Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is de volgende probleemstelling voor Gelre Apeldoorn opgesteld:

Hoe kan het regiebureau patiëntenlogistiek binnen Gelre Apeldoorn het aantal bezette bedden op de verpleegafdelingen van de specialismen longgeneeskunde, interne geneeskunde en neurologie voorspellen met behulp van een voorspellingsmodel voor ten minste de komende zeven dagen?

Met behulp van deze onderzoeksvraag is er een werkwijze ontwikkeld om een voorspelling te doen van het aantal bezette bedden binnen Gelre Apeldoorn. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek voor Gelre Apeldoorn gegeven.

8.1 Conclusies

Om de probleemstelling te kunnen beantwoorden worden in deze paragraaf de onderzoeksvragen die in paragraaf 2.3 zijn opgesteld uitgewerkt. Per onderzoeksvraag worden de belangrijkste conclusies behandeld.

Context

Wat is de huidige werkwijze van het voorspellen van patiëntenstromen binnen het regiebureau?

Op dit moment voorspelt Gelre Apeldoorn het aantal bezette bedden op weekniveau door het jaar heen. Het Gelre Apeldoorn voorspelt het aantal bezette bedden met behulp van het voorspellingsmodel dat Van Haagen (2009) heeft ontworpen.

Welke voorspellingen heeft het regiebureau binnen Gelre Apeldoorn nodig?

Om beter te kunnen inspelen op de grote fluctuatie in het aantal bezette bedden, is voor Gelre Apeldoorn een voorspelling op dagniveau voor de komende zeven dagen gewenst. Deze voorspelling moet het verwachte bezette bedden weergeven om half 12 's ochtends voor de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde.

Wat zijn de wensen van het regiebureau voor het voorspellingsmodel?

Het voorspellingsmodel moet zo nauwkeurig en snel mogelijk het voorspelde bezette aantal bedden weergeven voor de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde. Hierbij moet een voorspellingsinterval worden gegeven van 85%. De voorspellingen moeten uitgevoerd worden met behulp van de software dat binnen Gelre Apeldoorn beschikbaar is.

Welke gegevens over patiëntenstromen zijn er beschikbaar binnen Gelre Apeldoorn?

Binnen Gelre Apeldoorn zijn er patiëntgegevens van tweeënhalf jaar bekend (periode 1-7-2009 tot en met 31-12-2011). Hierbij worden alle gegevens van opname tot ontslag van een patiënt tot op de minuut nauwkeurig geregistreerd.

Literatuuronderzoek

Welke voorspellingsmodellen voor het voorspellen van patiëntenstromen op de korte termijn draagt de literatuur aan?

Het verwachte aantal bedden kan het best voorspeld worden door middel van een tijdreeksvoorspellingsmodel de Holt-Winters methode en een causaal voorspellingsmodel op basis van het schatten van de verwachte ligduur per patiënt. De Holt-Winters methode is een tijdreeksvoorspellingsmodel die gebruikt maakt van een seizoensfactor en een trendfactor. Het causale voorspellingsmodel voorspelt het aantal bezette bedden door afzonderlijk van elkaar de instroom en de uitstroom te voorspellen.

Hoe kan de nauwkeurigheid van de verschillende voorspellingsmodellen gemeten worden?

De nauwkeurigheid van de voorspellingsmodellen kan gemeten worden door het bepalen van de Mean Absolute Deviation. De MAD meet het verschil tussen de voorspelde waarden en de uiteindelijk uitgekomen waarden.

Op welke manier kan de betrouwbaarheid van de voorspellingen weergegeven worden?

De betrouwbaarheid van de voorspellingsmodellen kan worden weergegeven doormiddel van een voorspellingsinterval. Dit interval geeft weer hoeveel procent van de toekomstige waarden binnen het interval vallen. Voor Gelre Apeldoorn is gekozen om een 85% voorspellingsinterval te geven.

Modelontwerp

Hoe kunnen de voorspellingsmodellen ontworpen worden om voorspellingen te doen van het aantal bezette bedden binnen Gelre Apeldoorn?

Het tijdreeksvoorspellingsmodel is aangepast voor Gelre Apeldoorn door de trendfactor en het updaten van de seizoensfactoren uit het Holt-Winters voorspellingsmodel te halen. Daarnaast zijn er seizoensfactoren opgesteld voor de dag in de week en voor de maand in het jaar. Door vervolgens het voorspellingsmodel toe te passen op de patiëntgegevens kan de smoothing factor bepaald worden.

Bij het causale voorspellingsmodel wordt de instroom voorspeld door middel van het Holt-Winters voorspellingsmodel. Bij dit voorspellingsmodel wordt ook de trendfactor en het updaten van de seizoensfactoren weggehaald. Bij dit voorspellingsmodel zijn seizoensfactoren voor de dag in de week en voor de maand in het jaar opgesteld. Tevens zijn de smoothing factoren bepaald door middel van het toepassen van het model op instroom patiëntgegevens. De uitstroom wordt voorspeld door het bepalen van de verwachte ligduur van patiënten. Dit wordt gedaan op basis van de diagnose, behandelcategorie en het specialisme dat de patiënt is opgenomen. Door patiënten onder te brengen in categorieën wordt de verwachte ligduur van patiënten berekend. Met behulp van deze verwachte ligduur wordt het uitstroommoment van de patiënten bepaald. Op deze wijze voorspellen we het aantal patiënten dat de afdelingen uitstroomt.

Modelvalidatie en Keuze van het voorspellingsmodel

Op welke wijze kan er een experiment plaatsvinden om het voorspellingsmodel te testen op de huidige patiëntenstromen?

Er zijn patiëntgegevens van tweeënhalf jaar bekend (periode 1-7-2009 tot en met 31-12-2011). Met behulp van de eerste twee jaar patiëntgegevens worden de voorspellingsmodellen ontworpen. Vervolgens worden de voorspellingsmodellen getest op het laatste half jaar patiëntgegevens om te beoordelen welke voorspellingsmodel het beste werkt voor Gelre Apeldoorn.

Hoe nauwkeurig zijn de voorspellingen van het voorspellingsmodel?

Het tijdreeksvoorspellingsmodel is bij de specialismen neurologie en interne geneeskunde het nauwkeurigst. Bij het specialisme longgeneeskunde zijn het lange termijn voorspellingsmodel en het tijdreeksvoorspellingsmodel even nauwkeurig.

Hoe kunnen de gekozen criteria worden afgewogen?

De criteria nauwkeurigheid van de voorspellingsmodellen is het belangrijkste voor Gelre Apeldoorn. Wanneer een voorspellingsmodel duidelijk nauwkeuriger is dan de andere voorspellingsmodellen en niet te veel tijd in beslag neemt wordt dit voorspellingsmodel gekozen.

Welk voorspellingsmodel is het meest geschikt om de patiëntenstromen te voorspellen?

Het tijdreeksvoorspellingsmodel is het meest geschikt om het bezette aantal bedden binnen de verpleegafdelingen te voorspellen. Bij de specialismen neurologie en interne geneeskunde is dit voorspellingsmodel aanzienlijk nauwkeuriger. Voor het specialisme longgeneeskunde wordt tevens het tijdreeksvoorspellingsmodel gekozen omdat dit het beste aansluit bij de keuze van het tijdreeksvoorspellingsmodel voor de andere specialismen.

Implementatie

Hoe kan Gelre Apeldoorn het voorspellingsmodel gebruiken om patiëntenstromen op de korte termijn te voorspellen?

Gelre Apeldoorn kan het aantal bezette bedden voor zeven dagen in de toekomst voorspellen door het huidige aantal bezette bedden in te voeren in het voorspellingsmodel. Het voorspellingsmodel geeft dan de voorspelling van het aantal bezette bedden voor zeven dagen in de toekomst met daarbij het voorspellingsinterval.

Hoe kan het voorspellingsmodel worden geïntegreerd in de werkwijze van het regiebureau patiëntenlogistiek?

Voor Gelre Apeldoorn is de aanbeveling gedaan om het voorspellingsmodel niet te integreren binnen de werkwijze van het regiebureau. De voorspellingen van het voorspellingsmodel zijn namelijk niet nauwkeurig genoeg om als goede input te dienen voor de personeelsplanning. Tevens helpt het voorspellingsmodel niet om opnamestops te voorkomen.

8.2 Aanbevelingen

Binnen dit onderzoek is er een tweetal korte termijn voorspellingsmodellen uitgewerkt voor Gelre Apeldoorn. De twee voorspellingsmodellen zijn niet nauwkeurig genoeg om op de korte termijn een goede voorspelling te doen van het aantal bezette bedden.

Het gekozen tijdreeksvoorspellingsmodel is ontworpen met behulp van twee jaar patiëntgegevens en zijn gevalideerd met behulp van een half jaar patiëntgegevens. Als aanbeveling voor Gelre Apeldoorn is om het voorspellingsmodel in de toekomst te ontwerpen en te valideren met behulp van meer patiëntgegevens. Voor het modelontwerp kan het best een periode van vier jaar gebruikt worden. Voor de modelvalidatie kan het beste een periode van minimaal twee jaar gehanteerd worden. Er is dus minimaal zes jaar nodig om er echt zeker van te zijn dat de voorspellingsmodellen definitief niet goed werken.

Doordat de fluctuatie van het aantal bezette bedden op dagniveau erg groot is, is het erg lastig om voorspellingen te doen op dagniveau. De tijdstippen waarop de grote pieken en dalen in het aantal bezette bedden voorkomen zijn erg wisselend. Het is daarom ook lastig om voorspellingen te doen op dagniveau die een goede input zijn voor de personeelsplanning of die helpen met het voorkomen van opnamestops. Het is daarom ook maar de vraag of het tijdreeksvoorspellingsmodel in de toekomst wel goede voorspellingen kan gaan genereren.

Op dit moment voorspelt Gelre Apeldoorn het aantal bezette bedden op basis van het voorspellingsmodel van Van Haagen (2009). Dit geeft op de lange termijn een goede voorspelling van het aantal bezette bedden. De aanbeveling voor Gelre Apeldoorn is dan ook om door te gaan met deze voorspellingen.

9. Bronvermelding

Wetenschappelijke artikelen

Abraham, G. Byrnes, G.B. Bain, C.A. (2009). Short-Term Forecasting of Emergency Inpatient Flow. IEEE Transactions on information technology in biomedicine. Volume 13. Page: 380-388

Famer, R.D.T. Emami, J (1990). Models for forecasting hospital bed requirements in the acute sector. Journal of Epidemiology and Community Health. Volume: 44. Page: 307-312

Lin, W.T. (1989). Modelling and forecasting hospital patient movements: Univariate and multiple time series approaches. International Journal of Forecasting. Page: 195-208.

Rapport

Van Haagen, S.H.M. (2009). Zijn er voldoende bedden gespreid? Een onderzoek naar voorspelbaarheid van de fluctuatie in de beddenbezetting van de specialismen interne geneeskunde, longgeneeskunde en neurologie. Universiteit Twente

Boeken

Hopp, J.W. Spearman, M.L. (2008). Factory physics. New York, Third edition: McGraw Hill.

Silver, E.A. Pyke, D.F. Peterson, R (1998). Inventory management and production planning and scheduling. Third edition, New York: John Wiley & Sons, Inc.

Reader

Meyer, T.M.J. (2009). Statistiek en Kansrekening, Universiteit Twente.

Internetsites

Van der Haagen, M (2004). Project DBC zorg VUmc. *Powerpointslides over de werking van DBC-nummers*. www.cbv.nl/images/Haagen_CBV_08-06-04.ppt

Interviews

Bredenhoff. E (2012). Manager Patiëntenlogistiek Gelre Apeldoorn.

Bijlage

Bijlage 1: Seizoensfactoren

In subparagraaf 5.1.2 en 5.2.3 zijn er seizoensfactoren opgesteld voor de voorspellingsmodellen. In paragraaf 5.1.2 is dit gedaan voor het tijdreeksvoorspellingsmodel en in 5.2.3 voor het causale voorspellingsmodel. In deze bijlage geven we de uiteindelijk gebruikte seizoensfactoren.

Tijdreeksvoorspellingsmodel

Specialisme	Maand in het jaar	Dag in de week	Seizoensfactor
Longgeneeskunde	Januari t/m maart	Week	1.21
		Weekend	1.10
	Juli en augustus	Week	0.79
		Weekend	0.72
	Overige maanden	Week	1.03
		Weekend	0.94
Neurologie	Juli, augustus en december	Week	0.92
		Weekend	0.84
	Overige maanden	Week	1.08
		Weekend	0.98
Interne geneeskunde	Alle maanden	Week	1.04
		Weekend	0.91

Tabel 17: Seizoensfactoren tijdreeksvoorspellingsmodel

Causaal voorspellingsmodel

Specialisme	Maand in het jaar	Dag in de week	Seizoensfactor
Longgeneeskunde	Juli en augustus	Maandag	0.65
		Dinsdag	1.07
		Woensdag t/m vrijdag	0.91
		Zaterdag	0.65
		Zondag	0.35
	Overige Maanden	Maandag	0.87
		Dinsdag	1.44
		Woensdag t/m vrijdag	1.23
		Zaterdag	0.87
		Zondag	0.47
Neurologie	Alle maanden	Maandag	0.90
		Dinsdag	1.68
		Woensdag t/m vrijdag	1.08
		Zaterdag	0.68
		Zondag	0.49
Interne geneeskunde	Alle maanden	Maandag	0.98
		Dinsdag	1.42
		Woensdag t/m vrijdag	1.12
		Zaterdag	0.78
		Zondag	0.45

Tabel 18: Seizoensfactoren causaal voorspellingsmodel

Bijlage 2: Reflectieverslag

In de periode van 23 april tot 1 oktober 2012 heb ik mijn bacheloropdracht uitgevoerd binnen het regiebureau van Gelre Apeldoorn. Mijn begeleider binnen Gelre Apeldoorn was Eelco Bredenhoff en de begeleider van de universiteit was Matthieu van der Heijden.

De opdracht

Binnen Gelre Apeldoorn heb ik een onderzoek gedaan naar het voorspellen van het aantal bezette bedden voor de specialismen longgeneeskunde, neurologie en interne geneeskunde. Ik vond het een erg uitdagend onderzoek maar ook erg ingewikkeld. Er moest veel data worden geanalyseerd en omdat de gewenste resultaten niet kwamen was ik deze constant aan het verbeteren. Tevens vond ik het werken met Excel in het begin erg lastig. Met dit programma had ik nog niet heel veel ervaring.

De begeleiding

De begeleiding binnen Gelre Apeldoorn door Eelco Bredenhoff vond ik erg goed. Ondanks dat Eelco Bredenhoff soms erg druk was, wist hij altijd wel een gaatje voor mij vrij te maken. Tijdens de besprekingen merkte ik dat Eelco Bredenhoff veel verstand heeft van het schrijven van rapporten. Hierdoor werd ik ook vooral tekstueel en inhoudelijk heel goed door hem begeleid. Daarnaast gaf E. Bredenhoff vaak een goede input voor het wiskundige gedeelte van de opdracht.

Tijdens de opdracht heb ik een aantal keer een gesprek gehad met Matthieu van der Heijden. Hij is eenmaal naar Gelre Apeldoorn toegekomen om naar mijn werkplek te kijken. Dit vond ik erg positief, hierdoor voel je dat de begeleider op de universiteit ook erg betrokken is bij de opdracht. Matthieu van der Heijden heeft mij vooral erg geholpen met het maken van de voorspellingen. Het was erg plezierig dat hij veel afwist van het maken van voorspellingen. Je kon Matthieu van der Heijden altijd bellen en hij stond altijd voor je klaar.

Leerdoelen

De bacheloropdracht vond ik het meest nuttige onderdeel binnen de opleiding Technische Bedrijfskunde. De opdracht geeft je veel inzicht in het werk wat later van je verwacht wordt. Doordat ik heb meegelopen in een bedrijfsproces heb ik erg veel geleerd. Ik heb geleerd om goede planningen te maken, afspraken te plannen en interviews te houden.

Wat ik vooral heb geleerd is om op een goede manier te rapporteren. Het is erg lastig om een rapport goed gestructureerd op te bouwen. Binnen deze bacheloropdracht heb ik geleerd hoe elk onderdeel binnen een rapport aangepakt moet worden en hoe je de verschillende onderdelen het beste kunt beschrijven.

