



In deze bijdrage wordt met behulp van een simulatiestudie onderzocht hoe de bedden binnen het Elkerliek Ziekenhuis moeten worden herverdeeld om te komen tot een meer evenwichtige bedbezetting en een minimalisering van het aantal vreemdliggers.

# Slimmer toewijzen van ziekenhuisbedden met behulp van simulatie

**Kim Rietjens**      Q-Consult  
**Stan Janssen**      Elkerliek Ziekenhuis  
**Dennis Moeke**      HAN University of Applied Sciences

In deze bijdrage wordt met behulp van een simulatiestudie onderzocht hoe de bedden binnen het Elkerliek Ziekenhuis moeten worden herverdeeld (over het jaar heen en tussen de verschillende afdelingen) om te komen tot een meer evenwichtige bedbezetting en een minimalisering van het aantal vreemdliggers. Er wordt inzicht verschaft in de prestaties van vijf scenario's, waarbij de volgende prestatie-indicatoren zijn gehanteerd: bedbezetting, weigeringspercentage, percentage juist geplaatste patiënten en benodigde verpleegkundige capaciteit.

## Inleiding

### Achtergrond

Van ziekenhuizen wordt verwacht dat ze de benodigde patiëntenzorg tijdig en adequaat leveren zonder daarbij het beschikbare budget te overschrijden. Om aan deze verwachting te kunnen voldoen is het van belang om de beschikbare capaciteit van bijvoorbeeld bedden, operatiekamers, MRI-scanners en zorgprofessionals, zo slim mogelijk in te zetten.

Dit onderzoek focust zich op het bepalen van de benodigde bedden capaciteit. Hierbij is het van belang om een onderscheid te maken tussen de het aantal fysiek aanwezige bedden en het aantal operationele bedden. Operationele bedden zijn de bedden waar ook het juiste personeel voor beschikbaar is en dus 'open' zijn voor patiëntenzorg.

## Situatieschets

Deze bijdrage is gebaseerd op een onderzoek dat in 2017 - 2018 is uitgevoerd bij het Elkerliek Ziekenhuis in het kader van een afstudeeronderzoek (Rietjens, 2018).

Het Elkerliek Ziekenhuis is een algemeen ziekenhuis met in totaal zo'n 330 fysieke bedden. De focus van het onderzoek ligt op het bepalen van het benodigd aantal operationele bedden voor de verschillende klinische afdelingen binnen het ziekenhuis. De aanleiding van dit onderzoek was een toename in het aantal opnamestops, waarbij (1) 'vreemdliggers' (patiënten die worden opgenomen op een andere afdeling dan de gewenste afdeling) en (2) variabiliteit in de bedbezetting als mogelijke oorzaken werden benoemd. Op basis hiervan is de volgende centrale onderzoeksvraag geformuleerd:

*"Hoe moeten de bedden binnen het Elkerliek Ziekenhuis worden herverdeeld om de te komen tot een zo evenwichtig mogelijke bedbezetting en een minimalisering van het aantal vreemdliggers?"*

De volgende afdelingen zijn meegenomen in het onderzoek: de reguliere klinische afdelingen (zes afdelingen, zes specialismen, 156 bedden), de kortverblijfafdeling (een afdeling, 23 bedden) en de dagbehandelingsafdelingen (twee afdelingen, 40 bedden). De overige bedden (de intensive care, cardiac care, brain care, kinderafdeling en verloskunde), zijn buiten beschouwing gelaten. Deze bedden zijn, fysiek gezien of vanwege de benodigde apparatuur bij het bed, afwijkend.

## Literatuur

In de literatuur wordt benoemd dat een ziekenhuis met enkel acute patiënten opnamestops kan verwachten wanneer de bedbezetting boven de 85% komt. Wanneer deze boven de 90% komt kan dit zelfs met enige regelmaat worden verwacht (Bagust, Place, & Posnett, 1999); er is te weinig 'overcapaciteit' in het systeem aanwezig om (plotselinge) pieken in de vraag te kunnen opvangen.

In de literatuur is daarnaast gekeken naar onderzoeken over het berekenen van de benodigde bedden capaciteit. Het aankomstproces van patiënten speelt een belangrijke rol bij het bepalen van de capaciteitsbehoefte. De literatuur beschrijft dat het aankomstproces vaak een Poisson-verdeling volgt (Kokangul, 2008; De Bruin et al., 2010; Laheij et al., 2019). In de literatuur wordt tenslotte het Erlang Loss Model omschreven als een model dat gebruikt kan worden voor het bepalen van het benodigd aantal bedden (De Bruin et al., 2010; Laheij et al., 2019; Blais, et al., 2003).

De rest van deze bijdrage is als volgt opgebouwd. In de volgende paragraaf wordt de gehanteerde aanpak nader toegelicht. Vervolgens worden in paragraaf 3 de belangrijkste resultaten gepresenteerd. Deze bijdrage sluit af met conclusies.

## Aanpak

Om een antwoord te kunnen geven op de centrale onderzoeksvraag zijn de volgende deelvragen gehanteerd.

1. Hoe dienen de beschikbare bedden door het jaar heen te worden verdeeld om het aantal benodigde bedden te laten aansluiten bij de patiëntenstroom?
2. Hoe kunnen de bedden van de reguliere afdelingen flexibel worden gebruikt om 'vreemdliggen' te minimaliseren?
3. Wat is effect van het samenvoegen en/of veranderen van de afdelingen op het aantal benodigde bedden?
4. Hoe robuust is de voorgestelde herverdeling van operationele bedden?

Het onderzoek is onder te verdelen in zeven stappen.

Stap 1: Data-analyse;

Stap 2: Genereren patiëntenlijst;

Stap 3: Simulatiemodel;

Stap 4: Validatie;

Stap 5: Erlang Loss Model;

Stap 6: Scenarioanalyse;

Stap 7: Robuustheidsanalyse;

Voor de eerste stap, de data-analyse, is gebruik gemaakt van regressieanalyse om de seizoensinvloeden per afdeling/specialisme vast te stellen. Daarnaast is er een analyse gemaakt van het aankomstproces en de ligduren met als doel om de onderliggende (kans) verdelingen vast te stellen.

De tweede stap bestond uit het genereren van een patiëntenlijst (dagbehandeling, kortverblijf en regulier) voor een periode van 5 jaar. Ter ondersteuning van de vervolgstappen zijn er vijf willekeurig patiëntenlijsten gegenereerd op basis van de in stap 1 vastgestelde verdelingen.

Vervolgens is in stap 3 een simulatiemodel ontwikkeld waarmee de performance van verschillende scenario's kon worden beoordeeld (zie stappen 6 en 7). Het simulatiemodel is gemaakt in Excel VBA. De input voor het simulatiemodel bestaat enerzijds uit een gegenereerde lijst van patiënten (zie stap 2) en anderzijds uit een overzicht van het aantal operationele bedden (per afdeling en kamer). Tenslotte wijst het simulatiemodel patiënten toe op basis van een aantal onderliggende plaatsingsregels.

De plaatsingsregels hebben betrekking op:

- Het type bed (vast, flexibel of harmonica).
- De afdeling (juist; acceptabel, ongewenst).
- De tijd dat een bed leegstaat.

De simulatie bestaat uit het toewijzen van patiënten op de lijst in FIFO-volgorde (first in first out) aan beschikbare operationele bedden waarbij rekening wordt gehouden met de opgestelde plaatsingsregels. De uitkomst van de simulatie is een overzicht van de bedbezetting per uur van de dag voor een tijdsperiode van vijf jaar.

Om de verschillende scenario's te kunnen beoordelen (zie stappen 6 en 7) zijn er prestatie-indicatoren (PI) gedefinieerd:

- *PI1: Bedbezetting* = Tijd dat de bedden bezet zijn/aantal operationele bedden (uitgedrukt in tijd).
- *PI2: Weigeringspercentage* = Het aantal geweigerde patiënten/het totaal aantal te plaatsen patiënten.
- *PI3: Plaatsing van patiënten (juist)* = Het totaal aantal minuten juist geplaatst/totaal aantal geplaatste minuten.
- *PI4: Plaatsing van patiënten (eerste keer juist)* = Het aantal patiënten dat gelijk op de juiste afdeling werd geplaatst/totaal aantal geplaatste patiënten.
- *PI5: Benodigde verpleegkundige capaciteit* = Aantal FTE verpleegkundige o.b.v. het aantal operationele bedden m.b.v. ratio fte/bed.

72

Deze prestatie-indicatoren (PI's) worden berekend voor zowel het totale ziekenhuis als voor de afzonderlijke afdelingen.

In stap 4 (validatie) zijn de uitkomsten van het simulatiemodel vergeleken met de (historische) empirische prestaties.

Met behulp van het Erlang Loss Model is in stap 5 voor elk scenario (per afdeling) een inschatting gemaakt van het benodigd aantal operationele bedden. Het Erlang Loss Model is een M/M/c/c wachtrijmodel met de volgende variabele: het gemiddeld aantal aankomsten, de gemiddelde ligduur; het aantal bedden; de bedbezetting en het weigeringspercentage. In het kader van dit onderzoek zijn het gemiddeld aantal aankomsten, de gemiddelde ligduur en het weigeringspercentage de inputvariabelen geweest en het aantal benodigde bedden en gemiddelde bedbezetting de outputvariabelen.

In stap 6 zijn vijf scenario's met elkaar vergeleken. Deze scenario's sluiten aan op de deelvragen zoals geformuleerd aan het begin van deze paragraaf.

Tenslotte wordt in stap 7 een robuustheidsanalyse uitgevoerd om de robuustheid van het model vast te stellen en deelvraag 4 te kunnen beantwoorden.

## Resultaten

In deze paragraaf worden allereerst de resultaten van stappen 1, 4 en 5 beschreven. Vervolgens worden de verschillende scenario's toegelicht en wordt ingegaan op de uitkomsten van de scenarioanalyse. Bij het bespreken de uitkomsten ligt de nadruk op de PI's (zie paragraaf 2) en niet op het benodigd aantal bedden.

### Stap 1: Data-analyse

Voor een aantal specialismen op de reguliere afdelingen zijn de seizoensinvloeden, voor wat betreft de instroom van patiënten, vastgesteld. Om de seizoensinvloeden te bepalen is het jaar opgedeeld in zes perioden. Uit de resultaten blijkt dat instroom van patiënten voor de longafdeling voor bijna elk van de gedefinieerde perioden verschillend is. Verder valt op dat voor de afdelingen geriatrie en cardiologie er sprake is van een afname van instroom gedurende de zomerperiode. Tenslotte blijkt er voor de chirurgie en MDL-afdeling sprake te zijn van een grotere instroom van patiënten aan het begin van het jaar. Om geïdentificeerde seizoensinvloeden goed mee te nemen in het model is ervoor gekozen om voor de betreffende specialismen per periode de (kans)verdeling van de instroom vast te stellen.

Voor de instroom acute patiënten van de reguliere afdelingen is een Poisson-verdeling vastgesteld, waarbij onderscheid is gemaakt tussen week- en weekenddagen. Verder is gebleken dat de instroom van electieve patiënten van kortverblijf en dagbehandeling een normale verdeling volgt. Voor de kortverblijfafdeling is een onderscheid gemaakt per dag van de week. Tenslotte is voor de overige patiëntenstromen voor wat betreft de instroom gebruik gemaakt van de onderliggende empirische verdeling.

### Stap 4: Validatie

Uit de resultaten blijkt dat de uitkomsten van PI's van het simulatiemodel in sterke mate overeenkomen met de historische empirische prestaties.

### Stap 5: Erlang Loss Model

Per scenario is per afdeling, per periode (met behulp van het Erlang Loss Model), het aantal benodigde bedden berekend. Voor het gemiddeld aantal aankomsten en gemiddelde

ligduur zijn de werkelijke gemiddelde gebruikt. Voor de laatste inputvariabele, het weigeringspercentage, is voor iedere individuele afdeling met een percentage van 10 procent gerekend. Op ziekenhuisniveau komt dit neer op een weigeringspercentage van 2 procent. Dit komt overeen met het huidige weigeringspercentage.

### Stap 6: Scenarioanalyse

De scenario's die in deze subparagraaf worden beschreven, kennen een logische volgorde. Elk scenario betreft een uitgebreide en in de meeste gevallen verbeterde versie van het voorgaande scenario, waarbij scenario 1 volgt op de huidige situatie (S0). In elk van de scenario's blijft het totaal aantal bedden gelijk. Zie tabel 1 voor een overzicht van de prestaties (PI1 t/m PI5) van elk van de scenario's (S1 t/m S5). PI1 t/m PI4 zijn uitgedrukt in percentages, PI5 in Fte's.

**Tabel 1** Uitkomsten PI's per scenario

	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5
S0	88,3	4,6	92,7	61,0	110,5
S1	88,0	4,1	93,9	65,0	110,1
S2	87,6	3,8	95,9	70,7	109,6
S0*	85,7	4,6	92,7	61,0	123,3
S3	84,6	1,9	92,7	80,7	133,6
S4	82,6	1,4	97,4	82,5	125,3
S5	80,8	0,4	97,8	86,9	123,3

\* Vanaf hier wordt de dagbehandeling meegenomen in de scenario's.

#### Scenario 1 - Seizoenspatronen

De uitbreiding binnen het eerste scenario is enkel van toepassing op de reguliere afdelingen. Het beschikbaar aantal operationele bedden wordt in dit scenario gedurende het jaar herverdeeld op basis van de vastgestelde seizoenspatronen. Dit betekent dus wel dat er in januari bijvoorbeeld meer operationele bedden nodig zijn dan in augustus. Dit scenario resulteert in een verbetering van de prestaties op elk van de prestatie-indicatoren.

De uitkomst van dit scenario geeft tevens antwoord op deelvraag 1: Hoe dienen de beschikbare bedden door het jaar heen te worden verdeeld om het aantal benodigde bedden aan te laten sluiten bij de patiëntenstroom? De uitkomsten van scenario 1 laten zien dat het voor wat betreft de verdeling van de bedden capaciteit belangrijk is om rekening te houden met seizoenspatronen.

### *Scenario 2 - Flexibiliteit*

De uitbreiding binnen scenario 2 heeft wederom enkel betrekking op de reguliere afdelingen. Met scenario 1 als vertrekpunt is er in dit scenario, voor de beschouwde afdelingen, cardiologie, neurologie, longgeneeskunde, interne geneeskunde en MDL, een flexafdeling beschikbaar.

Het idee achter een flexafdeling is dat (de fluctuatie in) het aantal vreemdliggen op specialistische afdelingen wordt gereduceerd. Tevens kan de flexafdeling worden ingezet op het moment dat er te weinig bedden zijn op de specialistische afdelingen. Op die manier worden vreemdliggen op een overzichtelijke wijze geconcentreerd op één plek in het ziekenhuis. Ook dit scenario resulteert in verbetering van de prestaties op alle prestatie-indicatoren.

Met behulp van de uitkomst van dit scenario kan deelvraag 2 worden beantwoord: Hoe kunnen de bedden van de reguliere afdelingen flexibel worden gebruikt om vreemdliggen te minimaliseren? De uitkomsten van scenario 2 laten zien dat door het inrichten van een flexafdeling voor de beschouwde afdelingen de kans op vreemdliggen kan worden gereduceerd.

### *Scenario 3 –Splitsen*

Scenario 3 betreft een uitbreiding van het voorgaande scenario gericht op de reguliere afdelingen en de afdeling kortverblijf. In dit scenario worden acute patiënten zoveel mogelijk gescheiden van de electieve patiënten. Acute patiënten worden per specialisme op de reguliere afdelingen geplaatst en electieve patiënten worden samengevoegd op één afdeling. Wanneer dezelfde uitgangspunten voor bedbezetting worden toegepast als in de andere scenario's blijkt dat er meer operationele bedden nodig zijn dan dat er in het ziekenhuis beschikbaar zijn. Dit is in de resultaten te zien bij PI5. Aangezien dit scenario niet aan de gestelde voorwaarden voldoet is scenario 2 als vertrekpunt genomen voor scenario 4.

### *Scenario 4 - Samenvoegen*

Ook de uitbreiding binnen het vierde scenario richt zich op de reguliere afdelingen en de afdeling kortverblijf. In dit scenario wordt deze afdelingen samengevoegd. De afdeling kortverblijf wordt in dit scenario een reguliere afdeling waardoor deze ook op zaterdagmiddag en zondag geopend is, wat resulteert in een toename in benodigd personeel. In tabel 1 is te zien dat de prestaties van dit scenario er positief uitzien. De momenten dat er sprake is van een lage bedbezetting op de afdeling kortverblijf kunnen worden gebruikt om pieken in de instroom van patiënten van de regulieren afdelingen op te vangen. Ondanks dat er meer personeel nodig is, wordt dit scenario gezien als een verbetering ten opzichte van scenario 2.



Op basis van de uitkomsten van scenario 4 kan deelvraag 3 worden beantwoord: Wat is effect van het samenvoegen en/of veranderen van de afdelingen op het aantal benodigde bedden? Scenario 4 laat zien dat het samenvoegen van afdelingen een positief effect heeft op de prestaties, en daarmee indirect ook op het aantal benodigde bedden. Het samenvoegen van afdelingen zorgt ervoor dat fluctuaties in de patiëntenstroom beter kunnen worden opgevangen.

#### *Scenario 5 – Opnemen zonder bed*

Met scenario 4 als vertrekpunt wordt dit scenario 'opnemen zonder bed' toegepast op alle electieve patiënten met een operatie op de dag van aankomst. Met opnemen zonder bed wordt bedoeld dat electief chirurgische patiënten pas na de operatie op de afdeling terechtkomen. De uitbreiding binnen dit scenario heeft weer alleen betrekking op de patiënten van de reguliere afdelingen en de afdeling kortverblijf. Dit scenario resulteert in (1) een verkorting van de gemiddelde ligduur en (2) een besparing op het benodigde aantal bedden en verpleegkundigen. Ook de overige prestatie-indicatoren tonen een positief effect.

76

Een randvoorwaarde bij het doorvoeren van dit scenario is dat het mogelijk gemaakt moet worden om de betreffende patiënten voorafgaand aan de operatie op een andere plek in het ziekenhuis op te vangen. Op basis van een eerste onderzoek lijkt de afdeling dagbehandeling hiervoor geschikt te zijn. Scenario 5 geeft niet direct antwoord op één van de deelvragen, maar is wel interessante optie voor het Elkerliek Ziekenhuis.

#### **Stap 7: Robuustheidsanalyse**

Tot slot is de robuustheid van het model getoetst. Scenario 5 is als basis gebruikt voor de onderliggende analyses. Om de robuustheid te toetsen is gekeken naar het effect van (1) een reductie van de gemiddelde ligduur en (2) een toename van de instroom van patiënten op de uitkomsten (=prestatie-indicatoren) van het simulatiemodel.

Uit de analyses blijkt het verkorten van gemiddelde ligduur een positief effect heeft op de prestaties. Daarentegen leidt een toename van de instroom van patiënten tot een verslechtering van de prestaties. Deze uitkomst komt overeen met de verwachtingen.

Op basis van deze robuustheidsanalyse kan worden gesteld dat bij een significante verandering van de gemiddelde ligduur of het instroomvolume, de totaal beschikbare bedden capaciteit opnieuw berekend dient te worden. Daarmee is deelvraag 4: 'Hoe robuust is de voorgestelde herverdeling van operationele bedden?' beantwoord.

## Conclusies

In deze bijdrage is een simulatiemodel gepresenteerd met als doel een antwoord te kunnen geven op de volgende centrale onderzoeksvraag: *'Hoe moeten de bedden binnen het Elkerliek Ziekenhuis worden herverdeeld om de te komen tot een zo evenwichtig mogelijke bedbezetting en een minimalisering van het aantal vreemdliggers?'*

Met de centrale onderzoeksvraag in het achterhoofd kunnen op basis van scenario-analyses de volgende conclusies worden getrokken:

- Neem de seizoensinvloeden mee.
- Creëer een flexibele afdeling.
- Voeg, waar mogelijk, afdelingen samen.
- Pas, indien mogelijk, het principe 'opnemen zonder bed' toe.

Wel geldt dat bij significante veranderingen in termen van gemiddelde ligduur en/of instroomvolume de totaal beschikbare bedden capaciteit opnieuw dient te worden berekend.

Tot slot kan vanuit een breder perspectief worden geconcludeerd dat datagedreven capaciteitsplanningstools (in dit geval simulatie) een belangrijke meerwaarde kunnen hebben bij het slimmer inzetten van de beschikbare capaciteit.

77

## Referenties

- Bagust, A., Place, M., & Posnett, J. W. (1999). Dynamics of bed use in accommodating emergency admissions: stochastic simulation model. *Bmj*, 319(7203), 155-158.
- Blais, M. A., Matthews, J., Lipkis-Orlando, R., Lechner, E., Jacobo, M., Lincoln, R., Goodman, A. F. (2003). Predicting length of stay on an acute care medical psychiatric inpatient service. *Administration and Policy in Mental Health*, 31(1), 15–29.
- De Bruin, A. M., Bekker, R., Van Zanten, L., & Koole, G. M. (2010). Dimensioning hospital wards using the Erlang loss model. *Annals of Operations Research*, 178(1), 23-43.
- Kokangul, A. (2008). A combination of deterministic and stochastic approaches to optimize bed capacity in a hospital unit. *Computer methods and programs in biomedicine*, 90(1), 56-65.
- Laheij, G., Moeke, D., Westerman, R., Hertman, F., Migchielsen, A. (2019). Onderzoek naar de logistieke inrichting van een acute opname afdeling bij het CWZ: hoeveel bedden zijn er nodig?. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, 8, 47-61.
- Rietjens, K. (2018). *Hospital bed capacity determination of the required number of operational beds in different scenarios by analyzing several performance indicators using simulation* (master thesis). TU Eindhoven. Geraadpleegd van [https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/101389087/Master\\_Thesis\\_Kim\\_Rietjens.pdf](https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/101389087/Master_Thesis_Kim_Rietjens.pdf)