

2015•2016
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN
*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur in de beleidsinformatica*

Masterproef

Ontwerpen van een dashboard om inzicht te verwerven in de
overbevolkingsproblematiek van een spoedgevallendienst

Promotor :
Prof. dr. Benoit DEPAIRE

Copromotor :
De heer Jochen BERGS

Dorien Eerdeken

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische
wetenschappen: handelsingenieur in de beleidsinformatica*

2015•2016

FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur in de beleidsinformatica*

Masterproef

Ontwerpen van een dashboard om inzicht te verwerven in
de overbevolkingsproblematiek van een
spoedgevallendienst

Promotor :
Prof. dr. Benoit DEPAIRE

Copromotor :
De heer Jochen BERGS

Dorien Eerdekens

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische
wetenschappen: handelsingenieur in de beleidsinformatica*

WOORD VOORAF

Deze masterproef vormt het sluitstuk van mijn opleiding tot Handelsingenieur in de Beleidsinformatica aan de Universiteit Hasselt. Mijn specifieke keuze voor het onderwerp rond overbevolking van de spoedgevallendienst kwam enerzijds tot stand omdat het kadert in een bredere interesse in thema's als *business intelligence*, *data science* en gezondheidszorg. Anderzijds sprak het toegepaste karakter van het onderwerp mij erg aan. Het feit dat ik voor dit proefschrift een tool kon ontwerpen dat het medisch en verpleegkundig personeel van een spoedgevallendienst zou kunnen helpen en dat ik daardoor een maatschappelijke bijdrage zou kunnen leveren, intrigeerde me enorm.

Het opstellen van deze masterproef en het ontwerpen van het dashboard waren een uiterst unieke en leerrijke ervaring, maar ik zou nooit tot een dergelijk resultaat gekomen zijn zonder de hulp van verscheidene personen.

Allereerst wil ik mijn promotor prof. dr. Benoît Depaire en mijn copromotor dhr. Jochen Bergs willen bedanken. Dankzij hun sturing en advies ben ik steeds gefocust gebleven. Hun kritische feedback heeft ertoe geleid dat de tool die ik ontwikkeld heb voldoet aan de noden van spoedgevallendiensten in Vlaanderen. Daarnaast is het mede door hun begeleiding dat ik mijn masterproef succesvol heb kunnen voltooien.

Daarnaast wil ik mijn ouders en vriend bedanken voor hun morele steun en het hart dat ze me onder de riem staken wanneer dit nodig was. Ten slotte wil ik alle andere personen bedanken die mij geholpen hebben, zowel op moreel als inhoudelijk vlak.

Dorien Eerdeken

Juni, 2016

SAMENVATTING

Binnen de spoedgevallendiensten is het managen van het aantal patiënten en de doorstroom in en uitstroom uit de spoedgevallendienst een continue uitdaging. Deze situatie resulteert frequent in *crowding*, de overbevolking van de spoedgevallendienst. Dit fenomeen heeft diverse, voornamelijk negatieve, gevolgen. Overbevolking doet immers de patiënttevredenheid dalen. Tegelijk nemen door deze overbevolking ook de veiligheidsrisico's toe. Verder zorgt overbevolking van de spoedgevallendienst ervoor dat ambulances moeten uitwijken naar een ander ziekenhuis en dat patiënten zullen vertrekken zonder door een arts onderzocht te zijn. Daarnaast is het zo dat *crowding* ervoor zorgt dat het medisch en verpleegkundig personeel onder tijdsdruk staat. Ook brengt overbevolking enkele negatieve financiële gevolgen met zich mee.

Met de toenemende digitalisering binnen de spoedgevallendienst wordt tegenwoordig heel wat relevante data verzameld die kan helpen bij het managen van de overbevolking van de spoedgevallendienst. Deze masterproef heeft als doel te onderzoeken hoe informatietechnologie een spoedgevallendienst in *real-time* relevante inzichten kan aanreiken om het overbevolkingsprobleem aan te pakken en het ontwikkelen en valideren van een tool hiervoor. Tot op heden is een dergelijke *real-time* oplossing nog niet aangereikt in Vlaanderen. De oplossing die in deze masterproef wordt voorgesteld is een dashboard dat verschillende maatstaven en indicatoren visualiseert die aangeven hoe drukbezet de spoedgevallendienst is. Met behulp van deze oplossing kan een beoordeling worden gemaakt of de spoedgevallendienst overbevolkt is, en of de situatie negatieve effecten genereert op de doorstroom en uitstroom van patiënten. Op deze manier kan proactief bepaald worden of er al dan niet corrigerende maatregelen moeten worden genomen.

Er is reeds veel onderzoek gedaan naar het fenomeen van overbevolking maar tot op heden is nog geen concrete oplossing aangereikt. Onderzoek tot nu toe is vooral toegespitst op het berekenen en kwantificeren van overbevolking. Er bestaan talloze maatstaven en indicatoren om de situatie op een spoedgevallendienst te beoordelen. Een tekortkoming van die maatstaven is dat ze een te binaire beoordeling maken van de situatie: de spoedgevallendienst wordt bestempeld als overbevolkt of niet. Het probleem van overbevolking is echter complexer. Een dashboard zou in deze situatie kunnen helpen omdat zo de evaluatie van de situatie niet wordt overgelaten aan de maatstaven zelf, maar aan de gebruiker van het dashboard. De gebruiker krijgt zo ondersteuning van het dashboard, maar kan ook zijn eigen ervaring meenemen in het bepalen van de toestand van de spoedgevallendienst.

Verder wordt veel onderzoek gevoerd in de context van de situatie in de Verenigde Staten. Deze situatie kan echter niet direct vergeleken worden met die in Vlaanderen. Allereerst is het zo dat sommige maatstaven zijn gevalideerd door een spoedgevallendienst als overbevolkt te bestempelen wanneer ambulances moeten uitwijken. Dit uitwijken komt in Vlaanderen echter niet vaak voor aangezien dit volgens de wet strikt genomen niet mag: als spoedgevallendienst mag je geen binnenkomende patiënten weigeren. Daarnaast is het zorgsysteem, in het bijzonder de zorgverzekering, van de Verenigde Staten niet vergelijkbaar.

Om tot het dashboard te komen via een rigoureuze onderzoeksmethode wordt de methodologie van *design science* gevolgd. Dit is een methodologie die gebruikt wordt wanneer het onderzoek erin bestaat een artefact te ontwikkelen dat een algemeen probleem moet helpen oplossen en dat artefact

te evalueren. Een onderzoek volgens deze methodologie volgt verschillende stappen, stappen die eveneens worden gevolgd in deze masterproef.

Allereerst is het belangrijk een goed zicht te hebben op de vereisten van het artefact. Hierbij gaat het zowel om de functionele als de niet-functionele vereisten. De *functionele vereisten* bepalen welke functies het dashboard moet bieden. De *niet-functionele vereisten* daarentegen leggen de grenzen vast waarbinnen het artefact moet opereren.

De volgende stap is het ontwerpen en ontwikkelen van het artefact. Het dashboard is gemaakt met behulp van het *Shinydashboard package* van R. Om aan de belangrijkste functionele vereiste, namelijk de mate van overbevolking weergeven, te voldoen, is een gemodificeerde Delphi studie uitgevoerd. In de eerste ronde is een vragenlijst rondgestuurd met alle, in de literatuur voorgestelde, maatstaven en indicatoren van overbevolking naar alle spoedgevallendiensten in Vlaanderen. In deze vragenlijst wordt gepeild naar de wenselijkheid van elke maatstaf om opgenomen te worden in een dashboard. In de tweede ronde zijn de resultaten van de eerste ronde doorgestuurd naar enkele experts om kwalitatieve feedback te verkrijgen op de resultaten. Op basis van die feedback is de keuze gemaakt welke maatstaven op te nemen in het dashboard. De indeling van het dashboard is analoog met de indeling van de verschillende maatstaven en indicatoren. Een case study verduidelijkt de werking van het dashboard. Tot slot is het belangrijk dat het artefact wordt geëvalueerd. Dit gebeurt door het te toetsen aan de vooropgestelde vereisten.

INHOUD

Woord vooraf	I
Samenvatting	III
Inhoud	V
Lijst van tabellen	VII
Lijst van figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Overbevolking van de spoedgevallendienst	1
1.2 Een conceptueel model van overbevolking	1
1.3 Oorzaken van overbevolking	2
1.3.1 Instroomfactoren.....	2
1.3.2 Doorstroomfactoren.....	2
1.3.3 Uitstroomfactoren.....	3
1.4 Gevolgen van overbevolking	3
1.4.1 Patiënttevredenheid.....	3
1.4.2 Veiligheidsrisico's	3
1.4.3 Uitwijken van ambulances	4
1.4.4 Patiënten die vertrekken zonder behandeling	4
1.4.5 Financiële effecten.....	5
1.5 Oplossingen	5
1.6 Onderzoeksdoelstelling	6
1.7 Onderzoeksaanpak: Onderzoek volgens de methodologie van design science	6
1.7.1 Design science	6
1.7.2 Onderzoeksmethodologie	7
2 Opstellen van de vereisten	11
2.1 Het artefact	11
2.2 Vereisten	11
3 Ontwerpen en ontwikkelen van het dashboard.....	15
3.1 Eerste schets	15
3.1.1 Kernfuncties	15
3.1.2 Algemene structuur	20

3.2	Beschrijvende analyse van de dataset	20
3.3	Finale ontwerp.....	22
3.3.1	Tabblad Overzicht.....	26
3.3.2	Tabblad Tijdsintervallen	28
3.3.3	Tabblad Input-throughput-output	30
3.3.4	Tabblad READI.....	32
3.3.5	Tabblad ED Work Score.....	34
3.3.6	Tabblad ICMED	36
3.3.7	Tabblad Kwaliteits- en veiligheidsindicatoren	38
4	Demonstratie van het dashboard	39
5	Evaluatie van het dashboard	45
6	Conclusie	49
7	Lijst van geraadpleegde werken.....	51
8	Bijlagen	55
8.1	Bijlage 1: vragenlijst ronde 1 gemodificeerde Delphi studie.....	55
8.2	Bijlage 2: rapport ronde twee gemodificeerde Delphi studie	67
8.3	Bijlage 3: overzicht experten ronde twee gemodificeerde Delphi studie	79
8.4	Bijlage 4: code van het dashboard	80

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1 Beschrijvende analyse van de variabelen in de dataset	20
Tabel 2 Evaluatie behalen vereisten	45

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 Dynamic Safety Model (overgenomen uit [17])	4
Figuur 2 Use case diagram	16
Figuur 3 Histogram van de verblijfsduur (in minuten)	22
Figuur 4 Screenshot algemene opbouw dashboard	23
Figuur 5 Overzicht opbouw dashboard	25
Figuur 6 Tabblad <i>Overzicht</i>	27
Figuur 7 Histogrammen van de gekozen tijdsintervallen	28
Figuur 8 Tabblad <i>Tijdsintervallen</i>	29
Figuur 9 Tabblad <i>Input-throughput-output</i>	31
Figuur 10 Tabblad <i>READI</i>	33
Figuur 11 Tabblad <i>ED Work Score</i>	35
Figuur 12 Tabblad <i>ICMED</i>	37
Figuur 13 Tabblad <i>Overzicht</i> 01-04-11 19:00	39
Figuur 14 Tabblad <i>Tijdsintervallen</i> 01-04-11 19:00	39
Figuur 15 Tabblad <i>Input-throughput-output</i> 01-04-11 19:00	40
Figuur 16 Tabblad <i>READI</i> 01-04-11 19:00	40
Figuur 17 Tabblad <i>ED Work Score</i> 01-04-11 19:00	41
Figuur 18 Tabblad <i>ICMED</i> 01-04-11 19:00	41
Figuur 19 Tabblad <i>Overzicht</i> 01-04-11 20:00	42
Figuur 20 Tabblad <i>Input-throughput-output</i> 01-04-11 20:00	43
Figuur 21 Tabblad <i>READI</i> 01-04-11 20:00	43
Figuur 22 Tabblad <i>ED Work Score</i> 01-04-11 20:00	43

1 INLEIDING

Nationaal en internationaal worden spoedgevallendiensten bijna dagelijks geconfronteerd met situaties waarbij hun functioneren belemmerd wordt. Dit komt omdat de fysieke en/of bestaingscapaciteit van de spoedgevallendienst overschreden wordt door een teveel aan patiënten die wachten om gezien te worden, die in het diagnostisch-therapeutisch proces zitten of die wachten op ontslag uit de spoedgevallendienst. Dit fenomeen wordt in de internationale literatuur crowding, of overbevolking, genoemd.

Niet enkel spoedgevallendiensten, ook ziekenhuizen in hun totaliteit raken verzadigd. Hierdoor wordt het moeilijker om patiënten binnen een redelijke tijdsspanne, niet langer dan 8 uur, toegang te verstrekken tot een aangepast ziekenhuisbed (i.e. *access block*).

Samen leiden deze fenomenen tot lange wachttijden op de spoedgevallendienst waaraan diverse negatieve gevolgen voor de kwaliteit van zorg, in het bijzonder patiëntveiligheid, verbonden zijn. Daarnaast bestaat er een relatie tussen werkgerelateerde stress en daling van werktevredenheid bij zowel de verpleegkundige als medische staf [1]–[3].

In essentie is de oorzaak te herleiden tot een mismatch van vraag en aanbod: de resources van de spoedgevallendienst stijgen niet evenredig mee om te kunnen voldoen aan de steeds stijgende vraag naar spoedeisende hulpverlening [4]. Veel ziekenhuizen hebben bovendien het afgelopen decennium een daling in hun bedden capaciteit ervaren [5].

1.1 Overbevolking van de spoedgevallendienst

Een vaak gebruikte definitie voor het overbevolkt zijn van een spoedgevallendienst is die van de *American College of Emergency Physicians*:

"Een spoedgevallendienst is overbevolkt wanneer de geïdentificeerde nood voor diensten voor noodgevallen groter is dan de beschikbare bronnen nodig voor de verzorging van patiënten. Dit manifesteert zich in een significante vertraging in evaluatie en behandeling van spoedpatiënten, een niet-tijdige doorstroom van patiënten naar een ziekenhuisbed, het behandelen van patiënten in ruimten die er niet op voorzien zijn, zoals gangen, en patiënten die vertrekken zonder de behandeling te voltooien" [6, p. 585].

Ook de definitie van Pines wordt vaak naar voren geschoven: *"Een spoedgevallendienst is overbevolkt wanneer inadequate resources om aan de vraag van patiënten te voldoen zorgen voor een daling in de kwaliteit van de verleende zorg"* [7, p. 382]. Om deze definitie operationeel te gebruiken, moeten objectieve kwaliteitsmaatstaven gezocht en gevalideerd worden [7].

1.2 Een conceptueel model van overbevolking

Asplin *et al.* [4] hebben een conceptueel model om de oorzaken van de overbevolking van een spoedgevallendienst in kaart te brengen uitgewerkt. Dit model is een kaderwerk bedoeld om onderzoek te doen naar een acuut zorgsysteem en hiervoor een beleid uit te werken en operationeel

management op toe te passen. Een acuut zorgsysteem wordt gedefinieerd als een systeem voor het verstrekken van niet-geplande zorg.

Het model ziet een dergelijk systeem als een combinatie van *inputs* (instroom), *throughputs* (doorstroom) en *outputs* (uitstroom). De instroomcomponent omvat elke conditie, gebeurtenis of systeemkarakteristiek die bijdraagt aan de vraag naar de diensten van een spoedgevallendienst. Het model onderscheidt drie verschillende soorten zorg die worden geleverd binnen een acuut zorgsysteem met de spoedgevallendienst in de hoofdrol: spoedeisende zorg, niet-geplande urgente zorg en *Safety Net zorg*. Deze laatste verwijst naar het Amerikaanse model van een spoedgevallendienst: dit zijn patiënten die naar een spoedgevallendienst komen omdat ze op een andere dienst niet geholpen zullen worden omdat ze geen verzekering hebben.

De doorstroomcomponent beschrijft de interne processen van de spoedgevallendienst. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen twee fasen: de eerste fase omvat triage, het aanduiden van een behandelingsruimte en een initiële evaluatie. Diagnostische testen en de behandeling in de spoedgevallendienst behoren tot de tweede fase.

Alles wat te maken heeft met het ontslagproces en de doorstroom van patiënten naar een interne afdeling van het ziekenhuis, valt onder de uitstroomcomponent van het conceptueel model.

Asplin *et al.* [4] geven aan dat de oorzaken van drukker wordende spoedgevallendiensten niet enkel moeten worden gezocht bij de inputfactoren, maar ook bij de doorstroom in en uitstroom uit de spoedgevallendienst.

1.3 Oorzaken van overbevolking

Hoot en Aronsky [8] onderzochten de oorzaken van overbevolking van de spoedgevallendienst. De gevonden oorzaken zijn onderverdeeld in instroom-, doorstroom- en uitstroomfactoren, naar analogie met het hierboven beschreven conceptueel model van Asplin *et al.* [4].

1.3.1 Instroomfactoren

Onder de instroomfactoren worden niet-urgente bezoeken, patiënten die regelmatig op de spoedgevallendienst terecht komen (zogenaamde *frequent-flyer* patiënten) en het griepseizoen als oorzaak van overbevolkte spoedgevallendiensten aangeduid. Patiënten die naar de spoedgevallendienst komen, doen dit om diverse redenen. De meesten doen dit voor urgente zorg, maar er zijn ook patiënten die naar de spoedgevallendienst komen voor niet-urgente zorg. Zij doen dit vooral omdat een bezoek aan de huisarts ontoereikend of ongelegen was [8].

1.3.2 Doorstroomfactoren

Onder de doorstroomfase valt de hele reis die de patiënt aflegt vanaf het moment dat hij of zij arriveert op de spoedgevallendienst tot het moment dat de patiënt de dienst verlaat [4]. Doorstroomfactoren die aan de basis van overbevolking liggen, zijn onder andere een tekort aan

verpleegkundig en medisch personeel en vertragingen bij het gebruik van diensten zoals CT scans en andere procedures [8].

1.3.3 Uitstroomfactoren

De niet-tijdige doorstroom van patiënten naar een ziekenhuisbed en het tekort aan ziekenhuisbedden worden onder de uitstroomfactoren als oorzaken voor overbevolking geïdentificeerd. Onderzoek toont bovendien aan dat hoe drukker bezet het ziekenhuis is, hoe langer de wachttijd op de spoedgevallendienst zal worden [8].

Er zijn veel factoren die bijdragen tot de vertraging in de uitstroom van patiënten naar een ziekenhuisbed. Hieronder vallen een tekort aan fysieke ziekenhuisbedden, geen beschikbaarheid van een ziekenhuisbed door een ontoereikende ratio van verpleegkundigen ten opzichte van patiënten of vertragingen in het poetsen van kamers wanneer een patiënt ontslagen is [4].

Naast het feit dat het aantal patiënten aanwezig in de spoedgevallendienst slechts een gematigde voorspellingskracht heeft op onveilig lange wachttijden voor patiënten met een hoge prioriteit – duidelijk een instroomfactor [9] – worden uitstroomfactoren beschouwd als de hoofdoorzaak van overbevolking [10], [11]. Uit alle uitstroomfactoren, wordt het tekort aan ziekenhuisbedden overigens als dé oorzaak van overbevolking beschouwd [10].

1.4 Gevolgen van overbevolking

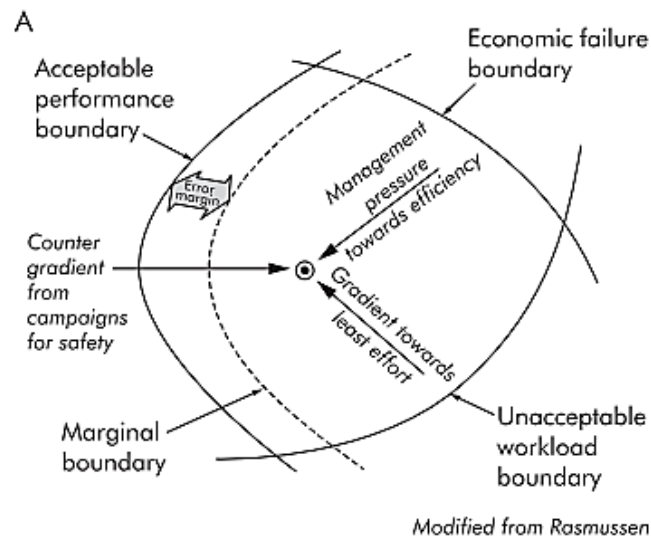
1.4.1 Patiënttevredenheid

Onderzoek van Tekwani *et al.* [12] heeft uitgewezen dat de tevredenheid van de patiënten daalt wanneer overbevolking van de spoedgevallendienst toeneemt. Dit is aangetoond door patiënten een enquête te laten invullen na hun bezoek. De enquêtes die patiënten invulden tijdens een normale situatie en tijdens een overbevolkte situatie, zijn vergeleken.

1.4.2 Veiligheidsrisico's

Wanneer de spoedgevallendienst overbevolkt raakt, staat het verpleegkundig en medisch personeel onder tijdsdruk en voelen ze zich gehaast. Hierdoor hebben ze het gevoel niet voldoende tijd te hebben om elke patiënt grondig te onderzoeken. Dit resulteert in medische fouten [13], [14] en kan in sommige gevallen zelfs leiden tot het sterven van de patiënt [8]. Doordat de staf te druk bezet is en teveel patiënten moet behandelen, kan het zijn dat patiënten langer moeten wachten en daardoor ook langer pijn moeten lijden [8], [13]. In een studie van Verelst *et al.* [15] wordt dit echter genuanceerd. Zij vonden geen associatie tussen het overbevolkt zijn van de spoedgevallendienst en het overlijden van patiënten binnen tien dagen. Een overbevolkte spoedgevallendienst verhoogt wel enigszins het risico op het opdoen van een longontsteking en een langere verblijftijd in het ziekenhuis [15].

Veiligheid kan beschreven worden met behulp van het *dynamic safety model* van Rasmussen [16]. Dit model beschrijft veiligheid op een descriptieve manier. Het model bestaat uit drie grenzen: de economische, de werklust en de prestatie. Wanneer de laatste wordt overschreden, is er kans op een ongeval en wordt de situatie gezien als onveilig. Het model legt de toegelaten grenzen vast en laat ruimte om hierbinnen te bewegen [16]. Cook en Rasmussen [17] tonen aan dat het drukker worden van het ziekenhuis ervoor zorgt dat er meer en meer naar de grens van onaanvaardbare prestaties toe wordt gewerkt en dus de kans op het overschrijden ervan verhoogt. Figuur 1 is een visuele voorstelling van het dynamic safety model van Rasmussen [16], aangepast door Cook *et al.* [17].



Figuur 1 Dynamic Safety Model (overgenomen uit [17])

1.4.3 Uitwijken van ambulances

Een ander gevolg van overbevolking van de spoedgevallendienst is het uitwijken van ambulances naar een ander ziekenhuis [5], [8], [13], [18], [19]. Dit betreft de situatie wanneer ambulances doorverwezen worden naar een spoedgevallendienst van een ander ziekenhuis omdat de eigen spoedgevallendienst de patiënt niet volledig of slechts gedeeltelijk kan verzorgen wegens capaciteitsproblemen [20]. Het uitwijken van een ambulance geeft op zijn beurt gevolg aan enkele negatieve situaties. Het zorgt namelijk niet alleen voor een stijging in de tijd dat het duurt vooraleer een patiënt aankomt in de spoedgevallendienst [8], [13] maar ook voor een stijging van het risico op een verkeersongeval [13].

1.4.4 Patiënten die vertrekken zonder behandeling

Lange wachttijden zijn de oorzaak waarom sommige patiënten vertrekken zonder door een arts onderzocht te zijn of voordat hun verzorging afgerond is [8], [13].

1.4.5 Financiële effecten

Een patiënt die langer moet wachten dan voorzien kost het ziekenhuis geld [8]. Daarnaast zorgt overbevolking er ook voor dat de communicatie tussen het medisch en verpleegkundig personeel niet optimaal verloopt. Dit resulteert in fout gelabelde stalen, slecht ingevulde radiologieformulieren, enzovoort [13]. Naast gevolgen voor de patiënttevredenheid en zelfs veiligheidsrisico's, kost dit het ziekenhuis ook geld. Verder zullen patiënten die vertrekken zonder behandeling vaak hulp zoeken bij andere ziekenhuizen [8]. Dit zijn gemiste inkomsten voor het eerste ziekenhuis.

1.5 Oplossingen

Hoot *et al.* [8] geven aan dat de in de literatuur voorgestelde oplossingen, onderverdeeld kunnen worden in drie thema's: het doen stijgen van de resources, het managen van de vraag en het toepassen van operationeel onderzoek. Het doen stijgen van de resources kan door onder andere meer personeel, meer observatie-eenheden, meer ziekenhuisbedden enzovoort [8]. Natuurlijk is dit niet in elke spoedgevallendienst mogelijk. Het managen van de vraag kan door het managen van niet-urgente doorverwezen patiënten, door het uitwijken van ambulances en bestemmingscontrole [8]. Ook dit is niet overal mogelijk. Onder operationeel onderzoek vallen de verschillende kwalitatieve maatstaven die verderop worden besproken en het gebruiken van wachtrijtheorie. Deze bieden echter geen concrete oplossing aangezien er geen consensus is over welke maatstaf overbevolking het beste meet [8].

Ook Pines *et al.* [21] delen verschillende oplossingen in in drie categorieën: het doen versnellen van de stroom van patiënten, het dalen van de variatie in de vraag naar ziekenhuisbedden en een betere toegang tot het ziekenhuis en een vlotter ontslag van patiënten.

Verder worden voorstellen gedaan zoals het plaatsen van patiënten die wachten op een ziekenhuisbed in de ziekenhuisgangen in plaats van in de gangen van de spoedgevallendienst [22] en het gebruik van *lean process management* in een spoedgevallendienst [23].

Daarnaast is een dashboard ontwikkeld voor spoedgevallendiensten dat nagenoeg in real-time werkt [24]. Het dashboard dat in dit onderzoek ontwikkeld wordt, biedt meer functionaliteit. Het dashboard van Stone-Griffith *et al.* [24] meet enkele tijdstippen en kan de tijd tussen bepaalde stappen in het proces visualiseren. Het doet dit echter niet in real-time. Verder is dat ook het enige wat het dashboard visualiseert. Het dashboard dat in dit onderzoek wordt ontworpen, visualiseert veel meer: ook maatstaven en indicatoren van overbevolking, gegevens over de huidige toestand spoedgevallendienst zoals het aantal aanwezige patiënten, enzovoort zullen getoond worden in het dashboard. Op die manier biedt het dashboard dat in het kader van dit onderzoek wordt ontworpen meer functionaliteit.

Tot op heden mist er nog een concrete oplossing voor het fenomeen van overbevolking. Bovendien is het zo dat de voorgestelde oplossingen een te binaire benadering hebben met betrekking tot het overbevolkt zijn van de spoedgevallendienst. Een artefact dat de real-time toestand van het proces in de spoedgevallendienst kan weergeven om de situatie te kunnen beoordelen en dat helpt in het ondersteunen van de staf om (proactief) corrigerende maatregelen te kunnen nemen, kan een hulpmiddel zijn voor de medische en verpleegkundige staf.

1.6 Onderzoeksdoelstelling

Deze masterproef heeft als doel te onderzoeken hoe informatietechnologie een spoedgevallendienst in real-time relevante inzichten kan aanreiken om het overbevolkingsprobleem aan te pakken en het ontwikkelen en valideren van een tool hiervoor. Tot op heden is een dergelijke real-time oplossing nog niet aangereikt in Vlaanderen. Door het ontwikkelen van een dashboard dat de real-time toestand van de spoedgevallendienst kan weergeven, kan een beoordeling worden gemaakt of de spoedgevallendienst overbevolkt is, en of de situatie negatieve effecten genereert op de doorstroom en uitstroom van patiënten. Op deze manier kan de staf ondersteund worden om proactief te bepalen of er corrigerende maatregelen moeten worden genomen. Zo kan het dashboard ondersteuning bieden voor de beslissingen die zouden moeten worden genomen om het probleem van overbevolking op te lossen.

1.7 Onderzoeksaanpak: Onderzoek volgens de methodologie van design science

De onderzoeksmethodologie die gebruikt wordt is design science. De definitie van design science luidt: *“de wetenschappelijke studie en creatie van artefacten die worden ontworpen en gebruikt door personen, met als doel het oplossen van praktijkproblemen van algemeen belang”* [25].

1.7.1 Design science

Onderzoek volgens de design science methodologie houdt de analyse van het gebruik en de performantie van ontworpen artefacten in om het gedrag ervan en de interactie met hun omgeving, uit te leggen en te verbeteren [26]. Het is een methodologie die gebruikt wordt wanneer onderzoek erin bestaat om een artefact te ontwikkelen en te evalueren dat een algemeen probleem moet helpen oplossen. Volgens de design science methodologie bevat een artefact kennis: dit kan gaan van descriptieve tot ingebedde kennis [25]. Kennis en het begrijpen van een probleemdomain, en de oplossing ervoor, worden bereikt door het bouwen en toepassen van een artefact [27].

Design science onderscheidt zich op verschillende manieren van klassiek, empirisch onderzoek maar ook van natuurwetenschappen en gedragswetenschappen. Klassiek, empirisch onderzoek werkt volgens de methodologie van hypothesen opstellen, deze testen, uitleggen en eventueel voorspellingen doen. Design science wil verder gaan. Het wil de wereld veranderen en verbeteren om uiteindelijk een nieuwe realiteit te creëren. Dit doet het volgens de methodologie van het ontwerpen van artefacten [25].

Design science wil iets creëren dat effectief is, terwijl de natuurwetenschappen ervan uit gaan dat er ergens een waarheid bestaat en dat deze waarheid kan worden afgeleid, uitgelegd en gecodificeerd [27], [28]. Design science test de ontwikkelde artefacten aan de hand van criteria van waarde en nut, namelijk of het werkt en of het een verbetering biedt. Onderzoek volgens de methodologie van design science produceert en past kennis toe van taken of situaties om zo effectieve artefacten te creëren in plaats van algemene theoretische kennis te ontwikkelen. Verder is het verschil tussen natuurwetenschappelijk onderzoek en design science duidelijk in hun verschillende onderzoeksdoelstellingen. Natuurwetenschappen wil fenomenen begrijpen en uitleggen; design

science wil manieren ontwikkelen om menselijke doelen te bereiken. Verder is het zo dat natuurwetenschappen descriptief en verklarend zijn, terwijl design science prescriptief is en artefacten creëert die deze prescripties uitdrukken [28].

Gedragswetenschappen willen dan weer de waarheid vinden. Met betrekking tot technologie zijn gedragswetenschappen eerder te beschrijven als reactief aangezien zij technologie als gegeven bekijken. Design science is juist proactief ten opzichte van technologie: het focust op het creëren en evalueren van innovatieve IT artefacten die organisaties in staat stellen om belangrijke informatiegerelateerde taken aan te pakken [27].

Ook verschilt design science van *engineering* en *consultancy*. Design science wil een algemeen, vaak voorkomend probleem oplossen en kennis genereren aan de hand van het artefact, in plaats van een specifiek praktijkprobleem op te lossen [25]. Verder is het zo dat door het volgen van de design science methodologie verzekerd wordt dat het artefact wordt geëvalueerd, dat het duidelijke en verifieerbare bijdragen levert en dat de onderzoeker gebruik maakt van rigoureuze methoden zowel voor het maken als evalueren van het artefact [27].

1.7.2 Onderzoeksmethodologie

Een onderzoek volgens de design science methodologie kan opgedeeld worden in volgende stappen:

0. probleemstelling
1. vereisten opstellen (hoofdstuk 2)
2. ontwerp en ontwikkeling van het artefact (hoofdstuk 3)
3. demonstratie van het artefact (hoofdstuk 4)
4. evaluatie van het artefact (hoofdstuk 5)

Deze stappen gebeuren iteratief: tijdens het onderzoek zal heen en weer worden gegaan tussen de verschillende stappen om tot het finale artefact te komen [25].

Het artefact dat een oplossing kan zijn voor het omschreven praktijkprobleem, zal moeten voldoen aan enkele vereisten. Johannesson *et al.* [25] geven aan dat er twee soorten vereisten zijn voor een artefact: functionele en niet-functionele vereisten. De *functionele vereisten* gaan specifiek over welke functies het artefact zal moeten vervullen. De *niet-functionele vereisten* daarentegen bepalen de structuur en houden rekening met de omgeving van het artefact. Ze stellen de beperkingen waarbinnen het artefact moet opereren. Een functionele vereiste voor het dashboard is dat het de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst moet weergeven. Reeds veel onderzoek is gedaan naar het kwantificeren van overbevolking en talloze indicatoren en maatstaven zijn opgesteld. In hoofdstuk 3 worden deze maatstaven toegelicht.

Door de (enorme) hoeveelheid maatstaven en indicatoren kunnen deze niet allemaal worden opgenomen in het dashboard. Daarom moet een keuze worden gemaakt. Dit kan door input van experts te verkrijgen. Hiervoor kan de gemodificeerde Delphi methode worden gebruikt.

De Delphi methode is een manier om een consensus tussen individuen te verkrijgen over kwesties waarover weinig of geen bewijs is en waarbij meningen een belangrijke rol spelen. De methode

bestaat uit het invullen van een iteratieve vragenlijst met gecontroleerde feedback door een groep anonieme panelleden. Het doel van de Delphi methode is om de mening en de meest betrouwbare consensus te achterhalen binnen een groep van experts. Een Delphi studie bestaat vaak uit twee rondes: de eerste is om bredere onderwerpen te identificeren en de tweede om een specifieke ranking van items te krijgen [29].

In dit onderzoek wordt een aangepaste versie van de Delphi methode gebruikt om te bepalen welke maatstaven en meetschalen die overbevolking meten relevant zijn en dus zouden opgenomen moeten worden in het dashboard. In plaats van in de tweede ronde dezelfde respondenten als in de eerste ronde aan te schrijven, zullen hiervoor enkele experts worden gevraagd. De experts die gekozen zijn, kunnen immers betere feedback geven over het gebruik van bepaalde metrieke in een spoedgevallendienst.

In de literatuur over de maatstaven is reeds aangetoond of deze al dan niet gevalideerd kunnen worden. Dit wordt echter gedaan voor de Amerikaanse situatie. Vaak wordt de maatstaf gevalideerd aan de hand van het uitwijken van ambulances en, zoals eerder vermeld, is dit geen goede maatstaf in Vlaanderen aangezien dit niet vaak voorkomt. Daarom is het aangewezen te bevragen welke parameters wenselijk zijn in Vlaamse context via een Delphi studie.

In de eerste ronde zal een vragenlijst met alle parameters die voorheen besproken zijn, verstuurd worden naar de diensthoofden van alle spoedgevallendiensten in Vlaanderen. Dit zal gebeuren via e-mail. Een vragenlijst per mail heeft echter vaak een lage responsgraad: een responsgraad van 30% wordt als acceptabel beschouwd [30]. De tweede ronde zal bestaan uit een kwalitatieve bevraging van enkele experts. De resultaten van ronde één zullen worden voorgelegd.

Daarnaast moet ook rekening worden gehouden met de beschikbare data en welke maatstaven hieruit berekend kunnen worden. Uit de tweede ronde en de mogelijkheden uit de dataset zullen de specifieke parameters kunnen worden gekozen.

De vragenlijst (bijlage 1) die is gebruikt voor ronde één is opgesteld aan de hand van enkele consensuspapers. De vragenlijst peilt eerst naar de persoonlijke kenmerken van de respondent. Ook de karakteristieken van de betreffende spoedgevallendienst worden bevragd. Deze karakteristieken zijn door middel van consensus tussen verschillende belangrijke experts (managers van federale agentschappen, commerciële spelers, spoedgevallendiensten, professionele verenigingen, enzovoort) in de medische wereld bepaald [31].

Vervolgens wordt gepeild naar de wenselijkheid van verschillende parameters. Het eerste deel van de vragenlijst verzamelt parameters opgesteld door Wiler *et al.* [31]. De in de vragenlijst opgenomen definities zijn gekozen omwille van hun meetbaarheid door de systemen in een spoedgevallendienst en de mogelijke relevantie voor het meten van overbevolking.

Een tweede reeks parameters is opgesteld door Solberg *et al.* [3]. Zij deden een poging om maatstaven volgens het conceptueel model van Asplin *et al.* [4] te definiëren. Ze hebben deze maatstaven ook, via consensus, gerangschikt en de meest bruikbare geïdentificeerd. Tezamen meten deze maatstaven de vraag naar medische hulp in de spoedgevallendienst (*Vraag*), de complexiteit van de aanwezige patiënten (*Complexiteit*), de capaciteit van de spoedgevallendienst (*Capaciteit*), de werklast in de spoedgevallendienst binnen een gegeven periode (*Werklast*), de mogelijkheid om

tijdige en kwalitatieve spoedhulp te bieden (*Efficiëntie*), de capaciteit van het ziekenhuis om tijdige zorg te verlenen aan spoedgevallendienstpatiënten (*Ziekenhuiscapaciteit*) en de efficiëntie van het ziekenhuis (*Ziekenhuisefficiëntie*).

Een laatste groep parameters bestaat uit de kwantitatieve meetschalen om overbevolking te meten. Er is bevraagd of de meetschaal als geheel als relevant wordt beschouwd of niet. Daarnaast is ook bevraagd of de individuele indicatoren van elke meetschaal als relevant worden beschouwd door de respondenten. Sommige indicatoren kwamen overeen met de parameters uit de eerste of tweede groep bevraagde parameters.

Alle maatstaven en parameters zijn op wenselijkheid bevraagd. Hiermee wordt bedoeld hoe noodzakelijk of nuttig het is dat deze parameters gekend zijn, namelijk hoe belangrijk ze zijn in het ondersteunen van het beoordelen of de spoedgevallendienst overbevolkt is: zijn ze echt nodig, zelfs cruciaal, bij het beoordelen van de situatie, of zijn ze eerder overbodig? Deze eigenschap is gemeten op een 7-punten schaal gaande van niet-wenselijk tot wenselijk. Ook is bevraagd hoe haalbaar het voor sommige maatstaven is om deze uit het systeem te kunnen verkrijgen.

De resultaten van de enquête zijn samengevat in een rapport (bijlage 2). Dit is via mail doorgestuurd naar enkele experts (bijlage 3). Aan hen is gevraagd om hun mening te geven over de resultaten uit de vragenlijst. Aan de hand hiervan kan een duidelijke beslissing worden genomen over welke parameters en maatstaven al dan niet gevisualiseerd moeten worden door het dashboard.

Nadat het ontwerp van het dashboard wordt toegelicht, zal aan de hand van een case gedemonstreerd worden hoe het dashboard gebruikt kan worden. Zo worden de functionaliteit en het gebruik van het dashboard geïllustreerd.

Ten slotte is het belangrijk dat het dashboard wordt getoetst aan de vooraf opgestelde vereisten. In sommige gevallen zal het controleren of een vereiste voldaan is eenvoudig zijn. Het voldoen aan een vereiste kan door simpelweg het aanwezig zijn van een bepaalde functionaliteit of kenmerk. In andere gevallen zijn bepaalde veronderstellingen aan de orde [32].

2 OPSTELLEN VAN DE VEREISTEN

Het artefact dat een oplossing kan zijn voor het omschreven praktijkprobleem, zal moeten voldoen aan enkele vereisten. Johannesson *et al.* [25] geven aan dat er twee soorten vereisten zijn voor een artefact: functionele en niet-functionele vereisten. De *functionele vereisten* gaan specifiek over welke functies het artefact zal moeten vervullen. De *niet-functionele vereisten* daarentegen bepalen de structuur en houden rekening met de omgeving van het artefact. Ze stellen de beperkingen waarbinnen het artefact moet opereren. Vooraleer de vereisten worden bepaald, wordt ingegaan op de keuze van het artefact. Daarna wordt beschreven welke vereisten belangrijk zijn voor het dashboard en wat de rationale erachter is.

2.1 Het artefact

Het doel van het artefact is het weergeven van de real-time toestand van het proces in de spoedgevallendienst om de situatie te kunnen beoordelen en (proactief) corrigerende maatregelen te kunnen nemen. Een instrument dat zich hiertoe leent, is een dashboard. Een dashboard wordt gedefinieerd als “een cognitieve tool die de reikwijdte van controle over veel bedrijfsdata verbetert” [29, p. 1]. Een dashboard helpt om trends, patronen en afwijkingen visueel te herkennen en ondersteunt het beslissingsproces [33].

Het dashboard zal in real-time de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst moeten weergeven. De medische en verpleegkundige staf van de spoedgevallendienst kan door het bekijken van het dashboard een beoordeling maken over de situatie waarin de spoedgevallendienst zich bevindt. Het zou interessant zijn om het dashboard deze beoordeling zelf te laten maken aan de hand van *machine learning*, maar dit valt buiten de scope van het huidige onderzoek.

2.2 Vereisten

De doelstelling van het dashboard is een overzicht te geven van de huidige situatie van het proces in de spoedgevallendienst. De staf van de spoedgevallendienst kan deze informatie gebruiken om de situatie te evalueren. Zo kan de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst ingeschat worden en kan bepaald worden of de situatie negatieve effecten genereert op de doorstroom en uitstroom van patiënten. Op die manier kan beslist worden of er corrigerende maatregelen moeten worden genomen.

Om deze doelstelling te operationaliseren, worden enkele vereisten opgesteld. Wanneer kan aangetoond worden dat deze vereisten behaald zijn, wordt de assumptie gemaakt dat de doelstelling ook behaald is [32].

Vereiste 1 (Functionele vereiste)

Het dashboard moet de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst weergeven en visualiseren. Het dashboard mag overbevolking niet binair voorstellen (i.e. het is overbevolkt of niet). De beoordeling van de situatie waarin de spoedgevallendienst zich bevindt, moet worden overgelaten aan de gebruiker van het dashboard.

De doelstelling van het dashboard is om het medisch en verpleegkundig personeel te ondersteunen in hun beslissing om corrigerende maatregelen te nemen om zo de overbevolking van de spoedgevallendienst te beperken. Aangezien het proces van een spoedgevallendienst complex is en te maken krijgt met veel (niet-beïnvloedbare) factoren, is het belangrijk dat de toestand van de spoedgevallendienst niet te simpel wordt voorgesteld (i.e. wordt bestempeld als te druk of niet). Er moet rekening gehouden worden met de complexiteit van de spoedgevallendienst in al zijn aspecten. Door deze complexiteit, maar ook door de eigenheid van elke spoedgevallendienst, is het belangrijk dat het dashboard de beoordeling van de mate van overbevolking overlaat aan de gebruiker. Deze kan immers, mede door zijn ervaring, een betere inschatting maken van de mate van overbevolking op de spoedgevallendienst, maar ook van de bijhorende (negatieve) gevolgen. Dit neemt niet weg dat een dashboard dat, bijvoorbeeld aan de hand van machine learning, zelf een beoordeling zou kunnen maken niet wenselijk is. Dit valt echter buiten de scope van dit onderzoek.

Vereiste 2 (Functionele vereiste)

Het dashboard moet de situatie waarin de spoedgevallendienst zich op het moment in bevindt visualiseren, in real-time.

Behalve kunnen inschatten of de spoedgevallendienst overbevolkt is, moet het medisch en verpleegkundig personeel de situatie kunnen inschatten. Ze moeten weten hoeveel en welk type patiënten aanwezig zijn, vanuit welke situatie de spoedgevallendienst komt, hoelang patiënten aanwezig zijn, in welk deel van het proces (instroom, doorstroom of uitstroom) zich de grootste problemen voordoen, enzovoort. Deze informatie moet gevisualiseerd worden in het dashboard.

Vereiste 3 (Niet-functionele vereiste)

Het dashboard moet overzichtelijk en compact zijn. Het moet een veelomvattende kijk bieden, maar zorgen dat de getoonde informatie overzichtelijk blijft. Gegeven de omgeving van een spoedgevallendienst, mag de gebruiker geen tijd verspillen aan het analyseren van de informatie die het dashboard weergeeft.

Kenmerken van een goed dashboard zijn overzichtelijkheid en compactheid [34]. Het is bovendien belangrijk dat rekening wordt gehouden met de hoeveelheid tijd die de gebruiker heeft om het dashboard te analyseren. Het dashboard moet, om geen tijd van de gebruiker te verspillen, zo overzichtelijk mogelijk zijn en bovendien intuïtief zijn in het gebruik. De belangrijkste doelstelling van een spoedgevallendienst is immers zorg verlenen aan de patiënten. Deze zorg mag niet in het gedrang komen doordat een arts of verpleegkundige teveel tijd moet besteden aan het analyseren van het dashboard om de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst te beoordelen. Deze analyse moet daarom vlot verlopen, om de kostbare tijd van de gebruiker niet te verspillen.

Vereiste 4 (Niet-functionele vereiste)

Het dashboard moet bruikbaar zijn in meerdere spoedgevallendiensten. In plaats van ontworpen te worden voor een specifieke spoedgevallendienst, moet het juist een zo algemeen en gestandaardiseerd mogelijk beeld geven.

Een dashboard met als doel het visualiseren van het al dan niet overbevolkte karakter van een spoedgevallendienst, moet nagenoeg in elke spoedgevallendienst inzetbaar kunnen zijn. Dit dashboard zou idealiter in elke Vlaamse spoedgevallendienst, zonder al te veel aanpassingen, gebruikt kunnen worden aangezien vrijwel elke spoedgevallendienst te maken heeft met de overbevolkingsproblematiek.

Vereiste 5 (Niet-functionele vereiste)

Het dashboard moet de informatie op een heldere en eenduidige manier weergeven. De informatie die wordt gevisualiseerd, mag niet verkeerd geïnterpreteerd worden.

Het belang van een correcte datavisualisatie, zonder vertekeningen, mag niet worden onderschat. De informatie die wordt gevisualiseerd in het dashboard, moet correct worden geïnterpreteerd, anders zal de gebruiker de mate van overbevolking verkeerd inschatten. De gevolgen hiervan zijn tweevoudig. Ten eerste kan een onderschatting gemaakt worden van de mate van overbevolking. Hierdoor zullen geen toereikende corrigerende maatregelen worden genomen, en dreigt de spoedgevallendienst verder te ontsporen. Daarnaast kan een overschatting van de overbevolking worden gemaakt. Hierdoor zullen maatregelen worden genomen, die in feite niet nodig zijn. Wanneer daardoor bijvoorbeeld een extra arts wordt opgeroepen, zal dit kosten met zich meebrengen die eigenlijk overbodig zijn.

Om informatie op een correcte manier te visualiseren, zonder ambiguïteit, kan rekening worden gehouden met de *lie-factor* van Tufte [35]. Om deze factor te berekenen, wordt de grootte van het effect getoond in de visualisatie in verhouding gesteld tot de grootte van het effect in de data. Wanneer deze verhouding tussen 0,95 en 1,05 ligt, is de integriteit van de visualisatie behouden. Zodat geen overbodige informatie wordt getoond in een visualisatie, ontwierp hij ook de *data-inkt-ratio*. Deze ratio neemt de verhouding tussen de inkt gebruikt om data te visualiseren en alle inkt gebruikt in de visualisatie. Deze verhouding is best zo hoog mogelijk [35].

Vereiste 6 (Niet-functionele vereiste)

De gebruikte informatie en de manier waarop deze gevisualiseerd wordt, mag niet in strijd zijn met de wetgeving rond privacy.

De Wet van 8 december 1992 voor de bescherming van de persoonlijke levenssfeer ten opzichte van de verwerking van persoonsgegevens (de Privacywet) wil de burger beschermen tegen het misbruik van zijn persoonlijke gegevens. Hierin worden de rechten en plichten van de persoon wiens gegevens worden verwerkt vastgelegd, maar ook de rechten en plichten van de verwerker van deze gegevens [36].

3 ONTWERPEN EN ONTWIKKELEN VAN HET DASHBOARD

Vooraleer een overzicht zal worden gegeven van het finale ontwerp van het dashboard, wordt beschreven hoe de eerste schets tot stand kwam en wordt een beschrijvende analyse gegeven van de dataset aan de hand waarvan het dashboard is ontwikkeld.

3.1 Eerste schets

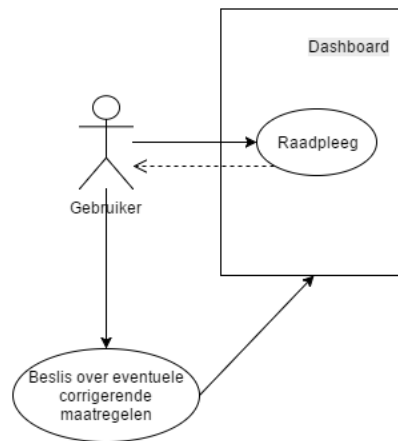
Volgens de theorie van design science is het belangrijk een eerste schets te maken van het artefact. Het doel van het maken van deze schets is het verscherpen van het nadenken over het artefact, het vergemakkelijken van de communicatie tussen stakeholders tijdens de opbouw ervan en een overzicht te geven van de componenten van het artefact en de relaties tussen die componenten. De eerste schets bestaat uit de kernfuncties van het artefact en de algemene structuur ervan. De kernfuncties moeten verduidelijken wat het artefact biedt, wie het gebruikt, waarom ze het zouden gebruiken en hoe het gebruikt kan worden. De algemene structuur biedt dan weer een overzicht van de architectuur van het artefact en van alle componenten en de relaties ertussen [25].

3.1.1 Kernfuncties

Het dashboard heeft als doel een overzicht te geven van de huidige situatie waarin het proces van de spoedgevallendienst zich bevindt. Deze informatie zal worden gebruikt door de staf van de spoedgevallendienst om de situatie te evalueren. Het dashboard moet ook informatie bieden over de huidige toestand van de spoedgevallendienst: hoeveel patiënten zijn er aanwezig en welk type patiënten zijn dit. Daarnaast moet het dashboard ook de meest wenselijke maatstaven en indicatoren visualiseren. Het is verder belangrijk dat kan gekeken worden vanuit welke situatie de spoedgevallendienst komt: hoe evolueerden alle maatstaven en indicatoren?

In Figuur 2 wordt weergegeven hoe het dashboard gebruikt kan worden. Door het dashboard te raadplegen, kan de gebruiker een inschatting maken of de situatie negatieve effecten genereert op de doorstroom en uitstroom van patiënten en of de spoedgevallendienst al dan niet overbevolkt is. Idealiter kan proactief worden bepaald of er corrigerende maatregelen moeten worden genomen. Deze maatregelen zullen dan weer invloed hebben op de spoedgevallendienst en bijgevolg op het dashboard.

Het dashboard heeft vooral tot taak ondersteuning te bieden in het beslissingsproces en niet zelf beslissingen voor te stellen. De gebruiker kan aan de hand van de informatie die het dashboard weergeeft, maar ook aan de hand van zijn eigen ervaring, een inschatting maken van de situatie waarin de spoedgevallendienst zich bevindt.



Figuur 2 Use case diagram

3.1.1.1 De mate van overbevolking van een spoedgevallendienst meten

De eerste vereiste van het dashboard is de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst weer te geven. Om te bepalen of een spoedgevallendienst al dan niet overbevolkt is, zijn reeds vele maatstaven en indicatoren voorgesteld in de internationale literatuur. Hieruit kon echter nog geen standaardmaatstaf aangewezen worden, omdat deze niet in real-time konden worden gemeten, omdat deze (nog) niet volledig zijn gevalideerd, of omdat er nog geen consensus over de precieze definitie ervan kon worden bereikt [19], [37].

Asplin [38] geeft reeds aan dat onderzoek rond overbevolking van spoedgevallendiensten zich meer moet focussen op het verbeteren van de patiëntenstroom, in plaats van te focussen op het definiëren en meten van overbevolking zelf. Dit gebeurt reeds door verschillende consultancybedrijven in de vorm van operationele dashboards die de patiëntenstroom meten, onder andere aan de hand van de verschillende maatstaven die hieronder worden geïntroduceerd [38].

Hieronder volgt een overzicht van indicatoren en maatstaven die de overbevolking van een spoedgevallendienst (proberen) kwantificeren. Via de gemodificeerde Delphi studie (zie punt 1.7.2) wordt bepaald welke van deze indicatoren en maatstaven de meest wenselijke zijn om te visualiseren in het dashboard.

a. Uitwijken van ambulances

Een frequent gebruikte maatstaf voor overbevolking is het uitwijken van ambulances. Zoals eerder vermeld is dit de situatie wanneer ambulances doorverwezen worden naar een spoedgevallendienst van een ander ziekenhuis [20]. Het moment waarop dit gebeurt, wordt gezien als een moment dat de spoedgevallendienst overbevolkt is [8], [18], [19]. Deze indicator is echter onbruikbaar in Vlaamse context, aangezien de wetgeving stelt dat een spoedgevallendienst geen patiënten mag weigeren.

b. Tijdsintervallen

Wiler *et al.* [31] hebben een aantal definities opgesteld voor specifieke tijdsintervallen. Deze definities zijn opgesteld aan de hand van input van 45 verantwoordelijken van spoedgevallendiensten. Op die manier zijn gestandaardiseerde definities opgesteld. De tijdsintervallen die geïdentificeerd zijn, zijn onder andere het interval van het aankomen van een patiënt tot het gezien worden door een arts, de verblijfsduur, de tijd van aankomst tot toewijzing van een behandelingsruimte, enzovoort.

c. Instroom-doorstroom-uitstroom maatstaven

Daarnaast worden door Solberg *et al.* [3] verschillende maatstaven ingedeeld volgens het eerder besproken conceptueel model van Asplin *et al.* [4]. De maatstaven zijn via consensus beoordeeld op de mate waarin de maatstaf een waarschuwing geeft voor een capaciteitstekort, hoe bruikbaar de maatstaf is enzovoort [3].

Deze maatstaven meten de vraag naar medische hulp in de spoedgevallendienst, de complexiteit van de aanwezige patiënten, de capaciteit van de spoedgevallendienst, de werklast in de spoedgevallendienst binnen een gegeven periode, de mogelijkheid van de spoedgevallendienst om tijdige en kwalitatieve spoedhulp te bieden, de capaciteit van het ziekenhuis om tijdige zorg te verlenen aan spoedgevallendienstpatiënten en de efficiëntie van het ziekenhuis [3].

d. Critical bed status (CBS)

Het overbevolkt zijn van een spoedgevallendienst kan aangeduid worden met de term *critical bed status* (CBS). Liu *et al.* [39] definiëren dit als een situatie waarin de spoedgevallendienst overstelpt wordt door patiënten met ernstige verwondingen, aangeduid met de ESI triage codes 1 en 2 [40], wanneer er inadequate brancardruimte is of wanneer geen redelijke anticipatie mogelijk is voor meerdere gewonde patiënten. Meetbare indicatoren worden echter niet vermeld [39].

e. READI

De *Real-time Emergency Analysis of Demand Indicators* (READI) is ontwikkeld om in real-time aan te kunnen geven of een spoedgevallendienst al dan niet overbevolkt is. De READI score wordt berekend aan de hand van drie indicatoren van overbevolking die tezamen de vraag naar spoedeisende hulp meten.

De eerste indicator is de *bedratio*, vergelijkbaar met de bezettingsgraad van Solberg *et al.* [3]. Daarnaast worden de *triageratio*, gemeten als de gemiddelde triagescore van de huidige patiënten in de spoedgevallendienst en de *verzorgerratio* gedefinieerd als de andere indicatoren. De verzorgerratio is een maatstaf die het aantal huidige patiënten, de historische aankomstsnelheid en historische maatstaven van het vermogen om patiënten door de spoedgevallendienst te begeleiden in acht neemt.

De READI score wordt berekend aan de hand van de drie bovenstaande indicatoren. Een READI score groter dan zeven duidt overbevolking aan. Onderzoek toont echter aan dat deze schaal niet geschikt is om te gebruiken als maatstaf voor overbevolking [41].

f. EDWIN

De *Emergency Department Work Index* (EDWIN) wordt berekend op basis van vier variabelen: het aantal patiënten in de spoedgevallendienst gegroepeerd per triage categorie, het aantal artsen, het aantal bedden en het aantal patiënten die wachten om opgenomen te worden in het ziekenhuis. De scores kunnen in drie categorieën ondergebracht worden. Een EDWIN score kleiner dan anderhalf duidt op een handelbare spoedgevallendienst, een score tussen anderhalf en twee duidt op een drukke spoedgevallendienst en een score hoger dan twee duidt op een overbevolkte spoedgevallendienst [18].

g. NEDOCS

De *National Emergency Department Crowding Study* (NEDOCS) schaal bestaat uit zeven inputvariabelen: het aantal bedden in de spoedgevallendienst, het aantal ziekenhuisbedden, het aantal patiënten in de spoedgevallendienst, het aantal patiënten die aan het wachten zijn op een *intensive-care* bed, het langste huidige verblijf van een patiënt (in uren), aantal patiënten die wachten op een ziekenhuisbed en de wachttijd (in uren) voor de patiënt die het laatst in een verzorgingszone in de spoedgevallendienst is geplaatst. Een NEDOCS score groter dan honderd duidt op een overbevolkte spoedgevallendienst [42].

h. EDCS

De *Emergency Department Crowding Scale* (EDCS) gebruikt het aantal artsen, het aantal bemande spoedgevallendienstbedden, het aantal kritieke patiënten, het totaal aantal patiënten, het aantal bemande ziekenhuisbedden en de bezettingsgraad van het ziekenhuis om de overbevolking te meten. Een EDCS score groter dan 65 voorspelt dat ambulances moeten uitwijken en dat het aantal patiënten dat vertrekt zonder gezien te worden door een arts stijgt, beide indicaties van een overbevolkte spoedgevallendienst in de uitgevoerde studie [41].

i. READI, EDWIN, NEDOCS en EDCS vergeleken

Jones *et al.* [41] hebben deze kwantitatieve schalen onderling vergeleken. Zij baseerden het druk zijn van de spoedgevallendienst aan de hand van het uitwijken van ambulances. Hieruit bleek dat NEDOCS en EDWIN de beste voorspellers van overbevolking in een spoedgevallendienst zijn. Ook de bedratio indicator van de READI schaal bleek goed overbevolking te voorspellen.

Opvallend was dat de limiet van zowel de NEDOCS als de EDWIN schaal nooit behaald werd. Daarom zijn specifieke scores per ziekenhuissite berekend die aanduiden wanneer de spoedgevallendienst in

kwestie als overbevolkt bestempeld wordt. Daarnaast wordt ook geconcludeerd dat geen enkele maatstaf goed scoorde op schaalbaarheid. Deze meetschalen zijn voorheen enkel getest in spoedgevallendiensten die al overbevolkt waren en niet in spoedgevallendiensten waar overbevolking (nog) geen probleem is. Wanneer ze wel gebruikt werden in een goed draaiende spoedgevallendienst, bleek dat ze een vertekend beeld gaven [41].

Aangezien het druk zijn van de spoedgevallendienst gebaseerd is op het al dan niet uitwijken van ambulances, kan deze conclusie echter moeilijk veralgemeend worden in de Vlaamse context. De wetgeving in Vlaanderen stelt namelijk dat spoedgevallendiensten geen patiënten mogen weigeren, en dus zal het uitwijken van ambulances (nagenoeg) nooit voorkomen.

j. ED Work Score

De *Emergency Department Work Score* is gebaseerd op het conceptueel model van Asplin *et al.* [4]. Deze score berekent niet alleen hoe druk de spoedgevallendienst is, maar ook welke factor (instroom, doorstroom of uitstroom) het meeste bijdraagt aan overbevolking. Als instroomvariabele is gekozen voor het aantal patiënten in de wachtruimte, gecorrigeerd voor de grootte van de spoedgevallendienst. De doorstroomvariabele wordt berekend op basis van de ESI-triagescore en de uitstroomvariabele op basis van het aantal patiënten dat aan het wachten is om opgenomen te worden in het ziekenhuis. Een ED Work Score van boven 4,77 duidt op overbevolking [11].

k. ICMED

De *International Crowding Measure in Emergency Departments* (ICMED) doet ook een poging om een algemene maatstaf voor de overbevolking van een spoedgevallendienst aan te geven. Deze maatstaf bestaat uit acht deelmaatstaven die tevens onderverdeeld worden volgens het conceptueel model van Asplin *et al.* [4]. ICMED definieert drie instroom-, drie doorstroom- en twee uitstroommaatstaven, elk met eigen definities voor het al dan niet overbevolkt zijn van een spoedgevallendienst [2].

Het verschil met de meeste andere maatstaven is dat deze niet berekend worden als een gemiddelde of een totaal van de gehele spoedgevallendienst, maar als percentielen. Boardingtijd, bijvoorbeeld, wordt niet uitgedrukt zoals bij Solberg *et al.* [3] als een gemiddelde, maar de operationele definitie van Boyle *et al.* luidt: “een spoedgevallendienst is overbevolkt wanneer minder dan 90% van de patiënten de spoedgevallendienst hebben verlaten binnen twee uur na de beslissing ze op te nemen in het ziekenhuis” [4, p. 106]. De meeste definities nemen bovendien, zoals bovenstaande, een tijdsuitdrukking mee.

De acht deelmaatstaven zijn getest in vier verschillende spoedgevallendiensten. Een overschrijding van minstens drie van de acht maatstaven duidde op overbevolking en dus de situatie dat patiënten gevaar konden lopen. Deze schaal onderscheidt zich van andere schalen doordat hij op meerdere indicatoren vertrouwt. De ICMED maatstaf is echter nog niet volledig gevalideerd. De onderzoekers geven aan dat voordat deze geïmplementeerd wordt, ze eerst grondig gevalideerd moet worden [2].

3.1.2 Algemene structuur

De structuur van het dashboard zal worden opgebouwd naar analogie met de opbouw van de vragenlijst (bijlage 1). De basiscomponenten bestaan uit de tijdsintervallen, de maatstaven volgens het conceptueel model van Asplin *et al.* [4] en de kwantitatieve meetschalen, namelijk de READI, de ED Work Score en de ICMED die geselecteerd zijn uit de gemodificeerde Delphi studie (bijlage 2). Elk van deze componenten zal een eigen sectie krijgen in het dashboard.

Het dashboard zou in real-time moeten werken, maar omdat gebruik gemaakt wordt van een dataset zal een manier moeten worden gevonden om een datum en een uur te selecteren om zo het real-time karakter te weerspiegelen. Een andere manier is om met behulp van simulatie de tijd automatisch te laten voorbijkomen.

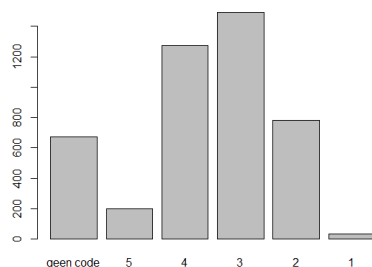
3.2 Beschrijvende analyse van de dataset

De beschikbare dataset bevat 4451 records. Deze records bevatten geanonimiseerde informatie over patiënten die arriveren in de spoedgevallendienst in de maand april van het jaar 2011. De dataset bevat informatie over het moment van aankomst, basisinformatie over de patiënt en datum- en tijdsregistraties.

Tabel 1 Beschrijvende analyse van de variabelen in de dataset

Variabele	Analyse
Moment van aankomst	Over het moment van aankomst worden volgende gegevens geregistreerd: - Jaartal - Maand - Maand en jaartal - Dag - Week van het jaar - Dag in de week - Seizoen
Aantal aanwezige patiënten	Per patiënt wordt het gemiddeld aantal patiënten aanwezig in de spoedgevallendienst gedurende het eerste tot en met het achtste uur van aanwezigheid bijgehouden.
Werd de patiënt ontslagen uit de spoedgevallendienst of niet?	Ja: 2874 patiënten Nee: 1577 patiënten

Laatste triagecode volgens
ESI-triagesysteem

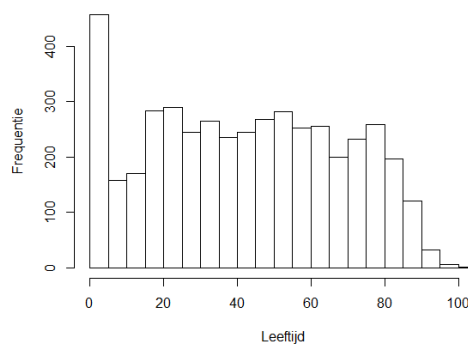


Geslacht van de patiënt

Mannen: 2308 patiënten

Vrouwen: 2143 patiënten

Leeftijd van de patiënt



Afdeling binnen de
spoedgevallendienst waar
de patiënt terecht komt

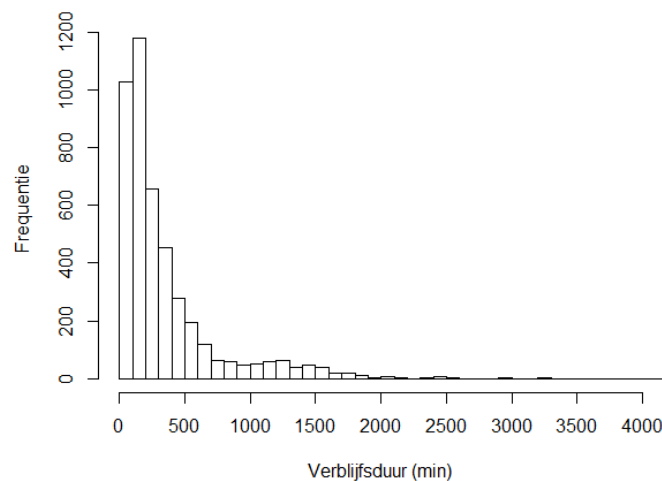
Er zijn 36 afdelingen binnen de dataset, waarvan TRH (1183), IAL (885) en KAL (455) de meest voorkomende zijn.

Datum- en tijdsregistraties

Van verschillende momenten in het proces wordt de datum en tijd geregistreerd per patiënt:

- Tijdstip waarop een behandelingsruimte is toegewezen
 - Tijdstip waarop een ziekenhuisbed is aangevraagd
 - Tijdstip waarop een ziekenhuisbed is toegewezen
 - Tijdstip waarop de patiënt de spoedgevallendienst verlaat
 - Tijdstip waarop de eerste radiologiescan wordt aangevraagd
 - Tijdstip waarop de eerste radiologiescan wordt uitgevoerd
 - Tijdstip waarop het eerste radiologieverslag klaar is
 - Tijdstip waarop het laatste radiologieverslag klaar is
 - Tijdstip waarop de eerste labtest wordt aangevraagd
 - Tijdstip waarop de eerste labtest wordt uitgevoerd
 - Tijdstip waarop het eerste labresultaat klaar is
 - Tijdstip waarop het laatste labresultaat klaar is
 - Tijdstip waarop iets uit het elektronisch medicijnen kabinet is genomen
 - Tijdstip waarop de laatste triage gebeurde
-

Op het eerste zicht is er veel ontbrekende data, maar na een grondigere inspectie van de dataset is dit te verklaren. Bijvoorbeeld zijn bij de variabele die het gemiddeld aantal aanwezige patiënten aangeeft tijdens het achtste uur van aanwezigheid in de spoedgevallendienst (*um8*) 3288 velden leeg. Dit is hoogstwaarschijnlijk omdat deze patiënten eenvoudigweg geen acht uur aanwezig waren. Een analyse toont aan dat slechts 910 patiënten langer dan acht uur (480 minuten) aanwezig waren op de spoedgevallendienst (Figuur 3). Voor de andere variabelen kan dit op een gelijkaardige manier verklaard worden.



Figuur 3 Histogram van de verblijfsduur (in minuten)

Voor de variabele die de triagescore geeft en de variabele die het tijdstip aanduidt waarop de triagescore is gegeven, zijn er 672 missende velden. Deze patiënten zijn waarschijnlijk niet getriageerd, om welke reden dan ook. Ook de timestamp die aangeeft wanneer een patiënt vanuit de wachtruimte naar een andere fysieke locatie wordt verplaatst, heeft enkele lege velden. Een verklaring hiervoor is dat deze patiënten de wachtruimte nooit verlaten hebben, aangezien wel alle patiënten een timestamp hebben van vertrek uit de spoedgevallendienst.

3.3 Finale ontwerp

De code van het finale ontwerp van het dashboard is opgenomen in bijlage 4. Het dashboard is gemaakt aan de hand van het Shinydashboard package in R. *Shiny* is een open-source webapplicatiekaderwerk om te gebruiken in R en helpt de gebruiker zijn analyses om te vormen naar interactieve webapplicaties zonder vereiste kennis van HTML, CSS of Javascript te hebben. Shinydashboard is een extensie op Shiny, speciaal voor het ontwikkelen van interactieve dashboards met behulp van Shiny [43], [44].

Onderstaande screenshot (Figuur 4) geeft een overzicht van de algemene opbouw van het dashboard. De rode en groene rechthoek vormen de navigatieonderdelen en de blauwe kader toont

de inhoud van het dashboard. In het rode gedeelte kunnen enkele parameters worden ingesteld die voornamelijk informatie weerspiegelen over de spoedgevallendienst zelf. De groene rechthoek duidt de verschillende tabbladen aan die het dashboard bevat. De blauwe rechthoek toont de informatie die het geselecteerde tabblad bevat. De indeling van de verschillende tabbladen volgt de indeling van de vragenlijst die rondgestuurd is voor de gemodificeerde Delphi studie (bijlage 1). Hieronder zullen alle tabbladen en de informatie die zij tonen besproken worden. Een schematisch overzicht van het dashboard wordt gegeven in Figuur 5.

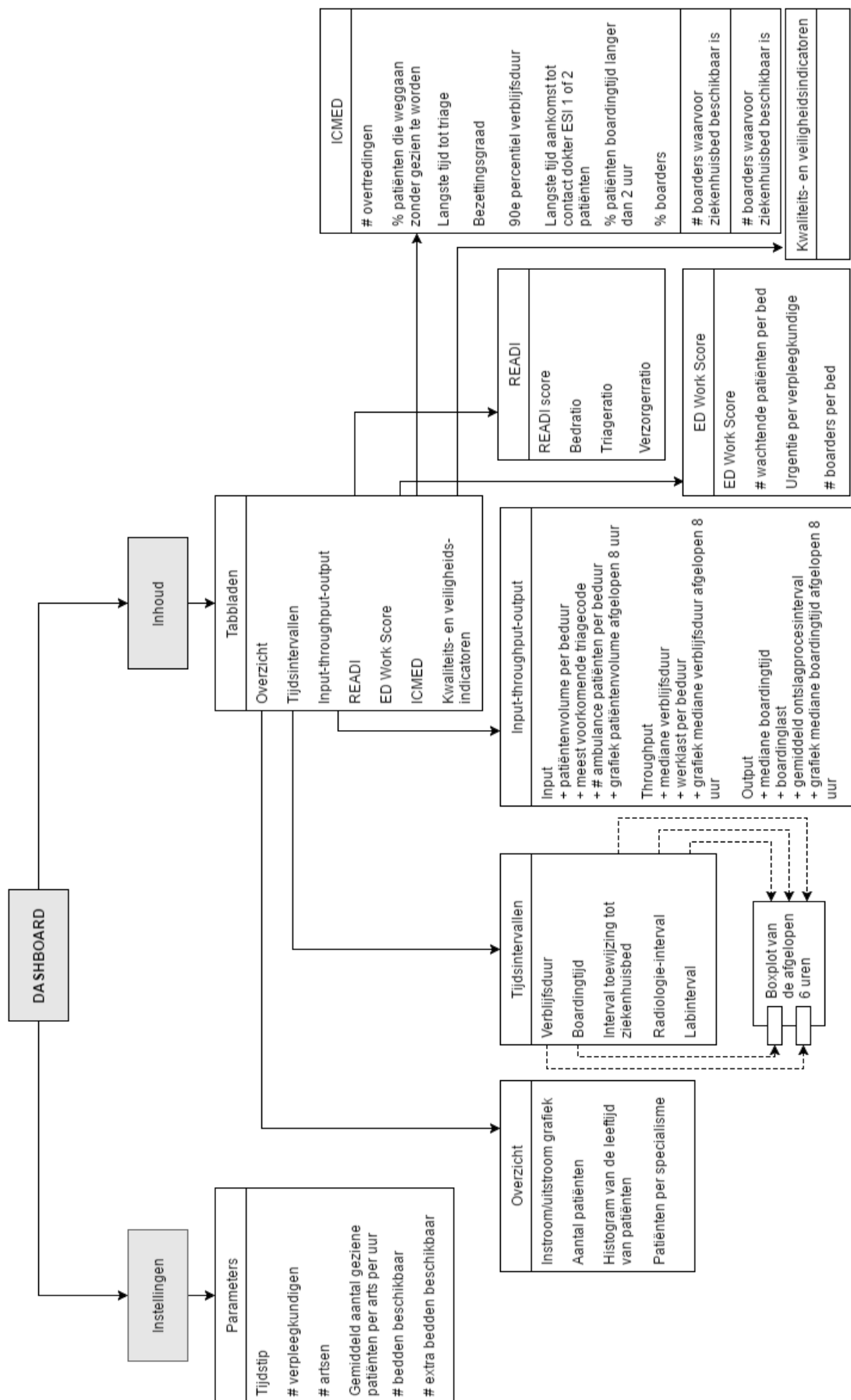


Figuur 4 Screenshot algemene opbouw dashboard

Aan de hand van de gemodificeerde Delphi studie zijn de indicatoren en maatstaven, die eerder zijn besproken, gekozen. De meest wenselijke tijdsintervallen zijn de verblijfsduur, de tijd tussen beslissing tot opname en het vertrek van de patiënt, het interval van de toewijzing van een bed, het radiologie-interval en het labinterval. Een expert haalde in de tweede ronde van de gemodificeerde Delphi studie wel aan dat er voorzichtig moet worden omgesprongen met het gebruik van het interval van de toewijzing van een bed. Het is namelijk zo dat verschillende spoedgevallendiensten anders omgaan met dit gegeven. In sommige spoedgevallendiensten is het zo dat er een regel bestaat van proactief aanvragen van een bed. Wanneer dit het geval is, wordt dit interval vertekend.

Het patiëntenvolume gestandaardiseerd voor het aantal beduren, de complexiteit van patiënten zoals geëvalueerd door triage en het ambulance-patiëntenvolume gestandaardiseerd voor beduren zijn geselecteerd uit de instroommaatstaven. Een expert haalt aan dat de triage een grove benadering is voor complexiteit. Het is namelijk zo dat twee patiënten met een ESI 2 niet zomaar vergeleken kunnen worden. Aangezien dit eerder een nadeel is van het ESI triage systeem, zal de parameter voor de complexiteit toch worden opgenomen. Uit de doorstroommaatstaven zijn de verblijfsduur en de som van de werklast gestandaardiseerd voor beduren geselecteerd. De boardingtijd, de boardinglast en het ontslagprocesinterval zijn de geselecteerde uitstroommaatstaven.

Uit de gemodificeerde Delphi studie bleek dat de READI en de ED Work Score de voorkeur genoten. Hoewel een expert aanhaalt dat de READI score een eerder lage voorspellende waarde heeft, wordt toch gekozen om deze score te behouden gezien de wenselijkheid ervan. Verder is ook voor de ICMED gekozen, ook al wordt deze niet als meest wenselijk gezien. Een verklaring hiervoor is dat deze maatstaf nog maar pas is voorgesteld in de literatuur (nl. 2015) waardoor deze minder bekend is. De maatstaf is vooral geschikt voor het dashboard omdat deze geen binaire benadering maakt van het overbevolkt zijn van de spoedgevallendienst. Daarnaast neemt de ICMED als indicator de bezettingsgraad mee en een expert haalde aan dat voor kleinere spoedgevallendiensten deze vaak gebruikt wordt als maatstaf voor het meten van overbevolking van de spoedgevallendienst. Voor elk van de drie kwalitatieve maatstaven worden ook de individuele indicatoren gevisualiseerd.



Figuur 5 Overzicht opbouw dashboard

3.3.1 Tabblad Overzicht

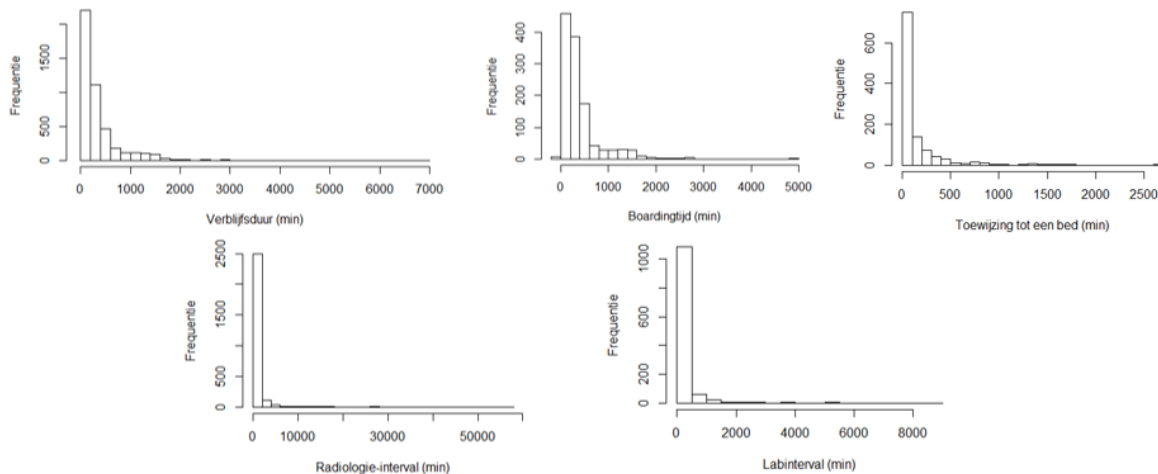
Het tabblad *Overzicht* (Figuur 6) bestaat uit drie verschillende grafieken die een overzicht geven van de situatie op de spoedgevallendienst. De bovenste grafiek laat zien hoeveel patiënten in- en uitstroomden in de afgelopen uren, startende van het huidige tijdstip en eindigend op 0.00 uur van de huidige dag. De balkjes representeren de instromers, die verdeeld worden per triagecategorie en de lijn duidt de uitstromers aan. Op deze manier heeft de gebruiker vrijwel onmiddellijk een goed beeld vanuit welke situatie de spoedgevallendienst komt.

Daarnaast wordt weergegeven hoeveel patiënten er precies op dit moment aanwezig zijn. De onderste grafieken tonen gegevens over deze patiënten. De grafiek links onderaan laat een histogram zien van de leeftijd van alle aanwezige patiënten. Ook hier wordt aan de hand van kleuren de triagecode weergegeven. De leeftijden van zestien en 65 worden aangeduid door middel van een verticale lijn. Op die manier wordt snel duidelijk waar de grootste last zich bevindt.

De rechtse grafiek toont het aantal aanwezige patiënten per afdeling. Wederom wordt in kleur de triagecode aangeduid. Aan de hand van deze grafiek wordt meteen duidelijk binnen welke afdeling de meeste patiënten zich bevinden.

3.3.2 Tabblad Tijdsintervallen

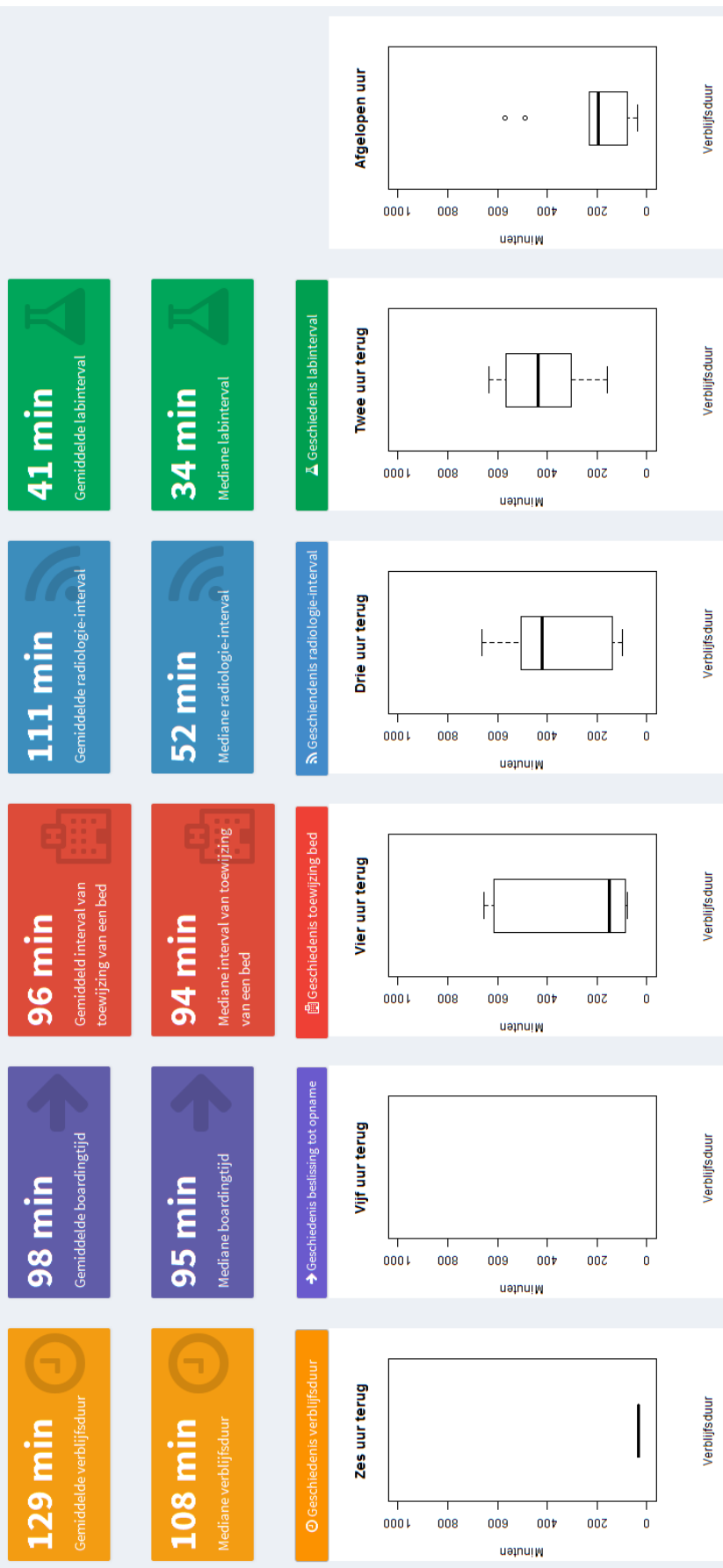
Het tabblad *Tijdsintervallen* (Figuur 8) visualiseert de gekozen tijdsintervallen uit de eerste vragenreeks van de vragenlijst. Dit zijn de tijdsintervallen zoals gedefinieerd door Wiler *et al.* [31]. De gekozen intervallen zijn de verblijfsduur, de tijd tussen de beslissing tot opname en het vertrek van de patiënt, het interval van de toewijzing van een bed, het radiologie-interval en het labinterval. Aangezien deze intervallen vaak scheef verdeeld zijn (Figuur 7), zullen zowel de gemiddelde als mediane tijdsduur gevisualiseerd worden.



Figuur 7 Histogrammen van de gekozen tijdsintervallen

Voor elk tijdsinterval kan ook de evolutie bekeken worden door op de bijhorende knop te klikken. Voor de afgelopen zes uur wordt dan een boxplot per uur weergegeven. Op die manier kan gekeken worden hoe de situatie evolueerde. De kleuren zijn arbitrair gekozen en duiden niet op het goed of slecht zijn van een bepaalde waarde. Deze interpretatie wordt overgelaten aan de gebruiker. Hij kan zo een inschatting maken van het al dan niet druk bezet zijn aan de hand van de waardes van de tijdsintervallen, de kenmerken van de desbetreffende spoedgevallendienst en zijn eigen ervaring.

Overzicht van verschillende tijdsintervallen



Figuur 8 Tabblad *Tijdsintervallen*

3.3.3 Tabblad Input-throughput-output

Ook de door Solberg *et al.* [3] geformuleerde maatstaven voor overbevolking zijn opgenomen in de vragenlijst en hieruit zijn er enkele geselecteerd om te visualiseren in het dashboard (Figuur 9).

De instroomfactoren zijn:

$$1. \text{ Patiëntenvolume gestandaardiseerd voor beduren} = \frac{\sum \text{aanwezige patiënten}}{\sum \text{beduren}}$$

Hierbij worden beduren gedefinieerd als de som van alle beschikbare uren van alle bedden voor het afgelopen uur [3].

$$2. \text{ Complexiteit van patiënten} = \text{modus van de triagecode van alle aanwezige patiënten}$$

Solberg *et al.* [3] definieert deze maatstaf als de gemiddelde triagecode. Het gebruik van de modus is echter meer zinvol, aangezien deze minder vertekend is door uitschieters.

$$3. \text{ Ambulancepatiëntenvolume gestandaardiseerd voor beduren} = \frac{\sum \text{patiënten gebracht met een ambulance}}{\sum \text{beduren}}$$

De doorstroomfactoren worden als volgt berekend:

$$1. \text{ Verblijfsduur} = \text{mediane verblijfsduur van de aanwezige patiënten}$$

Uit de definitie van Solberg *et al.* [3] blijkt dat deze maatstaf retrospectief wordt berekend. In het dashboard wordt daarentegen de verblijfsduur berekend die tot nu toe geldt voor alle aanwezige patiënten. Door deze aanpassing te maken, kan de real-time verblijfsduur van alle patiënten worden berekend in plaats van deze enkel te berekenen voor patiënten die de spoedgevallendienst reeds hebben verlaten.

$$2. \text{ Werklast per beduur} = \frac{\sum \text{aanwezige patiënten} * \text{omgekeerde triagescore}}{\sum \text{beduren}}$$

De uitstroomfactoren zijn:

$$1. \text{ Boardingtijd} = \text{mediane tijd van aanvraag van een bed in het ziekenhuis tot het effectieve vertrek}$$

$$2. \text{ Boardinglast} = \frac{\sum \text{boarders}}{\sum \text{officiële behandelingsbedden}}$$

Boarders zijn de patiënten die wachten op een ziekenhuisbed in de spoedgevallendienst.

$$3. \text{ Ontslagprocesinterval} = \text{mediane tijd tussen beslissing tot ontslag en effectieve vertrek}$$

Aangezien de dataset geen gegevens bevat over wanneer de beslissing tot het ontslag wordt genomen, kan dit interval niet berekend worden. Het dashboard toont "geen data" voor deze factor, maar is toch opgenomen aangezien deze wenselijk bleek te zijn. Op die manier wordt aangegeven dat de nodige data om dit interval te berekenen, moet worden geregistreerd.

Voor het patiëntenvolume, de verblijfsduur en de boardingtijd wordt ook een overzicht gegeven van de evolutie van de afgelopen acht uur.



Figuur 9 Tabblad *Input-throughput-output*

3.3.4 Tabblad READI

Van de kwantitatieve meetschalen bleek na de eerste ronde van de gemodificeerde Delphi studie de READI-score het hoogst te scoren op wenselijkheid. Hoewel een expert in de tweede ronde aanhaalde dat deze schaal niet goed scoort op voorspelbaarheid van overbevolking, is toch geopteerd om deze schaal te integreren. De beoordeling of de spoedgevallendienst overbevolkt is of niet, wordt immers gevoerd door de gebruiker en gebeurt door dit dashboard dus niet enkel aan de hand van de READI-score.

De READI-score en zijn indicatoren worden als volgt berekend [45]:

$$READI = (Bedratio + Verzorgerratio) * Triageratio$$

$$Bedratio = \frac{\sum \text{aanwezigen} + \text{voorspelde aankomsten komend uur} - \text{voorspelde vertrekken komend uur}}{\sum \text{bedden}}^1$$

$$Verzorgerratio = \frac{\sum \text{aankomsten afgelopen uur}}{\text{gemiddeld aantal patiënten gezien per arts per uur}}$$

$$Triageratio = \frac{\sum \text{patiënten} * \text{omgekeerde triagescore}}{\sum \text{getriageerde patiënten}}$$

Zowel de READI-score als de waarde van de drie individuele indicatoren wordt gevisualiseerd (Figuur 10). De kleuren zijn arbitrair gekozen en duiden niet op een goede of slechte waarde. Het is aan de gebruiker om die inschatting te maken, aangezien, zoals eerder aangehaald, de drempelwaardes een te binaire benadering van overbevolking stimuleren. In een volgende versie zouden kleuren kunnen aanduiden of deze waarden gestegen of gedaald zijn ten opzichte van bijvoorbeeld een uur geleden. De kleurintensiteit kan dan aangeven hoe groot die stijging of daling is. Op die manier zal ook bij dit tabblad rekening worden gehouden met de evolutie van de toestand van de spoedgevallendienst.

¹ Aangezien tot op heden nog geen goed algoritme is gevonden om voorspellingen te doen van de aankomsten en vertrekken op niveau van uren, zijn deze parameters niet meegenomen in de berekening van de bedratio in het dashboard.

Overzicht van de READI en zijn individuele indicatoren

9.09 READI = Bedratio + Providerratio, vermenigvuldigd met Acuityratio		
1.44 Bedratio: aantal patiënten aanwezig plus voorspelde arrivals min voorspelde vertrekkers, per behandelingsruimte	2.81 Triageratio: het aantal patiënten vermenigvuldigd met hun (omgekeerde) triagescore, gedeeld door het aantal patiënten met een triagescore	1.8 Verzorgerratio: aantal instromende patiënten afgelopen uur per gemiddeld aantal geziene patiënten per uur per arts

Figuur 10 Tabblad **READI**

3.3.5 Tabblad ED Work Score

Ook de ED Work Score wordt gewenst door de bevrageden in de gemodificeerde Delphi studie. Zoals bij de READI-score laat het dashboard zowel de ED Work Score zien als de waarde van zijn individuele indicatoren (Figuur 11).

De ED Work Score en zijn indicatoren worden als volgt berekend [11]:

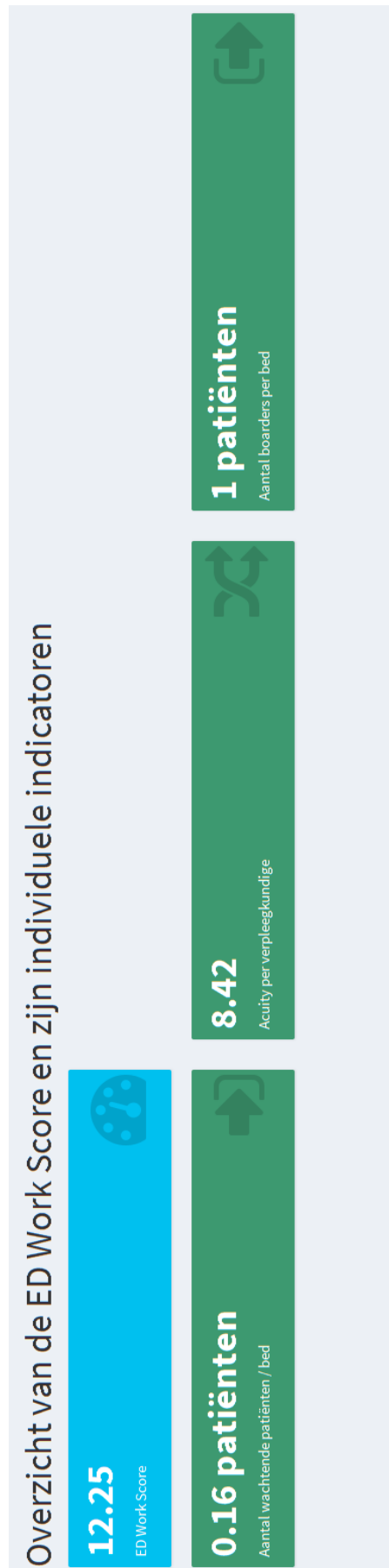
$$ED\ Work\ Score = 3.23 * instroomfactor + 0.097 * doorstroomfactor + 10.92 * uitstroomfactor$$

$$Instroomfactor = \frac{\sum wachtende\ patiënten}{\sum bedden}$$

$$Doorstroomfactor = \frac{\sum patiënten * omgekeerde\ triagescore}{\sum verpleegkundigen}$$

$$Uitstroomfactor = \frac{\sum boarders}{\sum bedden}$$

Een expert haalt aan dat de doorstroomvariabele, die de urgentie per verpleegkundige meet en berekend wordt door het aantal patiënten te vermenigvuldigen met hun triagescore in verhouding tot het aantal verpleegkundigen, een erg grove parameter is. Patiënten met een ESI-2 hebben immers een zeer uiteenlopende pathologie. Zulke patiënten kunnen niet onderling vergeleken worden op vlak van de te verwachten verblijfsduur, morbiditeit, mortaliteit enzovoort. Hoewel dit een terechte opmerking is, is toch gekozen om deze score te behouden. Van de gebruiker wordt immers verwacht dat hij zelf ook op de hoogte is van deze tekortkoming van het ESI-triage systeem. In combinatie met alle andere maatstaven en tijdsintervallen die gevisualiseerd worden en de eigen ervaring van de gebruiker, kan de ED Work Score alsnog een meerwaarde bieden aan het beoordelen van het al dan niet overbevolkte karakter van de spoedgevallendienst. Ook hier zijn de kleuren arbitrair gekozen en duiden deze niet op het goed of slecht zijn van de waarde van de indicator, aangezien, zoals eerder aangehaald, de drempelwaardes een te binaire benadering van overbevolking stimuleren. In een volgende versie zouden kleuren kunnen aanduiden of deze waarden gestegen of gedaald zijn ten opzichte van een uur geleden. De kleurintensiteit kan dan aangeven hoe groot die stijging of daling is. Op die manier zal ook bij dit tabblad rekening worden gehouden met de evolutie van de toestand van de spoedgevallendienst.



Figuur 11 Tabblad *ED Work Score*

3.3.6 Tabblad ICMED

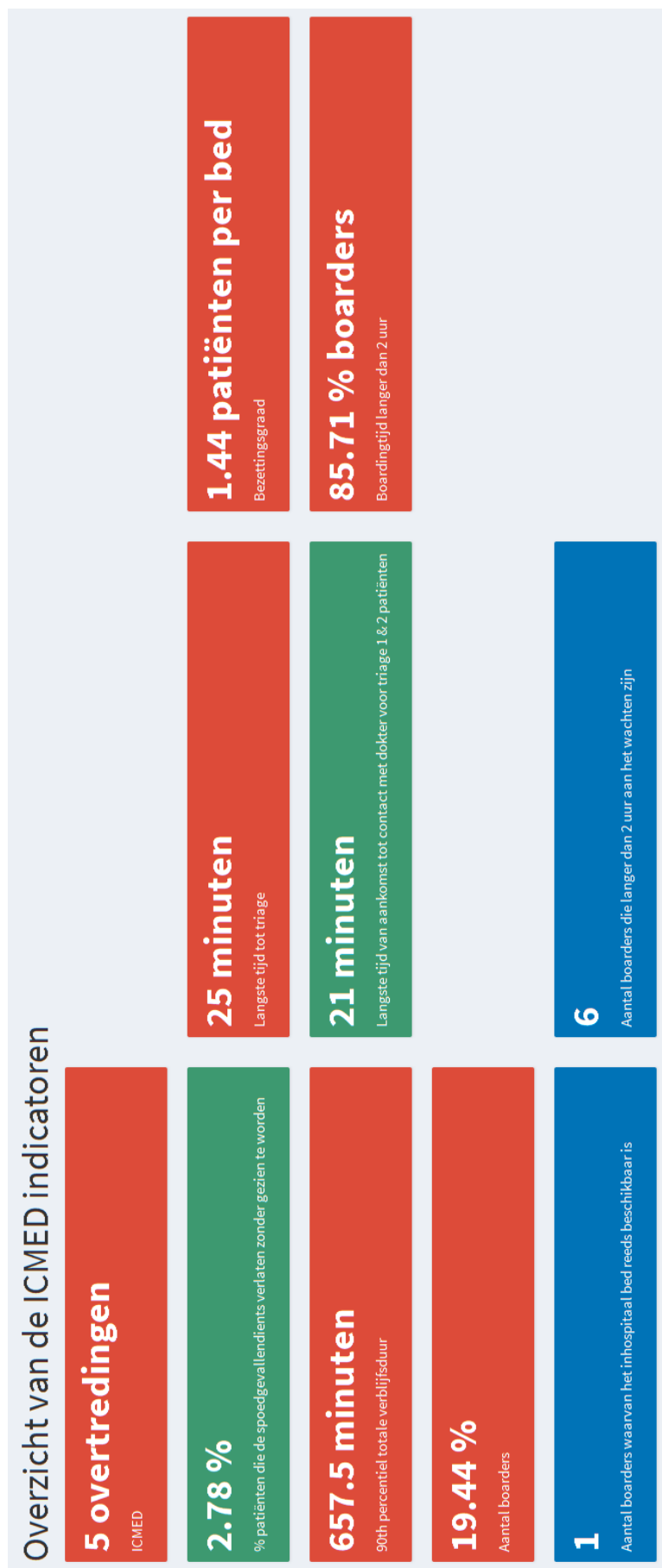
Uit de gemodificeerde Delphi studie is de ICMED niet geselecteerd om gevisualiseerd te worden. Aangezien deze maatstaf nog maar pas is voorgesteld in de literatuur (nl. 2015) en omdat deze geen binaire benadering maakt van het overbevolkt zijn van de spoedgevallendienst, is deze maatstaf toch opgenomen in het dashboard (Figuur 12).

De ICMED bestaat uit acht indicatoren met elk eigen drempelwaardes [2]:

1. *90e percentiel van de tijd tussen aankomst van de ambulance en het uitladen van de patiënt*
Drempelwaarde: langer dan 15 minuten
Aangezien de dataset niet registreert wanneer patiënten uit de ambulance worden gehaald, kan deze indicator niet worden berekend.
2. *Σ patiënten die vertrekken zonder gezien te worden door arts*
Drempelwaarde: groter dan of gelijk aan 5%
3. *Langste tijd van aankomst tot triage*
Drempelwaarde: langer dan 5 minuten
4. *Bezettingsgraad = $\frac{\Sigma \text{aanwezige patiënten}}{\Sigma \text{bedden}}$*
Drempelwaarde: groter dan 100%
5. *90e percentiel van de verblijfsduur*
Drempelwaarde: langer dan 4 uren
6. *Tijd van aankomst tot gezien worden door arts voor ESI – 1 of ESI – 2 patiënten*
Drempelwaarde: langer dan 30 minuten
Het tijdstip dat een patiënt voor het eerst contact heeft met een arts, wordt niet geregistreerd in de beschikbare dataset. Hiervoor wordt het tijdstip genomen dat een patiënt wordt geplaatst in een behandelingsruimte. Daardoor kan er een vertekening zitten op dit interval.
7. *Boardingtijd = tijd van beslissing tot opname in het ziekenhuis tot fysieke vertrek*
Drempelwaarde: wanneer minder dan 90% van de patiënten er onder de 2 uren over doen
8. *$\frac{\Sigma \text{boarders}}{\Sigma \text{aanwezigen}}$*
Drempelwaarde: groter dan 10%

Een overtreding van drie of meer individuele indicatoren duidt op een overbevolkte spoedgevallendienst. Zowel het aantal overtredingen als de waarde van de individuele indicatoren worden weergegeven. Hier duidt de kleur wel op het goed of slecht zijn van een waarde: wanneer de indicator groen is, geeft dit aan dat de drempelwaarde niet wordt overschreden. Wanneer die drempelwaarde wel overschreden wordt, zal de indicator rood kleuren.

Naast de zeven indicatoren van de ICMED, worden ook het aantal boarders waarvoor reeds een ziekenhuisbed beschikbaar is en het aantal boarders die langer dan twee uur wacht op een ziekenhuisbed gevisualiseerd aangezien dit in sommige situaties meer zegt dan een percentage (cf. indicator 7 en 8).



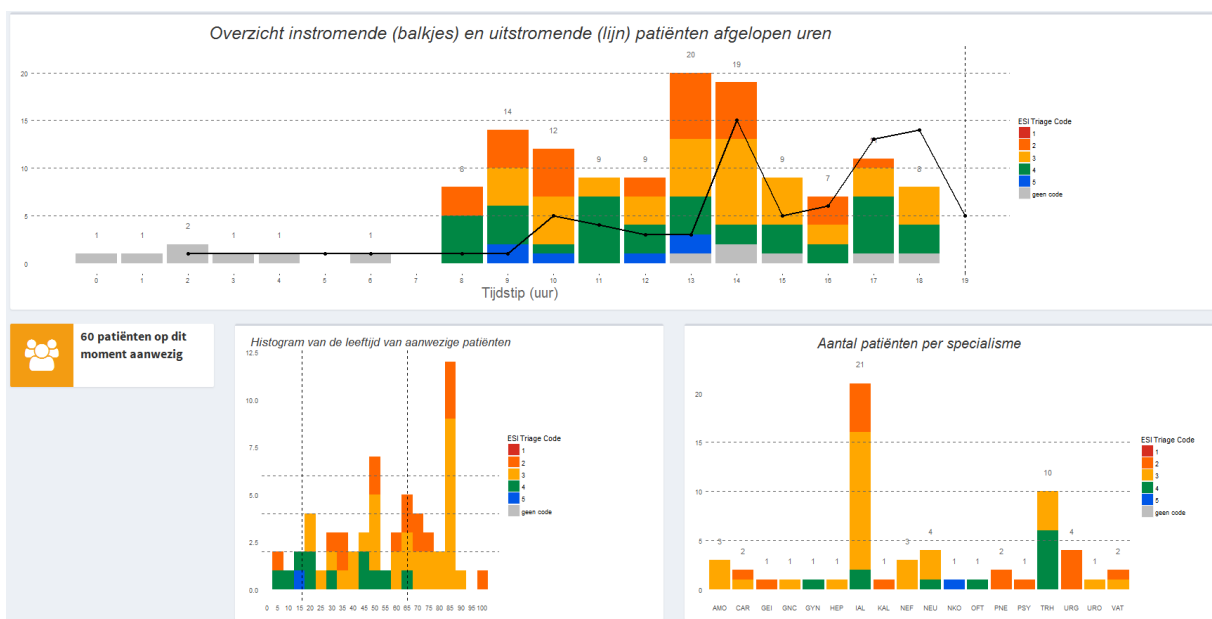
Figuur 12 Tabblad ICMED

3.3.7 Tabblad Kwaliteits- en veiligheidsindicatoren

Dit tabblad bevat geen gegevens maar is toegevoegd om aan te duiden dat er rekening gehouden wordt met toekomstige kwaliteits- en veiligheidsindicatoren. Analyses van spoedgevallendiensten zijn tot op heden te zeer gericht op het kwantificeren van de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst. Verder is gebleken dat het moeilijk is om relevante, gangbare, uitvoerbare en gemakkelijk te meten indicatoren te ontwerpen [46]. Pham *et al.* [47] hebben een kaderwerk ontworpen om veiligheid in een spoedgevallendienst te meten op vier domeinen. Er is echter nog geen consensus over de precieze maatstaven die gebruikt worden voor deze domeinen. Daarnaast zijn door de *International Federation for Emergency Medicine* kwaliteitsindicatoren ontworpen om negen kwaliteitsvragen binnen de spoedgevallendienst te beantwoorden. Voor deze kwaliteitsindicatoren moet nog bewezen worden welke succesvol zijn voor het verbeteren van de klinische uitkomst en de ervaring van staf en patiënten, en dit op een kostenefficiënte manier [48]. Het effect van de bezettingsgraad op deze nog te ontwikkelen kwaliteits- en veiligheidsindicatoren moet gemeten worden om zo de capaciteit van de spoedgevallendienst, en uiteindelijk de drempelwaarde voor overbevolking binnen de spoedgevallendienst, te kennen [46]. Deze indicatoren zijn volop in ontwikkeling voor spoedgevallendiensten en mogen zeker niet ontbreken in een dashboard met als doel ondersteuning te bieden in het beoordelen van het al dan niet overbevolkte karakter van een spoedgevallendienst. Daarom is reeds ruimte voorzien om deze indicatoren toe te voegen.

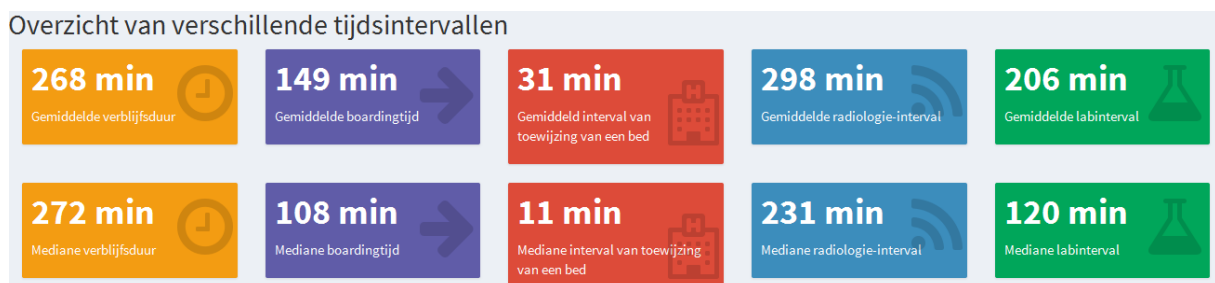
4 DEMONSTRATIE VAN HET DASHBOARD

Het dashboard zal worden gedemonstreerd aan de hand van een case die zich situeert op 01-04-2011 19:00 uur. De parameters staan op de standaardwaarden, namelijk het aantal verpleegkundigen en aantal artsen staan beiden op twaalf en het aantal bedden op 25. Op dat moment zijn er 60 patiënten aanwezig op de spoedgevallendienst. Uit de bovenste grafiek op de landingspagina (tabblad *Overzicht*) is af te leiden dat de afgelopen uren vooral patiënten met triagescores drie en vier aankwamen. Uit het histogram van de leeftijden van de aanwezige patiënten blijkt dat er voornamelijk geriatrische patiënten aanwezig zijn. De meeste patiënten aanwezig vallen onder de afdelingen IAL en TRH (Figuur 13).



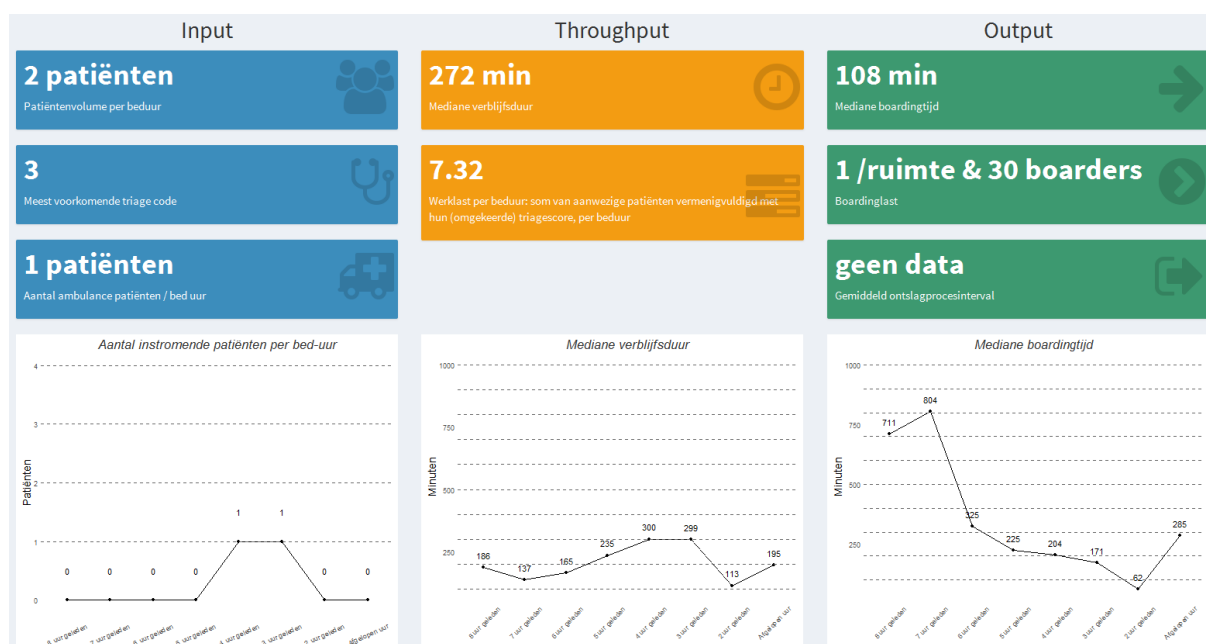
Figuur 13 Tabblad *Overzicht* 01-04-11 19:00

De gemiddelde en mediane tijdsintervallen worden weergegeven in onderstaande Figuur 14.



Figuur 14 Tabblad *Tijdsintervallen* 01-04-11 19:00

Uit de instroom-, doorstroom- en uitstroommaatstaven (Figuur 15) blijkt dat vooral de doorstroom door en uitstroom uit de spoedgevallendienst minder vlot verlopen. Van de zestig aanwezigen zijn er dertig patiënten (50%) aan het wachten op een bed in het ziekenhuis. De werklast (i.e. de som van aanwezige patiënten vermenigvuldigd met hun omgekeerde triagescore, per beduur) bedraagt 7,32. Onderstaande Figuur 15 geeft een volledig overzicht van de instroom-, doorstroom- en uitstroommaatstaven.



Figuur 15 Tabblad *Input-throughput-output* 01-04-11 19:00

De READI score bedraagt 12,2 wat duidt op een overbevolkte spoedgevallendienst ($READI > 7$). Dit komt vooral doordat de bedratio duidt op overbevolking, die groter is dan één, maar ook doordat de verzorgerratio groter is dan 1,5 wat duidt op het overbevolkt zijn van de spoedgevallendienst. Figuur 16 laat de waardes van de READI en zijn indicatoren zien.



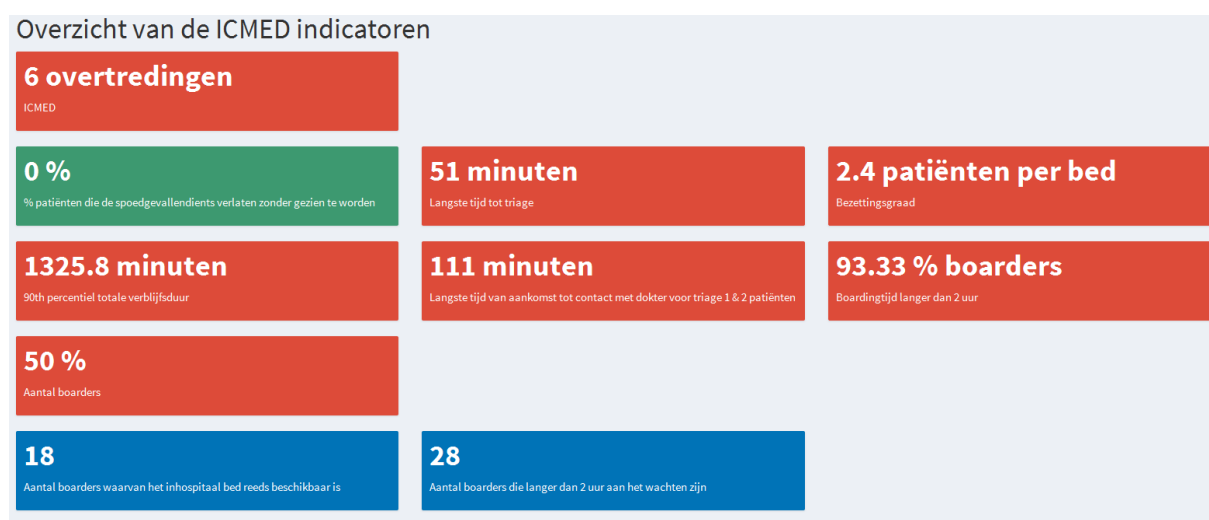
Figuur 16 Tabblad *READI* 01-04-11 19:00

Ook de ED Work Score (Figuur 17) duidt op overbevolking, aangezien de score groter is dan 4,77. Voor de individuele indicatoren zijn geen drempelwaardes opgesteld.



Figuur 17 Tabblad **ED Work Score** 01-04-11 19:00

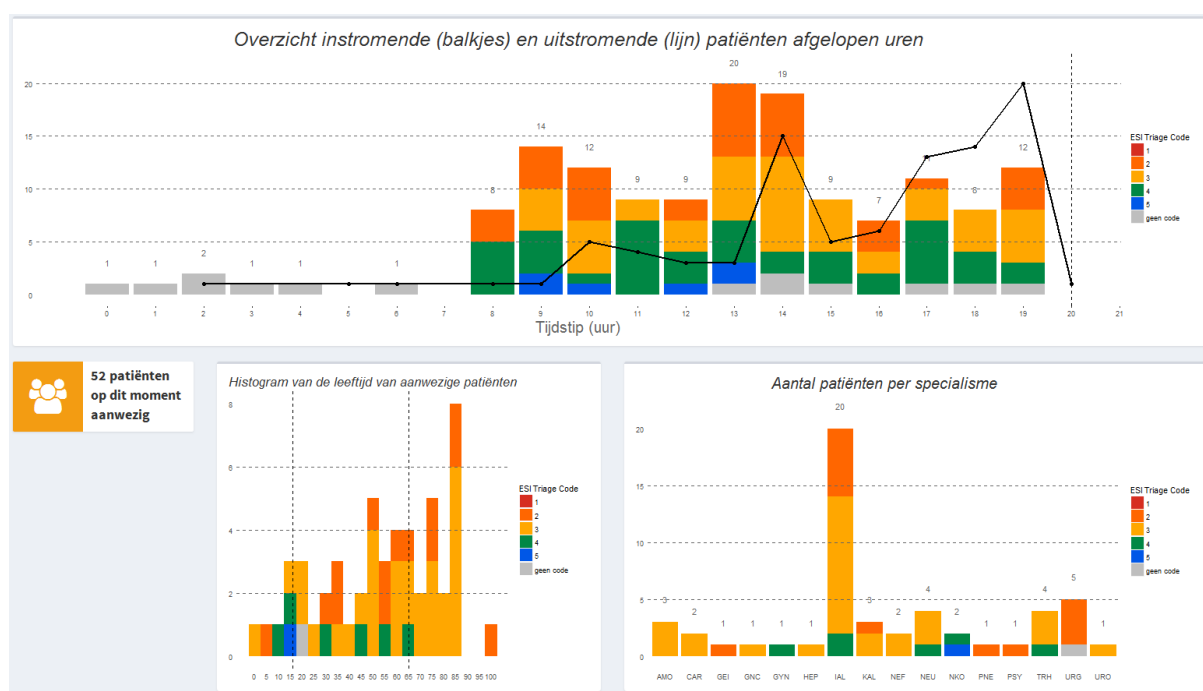
Ten slotte duiden ook de ICMED indicatoren op een overbevolkte spoedgevallendienst: er zijn namelijk meer dan drie overtredingen (Figuur 18). Van de zeven gemeten indicatoren duiden er zes op overbevolking. Enkel de eerste indicator, die meet hoeveel patiënten de spoedgevallendienst verlaten zonder gezien te worden, duidt niet op overbevolking. Opvallend is dat het negentigste percentiel van de verblijfsduur erg hoog is (namelijk 1325 minuten). Bovendien zien we dat voor 18 boarders van de dertig het ziekenhuisbed reeds beschikbaar is. Bijna alle boarders (93 %) doen er langer over dan twee uur om naar het ziekenhuis te vertrekken (boardingtijd).



Figuur 18 Tabblad **ICMED** 01-04-11 19:00

De gebruiker van het dashboard staat nu voor de keuze om eventueel corrigerende maatregelen te nemen. Uit de instroom-, doorstroom- en uitstroommaatstaven blijkt dat vooral doorstroom en uitstroom minder vlot verlopen. Die conclusie volgt ook uit hetgeen de ICMED indicatoren aangeven. De gebruiker kan beslissen bijvoorbeeld een extra arts en twee extra verpleegkundigen op te roepen. Ook kan hij 3 extra bedden plaatsen. Het effect hiervan kan een uur later bekeken worden. Hierbij moet wel rekening worden gehouden dat het effect van deze maatregelen niet volledig uit de analyse afgeleid kan worden, aangezien gewerkt wordt met een statische dataset.

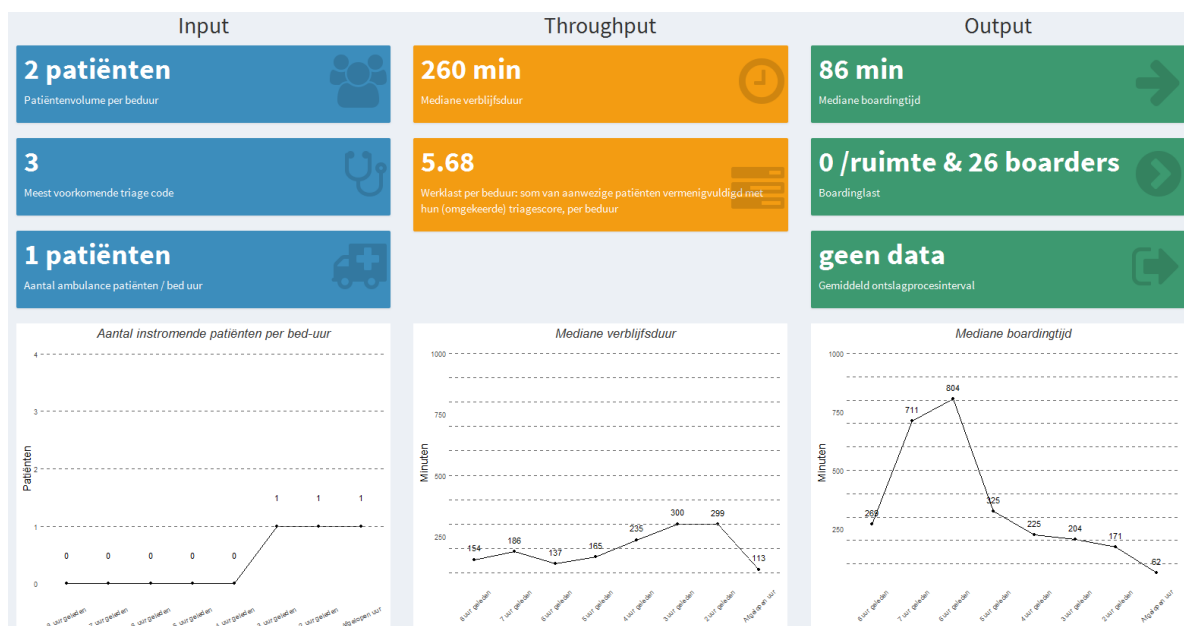
Op 01-04-2011 20:00 uur zijn er 52 patiënten aanwezig. Het tabblad *Overzicht* toont nog steeds min of meer dezelfde situatie: voornamelijk geriatrische patiënten en het druktepunt ligt op IAL (Figuur 19).



Figuur 19 Tabblad *Overzicht* 01-04-11 20:00

Het effect van de corrigerende maatregelen genomen door de gebruiker kan niet worden gezien in de wijziging van de tijdsintervallen. Deze worden namelijk berekend aan de hand van de (statische) dataset.

Kijkende naar de instroom-, doorstroom- en uitstroommaatstaven in Figuur 20, valt op dat vooral de werklust (doorstroom) gedaald is. Het patiëntenvolume per beduur staat nog steeds op twee, ook al is het aantal beduren gestegen.



Figuur 20 Tabblad *Input-throughput-output* 01-04-11 20:00

De READI score is gestegen tot 13,02 (Figuur 21). Dit duidt erop dat de spoedgevallendienst nog steeds overbevolkt is. Wat opvalt is dat de bedratio gedaald is, terwijl de verzorgerratio is gestegen.

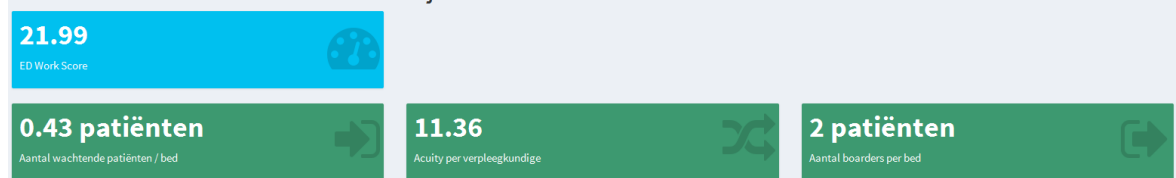
Overzicht van de READI en zijn individuele indicatoren



Figuur 21 Tabblad *READI* 01-04-11 20:00

De ED Work Score is gedaald en dit is te wijten aan de daling van het aantal wachtende patiënten per bed en de urgentie per verpleegkundige (Figuur 22).

Overzicht van de ED Work Score en zijn individuele indicatoren



Figuur 22 Tabblad *ED Work Score* 01-04-11 20:00

Om dezelfde reden als bij de tijdsintervallen kan ook niets gezegd worden over de verandering van de ICMED en zijn indicatoren.

5 EVALUATIE VAN HET DASHBOARD

De doelstelling van het dashboard is een overzicht te geven van de huidige situatie van de spoedgevallendienst zodat de staf deze informatie kan gebruiken om een evaluatie ervan te maken. Op die manier kan ingeschat worden of de spoedgevallendienst overbevolkt is. Aan de hand van het dashboard moet duidelijk worden of de situatie negatieve effecten genereert op de doorstroom en uitstroom van patiënten. Zo kan er (proactief) bepaald worden of er corrigerende maatregelen moeten worden genomen.

De vereisten uit hoofdstuk twee operationaliseren deze doelstelling. Wanneer kan aangetoond worden dat deze vereisten behaald zijn, kan aangenomen worden dat de doelstelling behaald is. Een overzicht van de argumentatie die aangeeft waarom de vereisten behaald zijn, wordt gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Evaluatie behalen vereisten

Vereiste 1 <i>Het dashboard moet de mate van overbevolking van de spoedgevallendienst weergeven en visualiseren. Het dashboard mag overbevolking niet binair voorstellen (i.e. het is overbevolkt of niet). De beoordeling van de situatie waarin de spoedgevallendienst zich bevindt, moet worden overgelaten aan de gebruiker van het dashboard.</i>	Aangezien in het dashboard de gewenste indicatoren en maatstaven van overbevolking worden gevisualiseerd, geeft het dashboard de mate van overbevolking weer. Enkel de indicator <i>Ontslagprocesinterval</i> wordt niet gevisualiseerd, omdat de nodige gegevens om deze te berekenen ontbreken in de dataset. Toch wordt deze indicator opgenomen en toont deze telkens “geen data”, dit om aan te tonen dat dit een gewenste indicator is en het belangrijk is de nodige data hiervoor te registreren. Het dashboard werkt met arbitraire kleuren. De kleuren geven dus niet aan hoe de indicator of maatstaf zich verhoudt ten opzichte van de in de literatuur voorgestelde drempelwaarde ervan (behalve bij tabblad <i>ICMED</i>). Op die manier wordt een binaire benadering van overbevolking vermeden en wordt de beoordeling van de indicator of maatstaf overgelaten aan de gebruiker.
Vereiste 2 <i>Het dashboard moet de situatie waarin de spoedgevallendienst zich op het moment in bevindt visualiseren, in real-time.</i>	Het tabblad <i>Overzicht</i> geeft een weergave van het aantal en het type patiënten dat aanwezig is. Verder wordt in dit tabblad ook gevisualiseerd vanuit welke situatie de spoedgevallendienst komt. Daarnaast worden alle indicatoren, maatstaven en tijdsintervallen enkel berekend voor de patiënten die op het aangegeven moment aanwezig zijn in de

	spoedgevallendienst. De verblijfsduur, bijvoorbeeld, wordt berekend voor alle patiënten die op dat moment aanwezig zijn en meet de duur vanaf hun aankomst tot het huidige tijdstip. De rest van de indicatoren, maatstaven en tijdsintervallen worden op een gelijkaardige manier berekend.
Vereiste 3 <i>Het dashboard moet overzichtelijk en compact zijn. Het moet een veelomvattende kijk bieden, maar zorgen dat de getoonde informatie overzichtelijk blijft. Gegeven de omgeving van een spoedgevallendienst, mag de gebruiker geen tijd verspillen aan het analyseren van de informatie die het dashboard weergeeft.</i>	Het dashboard is ingedeeld in tabbladen die gerelateerde informatie groeperen. Aangezien de landingspagina (tabblad <i>Overzicht</i>) een globaal beeld vormt van de toestand van de spoedgevallendienst, weet de gebruiker in vrijwel één oogopslag hoe de spoedgevallendienst er voor staat. In het tabblad <i>Tijdsintervallen</i> wordt met behulp van een drill-down functie meer informatie getoond over de evolutie van het gewenste tijdsinterval. In het dashboard worden geen filters toegepast omdat deze geen meerwaarde bieden. Aangezien de informatie die het dashboard bevat overzichtelijk wordt gevisualiseerd en met behulp van slechts enkele tabbladen wordt verdeeld volgens een logische indeling, kan de assumptie worden gemaakt dat de gebruiker geen tijd zal verspillen aan het analyseren van het dashboard. Echter, om te kunnen bepalen of het dashboard efficiënt opereert binnen een spoedgevallendienst, zou het dashboard moeten worden getest in een reële setting binnen een spoedgevallendienst. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek.
Vereiste 4 <i>Het dashboard moet bruikbaar zijn in meerdere spoedgevallendiensten. In plaats van ontworpen te worden voor een specifieke spoedgevallendienst, moet het juist een zo algemeen en gestandaardiseerd mogelijk beeld geven.</i>	Aangezien parameters ingesteld kunnen worden rond de eigenschappen van de spoedgevallendienst (aantal bedden, aantal artsen, enzovoort), kan het dashboard zonder veel aanpassingen in elke spoedgevallendienst van Vlaanderen gebruikt worden. Verder geeft het een zo gestandaardiseerd mogelijk beeld omdat het enkel parameters en indicatoren van overbevolking visualiseert waarover in de internationale literatuur consensus over bestaat.

Vereiste 5 *Het dashboard moet de informatie op een heldere en eenduidige manier weergeven. De informatie die wordt gevisualiseerd, mag niet verkeerd geïnterpreteerd worden.*

Aangezien nergens de grootte van het effect in de visualisatie verschilt van het effect in de data, is voldaan aan de lie-factor van Tufte [35]. De data-inkt ratio van het dashboard is eerder laag, aangezien niet alles van het dashboard aangepast kan worden omdat gewerkt wordt met Shinydashboard. De grafieken die vervat zitten in het dashboard, hebben daarentegen wel een aanvaardbare data-inkt ratio. Het dashboard visualiseert de informatie dus op een heldere en eenduidige manier, zonder vertekeningen.

Vereiste 6 *De gebruikte informatie en de manier waarop deze gevisualiseerd wordt, mag niet in strijd zijn met de wetgeving rond privacy.*

In dit onderzoek wordt een dataset gebruikt die geanonimiseerde gegevens bevat. Wanneer het dashboard zou worden gebruikt in een spoedgevallendienst, moet rekening gehouden worden met de Privacywet zoals aangehaald in hoofdstuk twee.

Deze initiële evaluatie van de vereisten geeft aan dat het dashboard een overzicht geeft van de situatie van de spoedgevallendienst en informatie aanreikt aan het medisch en verpleegkundig personeel om een evaluatie te maken. Het dashboard ondersteunt de staf in het inschatten of de spoedgevallendienst overbevolkt is en helpt aangeven of de situatie negatieve effecten genereert op de doorstroom en uitstroom van de patiënten. Hierdoor biedt het dashboard ondersteuning in het proactief bepalen of er corrigerende maatregelen moeten worden genomen.

6 CONCLUSIE

De doelstelling van dit onderzoek is het ontwikkelen van een artefact dat de real-time toestand van het proces in een spoedgevallendienst kan weergeven. Op die manier kan de situatie waarin een spoedgevallendienst zich bevindt, beoordeeld worden en wordt de staf ondersteund om proactief corrigerende maatregelen te kunnen nemen. Zo kan het dashboard ondersteuning bieden voor de beslissingen die moeten worden genomen om het probleem van overbevolking op te lossen. Informatietechnologie kan dus in real-time inzichten aanreiken voor een spoedgevallendienst.

In de literatuur is dit probleem van overbevolking al uitgebreid aangekaart en zijn oplossingen voorgesteld. Ook zijn veel maatstaven en indicatoren voorgesteld om de overbevolking van de spoedgevallendienst te berekenen. Een grote tekortkoming in deze maatstaven is dat ze een te binaire benadering hebben met betrekking tot overbevolking, i.e. de spoedgevallendienst is overbevolkt of niet. In realiteit is dit probleem echter veel complexer. Die tekortkoming probeert het dashboard op te lossen door de inschatting van het overbevolkt zijn van de spoedgevallendienst over te laten aan de gebruiker van het dashboard. Hij kan immers niet alleen gebruik maken van de verschillende indicatoren en maatstaven die gevisualiseerd worden in het dashboard, maar ook van zijn eigen ervaring. Hij kan dan (proactief) bepalen of corrigerende maatregelen genomen moeten worden.

Een ander probleem met de reeds voorgestelde maatstaven en indicatoren van overbevolking, is dat ze gericht zijn op de Amerikaanse situatie. De drempelwaardes zijn opgesteld door te kijken wanneer de ambulances van een spoedgevallendienst moeten uitwijken naar andere spoedgevallendiensten. Deze situatie is echter nagenoeg onbestaande in Vlaanderen. Ook is het zorgsysteem in Vlaanderen niet te vergelijken met dat van de Verenigde Staten. Aangezien het dashboard zich niet focust op één maatstaf, wordt deze tekortkoming verholpen.

Verder zou het dashboard nog moeten worden geëvalueerd door enkele hoofdverpleegkundigen van spoedgevallendiensten. Daarna is het valideren van het dashboard binnen de setting van een werkende spoedgevallendienst ook belangrijk. Deze evaluatievormen vallen echter buiten de scope van dit onderzoek.

Idealiter zou het dashboard een voorspelling kunnen maken van de situatie van de spoedgevallendienst voor de komende uren. Op die manier kan nog sneller worden ingegrepen wanneer de situatie dreigt te ontsporen. Ook zou het dashboard kunnen aangeven welke corrigerende maatregelen in welke situatie het meest passend zijn. Dit alles zou kunnen worden geïmplementeerd via machine learning. Dit kan een volgende stap zijn in het onderzoek naar overbevolking binnen spoedgevallendiensten.

7 LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN

- [1] D. B. Richardson and D. Mountain, "Myths versus facts in emergency department overcrowding and hospital access block," *Med. J. Aust.*, vol. 190, no. 7, pp. 369–374, 2009.
- [2] A. Boyle, J. Coleman, Y. Sultan, V. Dhakshinamoorthy, J. O’Keeffe, P. Raut, and K. Beniuk, "Initial validation of the International Crowding Measure in Emergency Departments (ICMED) to measure emergency department crowding," *Emerg. Med. J.*, pp. 1–4, 2013.
- [3] L. I. Solberg, B. R. Asplin, R. M. Weinick, and D. J. Magid, "Emergency Department Crowding: Consensus Development of Potential Measures," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 42, no. 6, pp. 824–834, 2003.
- [4] B. R. Asplin, D. J. Magid, K. V. Rhodes, L. I. Solberg, N. Lurie, and C. a. Camargo, "A conceptual model of emergency department crowding," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 42, no. 2, pp. 173–180, 2003.
- [5] R. Derlet, J. Richards, and R. Kravitz, "Frequent overcrowding in U.S. emergency departments," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 8, no. 2, pp. 151–155, 2001.
- [6] American College of Emergency Physicians, "Crowding," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 47, no. 6, p. 585, 2006.
- [7] J. M. Pines, "Moving Closer to an Operational Definition for ED Crowding," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 14, no. 4, pp. 381–382, 2007.
- [8] N. R. Hoot and D. Aronsky, "Systematic Review of Emergency Department Crowding: Causes, Effects, and Solutions," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 52, no. 2, 2008.
- [9] J. Bergs, S. Verelst, J. B. Gillet, P. Deboutte, C. Vandoren, and D. Vandijck, "The number of patients simultaneously present at the emergency department as an indicator of unsafe waiting times: A receiver operated curve-based evaluation," *Int. Emerg. Nurs.*, vol. 22, no. 4, pp. 185–189, 2014.
- [10] J. C. Moskop, D. P. Sklar, J. M. Geiderman, R. M. Schears, and K. J. Bookman, "Emergency Department Crowding, Part 1-Concept, Causes, and Moral Consequences," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 53, no. 5, pp. 605–611, 2009.
- [11] S. K. Epstein and L. Tian, "Development of an emergency department work score to predict ambulance diversion," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 13, no. 4, pp. 421–426, 2006.
- [12] K. L. Tekwani, Y. Kerem, C. D. Mistry, B. M. Sayger, and E. B. Kulstad, "Emergency Department Crowding is Associated with Reduced Satisfaction Scores in Patients Discharged from the Emergency Department," *West. J. Emerg. Med.*, vol. 14, no. 1, pp. 11–5, 2013.
- [13] R. W. Derlet and J. R. Richards, "Overcrowding in the nation’s emergency departments: complex causes and disturbing effects," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 35, no. 1, pp. 63–68, 2000.
- [14] D. Wu, X. Zhou, L. Ye, J. Gan, and M. Zhang, "Emergency Department Crowding and the Performance of Damage Control Resuscitation in Major Trauma Patients With Hemorrhagic Shock," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 22, no. 8, pp. 915–921, 2015.
- [15] S. Verelst, P. Wouters, J. B. Gillet, and G. Van Den Berghe, "Emergency department crowding in relation to in-hospital adverse medical events: A large prospective observational cohort study," *J. Emerg. Med.*, vol. 49, no. 6, pp. 949–961, 2015.
- [16] J. Rasmussen, "Risk management in a dynamic society: A modelling problem," *Saf. Sci.*, vol. 27, no. 2–3, pp. 183–213, 1997.
- [17] R. Cook and J. Rasmussen, "'Going solid': a model of system dynamics and consequences for patient safety," *Qual Saf Heal. Care*, vol. 14, no. 2, pp. 130–135, 2005.
- [18] S. L. Bernstein, V. Verghese, W. Leung, A. T. Lunney, and I. Perez, "Development and validation of a new index to measure emergency department crowding," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 10, no. 9, pp. 938–942, 2003.
- [19] M. L. McCarthy, D. Aronsky, I. D. Jones, J. R. Miner, R. a. Band, J. M. Baren, J. S. Desmond, K. M. Baumlín, R. Ding, and R. Shesser, "The Emergency Department Occupancy Rate: A Simple Measure of Emergency Department Crowding?," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 51, no. 1, 2008.

- [20] S. J. Welch, S. Stone-Griffith, B. Asplin, S. J. Davidson, J. Augustine, and J. D. Schuur, "Emergency department operations dictionary: Results of the second performance measures and benchmarking summit," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 18, no. 5, pp. 539–544, 2011.
- [21] J. M. Pines, R. L. Pilgrim, S. M. Schneider, B. Siegel, and P. Viccellio, "Practical implications of implementing emergency department crowding interventions: Summary of a moderated panel," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 18, no. 12, pp. 1278–1282, 2011.
- [22] A. Viccellio, C. Santora, A. J. Singer, H. C. Thode, and M. C. Henry, "The Association Between Transfer of Emergency Department Boarders to Inpatient Hallways and Mortality: A 4-Year Experience," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 54, no. 4, pp. 487–491, 2009.
- [23] E. W. Dickson, Z. Anguelov, D. Vetterick, A. Eller, and S. Singh, "Use of Lean in the Emergency Department: A Case Series of 4 Hospitals," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 54, no. 4, pp. 504–510, 2009.
- [24] S. Stone-Griffith, J. Englebright, D. Cheung, K. Korwek, and J. Perlin, "Data-driven process and operational improvement in the emergency department: the ED Dashboard and Reporting Application," *J. Healthc. Manag.*, vol. 57, no. 3, p. 167, 2012.
- [25] P. Johannesson and E. Perjons, *An Introduction to Design Science*, 1st ed. Switzerland: Springer, 2014.
- [26] S. Gregor and A. R. Hevner, "Introduction to the special issue on design science," *Inf. Syst. E-bus. Manag.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2011.
- [27] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, "Design Science in Information Systems Research," *Des. Sci. IS Res. MIS Q.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004.
- [28] S. T. March and G. F. Smith, "Design and natural science research on information technology," *Decis. Support Syst.*, vol. 15, no. 4, pp. 251–266, 1995.
- [29] S. Thangaratinam and C. W. Redman, "The Delphi Technique :," *Pract. Assess. , Research Avaluation*, vol. 12, no. 10, pp. 1–8, 2007.
- [30] U. Sekaran and R. Bougie, *Research Methods for Business*, 6th ed. Wiley, 2013.
- [31] J. L. Wiler, S. Welch, J. Pines, J. Schuur, N. Jouriles, and S. Stone-Griffith, "Emergency Department Performance Measures Updates: Proceedings of the 2014 Emergency Department Benchmarking Alliance Consensus Summit," *Acad. Emerg. Med.*, p. n/a–n/a, 2015.
- [32] S. Strecker, U. Frank, D. Heise, and H. Kattenstroth, "MetricM: a modeling method in support of the reflective design and use of performance measurement systems," *Inf. Syst. E-bus. Manag.*, vol. 10, no. 2, pp. 241–276, 2011.
- [33] R. Brath and M. Peters, "Dashboard Design: Why Design is Important," *InfoManagement Direct*, no. October, 2004.
- [34] Juice, "A Guide to Creating Dashboards People Love to Use." p. 49, 2009.
- [35] E. R. Tufte and P. R. Graves-Morris, *The visual display of quantitative information*. Graphics Press, 1983.
- [36] "Wet tot bescherming van de persoonlijke levenssfeer ten opzichte van de verwerking van persoonsgegevens," *Belgisch Staatsblad*. 1992.
- [37] A. S. Stang, J. Crotts, D. W. Johnson, L. Hartling, and A. Guttman, "Crowding Measures Associated With the Quality of Emergency Department Care: A Systematic Review," *Acad. Emerg. Med.*, pp. 643–656, 2015.
- [38] B. R. Asplin, "Measuring crowding: Time for a paradigm shift," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 13, no. 4, pp. 459–461, 2006.
- [39] S. Liu, C. Hobgood, and J. H. Brice, "Impact of critical bed status on emergency department patient flow and overcrowding," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 10, no. 4, pp. 382–385, 2003.
- [40] N. Gilboy, P. Tanabe, D. A. Travers, A. M. Rosenau, and D. R. Eitel, *Emergency Severity Index, version 4: implementation handbook*. AHRQ Publication, 2011.
- [41] S. S. Jones, T. L. Allen, T. J. Flottesmesch, and S. J. Welch, "An Independent Evaluation of Four Quantitative Emergency Department Crowding Scales," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 13, no.

11, pp. 1204–1211, 2006.

- [42] S. J. Weiss, R. Derlet, J. Arndahl, A. a Ernst, R. Schwab, J. Richards, M. Ferna, T. O. Stair, P. Vicellio, D. Levy, M. Brautigan, A. Johnson, and T. G. Nick, "Estimation the Degree of Emergency Department Overcrowding in Academic Medical Centers: Results of the National ED Overcrowding Study (NEDOCS)," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 11(1), no. April, pp. 38–50, 2004.
- [43] "Shiny Dashboard," 2015. [Online]. Available: <http://rstudio.github.io/shinydashboard/index.html>. [Accessed: 23-May-2015].
- [44] RStudio, "Shiny," 2015. [Online]. Available: <http://shiny.rstudio.com/>. [Accessed: 23-May-2015].
- [45] N. R. Hoot, C. Zhou, I. Jones, and D. Aronsky, "Measuring and Forecasting Emergency Department Crowding in Real Time," *Ann. Emerg. Med.*, vol. 49, no. 6, pp. 747–755, 2007.
- [46] J. Bergs, D. Vandijck, O. Hoogmartens, P. Heerinckx, D. Van Sassenbroeck, B. Depaire, W. Marneffe, and S. Verelst, "Emergency department crowding: Time to shift the paradigm from predicting and controlling to analysing and managing," *Int. Emerg. Nurs.*, vol. 24, pp. 74–77, 2016.
- [47] J. C. Pham, L. Alblaihed, D. S. Cheung, F. Levy, P. M. Hill, G. D. Kelen, P. J. Pronovost, and T. D. Krisch, "Measuring Patient Safety in the Emergency Department," *Am. J. Med. Qual.*, vol. 29, pp. 99–104, 2014.
- [48] F. Lecky, J. Bengner, S. Mason, P. Cameron, and C. Walsh, "The International Federation for Emergency Medicine framework for quality and safety in the emergency department.," *Emerg. Med. J. EMJ*, vol. 31, no. 11, pp. 926–929, 2014.

8 BIJLAGEN

8.1 Bijlage 1: vragenlijst ronde 1 gemodificeerde Delphi studie

Gelieve volgende informatie in te vullen:

Uw functie:

Leeftijd (jaren):

Aantal jaren ervaring in uw huidige functie:

Het aantal patiënten die zich in 2014 aanmeldden op de spoedgevallendienst:

Geef een schatting van het procentueel aantal patiënten per triagescore.

Triagescore 1:

Triagescore 2:

Triagescore 3:

Triagescore 4:

Triagescore 5:

Geef het aantal behandelingsruimtes per type.

Behandelingsruimtes zonder bed:

Behandelingsruimtes zonder stoel:

Observatie-bedden:

Geef het aantal voltijdse equivalenten per categorie.

Artsen:

Assistent-artsen:

Advance practice nurse (APN/ANP):

Verpleegkundigen:

Technici:

Klinisch apothekers:

Sociaal werkers:

Case manager:

Andere administratieve werknemers:

Geef het percentage patiënten van alle patiënten op de spoedgevallendienst dat in het ziekenhuis wordt opgenomen per categorie.

Intensieve zorgen:

Observatie afdeling:

Observatie op de spoedgevallendienst:

Geef de transferratio: het percentage van alle patiënten dat naar een andere instelling wordt gebracht.

Inkomende transfers:

Uitgaande transfers:

Geef de verdeling van de leeftijden in percentages.

0-2 jaar:

3-18 jaar:

19-64 jaar:

65-80 jaar:

80+:

Geef de top 10 ICD-9 codes en het bijhorend percentage patiënten dat hiervoor de spoedgevallendienst bezoekt.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Andere

Geef de top 10 klachten en het bijhorend percentage patiënten dat hiervoor de spoedgevallendienst bezoekt.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- Andere

Welk software systeem wordt er gebruikt om patiënten te registreren, op te volgen, etc.?

Zijn diensten zoals labotesten, MRI scans, CT scans, ... 24/7 beschikbaar of niet?

- ☐ Ja
- ☐ Neen

Is het ziekenhuis academisch?

- ☐ Ja
- ☐ Neen

De volgende vragen peilen naar het wenselijk en bruikbaar zijn van bepaalde parameters van de spoedgevallendienst in het dashboard. Met wenselijk wordt bedoeld hoe noodzakelijk of nuttig het is dat deze parameters gekend zijn, hoe belangrijk zijn ze in het ondersteunen van het beoordelen of de spoedgevallendienst overbevolkt is? Met bruikbaarheid wordt bedoeld op het feit of het je gaat helpen of niet bij het beslissingsproces, of ze echt nodig zijn of eerder overbodig.

Deze parameters kunnen gemeten worden voor een bepaald tijdsvenster, zodat zij de real-time toestand van de spoedgevallendienst weergeven.

Wenselijkheid en bruikbaar worden bevraagd op een 7-punten schaal.

Geef aan hoe wenselijk en bruikbaar de onderstaande tijdsintervallen voor u zijn bij het managen van het proces op de spoedgevallendienst.

	Wenselijk heid (7- punten)	Bruikbaar heid (7- punten)
<u>Gemiddelde tijd van aankomst tot contact met arts (door to doctor):</u> Aankomsttijd tot tijdstip van het eerste contact met een arts.		
<u>Gemiddelde verblijfsduur:</u> Aankomsttijd tot vertrektijd.		
<u>Gemiddelde tijd van aankomst tot behandelingsruimte:</u> Aankomsttijd tot de tijd dat een behandelingsruimte wordt toegewezen.		
<u>Gemiddelde tijd van het toewijzen van behandelingsruimte tot contact met arts:</u> Het tijdstip van het toewijzen van een behandelingsruimte aan een patiënt tot en met het tijdstip van het eerste contact met een arts.		
<u>Gemiddelde tijd van beschikbaarheid van de data tot beslissing van verplaatsen:</u> Het tijdstip waarop de relevante data beschikbaar zijn voor de arts tot en met de beslissing om de patiënt te verplaatsen.		
<u>Gemiddelde tijd van beslissing tot verplaatsen tot de vertrektijd:</u> Het tijdstip van het nemen van de beslissing de patiënt te verplaatsen tot en met het fysieke vertrek van de patiënt.		
<u>Gemiddelde tijd van beslissing tot opname tot vertrektijd:</u> Het tijdstip van het nemen van de beslissing de patiënt op te nemen tot en met de fysieke vertrek van de patiënt.		
<u>Gemiddelde triage interval:</u> Tijd tussen het beginnen met triage en het vaststellen van het triage niveau.		
<u>Gemiddelde laboratorium interval:</u> Tijd tussen het plaatsen van een aanvraag voor een labotest tot en met het beschikbaar zijn van de resultaten.		
<u>Gemiddelde radiologie interval:</u> Tijd tussen het plaatsen van een aanvraag voor een radiologie-test (röntgenfoto, CT-scan, echografie, MRI) tot de resultaten beschikbaar zijn.		

<u>Gemiddelde interval van de schoonmaak van het bed</u> : Tijd tussen het vertrek van de ene patiënt uit het spoeddienstbed totdat het bed klaar is voor de volgende patiënt.		
<u>Gemiddelde consultatie interval</u> : Tijd tussen het plaatsen van een aanvraag voor een spoeddienstconsultatie en de evaluatie van een patiënt en mededeling van de aanbeveling aan de arts.		
<u>Gemiddelde interval van toewijzing van een bed</u> : Tijd tussen het plaatsen van een aanvraag van een in-hospitaal bed totdat een bed wordt toegewezen (leeg, verschoond, bemand) en de spoeddienst hier bericht van krijgt.		

Geef aan hoe wenselijk en bruikbaar de onderstaande proportiemaatstaven voor u zijn bij het managen van het proces op de spoedgevallendienst.

	Wenselijkheid (7-punten)
<u>Verlaten zonder complete behandeling</u> : Alle patiënten die de spoeddienst verlaten voordat ze formeel ontslagen zijn in verhouding tot het totaal aantal patiënten die binnen een bepaalde tijd terug komen.	
<u>Verlaten zonder gezien te worden</u> : Alle patiënten die de spoeddienst verlaten zonder een arts te consulteren in verhouding tot het totaal aantal patiënten die binnen een bepaalde tijd terug komen.	
<u>Verlaten zonder gezien te worden - zonder interventie</u> : Alle patiënten die de spoeddienst verlaten zonder een arts te consulteren en geen interventie hadden in verhouding tot het totaal aantal patiënten die binnen een bepaalde tijd terug komen.	
<u>Verlaten zonder gezien te worden - met interventie</u> : Alle patiënten die de spoeddienst verlaten zonder een arts te consulteren na een interventie in verhouding tot het totaal aantal patiënten die binnen een bepaalde tijd terug komen.	
<u>Tegen medisch advies</u> : Alle patiënten die de spoeddienst verlaten tegen het advies in van de arts en nadat dit gecommuniceerd is in verhouding tot het totaal aantal patiënten die binnen een bepaalde tijd terug komen.	

Geef aan hoe wenselijk en bruikbaar de onderstaande heropname indicatoren voor u zijn bij het managen van het proces op de spoedgevallendienst.

	Wenselijkheid (7-punten)
<u>Bezoeken aan spoedgevallendienst na ontslag uit ziekenhuis</u> : Aantal patiënten die behandeld worden in de spoeddienst binnen 30 dagen nadat ze het ziekenhuis verlaten hebben, uitgedrukt per 100 ziekenhuisontslagen.	
<u>Bezoeken aan spoedgevallendienst na ontslag uit ziekenhuis die resulteren in heropneming (in-hospitaal)</u> : Aantal patiënten die behandeld worden in de spoeddienst binnen 30 dagen nadat ze het ziekenhuis verlaten hebben en terug worden opgenomen in het ziekenhuis, per 100 ziekenhuisontslagen.	
<u>Bezoeken aan de spoedgevallendienst na ontslag uit ziekenhuis die resulteren in heropneming (observatie)</u> : Aantal patiënten die behandeld worden in de spoeddienst binnen 30 dagen nadat ze het ziekenhuis verlaten hebben en terug worden opgenomen in het ziekenhuis voor observatie, per 100 ziekenhuisontslagen.	

Het input-throughput-output-model van Asplin et al. verdeelt verschillende maatstaven onder in input, throughput en output categorieën. Tezamen meten deze maatstaven de vraag naar medische hulp in de spoeddienst (Vraag), de complexiteit van de aanwezige patiënten (Complexiteit), de capaciteit van de spoeddienst (Capaciteit), de werklast in de spoeddienst binnen een gegeven periode (Werklast), de mogelijkheid van de spoeddienst om tijdige en kwalitatieve spoedhulp te bieden (Efficiëntie), de capaciteit van het ziekenhuis om tijdige zorg te verlenen aan spoeddienstpatiënten (Ziekenhuiscapaciteit) en de efficiëntie van het ziekenhuis (Ziekenhuisefficiëntie). Ook onderstaande maatstaven geven deze de real-time toestand van de spoedgevallendienst weer. Ze meten een bepaalde parameter per periode (bv. uur/shift/dag).

Geef aan hoe onderstaande inputmaatstaven scoren op de items.

			Wenselijkheid (7-punten)
Patiënten volume gestandaardiseerd voor beduren	<i>Vraag</i>	Aantal nieuwe patiënten geregistreerd binnen een gedefinieerde periode (uur/shift/dag) gedeeld door het aantal beduren binnen dezelfde periode.	
Ambulance-patiënten volume gestandaardiseerd voor beduren	<i>Vraag</i>	Aantal nieuwe ambulance-patiënten geregistreerd binnen een gedefinieerde periode (uur/shift/dag) gedeeld door het aantal beduren binnen dezelfde periode.	
Percentage patiënten die de spoedgevallendienst verlaten zonder volledige behandeling	<i>Capaciteit</i>	Aantal geregistreerde patiënten die de spoedgevallendienst verlaten zonder volledige behandeling gedeeld door het aantal geregistreerde patiënten binnen dezelfde periode.	
Episodes van uitwijken van ambulances	<i>Capaciteit</i>	Aantal en duur van alle episodes waarin ambulances moeten uitwijken binnen een bepaalde periode (week/maand/jaar).	
Complexiteit van patiënten zoals geëvalueerd door triage	<i>Complexiteit</i>	Gemiddelde complexiteit uitgedrukt in triageniveau voor alle geregistreerde patiënten in een gedefinieerde periode (uur/shift/dag).	
Complexiteit van patiënten als percentage van het uitwijken van ambulances	<i>Complexiteit</i>	Percentage van geregistreerde patiënten in een gedefinieerde periode (uur/shift/dag) die arriveren per ambulance.	

Geef aan hoe onderstaande throughputmaatstaven scoren op de items.

			Wenselijkheid (7-punten)
Throughputtijd	<i>Efficiëntie</i>	Gemiddelde tijd tussen aanmelding en vertrek binnen een gedefinieerde periode (dag/week/maand).	
Toewijzing van een bed	<i>Efficiëntie</i>	Gemiddeld interval tussen aanmelding en toewijzing van een behandelingsruimte binnen een gedefinieerde periode (shift/dag/week).	
Bezettingsgraad	<i>Werklast</i>	Het aantal patiënten dat op een bepaald tijdstip aanwezig is, gedeeld door het aantal bemande behandelingsruimtes.	
Som van de werklast gestandaardiseerd voor beduren	<i>Werklast</i>	De som van het aantal nieuwe patiënten vermenigvuldigd met hun triagescore, gedeeld door het aantal beduren binnen een gedefinieerde periode (shift/dag/week).	

Geef aan hoe onderstaande outputmaatstaven scoren op de items.

			Wenselijkheid (7punten)
Boardingtijd	<i>Ziekenhuis-efficiëntie</i>	Gemiddelde tijd over een bepaalde periode (shift/dag/week) tussen de aanvraag voor een beschikbaar bed in het ziekenhuis en het fysieke vertrek van de patiënt voor de gehele spoedgevallendienst en per bed type.	
Boardingslast	<i>Ziekenhuis-efficiëntie</i>	Gemiddeld aantal patiënten dat wacht op een in-hospitaal bed in verhouding tot het aantal bemande behandelingsruimtes.	

Ontslagprocesinterval	<i>Ziekenhuis-efficiëntie</i>	Gemiddeld interval van ontslag tot het fysieke vertrek over een bepaalde periode (shift/dag/week).	
Bezettingsgraad van het ziekenhuis	<i>Ziekenhuis-capaciteit</i>	Aantal bezette ziekenhuisbedden gedeeld door het aantal bemande ziekenhuisbedden (voor het hele ziekenhuis en per bed type).	
Voorspelling van de status van de vraag en het aanbod voor het ziekenhuis	<i>Ziekenhuis-capaciteit</i>	Voorspelling van de verwachte ziekenhuis opnames en -ontslagen, zowel op een bepaald tijdstip als in verhouding met het totaal aantal patiënten in het ziekenhuis.	

In de literatuur worden enkele kwantitatieve meetschalen naar voren geschoven, die worden berekend aan de hand van enkele indicatoren. Net zoals de vorige groep maatstaven, geven deze ook een zicht op de real-time toestand van de spoedgevallendienst.

READI: Geef aan hoe de READI meetschaal en zijn indicatoren scoren op de items.

	Wenselijkheid (7-punten)
READI: Real-time Emergency Analysis of Demand Indicators. Bestaat uit een combinatie van de onderstaande indicatoren.	
Bed ratio: De verhouding tussen het aantal patiënten aanwezig in de spoedgevallendienst en het aantal behandelruimtes.	
Triage ratio: Gemiddelde triage score van de aanwezige patiënten.	
Verzorgerratio: Drukt de relatie tussen het aantal patiënten en het aantal verzorgers uit.	

EDWIN: Geef aan hoe de EDWIN meetschaal en zijn indicatoren scoren op de items.

	Wenselijkheid (7-punten)
EDWIN: Emergency Department Work Index Bestaat uit een combinatie van onderstaande indicatoren.	
Aantal patiënten in de spoedgevallendienst gegroepeerd per triage categorie.	
Aantal artsen in de spoedgevallendienst.	
Aantal bedden in de spoedgevallendienst.	
Aantal patiënten die wachten op een in-hospitaal bed.	

NEDOCS: Geef aan hoe de NEDOCS meetschaal en zijn indicatoren scoren op de items.

	Wenselijkheid (7-punten)
NEDOCS: National Emergency Department Overcrowding Study Bestaat uit een combinatie van onderstaande indicatoren.	
Aantal bedden in de spoedgevallendienst.	
Aantal in-hospitaal bedden.	
Aantal patiënten in de spoedgevallendienst.	
Aantal patiënten die wachten op een intensive-care-bed.	
Langste huidige verblijf van een patiënt (in uren).	
Aantal patiënten die wachten op een in-hospitaal bed.	
Wachttijd (in uren) voor de patiënt die het laatst in een behandelingsruimte in de spoedgevallendienst werd geplaatst.	

EDCS: Geef aan hoe de EDCS meetschaal en zijn indicatoren scoren op de items.

	Wenselijkheid (7-punten)
EDCS: Emergency Department Crowding Scale Bestaat uit een combinatie van onderstaande indicatoren.	
Aantal artsen in de spoedgevallendienst.	
Aantal bemande spoedgevallendienstbedden.	
Aantal kritieke patiënten in de spoedgevallendienst.	
Totaal aantal patiënten in de spoedgevallendienst.	
Aantal bemande ziekenhuisbedden.	
Bezettingsgraad van het ziekenhuis.	

ED Work Score: Geef aan hoe de ED Work Score meetschaal en zijn indicatoren scoren op de items.

	Wenselijkheid (7-punten)
ED Work Score Bestaat uit een combinatie van onderstaande indicatoren.	
Aantal patiënten in de wachtruimte, in verhouding tot het aantal behandelruimtes.	
Aantal patiënten per triage niveau, in verhouding tot het aantal verpleegkundigen.	
Het aantal boarding-patiënten, in verhouding tot het aantal behandelingsruimtes.	

ICMED: Geef aan hoe de ICMED meetschaal en zijn indicatoren scoren op de items.

	Wenselijkheid (7-punten)
ICMED: International Crowding Measure in Emergency Departments Bestaat uit een combinatie van onderstaande indicatoren, onderverdeeld volgens het input-throughput-output-model.	
Percentage ambulances die er langer dan bv. 15 minuten over doen om patiënten in de spoedgevallendienst te krijgen van zodra ze arriveren.	
Percentage patiënten die vertrekken zonder gezien of volledig behandeld te worden.	
Gemiddelde tijd die patiënten hebben moeten wachten totdat ze getriageerd worden.	
Bezettingsgraad.	
Percentage patiënten die langer dan bv. 4 uur aanwezig zijn.	
Gemiddelde tijd die een patiënt van triage niveau 1 of 2 heeft moeten wachten.	
Percentage patiënten die binnen bv. 2 uur na de beslissing tot opname de spoedgevallendienst nog niet verlaten heeft.	
Percentage patiënten die aan het wachten zijn op een in-hospitaal bed.	

Zijn er nog gegevens die, volgens u, ontbreken en die u graag zou terugzien in een dashboard?

Wenst u een kopie te ontvangen van het eindwerk?

- ☐ Ja
☐ Neen

Op welk e-mailadres mogen wij u het eindwerk bezorgen?

8.2 Bijlage 2: rapport ronde twee gemodificeerde Delphi studie

Basisinformatie respondenten

Om inzicht te krijgen in het profiel van de respondenten werd gevraagd naar hun huidige functie, leeftijd en ervaring in hun functie.

Functie	Aantal
Hoofdverpleegkundige	18
Adjunct-Hoofdverpleegkundige	2
Verpleegkundige	1
Hoofd Spoed	1
Hoofdwacht Nacht	1
Geneesheer Diensthoofd Spoed En Mug	1
Medisch Diensthoofd	1
Zorgmanager	1
TOTAAL	26

Gemiddelde leeftijd: 46 jaar, standaardafwijking: 7,63.

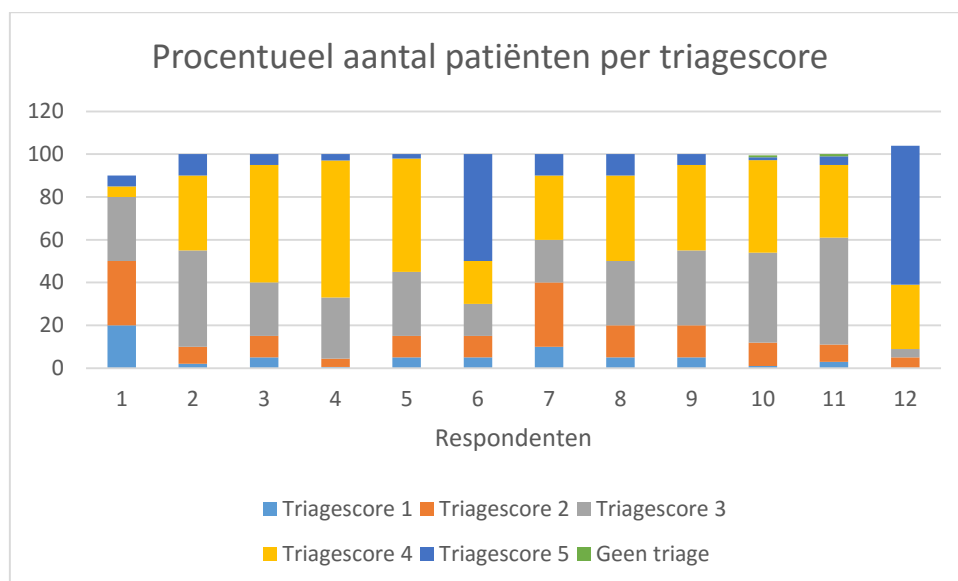
Gemiddeld aantal jaren ervaring: 13 jaar, standaardafwijking: 8,22.

Uw opmerkingen:

Basisinformatie spoedgevallendienst

Om inzicht te krijgen in het profiel van de spoedgevallendienst zelf werd gevraagd naar het gemiddeld jaarlijks aantal patiënten, een verdeling hiervan per triagescore, de behandelingsruimtes, personeel, hoe patiënten terecht komen op de dienst en de leeftijdsverdeling van patiënten.

Gemiddeld aantal patiënten die zich in 2014 hebben aangemeld: 20 698.



Opmerking: deze gegevens zijn overgenomen uit de enquête, ook al antwoordden sommige respondenten met gegevens die niet samen 100% of die meer dan 100% zijn.

Type behandelingsruimte	Gemiddeld aantal ruimtes
Behandelingsruimtes (4 muren)	11
Bedden, zonder behandelingsruimte	5
Behandelingsruimtes zonder bed	3
Observatiebedden	5

Personeelscategorie	Gemiddeld aantal voltijds equivalenten
Artsen	5
Assistent-artsen	1
Verpleegkundigen	20
Technici	2
Klinisch apothekers	0
Sociaal werkers	0
Andere administratieve werknemers	2

Hoe arriveren patiënten?	Gemiddeld percentage patiënten dat wordt opgenomen in het ziekenhuis
Via intensieve zorgen	4,33
Via het ziekenhuis	33,55
Via observatie op de spoedgevallendienst	9,33

Leeftijdscategorie patiënten	Gemiddeld percentage patiënten
0-2 jaar	5,41
3-18 jaar	15,32
19-64 jaar	50,40
65-80 jaar	16,70
80+ jaar	12,18

Uw opmerkingen:

Wenselijkheid parameters

In de enquête werd gevraagd naar hoe wenselijk het is of parameters, gevonden in de internationale literatuur, worden gevisualiseerd in een dashboard. De respondenten moesten antwoorden op een 7-puntenschaal, waar 1 onwenselijk is en 7 wenselijk. De cellen in het groen zijn parameters met een gemiddelde wenselijkheid boven 5,50.

Tijdsintervallen

Tijdsinterval	Gemiddelde score op wenselijkheid	Standaardafwijking wenselijkheid	Gemiddelde score op haalbaarheid
Gemiddelde verblijfsduur	6,75	0,46	5,22
Gemiddelde tijd van beslissing tot opname tot vertrektijd	6,44	0,88	3,56
Gemiddelde tijd van aankomst tot contact met arts ("door to doctor")	6,33	0,87	4,00
Gemiddelde interval van toewijzing van een bed	6,33	0,87	2,56
Gemiddelde radiologie interval	5,78	1,56	2,89
Gemiddelde laboratorium interval	5,67	1,58	3,56
Gemiddelde consultatie interval	5,44	0,88	2,78
Gemiddelde tijd van beslissing tot verplaatsen tot de vertrektijd	5,40	1,96	3,44
Gemiddelde tijd van aankomst tot behandelingsruimte	5,11	1,54	3,89
Gemiddelde tijd van het toewijzen van behandelingsruimte tot contact met arts	5,11	1,96	2,78
Gemiddelde tijd van beschikbaarheid van de data tot beslissing van verplaatsen	5,11	2,2	2,78

Gemiddelde triage interval	3,78	1,99	3,44
Gemiddelde interval van de schoonmaak van het bed	3,67	2,12	2,44

Voor deze intervallen werd zowel gevraagd hoe wenselijk ze zijn als hoe haalbaar het is om deze informatie te verkrijgen uit het huidige systeem dat de spoedgevallendienst gebruikt.

Uw opmerkingen:

Indicatoren over de spoeddienst te verlaten zonder gezien te worden

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaard-afwijking
Tegen medisch advies	4,22	2,22
Verlaten zonder complete behandeling	4,11	1,83
Verlaten zonder gezien te worden – met interventie	4,11	2,03
Verlaten zonder gezien te worden	4	2,12
Verlaten zonder gezien te worden – zonder interventie	3,5	2,14

Opmerking: in België komt het fenomeen van verlaten zonder gezien te worden relatief weinig voor.

Uw opmerkingen:

Terugkerende bezoeken

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaard-afwijking
Bezoeken na ontslag uit ziekenhuis die resulteren in heropneming (in-hospitaal)	5	2,55
Bezoeken na ontslag uit ziekenhuis die resulteren in heropneming (observatie)	5	2,12
Bezoeken na ontslag uit ziekenhuis	4,89	2,52

Uw opmerkingen:

Input-throughput-output maatstaven

Door Solberg *et al.* werden verschillende maatstaven ingedeeld volgens het input-throughput-output model van Asplin *et al.* De maatstaven meten de vraag naar medische hulp in de spoedgevallendienst, de complexiteit van de aanwezige patiënten, de capaciteit van de spoedgevallendienst, de werklast in de spoedgevallendienst binnen een gegeven periode, de mogelijkheid van de spoedgevallendienst om tijdige en kwalitatieve spoedhulp te bieden, de capaciteit van het ziekenhuis om tijdige zorg te verlenen aan spoedgevallendienstpatiënten en de efficiëntie van het ziekenhuis.

Indicator	Gemiddelde score op 7-punten	Standaard-afwijking
Boardingtijd (ziekenhuisefficiëntie)	6,25	1,16
Boardinglast (ziekenhuisefficiëntie)	6,25	1,16
Throughputtijd (efficiëntie)	6	1,29
Bezettingsgraad (werklast)	6	1,29

Som van de werklust gestandaardiseerd voor beduren (werklust)	6	1,15
Patiënten volume (vraag)	5,88	0,99
Prognose van de status van vraag en aanbod voor het ziekenhuis (ziekenhuiscapaciteit)	5,88	1,13
Zorgcomplexiteit van patiënten zoals geëvalueerd door triage (complexiteit)	5,75	1,83
Ontslagprocesinterval (ziekenhuisefficiëntie)	5,75	1,16
Bezettingsgraad van het ziekenhuis (ziekenhuiscapaciteit)	5,75	1,16
Ambulance-patiënten volume (vraag)	5,63	1,06
Zorgcomplexiteit van patiënten als percentage van het uitwijken van ambulances (complexiteit)	4,88	1,25
Toewijzing van een bed (efficiëntie)	4,57	2,15
Percentage patiënten die de spoedgevallendienst verlaten zonder volledige behandeling (capaciteit)	4,13	2,23
Episodes van uitwijken van ambulances (capaciteit)	3,63	1,85

Uw opmerkingen:

Kwantitatieve meetschalen

Kwantitatieve meetschalen vergeleken

De internationale literatuur beschrijft vier kwantitatieve meetschalen om te bepalen of de spoedgevallendienst al dan niet overbevolkt is. Elke meetschaal wordt voorzien van specifieke drempelwaardes. Meer informatie over de meetinstrumenten zelf vindt u op de volgende pagina's.

Meetschaal	Gemiddelde score	Standaard-afwijking	Gemiddelde van de scores op de individuele elementen van het instrument
READI	5,67	1,21	5,96
ED Work Score	5,6	1,52	5,71
EDWIN	5,2	1,3	5,22
ICMED	5	1	5,31
NEDOCS	4,8	1,64	5,17
EDCS	4,6	1,95	4,98

Uw opmerkingen:

READI

De Real-time Emergency Analysis of Demand Indicators (READI) werd ontwikkeld om in real-time aan te kunnen geven of een spoedafdeling al dan niet overbevolkt is. De READI scores bestaan uit drie indicatoren van overbevolking. Opvallend is dat de scores op de individuele indicatoren hoger liggen dan die van de READI score zelf.

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaardafwijking
READI	5,67	1,21
Verzorgerratio	6	1,31
Triageratio	6	1,07

Bed ratio	5,88	1,13
-----------	------	------

Uw opmerkingen:

ED Work Score

De ED Work Score bestaat uit individuele elementen die het input-throughput-output model van Asplin *et al.* voorstellen. Twee van de drie individuele elementen scoren overigens hoger dan de ED Work Score zelf.

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaard-afwijking
ED Work Score	5,6	1,52
Aantal boardingpatiënten in verhouding tot aantal behandelingsruimtes (output)	6	1,15
Aantal patiënten per triage niveau in verhouding tot aantal verpleegkundigen (throughput)	5,8	1,1
Aantal patiënten in wachtruimte in verhouding tot aantal behandelingsruimtes (input)	5,33	1,63

Uw opmerkingen:

EDWIN

De Emergency Department Work Index (EDWIN) wordt berekend op basis van vier variabelen. De scores kunnen in drie categorieën ondergebracht worden: handelbaar, druk en overbevolkt. Ook hier scoren twee individuele variabelen hoger dan de EDWIN score zelf.

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaard-afwijking
EDWIN	5,20	1,30
Aantal patiënten die wachten op in-hospitaal bed	5,86	1,35
Aantal patiënten per triage	5,43	1,13
Aantal artsen	4,86	1,07
Aantal bedden	4,71	1,80

Uw opmerkingen:

ICMED

De International Crowding Measure in Emergency Departments (ICMED) bestaat uit acht deelmaatstaven die tevens onderverdeeld worden volgens het conceptueel model van Asplin *et al.* ICMED definieert drie input, drie throughput en twee output maatstaven elk met eigen definities voor het al dan niet overbevolkt zijn van een spoedgevallendienst.

Het verschil met de meeste andere maatstaven is dat ze niet berekend worden als een gemiddelde of een totaal van de gehele spoedgevallendienst, maar als percentielen. De operationele definitie van boardingtijd, bijvoorbeeld, luidt "een spoedgevallendienst is overbevolkt wanneer minder dan 90% van de patiënten de spoedgevallendienst hebben verlaten binnen twee uur na de beslissing ze op te nemen in het ziekenhuis".

Een overschrijding van minstens drie van de acht maatstaven duidt op overbevolking.

Ook hier scoren de meerderheid van de individuele elementen hoger dan de ICMED score zelf.

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaard-afwijking
ICMED	5	1,00
Bezettingsgraad	5,86	1,07

% patiënten die binnen x uur na beslissing tot opname de spoed nog niet hebben verlaten	5,86	1,21
% patiënten die wachten op in-hospitaal bed	5,86	1,21
% patiënten die langer dan x uur aanwezig zijn	5,71	1,11
Gemiddelde tijd van die patiënt met triage 1 of 2 moet wachten	5,43	0,98
Gemiddelde tijd die patiënten moeten wachten voor triage	5,43	0,98
% patiënten die vertrekken zonder behandeling	4,86	1,68
% ambulances die er langer dan x minuten over doen	3,43	1,27

Uw opmerkingen:

NEDOCS

De National Emergency Department Crowding Study (NEDOCS) schaal bestaat uit zeven inputvariabelen. Opnieuw scoren hier sommige deelvariabelen hoger dan de NEDOCS schaal zelf.

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaard-afwijking
NEDOCS	4,8	1,64
Aantal patiënten die wachten op in-hospitaal bed	5,57	1,62
Langste huidige verblijf	5,5	1,64
Aantal patiënten in spoedgevallendienst	5,43	1,62
Aantal patiënten die wachten op intensive-care-bed	5,14	1,86
Wachttijd laatste patiënt die in behandelingsruimte werd geplaatst	5,14	1,46
Aantal in-hospitaal bedden	4,71	1,89

Aantal bedden	4,71	1,70
---------------	------	------

Uw opmerkingen:

EDCS

De Emergency Department Crowding Scale wordt berekend aan de hand van zes inputvariabelen. Wederom scoren enkele inputvariabelen hoger individueel dan de EDCS zelf.

Indicator	Gemiddelde score op 7-puntenschaal	Standaardafwijking
EDCS	4,6	1,95
Aantal kritieke patiënten	5,43	1,90
Aantal bemande bedden in de spoed	5,29	1,80
Totaal aantal patiënten aanwezig	5,29	1,89
Bezettingsgraad ziekenhuis	4,86	1,77
Aantal bemande ziekenhuisbedden	4,71	1,89
Aantal artsen	4,29	1,60

Uw opmerkingen:

8.3 Bijlage 3: overzicht experten ronde twee gemodificeerde Delphi studie

In de tweede ronde van de gemodificeerde Delphi studie werden zes experten aangeschreven om een kwalitatieve beoordeling te geven over de resultaten van de vragenlijst die in de eerste ronde werd rondgestuurd. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van deze experten en hun expertisegebied.

Dhr. Geert Berden	Sint-Trudo ziekenhuis (Hoofdverpleegkundige spoedgevallen-dienst)
Dhr. Peter Deboutte	UZ Leuven
Drs. Olivier Hoogmartens	KU Leuven (Leuvens Instituut voor Gezondheidszorgbeleid) & FALCK-Ambuce
Dhr. Door Lauwaert	UZ Brussel
Drs. Niels Martin	UHasselt (Beleidsinformatica)
Prof. dr. Sandra Verelst	UZ Leuven & KU Leuven (Urgentiegeneeskunde)

8.4 Bijlage 4: code van het dashboard

R-code van de applicatie

```
# Laden van de nodige packages
library(ggvis)
library(dplyr)
library(shiny)
library(ggplot2)
library(shinythemes)
library(scales)
library(DT)
library(shinydashboard)
library(scales)
library(lubridate)
library(forecast)
# zet de working directory waar de data is gelocaliseerd
setwd("C:/Users/D.rien/Documents/R-Masterproef")
# Lees de data in
myData <- read.csv2("data.csv")
# bestand dat de data omvormd uitvoeren
source("Data preprocessing.R")

# user interface van het dashboard opmaken
ui <- dashboardPage(
  # Titel van het dashboard
  dashboardHeader(title = "Spoedgevallendienst"),
  # inputs voor het dashboard
  dashboardSidebar(
    # breedte in pixels
    width = 350,
    # datum selecteren
    selectInput("datum", label = "Tijdstip", choices = as.character(seq.POSIXt(
      as.POSIXct("2011-04-01 12:00:00"), as.POSIXct("2011-05-01 21:00:00"),
      by = "hour"))),
    # aantal verpleegkundigen selecteren
    numericInput("verpl", "Aantal verpleegkundigen aanwezig", 12, min = 0),
    # aantal artsen selecteren
    numericInput("arts", "Aantal artsen aanwezig", 12, min = 0),
    # gemiddeld aantal patiënten gezien per arts per uur
    numericInput("gemPatient", "Gemiddeld aantal geziene patiënten per arts per uur",
      5, min = 0),
    # officieel aantal bedden
    numericInput("ruimtes", "Officieel aantal bedden beschikbaar", 25, min = 0),
    # extra bedden
    numericInput("bedden", "Aantal extra bedden beschikbaar (bovenop behandelruimtes)",
      0, min = 0),
    # Selecteren welk tabblad getoond wordt
    sidebarMenu(
      # tabblad overzicht selecteren
      menuItem("Overzicht", tabName = "overzicht", icon = icon("dashboard",
        lib="font-awesome")),
      # tabblad tijdsintervallen selecteren
      menuItem("Tijdsintervallen", tabName = "tijdsintervallen", icon = icon("clock-o",
        lib="font-awesome")),
      # tabblad input-throughput-output selecteren
      menuItem("Input-throughput-output", tabName = "inputmodel", icon = icon("refresh",
        lib="font-awesome")),
      # tabblad READI selecteren
      menuItem("READI", tabName = "readi", icon = icon("line-chart", lib="font-awesome")),
      # tabblad ED Work Score selecteren
      menuItem("ED Work Score", tabName = "edws", icon = icon("bar-chart",
        lib="font-awesome")),
      # tabblad ICMED selecteren
      menuItem("ICMED", tabName = "icmed", icon = icon("area-chart", lib="font-awesome")),
```

```

# tabblad Kwaliteits- en veiligheidsindicatoren selecteren
menuItem("Kwaliteits- en veiligheidsindicatoren",tabName = "kwaliteit",
        icon = icon("pie-chart", lib="font-awesome"))),

# dit gedeelte bepaalt het uiterlijk van de verschillende tabbladen
dashboardBody(
  tabItems(
    # inhoud van tabblad Overzicht
    tabItem(tabName = "overzicht",
            # positionering van de grafieken instroom-uitstroom, Leeftijd en
            # specialisme
            fluidRow(box(plotOutput("plotInstroomUitstroom"), width = 12)),
            fluidRow(infoBoxOutput("aanwezig", width = 2), box(plotOutput("plotLeeftijd"),
                width = 4), box(plotOutput("plotReden"), width = 6))),
    # inhoud van tabblad Tijdsintervallen & positionering vd elementen
    tabItem(tabName = "tijdsintervallen",
            fluidRow(h2("Overzicht van verschillende tijdsintervallen")),
            fluidRow(valueBoxOutput("verblijfsduur", width = 2), valueBoxOutput("beslissing
                TotOpname", width = 2), valueBoxOutput("toewijzingBed", width = 2),
                valueBoxOutput("radiologie", width = 2),
                valueBoxOutput("lab", width = 2)),
            fluidRow(valueBoxOutput("verblijfsduurMediaan", width = 2),
                valueBoxOutput("beslissingTotOpnameMediaan", width = 2),
                valueBoxOutput("toewijzingBedMediaan", width = 2),
                valueBoxOutput("radiologieMediaan", width = 2),
                valueBoxOutput("labMediaan", width = 2)),
            fluidRow(actionButton("verblijf", "Geschiedenis verblijfsduur", width = 232,
                icon = icon("clock-o", lib="font-awesome")),
                actionButton("eindeAanw", "Geschiedenis beslissing tot opname",width = 232,
                icon = icon("arrow-right", lib="font-awesome"),
                style='font-size:95%'),
                actionButton("bed", "Geschiedenis toewijzing bed",width = 233,
                icon = icon("hospital-o", lib="font-awesome")),
                actionButton("radio", "Geschiedenis radiologie-interval", width = 235,
                icon = icon("rss", lib="font-awesome")),
                actionButton("labButton", "Geschiedenis labinterval", width = 232,
                icon = icon("flask", lib="font-awesome"))),
    # onderstaande code definieert de opmaak van de knoppen voor de geschiedenis te laten
    zien
    tags$head(tags$style(HTML('#verblijf{margin-left:14px}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#eindeAanw{margin-left:27px}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#bed{margin-left:24px}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#radio{margin-left:26px}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#labButton{margin-left:26px}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#verblijf{background-color: #FC9200}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#verblijf{color: white}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#eindeAanw{background-color: #6A5ACD}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#eindeAanw{color:white}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#bed{background-color: #EE4035}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#bed{color:white}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#radio{background-color: #428BCA}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#radio{color:white}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#labButton{background-color: #009F50}'))),
    tags$head(tags$style(HTML('#labButton{color:white}'))),

    fluidRow(column(width = 2, plotOutput("plot1f")),
            column(width = 2, plotOutput("plot1e")), column(width = 2, plotOutput("plot1d")),
            column(width = 2, plotOutput("plot1c")), column(width = 2, plotOutput("plot1b")),
            column(width = 2, plotOutput("plot1a"))),

    # tabblad & positionering vd elementen vh input-throughput-output model
    tabItem(tabName = "inputmodel",
            fluidRow(numericInput("beduur", "Aantal beduren beschikbaar. Beduren wordt
                gedefinieerd als de som van het aantal beschikbare uren van het
                formeel aantal bedden.", 25, min = 0, width = "75%")),
    fluidRow(column(width = 4, h2("Input", align = "center"),

```

```

        valueBoxOutput("patientVolume", width = NULL),
        valueBoxOutput("zorgcomplex", width = NULL),
        valueBoxOutput("ambulanceVolume", width = NULL)),
        column(width = 4, h2("Throughput", align = "center"),
        valueBoxOutput("throughputtijd", width = NULL),
        valueBoxOutput("werklast", width = NULL)),
        column(width = 4, h2("Output", align = "center"),
        valueBoxOutput("boardingtijd", width = NULL),
        valueBoxOutput("boardinglast", width = NULL),
        valueBoxOutput("ontslag", width = NULL))),
        fluidRow(column(width = 4, plotOutput("inputmodelPlot")),
        column(width = 4, plotOutput("throughputmodelPlot")),
        column(width = 4, plotOutput("outputmodelPlot")))),

# tabblad & positionering vd elementen vd READI score
tabItem(tabName = "readi", h1("Overzicht van de READI en zijn individuele indicatoren"),
        fluidRow(valueBoxOutput("readiscore"), fluidRow(valueBoxOutput("bedratio"),
        valueBoxOutput("acuityratio"), valueBoxOutput("providerratio"))),

# tabblad & positionering van de ED Work Score
tabItem(tabName = "edws",
        h1("Overzicht van de ED Work Score en zijn individuele indicatoren"),
        fluidRow(valueBoxOutput("edworkscore"), fluidRow(valueBoxOutput("edInput"),
        valueBoxOutput("edThroughput"), valueBoxOutput("edOutput"))),

# tabblad & positionering vd ICMED
tabItem(tabName = "icmed", h1("Overzicht van de ICMED indicatoren"),
        fluidRow(valueBoxOutput("ICMED")),
        fluidRow(valueBoxOutput("meas2"), valueBoxOutput("meas3"),
        valueBoxOutput("meas4"), valueBoxOutput("meas5"), valueBoxOutput("meas6"),
        valueBoxOutput("meas7"), valueBoxOutput("meas8")),
        fluidRow(valueBoxOutput("extraMeas1"), valueBoxOutput("extraMeas2"))),

# tabblad & positionering van de kwaliteitsindicatoren
tabItem(tabName = "kwaliteit", h1("Overzicht van kwaliteit- en veiligheidsindicatoren"))))

# deze sectie berekent de inhoud van het dashboard
server <- function(input, output) {
  # deze variabele vormt de ingevoerde datum om naar een POSIXct object
  inputDat <- reactive({as.POSIXct(input$datum)})
  # deze dataset selecteert enkel gegevens over alle aanwezigen
  pData <- reactive({subset(myData, myData$T_aankomst <= inputDat() &
        inputDat() <= myData$T_eindeAanwezigheid)})

# Tab Overzicht

# filter de minuten uit de ingevoerde datum
minStart <- reactive({as.numeric(format(as.POSIXct(inputDat()),
        format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"), format="%M"))})
# filter het uur uit de ingevoerde datum
hourStart <- reactive({as.numeric(format(as.POSIXct(inputDat()),
        format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"), format="%H"))})
# bereken het afgeronde uur juist voor de ingevoerde datum
roundHour <- reactive(as.POSIXct(inputDat()) - minStart()*60)

# deze dataset selecteert gegevens over de instromers tussen de ingevoerde datum om
00:00:00 uur en nu
graphData <- reactive({subset(myData, as.POSIXct(unlist(strsplit(as.character(
        inputDat()), " "))[c(T,F)]) <= myData$T_aankomst & myData$T_aankomst <= inputDat())})
# deze dataset selecteert de gegevens over de uitstromers tussen de ingevoerde datum
om 00:00:00 uur en nu
graphDataUitstroom <- reactive({subset(myData, as.POSIXct(unlist(strsplit(
        as.character(inputDat()), " "))[c(T,F)]) <= myData$T_eindeAanwezigheid
        & myData$T_eindeAanwezigheid <= inputDat())})

```

```

# deze datasets selecteren de gegevens per afgelopen uur, tot 24 uur terug
temp1 <- reactive({subset(myData, roundHour() - 3600 <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= roundHour())})
temp2 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*2) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600)))
temp3 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*3) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*2)))
temp4 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*4) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*3)))
temp5 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*5) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*4)))
temp6 <- reactive({subset(myData, roundHour() - 3600*6 <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= roundHour() - 3600*5)})
temp7 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*7) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*6)))
temp8 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*8) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*7)))
temp9 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*9) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*8)))
temp10 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*10) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*9)))
temp11 <- reactive({subset(myData, roundHour() - 3600*11 <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= roundHour() - 3600*10)})
temp12 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*12) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*11)))
temp13 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*13) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*12)))
temp14 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*14) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*13)))
temp15 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*15) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*14)))
temp16 <- reactive({subset(myData, roundHour() - 3600*16 <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= roundHour() - 3600*15)})
temp17 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*17) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*16)))
temp18 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*18) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*17)))
temp19 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*19) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*18)))
temp20 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*20) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*19)))
temp21 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*21) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*20)))
temp22 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*22) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*21)))
temp23 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*23) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*22)))
temp24 <- reactive(subset(myData, (roundHour() - 3600*24) <= myData$T_aankomst
  & myData$T_aankomst <= (roundHour() - 3600*23)))

# deze grafiek toont de instromers en uitstromers de afgelopen uren
output$plotInstroomUitstroom <- renderPlot({
  # deze extra data objecten zijn nodig omdat shiny niet direct kan werken met zogenaamde
  # reactieve data objecten
  plot.obj <- list()
  plot.obj$sel <- graphData()[,"begin_uur"]
  plot.obj$uits <- graphDataUitstroom()[,"eind_uur"]
  plot.obj$col <- graphData()[,"laatsteTriageCode"]
  plot.obj$hour <- hourStart()
  plot.obj$extHour <- hourStart() + 2

  plotInUit <- ggplot() +
  # dit definieert hoe de balkjes moeten worden getekend om de instromers voor te stellen,
  # en dat er een label moet worden voorzien
  geom_bar(data = graphData(), aes(plot.obj$sel, fill = plot.obj$col)) +

```

```

geom_text(data = graphData(), aes(x = plot.obj$sel, y = (..count..) + 2,
  label = (..count..)), stat = "count", color = "#666666") +
# een horizontale lijn tekenen per 5 patiënten
geom_hline(yintercept = seq(5, 20, by = 5), color="#666666", linetype="dashed") +
# een verticale lijn tekenen om aan te tonen op welk moment we "nu" zijn
geom_vline(xintercept = plot.obj$hour, color="black", linetype="dashed") +
# dit definieert hoe de lijntjes en puntjes worden getekend om de uitstromers voor te stellen
geom_point(data = graphDataUitstroom(), aes(x = plot.obj$uits, size = 2,
  stat = "count", show.legend = FALSE) +
geom_line(data = graphDataUitstroom(), aes(x = plot.obj$uits, stat = "count", size=1)+
# de balkjes worden ingekleurd volgens triagecode
scale_fill_manual(values = c("1" = "#D62D20", "2" = "#FF6600", "3" = "#FFA700",
  "4" = "#008744", "5" = "#0057E7", "geen code" = "grey"),
  name = "ESI Triage Code",
  breaks = c("1", "2", "3", "4", "5", "geen code"),drop = FALSE) +
# de x-as gaat van nul tot en met het twee uur verder dan "nu"
scale_x_continuous(breaks = c(0:plot.obj$extHour)) +
# Label voor de x-as
xlab("Tijdstip (uur)") +
# titel van de grafiek
ggtitle("Overzicht instromende (balkjes) en uitstromende (lijn) patiënten
  afgelopen uren") +
# thema van de grafiek
theme(axis.title.x = element_text(color = "#666666", size = 20, vjust = -.3),
  axis.title.y = element_blank(),panel.border = element_blank(),
  panel.grid=element_blank(), panel.background = element_blank(),
  axis.ticks.y = element_blank(),
  plot.title = element_text(face = "italic", color = "#333333", size = 25))
print(plotInUit)})

# deze infobox toont het aantal aanwezigen op de spoedgevallendienst
output$aanwezig <- renderInfoBox({
  infoBox(value = paste(nrow(pData()), " patiënten op dit moment aanwezig"),
    title = "",icon = icon("group", lib = "font-awesome"),color = "yellow"))})

# deze grafiek toont de histogram van de Leeftijd van de aanwezigen
output$plotLeeftijd <- renderPlot({
  plot.obj <- list()
  plot.obj$col <- (pData()[,"laatsteTriageCode"])
  plotLeeftijd <- ggplot(pData(), aes(jaren)) +
    geom_histogram(binwidth = 5, aes(fill=plot.obj$col)) +
    geom_hline(yintercept = seq(2, 6, by = 2), color="#666666", linetype="dashed") +
    ggtitle("Histogram van de leeftijd van aanwezige patiënten") +
    geom_vline(xintercept = 16, color="black", linetype="dashed") +
    geom_vline(xintercept = 65, color="black", linetype="dashed") +
    scale_fill_manual(values = c("1" = "#D62D20", "2" = "#FF6600", "3" = "#FFA700",
      "4" = "#008744", "5" = "#0057E7", "geen code" = "grey"),
      name = "ESI Triage Code",
      breaks = c("1", "2", "3", "4", "5", "geen code"),drop = FALSE) +
    scale_x_continuous(breaks = round(seq(0, 100, by = 5),1)) +
    theme(axis.title.x = element_blank(),axis.title.y = element_blank(),
      panel.border = element_blank(),panel.grid=element_blank(),
      panel.background = element_blank(),
      plot.title = element_text(face = "italic", color = "#333333", size = 17),
      axis.ticks = element_blank())
  plotLeeftijd})

# deze grafiek toont de aanwezige patiënten per specialisme
output$plotReden <- renderPlot({
  plot.obj <- list()
  plot.obj$col <- (pData()[,"laatsteTriageCode"])
  plot.obj$sel <- pData()[,"eafd"]

  plotReden <- ggplot(pData(), aes(eafd)) +

```



```

geom_bar(aes(fill = plot.obj$col)) +
geom_text(data = pData(), aes(x = plot.obj$sel, y = (..count..) + 2,
  label = (..count..)), stat = "count", color = "#666666") +
geom_hline(yintercept = seq(5, 15, by = 5), color = "#666666", linetype = "dashed") +
ggtitle("Aantal patiënten per specialisme") +
scale_fill_manual(values = c("1" = "#D6D2D0", "2" = "#FF6600", "3" = "#FFA700",
  "4" = "#008744", "5" = "#0057E7", "geen code" = "grey"),
  name = "ESI Triage Code",
  breaks = c("1", "2", "3", "4", "5", "geen code"), drop = FALSE) +
# het thema van de grafiek
theme(axis.title.x = element_blank(), axis.title.y = element_blank(),
  panel.border = element_blank(), panel.grid = element_blank(),
  panel.background = element_blank(), axis.ticks = element_blank(),
  plot.title = element_text(face = "italic", color = "#333333", size = 20))
plotReden})

# Tab Tijdsintervallen
# Gemiddelde verblijfsduur
# vector die per aanwezige patiënt de verblijfsduur, nl hoelang ze tot "nu" aanwezig
  zijn, berekend
huidigeVerblijfsduur <- reactive(as.numeric(difftime(inputDat(), pData()[,
  "T_aankomst"], units = "mins")))
# de valuebox die de gemiddelde verblijfsduur berekent van de aanwezige patiënten
output$verblijfsduur <- renderValueBox({
  valueBox(value = paste(round(mean(huidigeVerblijfsduur()), digits = 0), " min"),
    subtitle = "Gemiddelde verblijfsduur", icon = icon("clock-o",
    lib = "font-awesome"), color = "yellow"))})

# Gemiddelde boarding tijd
# dataset die de gegevens bevat van alle patiënten waarvoor op dit moment een bed is
  aangevraagd, maar die nog niet vertrokken zijn
hulpData <- reactive(subset(myData, myData$T_mutatieAanvraag <= inputDat()
  & inputDat() <= myData$T_eindeAanwezigheid))
# vector die voor elke boarder de tijd berekent hoelang hij sinds het aanvragen van
  een bed al aan het wachten is
huidigeBoardingTijd <- reactive(as.numeric(difftime(inputDat(),
  hulpData()[, "T_mutatieAanvraag"], units = "mins")))
# valuebox die de gemiddelde boardingtijd voor de aanwezige boarders berekent
output$beslissingTotOpname <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval2 <- mean(huidigeBoardingTijd(), na.rm=T)
    paste(round(interval2, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Gemiddelde boardingtijd", icon = icon("arrow-right",
    lib = "font-awesome"), color = "purple"))})

# Gemiddelde interval van toewijzing bed
# dataset die de gegevens bevat van alle patiënten waarvoor een bed is aangevraagd
  maar nog niet is toegewezen
hulpData4 <- reactive(subset(myData, myData$T_mutatieAanvraag <= inputDat()
  & inputDat() <= myData$T_mutatiePlan))
# vector die voor elke boarder berekent hoelaag zij reeds op een bed aan het wachten
  zijn, sinds de aanvraag ervan
huidigeToewijzingTotBedTijd <- reactive(as.numeric(difftime(inputDat(),
  hulpData4[, "T_mutatieAanvraag"], units = "mins")))
# valuebox die het gemiddeld interval vd toewijzing ve bed berekent
output$toewijzingBed <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval3 <- mean(huidigeToewijzingTotBedTijd(), na.rm=T)
    paste(round(interval3, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Gemiddeld interval van toewijzing van een bed",
    icon = icon("hospital-o", lib = "font-awesome"), color = "red"))})

# Gemiddelde radiologie-interval
# dataset die de gegevens bevat van alle patiënten waarvoor een radiologiescan is
  gedaan, maar nog wacht op de uitslag
hulpData2 <- reactive(subset(myData, myData$T_Rx_eersteAanvraag <= inputDat()
  & inputDat() <= myData$T_Rx_laatsteVerslag))

```



```

# vector die voor elke persoon waarvoor een radiologiescan is gebeurd, de wachttijd
sinds het nemen van de scan berekent
huidigeRadiologieInterval <- reactive(as.numeric(difftime(inputDat(), hulpData2()
[, "T_Rx_eersteAanvraag"], units = "mins")))
# valuebox die het gemiddeld radiologie interval berekent voor de patiënten die nu
aan het wachten zijn op hun uitslag
output$radiologie <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval4 <- mean(huidigeRadiologieInterval(), na.rm=T)
    paste(round(interval4, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Gemiddelde radiologie-interval",
    icon = icon("rss", lib = "font-awesome"), color = "light-blue"))

# Gemiddelde Lab-interval
# dataset die de gegevens bevat van alle patiënten waarvoor een Labotest is gedaan,
maar nog wacht op de uitslag
hulpData3 <- reactive(subset(myData, myData$T_Lab_eersteAanvraag <= inputDat()
& inputDat() <= myData$T_Lab_laatsteResultaat))
# vector die voor elke persoon waarvoor een Labotest is gebeurd, de wachttijd sinds
het beginnen van de test berekent
huidigeLabInterval <- reactive(as.numeric(difftime(inputDat(), hulpData3()
[, "T_Lab_eersteAanvraag"], units = "mins")))
# valuebox die het gemiddeld labinterval berekent voor de patiënten die nu aan het
wachten zijn op hun uitslag
output$lab <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval5 <- mean(huidigeLabInterval(), na.rm = T)
    paste(round(interval5, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Gemiddelde labinterval", icon = icon("flask", lib = "font-awesome"),
    color = "green"))

# Mediane waarden
# valuebox die de mediane verblijfsduur berekent voor de aanwezigen
output$verblijfsduurMediaan <- renderValueBox({
  valueBox(paste(round(median(huidigeVerblijfsduur(), na.rm=T), digits = 0), " min"),
    subtitle = "Mediane verblijfsduur", icon = icon("clock-o", lib = "font-awesome"),
    color = "yellow"))
# valuebox die de mediane boardingtijd voor de aanwezige boarders berekent
output$beslissingTotOpnameMediaan <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval2 <- median(huidigeBoardingtijd(), na.rm=T)
    paste(round(interval2, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Mediane boardingtijd", icon = icon("arrow-right", lib="font-awesome"),
    color = "purple"))
# valuebox die het mediane interval vd toewijzing ve bed berekent
output$toewijzingBedMediaan <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval3 <- median(huidigeToewijzingtotbedTijd(), na.rm=T)
    paste(round(interval3, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Mediane interval van toewijzing van een bed",
    icon = icon("hospital-o", lib="font-awesome"), color = "red"))
# valuebox die het mediane radiologie-interval berekent
output$radiologieMediaan <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval4 <- median(huidigeRadiologieInterval(), na.rm=T)
    paste(round(interval4, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Mediane radiologie-interval",
    icon = icon("rss", lib = "font-awesome"), color = "light-blue"))
# valuebox die het mediane labinterval berekent
output$labMediaan <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval5 <- median(huidigeLabInterval(), na.rm=T)
    paste(round(interval5, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Mediane labinterval", icon = icon("flask", lib = "font-awesome"),
    color = "green"))

# deze code berekent de boxplot voor het afgelopen uur, afhankelijk van op welke knop
wordt geklikt
observeEvent(input$verblijf, output$plot1a <- renderPlot(boxplot(temp1()[, "verblijfsduur"],
  main = "Afgelopen uur", xlab = "Verblijfsduur", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$eindeAanw, output$plot1a <- renderPlot(boxplot(temp1()[, "boardingTijd"],
  main = "Afgelopen uur", xlab = "Boardingtime", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 1000))))

```

```

observeEvent(input$bed, output$plot1a <- renderPlot(boxplot(temp1()[,
  "toewijzingTotBedTijd"], main = "Afgelopen uur", xlab = "Toewijzing tot bed",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 700))))
observeEvent(input$radio, output$plot1a <- renderPlot(boxplot(temp1()[,
  "radiologieInterval"], main = "Afgelopen uur", xlab = "Radiologie-interval",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 100))))
observeEvent(input$labButton, output$plot1a <- renderPlot(boxplot(temp1()[,
  "labInterval"], main = "Afgelopen uur", xlab = "Lab-interval", ylab = "Minuten", ylim =
  c(0, 150))))
# deze code berekent de boxplot voor 2 uur terug, afhankelijk van op welke knop wordt
geklukt
observeEvent(input$verblijf, output$plot1b <- renderPlot(boxplot(temp2()[,
  "verblijfsduur"], main = "Twee uur terug", xlab = "Verblijfsduur", ylab = "Minuten",
  ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$eindeAanw, output$plot1b <- renderPlot(boxplot(temp2()[,
  "boardingTijd"], main = "Twee uur terug", xlab = "Boardingtime", ylab = "Minuten", ylim
  = c(0, 1000))))
observeEvent(input$bed, output$plot1b <- renderPlot(boxplot(temp2()[,
  "toewijzingTotBedTijd"], main = "Twee uur terug", xlab = "Toewijzing tot bed", ylab =
  "Minuten", ylim = c(0, 700))))
observeEvent(input$radio, output$plot1b <- renderPlot(boxplot(temp2()[,
  "radiologieInterval"], main = "Twee uur terug", xlab = "Radiologie-interval", ylab =
  "Minuten", ylim = c(0, 100))))
observeEvent(input$labButton, output$plot1b <- renderPlot(boxplot(temp2()[, "labInterval"
], main = "Twee uur terug", xlab = "Lab-interval", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 150))))
# deze code berekent de boxplot voor 3 uur terug, afhankelijk van op welke knop wordt
geklukt
observeEvent(input$verblijf, output$plot1c <- renderPlot(boxplot(temp3()[,
  "verblijfsduur"], main = "Drie uur terug", xlab = "Verblijfsduur", ylab = "Minuten",
  ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$eindeAanw, output$plot1c <- renderPlot(boxplot(temp3()[,
  "boardingTijd"], main = "Drie uur terug", xlab = "Boardingtime", ylab = "Minuten",
  ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$bed, output$plot1c <- renderPlot(boxplot(temp3()[,
  "toewijzingTotBedTijd"], main = "Drie uur terug", xlab = "Toewijzing tot bed",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 700))))
observeEvent(input$radio, output$plot1c <- renderPlot(boxplot(temp3()[,
  "radiologieInterval"], main = "Drie uur terug", xlab = "Radiologie-interval",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 100))))
observeEvent(input$labButton, output$plot1c <- renderPlot(boxplot(temp3()[, "labInterval"
], main = "Drie uur terug", xlab = "Lab-interval", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 150))))
# deze code berekent de boxplot voor 2 uur terug, afhankelijk van op welke knop wordt
geklukt
observeEvent(input$verblijf, output$plot1d <- renderPlot(boxplot(temp4()[,
  "verblijfsduur"], main = "Vier uur terug", xlab = "Verblijfsduur", ylab = "Minuten",
  ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$eindeAanw, output$plot1d <- renderPlot(boxplot(temp4()[, "boardingTijd"
], main = "Vier uur terug", xlab = "Boardingtime", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$bed, output$plot1d <- renderPlot(boxplot(temp4()[,
  "toewijzingTotBedTijd"], main = "Vier uur terug", xlab = "Toewijzing tot bed",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 700))))
observeEvent(input$radio, output$plot1d <- renderPlot(boxplot(temp4()[,
  "radiologieInterval"], main = "Vier uur terug", xlab = "Radiologie-interval",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 100))))
observeEvent(input$labButton, output$plot1d <- renderPlot(boxplot(temp4()[, "labInterval"
], main = "Vier uur terug", xlab = "Lab-interval", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 150))))
# deze code berekent de boxplot voor 2 uur terug, afhankelijk van op welke knop wordt ge
klukt
observeEvent(input$verblijf, output$plot1e <- renderPlot(boxplot(temp5()[, "verblijfsduur"
], main = "Vijf uur terug", xlab = "Verblijfsduur", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$eindeAanw, output$plot1e <- renderPlot(boxplot(temp5()[, "boardingTijd"
], main = "Vijf uur terug", xlab = "Boardingtime", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$bed, output$plot1e <- renderPlot(boxplot(temp5()[,
  "toewijzingTotBedTijd"], main = "Vijf uur terug", xlab = "Toewijzing tot bed",
  ylab = "Minuten", ylim = c(0, 700))))
observeEvent(input$radio, output$plot1e <- renderPlot(boxplot(temp5()[,

```

```

"radiologieInterval"], main = "Vijf uur terug", xlab = "Radiologie-interval",
ylab = "Minuten", ylim = c(0,100)))
observeEvent(input$labButton, output$plot1e<-renderPlot(boxplot(temp5()[,"labInterval"],
main = "Vijf uur terug", xlab = "Lab-interval", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 150))))
# deze code berekent de boxplot voor 2 uur terug, afhankelijk van op welke knop wordt
geklukt
observeEvent(input$verblijf,output$plot1f<-renderPlot(boxplot(temp6()[,"verblijfsduur"],
main = "Zes uur terug", xlab = "Verblijfsduur", ylab = "Minuten", ylim = c(0,1000))))
observeEvent(input$eindeAanw,output$plot1f<-renderPlot(boxplot(temp6()[,"boardingTijd"],
main = "Zes uur terug", xlab = "Boardingtime", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 1000))))
observeEvent(input$bed, output$plot1f <- renderPlot(boxplot(temp6()[,
"toewijzingTotBedTijd"], main = "Zes uur terug", xlab = "Toewijzing tot bed",
ylab = "Minuten", ylim = c(0, 700))))
observeEvent(input$radio, output$plot1f <- renderPlot(boxplot(temp6()[,
"radiologieInterval"], main = "Zes uur terug", xlab = "Radiologie-interval",
ylab = "Minuten", ylim = c(0, 100))))
observeEvent(input$labButton, output$plot1f<-renderPlot(boxplot(temp6()[,"labInterval"],
main = "Zes uur terug", xlab = "Lab-interval", ylab = "Minuten", ylim = c(0, 150))))

# Tab Input - throughput - output
# input
# valuebox die het patiëntenvolume gestand. voor beduren berekent
output$patientVolume <- renderValueBox({
  valueBox(value = paste(round(nrow(pData())/input$beduur,digits = 0)," patiënten"),
    subtitle = "Patiëntenvolume per beduur",icon = icon("group", lib="font-awesome"),
    color = "light-blue"))})

# functie die de modus berekent
Mode <- function(x) {ux <- unique(x)
  ux[which.max(tabulate(match(x, ux)))]}

# valuebox die de modus van de triagescore van de aanwezigen berekent
output$zorgcomplex <- renderValueBox({
  valueBox(value = (Mode((pData()[,"laatsteTriageCode"]))),
    subtitle = "Meest voorkomende triage code",icon = icon("stethoscope",
    lib="font-awesome"), color = "light-blue"))})

# valuebox die het ambulance patiëntenvolume gestand. voor beduren berekent
output$ambulanceVolume <- renderValueBox({
  valueBox(value={paste(round(nrow(pData())[which(pData()[,"gebrachtdoor_omschrijving"]
== "ziekenwagen" | pData()[,"gebrachtdoor_omschrijving"] == "ziekenwagen 100" |
pData()[,"gebrachtdoor_omschrijving"]=="miva 100" |
pData()[,"gebrachtdoor_omschrijving"] == "miva ander zh" |
pData()[,"gebrachtdoor_omschrijving"] == "miva UZL"),])/input$beduur,digits = 0),
    " patiënten"),subtitle = "Aantal ambulance patiënten / bed uur",
    icon = icon("ambulance", lib="font-awesome"),color = "light-blue"))})

# throughput
# valuebox die de mediane verblijfsduur berekent
output$throughputtijd <- renderValueBox({
  valueBox(value = paste(round(median(huidigeVerblijfsduur(), na.rm = T), digits = 0),
    " min"), subtitle = "Mediane verblijfsduur",icon = icon("clock-o",
    lib = "font-awesome"), color = "yellow"))})

# valuebox die de werklust gestand. voor beduren berekent
output$werklust <- renderValueBox({
  valueBox(value = {round((nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "1",]) * 5 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "2",]) * 4 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "3",]) * 3 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "4",]) * 2 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "5",]) * 1)
    / input$beduur, digits = 2)},
    subtitle = "Werklust per beduur: som van aanwezige patiënten vermenigvuldigd met hun
    (omgekeerde) triagescore, per beduur",icon = icon("tasks", lib="font-awesome"),
    color = "yellow"))})

```

```

# output
# valuebox die de mediane boardingtijd berekent
output$boardingtijd <- renderValueBox({
  valueBox(value = {interval2 <- median(huidigeBoardingtijd(), na.rm = T)
    paste(round(interval2, digits = 0), " min")},
    subtitle = "Mediane boardingtijd", icon = icon("arrow-right", lib="font-awesome"),
    color = "olive"))}
# valuebox die de boardinglast (= aantal boarders per bed) berekent
output$boardinglast <- renderValueBox({
  valueBox(value = {paste(paste(round(nrow(hulpData4())/input$ruimtes, digits = 0),
    "/ruimte & "), paste(round(nrow(hulpData()), digits = 0), " boarders"))},
    subtitle = "Boardinglast", icon = icon("chevron-circle-right", lib="font-awesome"),
    color = "olive"))}
# valuebox die het mediane ontslagprocesinterval zou moeten berekenen (hier is echter
onvoldoende data voor)
output$ontslag <- renderValueBox({
  valueBox(
    # Gemiddeld interval van ontslag tot het fysieke vertrek: geen data over ontslag
    value = { "geen data"}, subtitle = "Gemiddeld ontslagprocesinterval",
    icon = icon("sign-out", lib="font-awesome"), color = "olive"))}

# Plot met geschiedenis
# er zal een dataframe met reactieve waardes worden gemaakt
inputmodelData <- reactiveValues()
# wanneer de ingevoerde datum wijzigt, veranderen deze gegevens
observeEvent(input$datum, {
  inputmodelData$geg <- data.frame(c(round(nrow(temp1())/input$beduur, digits = 0),
    round(nrow(temp2())/input$beduur, digits = 0), round(nrow(temp3())/input$beduur,
    digits = 0), round(nrow(temp4())/input$beduur, digits = 0), round(nrow(temp5())/
    input$beduur, digits = 0), round(nrow(temp6())/input$beduur, digits = 0),
    round(nrow(temp7())/input$beduur, digits = 0), round(nrow(temp8())/input$beduur,
    digits = 0)), c("8 uur geleden", "7 uur geleden", "6 uur geleden", "5 uur geleden",
    "4 uur geleden", "3 uur geleden", "2 uur geleden", "Afgelopen uur"),
    c(round(median(temp1()[, "verblijfsduur"]), digits = 0), round(median(temp2()[,
    "verblijfsduur"]), digits = 0), round(median(temp3()[, "verblijfsduur"]),
    digits = 0), round(median(temp4()[, "verblijfsduur"]), digits = 0),
    round(median(temp5()[, "verblijfsduur"]), digits = 0),
    round(median(temp6()[, "verblijfsduur"]), digits = 0),
    round(median(temp7()[, "verblijfsduur"]), digits = 0),
    round(median(temp8()[, "verblijfsduur"]), digits = 0)),
    c(median(temp1()[, "boardingTijd"], na.rm = T),
    median(temp2()[, "boardingTijd"], na.rm = T), median(temp3()[, "boardingTijd"],
    na.rm = T), median(temp4()[, "boardingTijd"], na.rm = T),
    median(temp5()[, "boardingTijd"], na.rm = T), median(temp6()[, "boardingTijd"],
    na.rm = T), median(temp7()[, "boardingTijd"], na.rm = T),
    median(temp8()[, "boardingTijd"], na.rm = T))))}

# grafiek die het patiëntenvolume gestand. voor beduren vd afgelopen 8 uren visualiseert
output$inputmodelPlot <- renderPlot({ggplot() +
  geom_point(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,1])) +
  geom_line(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,1], group = 1)) +
  geom_text(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,1] + 0.5, label =
    inputmodelData$geg[,1])) +
  geom_hline(yintercept = seq(1, 4, by = 1), color="#666666", linetype="dashed") +
  ggtitle("Aantal instromende patiënten per bed-uur") +
  scale_x_discrete(limits = c("8 uur geleden", "7 uur geleden", "6 uur geleden",
    "5 uur geleden", "4 uur geleden", "3 uur geleden", "2 uur geleden", "Afgelopen uur"))+
  scale_y_continuous(limits=c(0,4)) +
  ylab("Patiënten") +
  theme(axis.title.x = element_blank(), axis.text.x = element_text(angle = 25,
    vjust = 0.2), axis.title.y = element_text(size = 14), panel.border = element_blank(),
    panel.grid=element_blank(), panel.background = element_blank(), plot.title =
    element_text(face = "italic", color = "#333333", size = 17), axis.ticks =
    element_blank()))}

```

```

# grafiek die de mediane verblijfsduur van de afgelopen 8 uren visualiseert
output$throughputmodelPlot <- renderPlot({ggplot() +
  geom_point(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,3])) +
  geom_line(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,3], group = 1)) +
  geom_text(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,3] + 50,
    label = round(inputmodelData$geg[,3], digits = 0))) +
  geom_hline(yintercept = seq(100, 1000, by = 100), color="#666666",
    linetype="dashed") +
  ggtitle("Mediane verblijfsduur") +
  scale_x_discrete(limits = c("8 uur geleden", "7 uur geleden", "6 uur geleden", "5 uur
    geleden", "4 uur geleden", "3 uur geleden", "2 uur geleden", "Afgelopen uur")) +
  ylab("Minuten") +
  theme(axis.title.x = element_blank(), axis.text.x = element_text(angle = 45,
    vjust = 0.5), axis.title.y = element_text(size = 14), panel.border =
    element_blank(), panel.grid=element_blank(), panel.background = element_blank(),
    plot.title = element_text(face = "italic", color = "#333333", size = 17),
    axis.ticks = element_blank()))})

# grafiek die de mediane boardingtijd van de afgelopen 8 uren visualiseert
output$outputmodelPlot <- renderPlot({ggplot() +
  geom_point(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,4])) +
  geom_line(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,4], group = 1)) +
  geom_text(aes(x = inputmodelData$geg[,2], y = inputmodelData$geg[,4] + 50,
    label = round(inputmodelData$geg[,4], digits = 0))) +
  geom_hline(yintercept=seq(100,1000,by = 100),color="#666666", linetype="dashed") +
  ggtitle("Mediane boardingtijd") +
  scale_x_discrete(limits = c("8 uur geleden", "7 uur geleden", "6 uur geleden", "5 uur
    geleden", "4 uur geleden", "3 uur geleden", "2 uur geleden", "Afgelopen uur")) +
  ylab("Minuten") +
  theme(axis.title.x = element_blank(), axis.text.x = element_text(angle = 45,
    vjust = 0.5), axis.title.y = element_text(size = 14), panel.border =
    element_blank(), panel.grid=element_blank(), panel.background = element_blank(),
    plot.title = element_text(face = "italic", color = "#333333", size = 17),
    axis.ticks = element_blank()))})

# Tab READI
# valuebox die de READI score berekent
output$readiscore <- renderValueBox({
  valueBox(# Berekening READI = (BR + PR) * AR
    # BR = (aantal aanwezig + voorspelde arrival - voorspelde vertrekken)/aantal bedden
    # voorspelling wordt niet gedaan omdat hiervoor (nog) geen algoritme bestaat
    # PR = (aantal arrivals afgelopen uur) / gemiddeld aantal patiënten gezien per arts
    # AR = patiënten * omgekeerde triagescore / patiënten met een triagescore
    value = {BR <- nrow(pData())/(input$bedden + input$ruimtes)
      PR <- nrow(temp1())/input$gemPatient
      AR <- (nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "1",]) * 5 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "2",]) * 4 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "3",]) * 3 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "4",]) * 2 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "5",]) * 1) /
        nrow(pData() - nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "geen code",]))
      round((BR + PR) * AR, digits = 2)},
    subtitle = "READI = Bedratio + Providerratio, vermenigvuldigd met Acuityratio",
    icon = icon("dashboard", lib="font-awesome"))})

# valuebox die de bedratio berekent
output$bedratio <- renderValueBox({
  valueBox(value = round(nrow(pData())/(input$bedden + input$ruimtes), digits = 2),
    subtitle = "Bedratio: aantal patiënten aanwezig plus voorspelde arrivals min
      voorspelde vertrekkers, per behandelingsruimte",
    icon = icon("hospital-o", lib="font-awesome"), color = "olive"))})

```



```

# valuebox die de triageratio berekent
output$acuityratio <- renderValueBox({
  valueBox(value = {round((nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "1",]) * 5 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "2",]) * 4 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "3",]) * 3 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "4",]) * 2 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "5",]) * 1) /
    nrow(pData() - nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "geen code",])),
    digits = 2)}, subtitle = "Triageratio: het aantal patiënten vermenigvuldigd met
    hun (omgekeerde) triagescore, gedeeld door het aantal patiënten met een
    triagescore", icon = icon("line-chart", lib="font-awesome"), color = "olive"))})

# valuebox die de providerratio berekent
output$providerratio <- renderValueBox({valueBox(
  value = {round(nrow(temp1())/input$gemPatient, digits = 2)},
  subtitle = "Verzorgerratio: aantal instromende patiënten afgelopen uur per
    gemiddeld aantal geziene patiënten per uur per arts", icon = icon("user-md",
    lib="font-awesome"), color = "olive"))})

# Tab ED Work Score
# valuebox die de ED Work Score berekent
output$edworkscore <- renderValueBox({
  valueBox(# ED WS = 3.23 * wachtende patiënten / # treatment beds
    # + .097 * (# patiënten per triage * omgekeerde triage) / # verpleegkundigen
    # + 10.92 * boarding patiënten / # treatment beds
    value = {round(3.23 * (nrow(subset(myData, myData$T_aankomst <= inputDat() &
      inputDat() <= myData$T_eersteFysPlntWZ)) / (input$bedden + input$ruimtes)) +
      0.097 * ((nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "1",]) * 5 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "2",]) * 4 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "3",]) * 3 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "4",]) * 2 +
        nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "5",]) * 1) / input$verpl) +
        10.92 * (nrow(pData()[pData()[,"T_mutatieAanvraag"] <= inputDat() &
          inputDat() <= pData()[,"T_eindeAanwezigheid"],]) / (input$bedden +
          input$ruimtes)), digits = 2)},
    subtitle = "ED Work Score",
    icon = icon("dashboard", lib="font-awesome"))})

# valuebox die de inputvariabele voor de EDWS berekent
output$edInput <- renderValueBox({
  valueBox(value = {paste(round(nrow(subset(myData, myData$T_aankomst <= inputDat() &
    inputDat() <= myData$T_eersteFysPlntWZ)) / (input$bedden + input$ruimtes),
    digits = 2), " patiënten")},
    subtitle = "Aantal wachtende patiënten / bed", icon = icon("sign-in",
    lib = "font-awesome"), color = "olive"))})

# valuebox die de throughputvariabele voor de EDWS berekent
output$edThroughput <- renderValueBox({
  valueBox(value = round((nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "1",]) * 5 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "2",]) * 4 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "3",]) * 3 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "4",]) * 2 +
    nrow(pData()[pData()[,"laatsteTriageCode"] == "5",]) * 1) / input$verpl,
    digits = 2),
    subtitle = "Urgentie per verpleegkundige", icon = icon("random",
    lib="font-awesome"), color = "olive"))})

# valuebox die de outputvariabele voor de EDWS berekent
output$edOutput <- renderValueBox({
  valueBox(value = {paste(round(nrow(pData()[pData()[,"T_mutatieAanvraag"] <=
    inputDat() & inputDat() <= pData()[,"T_eindeAanwezigheid"],]) / (input$bedden +
    input$ruimtes), digits = 0), " patiënten")},
    subtitle = "Aantal boarders per bed", icon = icon("sign-out", lib="font-awesome"),
    color = "olive"))})

```

```

# TAB ICMED
# valuebox die de tweede maatstaf vd ICMED berekent
output$meas2 <- renderValueBox({#de valuebox is rood wanneer de treshold
overschreden wordt
  if((nrow(pData()[pData(),"ontslag_aard_spoed"]) == "Niet gezien door arts",)] /
    nrow(pData()) * 100) > 5) {
    valueBox(value = paste(round(nrow(pData()[pData(),"ontslag_aard_spoed"])
      == "Niet gezien door arts",)] / nrow(pData()) * 100, digits = 2)," %"),
    subtitle = "% patiënten die de spoedgevallendients verlaten zonder gezien te
worden", color = "red"))

  else {# de valuebox is groen wanneer de maatstaf binnen de treshold blijft
    valueBox(value = paste(round(nrow(pData()[pData(),"ontslag_aard_spoed"]) ==
      "Niet gezien door arts",)] / nrow(pData()) * 100, digits = 2)," %"),
    subtitle = "% patiënten die de spoedgevallendients verlaten zonder gezien te
worden", color = "olive")})

output$meas3 <- renderValueBox({
  if((max(as.numeric(difftime(pData()[,"T_laatsteTriage"], pData()[,"T_aankomst"],
    units = "mins")), na.rm = T)) > 5) {
    valueBox(value = paste(round(max(as.numeric(difftime(pData()[,"T_laatsteTriage"],
      pData()[,"T_aankomst"], units = "mins")), na.rm = T),digits = 0)," minuten"),
    subtitle = "Langste tijd tot triage", color = "red"))

  else {valueBox(value=paste(round(max(as.numeric(difftime(pData()[,"T_laatsteTriage"],
    pData()[,"T_aankomst"], units = "mins")), na.rm = T),digits = 2)," minuten"),
    subtitle = "Langste tijd tot triage",color = "olive")})

  output$meas4 <- renderValueBox({
  if(as.numeric(nrow(pData())) / (input$ruimtes + input$bedden) > 1) {
    valueBox(value = paste(round(as.numeric(nrow(pData())) / input$ruimtes, digits = 2),
      " patiënten per bed"),subtitle = "Bezettingsgraad", color = "red"))
  else{valueBox(value = paste(round(as.numeric(nrow(pData())) / (input$ruimtes +
    input$bedden), digits = 2), " patiënten per bed"),
    subtitle = "Bezettingsgraad",color = "olive")})

  output$meas5 <- renderValueBox({
    if(as.numeric(quantile(pData()[,"verblijfsduur"], c(.90)) > (4*60))) {
      valueBox(value = paste(round(as.numeric(quantile(pData()[,"verblijfsduur"],
        c(.90))),digits = 2), " minuten"),
        subtitle = "90th percentiel totale verblijfsduur",color = "red"))
    else {valueBox(value = paste(round(as.numeric(quantile(pData()[,"verblijfsduur"],
      c(.90))),digits = 2)," minuten"),
      subtitle = "90th percentiel totale verblijfsduur",color = "olive")})

  output$meas6 <- renderValueBox({
    # dataset die gegevens bevat van aanwezige patiënten met triagecode 1 of 2
    hulpMeas6 <- reactive(subset(myData, (myData$laatsteTriageCode == "1" |
      myData$laatsteTriageCode == "2") & myData$T_aankomst <= inputDat()
      & inputDat() <= myData$T_eindeAanwezigheid))
    if(max(as.numeric(difftime(hulpMeas6()[,"T_eersteFysPlNtWZ"],
      hulpMeas6()[,"T_aankomst"], units = "mins")), na.rm = T) > 30) {
      valueBox(value = paste(round(max(as.numeric(difftime(
        hulpMeas6()[,"T_eersteFysPlNtWZ"],hulpMeas6()[,"T_aankomst"],
        units = "mins")), na.rm = T),digits = 2), " minuten"),
      subtitle = "Langste tijd van aankomst tot contact met dokter voor triage 1 & 2
patiënten",color = "red"))
    else {valueBox(value = paste(round(max(as.numeric(difftime(
      hulpMeas6()[,"T_eersteFysPlNtWZ"], hulpMeas6()[,"T_aankomst"], units = "mins")),
      na.rm = T),digits = 2)," minuten"), subtitle = "Langste tijd van aankomst tot
contact met dokter voor triage 1 & 2 patiënten", color = "olive")})

  output$meas7 <- renderValueBox({
    if(nrow(hulpData()[hulpData()[,"boardingTijd"] > 120,]) /
      nrow(hulpData())*100 > 10) {valueBox(value = paste(round(

```

```

      nrow(hulpData()[hulpData()[,"boardingTijd"] > 120,]) / nrow(hulpData())*100,
      digits = 2)," % boarders"), subtitle = "Boardingtijd langer dan 2 uur", color =
      "red"))}
else{valueBox(value = paste(round(nrow(hulpData()[hulpData()[,"boardingTijd"] > 120,
]) / nrow(hulpData())*100,digits = 2)," % patiënten"), subtitle = "Boardingtijd
langer dan 2 uur", color = "olive"))})

output$meas8 <- renderValueBox({
  if(as.numeric(table(pData()[,"T_mutatieAanvraag"] <= inputDat() & inputDat() <=
  pData()[,"T_eindeAanwezigheid"])[2])/nrow(pData()) > 0.1) {
    valueBox(value = paste(round((as.numeric(table(pData()[,"T_mutatieAanvraag"]
    <= inputDat() & inputDat() <= pData()[,"T_eindeAanwezigheid"])[2])/nrow(
    pData()))*100,digits = 2), " %"), subtitle = "Aantal boarders", color =
    "red"))}
  else {valueBox(value = paste(round((as.numeric(table(pData()[,"T_mutatieAanvraag"]
    <= inputDat() & inputDat() <= pData()[,"T_eindeAanwezigheid"])[2])/ nrow(
    pData()))*100,digits = 2)," %"), subtitle = "Aantal boarders", color = "olive"))}})

output$ICMED <- renderValueBox({
  # wanneer een threshhold van een maatstaf wordt overschreden, verhoogt de teller van
  # overtredingen
  measure <- 0
  if((nrow(pData()[pData()[,"ontslag_aard_spoed"] == "Niet gezien door arts",]) /
  nrow(pData()) * 100) > 5){measure <- measure + 1}
  if((max(as.numeric(difftime(pData()[,"T_laatsteTriage"], pData()[,"T_aankomst"],
  units = "mins")), na.rm = T)) > 5){measure <- measure + 1}
  if(as.numeric(nrow(pData())) / (input$ruimtes + input$bedden) > 1) {
    measure <- measure + 1}
  if(as.numeric(quantile(pData()[,"verblijfsduur"], c(.90)) / 60 > 4))
  {measure <- measure + 1}
  hulpMeas6 <- reactive(subset(myData, (myData$laatsteTriageCode == "1" |
  myData$laatsteTriageCode == "2") & myData$T_aankomst <= inputDat() &
  inputDat() <= myData$T_eindeAanwezigheid))
  if(max(as.numeric(difftime(hulpMeas6()[,"T_eersteFysPlntWZ"], hulpMeas6()[,
  "T_aankomst"], units = "mins")), na.rm = T) > 30 ) {measure <- measure + 1}
  if(nrow(hulpData()[hulpData()[,"boardingTijd"] > 120,])/nrow(hulpData())*100 > 10)
  {measure <- measure + 1}
  if(as.numeric(table(pData()[,"T_mutatieAanvraag"] <= inputDat() & inputDat() <=
  pData()[,"T_eindeAanwezigheid"])[2])/nrow(pData()) > 0.1) {measure <- measure+ 1}
  # de valuebox is rood wanneer 3 of meer overtredingen gebeuren
  if(measure >= 3) {valueBox(value = {paste(measure, " overtredingen")},
  subtitle = "ICMED", color = "red")}
  # de valuebox is groen wanneer minder dan 3 overtredingen gebeuren
  else {valueBox(value = { paste(measure, " overtredingen")},
  subtitle = "ICMED", color = "green"))})

# valuebox die berekent hoeveel patiënten aan het wachten zijn waarvoor reeds een
# ziekenhuisbed beschikbaar is
output$extraMeas1 <- renderValueBox({
  # deze dataset bevat gegevens van de patiënten waarvan het bed al beschikbaar is,
  # maar die nog aan het wachten zijn om te vertrekken
  hulpData7 <- reactive(subset(myData, myData$T_mutatiePlan <= inputDat() &
  inputDat() <= myData$T_eindeAanwezigheid))
  valueBox( value = nrow(hulpData7()), subtitle = "Aantal boarders waarvan het
  ziekenhuisbed reeds beschikbaar is",
  color = "blue"))})

# valuebox die berekent hoeveel boarders langer dan 2 uur wachten om naar het
# ziekenhuis overgeplaatst te worden
output$extraMeas2 <- renderValueBox({
  valueBox(value = nrow(hulpData()[hulpData()[,"boardingTijd"] > 120,]),
  subtitle = "Aantal boarders die langer dan 2 uur aan het wachten zijn",
  color = "blue"))})
shinyApp(ui = ui, server = server)

```


R-code bewerking data

```
# omzetten van de triagecode in "int"-vorm naar een factor
myData$laatsteTriageCode <- factor(myData$laatsteTriageCode)
# aan de triagecode ook een level "geen code" toevoegen
levels(myData$laatsteTriageCode) <- c(levels(myData$laatsteTriageCode), "geen code")
myData$laatsteTriageCode <- factor(myData$laatsteTriageCode, levels=rev(levels(myData$laats
teTriageCode)))
# waar de triagecode "na" is, veranderen naar "geen code"
myData$laatsteTriageCode[is.na(myData$laatsteTriageCode)] <- "geen code"

# converteren van timestamps die als factor staan, naar een POSIXct object
myData$T_eersteFysPlntWZ <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_eersteFysPlntWZ)
myData$T_eersteFysPlntWZ <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_eersteFysPlntWZ)
myData$T_eersteFysPlntWZ <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_eersteFysPlntWZ)
myData$T_eersteFysPlntWZ <- as.POSIXct(strptime(myData$T_eersteFysPlntWZ,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_mutatieAanvraag <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_mutatieAanvraag)
myData$T_mutatieAanvraag <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_mutatieAanvraag)
myData$T_mutatieAanvraag <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_mutatieAanvraag)
myData$T_mutatieAanvraag <- as.POSIXct(strptime(myData$T_mutatieAanvraag,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_mutatiePlan <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_mutatiePlan)
myData$T_mutatiePlan <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_mutatiePlan)
myData$T_mutatiePlan <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_mutatiePlan)
myData$T_mutatiePlan <- as.POSIXct(strptime(myData$T_mutatiePlan, "%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_eindeAanwezigheid <- gsub("APR", "-April-", myData$T_eindeAanwezigheid)
myData$T_eindeAanwezigheid <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_eindeAanwezigheid)
myData$T_eindeAanwezigheid <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_eindeAanwezigheid)
myData$T_eindeAanwezigheid <- as.POSIXct(strptime(myData$T_eindeAanwezigheid,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Rx_eersteAanvraag <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Rx_eersteAanvraag)
myData$T_Rx_eersteAanvraag <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Rx_eersteAanvraag)
myData$T_Rx_eersteAanvraag <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Rx_eersteAanvraag)
myData$T_Rx_eersteAanvraag <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Rx_eersteAanvraag,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Rx_startUitvoering <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Rx_startUitvoering)
myData$T_Rx_startUitvoering <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Rx_startUitvoering)
myData$T_Rx_startUitvoering <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Rx_startUitvoering)
myData$T_Rx_startUitvoering <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Rx_startUitvoering,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Rx_eersteVerslag <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Rx_eersteVerslag)
myData$T_Rx_eersteVerslag <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Rx_eersteVerslag)
myData$T_Rx_eersteVerslag <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Rx_eersteVerslag)
myData$T_Rx_eersteVerslag <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Rx_eersteVerslag,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Rx_laatsteVerslag <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Rx_laatsteVerslag)
myData$T_Rx_laatsteVerslag <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Rx_laatsteVerslag)
myData$T_Rx_laatsteVerslag <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Rx_laatsteVerslag)
myData$T_Rx_laatsteVerslag <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Rx_laatsteVerslag,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Lab_eersteAanvraag <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Lab_eersteAanvraag)
myData$T_Lab_eersteAanvraag <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Lab_eersteAanvraag)
myData$T_Lab_eersteAanvraag <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Lab_eersteAanvraag)
myData$T_Lab_eersteAanvraag <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Lab_eersteAanvraag,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))
```

```

myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst)
myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst)
myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst)
myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Lab_eersteStaalOntvangst,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Lab_eersteResultaat <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Lab_eersteResultaat)
myData$T_Lab_eersteResultaat <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Lab_eersteResultaat)
myData$T_Lab_eersteResultaat <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Lab_eersteResultaat)
myData$T_Lab_eersteResultaat <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Lab_eersteResultaat,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_Lab_laatsteResultaat <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_Lab_laatsteResultaat)
myData$T_Lab_laatsteResultaat <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_Lab_laatsteResultaat)
myData$T_Lab_laatsteResultaat <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_Lab_laatsteResultaat)
myData$T_Lab_laatsteResultaat <- as.POSIXct(strptime(myData$T_Lab_laatsteResultaat,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_APO_eersteVerbruik <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_APO_eersteVerbruik)
myData$T_APO_eersteVerbruik <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_APO_eersteVerbruik)
myData$T_APO_eersteVerbruik <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_APO_eersteVerbruik)
myData$T_APO_eersteVerbruik <- as.POSIXct(strptime(myData$T_APO_eersteVerbruik,
"%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

myData$T_laatsteTriage <- gsub("APR", "-APR-", myData$T_laatsteTriage)
myData$T_laatsteTriage <- gsub("MAY", "-Mei-", myData$T_laatsteTriage)
myData$T_laatsteTriage <- gsub("2011:", "2011 ", myData$T_laatsteTriage)
myData$T_laatsteTriage <- as.POSIXct(strptime(myData$T_laatsteTriage, "%d-%b-%Y %H:%M:%S"))

# aankomsttijd toevoegen
myData$delta_T_eindeAanwezigheid <- myData$delta_T_eindeAanwezigheid * 60
myData$T_aankomst <- myData$T_eindeAanwezigheid - myData$delta_T_eindeAanwezigheid

# toevoegen van de nodig voor de tijdsintervallen - in minuten
myData$verblijfsduur <- myData$delta_T_eindeAanwezigheid / 60
myData$boardingTijd <- as.numeric(difftime(myData$T_eindeAanwezigheid,
myData$T_mutatieAanvraag, units = "mins"))
myData$toewijzingTotBedTijd <- as.numeric(difftime(myData$T_mutatiePlan,
myData$T_mutatieAanvraag, units = "mins"))
myData$radiologieInterval <- as.numeric(difftime(myData$T_Rx_laatsteVerslag,
myData$T_Rx_eersteAanvraag, units = "mins"))
myData$labInterval <- as.numeric(difftime(myData$T_Lab_laatsteResultaat,
myData$T_Lab_eersteAanvraag, units = "mins"))

# uur waarop de patiënt aankomt toevoegen
myData$begin_uur <- hour(myData$T_aankomst)
# uur waarop de patiënt vertrekt toevoegen
myData$eind_uur <- hour(myData$T_eindeAanwezigheid)
# datum waarop de patiënt aankomt toevoegen
myData$begin_datum <- as.POSIXct(unlist(strsplit(
as.character(myData$T_aankomst), " "))[c(TRUE, FALSE)])

# lege velden vervangen door "NA"
myData[myData==""] <- NA

```

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Ontwerpen van een dashboard om inzicht te verwerven in de overbevolkingsproblematiek van een spoedgevallendienst

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen: handelsingenieur in de beleidsinformatica**

Jaar: **2016**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Eerdekens, Dorien

Datum: **31/05/2016**