

# De grootte van zorgeenheden: een logistieke benadering

Correspondentieadres:

**Ir. Arnoud M. de Bruin**

Stafadviseur patiëntenlogistiek & capaciteitsmanagement, VU medisch centrum, divisie IV

Promovendus, VU Faculteit Exacte Wetenschappen (Onderzoeksgroep: Optimalisatie van Bedrijfsprocessen)

De Boelelaan 1117 (kamer 6X.185), Postbus 7075, 1007 MB, Amsterdam

Email: [am.debruin@vumc.nl](mailto:am.debruin@vumc.nl) of [debruin@few.vu.nl](mailto:debruin@few.vu.nl)

Internet: [www.few.vu.nl/~debruin](http://www.few.vu.nl/~debruin)

Telefoon: +31 (0)20 4443068

&

**B. C. Nijman**

VU medisch centrum

Zorgmanager divisie IV

&

**M. F. Caljouw**

VU medisch centrum

Manager bedrijfsvoering divisie IV

&

**Dr. M. C. Visser**

VU medisch centrum

Afdeling neurologie

&

**Prof. Dr. G. M. Koole**

VU universiteit, Faculteit Exacte Wetenschappen, Afdeling Wiskunde

Hoogleraar Optimalisatie van Bedrijfsprocessen

# Samenvatting

## *Stellingen*

- Binnen ziekenhuizen spelen historisch verworven rechten een te grote rol bij capaciteitsvraagstukken. Hierdoor is scheefgroei ontstaan tussen werkelijke behoefte en wat beschikbaar wordt gesteld. Eén van de belangrijkste kwesties, de beddenverdeling, vindt feitelijk plaats op oneigenlijke gronden.
- Bij het oplossen van capaciteitsvraagstukken wordt nog weinig gebruik gemaakt van kwantitatieve methoden en technieken uit de “Operationele Research<sup>1</sup>”.
- De huidige configuratie van zorgeenheden wordt gekenmerkt door sterke fragmentatie. Dit resulteert in veel, relatief kleine, afdelingen. Deze zijn per definitie inefficiënt.
- De discussie over bedbezetting is diffuus en verwarrend. Er bestaat onduidelijkheid over de gekozen definitie. Op dit moment wordt de bezetting berekend op basis van verpleegdagen. Dit geeft onvoldoende inzicht in de werkelijke benutting van zorgeenheden.
- Sturen op één norm voor de bedbezetting (85%) van alle zorgeenheden is contraproductief. De norm voor het bezettingspercentage van zorgeenheden moet in relatie worden gezien met de grootte van een afdeling.
- Zorgeenheden hebben te maken met schaaffecten. Naarmate afdelingen groter worden kunnen ze opereren bij een hoger bezettingspercentage terwijl de kans op een weigering gelijk blijft of zelfs afneemt (schaalvoordelen).
- Deze schaalvoordelen bieden volop kansen voor efficiency verhoging. Het samenvoegen van afdelingen, of het uitwisselbaar maken van de bedden, heeft een blijvend positief effect op de bedrijfsvoering.

---

<sup>1</sup> Definitie Operational Research (Morse and Kimball, 1951):

Operational Research is a scientific method for providing executive departments with a quantitative basis for decisions regarding operations under their control", with the added proviso that "quantitative aspects are not the whole story in most executive decisions. This umbrella concept of Operational Research covers many analytic approaches and methods, such as simulation modelling, mathematical programming, decision analysis, cost effectiveness analysis, development of indicators, and methods for forecasting, monitoring and evaluation

# De grootte van zorgeenheden: een logistische benadering

*Hoe groot moet een zorgeenheid zijn? Deze vraag houdt vele dokters, verpleegkundigen en managers in de zorg bezig. Het blijkt dat historisch verworven rechten hierbij een grote rol spelen.*

*De discussie over bijvoorbeeld (her)verdeling van bedden ligt gevoelig en komt daardoor maar moeizaam op gang. Hierdoor is in de loop van de jaren scheefgroei ontstaan tussen het aantal beschikbare bedden en de werkelijke capaciteitsbehoefte van medische afdelingen. Voor een efficiënte bedrijfsvoering zijn sommige verpleegafdelingen aantoonbaar té klein, anderen té groot. Op dit moment ontbreken helder gedefinieerde uitgangspunten voor de berekening. In dit artikel wordt een poging gedaan om op basis van bedrijfsmatige en logistische uitgangspunten te bepalen hoe groot een afdeling moet zijn. Daarnaast volgen er enkele concrete aanbevelingen waarmee ziekenhuizen hun operationele prestaties aanzienlijk kunnen verbeteren.*

## **Introductie**

De registratie van ziekenhuizen is tot op heden gebaseerd op financiële uitgangspunten. Zo spelen de productieparameters; opnamen, dagbehandelingen, verpleegdagen en eerste polikliniekbezoeken een belangrijke rol in de bedrijfsvoering. Op zich niet verwonderlijk, de productiegebonden inkomsten van ziekenhuizen zijn immers nog steeds grotendeels op deze parameters gebaseerd. De DBC-systematiek verandert hier in feite niet heel veel aan.

Het wordt lastig als deze financiële grootheden gebruikt worden voor het beantwoorden van capaciteitsvraagstukken. Dergelijke vragen vereisen een fundamenteel andere benadering en een ander instrumentarium. In dit artikel laten we zien hoe logistische en bedrijfsmatige uitgangspunten een nuttige bijdrage kunnen leveren in de discussie rondom de beddenverdeling. Hiervoor worden concepten uit de Operationele Research of Management Science (ORMS) gebruikt.

## **Welke grootheden spelen een rol?**

Voor het bepalen van het aantal benodigde bedden moeten we inzicht krijgen in de werklust van een afdeling. De werklust wordt bepaald door twee grootheden; de zorgvraag en de gemiddelde ligduur.

## 1. *Zorgvraag*

De zorgvraag van een afdeling is de optelsom van de gerealiseerde instroom en de weigeringen. De *instroom* is het aantal patiënten dat over een bepaalde periode op een afdeling gelegen heeft. Om de instroom te bepalen moet een aantal administratieve parameters opgeteld worden. Afhankelijk van de exacte definitie is dit voor de meeste ziekenhuizen gelijk aan de som van het aantal opnamen, overplaatsingen, dagbehandelingen en preoperatieve opnamen. Omdat een overplaatsing geen budgetparameter is waarvoor het ziekenhuis geld ontvangt gaat de meeste aandacht uit naar de opnamen en dagbehandelingen. Een complicerende factor hierin is dat medische afdelingen vaak op verschillende zorgeenheden opnamen scoren. Zo boekt de afdeling Cardiologie opnamen op zowel de normal care verpleegeenheid als de hartbewaking (CCU). Omdat de management informatie op afdelingsniveau aangeleverd wordt, en we de instroom per fysieke zorgeenheid willen bepalen, moet dit ontrafeld worden. Daarnaast hebben zorgeenheden te maken met *weigeringen* omdat er geen bed beschikbaar is. Dit kan een acute patiënt zijn die al op Spoedeisende Hulp aanwezig is met opname-indicatie voor wie geen bed beschikbaar is. Daarnaast komt het voor dat huisartsen die een telefonisch verzoek doen tot opname van hun patiënt te horen krijgen dat er geen plek is. Een weigering resulteert vaak in een gedwongen overplaatsing naar een ander ziekenhuis. Een deel van de zorgvraag gaat hierdoor dus verloren. Zie Figuur 1 voor een schematisch overzicht van de patiëntenstroom door een zorgeenheid.

[Plaats Figuur 1 svp ongeveer hier]

## 2. *Ligduur*

De ligduur van een patiënt op een zorgeenheid is het tijdstip van ontslag minus het tijdstip van opname. De ligduur is geen natuurconstante en wordt beïnvloed door een groot aantal factoren. Naast medische en patiëntgebonden factoren spelen ook keteneffecten een rol. Door congestie in de staart van de zorgketen wordt de ligduur van patiënten in een eerdere fase van het zorgproces verlengd. Uit metingen blijkt dat dit kan oplopen tot 20 à 30% van de gemiddelde ligduur. Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat er nog een forse ligduur reductie gerealiseerd kan worden binnen de ziekenhuizen, bijvoorbeeld door beter ontslagmanagement.

### *Tunnelformule*

In de Operationele Research is er een zeer belangrijke en krachtige formule, opgesteld door Little [1], die de relatie legt tussen het gemiddelde aantal patiënten op een zorgeenheid (lees: gemiddeld aantal benodigde bedden), de instroom en de ligduur. Deze formule kent vele toepassingen en staat ook wel bekend als de tunnelformule,

$$\text{Gemiddeld aantal patiënten op een zorgeenheid} = \text{Instroom (p/dg)} \times \text{Gemiddelde ligduur (dg)}$$

### *Impact van variatie: getallenvoorbeeld*

Een veelgemaakte fout binnen ziekenhuizen is dat er op basis van gemiddelden wordt gestuurd. Dit zullen we aan de hand van een eenvoudig getallenvoorbeeld (op basis van VUmc gegevens) illustreren.

Op een Intensive Care Unit (ICU) worden gemiddeld 4 patiënten per dag opgenomen en de gemiddelde ligduur is 6 dagen. Het gemiddelde aantal benodigde bedden is dus, volgens de tunnelformule, gelijk aan  $4 * 6 = 24$  bedden.

Dit lijkt in eerste instantie een snelle en eenvoudige manier om het aantal bedden te bepalen. De vraag is of dit aantal in de praktijk voldoende is. Dit blijkt niet het geval. Als we op basis van gemiddelden de benodigde capaciteit berekenen ontstaan er grote operationele problemen zoals het veelvuldig weigeren van patiënten omdat alle bedden bezet zijn. Dit fenomeen staat bekend als de 'flaw of averages'.

De oorzaak hiervoor ligt in de variatie van zowel het aantal aankomsten als de ligduur. Immers, niet iedere dag worden er precies 4 patiënten opgenomen en ook de ligduur wordt gekenmerkt door een zeer grote spreiding rond het gemiddelde van 6 dagen. In Figuur 2 en 3 wordt deze spreiding grafisch weergegeven. In Figuur 2 staat de verdeling van de aankomsten (lees: de instroom) op de ICU weergegeven. Wat opvalt, is dat er op 16 dagen geen enkele patiënt werd opgenomen en op de drukste dag 11. Het meest voorkomende aantal aankomsten op één dag was 5 (dit kwam voor op 73 dagen).

In Figuur 3 is de ligduurverdeling weergegeven. Langs de horizontale as staat het aantal patiënten gesorteerd weergegeven met de langste liggers aan de rechterkant. Langs de verticale as staat het relatieve capaciteitsverbruik. Wat direct opvalt is het disproportionele capaciteitsbeslag van een relatief kleine groep patiënten. De 20% langste liggers verbruiken 80% van de beschikbare capaciteit in ligdagen. De bekende 80/20 regel (of Pareto's principe) blijkt dus ook voor zorgprocessen te gelden.

[Plaats Figuur 2 & 3 svp ongeveer hier]

Dit beeld zien we terug bij vrijwel alle verpleegeenheden, zowel normal care als intensive care. Juist deze eigenschap onderscheidt zorgprocessen fundamenteel van industriële processen waar procesparameters in grote mate vastliggen en er veel minder sprake is van fluctuatie. Om deze variabiliteit op te kunnen vangen is restcapaciteit nodig. Hoeveel restcapaciteit nodig is hangt af van de mate van variatie en de grootte van het systeem.

Gallivan [2] berekent dat een ICU ongeveer 30% reservecapaciteit nodig heeft omdat anders té vaak operaties moeten worden afgezegd als gevolg van een volle ICU. Met behulp van een wiskundig model (hierover straks meer) hebben we doorgerekend wat de benodigde capaciteit is in de hierboven beschreven situatie. Voor een weigeringskans van ongeveer 1% zijn 34 bedden nodig. De bedbezetting is daarmee 24/34 ofwel 70%. Er is een buffer van 30% nodig (ofwel 10 bedden) om de variatie in instroom en ligduur op te kunnen vangen. Dit is niet gering en het komt exact overeen met de resultaten van Gallivan.

### 3. Bedbezetting

De hoogte van het bezettingspercentage bepaalt dus in feite de restcapaciteit. Bij 100% bezetting is de restcapaciteit nul. De afdeling is dan continue vol. Veel ziekenhuizen hanteren dezelfde norm voor alle normal care zorgeenheden (85%). Soms wordt er een uitzondering gemaakt voor ICU's. Als we praten over bedbezetting is de gekozen definitie essentieel. Deze definitie bepaalt in grote mate de uitkomst van de berekening. In discussies blijkt hierover vaak onduidelijkheid te bestaan. Omdat de bedbezetting wel een zeer belangrijke parameter is voor management is dit op zijn minst opmerkelijk. In ziekenhuizen wordt de bedbezetting over het algemeen berekend op basis van verpleegdagen met behulp van de volgende formule,

$$\frac{\text{Aantal verpleegdagen per jaar}}{\text{Aantal operationele bedden} \times 365 \text{ dagen}}$$

De verpleegdag is een financieel administratieve parameter. Eén verpleegdag betekent niet automatisch dat een bed 24 uur bezet was. Er kunnen op één dag meerdere verpleegdagen op één bed gerealiseerd worden. Hierdoor is theoretisch een bedbezetting groter dan 100% mogelijk. De bedrijfsmatige bedbezetting is per definitie kleiner dan 100% en wordt als volgt berekend,

$$\frac{\text{Gemiddeld aantal patiënten op een zorgeenheid}}{\text{Aantal operationele bedden}} \xrightarrow{\text{obv tunnelformule}} \frac{\text{Instroom (p/d)} \times \text{gemiddelde ligduur (dg)}}{\text{Aantal operationele bedden}}$$

Na analyse van de bedbezetting in het VUmc blijkt dat de berekening op basis van verpleegdagen significant hoger uitkomt dan de bedrijfsmatige benadering. Het verschil tussen beide uitkomsten loopt uiteen van enkele procenten tot maximaal 20%. De bedrijfsmatige definitie geeft naar onze mening een beter en zuiverder beeld van de werkelijke benutting en daarmee mogelijkheden van afdelingen. In de discussie over bezetting van zorgeenheden zou daarom de bedrijfsmatige benadering gekozen moeten worden. In Figuur 4 zijn per zorgeenheid beide berekeningen met elkaar vergeleken.

[Plaats Figuur 4 svp ongeveer hier]

Het is direct duidelijk dat ook de verschillen tussen de zorgeenheden erg groot zijn, de bedrijfsmatige bedbezetting loopt uiteen van 45% tot 95%. Zes afdelingen (met rood gemarkeerd) functioneren bij zeer hoge bedbezetting (> 85%). De kans op een weigering is op deze afdelingen daarmee erg groot. Op zeven afdelingen ligt de bedbezetting tussen de 70% en 80% (groen). De twaalf oranje afdelingen hebben een bedbezetting kleiner dan 70%. Dit betekent dat daar relatief veel leegstand is.

Deze scheefgroei is meestal niet het gevolg van bewust beleid of rationele argumenten, maar is historisch ontstaan, deels door fysieke omstandigheden, deels door verworven rechten. Het is opmerkelijk dat ondanks deze grote verschillen in bedbezetting de discussie over herverdeling van bedden maar moeizaam op gang komt.

### **De relatie met het aantal weigeringen**

Afdelingen moeten soms noodgedwongen patiënten weigeren en overplaatsen naar een ander ziekenhuis omdat er geen bed beschikbaar is. Dit is nooit helemaal te voorkomen, maar het percentage geweigerde patiënten dient wel binnen bepaalde acceptabele grenzen te blijven. Anders gaat het te zeer ten koste van de kwaliteit van zorg. Hierbij zien we een duidelijke relatie tussen afdelingen die opereren bij hoge bezettingspercentages en het aantal weigeringen; hoe hoger het bezettingspercentage, hoe groter de kans op een weigering.

Uit onderzoek blijkt dat schaalvoordelen hierbij een grote rol spelen. Zo kunnen grote afdelingen functioneren bij hogere bezettingspercentages dan kleine afdelingen terwijl de kans op een weigering gelijk blijft [3, 4]. Omdat er in de meeste ziekenhuizen sprake is van een grote range van afdelingsgroottes mogen we deze schaalvoordelen niet negeren. Op dit moment wordt er bij de normstelling geen onderscheid gemaakt tussen kleine en grote afdelingen, in feite zijn we daardoor appels met peren aan het vergelijken.

Er is een wiskundig model, afkomstig uit de wachttijdtheorie [5], dat op basis van de *zorgvraag*, *ligduur* en *aantal bedden* het percentage weigeringen kan berekenen<sup>2</sup>. Dit model doet vereenvoudigde aannames ten aanzien van de instroom- en ligduurverdeling.

Uit onderzoek [6] blijkt dat dit model geschikt is voor het beschrijven van zorgprocessen. Het valt buiten de context van dit artikel hier nu verder op in te gaan. Figuur 5 maakt de impact van schaalvoordelen inzichtelijk.

---

<sup>2</sup>Het Erlang verliesmodel: een model is per definitie een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Een wiskundig model mist de flexibiliteit die in werkelijkheid aanwezig is, daarom moeten we voorzichtig zijn met het één op één overnemen van de uitkomsten. Het geeft ons wel goede inzichten in hoe processen op zorgeenheden verlopen.

[Plaats Figuur 5 svp ongeveer hier]

Langs de horizontale as staat het aantal bedden weergegeven, variërend van 2 tot 60. Langs de verticale as staan de uitkomsten van twee berekeningen weergegeven:

1. Het percentage weigeringen als de bedbezetting gelijk is aan 85% (oranje lijn)
2. De maximale bedbezetting waarbij het percentage weigeringen gelijk gesteld is aan 5%  
De keuze voor 5% is arbitrair maar leek ons redelijk (blauwe lijn)

Uit de Figuur is af te lezen dat de weigeringskans op een afdeling van 10 bedden bij 85% bezetting gelijk is aan 33%, onacceptabel hoog. Om het aantal weigeringen te reduceren naar 5% moet de bezetting omlaag naar 59% (zie blauwe lijn). Een grote afdeling van 50 bedden weigert bij 85% bedbezetting slechts 5% van de patiënten. Het is dus niet realistisch om deze afdelingen op dezelfde normbezetting af te rekenen. De algemene conclusie is dat grote afdelingen aanzienlijk minder restcapaciteit nodig hebben om de variatie op te vangen. Daarmee zijn ze efficiënter in het gebruik dan kleinere afdelingen. Dit schaalvoordeel staat ook wel bekend als de 'economies of scale'. Tot slot zien we ook de 'wet van de afnemende meeropbrengsten' terug in de grafiek. Het percentage weigeringen bij 85% bezetting (oranje lijn) neemt in het begin sterk af bij toenemende afdelingsgrootte. Daarna gaat de lijn steeds vlakker lopen.

### **Het effect van schaalvoordelen op de bedrijfsvoering**

In deze laatste paragraaf wordt een korte business case uitgewerkt waaruit de bedrijfseconomische effecten van de eerder beschreven schaalvoordelen naar voren komen. De configuratie van zorgeenheden in het VUmc (2005) wordt gekenmerkt door sterke fragmentatie. Er waren in totaal 529 operationele bedden, verdeeld over 25 zorgeenheden. De afdelinggrootte loopt uiteen van 4 tot 37 bedden. De totale jaarlijkse instroom was 36.104 patiënten met een gemiddelde ligduur van 3.7 dagen. De bedrijfsmatige bedbezetting is daarmee gelijk aan (zie eerdergenoemde formule),

$$\frac{36.104 / 365 * 3.7 \text{dg}}{529} = 69\%$$

De bedbezetting uit de management informatie van het ziekenhuis (op basis van verpleegdagen) was 79%. Het verschil met de bedrijfsmatige benadering is met 10% aanzienlijk. We weten ook dat in de huidige situatie een groot aantal afdelingen te maken heeft met weigeringen. Ter illustratie is de volgende



hypothetische situatie doorgerekend waarbij het aantal afdelingen gereduceerd wordt van de huidige 25 naar 10. Hoe dit precies gerealiseerd wordt laten we hier buiten beschouwing. Er zijn voldoende voorbeelden waaruit blijkt dat het samenvoegen van afdelingen danwel uitwisselbaar maken van bedden mogelijk is. De totale instroom wordt nu gelijkmatig verdeeld over deze 10 afdelingen. Uitgaande van maximaal 1% geweigerde opnames volgt uit het model dat er per afdeling 49 bedden nodig zijn. Het totale aantal benodigde bedden voor het ziekenhuis komt daarmee op  $10 * 49 = 490$ . Om hetzelfde aantal patiënten op te nemen zijn er in de nieuwe situatie 39 bedden minder nodig, een efficiency toename van 7%. In termen van personele kosten komt dit neer op een besparing van grofweg € 2 miljoen. In tijden van structureel stijgende zorgvraag, waarbij ziekenhuizen maar moeizaam een productiviteitstoename weten te realiseren, moeten dergelijke nieuwe organisatievormen serieus overwogen worden. Deze rigoureuze omvorming van de ziekenhuisorganisatie heeft ongetwijfeld een grote impact. Historisch verworven rechten van medische afdelingen maken plaats voor een rationelere benadering. Voor het personeel op de verpleegafdelingen zal de verandering andere kennis en vaardigheden vereisen.

### **Conclusies en aanbevelingen**

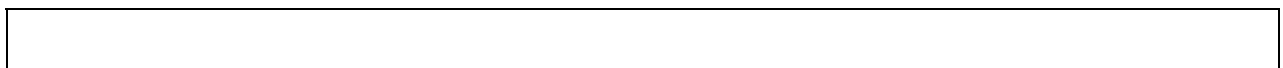
- Bij het oplossen van capaciteitsvraagstukken in ziekenhuizen wordt nog te weinig gebruik gemaakt van kwantitatieve methoden. Historisch verworven rechten spelen een grote rol waardoor scheefgroei is ontstaan tussen werkelijke behoefte en wat beschikbaar is.
- Technieken uit de Operationele Research kunnen toegepast worden bij het beantwoorden van capaciteitsvraagstukken, zoals het bepalen van benodigde beddenaantallen op zorgeenheden.
- De definitie van bedbezetting op basis van verpleegdagen is ongeschikt. De bedrijfsmatige definitie is een goed alternatief en geeft beter inzicht in de werkelijke benutting van zorgeenheden.
- Sturen op één normbezetting voor alle zorgeenheden is contraproductief. De norm voor het bezettingspercentage van zorgeenheden moet in relatie worden gezien met de grootte van een afdeling en de kans op een weigering. Daarnaast kunnen grote afdelingen opereren bij hogere bedbezetting dan kleine terwijl de kans op een weigering gelijk blijft of zelfs afneemt.
- Deze schaalvoordelen bieden volop kansen voor efficiency verhoging. Kleine afdelingen zijn per definitie erg inefficiënt omdat de bedbezetting laag moet zijn indien men niet teveel wil overplaatsen.
- Het samenvoegen van afdelingen, of het uitwisselbaar maken van de bedden, heeft een blijvend positief effect op de bedrijfsvoering en resulteert in forse efficiencytoename.

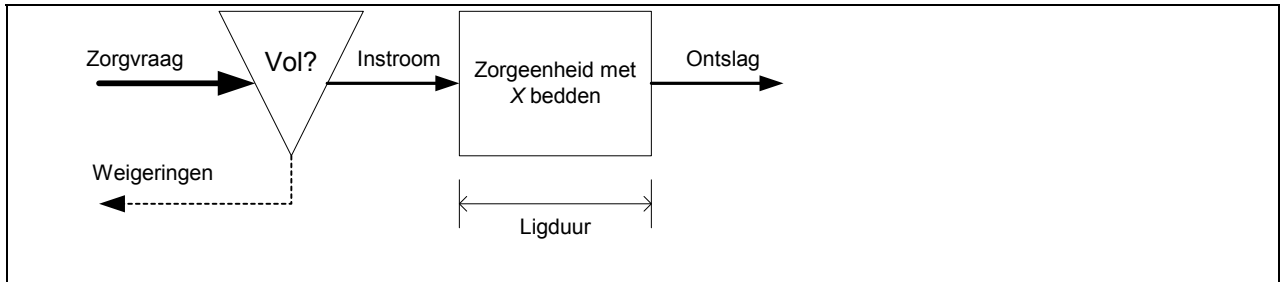
### **Referenties**

- [1] J. D. C. Little, A Proof of the Queueing Formula  $L = \lambda W$ , Operations Research 9 (1961) 383-387

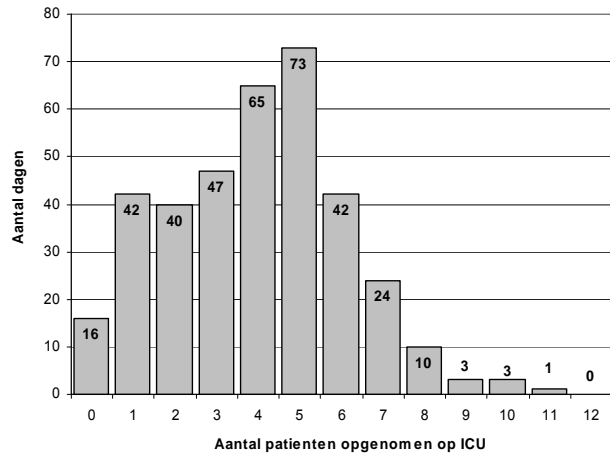
- [2] S. Gallivan et al, Booked inpatient admissions and hospital capacity: mathematical modelling study, *British Medical Journal* 324 (2002) 280-282
  
- [3] A. M. de Bruin, G.M. Koole and M.C. Visser, Bottleneck analysis of emergency cardiac in-patient flow in a university setting: an application of queueing theory, *Clinical Investigative Medicine* 28(6) (2005) 316-317
  
- [4] L. V. Green, How many hospital beds?, *Inquiry – Blue Cross and Blue Shield Association*, 39 (2002) 400-412
  
- [5] H. C. Tijms, *A First Course in Stochastic Models, "Algorithmic Analysis of Queues" (Ch. 9)* (Wiley, Chichester, 2003)
  
- [6] L. V. Green, Capacity planning and management in hospitals, in: *Operations Research and Health Care. A Handbook of Methods and Applications*, ed. M.L. Brandeau, F. Sainfort and W.P. Pierskalla (Kluwer Academic Publishers, London, 2004)

## Figuren & Tabellen

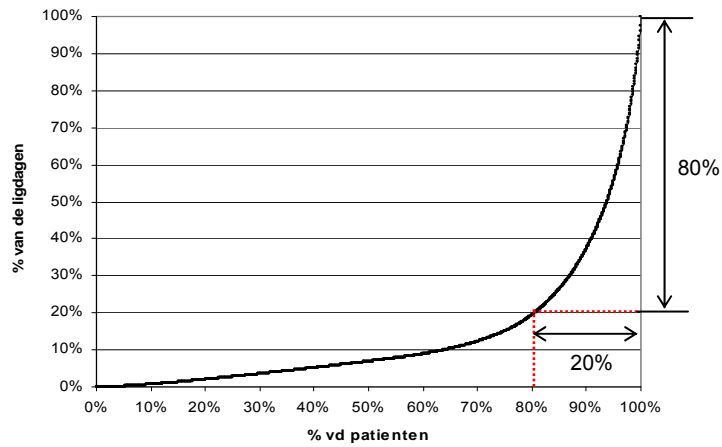




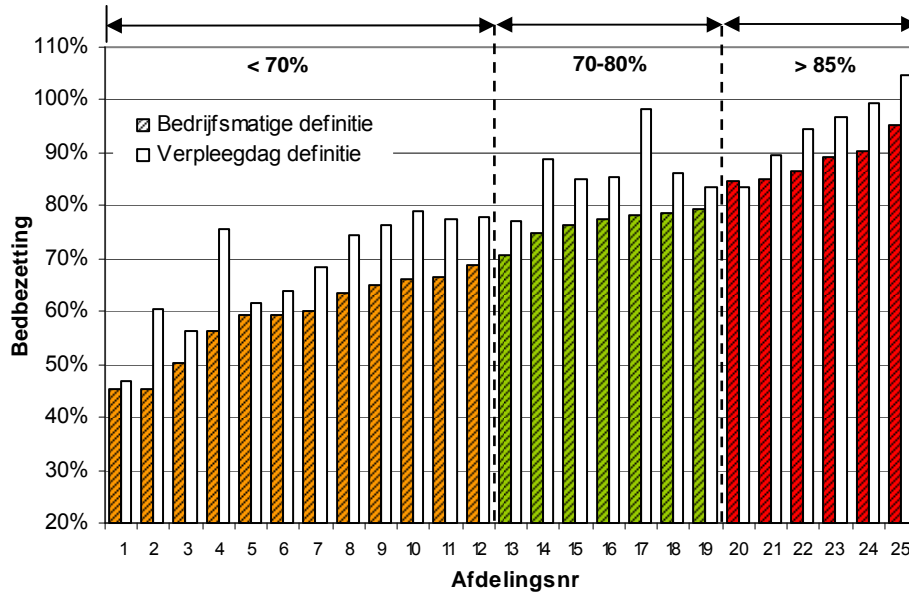
Figuur 1 Schematisch overzicht patiëntenstroom door zorgzaamheid



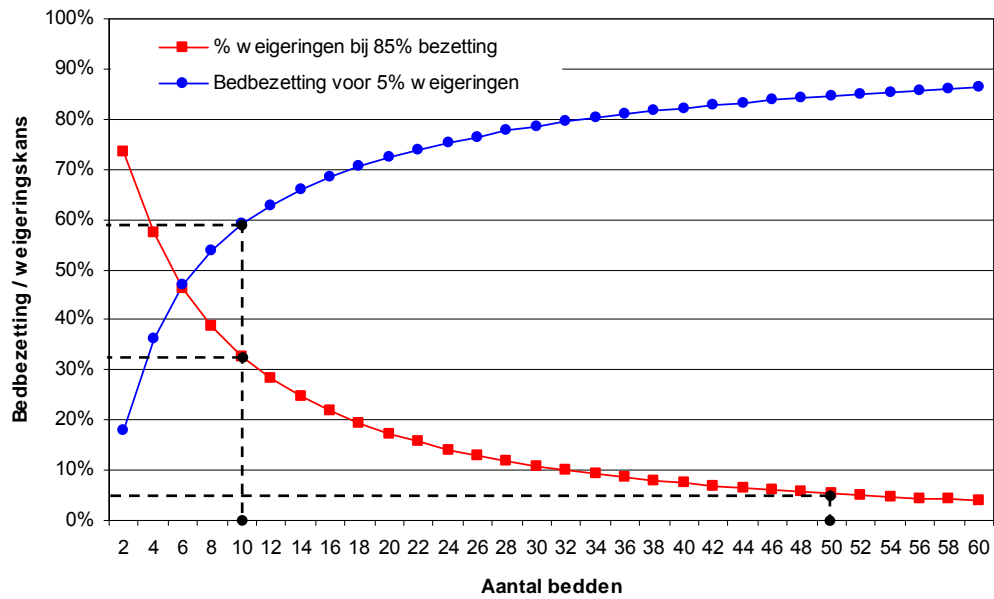
Figuur 2 Verdeling aankomsten op de ICU (2004)



Figuur 3 Ligduur verdeling op de ICU (2004)



Figuur 4. Bedbezetting: definitie op basis van verpleegdagen versus bedrijfsmatige benadering (2005)



Figuur 5. Haalbare bedbezetting en weigeringskans afgezet tegen het aantal bedden