

**Algemeen groep 7**

Postbus 50 000  
7500 KA Enschede

Koningsplein 1  
7512 KZ Enschede

[www.mst.nl](http://www.mst.nl)

Telefoon (053) 487 27 88  
[f.post-willemsen@mst.nl](mailto:f.post-willemsen@mst.nl)

# Schoonmaak binnen het MST

Een Simulatiestudie

**Thijs Broekhuijsen**

19 juni 2017



**Voorwoord**

Voor u ligt het rapport van mijn bachelor opdracht van de opleiding Technische Bedrijfskunde. Deze opdracht is gemaakt binnen het Medisch Spectrum Twente in Enschede. Ik heb in mijn tijd bij het Medisch Spectrum veel geleerd over het maken van verslagen en het plannen van taken. Ik heb in mijn tijd veel kennis kunnen gebruiken die ik in mijn afgelopen drie jaar tijdens mijn studie heb opgedaan. Graag wil ik Istvan Haarman en Marcel Koenderink bedanken voor hun steun en altijd klaar staan om mijn vragen te beantwoorden als ik vastliep. Verder wil ik Erwin Hans vanuit de Universiteit Twente bedanken voor het advies wat hij kon geven en de altijd nuttige feedback.

Als laatste bedank ik iedereen die in dit rapport een aandeel heeft gehad. Zonder de steun binnen het MST en hierbuiten was dit niet gelukt. Ik heb mijn tijd binnen het MST als zeer leuk en leerzaam ervaren en

Thijs Broekhuijsen  
Enschede, Juli 2017

## Management samenvatting

### Introductie

Dit onderzoek neemt plaats binnen het Medisch Spectrum Twente. Het Medisch Spectrum Twente is een topklinisch ziekenhuis in Enschede. In 2015 is het hele ziekenhuis verbouwd. Sinds de verbouwing is het merendeel van de kamers omgebouwd in eenpersoonkamers in plaats van meerpersoonkamers. Deze eenpersoonkamers kosten meer tijd om schoon te maken en daarom ook meer geld. Hierdoor is bij het management de vraag ontstaan hoe zij de schoonmaak bij het vertrek van patiënten zo efficiënt mogelijk kunnen inrichten.

### Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om inefficiënties binnen de schoonmaak van de check out aan het licht te brengen en op basis van een simulatiemodel aanbevelingen te doen aan de opdrachtgever die voor lagere kosten bij de check out zullen leiden.

### Probleemstelling

Bij het management is het volgende management dilemma vastgesteld:

***-De kosten voor de schoonmaak zijn te hoog.***

Dit probleem heeft meerdere redenen. Maar ze kunnen allemaal naar 1 kernprobleem worden teruggeleid. Dit kernprobleem is:

***-Het schoonmaakproces is niet efficiënt.***

### Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek is:

***-Hoe kan het MST het schoonmaakproces voor de check out van patiënten zo efficiënt mogelijk laten verlopen zonder in te leveren op kwaliteit?***

Met behulp van de hoofdvraag en het plan van aanpak onderscheiden we de volgende deelvragen:

- 1) *Procesbeschrijving*
  - a) *Wat is de huidige situatie van de schoonmaak?*
  - b) *Wat is de gewenste situatie van het proces?*
- 2) *Prestatie*
  - a) *Wat zijn de relevante Key Performance Indicators (KPI's)?*
  - b) *Hoe scoort de huidige schoonmaak op deze Key Performance Indicators?*
- 3) *Simulatiemodel*
  - a) *Wat is het doel van het simulatiemodel?*
  - b) *Wat is de input?*
  - c) *Wat is de output?*
  - d) *Welke experimenten kunnen in het model worden gedaan?*

### **Plan van aanpak**

Doordat de schoonmaak al onder druk staat is het niet mogelijk om in het echt te experimenteren. Hierom is de keuze gemaakt de experimenten binnen een simulatiemodel te doen. Eerst wordt de huidige situatie van de schoonmaak in kaart gebracht. Vervolgens bouwen we een conceptueel model van de schoonmaak. Hierna valideren we de data die in het model komt en uiteindelijk gaan we in het model experimenten uitvoeren.

### **Resultaten**

De schoonmaak van kamers volgt allemaal een verdeling

**Figuren en tabellenlijst**

**Begrippen en definities**

## Inhoudsopgave

|                                          |                              |
|------------------------------------------|------------------------------|
| <b>1. Probleemidentificatie</b>          | <b>9</b>                     |
| 1.1. Introductie Medisch Spectrum Twente | 9                            |
| 1.2. Aanleiding onderzoek                | 9                            |
| 1.3. Probleemstelling                    | 9                            |
| 1.4. Doelstelling                        | 10                           |
| 1.5. Onderzoeksvragen                    | 10                           |
| 1.6. Stakeholders                        | 11                           |
| 1.7. Afbakening                          | 11                           |
| 1.8. Probleemaanpak                      | 12                           |
| 1.9. Structuur verslag                   | 13                           |
| <b>2. Theoretisch Perspectief</b>        | <b>14</b>                    |
| 2.1. Simulatiemodel                      | 14                           |
| 2.2. Analyseren data                     | 14                           |
| <b>3. Probleemanalyse</b>                | <b>15</b>                    |
| 3.1. Huidige situatie                    | 15                           |
| 3.1.1. Value Stream map                  | 15                           |
| 3.1.1.1. Toelichting value stream map    | 16                           |
| 3.1.1.2. Observaties                     | 16                           |
| 3.1.2. Schoonmaak                        | 16                           |
| 3.2. Variabelen en Indicatoren           | 17                           |
| 3.3. Nulmetingen                         | 17                           |
| 3.4. Data analyse                        | Error! Bookmark not defined. |
| 3.5. Conclusie Probleemanalyse           | 18                           |
| <b>4. Simulatiemodel</b>                 | <b>18</b>                    |
| 4.1. Conceptueel model                   | 18                           |
| 4.1.1. Doel van het model                | 18                           |
| 4.1.2. Invoer                            | 18                           |
| 4.1.3. Uitvoer                           | 19                           |
| 4.1.4. Aannames                          | 19                           |
| 4.1.5. Vereenvoudigingen                 | 19                           |
| 4.2. Data Verzamelen                     | 20                           |
| 4.3. Data Analyse                        | Error! Bookmark not defined. |
| 4.4. Model digitaliseren                 | 23                           |
| 4.5. Verificatie                         | Error! Bookmark not defined. |
| 4.6. Validatie                           | Error! Bookmark not defined. |
| 4.7. Experimenten                        | 24                           |
| <b>5. Resultaten</b>                     | <b>24</b>                    |
| <b>6. Conclusie</b>                      | <b>25</b>                    |
| <b>6.1. Discussie</b>                    | <b>25</b>                    |
| 6.2. Aanbevelingen                       | 25                           |
| 6.3. Vervolgonderzoek                    | 25                           |
| <b>7. Appendix</b>                       | <b>26</b>                    |

**Appendix X: Goodness-Of-Fit Test & Parameter**

27



## 1. Probleemidentificatie

Dit hoofdstuk bevat de probleemidentificatie binnen het Medisch Spectrum Twente. Paragraaf 1.1 introduceert het bedrijf kort. Paragraaf 1. 2. geeft de aanleiding voor dit onderzoek. De probleemstelling gebeurt in hoofdstuk 1.3. Paragraaf richt zich op de probleemstelling. Hierna volgt de doelstelling in hoofdstuk 1.4 Aan de hand van de probleemstelling en de doelstelling stelt hoofdstuk 1.5 de onderzoeksvragen op. Stakeholders worden in hoofdstuk 1.6 vastgesteld.

### 1.1. Introductie Medisch Spectrum Twente

Het Medisch Spectrum Twente is een topklinisch ziekenhuis in Enschede. In 1990 is het MST ontstaan door de fusie van twee ziekenhuizen in het centrum van de stad. Beide locaties waren, ondanks vele verbeteringen, technisch en economisch verouderd. Om deze reden is in 2010 besloten om één locatie te sluiten en een nieuw ziekenhuis op te richten aan de Haaksbergenstraat. De ander locatie wordt momenteel gebruikt voor het De bouw duurde van mei 2012 tot juli 2015. In januari 2016 is het nieuwe Medisch Spectrum Twente in gebruik genomen. Het huidige MST gebouw heeft een oppervlakte van 78.400 m<sup>2</sup> en een terrein van 23.000 m<sup>2</sup> (Medisch Spectrum Twente, 2016). Naast het ziekenhuis in Enschede heeft het MST-poliklinieken in Oldenzaal, Haaksbergen en Losser.

### 1.2. Aanleiding onderzoek

Het nieuwe ziekenhuis heeft als een van de grootste verandering dat nu alleen nog maar eenpersoonkamers zijn. Eenpersoonkamers hebben ten opzichte van meerpersoonkamers vele voordelen. Zo hebben patiënten minder besmettingsgevaar en kunnen ze meer tijd met hun familie doorbrengen. Verder durven patiënten vaak openhartiger te spreken, wat ertoe leidt dat de arts gerichtere vragen kan stellen om zo tot een betere diagnose te komen (Medisch Spectrum Twente, 2016).

Helaas brengt deze verandering niet alleen maar voordelen met zich mee. Nadelig is dat schoonmakers nu meer kamers hebben die ze moeten schoonmaken. Schoonmakers maken, naast een dagelijkse schoonmaak, kamers grondig schoon als een patiënt een zogenaamde “check out” heeft. Dit betekent dat een patiënt óf naar huis óf naar een andere afdeling gaat. Hierbij komt de kamer waarin de patiënt verbleef vrij.

De schoonmakers kunnen de piekvraag niet aan waardoor “check out teams” moeten worden ingezet. Deze teams lopen door het ziekenhuis rond om de vraag te helpen opvangen. Al deze extra schoonmaakuren kosten het ziekenhuis geld. Bij de opdrachtgever is de vraag ontstaan hoe zij deze kosten omlaag kunnen brengen.

### 1.3. Probleemstelling

Om de kosten omlaag te brengen is het van belang om het kernprobleem te vinden. Een kernprobleem is een handelingsprobleem dat beïnvloed kan worden. Heerkens en Van Winden (2012) definiëren een handelingsprobleem als “een door de probleemhebber waargenomen discrepantie tussen de norm en de realiteit” (p.23). Bij de opdrachtgever is het volgende handelingsprobleem gedefinieerd:

***-De kosten voor de schoonmaak zijn te hoog.***

Het kernprobleem is te achterhalen door de oorzaken van de te hoge kosten te vinden. Dit probleem heeft 3 oorzaken:

Ten eerste bleek uit intern onderzoek dat bij het vaststellen van het budget geen rekening gehouden is met patiënten die meerdere check outs hebben. In 49% van de gevallen gaat een patiënt na een opname op de Spoedeisende Hulp direct naar huis en in 51% van de gevallen gaat de patiënt naar een andere afdeling. Van die 51% bestaat een kans van 19% dat de patiënt nog een keer naar een andere afdeling moet. Zo is het mogelijk dat een patiënt 2 of 3 verschillende check- outs heeft voordat die daadwerkelijk naar huis gaat. Bij de begroting van de kosten is geen rekening gehouden met deze meerdere check outs. Hierdoor zijn 35.000 check outs per jaar begroot, terwijl er daadwerkelijk bijna 45.000 check outs per jaar zijn.

Ten slotte deden we een vooronderzoek om verdere oorzaken te achterhalen. De werkwijze en resultaten hiervan zijn te vinden in Appendix A. Uit dit onderzoek kwamen verschillende problemen naar voren. Figuur 1 toont de oorzaken en gevolgen van alle problemen in de vorm van een probleemkluwen. Appendix B geeft een verdere uitleg over deze problemen.

Aan de hand van de bovenstaande gegevens stellen we het volgende kernprobleem op:

***-Het schoonmaakproces is niet efficiënt.***

We kiezen voor dit kernprobleem omdat het efficiënter maken van het schoonmaakproces de meeste impact in de kosten heeft. In totaal zijn er 45.000 check outs per jaar, dus een verbetering van 1 minuut per check out zorgt al voor een tijdswinst van  $45.000 \times (1/60) = 750$  uur per jaar. Verder hebben de opdrachtgevers invloed op dit proces dus dit probleem is het eenvoudigst aan te passen.

Dit onderzoek gebruikt de efficiëntie van het schoonmaakproces als variabele. De efficiëntie is meetbaar gemaakt met behulp van indicatoren. De belangrijkste indicatoren zijn de kosten van de check out en de tijd tussen het vertrek van de ene patiënt en de aankomst van een andere in die kamer. Verder doen we de aanname een andere patiënt de kamer direct inneemt na het vertrek van een ander. Door deze aanname is de bezettingsgraad van de kamer alleen maar beïnvloed door de lengte van het schoonmaakproces.

#### 1.4. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om inefficiënties binnen de schoonmaak van de check out aan het licht te brengen en op basis van een simulatiemodel aanbevelingen te doen aan de opdrachtgever die voor lagere kosten bij de check out zullen zorgen.

#### 1.5. Onderzoeksvragen

Om het onderzoeksdoel te behalen zijn verschillende deelvragen opgesteld. Met behulp van hoofdstuk 1 is de volgende hoofdvraag opgesteld:

*Hoe kan het MST het schoonmaakproces voor de check out van patiënten zo efficiënt mogelijk laten verlopen zonder in te leveren op kwaliteit?*

Met behulp van de hoofdvraag en het plan van aanpak dat terug te vinden is in hoofdstuk 2 onderscheiden we de deelvragen in verschillende categorieën.

- 4) *Procesbeschrijving*
  - a) *Wat is de huidige situatie van de schoonmaak?*
  - b) *Wat is de gewenste situatie van het proces?*
- 5) *Besturing & Organisatie*
  - a)

6) *Prestatie*

- a) *Wat zijn de relevante Key Performance Indicators (KPI's)?*
- b) *Hoe scoort de huidige schoonmaak op deze Key Performance Indicators?*

7) *Simulatiemodel*

- a) *Wat is het doel van het simulatiemodel?*
- b) *Wat is de input?*
- c) *Wat is de output?*
- d) *Welke experimenten kunnen in het model worden gedaan?*

**1.6. Stakeholders**

Momenteel is de schoonmaak geregeld door een vennootschap. Dit vennootschap heet "Clean care". Het is een gezamenlijke onderneming tussen het MST en het schoonmaakbedrijf Asito. Momenteel is het MST de volledige aandeelhouder van de vennootschap. Asito manageert de schoonmakers binnen Clean care, maar het MST heeft 100 procent van het bedrijf in haar bezit. Dit betekent dat als het MST wil dat er een verandering plaatsvindt binnen de schoonmaak, Asito hiervoor moet zorgen. Het MST heeft er baat bij dat de schoonmaak zo efficiënt mogelijk verloopt. Dit komt doordat er meer geld bespaard moet worden. Ook willen zij dat de kamers zoveel mogelijk bezet zijn door een patiënt. Er is namelijk meer vraag naar kamers dan aanbod, dus tijd dat een kamer leegstaat omdat die nog moet worden schoongemaakt is een verspilling.

Asito heeft de schoonmakers in loondienst. Zij zorgen ervoor dat de schoonmakers de benodigde trainingen krijgen, en dat mogelijke klachten naar de goede persoon gaan. Het management van de schoonmaak is onderverdeelt in verschillende functies. De projectmanager bestuurt de gehele schoonmaak. De objectleiding krijg de aanvragen voor schoonmaak binnen en stuurt deze vervolgens naar de correcte schoonmaker toe.

De infectiepreventie heeft als doel om het risico op infectie binnen het ziekenhuis zo laag mogelijk te maken. Hierom hebben zij richtlijnen gemaakt waaraan de schoonmaak moet voldoen. Zo moeten alle muren worden afgenomen, ook al heeft een patiënt maar een nacht op de kamer geslapen. Dit is niet de meest efficiënte manier van schoonmaken, maar aangezien patiënten erg ziek kunnen worden door bacteriën die op een kamer liggen is het wel van belang dat de schoonmaak altijd goed plaatsvindt. De variabele die voor hun het belangrijkste is, is dat de schoonmaak altijd goed wordt uitgevoerd.

**1.7. Afbakening**

In verband met de tijdsrestrictie van 10 weken is gekozen om in dit verslag alleen te kijken naar de schoonmaak bij de check out op de klinieken. Dit verslag gaat niet in op de schoonmaak van de operatiekamers en de poliklinieken, omdat hier andere systemen voor zijn opgesteld. Verder wordt alleen gekeken naar het deel van de check out waar de opdrachtgever invloed op heeft. Het eerste deel van de check out wordt hierom buiten beschouwing gelaten. Dit is het deel tussen het ontslag van een patiënt en de aanvraag van de kamer bij de schoonmaak. Het eerste deel van de check out proces is een mogelijk onderwerp voor een vervolgonderzoek.

Het is van belang te vermelden dat gevonden oplossingen aanbevelingen zijn. Dit onderzoek houdt zich niet bezig met de implementatie in het daadwerkelijke proces. De keuze om de aanbevelingen te implementeren en de implementatie zelf ligt bij de opdrachtgever.

De deliverables zijn:

- Een simulatiemodel van de huidige manier van de check out van een schoonmaak.

- Een handleiding over het gebruik van het simulatiemodel.
- Aanbevelingen voor de opdrachtgever op basis van voorgaand simulatiemodel.
- Een rapport met daarin de resultaten van het onderzoek.

### 1.8. Probleemaanpak

Ten eerste gaat dit onderzoek in op de huidige situatie van de schoonmaak

Vervolgens ga ik mogelijke oplossingen bedenken voor de gevonden problemen. Dit gebeurt met behulp van de Algemeen bedrijfskundige probleemaanpak. Op de systematische manier van de ABP is het eenvoudig om gerichte antwoorden op de problemen te vinden. De mogelijke oplossingen zijn in eerste instantie gericht op het verbeteren van het huidige proces, maar het is ook mogelijk dat hier een geheel nieuw proces uitkomt

Het is niet mogelijk om in het echt te experimenteren met het systeem omdat het proces al onder druk staat en het is cruciaal dat de schoonmaak van kamers goed verloopt zonder bemoeienis. Hierom kies ik ervoor om de oplossingen te simuleren in een simulatiemodel. Om de precieze stappen binnen een simulatiemodel te vinden doe ik een literatuuronderzoek. Dit literatuuronderzoek is uitgewerkt in hoofdstuk 4. Een restrictie bij het opstellen van het simulatiemodel is dat de opdrachtgever heeft laten weten interesse te hebben in mogelijk verder onderzoek op dit gebied. Hierom moet het simulatiemodel ook voor hun beschikbaar zijn. Ik moet dus goed afstemmen met de opdrachtgever en mijn supervisor welk simulatieprogramma ik ga gebruiken.

Uit het literatuuronderzoek dat in hoofdstuk 4 plaatsvindt blijkt dat hoe accurater data waarop het simulatiemodel wordt gebouwd, hoe betrouwbaarder de metingen. Uit het vooronderzoek is al gebleken dat er geen informatie is over de tijd tussen het ontslaan van een patiënt en de aanvraag van de kamer bij de objectleider. Deze data is wel nodig om het simulatiemodel te bouwen. Om deze data in ieder geval te kunnen simuleren ga ik metingen doen. De metingen gebeuren door middel van observaties op een afdeling. Ook dit moet gebeuren met toestemming van de opdrachtgever. Om voor correcte en valide metingen te komen raadpleeg ik het boek van Cooper & Schindler (2014.). Volgens hun zijn er 9 stappen voor een goed onderzoek (p.15-p.18):

1. Purpose clearly defined
2. Research process detailed
3. Research design thoroughly planned
4. High ethical standards applied
5. Limitations frankly revealed
6. Adequate analysis for decision makers needs
7. Findings presented unambiguously
8. Conclusions justified

Deze stappen worden in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt.

Zodra alle benodigde data is verzameld kan het simulatiemodel bouwen.

Wanneer het simulatiemodel voltooid is kan ik de verschillende oplossingsscenario's in het simulatiemodel zetten. De indicatoren beoordelen de verschillende oplossingen op hun effect en de kosten van het implementeren.

Op basis van de voorgaande stappen doe ik aanbevelingen aan de opdrachtgever. Het valt buiten de scope van dit onderzoek om deze aanbevelingen ook daadwerkelijk te implementeren. De keuze en uitvoering hiervan ligt in de handen van de opdrachtgever. Ik beschrijf alle stappen die ik hiervoor heb gedaan in mijn scriptie.

### **1.9. Structuur verslag**

We pakken het probleem aan zoals is beschreven in Robinson (2004). Hoofdstuk 2.1 gaat hier verder op in. Hoofdstuk 1 gaat in op de formulering van het probleem. Hoofdstuk 2 geeft de

## 2. Theoretisch Perspectief

- Introductie hoofdstuk (30 minuten)

### 2.1. Simulatiemodel

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de kennisvraag: Wat zijn de stappen om een simulatiemodel te bouwen? Verder beantwoordt dit hoofdstuk de vraag: is alle data beschikbaar? Om de meest geschikte simulatietaal te vinden worden recente artikelen gevonden die hier meer inzicht in kunnen brengen.

Winston (2004.) definieert simulatie als: “a technique that imitates the operation of a real-world system as it evolves over time.” (p.1153).

De definitie van een systeem is “a collection of entities, e.g., people or machines, that act and interact together toward the accomplishment of some logical end.” (Schmidt and Tyler,1970).

Een andere definitie die hier van belang is de staat van het systeem: “The **state** of a system is the collection of variables necessary to describe the status of the system at any given time.”

Simulaties zijn op 3 verschillende manieren te onderscheiden (Law, 2014; Winston, 2004): Statistisch of dynamisch model: Een statistisch model is een model waarin tijd geen rol speelt. Een dynamisch model is een model dat verandert met de tijd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een klok die per tijdseenheid in een andere staat (richting van de wijzers) komt.

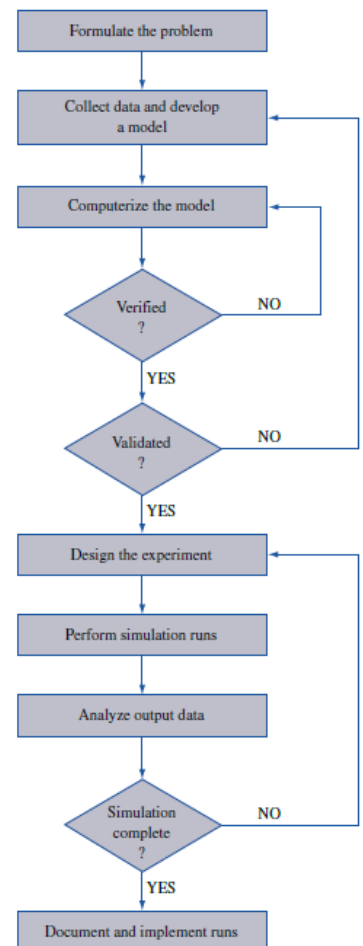
- Deterministisch of stochastisch: Een model is deterministisch als geen sprake is van willekeurige onderdelen. Een systeem is stochastisch als hier wel sprake van is.
- Discreet of continue: Bij een discreet systeem verandert het systeem op bepaalde momenten. Denk hierbij aan een bankrekening die na het pinnen direct naar een andere balans (staat) gaat. Het veranderen van staat in een continu model gebeurt de hele tijd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een chemische reactie.

Bij het MST is er sprake van een dynamisch model. Per tijdseenheid verschilt het namelijk of schoonmakers bezig zijn in de kamer, of er een patiënt in de kamer ligt en of de roomservice medewerker bezig is met de voorbereiding. Het gaat hier om een stochastisch model omdat de tijd tussen het vertrek van patiënten en de schoonmaak van de kamer allemaal variëren. Verder is het een discreet model omdat de staat van het systeem constant in één keer verandert. Een discreet, dynamisch en stochastisch model heet een discreet evenement simulatiemodel (DES). De stappen voor een DES zijn altijd grofweg hetzelfde. Figuur 2 toont de stappen voor het opstellen van een simulatiemodel volgens Winston (2004, p. 1193).

De data van de schoonmaakpunten tot het afmelden van de schoonmaak zijn al bekend. Wat nog ontbreekt is data over het moment dat een patiënt de kamer verlaat, het moment dat de verpleegkundige de Roomservicemedewerker seint, het moment dat de roomservicemedewerker begint met het schoonmaken van de kamer en het moment dat de Roomservicemedewerker daadwerkelijk de aanvraag doet.

### 2.2. Analyseren data

- Hoe moet data geanalyseerd worden
  - Literatuur zoeken (1 uur)
  - Literatuur doorlezen (2-5 uur)
  - Conclusies trekken en opschrijven (60-90 minuten)



Figuur 1: Stappen in het bouwen simulatiemodel

### 3. Probleemanalyse

Dit hoofdstuk analyseert de huidige situatie van de schoonmaak binnen het MST. Paragraaf 3.1 gaat in op de huidige situatie zoals deze beschreven is door de managers. Paragraaf 3.2 doet dit bij de schoonmakers zelf. Door het luisteren naar beide partijen is het mogelijk om een compleet beeld van de schoonmaak te krijgen.

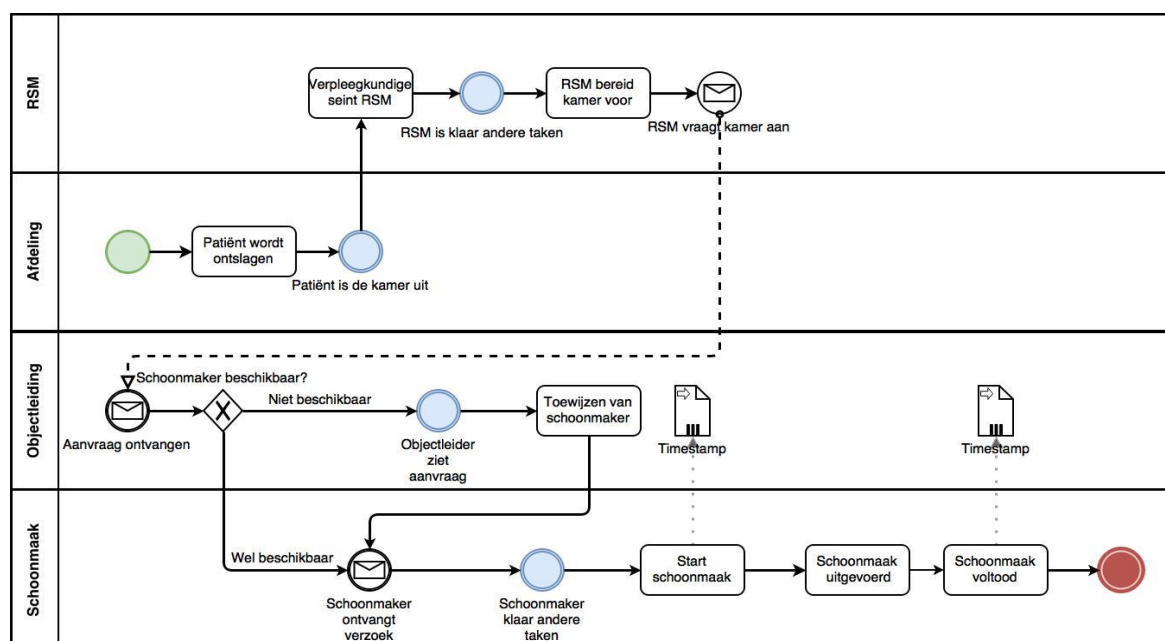
#### 3.1. Huidige situatie

Deze paragraaf gaat verder in op de huidige situatie van de schoonmaak. Voor dit interview zijn verschillende mensen geïnterviewd. De managers zijn geïnterviewd op 05 April 2017.

##### 3.1.1. Value Stream map

Van het probleemcluster van het MST bij de schoonmaak van de kamers wordt eerst een value stream map gemaakt. De intentie van value stream mappen is het gehele (schoonmaak)proces in kaart te brengen. Aan de hand hiervan is het eenvoudig oorzaken en gevolgen van problemen vast te stellen. Dit onderzoek doet dit met behulp van interviews met de objectleiding, het teamhoofd van een afdeling en de projectleiding. De objectleiding krijgt de verzoeken van afdelingen binnen voor de schoonmaak en stuurt de schoonmakers vervolgens hierheen. De afdelingshoofden hebben praktijkervaring met het proces dat om de schoonmaak gebeurt. Dit is nuttig, aangezien hier geen data van beschikbaar is. De projectleiding heeft uitgebreide kennis over de schoonmaak van een kamer. Het systeem is in kaart gebracht met behulp van de Business Proces Modeling Notation (BPMN). Figuur 4 geeft de symbolen en hun betekenis weer. Figuur 5 geeft de volledige value stream map weer.

Figuur 3: Symbolen BPMN en hun betekenis



Figuur 2: BPMN van het schoonmaakproces bij een check out





### 3.1.1.1. Toelichting value stream map

Het schoonmaakproces van een check out begint bij het ontslag van een patiënt. Wanneer deze patiënt de kamer verlaat, wordt door de verpleegkundige de Room Service Medewerker (RSM) ingeseind om te laten weten dat de kamer klaar is voor schoonmaak. Wanneer de roomservicemedewerker tijd heeft, bereidt die de kamer voor op de check out. De roomservice medewerker maakt hierbij de kamer leeg en haalt het beddengoed van het bed af. Hierna verstuurd deze een aanvraag voor schoonmaak naar de objectleider via een app op de iPad. Als een schoonmaker op de afdeling van aanvraag beschikbaar is, gaat het verzoek automatisch naar die schoonmaker toe. Als dit niet het geval is gaat de objectleider kijken wie deze taak kan uitvoeren en wijst deze vervolgens handmatig toe. Pas als de schoonmaker zijn andere taken heeft afgerond kan die beginnen met de check out. De schoonmaker meldt via een app op de iPod aan de objectleider dat die aan de taak begint. Als de kamer is schoongemaakt meldt de schoonmaker zich via de app af bij de objectleider. Hierna is de kamer klaar voor de volgende patiënt.

### 3.1.1.2. Observaties

In ongeveer 2% van de gevallen is een kamer niet correct aangemeld. Wanneer een schoonmaker hierachter komt stuurt die een signaal naar de objectleider, die vervolgens aan de RSM meldt dat de kamer opnieuw moet worden aangemeld. Al deze stappen kosten (onnodig) extra tijd. 2% foutmarge lijkt weinig, maar met bijna 900 check outs per week gaat dit al snel om 20 kamers wekelijks.

Op dit moment gaat er geen signaal van de objectleider of schoonmaker naar de afdeling wanneer er een kamer is schoongemaakt. Het gevolg hiervan is dat de afdeling niet weet dat de kamer schoon is, waardoor ze zelf moeten gaan controleren.

Wanneer een kamer niet is schoongemaakt terwijl er een patiënt in moet krijgt deze kamer een spoedmarkering. Dit houdt in dat deze kamers voorrang krijgen met schoonmaak.

De schoonmaak bij de check out gebeurt op twee manieren. Op iedere afdeling lopen vaste werknemers rond die in eerste instantie alle check outs doen. Wanneer de vaste schoonmaker de vraag voor schoonmaak niet meer aankan, wordt gebruik gemaakt van de Check Out teams. Deze teams hebben geen vaste taken en lopen door het hele ziekenhuis.

Een schoonmaker is doordeweeks goedkoper dan in het weekend. Om deze reden worden zoveel mogelijk niet noodzakelijke bedden pas schoongemaakt nadat het weekend voorbij is.

### 3.1.2. Schoonmaak

Door een dag mee te lopen met de schoonmaak is een beter beeld gekregen van hoe de schoonmaak op een afdeling plaatsvindt. De tijd van de schoonmaakmedewerkers is opgesplitst in twee onderdelen. Het eerste onderdeel is de vaste taken. Dit zijn taken die elke dag moeten worden gedaan, zoals het schoonmaken van de wc's en de gangen. Het tweede deel is de schoonmaak van check outs. Dit is het gedeelte waarop dit onderzoek focust.

Op de afdeling Thorax bleek dat veel kamers die schoongemaakt moesten worden geen bed hadden. Dit gebeurt doordat de patiënt in het bed naar de operatiekamer wordt vervoerd. Voor het bed staat tussen de 20 en de 25 minuten schoonmaak. Voor de rest van de kamer wordt gerekend met 10 tot 15 minuten. Door deze tijden bij elkaar op te tellen komt men bij de 40 minuten voor de normale schoonmaak om een kamer schoon te maken. De managers verwachten dus dat de schoonmaak van de kamer 40 minuten



duurt, maar doordat het bed niet in de kamer staat is de schoonmaker al veel sneller klaar. De managers zijn bij deze getallen gekomen door een aantal keer te klokken hoelang een check out duurt, en hier vervolgens mee verder te rekenen. In de praktijk blijkt dit echter niet waar te zijn. Een groot aantal kamers wordt sneller schoongemaakt dan de daarvoor gerekende tijd.

Er zijn 4 verschillende soorten schoonmaak. De vaakst voorkomende is de "huishoudelijke" check out. Hierbij gaat een patiënt naar huis of naar een andere afdeling. De kamer zelf heeft geen infectierisico. De tijd voor deze schoonmaak staat is momenteel 40 minuten.

Een andere soort schoonmaak is de besmetting. De patiënt had een virus dat kan worden overgedragen of er is lichaamsvocht in de kamer blijven liggen waarvan de volgende patiënt ziek kan worden. Er zijn in totaal 20 verschillende soorten besmettingen. Tabel XXX toont de verschillende soorten besmettingen en hun verwachte tijdsduur.

| Soort Besmetting            | Tijdsduur (minuten) |
|-----------------------------|---------------------|
| Bloed & lichaamsvocht       | 60                  |
| Clostridium difficile       | 60                  |
| Contact druppel             | 55                  |
| Contact Isolatie            | 50                  |
| Cytostatica                 | 60                  |
| E-coli bacterie             | 60                  |
| EHEC                        | 60                  |
| ESBL                        | 60                  |
| Herpes                      | 60                  |
| Hersenvliesontsteking       | 60                  |
| Influenza A of B            | 60                  |
| Mazelen                     | 60                  |
| MRSA                        | 60                  |
| Noro                        | 60                  |
| RS (Rino virus)             | 60                  |
| Tbc                         | 60                  |
| Waterpokken                 | 60                  |
| Beschermende isolatiekamers | 80                  |
| Aerogeen                    | 70                  |
| Aerogeen/strikt             | 70                  |

De overige schoonmaak zijn schoonmaken waarbij een extra notitie is gegeven. Dit kan van alles zijn, maar het gaat voornamelijk over de plaats van de bedden en dat gordijnen moeten worden vervangen.

De laatste soort schoonmaak is de stay-over schoonmaak. Als een patiënt twee weken lang op dezelfde kamer ligt maakt het systeem automatisch een stay-over melding aan. Hierbij maakt het systeem ook automatisch het onderscheid tussen een normale kamer en een besmette kamer. Met het meelopen is gebleken dat een groot aantal van deze aanvraag wordt afgewezen. Dit komt doordat de applicatie waarin de aanvraag gemaakt wordt soms een melding maakt die recent nog is schoongemaakt. De objectleiding kan deze aanvragen in het systeem zien en wijst dan vaak de aanvraag af. De verwachte tijden zijn hetzelfde als de verwachte duur van de check out huishoudelijk en de check out besmetting.

### 3.2. Variabelen en Indicatoren

De schoonmaak kampt momenteel met te hoge kosten. Om de kosten omlaag te brengen moeten de verwachte schoonmaakuren naar beneden. De schoonmaak wordt aan de hand van de verwacht uren uitbetaald, dus het is van belang dat deze tijd zo goed mogelijk aansluit op de daadwerkelijk gebruikte tijd. Een andere variabele is het totaal ingezette personen per afdeling. De managers willen weten wat de meest optimale manier is om de schoonmakers te verdelen over de afdelingen in een bepaalde week.

### 3.3. Nulmetingen

De

### 3.4. Data-analyse

De data

### 3.5. Conclusie Probleemanalyse

## 4. Simulatiemodel

Dit hoofdstuk gaat verder in op het Simulatiemodel. Het model is gemaakt in Technomatix Plant Simulation. Paragraaf 4.1 gaat in op het conceptuele model. Paragraaf 4.2. beschrijft het proces van data verzamelen die nodig is in het model.

### 4.1. Conceptueel model

Het conceptuele model (Robinson, 2004) definieert de belangrijkste onderdelen van het simulatiemodel. Deze onderdelen zijn:

- Doel van het model: Voor welk doeleinde het model wordt gebruikt
- Invoer: De data in het model dat kan worden aangepast om mee te experimenteren. Dit staat ook wel bekend als de experimentele factoren.
- Uitvoer: de resultaten van de simulaties
- Aannames: onderdelen van de wereld die worden aangenomen als hier onzekerheid over bestaat
- Vereenvoudigingen: onderdelen van het model die worden versimpeld om zo het model sneller te maken.

Paragraaf 4.1.1. tot en met paragraaf 4.1.5 gaan verder in op deze onderdelen. Het conceptuele model is gemaakt in overleg met het MST. We hebben voor deze opzet gekozen omdat zodat het model ook voor hen bruikbaar is.

#### 4.1.1. Doel van het model

Het doel van het model is om een beter beeld te krijgen van de schoonmaak. Momenteel is er onduidelijkheid over de optimale verdeling van de schoonmakers tussen de tijden. Ook is niet duidelijk hoeveel uur er daadwerkelijk worden ingezet. Het simulatiemodel kan hier uitkomst in bieden. Het simulatiemodel moet logisch zijn opgebouwd en goed te begrijpen.

#### 4.1.2. Invoer

Het schoonmaakproces bestaat uit vier verschillende onderdelen. Op een dag komen de aanvragen binnen in de applicatie bij de objectleiding. Hierbij wordt ook het type schoonmaak (huishoudelijk, besmetting, overig of stay-over) dat nodig is meegestuurd.

Recent is er een verandering gemaakt in hoe de aanvragen verdeeld werden over de schoonmaak. Vroeger werden deze aanvragen allemaal handmatig verdeeld door de schoonmaak, maar sinds het begin van 2017 is dit deels geautomatiseerd. Nu kijkt de app eerst of de schoonmaker op de afdeling van aanvraag beschikbaar is, en als dit het geval is wordt deze automatisch toegewezen. Mocht de schoonmaker niet beschikbaar moet de objectleider de aanvraag nog wel handmatig toewijzen.

Op het moment dat de schoonmaker een aanvraag ontvangt is die vaak nog bezig met een andere taak. Hierdoor moet ook rekening worden gehouden met de tijd tussen de aanvraag en de daadwerkelijke start van de schoonmaak.

De schoonmakers moeten de kamers schoonmaken binnen een bepaalde tijd. Deze verwachte tijd hangt af van het type schoonmaak dat nodig is. Hoelang de schoonmaak daadwerkelijk duurt wordt in hoofdstuk 4.5 uitgewerkt.

#### 4.1.3. Uitvoer van het model

De uitvoer is de benutte tijd van de kamer. Dit is de gehele tijd van de kamer min de tijd dat de totale schoonmaak. De totale tijd van de schoonmaak bestaat uit de tijd van de aanvraag tot de objectleiding plus de tijd tot het begin van de schoonmaak plus de tijd tot het afronden van de schoonmaak.

#### 4.1.4. Aannames

De aannames die in het simulatiemodel worden gekozen zijn als volgt:

- Er zit geen tijd tussen het vertrek van de patiënt en de aanvraag van de kamer. De roomservicemedewerker bereid in het echt de kamer voor, maar hier is geen data van. De opdrachtgever heeft hier ook geen invloed op. Een vervolgonderzoek zou deze data kunnen verzamelen en bijvoegen in het simulatiemodel
- Er is geen verschil tussen de schoonmaaktijden van kamers. Alle kamers duren even lang om schoon te maken. Het enige verschil zit in de types schoonmaak huishoudelijk, besmetting en overig. De stay over huishoudelijk en stay over besmetting volgen dezelfde duur als de check out huishoudelijk en check out besmetting respectievelijk.

#### 4.1.5. Vereenvoudigingen

Vereenvoudigingen zijn objecten in het simulatiemodel die niet volledig worden uitgewerkt. We kiezen voor deze vereenvoudigingen omdat het simuleren lang duurt en de accurate van het model er niet significant op verbeterd. De vereenvoudigingen in dit model zijn:

- De objectleiding en de start voor de schoonmaak zijn samengevoegd tot een evenement. Deze keuze is gemaakt in overleg met de opdrachtgever omdat het level van detail niet interessant goed genoeg was voor d
- Het aanvraagpatroon verschilt niet per maand. In het echt zit er een verschil tussen vakantieweken en normale weken, maar dit verschil is niet heel groot. Daarom is nu gekozen voor weken met meer aanvraag dan gemiddeld. Dit zijn namelijk de belangrijkste weken om te simuleren.
- Het model simuleert alleen de goedgekeurde aanvragen. Afgekeurde meldingen zijn er wel, maar deze worden meestal opgevangen door de objectleiding. Deze heeft dus geen verder effect op de rest van de schoonmaak.
- De afdelingen Nuchtere Opname Unit (NOU), Beschouwende Dagbehandeling, Jodiumkamer en Neonatologie worden niet meegenomen in het model. Deze afdelingen hebben minder dan 100 meldingen per afdeling per jaar, waardoor het simuleren niet relevant is voor de complete schoonmaaktijd.
- De aanvragen worden alleen gedaan tussen 7:00 s 'morgens en 20:00 s 'avonds. Op het moment dat aanvragen buiten werkuren in het systeem worden gezet maakt een speciaal

schoonmaakteam dit schoon als de aanvraag dringend is. Als dit niet het geval is blijft de kamer vuil totdat de schoonmaak weer begint de volgende ochtend.

#### 4.2. Data Verzamelen

Zoals eerder is aangegeven wordt veel data van de schoonmaak opgeslagen. Voor het simulatiemodel wordt gebruik gemaakt van de data van 21 April 2016 tot 19 April 2017. In deze periode zijn er in totaal 47.000 aanvragen verwerkt. Elke aanvraag heeft in totaal 40 kolommen met informatie. De belangrijkste kolommen voor de aanvraag zijn:

- Datum: De datum en tijd waarop de roomservicemedewerker de aanvraag in de applicatie zette.
- Status: De status van de kamer. De twee opties zijn dat een aanvraag is afgekeurd of dat de melding voltooid is. Als de aanvraag is afgekeurd staat een uitleg in de kolom `notices.notice_turndown_reason`.
- Type melding: Het type schoonmaak van de kamer. De verschillende types schoonmaak zijn uitgewerkt in hoofdstuk 3.1.2.
- Afdeling: De afdeling waarop de schoonmaak plaatsvindt.
- `notices.notice_time_wait`: De tijd tussen het moment van de aanvraag en het start van de schoonmaak.
- `notices.notice_time_spend`: De tijd tussen het begin van de schoonmaak en de stop van de schoonmaak.
- `notices.notice_time_finished`: De tijd voor de gehele duur van de schoonmaak. Dit is dus de `time_wait + time_spend`.

Voor het simulatiemodel zijn nog een aantal andere kolommen toegevoegd aan de tabel. Deze kolommen zijn nodig voor het digitaliseren van het conceptuele model:

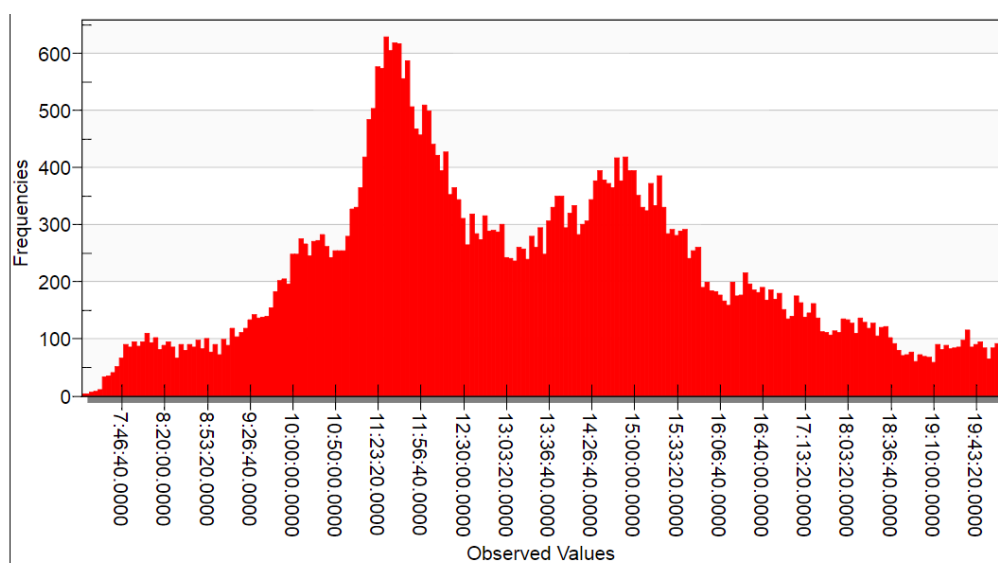
- Aanvraagtijd: Dezelfde tijd als de bovengenoemde datum, alleen de datum is weggehaald zodat alleen de tijd overblijft. Deze tijd is nodig om de aanvraag in te delen.
- Weeknummer: De week waarin de aanvraag is gedaan. Dit maakt het categoriseren makkelijker.

#### 4.3. Data-Analyse

De data die in het model gebruikt wordt zijn de aanvraagtijd, de tijd tussen de aanvraag en de start van de medewerker en de tijd tussen de start van de schoonmaak en het eind van de schoonmaak. De data-analyse is geanalyseerd in Plant Simulation aan de hand van de functie Data-Fit. De functie data fit doet een goodness-of-fit test om te bepalen wat voor soort verdeling kan worden toegepast aan de data. De overige invoerdata in deze functie zijn het aantal bins, het maximum en het minimumgetal van de waarden en het level van significantie.

Het aantal bins zijn de intervallen waartussen waarden voldoen. Als een bin bijvoorbeeld tussen de 1:00 en 2:00 zit valt de waarde 1:52 hier wel onder maar de waarde 2:01 niet. Het maximum en minimumgetal zorgen ervoor dat de data beter wordt gefilterd door uitschieters uit de data te halen. Het level van significantie ( $\alpha$ ) geeft aan hoe zeker een hypothese kan worden aangenomen. Met een  $\alpha$  van 0.1 betekent dit dat een hypothese met 90% zekerheid moet kloppen voordat die kan worden aangenomen.

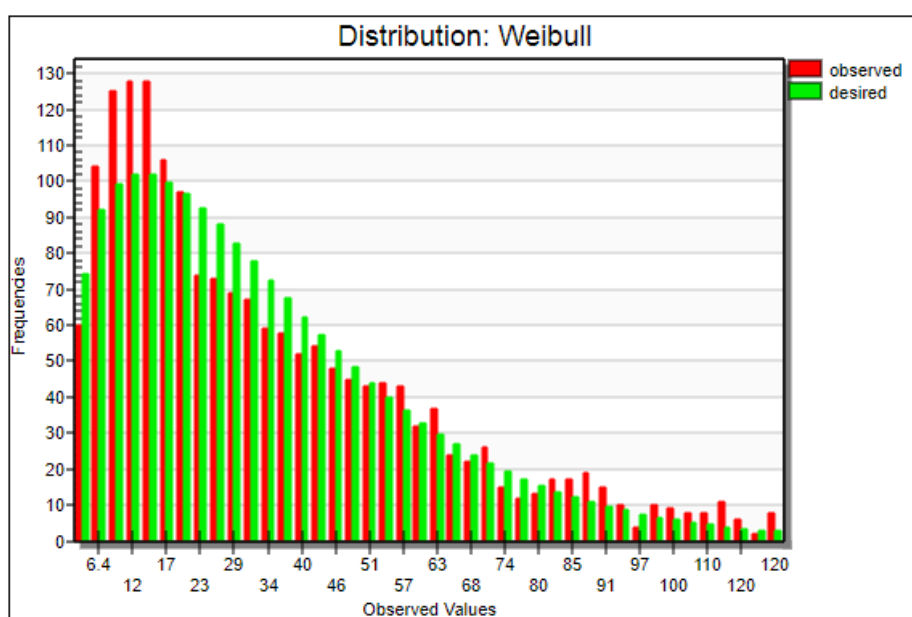
Voor de tijden van de aanvraag was de volgende histogram gegenereerd:



Figuur 4: Histogram aanvraag

Zoals uit de figuur op te maken is volgt de aanvraag geen verdeling. Hierom moet in het model met een discrete verdeling worden gewerkt. Het volgende hoofdstuk gaat hier verder mee.

Figuur XXX toont de tijden voor de tijd tussen de aanvraag en de start volgt de weibull verdeling met parameters 1.3 en 37:00.

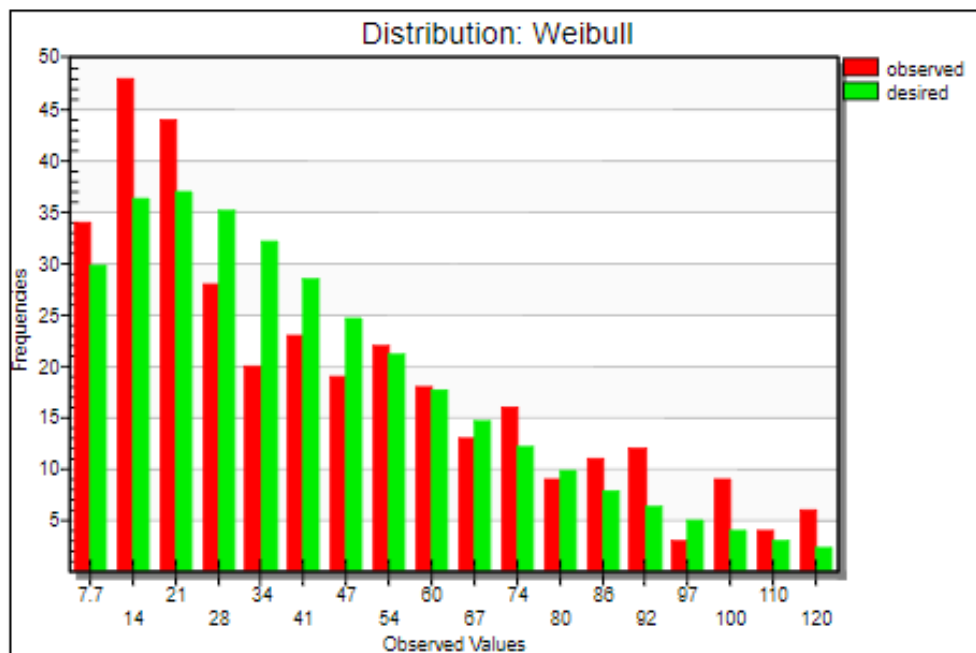


Figuur 5: Tijd tussen aanvraag en schoonmaak

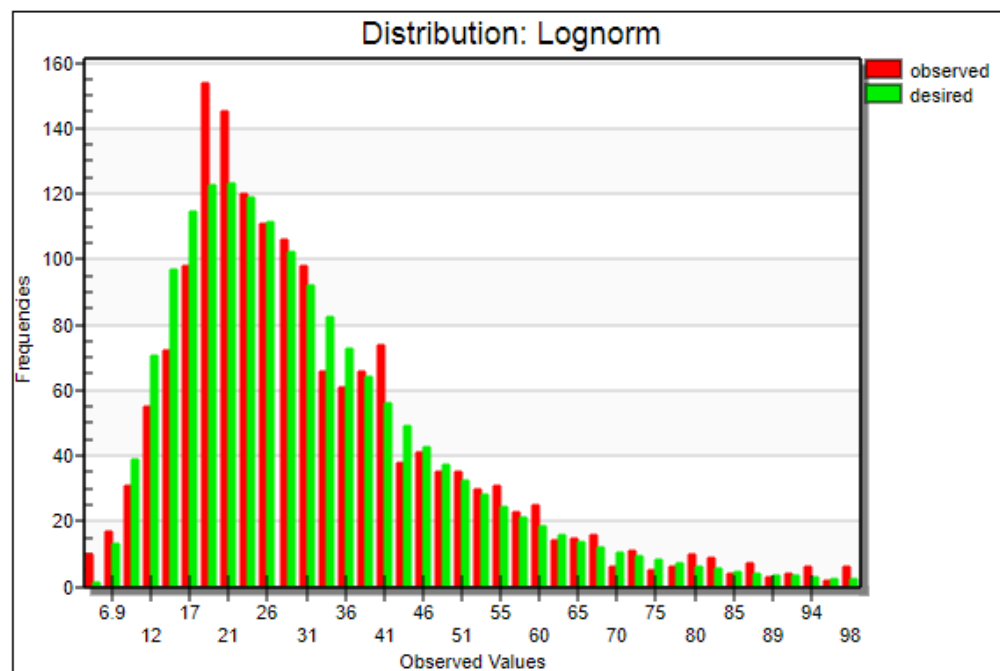
Hierin zijn de rode staven de geobserveerde waarden en de groene waarden de gewenste waarden. Volgens de goodness of fit test voldoet de aanvraag aan deze verdeling. Appendix X heeft de goodness of fit test en de gewenste parameters per afdeling.

De verschillende soorten schoonmaak worden afgebeeld in onderstaande figuren. De verdelingen die hierbij horen zijn:

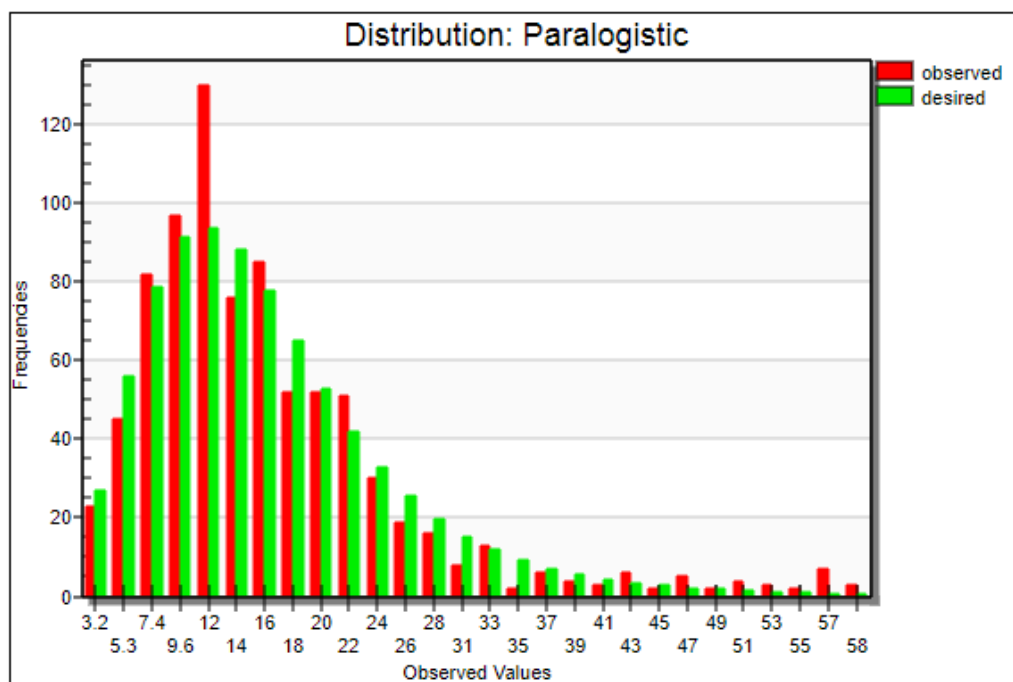
| Soort Schoonmaak | Verdeling    | Parameters |
|------------------|--------------|------------|
| Huishoudelijk    | Weibull      | 1.3, 44:00 |
| Besmetting       | Lognormaal   | 31,20      |
| Overig           | Paralogistic | 2.2, 20    |



Figuur 5: Huishoudelijk



Figuur 6: Besmetting

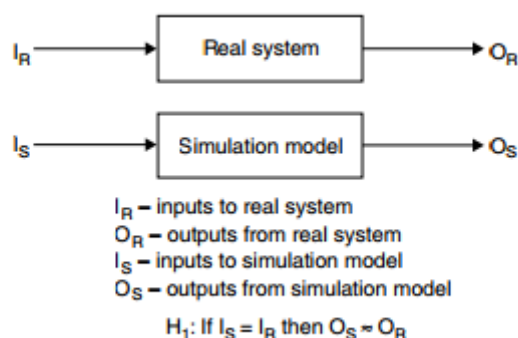


#### 4.4. Model digitaliseren

Het simulatiemodel bestaat uit 4 onderdelen. In de vorige paragraaf is overal een verdeling aan gegeven, behalve aan de aanvraag. Omdat het aantal verwachte aanvragen per uur en per afdeling verschilt moet hier een discrete empirische verdeling voor worden gebruikt. Om deze aanvraag per afdeling in te delen zijn verschillende VBA codes gebruikt in Excel. Appendix XX toont deze codes en geeft een korte uitleg hierbij. De data die uit deze code komt wordt per afdeling in plant Simulation gezet. Een methode berekent vervolgens de tijd tussen twee aankomsten in het huidige uur. Als deze tijd lager is dan de verwachte tijd maakt het programma een aanvraag aan. Zo niet wordt de aanvraag weer verwijderd en wordt de tijd vooruitgezet. De tijden de schoonmaak en de verschillende

#### 4.5. Validatie

De verificatie laat zien dat het model doet wat het moet doen. Dit gebeurt aan de hand van een black-box validatie (Robinson, 2007). Hierbij worden de resultaten van het simulatiemodel vergeleken met de observaties uit de data (zie figuur XXXXX).



Om deze data te achterhalen wordt de simulatiedata van 1 jaar vergeleken met de actuele data van 1 jaar. Figuur XXXX toont dit resultaat.

| SOORT SCHOONMAAK           | GESIMULEERD | GEOBSERVEERD | VERSCHIL (%) |
|----------------------------|-------------|--------------|--------------|
| HUISHOUDELIJK              | 41308       | 43138        | -4%          |
| BESMETTING                 | 2426        | 2535         | -4%          |
| OVERIG                     | 1323        | 1117         | 18%          |
| STAY-OVER<br>HUISHOUDELIJK | 449         | 510          | -12%         |
| STAY-OVER<br>BESMETTING    | 111         | 141          | -21%         |
| TOTAAL                     | 45617       | 47441        | -4%          |

Uit de bovenstaande tabel is te zien dat het totale verschil tussen de observaties en de simulaties maar 4% is. De stay-overs en de overige meldingen verschillen meer dan 15% met de geobserveerde data, maar dit is begrijpelijk aangezien hier zo weinig meldingen van zijn. Hierdoor wordt het percentuele verschil al snel groot.

#### 4.6. Experimenten

De belangrijkste afdelingen zijn de Thorax, de Gynaecologie en de AOA van de begane grond omdat hier de meeste aanvragen zijn. Hierdoor kan de meeste winst op deze afdelingen worden behaald. Het experiment kijkt hoeveel mensen het beste aantal is om op een afdeling te hebben. Hiervoor wordt de schoonmaaktijd gebruikt. Deze wordt momenteel weggeschreven naar

## 5. Resultaten

De resultaten van het onderzoek zijn te vinden in tabel ZZZZ. Hier valt te zien dat voor experiment 26 het beste resultaat geeft voor de schoonmaak.



## **6. Conclusie**

### **6.1. Discussie**

### **6.2. Aanbevelingen**

### **6.3. Vervolgonderzoek**

Een mogelijk vervolgonderzoek kan verder ingaan op de roomservice medewerkers. Deze worden momenteel nauwelijks met het proces betrokken en dit deel bij het huidige systeem simuleren zorgt voor een accurater model.

## **Appendix**

### **Appendix A: Probleemkluwen**

## Appendix X: Goodness-Of-Fit Test & Parameter

### The Goodness-of-Fit Test

#### Chi-Square

| Distribution | Chi statistic | Chi value | Result Chi |
|--------------|---------------|-----------|------------|
| Triangle     | 4858.9000     | 326.0530  | false      |
| Lognorm      | 4874.0940     | 327.2818  | false      |
| Gamma        | 4989.6876     | 327.2818  | false      |
| Erlang       | 5393.3328     | 327.2818  | false      |
| Normal       | 6511.7776     | 327.2818  | false      |
| Loglogistic  | 7378.8920     | 327.2818  | false      |
| Paralogistic | 8002.5618     | 327.2818  | false      |
| Logistic     | 8358.7014     | 327.2818  | false      |
| Weibull      | 8638.2614     | 327.2818  | false      |
| Laplace      | 11967.1469    | 327.2818  | false      |
| Uniform      | 30083.9779    | 327.2818  | false      |
| Cauchy       | 33288.7641    | 85.7842   | false      |
| Negexp       | 133395.8020   | 328.5100  | false      |
| Pareto       | 155969.6111   | 327.2818  | false      |
| Frechet      | 1000000.0000  |           |            |
| Gumbel       | 1000000.0000  |           |            |

Figuur 6: GoodnessOfFitAanvraag

| Distribution | Parameter1       | Parameter2       | Parameter3 | Parameter 1              | Parameter 2             | Parameter 3   |
|--------------|------------------|------------------|------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| Triangle     | 41145            | 24786            | 79483      | $c = 4.1e+04$            | $a = 2.5e+04$           | $b = 7.9e+04$ |
| Lognorm      | 48117.523723266  | 10351.9205028649 |            | $\mu = 4.8e+04$          | $\sigma = 1e+04$        |               |
| Gamma        | 22.5319772915438 | 2134.94899752756 |            | $\alpha = 23$            | $\beta = 2.1e+03$       |               |
| Erlang       | 49103.8269431338 | 10238.8557030076 |            | $\mu = 4.9e+04$          | $\sigma = 1e+04$        |               |
| Normal       | 48104.6223308952 | 10129.4373673438 |            | $\mu = 4.8e+04$          | $\sigma = 1e+04$        |               |
| Loglogistic  | 47098.4043188509 | 8.83995654905339 |            | $\alpha = 4.7e+04$       | $\beta = 8.8$           |               |
| Paralogistic | 5.90607901665548 | 68894.3836203177 |            | $\alpha = 5.9$           | $\theta = 6.9e+04$      |               |
| Logistic     | 48104.6223308952 | 10129.544127293  |            | $\mu = 4.8e+04$          | $\sigma = 1e+04$        |               |
| Weibull      | 5.07690750367834 | 52246.8582189115 |            | $\alpha = 5.1$           | $\beta = 5.2e+04$       |               |
| Laplace      | 46933            | 11795.3393310672 |            | $\mu = 4.7e+04$          | $\sigma = 1.2e+04$      |               |
| Uniform      | 24786            | 79483            |            | $\text{Start} = 2.5e+04$ | $\text{Stop} = 7.9e+04$ |               |
| Cauchy       | 41145            | 6993             |            | $\mu = 4.1e+04$          | $\theta = 7e+03$        |               |
| Negexp       | 48104.6223308952 |                  |            | $\beta = 4.8e+04$        |                         |               |
| Pareto       | 4.12381023452563 | 36911.803238672  |            | $\alpha = 4.1$           | $\theta = 3.7e+04$      |               |
| Frechet      | 6.94731492638955 | 43463.753059638  |            | $\alpha = 6.9$           | $\theta = 4.3e+04$      |               |
| Gumbel       | 48104.6223308952 | 10129.544127293  |            | $\mu = 4.8e+04$          | $\sigma = 1e+04$        |               |

Figuur 7:Parameters Aanvraag

## The Goodness-of-Fit Test

### Chi-Square

| Distribution | Chi statistic | Chi value | Result Chi |
|--------------|---------------|-----------|------------|
| Weibull      | 86.6482       | 88.9333   | true       |
| Gamma        | 130.3543      | 88.9333   | false      |
| Lognorm      | 198.3848      | 88.9333   | false      |
| Negexp       | 211.9956      | 90.4037   | false      |
| Paralogistic | 314.0355      | 88.9333   | false      |
| Erlang       | 469.1935      | 88.9333   | false      |
| Triangle     | 522.0777      | 87.4570   | false      |
| Laplace      | 810.2042      | 88.9333   | false      |
| Normal       | 839.4602      | 88.9333   | false      |
| Logistic     | 941.2678      | 84.4859   | false      |
| Uniform      | 1282.9256     | 88.9333   | false      |
| Cauchy       | 1443.8169     | 40.0966   | false      |
| Loglogistic  | 1462.7658     | 88.9333   | false      |
| Pareto       | 1745.9512     | 88.9333   | false      |
| Frechet      | 10000.0000    |           |            |
| Gumbel       | 10000.0000    |           |            |

Figuur 7: Tijd Tussen Aanvraag Goodness of Fit

| Distribution | Parameter1        | Parameter2       | Parameter3 | Parameter 1  | Parameter 2    | Parameter 3 |
|--------------|-------------------|------------------|------------|--------------|----------------|-------------|
| Weibull      | 1.29665209864885  | 36.7329411393328 |            | Alpha = 1.3  | Beta = 37      |             |
| Gamma        | 1.54503824777731  | 21.9250343458495 |            | Alpha = 1.5  | Beta = 22      |             |
| Lognorm      | 36.4495319277441  | 42.5953699211472 |            | Mu = 36      | Sigma = 43     |             |
| Negexp       | 33.8750166481687  |                  |            | Beta = 34    |                |             |
| Paralogistic | 2.00845933470623  | 43.2708409468195 |            | Alpha = 2    | Theta = 43     |             |
| Erlang       | 43.850068691699   | 31.0066809273963 |            | Mu = 44      | Sigma = 31     |             |
| Triangle     | 10.52             | 0.72             | 119.72     | c = 11       | a = 0.72       | b = 1.2e+02 |
| Laplace      | 26.44             | 29.2155175366473 |            | Mu = 26      | Sigma = 29     |             |
| Normal       | 33.8750166481687  | 26.4781964461687 |            | Mu = 34      | Sigma = 26     |             |
| Logistic     | 33.8750166481687  | 26.4855463967464 |            | Mu = 34      | Sigma = 26     |             |
| Uniform      | 0.72              | 119.72           |            | Start = 0.72 | Stop = 1.2e+02 |             |
| Cauchy       | 10.52             | 18.1375          |            | Mu = 11      | Theta = 18     |             |
| Loglogistic  | 28.2223855154653  | 3.05783708890608 |            | Alpha = 28   | Beta = 3.1     |             |
| Pareto       | 0.883680288420368 | 7.64451094490845 |            | Alpha = 0.88 | Theta = 7.6    |             |
| Frechet      | 2.79868784040911  | 24.2162069061571 |            | Alpha = 2.8  | Theta = 24     |             |
| Gumbel       | 33.8750166481687  | 26.4855463967464 |            | Mu = 34      | Sigma = 26     |             |

Figuur 8: Tijd tussen Aanvraag Goodness of Fit

## The Goodness-of-Fit Test

### Chi-Square

| Distribution | Chi statistic | Chi value | Result Chi |
|--------------|---------------|-----------|------------|
| Weibull      | 19.2478       | 24.9967   | true       |
| Gamma        | 34.8935       | 24.9967   | false      |
| Negexp       | 48.1327       | 26.2974   | false      |
| Lognorm      | 52.7570       | 24.9967   | false      |
| Paralogistic | 79.3540       | 24.9967   | false      |
| Triangle     | 81.6903       | 23.6854   | false      |
| Erlang       | 88.2319       | 24.9967   | false      |
| Normal       | 130.3333      | 24.9967   | false      |
| Logistic     | 141.6903      | 23.6854   | false      |
| Uniform      | 149.0177      | 24.9967   | false      |
| Laplace      | 152.4159      | 24.9967   | false      |
| Loglogistic  | 250.9646      | 24.9967   | false      |
| Pareto       | 253.5133      | 24.9967   | false      |
| Cauchy       | 259.1598      | 12.5875   | false      |
| Frechet      | 1000.0000     |           |            |
| Gumbel       | 1000.0000     |           |            |

Figuur 9: Goodness of Fit Normaal

| Distribution | Parameter1        | Parameter2        | Parameter3 | Parameter 1  | Parameter 2    | Parameter 3 |
|--------------|-------------------|-------------------|------------|--------------|----------------|-------------|
| Weibull      | 1.33153236284067  | 43.82714388934423 |            | Alpha = 1.3  | Beta = 44      |             |
| Gamma        | 1.5694156737634   | 25.6546828415338  |            | Alpha = 1.6  | Beta = 26      |             |
| Negexp       | 40.2628613569322  |                   |            | Beta = 40    |                |             |
| Lognorm      | 43.7334822309955  | 51.408808821917   |            | Mu = 44      | Sigma = 51     |             |
| Paralogistic | 2.05882261198609  | 52.3670465950509  |            | Alpha = 2.1  | Theta = 52     |             |
| Triangle     | 14.25             | 1.37              | 119.7      | c = 14       | a = 1.4        | b = 1.2e+02 |
| Erlang       | 51.3093656830676  | 36.2812004128774  |            | Mu = 51      | Sigma = 36     |             |
| Normal       | 40.2628613569322  | 30.0355396334938  |            | Mu = 40      | Sigma = 30     |             |
| Logistic     | 40.2628613569322  | 30.0799380902991  |            | Mu = 40      | Sigma = 30     |             |
| Uniform      | 1.37              | 119.7             |            | Start = 1.4  | Stop = 1.2e+02 |             |
| Laplace      | 31.98             | 34.6697166434689  |            | Mu = 32      | Sigma = 35     |             |
| Loglogistic  | 33.8752669691587  | 3.14035942414666  |            | Alpha = 34   | Beta = 3.1     |             |
| Pareto       | 0.858908267608455 | 8.85609325732377  |            | Alpha = 0.86 | Theta = 8.9    |             |
| Cauchy       | 14.25             | 22.51             |            | Mu = 14      | Theta = 23     |             |
| Frechet      | 2.85944436983096  | 29.0861819423359  |            | Alpha = 2.9  | Theta = 29     |             |
| Gumbel       | 40.2628613569322  | 30.0799380902991  |            | Mu = 40      | Sigma = 30     |             |

Figuur 10: Parameters Normaal

## The Goodness-of-Fit Test

### Chi-Square

| Distribution | Chi statistic | Chi value | Result Chi |
|--------------|---------------|-----------|------------|
| Lognorm      | 56.2782       | 58.6217   | true       |
| Paralogistic | 92.5114       | 59.8952   | false      |
| Gamma        | 94.1132       | 59.8952   | false      |
| Erlang       | 169.3414      | 59.8952   | false      |
| Loglogistic  | 173.6158      | 59.8952   | false      |
| Weibull      | 196.0888      | 59.8952   | false      |
| Laplace      | 407.2293      | 59.8952   | false      |
| Triangle     | 413.9520      | 58.6217   | false      |
| Logistic     | 469.0300      | 58.6217   | false      |
| Normal       | 486.7557      | 59.8952   | false      |
| Cauchy       | 809.3069      | 26.2009   | false      |
| Negexp       | 869.5102      | 61.1651   | false      |
| Pareto       | 989.6062      | 59.8952   | false      |
| Uniform      | 1673.1116     | 59.8952   | false      |
| Frechet      | 10000.0000    |           |            |
| Gumbel       | 10000.0000    |           |            |

Figuur 11: Goodness of Fit Besmetting

| Distribution | Parameter1       | Parameter2       | Parameter3 | Parameter 1 | Parameter 2 | Parameter 3 |
|--------------|------------------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Lognorm      | 31.4757356844436 | 19.7621173688695 |            | Mu = 31     | Sigma = 20  |             |
| Paralogistic | 2.44538489278415 | 44.2922889866473 |            | Alpha = 2.4 | Theta = 44  |             |
| Gamma        | 3.35335823080855 | 9.29564827553368 |            | Alpha = 3.4 | Beta = 9.3  |             |
| Erlang       | 27.886944826601  | 16.1005351025143 |            | Mu = 28     | Sigma = 16  |             |
| Loglogistic  | 27.6614273475496 | 3.75564003254217 |            | Alpha = 28  | Beta = 3.8  |             |
| Weibull      | 1.87763734593661 | 35.2898281234118 |            | Alpha = 1.9 | Beta = 35   |             |
| Laplace      | 26.57            | 18.6183762089471 |            | Mu = 27     | Sigma = 19  |             |
| Triangle     | 19.42            | 1.88             | 99.05      | c = 19      | a = 1.9     | b = 99      |
| Logistic     | 31.1716386554622 | 17.7523902248282 |            | Mu = 31     | Sigma = 18  |             |
| Normal       | 31.1716386554622 | 17.7470615768844 |            | Mu = 31     | Sigma = 18  |             |
| Cauchy       | 19.42            | 10.475           |            | Mu = 19     | Theta = 10  |             |
| Negexp       | 31.1716386554622 |                  |            | Beta = 31   |             |             |
| Pareto       | 1.50417144204819 | 13.7134553729263 |            | Alpha = 1.5 | Theta = 14  |             |
| Uniform      | 1.88             | 99.05            |            | Start = 1.9 | Stop = 99   |             |
| Frechet      | 3.30903354399067 | 23.9494837088176 |            | Alpha = 3.3 | Theta = 24  |             |
| Gumbel       | 31.1716386554622 | 17.7523902248282 |            | Mu = 31     | Sigma = 18  |             |

Figuur 12: Parameters Besmetting

## Appendix F: VBA codes

Sub Histogram()

'zorgt voor snellere doorlooptijd

Application.ScreenUpdating = False

Dim i As Long

Dim b As Long

Dim input range As Range

Dim c As Range

Dim Last Row as Long

Dim attested As Long

Dim vervolg As Long

Dim meldingen As Sheets

Dim bedlinen As Sheets

Dim meld As Workbook

Dim AF As String

Dim invoerbereik As Range

Dim uitvoerbereik As Range

Dim laatstewaarde As Long

Dim Bins as Range

On Error GoTo vervolg

Set inputrange = Evaluate (Cells (2, 51). Validation.Formula1)

Laatstelijk = ThisWorkbook.Sheets("Verdelingen").Range("E2").Value + 1

'per adding

For Each C In inputrange

'nodig voor het vinden van het juiste werkblad

    Af = c.Value

        ThisWorkbook.Sheets("Meldingen").ListObjects("Tabel1").Range.AutoFilter Field:=19, Criteria1:=af

        ThisWorkbook.Sheets("Verdelingen").Activatie

        ThisWorkbook.Sheets("Verdelingen").Range("A" & 1, "A" & laatstelijk).Copy

        ThisWorkbook.Sheets(AF). Activate

        Range("A1"). Select

        Selection.PasteSpecial Paste: =xlPasteValues, Operation: =xenon, Skip Blanks \_

        :=False, Transpose: =False

        ThisWorkbook.Sheets("meldingen"). Activate

'per week

For b = 1 To 53

    Application.ScreenUpdating = False

    ThisWorkbook.Sheets("Meldingen"). List Objects("Tabel1"). Range.AutoFilter Field: =9, Criteria1: =b

'per dag van de week

    For i = 1 Toe 7

        ThisWorkbook.Sheets("Meldingen"). List Objects("Tabel1"). Range.AutoFilter Field: =6, Criteria1: =i

        Last Row = Cells (1, 8). End(down). row

```
Range ("H1", Cells (Last Row, 8)). Special Cells(xlCellTypeVisible). Copy
```

```
ThisWorkbook.Sheets(AF). Activate
ThisWorkbook.Sheets(AF). Range("B1"). Select
ActiveSheet.Paste
```

```
lusterware = ActiveSheet.Cells(1, 2). End(down). row
```

```
If Range("B3") = "" Then Got vervolg
ActiveSheet.Range("B" & 1, "B" & laatst waarde).Select
ActiveSheet.Cells(b * 17, i * 3). Select
ActiveSheet.Range("A" & 1, "A" & attested). Select
Set invoerbereik = ActiveSheet.Range("B" & 1, "B" & laatst waarde)
Set uitvoerbereik = ActiveSheet.Cells(b * 17, i * 3)
Set Bins = ActiveSheet.Range("A" & 1, "A" & laatstelijk)
Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Histogram", invoerbereik, uitvoerbereik, Bins, Falset, Falset, Falset, True
```

vervolg:

```
ThisWorkbook.Sheets(AF). Range ("B" & 1, "B" & lusterware). Clear Contents
```

```
Sheets("Meldingen").Select
ActiveSheet.ListObjects("Tabel1").Range.AutoFilter Field:=6
```

Next i

```
ThisWorkbook.Sheets("Meldingen").ListObjects("Tabel1").Range.AutoFilter Field:=9
```

Next b

```
ActiveSheet.ListObjects("Tabel1").Range.AutoFilter Field:=19
```

```
meld.Activate
Sheets("Meldingen").Select
```

```
Next c
ActiveSheet.ListObjects("Tabel1").Range.AutoFilter Field:=13
```

End Sub

Het doel van deze code is om de tijden van aanvraag in te delen per afdeling en tijd van de dag. Deze code zoekt eerst de afdelingen op in de inputrange. De laatstetijd is het aantal waardes waarin de histogrammen moeten worden gezet. Van 7:00 tot 20:00 met stappen van 1:00 geeft dus een laatstetijd van 14. Vervolgens deelt de code de afdelingen op per week en per dag van de week. De gegevens die overblijven worden naar de desbetreffende sheet gekopieerd. Als een histogram kan worden gemaakt wordt deze gemaakt in een cel onder de week ervoor en boven de week erna. Zo worden alle tijden ingedeeld