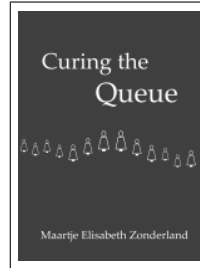


# In de verdediging

| In defence



## Curing the Queue

Maartje Zonderland

Het is een geregeld onderwerp van gesprek: de kosten van de zorg in Nederland rijzen de pan uit. Met de vergrijzing wordt instandhouding van het huidige zorgniveau steeds moeilijker en onbetaalbaar. Ook over wachtlijsten in de zorg wordt veelvuldig geklaagd — het efficiëntieniveau in de meeste ziekenhuizen lijkt te wensen over te laten. “Gezien wat er op het spel staat, is het moeilijk te begrijpen dat het in ziekenhuizen eerder regel dan uitzondering is om expliciete beslissingen over de verdeling van schaarse goederen en capaciteit te vermijden,” aldus Maartje Zonderland. Zij is na het afronden van de studies Technische Bedrijfskunde en Toegepaste Wiskunde in 2008 als adviseur bedrijfsvoering aan de slag gegaan bij het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC) en was daarnaast promovenda aan de Universiteit Twente. Op 27 januari 2012 promoveerde ze op het proefschrift *Curing the Queue* dat ze schreef onder begeleiding van prof.dr. Richard Boucherie (UT), dr. Nelly Litvak (UT) en dr. Fred Boer (LUMC).

## Verbeteren van zorglogistiek

In haar werk en in haar onderzoek hield Zonderland zich bezig met het verbeteren van zorglogistiek. Hierbij maakte ze gebruik van technieken uit de operationele research, ook wel bekend als mathematische beslissonderzoek. Logistieke uitdagingen, geïnspireerd op de dagelijkse praktijk van het LUMC, vormen de basis van de bestudeerde problemen in haar proefschrift. Denk hierbij aan de inzet van artsen of de MRI-scanner, de verdeling van verpleegbedden of het maken van een spreekuurplanning.

In ziekenhuizen wordt vaak op een ad-hocmanier geanticipeerd op problemen die spontaan lijken te ontstaan en vergezeld worden door ongewenste bijeffecten zoals het moeten afzeggen van patiënten voor behandelingen, lange wachtlijsten en lange wachttijden in het ziekenhuis. Met de modellen van Zonderland kan een goed inzicht verkregen worden in het betreffende capaciteitsprobleem, de mogelijke oplossingen en de gevolgen van de gekozen oplossing.

Verschiedende oplossingen die in het proefschrift gepresenteerd worden, zijn inmiddels geïmplementeerd in het LUMC. De directe link met de praktijk was voor Zonderland het grote voordeel van de combinatie werk-onderzoek. Hoewel ze het soms wel moeilijk vond om de waan van de dag achter zich te laten en rustig te gaan zitten om onderzoek te doen, was het combineren van de twee voor haar wel goed te doen. Sterker nog, volgens haarzelf is Zonderland ‘niet zo’n theoreticus’ en had ze het niet vier jaar lang aan de universiteit volgehouden. Van de vier dagen per week die ze aan het LUMC werkte, was er één beschikbaar voor haar onderzoek. Het hielp dat het LUMC ook een academische instelling is. Daardoor begreep men het wanneer ze een probleem wat verder wiskundig moest uitdiepen dan voor het ziekenhuis interessant was. En omgekeerd was ook de begeleiding en het begrip in Twente goed. “Richard Boucherie heeft oog voor de praktijk.”

*Pas gepromoveerden brengen hun werk onder de aandacht.*

Redacteur: Geertje Hek

la Voie-du-Coin 7

1218 Grand-Saconnex

Zwitserland

verdediging@nieuwarchief.nl

### Wachtrijmodellen

Zonderland bestudeerde in haar werk verschillende processen, die ze vrijwel alle probeerde te optimaliseren met behulp van wachtrijtheorie. Een goed geformuleerd wachtrijmodel kan helpen bij het plannen van de capaciteit of het aanbod van een bepaalde dienst. Een typisch wachtrijmodel bestaat uit een kansverdeling voor de aankomsten bij het wachtrijstelsel, een kansverdeling voor het bedieningsproces of het verlaten van het systeem en het aantal 'servers' (bijvoorbeeld doktoren of bedden).

In termen van patiënten komen in het meest gebruikelijke wachtrijmodel patiënten aan volgens een Poissonproces en zijn de bedieningstijden exponentieel verdeeld of verdeeld volgens een algemene (niet nader gedefinieerde) verdeling. Als de parameter  $\lambda$  het verwachte aantal patiënten is dat aankomt per tijdseenheid, geldt voor een Poissonproces dat het aantal patiënten  $X_t$  dat aankomt voor tijdstip  $t$  voldoet aan  $P(X_t = n) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$ . De kans dat wachttijd  $T$  tot de eerste patiënt arriveert groter is dan  $t$  is dan  $P(T > t) = P(X_t = 0) = e^{-\lambda t}$ . Met andere woorden, de wachttijd  $T$  tot de eerste patiënt aankomt is exponentieel verdeeld.

Een heel belangrijke eigenschap van een exponentiële verdeling is dat deze *geheugenloos* is: de kans dat de tijd tussen de aankomsten van twee opeenvolgende patiënten groter is dan  $t$  is gelijk aan de kans dat de wachttijd tot de eerste patiënt groter is dan  $t$ . Preciezer geformuleerd:  $P(T > u + t | T > u) = P(T > t)$ , voor alle  $u, t \geq 0$ . De kans dat de tijd tussen twee aankomsten groter is dan  $u + t$ , gegeven dat die tijd al groter is dan  $u$ , is dus gelijk aan de kans dat de tijd groter is dan  $t$ . Met andere woorden, de aankomsten zijn onafhankelijk.

Een belangrijk aspect aan aankomstprocessen is dat er een grote spreiding in de tijdsintervallen tussen twee aankomsten kan zitten en dat het een slecht idee is om deze variatie niet in beschouwing te nemen of te laag in te schatten. Een klassiek resultaat uit de wachtrijtheorie zegt dat er 'ontploffing' van de wachttijd zal optreden als je het aanbod van een dienst exact gelijk laat zijn aan de gemiddelde vraag. Het modelleren van een aankomstproces als een Poissonproces is daarom niet alleen een standaard, maar ook een veilige keuze, aangezien een Poissonverdeling in het algemeen de variantie iets overschat.

### Elkaar kruisende patiëntenstromen

Zonderland modelleerde voor haar proefschrift zeven verschillende processen, ieder met een ander, nieuw model. De reorganisatie van een polikliniek, het opstellen van afsprakenchema's voor een polikliniek met zowel inloop- als afspraakpatiënten, een planning voor een MRI-scanner waarvoor medische afdelingen de benodigde tijd soms overschatten en een planning die rekening moet houden met zogenaamde zorgpaden, zijn voorbeelden.

In het laatste gedeelte van haar proefschrift bestudeerde Zonderland de afdeling Neurochirurgie van het LUMC, waar (semi-)spoed- en electieve (planbare) patiëntenstromen elkaar kruisen. Bij de planning moet men hier een afweging maken tussen het afzeggen van electieve operaties door de tussenkomst van semi-spoedpatiënten, en ongebruikte operatietijd door het reserveren van teveel tijd voor deze patiënten. Door de onvoorspelbaarheid van het precieze aantal semi-spoedpatiënten per week is de benodigde hoeveelheid operatietijd onzeker en komt de planning van electieve patiënten in het gedrang. Wanneer de operatiekamers (OK) een hoge bezettingsgraad hebben, biedt het reserveren van tijd voor semi-spoedpatiënten uitkomst, aangezien zo minder electieve patiënten afgezegd hoeven te worden. Echter, door de genoemde onvoorspelbaarheid kan het ook zijn dat de OK

leeg staat. Zonderland presenteerde een wachtrijmodel en een Markov-beslissingsmodel om dit planningsproces te reguleren.

### Implementatie in de praktijk bleek lastig

Genoemde afdeling heeft de volledige beschikking over een OK en kan een andere voor drie dagen per week gebruiken. Toen Zonderland op de OK mee ging draaien om de processen in kaart te brengen, werd de beschikbare OK-tijd vrijwel volledig volgepland, waarbij beperkt rekening werd gehouden met het gemiddelde aantal semi-spoedoperaties dat er per week te verwachten was. Volgens het klassieke wachtrijresultaat leidt een dergelijke planning al snel tot de ongewenste afgelasting van veel electieve operaties.

Zonderland modelleerde de aankomst van semi-spoedpatiënten als een samengesteld Poissonproces, een Poissonverdeling met nog een andere kansverdeling eronder. Ze drukte de verschillende operaties in de OK uit in slots en gebruikte het totaal aantal slots per week als parameter voor de Poissonverdeling. Op basis van haar model becijferde ze dat de afdeling de OK  $3\frac{1}{3}$  van de 8 dagen zou moeten reserveren voor semi-spoedpatiënten. Hoewel ze concludeerde dat haar resulterende Markov-beslissingsmodel en vuistregels eenvoudig in een spreadsheet te implementeren waren, bleek de uitvoering in de praktijk toch erg lastig. De praktijk bleek toch weerbarstiger dan de theorie, want er is nu eenmaal weerstand tegen veranderingen. Zonderland heeft daarom een tijd lang een schaduwplanning bijgehouden waarmee duidelijk werd wat de voordelen waren van haar model. Na een lange opstartperiode wordt de OK nu dus toch zo veel mogelijk vrijgehouden voor semi-spoedoperaties, met als gevolg minder afzeggingen en weinig leegstand. Er is nog een reden waarom implementatie van Zonderlands model een goed idee was. Met een spreadsheet op basis van het Markov beslissingsmodel kan een secretaresse de planning maken. Voorheen was de invulling van de agenda gebaseerd op allerlei medische argumenten waardoor alleen een chirurg de planning kon maken. Die chirurg was hier geregeld twee dagen per week mee bezig, terwijl zij die tijd toch veel beter aan opereren zou kunnen besteden!

### Professionals geloven je niet zomaar

Hiervan heeft Zonderland geleerd dat professionals je niet zomaar geloven, ook al is je model nog zo goed of mooi. Aan de andere kant bleek het wel waardevol om wiskundige te zijn en niet een willekeurige adviseur of manager. "Artsen weten een bewijs te waarderen." Als voorbeeld noemt ze de Pollaczek–Khintzine-formule die de verhouding tussen wachttijd en bedieningsduur uitdrukt als functie van de *load* of bezettingsgraad  $\rho$ , met  $0 < \rho < 1$ . In de praktijk weet iedereen dat de gemiddelde wachttijd  $\mathbb{E}(W^q)$  toeneemt als de bezettingsgraad  $\rho$  hoger is, maar wordt gedacht dat het verband tussen genoemde verhouding en bezettingsgraad lineair is. Geconfronteerd met een grafiek die de Pollaczek–Khintzine-formule  $\mathbb{E}(W^q) = \mathbb{E}(S) \frac{\rho}{1-\rho} \frac{1+c_s^2}{2}$  illustreert, ziet men meteen in dat de verhouding tussen gemiddelde wachttijd  $\mathbb{E}(W^q)$  en gemiddelde bedieningstijd  $\mathbb{E}(S)$  meer dan exponentieel toeneemt als functie van  $\rho$ : bij een lage bezettingsgraad heeft een kleine toename ervan maar een klein gevolg voor de wachttijd; bij een hoge bezettingsgraad leidt een kleine toename ervan tot een enorme toename van de wachttijd (in de formule is de constante  $c_s^2$  de variantie van  $S$  gedeeld door  $\mathbb{E}(S)^2$ ). Die formule is voor de artsen voldoende bewijs dat een overvolle agenda geen goed idee is.

'Patiënt is de lijdende vorm van *patience*' is een van de stellingen bij het proefschrift van Zonderland. Hopelijk weet zij met haar eigen bedrijf Zonderland ZorgLogistiek, dat ze na haar promotie is begonnen, bij te dragen aan een afname van deze vorm van patiëntenleed. ←