

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/345921460>

Verkorting van de doorlooptijden op de SEH met behulp van Process Mining

Conference Paper · October 2020

CITATIONS

0

READS

4

5 authors, including:



Dennis Moeke

Hogeschool Arnhem and Nijmegen

33 PUBLICATIONS 59 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Data Science Lab in Business (DSLiB) [View project](#)



Data-driven capacity planning in long-term care [View project](#)

Verkorting van de doorlooptijden op de SEH met behulp van Process Mining

Dennis van den Eijnden¹, Fraukje Geelen¹, Dennis Moeke², Stephan Wouters³ en Marcel van Schadewijk⁴.

¹ Alumnus opleiding Bedrijfskunde, Avans Hogeschool, 's-Hertogenbosch.

² Lector Logistiek & Allianties, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Arnhem.

³ Hogeschooldocent opleiding Bedrijfskunde, Avans Hogeschool, 's-Hertogenbosch.

⁴ Manager Finance & Control, Jeroen Bosch Ziekenhuis, 's-Hertogenbosch.

E-mail: saj.wouters@avans.nl

Ontvangen: 18-8-2020

Geaccepteerd: 20-10-2020

Samenvatting

In deze bijdrage wordt een casestudie gepresenteerd waarin gebruik is gemaakt van process mining voor de optimalisering van de doorstroom van patiënten met acute buikklachten op de Spoedeisende Hulp (SEH) in het Jeroen Bosch Ziekenhuis. Met behulp van process mining was het mogelijk om knelpunten in de doorstroom van SEH-patiënten op een relatief snelle en eenvoudige wijze te visualiseren, kwantificeren en bespreekbaar te maken. Daarmee is process mining waardevol gebleken ter ondersteuning van bestaande verbeterconcepten als LEAN en de Theory of Constraints.

Keywords: Ziekenhuis; Process mining; Spoedeisende hulp; Doorlooptijd; Overcrowding

1. Inleiding

Spoedeisende hulp afdelingen van ziekenhuizen (SEH) hebben steeds vaker te maken met een toename van wacht- en doorlooptijden door overcrowding [1-3], oftewel “een situatie waarbij de vastgestelde behoefte aan spoedeisende hulp de beschikbare middelen voor patiëntenzorg op de spoedeisende-hulpafdeling, het ziekenhuis of beide overschrijdt” [4]. Het ligt volgens de Nederlandse Zorgautoriteit (Nza) in de verwachting dat de druk op de SEH's ook de komende jaren zal blijven toenemen [5].

De kans op overcrowding kan onder andere worden verkleind door het verbeteren van de doorstroom van SEH-patiënten. Voor het verbeteren van de doorstroom is in de afgelopen jaren veelvuldig gebruik gemaakt van concepten, methoden en technieken uit de LEAN Manufacturing (kortweg: LEAN) [6-11] en de Theory of Constraints (TOC) [12][13]. Een nadeel van LEAN- of de TOC-verbetertrajecten is dat de benodigde data vaak handmatig moet worden verzameld. Daarnaast zijn de gehanteerde methoden voor een

belangrijk deel kwalitatief van aard, wat de kans op subjectiviteit en vertekening vergroot.

Naast het gebruik van LEAN en de TOC zien we dat er binnen ziekenhuizen de afgelopen jaren meer aandacht is gekomen voor datagedreven verbetermethoden [14-17]. Dit is met name te danken aan verregaande digitalisering van administratieve en logistieke processen en de beschikbaarheid van toegankelijke software. Process mining is een prominent voorbeeld van een datagedreven analysetechniek die kan worden ingezet bij het verbeteren van zorgprocessen [18-21]. Met behulp van process mining is het mogelijk om op basis van data (event-logs) het werkelijke verloop van processen en patiëntstromen te visualiseren en te analyseren [22].

In deze bijdrage wordt een casestudie gepresenteerd waarin gebruik is gemaakt van process mining ter ondersteuning van bestaande verbeterconcepten als LEAN en TOC met als doel om de doorlooptijden van SEH-patiënten structureel te verkorten. Voor de casestudie is gebruik gemaakt van data van patiënten met acute buikklachten op de Spoedeisende Hulp (SEH) van het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ).

De rest van deze bijdrage is als volgt gestructureerd: In de volgende paragraaf wordt de casus nader toelicht. Vervolgens zal in paragraaf 3 worden ingegaan op de gehanteerde aanpak. De resultaten van de studie komen in paragraaf 4 aan bod. Tot slot worden in paragraaf 5 de belangrijkste conclusies gepresenteerd.

2. Casusbeschrijving

Het Jeroen Bosch Ziekenhuis (JBZ) in 's-Hertogenbosch is een topklinisch ziekenhuis en voorziet ruim 4.000 medewerkers en 250 specialisten van werk. Jaarlijks telt het JBZ ruim 490.000 polibezoeken en meer dan 55.000 ziekenhuisopnames. Daarmee is het JBZ het grootste ziekenhuis in Noord-Brabant. JBZ heeft als missie om de positieve gezondheid van mensen uit Den Bosch en omstreken te bevorderen. Daarvoor zet het JBZ al hun medische expertise in en werken ze samen met personen uit het sociale netwerk van de patiënt, huisartsen, de gemeente en aanbieders van langdurige zorg. De SEH-afdeling van het JBZ heeft als missie om een grote regionale SEH te worden, waar alle patiëntencategorieën worden opgevangen, gestabiliseerd en behandeld (JBZ, 2019).

Uit eerder onderzoek, uitgevoerd door de afdeling Kwaliteit en Veiligheid, bleek dat in het eerste kwartaal van 2019 er 537 (19%) van de chirurgische SEH-patiënten acute buikklachten had. Uit ditzelfde onderzoek kwam ook naar voren dat de gemiddelde doorlooptijd van deze categorie patiënten langer was dan de gestelde norm van 4 uur (240 minuten). Deze bevindingen zijn voor het JBZ aanleiding geweest om een verdiepend onderzoek te laten uitvoeren naar de oorzaken van en mogelijkheden tot het verbeteren van de doorlooptijd van deze categorie SEH-patiënten.

3. Aanpak

Om het beoogde onderzoeksdoel te realiseren, zijn achtereenvolgens de volgende vijf deelvragen beantwoord:

1. Hoe verloopt het huidige proces?
2. Hoe groot is het probleem?
3. Wat zijn de belangrijkste knelpunten in termen van doorlooptijd?
4. Welke hoofdoorzaken liggen ten grondslag aan de geïdentificeerde knelpunten?
5. Met welke tegenmaatregelen kunnen de hoofdoorzaken worden weggenomen?

Als toelichting op deze deelvragen dient te worden vermeld dat "doorlooptijd" is gedefinieerd als het verschil in tijd tussen het ontslag en aankomst van de patiënt op de SEH-afdeling.

Voor het beantwoorden van de eerste drie deelvragen zijn process mining analyses uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van de Disco applicatie (Fluxicon). De dataset waarop de process mining analyses zijn uitgevoerd bevat het

procesverloop van 4.394 patiënten die in 2018 en 2019 met buikklachten via de SEH zijn binnengekomen. De data is onttrokken uit het elektronisch patiëntendossier (EPD) HIX en gevalideerd door de manager van de afdeling Informatie. Om uitkomsten van de process mining analyses te doorgronden en te valideren zijn er gesprekken gevoerd met de betrokken zorgprofessionals. Ter ondersteuning van de process mining analyses is gebruik gemaakt van concepten en technieken uit de Theory of Constraints (TOC) [23] en LEAN Manufacturing [24]. Om deelvragen 4 en 5 te kunnen beantwoorden, is gebruik gemaakt van interviews, een benchmark en data-analyses.

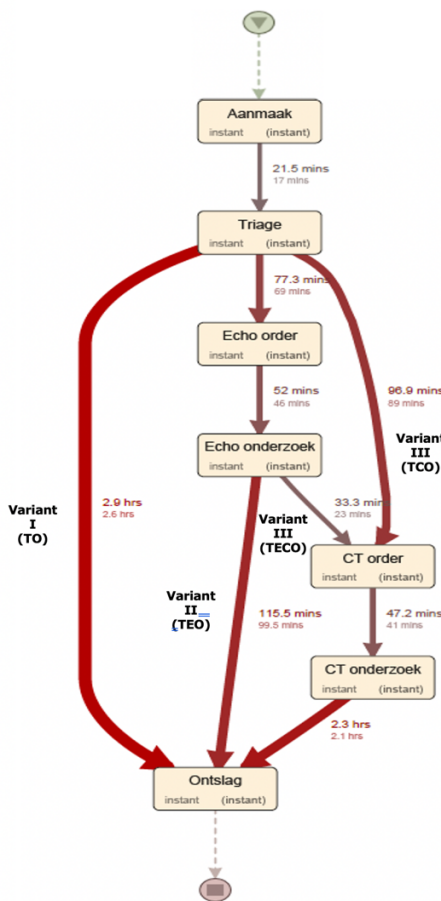
4. Resultaten

4.1 Huidige procesverloop

Om inzicht te krijgen in het huidige procesverloop en de doorlooptijden is gebruik gemaakt van process mining (zie figuur 1). Ter validatie zijn de process mining uitkomsten voorgelegd en besproken met de direct betrokken medisch specialisten. De gesprekken bleken noodzakelijk om (1) fouten in de data te identificeren en (2) een beter begrip te krijgen van de processtappen en het procesverloop. Het verloop van het SEH-proces kan als volgt worden samengevat (zie figuur 1).

Een patiënt met acute buikklachten komt via de huisarts, per ambulance of via zelfverwijzing binnen op de SEH-afdeling (1). Nadat de patiënt is aangemeld, wordt er een triage uitgevoerd door een verpleegkundige (2). De verpleegkundige beoordeelt de ernst van de klachten. Vervolgens wordt de patiënt onderzocht door een SEH-arts die een diagnose stelt en een vervolgplan bepaalt (3). In sommige gevallen is een aanvullend radiologisch onderzoek nodig om een juiste diagnose te kunnen stellen. In het kader van deze casestudie wordt een onderscheid gemaakt tussen een Echo-onderzoek (4) en een CT-onderzoek (5). Na het stellen van een diagnose en het bepalen van een vervolgplan verlaat de patiënt de SEH-afdeling. In de praktijk betekent dit dat de patiënt naar huis gaat, wordt doorverwezen naar de polikliniek, wordt opgenomen in het ziekenhuis of is overleden (6).

Figuur 1 laat tevens zien dat het procesverloop (op hoofdlijnen) kan worden onderverdeeld in een viertal varianten. In variant I (TO) wordt de patiënt na de triage (en een niet in HIX geregistreerd contactmoment) direct ontslagen. Bij variant II (TEO) volgt na de triage een echo-onderzoek. Variant III (TCO) kent een vergelijkbaar verloop als variant II, echter wordt er in deze variant een CT-onderzoek gedaan in plaats van een echo-onderzoek. Tot slot is er variant IV (TECO), waarbij de patiënt zowel een echo- als een CT-onderzoek ondergaat.



Figuur 1. Visualisatie van het SEH-proces

4.2 Doorlooptijden en belangrijkste knelpunt

In Tabel 1 wordt per procesvariant een overzicht gegeven van het aantal patiënten en de prestaties in termen van doorlooptijd. De tijden in tabel 1 wijken af van de tijden zoals gepresenteerd in figuur 1. Dit komt omdat voor de totstandkoming van tabel 1 de stromen afzonderlijk zijn geanalyseerd.

Tabel 1. Doorlooptijd per variant

| | Variant I TO | Variant II TEO | Variant III TCO | Variant IV TECO |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Aantal | 2157 patiënten 49,1% | 1284 patiënten 29,2% | 577 patiënten 13,1% | 376 patiënten 8,6% |
| Gemiddelde doorlooptijd | 3,3 uur (197 minuten) | 4,5 uur (267 minuten) | 5,2 uur (311 minuten) | 5,9 uur (353 minuten) |
| Mediaan | 2,9 uur (173 minuten) | 3,9 uur (236 minuten) | 4,7 uur (280 minuten) | 5,0 uur (299 minuten) |

De norm die binnen het JBZ gehanteerd wordt voor de doorlooptijd bedraagt vier uur. Op basis van de processmininganalyse kan worden geconcludeerd dat de norm in het geval van procesvarianten II, III en IV, met respectievelijk 12,5%, 30% en 47,5%, wordt overschreden.

Gezien de beperkte tijdsduur van het onderzoeksproject is ervoor gekozen om alleen procesvariant II (TEO) nader te

onderzoeken. De keuze voor procesvariant II is gebaseerd op een tweetal argumenten. Ten eerste is de relatieve wachttijd binnen deze procesvariant het grootst (zie tabel 2).

Tabel 2. Doorlooptijd en wachttijd per variant

| | Totale doorlooptijd en wachttijd (in minuten) | | | |
|------------------------------------|---|---------|----------|----------|
| | I(TO) | II(TEO) | III(TCO) | IV(TECO) |
| Minimaal (M) | 110 | 130 | 145 | 175 |
| Norm (N) | 128 | 165 | 201 | 234 |
| Gemiddeld (G) | 197 | 267 | 311 | 353 |
| Wachttijd (G-N) | 69 | 102 | 110 | 119 |
| Relatieve wachttijd ((G-N)/N)x100% | 54% | 62% | 55% | 51% |

Om de totale doorlooptijd^{norm} te kunnen berekenen, is allereerst de minimale doorlooptijd bepaald. De minimale doorlooptijd is gebaseerd op interviews met radiologen, een SEH-verpleegkundige en een coassistente. Met de minimale doorlooptijd als ondergrens is vervolgens het gemiddelde van de 10% kortste doorlooptijden berekend. De uitkomst van deze berekening vormt de totale doorlooptijd^{norm}.

Een tweede argument voor de keuze van procesvariant II is de omvang in “aantal patiënten”. Ruim 29% van de patiënten (1.284/4.394) volgt procesvariant II. Hieronder wordt nader ingegaan op de knelpuntanalyse die is uitgevoerd voor procesvariant II(TEO).

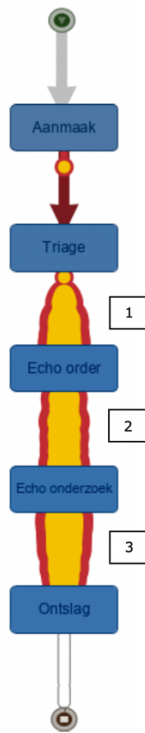
Voor het indentificeren van knelpunten in het SEH-proces is gebruik gemaakt van de Theory of Constraints (TOC), waarbij knelpunten zijn gedefinieerd als processtappen die de doorstroom van het systeem beperken [25]. Figuur 2 toont, voor procesvariant II(TEO), een screenshot van een animatie van de doorstroom van patiënten. Uit deze animatie blijkt dat de vertraging in het proces na de triage ontstaat.

Op basis van data-analyse en diverse interviews zijn binnen procesvariant II (TEO) de volgende knelpunten vastgesteld:

- Wachttijd tussen Triage en Echo-order (1)
- Wachttijd tussen Echo-order en Echo-onderzoek (2)
- Wachttijd tussen Echo-onderzoek en Ontslag (3)

Uit de data-analyse en interviews blijkt dat de wachttijd tussen Triage en Echo-order (1) en tussen Echo-onderzoek en Ontslag (3) mogelijk veroorzaakt wordt door overlegmomenten tussen de AIOS en de achterwacht. Door de COVID-19 uitbraak was het onmogelijk om een verdiepend observatieonderzoek uit te voeren. Bovendien was er ook onvoldoende detaildata om via kwantitatief onderzoek de oorzaken van knelpunten 1 en 3 te achterhalen.

Aangezien er voor knelpunt 2 wel voldoende gedetailleerde kwantitatieve data beschikbaar was, is ervoor gekozen om de oorzaken van dit knelpunt te achterhalen en in meer detail te beschrijven.



4.3 Oorzaken

Om de oorzaken van knelpunt 2 te achterhalen, is gebruik gemaakt van interviews, een benchmark en een kwantitatieve analyse. Er zijn twee belangrijke oorzaken vastgesteld.

Oorzaak 1 - *Piek in de instroom van patiënten*

Op basis van de data-analyse kan de instroom van SEH-patiënten als volgt worden omschreven. Gedurende een gemiddelde ochtend is het relatief rustig op de SEH, waarna er vervolgens in het begin van de middag een piek ontstaat in de instroom. In de loop van de middag neemt de drukte af waarna het in de avond vervolgens relatief rustig is. Het piekmoment op de SEH ontstaat meestal rond 12:00 uur en valt samen met het einde van het huisartsensprekuren. In 60,5% van de gevallen kwamen de patiënten via de huisarts op de SEH terecht. Deze piek in de vraag aan het begin van de middag wordt door één van de chirurgen omschreven als de “walviscurve” en komt overeen met de bevindingen van [26]. Uit een gesprek met de laboranten blijkt dat de walviscurve resulteert in een piekmoment op de afdeling Radiologie tussen 11:00 uur en 15:00 uur.

De geconstateerde variabiliteit in de instroom betreft zogeheten natuurlijke variabiliteit en is niet te voorkomen. Er kan in principe niet meer gedaan worden dan er zo goed mogelijk rekening mee houden [27]. Uit de interviews blijkt dat er, in de huidige situatie, bij de planning van de spoedechokamer onvoldoende rekening wordt gehouden met de (voorspelbare) piek in de instroom van SEH-patiënten.

Oorzaak 2 – *Vertraging in de informatievoorziening*

De tweede oorzaak betreft een onnodige vertraging in de informatievoorziening vanuit de SEH naar de Radiologie-afdeling. In de huidige situatie worden reguliere orders en (onvoorziene) pieken in de instroom van patiënten op de SEH niet tijdig gecommuniceerd met de Radiologie-afdeling. De echo-orders worden pas aan het einde van het SEH-traject ingevoerd in HIX. Hierdoor heeft de Radiologie-afdeling vaak onvoldoende tijd om, mocht het nodig zijn, op te kunnen schalen.

4.4 Tegenmaatregelen

Op basis van gesprekken met een aantal zorgprofessionals binnen het JBZ en een benchmark met het Haags Medisch Centrum en het Elkerliek ziekenhuis zijn een tweetal tegenmaatregelen geformuleerd.

Tegenmaatregel 1- *Optimalisatie van de planning en informatieuitwisseling*

De data analyse die is uitgevoerd kan worden gebruikt om te komen tot een basisplanning voor de inzet van echocapaciteit, waarbij expliciet rekening wordt gehouden met de reguliere fluctuaties in de instroom van SEH-patiënten. In het kader van het (real-time) kunnen aanpassen van de basisplanning is het van belang om de informatieuitwisseling tussen de SEH- en Radiologie-afdeling te verbeteren.

Tegenmaatregel 2- *Gebruik van geavanceerde (real-time) voorspelmethodeken*

Uit het benchmarkonderzoek blijkt dat het waardevol kan zijn om gebruik te maken van wiskundige model waarmee, op basis van historische data, een voorspelling kan worden gemaakt van de instroom van SEH-patiënten en de benodigde echocapaciteit. Dit model kan in een later stadium worden uitgebreid met een AI-toepassing, waarmee het mogelijk wordt om snel (of zelfs real-time) te kunnen anticiperen op verwachte veranderingen in de instroom.

5. Conclusies

Deze casestudie laat zien dat process mining een krachtige analyse- en visualisatiemethode is. Dankzij de process mining analyses was het mogelijk om knelpunten in de doorstroom van SEH-patiënten in het Jeroen Bosch Ziekenhuis op een relatief snelle en eenvoudige wijze te visualiseren, kwantificeren en bespreekbaar te maken. Wat process mining krachtig maakt, is dat er inzicht wordt verschaft in het werkelijke procesverloop op basis van een grote hoeveelheid historische procesdata. Dankzij deze datagedreven (op feiten gebaseerde) aanpak bleken medisch specialisten eerder bereid om in gezamenlijkheid de resultaten en verbetermogelijkheden te bespreken. Process mining is daarmee uitermate geschikt gebleken om knelpunten binnen

het proces te signaleren en de toepasbaarheid en impact van bestaande verbeterconcepten als LEAN en TOC te vergroten.

Echter process mining bleek minder geschikt om oorzaken van procesproblemen vast te stellen; een belangrijk stap in elk verbeterproces. Alleen het gebruik van process mining was dan ook niet voldoende. Kwalitatieve onderzoeksmethoden (interviews, groepsdiscussies en observaties) zijn ingezet om inzicht te krijgen in de belangrijkste oorzaken.

Tot slot is process mining alleen toepasbaar als de dataverzameling en -registratie op orde is. Het is dus van belang dat de betrokkenen inzien dat een juiste invoer van gegevens van belang is in het kader van datagedreven procesverbetering.

Referenties

- [1] Zorgvisie (2020). <https://www.zorgvisie.nl/overcrowding-op-seh-is-betonrot-voor-spoedzorg/>
- [2] Gakeer, M., Van der Erf, S., Van der Linden, C., Baden, D. (2018). Drukke op de SEH vergt integrale aanpak: Spoedeisende zorg worstelt met een reeks capaciteitsproblemen. Medisch Contact. <https://www.medischcontact.nl/nieuws/laatste-nieuws/artikel/drukke-op-de-seh-vergt-integrale-aanpak.htm>
- [3] NVSHA (2016). <https://www.nvshv.nl/2016/06/gezamelijke-brief-nvshv-nvsha-over-sluitingen-sehs-door-overmatige-drukke/>
- [4] American College of Emergency Physicians (2016). ACEP Task Force report on boarding. Emergency department crowding: high-impact solutions.
- [5] De Nederlandse Zorgautoriteit (Nza) (2018). https://puc.overheid.nl/nza/doc/PUC_260889_22/1/
- [6] Chan, H. Y., Lo, S. M., Lee, L. L. Y., Lo, W. Y. L., Yu, W. C., Wu, Y. F., ... & Chan, J. T. S. (2014). Lean techniques for the improvement of patients' flow in emergency department. *World journal of emergency medicine*, 5(1), 24.
- [7] David, NG., Vail, G., Thomas, S., & Schmidt, N. (2010). Applying the Lean principles of the Toyota Production System to reduce wait times in the emergency department. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 12(1), 50-57.
- [8] Dickson, E. W., Singh, S., Cheung, D. S., Wyatt, C. C., & Nugent, A. S. (2009a). Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. *The Journal of emergency medicine*, 37(2), 177-182.
- [9] Dickson, E. W., Anguelov, Z., Vetterick, D., Eller, A., & Singh, S. (2009b). Use of lean in the emergency department: a case series of 4 hospitals. *Annals of emergency medicine*, 54(4), 504-510.
- [10] King, D. L., Ben-Tovim, D. I., & Bassham, J. (2006). Redesigning emergency department patient flows: application of lean thinking to health care. *Emergency Medicine Australasia*, 18(4), 391-397.
- [11] Vermeulen, M. J., Stukel, T. A., Guttman, A., Rowe, B. H., Zwarenstein, M., Golden, B., ... & Afilalo, M. (2014). Evaluation of an emergency department lean process improvement program to reduce length of stay. *Annals of emergency medicine*, 64(5), 427-438.
- [12] Taylor, L. J., & Nayak, S. (2012). Goldratt's theory applied to the problems associated with an emergency department at a hospital. *Administrative Sciences*, 2(4), 235-249.
- [13] Rotstein, Z., Wilf-Miron, R., Lavi, B., Seidman, D. S., Shahaf, P., Shahar, A., ... & Noy, S. (2002). Management by constraints: considering patient volume when adding medical staff to the emergency department. *The Israel Medical Association Journal: IMAJ*, 4(3), 170-173.
- [14] Bettencourt-Silva, J. H., Clark, J., Cooper, C. S., Mills, R., Rayward-Smith, V. J., & De La Iglesia, B. (2015). Building data-driven pathways from routinely collected hospital data: a case study on prostate cancer. *JMIR medical informatics*, 3(3), e26.
- [15] Stone-Griffith, S., Englebright, J. D., Cheung, D., Korwek, K. M., & Perlin, J. B. (2012). Data-driven process and operational improvement in the emergency department: the ED Dashboard and Reporting Application. *Journal of Healthcare Management*, 57(3), 167-181.
- [16] Whitt, W., & Zhang, X. (2017). A data-driven model of an emergency department. *Operations Research for Health Care*, 12, 1-15.
- [17] Neyshabouri, S., & Berg, B. P. (2017). Two-stage robust optimization approach to elective surgery and downstream capacity planning. *European Journal of Operational Research*, 260(1), 21-40.
- [18] Mans, R. S., Schonenberg, M. H., Song, M., van der Aalst, W. M., & Bakker, P. J. (2008, January). Application of process mining in healthcare—a case study in a dutch hospital. In *International joint conference on biomedical engineering systems and technologies* (pp. 425-438). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [19] Rebuge, A., & Ferreira, D. R. (2012). Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining. *Information systems*, 37(2), 99-116.
- [20] Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M., & Capurro, D. (2016). Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of biomedical informatics*, 61, 224-236.
- [21] Wouters, S., Moeke, D., Michiels, R., Sijbers, Y., Dufour, A., Van Schadewijk, M. (2018). De doorlooptijd onder de loop: Wachtijdverkort voor eerstelijns MDL-patiënten van het Jeroen Bosch Ziekenhuis. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, 6, 8-21.
- [22] Van Der Aalst, W. M., Reijers, H. A., Weijters, A. J., van Dongen, B. F., De Medeiros, A. A., Song, M., & Verbeek, H. M. W. (2007). Business process mining: An industrial application. *Information Systems*, 32(5), 713-732.
- [23] Goldratt, E. M. (1990). *Theory of constraints*. Croton-on-Hudson: North River.
- [24] Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149.
- [25] Goldratt, E. M., & Cox, J. (2016). *The goal: a process of ongoing improvement*. Routledge.
- [26] 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.

- [27] Moeke, D., Bekker, R. (2020). Chapter 8: *Capacity planning in healthcare: finding solutions for healthy planning in nursing home care*. In: L. Lovseth, A.H. de Lange (Eds, 2020). Integrating organization of health services, worker wellbeing and quality of care: Towards 'healthy healthcare'. Publisher: Springer Academics.