

CSA Simulated

Ontwerp van een Decision Support System voor strategische en tactische besluitvorming met betrekking tot de inrichting van een Centrale Sterilisatie Afdeling

Hardy van de Ven

Groningen 13 mei 2009

Technische Bedrijfskunde

Afstudeerrichting Discrete Technologie

1^e Begeleider RuG: dr. Ir. D.J. van der Zee

2^e Begeleider RuG: prof. Dr. J. Wijngaard

Begeleider UMCG: Ir. P. Goudswaard

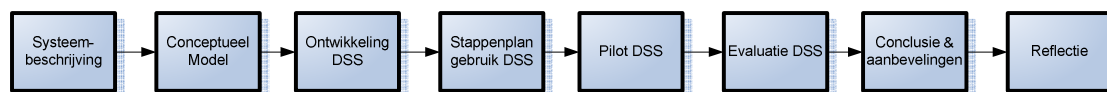
Samenvatting

Dit onderzoek is gedaan in het kader van afstuderen voor de master Technische Bedrijfskunde aan de Rijks universiteit Groningen. Het onderzoek heeft plaatsgevonden op de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) van het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG). De CSA is een facilitaire dienstverlening binnen het ziekenhuis die recirculerende medische hulpmiddelen (MHM) decontamineert (reinigt, desinfecteert en steriliseert) met de bedoeling deze op verantwoorde wijze en in de juiste conditie aan gebruikers ter beschikking te stellen, waarbij de chemische, fysische en microbiologische veiligheid van de hulpmiddelen is gewaarborgd.

De CSA UMCG voorziet de komende jaren een groei in vraag naar steriele dienstverlening van 5% per jaar. Op de huidige locatie is er geen ruimte meer om uit te breiden. Om inzicht te verkrijgen in de gevolgen van deze groei op de capaciteitsbenutting en prestaties is er binnen de CSA UMCG de behoefte ontstaan aan een beslissingsondersteunend instrument. Dit leidt tot de doelstelling van het project.

Doelstelling

Het ontwikkelen van een Decision Support System voor strategische en tactische besluitvorming met betrekking tot de inrichting van een Centrale Sterilisatie Afdeling.



1 Onderzoeksfasering

Allereerst is op een generieke wijze een CSA beschreven aan de hand van de noodzakelijke eisen ten aanzien van de inrichting, processtappen en mogelijke invulling hiervan. Er is gebruik gemaakt van flow diagrammen om de activiteiten vanaf de ontvangst van MHM tot aan de afgifte weer te geven.

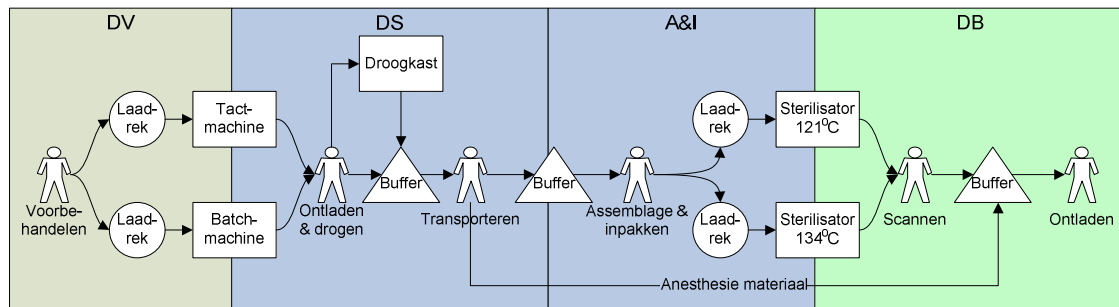
Vervolgens zijn op basis van de systeembeschrijving in overleg met de opdrachtgever de eisen ten aanzien van de functionaliteiten en gebruik van het Decision Support System (DSS) vastgelegd in de vorm van een conceptueel model. Dit conceptuele model vormt de basis van het te ontwikkelen DSS.

Tijdens de realisatie van het model is het conceptuele model uitgewerkt tot een Simulation Based Decision Support System (SB-DSS), genaamd CSA Simulated. Voor correct gebruik van CSA Simulated is er een stappenplan opgezet voor de generatie van betrouwbare resultaten. Om de mogelijkheden en het gebruik van het SB-DSS te tonen is het stappenplan in de vorm van een pilot doorlopen voor de CSA UMCG en zijn enkele scenario's geformuleerd en gesimuleerd. Het stappenplan bestaat uit de hieronder genoemde stappen. Als voorbeeld zijn de verschillende stappen aan de hand van de CSA UMCG ingevuld.

1. Dataverzameling

Voor de dataverzameling is gebruik gemaakt van een vorig afstudeeronderzoek, metingen op de werkvloer en een volgsysteem voor MHM op de werkvloer.

2. Analyse van de te simuleren CSA



2 Inrichting CSA UMCG

De analyse wordt gebruikt voor de validatie van CSA Simulated ten opzichte van de CSA UMCG en als beginpunt voor de formulering van mogelijk te onderzoeken scenario's. Uit de analyse van de CSA UMCG kwam naar voren dat:

- *De batchmachine is de bottleneck van het proces.*
- *Er worden onnodig veel MHM in de droogkast geplaatst.*
- *De capaciteit is niet optimaal afgestemd op het aanbod.*

3. Validatie ten opzichte van de te simuleren CSA

De resultaten van een default scenario van CSA Simulated zijn vergeleken met de resultaten uit de analyse van de CSA UMCG op basis van doorlooptijden en bezettingsgraden. Hieruit kwamen geen onverklaarbare verschillen naar voren.

4. Simulatie scenario's

In de pilot zijn drie verschillende scenario's gesimuleerd, zowel strategisch als tactisch van aard. Het eerste scenario betreft een strategisch scenario en bekijkt de invloed van een jaarlijkse groei in productie van 5% op de grenzen van de capaciteit en het servicelevel. Dit servicelevel wordt gemeten aan de hand van de doorlooptijd. Het tweede scenario bekijkt de mogelijkheid van het uitbreiden van de capaciteit en/ of verbetering van het servicelevel door het ontlasten van de batchmachine door middel van aanschaf van disposable anesthesiemateriaal. Dit materiaal is ontwikkeld voor eenmalig gebruik en hoeft zodoende niet gedecontamineerd te worden. Het derde scenario is meer tactisch van aard en onderzoekt een betere afstemming van de capaciteit op het aanbod door middel van een alternatief dienstrooster. Hieruit kwam naar voren dat:

- *Gegeven de huidige inzet van resources, is de capaciteit van de CSA UMCG voldoende om de komende 8 jaar de groei in productie het hoofd te bieden. Na 8 jaar is de capaciteit van de batchmachine niet meer toereikend. Echter in jaar 8 wordt niet meer voldaan aan het servicelevel en zodoende kan gesteld worden dat de CSA UMCG met de huidige inzet van resources nog 7 jaar vooruit kan.*

- *Door de aanschaf van disposable anesthesie materiaal verschuift de bottleneck van het proces naar de assemblageafdeling. Hier is echter nog ruimte door de inzet van extra personeel. Met de inzet van 2 extra medewerkers kan de CSA UMCG de groei in productie de komende 10 jaar nog aan.*
- *Door het afstemmen van de capaciteit op het aanbod door middel van een nieuw dienstrooster wordt er een reductie in doorlooptijd behaald van 6%. Dit wordt behaald met de inzet van 1 medewerker minder per dag.*

Na de pilot is CSA Simulated geëvalueerd door middel van het afnemen van een gebruikerstest. Alle componenten zoals vastgelegd in het conceptuele model zijn aanwezig en werken naar behoren. Daarnaast blijkt uit de pilot dat het model voldoet aan het behalen van de doelstelling. Zowel voor strategische doeleinden, zoals het in kaart brengen van de grenzen van de capaciteit en hoe hier meer om te gaan (scenario 1 en 2), als voor tactische doeleinden (scenario 3) kan het model gebruikt worden als een instrument ter ondersteuning van de besluitvorming. Wel is gebleken dat de betrouwbaarheid van het model valt of staat met de betrouwbaarheid van de invoer. Daarnaast is het model door het gebruik van eenvoudige verdelingen, ten behoeve van de gebruiksvriendelijkheid, voor activiteiten in het proces niet geschikt voor operationele doeleinden.

Voorwoord

Toen ik begon met mijn studie Technische Bedrijfskunde had ik nooit kunnen vermoeden af te studeren binnen een ziekenhuis. In eerste opzicht een totaal ander bedrijf in vergelijking met alle productiefabrieken die tijdens de colleges zijn voorbij gekomen. Bij nadere bestudering blijken er echter vele overeenkomsten te zijn. Dit is zeker het geval voor de Centrale Sterilisatie Afdeling, een kleine fabriek binnen het ziekenhuis. Deze combineert het beste en uitdagende uit twee werelden. De harde kant uit mijn achtergrond als TBK'er en het zachte uit het balanceren tussen efficiency en het geven van optimale zorg. Een zeer interessante omgeving waar nog vele mogelijkheden voor verder onderzoek liggen.

Tijdens mijn onderzoek hebben vele mensen een bijdrage geleverd aan de totstandkoming van deze scriptie. Bij deze wil al deze mensen bedanken voor hun moeite, interesse en enthousiasme.

Ten eerste wil ik alle sterilisatiemedewerkers bedanken voor de open manier van ontvangst, interesse en meewerkendheid tijdens mijn bezoeken aan de CSA. In het bijzonder alle teamleiders die altijd tijd vonden om mij te woord te staan en verder te helpen. Harold Stap voor de hulp tijdens de verzameling van data en het ter beschikking stellen van zijn werkplek en Jolanda Veenema voor haar enthousiasme en tijd tijdens diverse gesprekken. Ook Jorrit van de Berg wil ik bedanken voor de moeite die hij heeft gestoken in het achterhalen van geschikte data uit allerlei ingewikkelde database constructies.

Dhr. Goudswaard wil ik bedanken voor de prettige manier van begeleiden, waar meer dan alleen mijn eigen projectvoortgang werd besproken. Dit waren leuke, leerzame en interessante gesprekken en de tijd en energie die u hier in stak heeft mij altijd verbaasd.

Ook de steun van mijn afstudeerbegeleiders, dhr. Van der Zee en dhr. Wijngaard heb ik altijd als zeer prettig ervaren. Dankzij de sturing van dhr. Van der Zee gedurende vele gesprekken kan ik nu dit voorwoord schrijven. Zonder zijn hulp zou ik nu nog steeds allerlei interessante randzaken onderzoeken.

Verder wil ik graag mijn studiegenoten Luuk Janssen, Tjibbe Hoogstins en Wouter Meijer bedanken voor hun hulp, interesse in uiteenlopende gebieden en gezelligheid tijdens mijn verblijf in het UMCG. Ook Otte Veltman en Gerke Steenstra wil ik bedanken voor het ter beschikking stellen van hun onderzoeksresultaten.

Tenslotte wil ik mijn ouders bedanken voor de steun gedurende mijn studietijd en de tijd en moeite die zij talloze keren hebben gestoken in het nakijken van mijn scriptie. Zonder jullie steun en vertrouwen zou ik nooit zo ver zijn gekomen.

Inhoudsopgave

CSA Simulated	0
Samenvatting.....	1
Voorwoord.....	4
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	8
1.1 Universitair Medisch Centrum Groningen	8
1.2 Centrale Sterilisatie Afdeling.....	8
2 Onderzoeksopzet.....	10
2.1 Probleemachtergrond.....	10
2.2 Probleemstelling.....	11
2.3 Systemafbakening	12
2.4 Onderzoeksfasering.....	13
3 Systeembeschrijving.....	14
3.1 Medische hulpmiddelen.....	14
3.2 Aankomst- en vertrekproces.....	15
3.3 Primair proces	16
3.3.1 Vuile zone	17
3.3.2 Schone zone	19
3.3.3 Steriele zone.....	22
3.4 Aansturing.....	23
3.4.1 Aansturing van het proces	23
3.4.2 De CSA werknemer	24
4 Opzet Decision Support System.....	25
4.1 Elementen Decision Support System.....	25
4.2 Conceptueel model.....	26
4.2.1 Probleemsituatie.....	26
4.2.2 Modelleringsdoelen.....	27
4.2.3 Inhoud Decision Support System.....	27
4.2.4 Aannames	30
4.2.5 Simplificaties.....	30
4.2.6 Invoer: Scenario's	30
4.2.7 Uitvoer: Performance Decision Support System.....	31

5	Modelomgeving.....	33
5.1	Modelleringskeuzes.....	33
5.2	Realisatie: CSA Simulated.....	34
5.2.1	Vormgeving.....	34
5.2.2	Verificatie.....	36
5.3	Gebruik DSS: Stappenplan voor gebruik CSA Simulated.....	36
6	Pilot CSA Simulated.....	38
6.1	Dataverzameling.....	38
6.2	Analyse CSA UMCG.....	38
6.2.1	Capaciteit CSA UMCG.....	38
6.2.2	Productie CSA UMCG.....	39
6.2.3	Benutting capaciteit CSA UMCG.....	40
6.2.4	Aankomst MHM.....	41
6.2.5	Doorlooptijden.....	41
6.2.6	Bezettingsgraden machines.....	43
6.2.7	Conclusie.....	45
6.2.8	Aangrijpingspunten voor verbetering.....	45
6.3	Validatie.....	46
6.3.1	Validatie doorlooptijden.....	46
6.3.2	Validatie bezettingsgraden.....	47
6.3.3	Conclusie.....	48
6.4	Simulatie CSA UMCG.....	48
6.4.1	Scenario 1: Capaciteitsbepaling CSA UMCG.....	48
6.4.2	Scenario 2: Aanschaf disposable anesthesie materiaal.....	53
6.4.3	Scenario 3: Afstemming capaciteit op aanbod.....	56
7	Evaluatie CSA Simulated.....	60
7.1	Evaluatie modelleringsdoelstellingen.....	60
7.2	Evaluatie algemene doelstellingen.....	61
7.2.1	Kwaliteit van de inhoud.....	61
7.2.2	Kwaliteit van het proces.....	61
7.2.3	Kwaliteit van de resultaten.....	62
7.3	Conclusie en suggesties ter verbetering.....	62
8	Conclusie en aanbevelingen.....	63
8.1	Conclusie.....	63

8.1.1	Behalen doelstelling onderzoek.....	63
8.1.2	Conclusie Pilot CSA Simulated	64
8.2	Aanbevelingen	65
9	Reflectie gebruik simulatie.....	67
9.1	Waarom simulatie?.....	67
9.2	Waarom simulatie van een CSA?.....	68
9.3	Meerwaarde simulatie voor het project.....	68
I.	Bijlage – Terminologie.....	70
II.	Bijlage – Flowcharts CSA Simulated	71
III.	Bijlage – scanpunten CSA UMCG.....	78
IV.	Bijlage – Simulatieinstellingen	79
V.	Bijlage – Instellingen default scenario	82
VI.	Bijlage – Resultaten scenario 1	88
VII.	Bijlage – Resultaten scenario 2.....	90
VIII.	Bijlage – Resultaten scenario 3.....	93
IX.	Bijlage – Resultaten gebruikerstest.....	94
	Eindnoten	98

1 Inleiding

In het kader van afstuderen voor de master van de studie *Industrial Engineering and Management* heeft deze afstudeerstage plaatsgevonden binnen de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) van het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG). Om de lezer enig gevoel te laten krijgen voor de organisatie zal het UMCG kort geïntroduceerd worden, waarna de CSA van het UMCG ingeleid wordt.

1.1 Universitair Medisch Centrum Groningen

Gelegen in de binnenstad van Groningen bevindt zich een van de grootste ziekenhuizen van Nederland met meer dan 1300 bedden, 300 verpleegdagen en 30.000 opnames per jaar en is daarmee de grootste werkgever van het Noorden. Het ziekenhuis kent een lange geschiedenis die terug gaat tot het einde van de 18^e eeuw met als meest recente ontwikkeling de samenvoeging van het Academisch Ziekenhuis Groningen en de Faculteit der Medische Wetenschappen op 13 januari 2005 onder de noemer Universitair Medisch Centrum Groningen. Naast dat het UMCG een kennisinstelling is onderscheidt het nog twee kernactiviteiten: onderwijs & opleiding en onderzoek. In 2006 zijn er 117 mensen gepromoveerd en 1250 artikelen gepubliceerd. Juist de samenhang tussen deze activiteiten geeft het UMCG zijn maatschappelijke meerwaarde. Het UMCG wil deze activiteiten dan ook in brede zin blijven aanbieden en streeft er naar op dit gebied het beste adres in Noord-Nederland te worden. Dit komt dan ook tot uiting in hun missie: *'Bouwen aan de toekomst van gezondheid'*.

1.2 Centrale Sterilisatie Afdeling

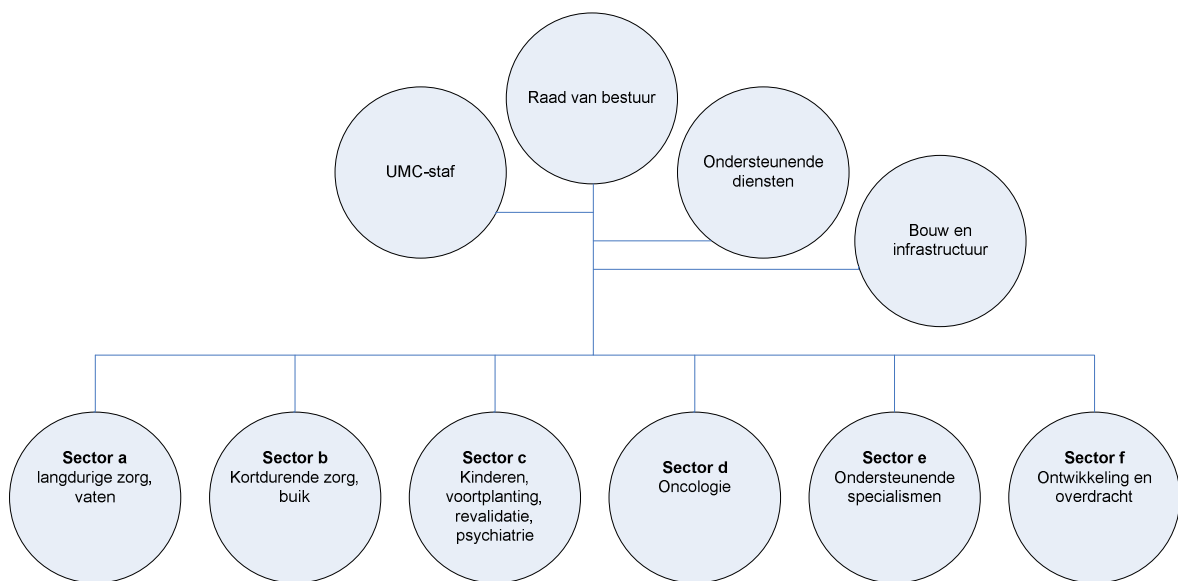
De Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) is een facilitaire dienstverlening binnen het ziekenhuis die recirculerende medische hulpmiddelen decontamineert (reinigt, desinfecteert en steriliseert) met de bedoeling deze op verantwoorde wijze en in de juiste conditie aan gebruikers ter beschikking te stellen, waarbij de chemische, fysische en microbiologische veiligheid van de hulpmiddelen is gewaarborgd¹.

In het verleden was het proces van het steriliseren van medische hulpmiddelen (MHM) in het UMCG een gedecentraliseerd proces. Afdelingen die MHM gebruikten hadden in de nabijheid mogelijkheden om de eigen MHM te steriliseren. In de loop van de tijd hebben redenen van organisatorische, logistieke, financiële en kwalitatieve aard er voor gezorgd dat het proces meer en meer gecentraliseerd werd. De eerste stap is in 1996 gezet, toen de CSA werd ingericht als onderdeel van het operatiecentrum, wat de grootste gebruiker is van MHM. Sinds juli 2005 is het een zelfstandige zorgfaciliteit met een eigen locatie binnen het UMCG voor een directere aansturing van het proces. De CSA steriliseert MHM voor de operatieve sectoren (65%), IC's, Poli's en afdelingen (35%). Sinds 2005 wordt ook voor externe afnemers zoals de Hanzekliniek gesteriliseerd.

De CSA van het UMCG is budgettair zelfstandig en streeft naar de hoogste kwaliteit tegen de laagste kosten en met de snelst mogelijke beschikbaarheid van de MHM. De missie van de CSA UMCG luidt: *"Uw steriele medische hulpmiddelen, onze zorg"*.² Binnen deze missie worden drie kerntaken onderscheiden:

- *Sterilisatie*: Decontamineren, (reinen, desinfecteren en steriliseren) van reusable medische hulpmiddelen
- *Logistiek*: Distributie, opslag en uitgifte gebruikte en steriele medische hulpmiddelen
- *Beheer*: Aanschaf, onderhoud en reparatie steriele medische hulpmiddelen

Sinds de laatste reorganisatie is het UMCG opgedeeld in meerdere sectoren, waarin geprobeerd is specialismen die een raakvlak hebben onder te brengen in ongeveer even grote sectoren. In deze organisatiestructuur valt de CSA binnen sector E genaamd ondersteunende specialismen, zoals weergegeven in het hieronder getoonde organogram.



Figuur 1-1 Organogram UMCG

2 Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk zal de opzet van het onderzoek beschreven worden. Allereerst zal er inzicht gegeven worden in de aanleiding van het project door een beschrijving van de probleemachtergrond. Uit deze probleemachtergrond komt de probleemstelling van het onderzoek. Vervolgens zal het te onderzoeken systeem worden afgebakend en zal worden afgesloten met het weergeven van de onderzoeksfasering.

2.1 Probleemachtergrond

Na een heftige politieke discussie in de afgelopen jaren over de vraagsturing en marktwerking in de Nederlandse gezondheidszorg is er besloten om deze meer marktconform in te richten. Een van de gevolgen voor de branche is dat ziekenhuizen zich meer zullen richten op hun *'core business'* en kritisch zullen kijken naar ondersteunende dienstverlening, zoals de CSA. Deze verandering in de markt brengt zowel onzekerheid als kansen met zich mee. Aan de ene kant onzekerheid, omdat ziekenhuizen zullen zoeken naar de beste aanbieder van steriele dienstverlening en niet noodzakelijkerwijs bij hun eigen CSA hoeven uit te komen. Tegelijkertijd biedt dit ook kansen aan aanbieders van steriele dienstverlening om hun cliënteel uit te breiden en een groei in productie te realiseren.

Momenteel verwerkt de CSA UMCG op jaarbasis meer dan 200.000 items per jaar. Snelle technologische ontwikkelingen op het gebied van medisch instrumentarium zorgen voor een uitbreiding van het assortiment van medische hulpmiddelen. Samen met de vergrijzing en een ruimere vestigingswetgeving voor private klinieken wordt een groei in vraag naar steriele dienstverlening verwacht. Technologische ontwikkelingen zorgen niet alleen in een toename van te steriliseren medische hulpmiddelen. In de afgelopen jaren is een stijgend gebruik van zogenaamde *'disposables'* waarneembaar. Disposables worden hierbij gedefinieerd als eenmalig te gebruiken medische hulpmiddelen. Deze hoeven dus niet door een CSA gedecontamineerd en gesteriliseerd te worden. Toch verwacht de CSA UMCG bij ongewijzigd beleid een groei in productie van 5% per jaar.

De onzekerheid in de markt, het aantal te steriliseren medische hulpmiddelen en de invulling van de productmix zorgen bij de CSA UMCG voor een behoefte aan een hulpmiddel om beslissingen over de toekomst van de CSA te ondersteunen. Hierbij valt te denken aan de vraag of de CSA UMCG voldoende capaciteit heeft om de verwachte groei in productie aan te kunnen en hoe dit op te vangen met de resources die ze tot hun beschikking hebben, of het doorrekenen van veranderingen aan het proces, of het effect van een veranderende productmix door het toenemende gebruik van disposables tot aan het opzetten van een nieuwe CSA buiten het UMCG om voor meerdere ziekenhuizen steriele diensten te verlenen en de gevolgen van deze ontwikkelingen en beslissingen op de doorlooptijd, leveringsbetrouwbaarheid en kosten van de CSA UMCG.

2.2 Probleemstelling

De CSA van het UMCG heeft momenteel weinig tot geen inzicht in de gevolgen van veranderingen in de markt en hun positie daarin. Daarbij hebben ze op de huidige locatie geen mogelijkheden tot uitbreiding, terwijl een groei in te verwerken eenheden wordt verwacht. De enige factoren waarop de CSA van het UMCG invloed heeft is het primaire proces en het transport van en naar de klant. Zodoende zit deze CSA met de vraag of de capaciteit van de huidige locatie afdoende is om de groei in productie het hoofd te kunnen bieden en wat binnen de grenzen van het systeem mogelijk is, of dat er moet worden uitgekeken naar een andere locatie. Zodoende is er binnen de CSA UMCG de behoefte ontstaan aan een instrument dat helpt om de gevolgen van veranderingen aan het proces, productieaantallen en productmix inzichtelijk te maken. Dit mondt uit in de doel- en vraagstelling van dit project.

Doelstelling

Het ontwikkelen van een Decision Support System voor strategische en tactische besluitvorming met betrekking tot de inrichting van een Centrale Sterilisatie Afdeling.

Vanuit de opdrachtgever was er de nadrukkelijke wens om het DSS vorm te geven met behulp van simulatiesoftware. Strategische vraagstukken worden in dit onderzoek gedefinieerd als vraagstukken met betrekking tot de operationele activiteiten en behoeftes die een CSA nodig heeft voor de toekomst³. Dit heeft te maken met vraagstukken rondom het bestaan en functie van een CSA en hebben over het algemeen betrekking tot de lange termijn. Tactische vraagstukken betreffen in dit onderzoek de vertaling van de strategie in concrete voorstellen of projecten. Nog een niveau lager is het operationele niveau, dat in dit onderzoek niet meegenomen wordt. Dit betreffen vraagstukken rondom de aansturing van het proces op de werkvloer. De strategie van een CSA kan bijvoorbeeld continue verbetering zijn. Tactische vraagstukken die hieruit voortkomen zijn hoe deze strategie te volbrengen en het onderzoeken van de mogelijkheden, bijvoorbeeld de invoering van een nieuw dienstrooster. De daadwerkelijke invulling van het nieuwe dienstrooster betreft het operationele niveau, bijvoorbeeld de aansturing van de werknemers op de werkvloer.

Om de doelstelling van dit onderzoek te volbrengen, kan deze worden opgedeeld in een aantal deelvragen. Deze vraagstelling van het onderzoek staat hieronder weergegeven.

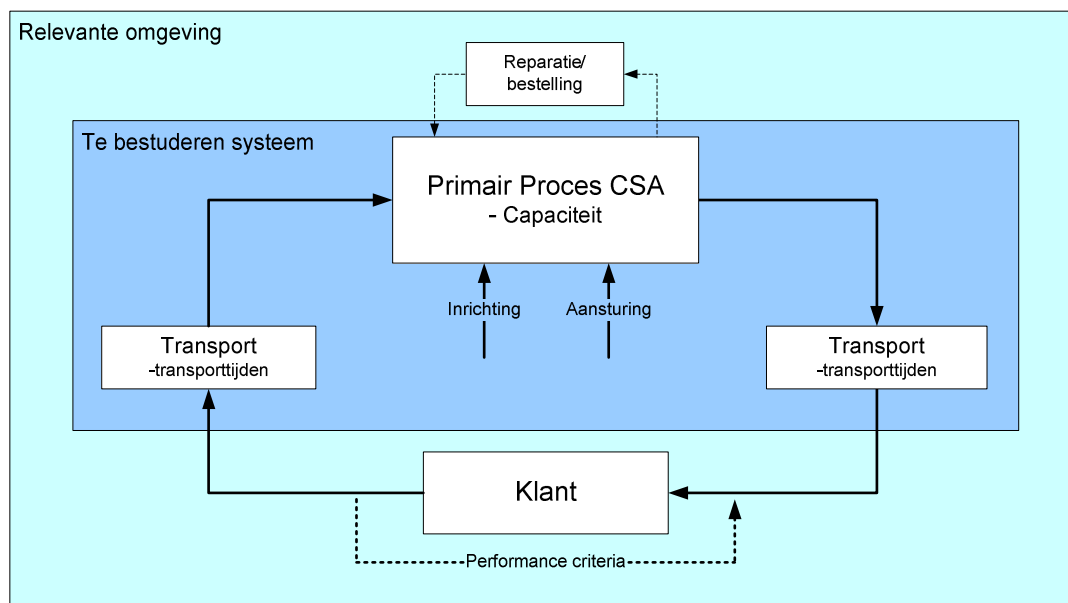
Vraagstelling

- *Welke generieke processen en factoren hebben invloed op de performance van een CSA?*
- *Welke eisen ten aanzien van de functionaliteiten en het gebruik van het Decision Support System kunnen onderscheiden worden?*
- *Welke stappen dienen in het gebruik van het Decision Support System genomen te worden om tot betrouwbare resultaten te komen?*
- *Voldoet het Decision Support System aan de wensen en verwachtingen van de gebruiker?*

Om tot de modellering van een CSA te komen zal eerst de inrichting en aansturing hiervan beschreven moeten worden om tot een inzicht te komen welke processen en factoren de performance van een CSA beïnvloeden. Vervolgens dienen de eisen van de gebruiker ten aanzien van het Decision Support System (DSS) vastgesteld te worden, zoals de functionaliteiten en het gebruik. Daarbij is het noodzakelijk om aan te geven op welke wijze het DSS gebruikt moet worden om tot betrouwbare resultaten te komen. Om na te gaan of deze resultaten daarnaast ook wenselijk zijn zullen de mogelijkheden getoond worden door middel van een pilot en uiteindelijk geëvalueerd worden.

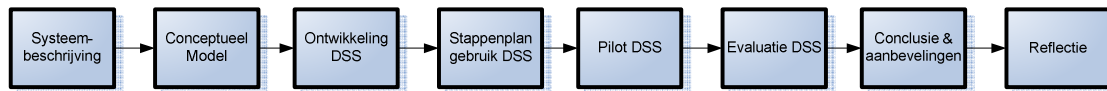
2.3 Systeemaafbakening

Voor de afbakening van het systeem is gekeken naar de onderdelen waarop een CSA invloed heeft of op kan uitoefenen. Hierbij worden ook de mogelijkheden van een nieuwe in te richten CSA op een nog te bepalen locatie meegenomen. Voor dit scenario wordt de invloed van transport belangrijker en daarom dient dit ook meegenomen te worden. Onder transport wordt verstaan het transport van medische hulpmiddelen van en naar een CSA. Daarnaast heeft de CSA invloed op alles wat zich afspeelt binnen de muren van de CSA. Het primaire proces is daarom zeker van belang. Het primaire proces wordt gedefinieerd als alle productieprocessen die 'direct' te maken hebben met de decontaminatie van verontreinigde medische hulpmiddelen en onder de verantwoordelijkheid vallen van de CSA⁴. Deze twee vormen samen het te bestuderen systeem. Zaken als de reparatie/bestelling en de klant zijn van belang, maar worden als gegeven beschouwd en behoren daarom tot de relevante omgeving. Dit is weergegeven in figuur 2-1.



Figuur 2-1 Systeemaafbakening

2.4 Onderzoeksfasering



Figuur 2-2 Onderzoeksfasering

In figuur 2-2 is de fasering van dit onderzoek weergegeven. Het onderzoek start met een generieke systeembeschrijving van een CSA. Hier worden de verschillende onderdelen en processen waaruit een CSA bestaat beschreven en de mogelijke invulling hiervan. Hiervoor is gebruik gemaakt van literatuur, wettelijke voorschriften, bezichtiging van meerdere CSA's en gesprekken met werknemers. Deze systeembeschrijving vormt de basis van het te ontwikkelen DSS (*Hoofdstuk 3: Systeembeschrijving*).

De volgende stap is het kenbaar maken van de eisen van de gebruiker ten aanzien van de functionaliteiten en het gebruik van het DSS op basis van de systeembeschrijving. Hieruit vloeit een conceptueel model voort, waarin de functionaliteiten, componenten, en randvoorwaarden worden gespecificeerd. Oftewel wat het model moet kunnen, waaruit het model moet bestaan en waaraan het moet voldoen (*Hoofdstuk 4: Opzet Decision Support System*).

Na de ontwikkeling van het model zullen de modelleringskeuzes en het model zelf worden toegelicht. Gezien het hoge aggregatieniveau van de doelstelling van het project en gebruik van het model, dient het model voorzichtig behandeld te worden. Uit de literatuur is een gedegen stappenplan opgezet voor correct gebruik van het model om betrouwbare resultaten te genereren (*Hoofdstuk 5: Modelomgeving*).

Om de gebruiker de mogelijkheden te tonen van het DSS zal het stappenplan opgesteld in het vorige hoofdstuk doorlopen worden en de implicaties van de gemaakte keuzes duidelijk gemaakt worden in een pilot. Daarnaast zullen nog twee door de CSA UMCG opgestelde scenario's uitgewerkt worden (*Hoofdstuk 6: Pilot CSA Simulated*).

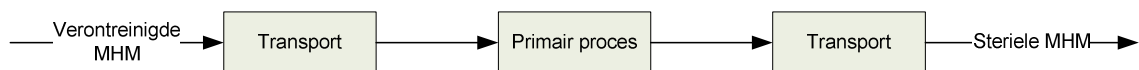
Na deze test wordt de gebruiker de gelegenheid gegund om het DSS te evalueren om na te gaan of het heeft voldaan aan de eisen en wensen van de gebruiker. Hierbij is een gebruikerstest afgenomen bij drie typische gebruikers van het model aan de hand van kwaliteitscriteria voor een simulatiestudie (*Hoofdstuk 7: Evaluatie CSA Simulated*).

Op het einde zullen de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek weergegeven worden in de vorm van conclusies en aanbevelingen. Deze conclusies zullen zich met name richten op het feit of aan de doelstelling is voldaan. Daarnaast zullen nog enkele aanbevelingen gedaan worden voor de CSA UMCG aan de hand van de uitkomsten van de pilot (*Hoofdstuk 8: Conclusies en aanbevelingen*).

Als laatste zal er een reflectie gegeven worden van het gebruik van simulatie en een verkenning van mogelijke andere wegen om dit onderzoek te voltooien (*Hoofdstuk 9: Reflectie*).

3 Systeembeschrijving

In het komende hoofdstuk zal het te bestuderen systeem beschreven worden zoals weergegeven in figuur 3-1. Bij deze beschrijving is gebruik gemaakt van een eerder afstudeeronderzoek (Pool 2006), bezoeken aan meerdere CSA's, voorschriften en literatuur. Eerst zal het product, medische hulpmiddelen (MHM), worden geïntroduceerd. Vervolgens zullen de verschillende deelprocessen worden beschreven. Hierbij zal steeds eerst de kernactiviteit van elk deelproces gegeven worden en de mogelijke invullingen hiervan.



Figuur 3-1 Te bestuderen system

3.1 Medische hulpmiddelen

De input van het systeem is verontreinigde MHM en de output is schone of steriele MHM. Onder MHM worden voorwerpen verstaan die bij de behandeling, diagnose of het herstel van de patiënt worden gebruikt⁵. Dit kunnen zowel voorwerpen zijn die eenmalig worden gebruikt (disposables) zoals naalden, gaas en handschoenen als wel recirculerende voorwerpen zoals chirurgische instrumenten, cystoscopen, endoscopen en laserapparatuur. Deze laatste groep zal gedecontamineerd moeten worden en vormen daarmee de in- en output van het systeem. Grofweg zijn er drie soorten MHM te onderscheiden.

Sets

Sets bestaan uit een verzameling van MHM die bij een en dezelfde ingreep horen. Het aantal MHM in een set kan afhankelijk van de ingreep bestaan uit enkele tot tientallen instrumenten. Hierin wordt weer een onderscheid gemaakt naar basissets, welke bij een breed scala aan ingrepen worden gebruikt en specialistische sets. Sets MHM worden opgeslagen en vervoerd in roestvrij stalen netten, welke veelal de standaardgrootte hebben van 60x30x15 cm. Daarnaast wordt ook de volume-eenheid STE (standaardeenheid) gebruikt, wat de grootte heeft van 60x30x30 cm. In de rest van het onderzoek zal gebruik worden gemaakt van de eerste volumemaat.

Los materiaal

Al het materiaal dat niet in een set ingedeeld kan worden wordt gedefinieerd als los materiaal. Dit wordt los verpakt en opgeborgen in laminaatzakjes.

Anesthesie materiaal

Als laatste is er nog een variant op het losse materiaal, namelijk anesthesie materiaal. Anesthesie materiaal wordt niet gebruikt voor inwendig gebruik, zoals chirurgische ingrepen. Deze items hoeven zodanig alleen gereinigd en niet gesteriliseerd te worden.

3.2 Aankomst- en vertrekproces

Voor het vervoer van en naar de CSA wordt er gebruik gemaakt van transportkarren. Afhankelijk van de gemaakte afspraken en de ligging van de CSA ten opzichte van de klant zijn er verschillende soorten processen te onderscheiden. Twee factoren spelen hierin een belangrijke rol, namelijk de locatie van de CSA ten opzichte van de klant en de aansturing van het transport. Daarnaast bedient een CSA normaliter meerdere klanten (afdelingen) binnen een ziekenhuis en de trend is dat ook meerdere ziekenhuizen en klinieken door één CSA worden bediend. Inherent hieraan is dat er ook in absolute zin meerdere aankomstprocessen onderscheiden kunnen worden.

Locatie CSA

- *Locatie CSA nabij de klant*

Als de CSA grenst aan het operatiecentrum (OC) is het transport te verwaarlozen. Als een transportkar vol is, of desnoods elke keer dat een set gebruikt is, kan deze vervoerd worden naar de CSA. Na het reinigen en steriliseren van de MHM zijn deze meteen weer beschikbaar voor het OC. In deze situatie zou men kunnen spreken van een min of meer continu aankomst- en vertrekproces.

- *Centrale ligging CSA*

Bij een centrale ligging van de CSA, waar deze dus niet grenst aan de klant, is de afstand tussen de klant en de CSA te groot om MHM stuksgewijs te transporteren. De transportkarren worden in batches vervoerd van en naar de CSA. In dit geval is sprake van een discreet aankomst- en vertrekproces.

Aansturing van het transport

- *Aansturing op tijd*

Met sturing op tijd worden de transportkarren op vaste tijdstippen vervoerd van of naar de CSA. Denk bijvoorbeeld aan een transportrooster of een vaste periode, bijvoorbeeld elk uur.

- *Aansturing op volume*

Bij sturing op volume worden de karren pas vrijgegeven voor transport als de kar voor een bepaald gedeelte gevuld is, bijvoorbeeld als deze half vol is of pas wanneer de kar geheel gevuld is. De ruimte bij de klant voor de transportkarren en het aantal transportkarren kunnen hierbij een rol spelen.

3.3 Primair proces

Het primaire proces is eerder gedefinieerd als alle productieprocessen die 'direct' te maken hebben met de decontaminatie van verontreinigde MHM en onder de verantwoordelijkheid vallen van de CSA. Hierbij is decontaminatie gedefinieerd als het gebruik van fysieke of chemische middelen om op een item aanwezige micro-organismen te verwijderen, deactiveren of vernietigen, tot het punt waar ze niet langer in staat zijn om besmettelijke deeltjes door te geven en ze vrij gegeven zijn voor gebruik⁶. Om dit te bereiken wordt er meestal gebruik gemaakt van schoonmaken, desinfectie en sterilisatie van de MHM. Daarnaast dienen er ook andere activiteiten uitgevoerd te worden. In figuur 3-2 zijn de activiteiten die conform een vaststaande procedure doorlopen dienen te worden weergegeven.

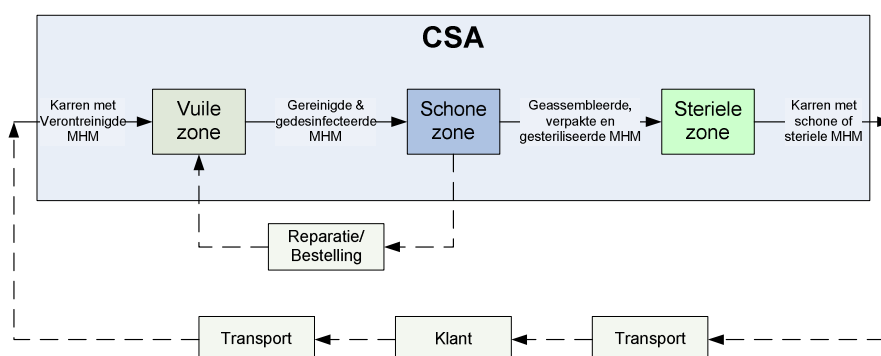


3-2 Activiteiten in het primaire proces

Naast het steriel maken van de MHM dienen deze ook steriel gehouden te worden. Daarom dienen vanwege wettelijke eisen de activiteiten die samenhangen met reinigen, pakketteren en opslaan ruimtelijk van elkaar gescheiden te worden⁷. Architectonisch kunnen de volgende zones onderscheiden worden⁸:

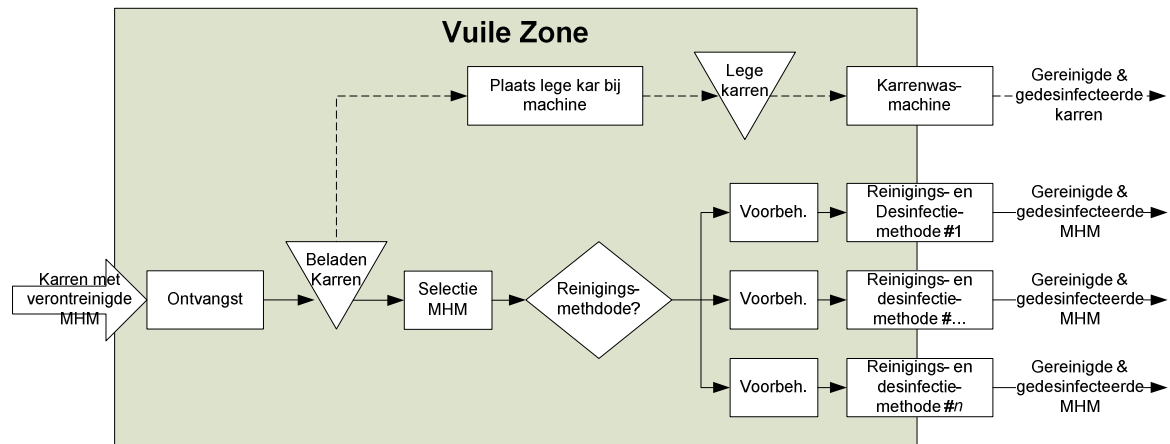
- De vuile zone (ontvangst, voorbehandeling, reiniging & desinfectie);
- De schone zone (controleren, assembleren, verpakken en steriliseren);
- De steriele zone (opslaan en distributie).

Vanwege reinheidseisen is direct verkeer tussen de verschillende ruimten niet toegestaan en moet er gebruik gemaakt worden van doorgeefwasmachines, doorgeefsterilisatoren en doorgeefluiken met sluisfunctie. In het vervolg van dit hoofdstuk zal de CSA besproken worden aan de hand van deze ruimtelijke indeling, welke is weergegeven in figuur 3-3, waarna elke afdeling apart besproken zal worden.



Figuur 3-3 Inrichting CSA

3.3.1 Vuile zone



Figuur 3-4 Inrichting vuile zone

De belangrijkste taak van de vuile zone is het reinigen en ontsmetten van de MHM. Dit zijn niet alleen belangrijke stappen voorafgaand aan het sterilisatieproces, maar zorgen ook voor een veilige behandeling van het materiaal door het personeel. Omdat de verontreinigde MHM altijd als potentieel risicohoudend beschouwd moeten worden, wordt het aangeraden om deze zoveel mogelijk machinaal te reinigen. Alleen als het te behandelen materiaal niet tegen machinale behandeling kan, zal deze manueel gereinigd moeten worden, gevolgd door een chemische ontsmetting. In figuur 3-4 is op schematische wijze het proces van de vuile zone weergegeven wat daarna verder toegelicht zal worden.

Het proces in de vuile zone begint met de aankomst van karren met verontreinigde MHM. Een medewerker van de vuile zone neemt de karren in ontvangst, waarna elke kar wordt behandeld en ontladen. De lege karren worden bij de karrenwasmachine gezet en de MHM worden gescheiden naar gelang de methode van reiniging. Alle MHM worden opgelegd en de holle delen doorgespoten waarna ze gereinigd en gedesinfecteerd worden. De schone MHM worden daarna doorgegeven aan de schone zone.

Afhankelijk van de te behandelen MHM zijn er verschillende manieren om deze te reinigen. Grofweg is er een tweedeling te maken tussen machinaal en handmatig reinigen. Machinale reiniging kan weer verder opgedeeld worden in thermisch, chemisch en ultrasoon reinigen, waarbij thermische en chemische reiniging vaak door dezelfde machine worden uitgevoerd.

Machinaal reinigen

- *Ultrasoon voorreinigen*

Een ultrasoon toestel is een nuttig apparaat voor het losmaken van verontreinigd materiaal op voor borstels, waterstralen en andere mechanische acties moeilijk bereikbare plaatsen. Door middel van ultrasone trillingen wordt het vuil los getrild. Een geschikt detergent in combinatie met de juiste watertemperatuur zal het effect hiervan verhogen. Echter niet alle MHM zijn geschikt voor deze machine. Elektrische apparaten en instrumenten die blijven drijven zijn niet geschikt voor deze methode. Ultrasoonreinigen wordt echter gebruikt als voorreinigen en de MHM dienen hierna nog verdere reiniging en desinfectie te ondergaan.

- *Thermische reiniging*

Bij thermische reiniging worden de MHM continu besproeit met water en detergent als deel van een bepaalde cyclus. In principe worden alle micro-organismen gedood, behalve enkele bacteriële sporen en warmte resistente virussen. Deze methode is alleen bruikbaar voor instrumenten die herhaaldelijk tegen water en hitte tot aan 80°C kunnen.

- *Chemische reiniging*

De reiniging van het materiaal gebeurt op dezelfde wijze als bij de thermische reiniging. Het instrument wordt daarna nog gedesinfecteerd door het gebruik van een chemische substantie die het merendeel van de micro-organismen vernietigt. Vervolgens worden de MHM weer afgespoeld en gedroogd.

Handmatig reinigen

MHM die niet machinaal gereinigd mogen worden, worden handmatig gereinigd. Dit betreffen thermolabiele instrumenten en MHM die niet ondergedompeld mogen worden. Onderdompelbaar materiaal moet eerst afgespoeld worden met koud water, gereinigd worden en vervolgens een chemische ontsmetting ondergaan. Hierna dient het materiaal weer afgespoeld te worden en gedroogd. Het niet-onderdompelbare materiaal wordt eerst gereinigd met detergent, vervolgens afgespoeld met water en met alcohol ontsmet.

Machinesoorten

De hoofdmoot van het proces is het reinigen en desinfecteren van MHM. In principe worden de volgende stappen doorlopen: voorspoelen, reinigen, spoelen, desinfecteren en reinigen. Dit is een combinatie van thermische en chemische behandeling van de instrumenten. Hoewel deze stappen in principe bij machinale behandeling altijd worden doorlopen, is er wel verschil in het ontwerp van de machines. Fabrikanten maken hierbij onderscheid in wasstraten en batchmachines.

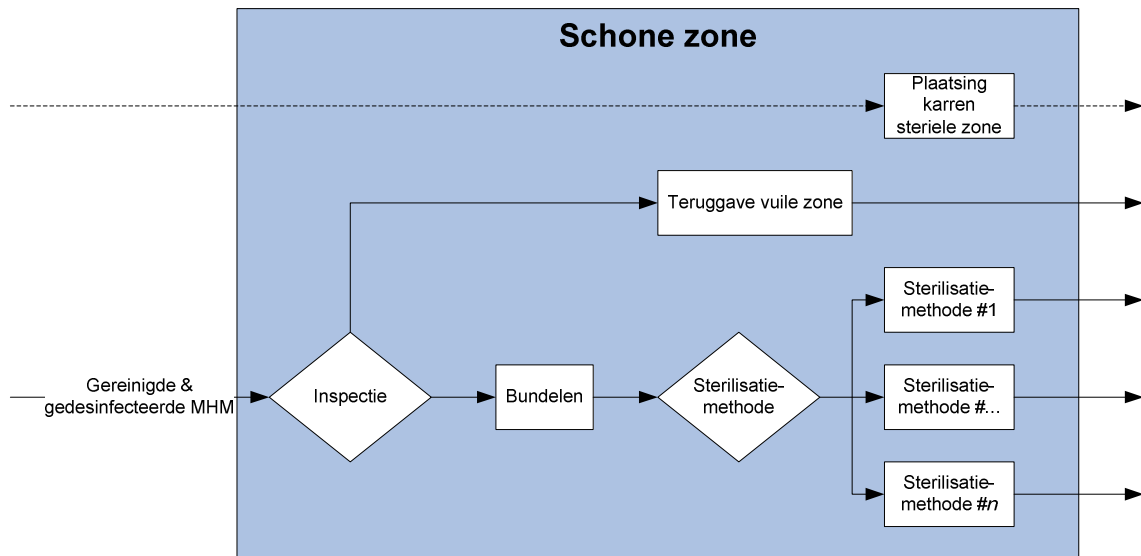
- *Wasstraten*

Bij een wasstraat worden verschillende compartimenten achter elkaar geplaatst waar in elk compartiment een of een aantal stappen van het reinigings-desinfectieproces doorlopen wordt. Dit is afhankelijk van het aantal compartimenten van de wasstraat. De klant kan hier kiezen uit wasstraten met twee tot tien verschillende compartimenten. Het voordeel van deze machines is een betere flow door het proces heen, met als gevolg een kleinere cyclustijd. Het is ook mogelijk om de wasstraat uit te rusten met een ultrasooneenheid, zodat deze deel van de wasstraat uitmaakt.

- *Batchmachines*

Bij batchmachines vindt het gehele proces van reinigen en desinfectie in een compartiment plaats. De laatste ontwikkelingen op dit gebied zijn automatische laad/ontlaad systemen en een geheel geautomatiseerd proces waar de MHM op een punt worden gebufferd en automatisch worden doorgezonden naar de eerst vrij komende batchmachine.

3.3.2 Schone zone

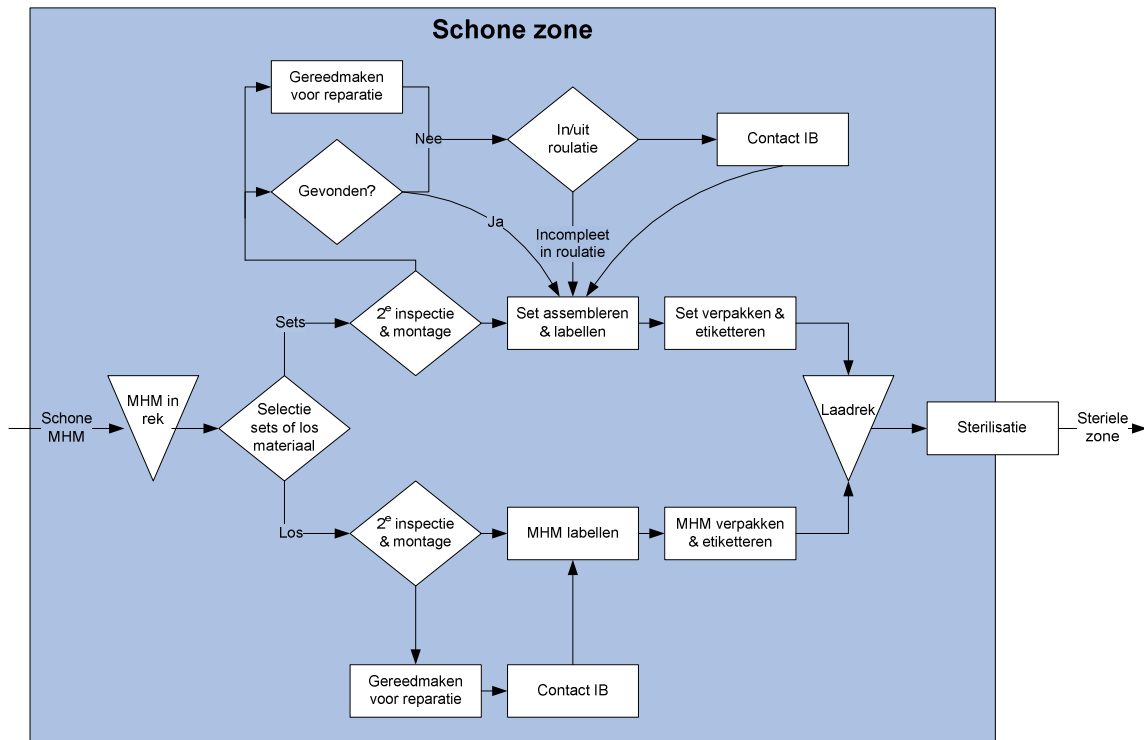


Figuur 3-5 Inrichting schone zone (1)

In de schone zone worden de gereinigde en gedesinfecteerde MHM in ontvangst genomen met als doel om uiteindelijk de MHM te steriliseren. Waar desinfectie ophoudt bij het vernietigen of reductie van pathogenen tot een acceptabel niveau wordt bij sterilisatie de complete vernietiging, inactivatie en verwijdering van alle microben, inclusief bacteriële sporen en virussen, bedoeld⁹. Een voorwerp wordt steriel verklaard als na het behandelen van een product de kans dat er na de behandeling nog een levend micro-organisme in, op of aan het product voorkomt, kleiner is dan 1:1.000.000¹⁰.

Voordat het werkelijke sterilisatieproces wordt voltrokken, zijn er eerst nog enkele voorbereidende stappen. Als eerste het aannemen van de gereinigde en gedesinfecteerde MHM uit de vuile zone. Bij aankomst worden de MHM visueel gecontroleerd op residuen. Als er nog resten worden aangetroffen worden de desbetreffende MHM teruggestuurd naar de vuile zone. Mochten de instrumenten nog vochtig zijn, dan worden ze nog nagedroogd. Vervolgens worden de gesplitste sets weer gebundeld en wordt er gekeken welke sterilisatiemethode de instrumenten moeten volgen.

Vanwege wettelijke eisen dient in de schone zone geen vocht meer aanwezig te zijn en daarnaast wil men geen verkeerd gereinigde MHM in de schone zone hebben. Echter vanwege bouwkundige beperkingen vindt het ontladen van de MHM uit de vuile zone niet altijd in een aparte ruimte plaats. Aangezien deze activiteiten voorbehandeling zijn van het sterilisatieproces worden deze in de schone zone ondergebracht. In figuur 3-5 is deze gang van zaken schematisch weergegeven.



Figuur 3-6 Inrichting schone zone (2)

Bij binnenkomst worden de MHM gesplitst in sets en los materiaal en naar een assemblagetafel gebracht. De in de set aanwezige MHM worden geïnspecteerd op mogelijke slijtage en zonodig klaargemaakt voor reparatie en doorgezonden naar Instrumenten Beheer (IB). Als een instrument in reparatie is wordt er daarnaast nog de keuze gemaakt of de set incompleet in roulatie gaat, of dat deze uit roulatie gaat. Bij een missend instrument wordt deze eerst gezocht bij de andere sets. Als deze wordt gevonden, wordt de normale procedure gevolgd. Zo niet dan wordt de IB ingelicht en een keuze gemaakt of de set al dan niet incompleet in roulatie moet. Als een set incompleet in roulatie gaat wordt hiervan een notitie gemaakt. Vervolgens worden de sets geassembleerd volgens een geleidelijst en gelabeld. Als de set geassembleerd en gelabeld is wordt deze verpakt met speciaal voor die sterilisatiemethode gebruikt papier en geëtiketteerd. Vervolgens wordt de set klaargezet voor sterilisatie. Bij los materiaal worden dezelfde stappen doorlopen als bij de sets, met enig verschil dat hier het materiaal wordt verpakt in laminaatzakjes.

Er bestaan verschillende procedures voor de sterilisatievoorwerpen. Er kan hierbij onderscheid gemaakt worden in sterilisatie door verhitting of straling, gas en onderdompeling en filtratie. Echter niet elke procedure is geschikt voor ziekenhuisgebruik. Hieronder zullen de belangrijkste sterilisatiemethodes kort behandeld worden, waarbij onderscheid gemaakt zal worden in verpakt, niet verpakt materiaal (bij verpakt materiaal wordt de steriliteit voor een bepaalde periode gewaarborgd) en materiaal dat niet gesteriliseerd hoeft te worden.

Verpakt materiaal

- *Sterilisatie met verzadigde stoom*

Sterilisatie door middel van verzadigde stoom is de meest gebruikte wijze van steriliseren, aangezien dit het meest betrouwbaar en gemakkelijkst te valideren en controleren is¹¹. Door stoom onder hogere dan atmosferische druk te brengen zijn temperaturen mogelijk van boven de 100°C. Afhankelijk van het te behandelen materiaal worden de instrumenten bij 121°C of bij 134°C gesteriliseerd. Dit proces wordt uitgevoerd in autoclaven, waarbij achteraf de procesparameters gecheckt moeten worden. Indien deze niet voldoen dient de lading opnieuw behandeld te worden. Daarnaast is het voor een goede sterilisatie noodzakelijk dat de verpakking permeabel is voor lucht en stoom.

- *Ethyleenoxidesterilisatie*

Ethyleenoxide is door zijn lage kookpunt een zeer effectieve manier om te steriliseren bij lage temperaturen en wordt daarom ook gebruikt voor materiaal dat niet tegen temperaturen boven de 60°C kan en daarom geen gebruik kan maken van verzadigde stoom. Er kleven echter ook nadelen aan het gebruik van ethyleenoxide. Het is een vluchtig, explosief en giftig mengsel en er dient dan ook goed geventileerd te worden. Als gevolg hiervan en eisen ten aanzien van de concentratie mag dit proces in Nederland niet meer binnen een ziekenhuis worden uitgevoerd. In plaats daarvan wordt dit door CSA's uitbesteed aan een extern bedrijf. Voor een goed resultaat dient de verpakking lucht, vochtigheid en ethyleenoxide door te laten.

- *Lage temperatuur stoom en formaldehyde sterilisatie*

Dit proces maakt gebruik van een combinatie van droge verzadigde stoom en formaldehyde en wordt gebruikt voor plastic items en materiaal dat niet meer dan 80°C kan weerstaan. Formaldehyde is echter mogelijk kankerverwekkend, duur en het vereist complexe apparatuur, waardoor het niet erg bruikbaar is voor een ziekenhuis.

- *Plasmasterilisatie*

Deze methode is geïntroduceerd als sterilisator voor lage temperaturen binnen ziekenhuizen. Na een diep vacuüm en door middel van verhoging van de temperatuur en droging wordt het materiaal aan injecties van waterstofperoxide onderworpen, gevolgd door een diffusie- en transformatieproces van het waterstofperoxide in gasplasma onder de invloed van energetische golven¹². Er zijn echter enkele beperkingen aangaande de invloed van enkele materialen op deze procedure. Daarnaast zijn er enkele materialen die niet met deze procedure samengaan en daarom mogen er geen materialen met cellulose, poeders of vloeistoffen dit sterilisatieprocedé ondergaan. Vanwege de lage penetratiegraad geldt dit ook voor instrumenten met te nauwe of lange holtes.

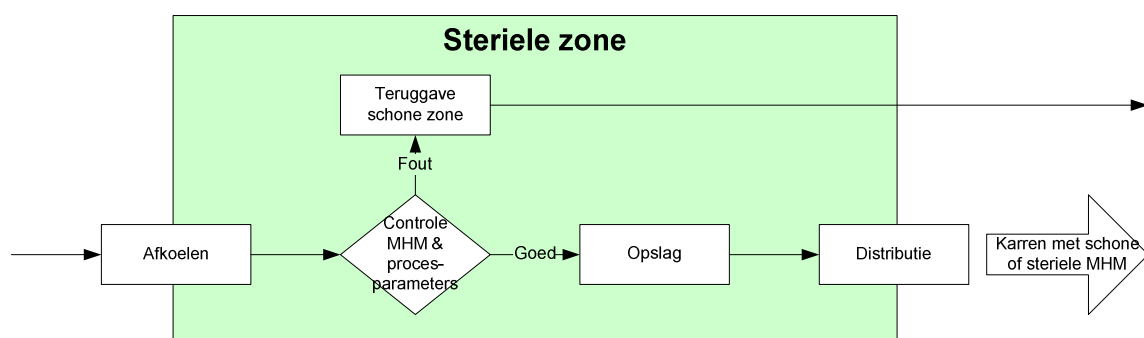
Niet verpakt materiaal

In geval van grote spoed kunnen MHM ook handmatig dan wel machinaal ondergedompeld worden in een ontsmettende oplossing. Deze oplossing bestaat meestal uit perazijnzuur of glutaraaldehyde. Voor dit proces dienen de instrumenten niet verpakt te worden. Aangezien er geen middelen zijn om de doeltreffendheid te controleren dient men dit te zien als een ontsmetting van hoog niveau en niet als een sterilisatie van het materiaal.

Niet gesteriliseerd materiaal

Materialen die niet gebruikt worden voor het penetreren van menselijk weefsel, zoals veel anesthesie materiaal, hoeft niet te worden gesteriliseerd. Na te zijn gereinigd en gedesinfecteerd worden deze materialen verpakt en verzonden naar de distributieruimte.

3.3.3 Steriele zone



Figuur 3-7 Inrichting steriele zone

In de steriele zone worden de steriele MHM gedistribueerd. In het figuur hierboven is de inrichting van de steriele zone weergegeven. In het geval van sterilisatie met verzadigde stoom zullen de MHM eerst moeten afkoelen. Vervolgens worden de procesparameters gecheckt. Mochten deze niet overeenkomen met de voorgeschreven regels dan worden de MHM teruggezonden naar de schone zone. Als ze wel voldoen wordt de sterilisator ontladen en worden de MHM opgeslagen en gedistribueerd. Ook hier zijn er weer verschillende opties afhankelijk van de locatie van het magazijn.

Locatie magazijn nabij de CSA

Mocht het magazijn zich naast de CSA bevinden dan worden de steriele MHM niet op een transportkar geladen, maar direct in een magazijn opgeslagen. Wanneer de MHM weer nodig zijn voor gebruik dan worden deze in transportkarren geladen en naar de klant vervoerd.

Centrale ligging magazijn

In dit geval worden de steriele MHM meteen in karren geladen en klaargezet voor transport. Hierbij heeft elke klant zijn eigen kar en zijn eigen transportrooster.

3.4 Aansturing

Naast de inrichting dient het proces ook aangestuurd te worden. In de komende paragraaf zal dan ook de aansturing van het proces ter sprake komen, gevolgd door de werknemers van de CSA.

3.4.1 Aansturing van het proces

De productiewijze in een CSA is door de bestaande machines min of meer batchgewijs. Steeds wanneer een machine volledig beladen is wordt deze aan het werk gezet. Maar in de manier hoe een product door een systeem gaat is een tweedeling te maken. Een product kan door het aanbod door het systeem gedrukt worden, het zogenaamde *push* principe. Het is ook mogelijk dat de productie pas start als een klant een order heeft geplaatst, wat bekend staat als het *pull* principe. In het geval van een CSA is de aankomst van vuile MHM in de vuile zone de 'trigger' die het proces in beweging zet. Het product wordt als het ware door het proces geduwd. Hier wordt dus geproduceerd volgens het *push* principe. Echter per zone kan dit verschillen, afhankelijk van de keuze waarop de CSA stuurt. Hieronder zullen enkele van deze aansturingsmechanismen besproken worden.

Kwaliteit

Elke CSA heeft te maken met strenge wetten en protocollen omtrent de processen die te maken hebben met de desinfectie en sterilisatie van MHM. Deze regelgeving is uiteindelijk bedoeld om een hoogstaande patiëntenzorg te garanderen om infectiegevaar bij patiënten binnen de ziekenhuizen te verlagen. Daarnaast dient natuurlijk ook de veiligheid van de eigen werknemers gewaarborgd te worden. Het garanderen van deze hoogstaande kwaliteit heeft dan ook de hoogste prioriteit en wordt bereikt door meerdere maatregelen. Ten eerste zijn er strenge kledingvoorschriften voor zowel de medewerkers als bezoekers. Deze dienen volledig steriel de CSA te betreden. Daarnaast dient men roulatie van de medewerkers tussen de verschillende zones zoveel mogelijk te voorkomen. Ook dienen er meerdere inspectiemomenten ingebouwd te zijn om de kwaliteit te controleren. Mocht een MHM of een set nog niet schoon zijn of voldoen de procesparameters niet aan de eisen, dan wordt de desbetreffende MHM of de set teruggestuurd naar de vorige afdeling om nogmaals behandeld te worden.

Doorlooptijd

Met het sturen op doorlooptijd wordt bedoeld de doorlooptijd van alle MHM zoveel mogelijk te minimaliseren. Een korte doorlooptijd heeft een tweeledig effect. Als eerste verwachten klanten dat de benodigde MHM ten allen tijde beschikbaar zijn. Ten tweede zijn medische instrumenten zeer kostbaar en is het wenselijk om het bestand van MHM laag te houden. Voor een korte doorlooptijd wordt het aanbevolen om het proces zoveel mogelijk te balanceren¹³ en te produceren volgens het First Come First Served (FCFS) principe, wat inhoudt dat de volgorde waarin de MHM aankomen ook de volgorde is waarin deze behandeld worden. Door het aankomstpatroon en de verschillende capaciteiten binnen het proces op elkaar af te stemmen kunnen wachttijden binnen het proces zoveel mogelijk worden geëlimineerd, wat resulteert in een kortere doorlooptijd.

Levertijd

Bij sturen op levertijd worden er met de klant afspraken gemaakt over wanneer de benodigde MHM te leveren. Dit kan gekoppeld zijn aan een tijdstip, waar de CSA de MHM aflevert op het afgesproken tijdstip. Een andere mogelijkheid is om de levering van MHM te koppelen aan de doorlooptijd. Bijvoorbeeld dat bij aankomst van een MHM deze binnen x aantal uur weer beschikbaar is voor de klant. In beide gevallen is men vrijer in de keuze van de volgorde van de te behandelen instrumenten en kan men naar gelang de status van het te behandelen materiaal deze voorrang geven. De voortschrijdende techniek van het tracken en tracen van producten biedt kansen om het product tijdens het proces beter te volgen en naar gelang de situatie in te grijpen en het proces bij te sturen. Ook zijn er kansen op het gebied van een betere afstemming tussen de klant en de CSA.

3.4.2 De CSA werknemer

Op de CSA werken "medewerkers steriele medische hulpmiddelen" die zijn opgeleid om de diverse hulpmiddelen op de juiste wijze te behandelen, de apparatuur te bedienen en de "klanten" te informeren over het gebruik en de mogelijkheden van steriele medische hulpmiddelen¹⁴. Deze medewerkers dienen op een regelmatige basis cursussen te volgen om bij te blijven op het gebied van de ontwikkeling van nieuwe medische instrumenten. Aan de hand van de productieaantallen per jaar, uitgedrukt in standaard eenheden (STE), zijn er door de College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen richtwaarden opgesteld voor het aantal werknemers per ruimte. Een standaard eenheid komt hierbij overeen met ruwweg 2 sets.

Productie	
<i>Jaarproductie</i>	<i>52000 sets/ jaar</i>
<i>Dagproductie (bij 250 werkdagen per jaar)</i>	<i>208 sets/ dag</i>
Aantal formatieplaatsen	
<i>Reiniging</i>	<i>4</i>
<i>Assembleren & inpakken</i>	<i>7</i>
<i>Steriele opslag</i>	<i>3</i>
<i>Totaal</i>	<i>14</i>

Tabel 3-1 Ruimtebepaling CSA op basis van jaargebruik¹⁵

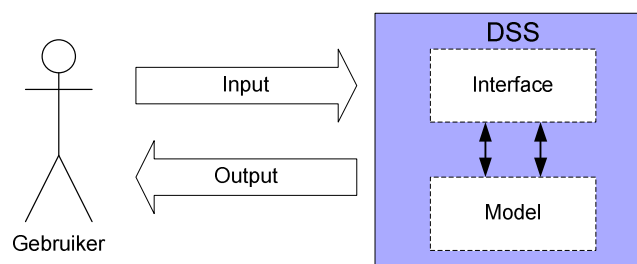
De openingstijden van een CSA zijn afhankelijk van de operatietijden van de klant. Wanneer de vuile MHM aankomen op de CSA begint men hier met werken. Dit is dus afhankelijk van de gemaakte afspraken met de klant(en). Al kan men eerder beginnen om opgelopen achterstanden nog in te lopen. Men stopt met werken wanneer men heeft voldaan aan de afspraken of wanneer de laatste instrumenten zijn gereinigd. Zeker als een CSA grote ziekenhuizen als klant heeft houdt dit in dat men 's morgens vroeg al moet beginnen met werken en tegen de avond pas kan stoppen. In dit geval wordt er in een ploegendienst gewerkt, welke volgens de CAO minimaal 10 kalenderdagen van te voren bekend moet zijn. Het inplannen van het rooster gebeurt op basis van historische data. Zo zijn er tijdens de nacht en in het weekend minder operaties en zullen er dan ook minder CSA medewerkers ingeland worden.

4 Opzet Decision Support System

Voor het opzetten van een DSS zullen eerst de verschillende elementen moeten worden uitgelicht, zoals de actoren en hun interactie met het DSS. Vervolgens zal er op de eisen worden ingezoomd door middel van een conceptueel model. Hierin worden alle eisen ten aanzien van het DSS beschreven en verklaard.

4.1 Elementen Decision Support System

Een DSS kent verschillende elementen, zoals weergegeven in figuur 4-1¹⁶. Hieronder zullen de verschillende elementen en hun interactie worden toegelicht.



Figuur 4-1 Elementen Decision Support System

De gebruiker

De typische gebruiker is ten eerste een persoon met kennis van het primaire proces van een CSA en vanwege het doel van het DSS waarschijnlijk iemand met bevoegdheden en/of verantwoordelijkheid binnen een CSA. Daarnaast heeft de gebruiker enige computerkennis en kan deze overweg met dataverwerkingsprogramma's zoals *Acces* en *Excel*.

In- en output

Het DSS heeft als doel om de besluitvorming omtrent strategische en tactische beslissingen te ondersteunen. Als input van het model zullen scenario's dienen die mogelijke toekomstige veranderingen in de markt weergeven. De output van het DSS zal bestaan uit de gevolgen van deze veranderingen op de performance van het proces. In 4.2.6 en 4.2.7 zal de in- en output verder toegelicht worden.

Decision Support System

Het DSS bestaat uit een interface en het daadwerkelijke model. De interface zorgt voor de interactie tussen de gebruiker en het model. Deze interface moet duidelijk en gebruiksvriendelijk voor de gebruiker zijn. De keuze hiervoor is beschreven in 5.1. Het model is de daadwerkelijk modellering van een CSA. Deze moet correct zijn weergegeven en werken. Voor de inhoud van het model wordt verwezen naar 5.2.

4.2 Conceptueel model

Een conceptueel model wordt gedefinieerd als een niet-software specifieke beschrijving van het te ontwikkelen Decision Support System waarin de doelen, inputs, outputs, inhoud, aannames en simplificaties van het model worden beschreven¹⁷. Het doel hiervan is om de basis uit te zetten voor het uiteindelijk model en is in feite een functionele specificering van de software. Een conceptueel model bestaat uit een schets van de probleemsituatie, de modelleringsdoelen, inputs, outputs en de inhoud van het model.

4.2.1 Probleemsituatie

Zoals blijkt uit de probleemstelling van dit onderzoek is er binnen de CSA UMCG behoefte aan een beslissingsondersteunend instrument voor strategische vraagstukken. Bij de afbakening van het onderzoek kwamen drie afzonderlijke scenario's naar boven welke een goed beeld geven van de vraagstukken waar de CSA van het UMCG momenteel mee zit.

Groei in vraag naar steriele dienstverlening

De CSA van het UMCG heeft de afgelopen jaren een groei in te steriliseren eenheden geregistreerd van 5% per jaar en vanwege verschillende oorzaken aangegeven in hoofdstuk 1 verwacht men dat deze trend zich voortzet. De huidige locatie van de CSA biedt echter geen mogelijkheden tot uitbreiding. Deze groei in productie is niet op te vangen door aanschaf van extra machines. Wel zijn er mogelijkheden met betrekking tot vervangingen van de huidige machines en de inzet van personeel om de efficiency te verhogen. De vraag is hoe lang de CSA van het UMCG op de huidige locatie de groei in productie nog aan kan.

Aanschaf van disposable hulpmiddelen

Op zoek naar oplossingen om de jaarlijkse groei in te steriliseren eenheden het hoofd te bieden is de CSA UMCG gestuit op disposable medische hulpmiddelen. Deze MHM zijn bedoeld voor eenmalig gebruik en leggen zodoende geen beslag op de capaciteit van een CSA. In het geval van de CSA UMCG zou dit betekenen dat een groot gedeelte van het anesthesie materiaal vervangen kan worden door disposable instrumenten. Men is benieuwd welke gevolgen dit heeft voor de performance en de capaciteit van de CSA van het UMCG.

Het realiseren van een nieuwe CSA

De jaarlijkse groei brengt onzekerheid met zich mee of de capaciteit van de CSA UMCG op de huidige locatie voldoende is om deze op te vangen. Opties zijn: uitbesteden of het bouwen van een nieuwe CSA op een andere nog te bepalen locatie. Bij dit laatste scenario is de CSA van het UMCG niet meer gebonden aan de fysieke beperkingen, ook is zij noodzakelijkerwijs niet alleen maar gebonden aan het UMCG. Ook andere ziekenhuizen zouden voorzien kunnen worden van steriele dienstverlening.

4.2.2 Modelleringsdoelen

Modelleringsdoelen kunnen worden opgesplitst in modelleringsdoelstellingen en algemene doelstellingen. Modelleringsdoelstellingen zijn doelstellingen die alle aspecten van het modelleringsproces stuwen. Ze dienen als basis van het model, referentiepunt voor de validatie, gids tijdens het experimenteren en als een meetinstrument voor het bepalen van het succes van de studie. Deze zijn onderverdeeld in strategische en tactische modelleringsdoelstellingen. Algemene doelstellingen zijn kwalitatiever van aard.

Modelleringsdoelstellingen

- *Strategische modelleringsdoelstellingen*
 - Het inzichtelijk maken van de capaciteit van een CSA.
- *Tactische modelleringsdoelstellingen*
 - Het behalen van een reductie in doorlooptijd.
 - Het efficiënter inzetten van personeel.

Algemene doelstellingen

- Een generiek DSS toepasbaar voor elke CSA.
- Een modulaire opbouw van het model zodat uitbreidingen later eenvoudig kunnen worden toegevoegd.
- Gebruiksvriendelijkheid voor de typische gebruiker van het DSS.

4.2.3 Inhoud Decision Support System

De inhoud van het DSS bestaat uit twee dimensies, namelijk de scope en het detailniveau. De scope van het model bepaalt de modelgrenzen van het systeem, zoals beschreven in hoofdstuk 3, en welke componenten in het model terugkomen. Het detailniveau is de mate van detail voor elke component die in de scope is meegenomen.

Scope

In hoofdstuk 3 is op een generieke wijze een CSA beschreven. Hierin is onderscheid gemaakt in het te verwerken product (MHM), het transport, de inrichting van het primaire proces en de mogelijke invulling hiervan (machines), de aansturing en de CSA werknemer. In tabel 4-1 staat de scope van het model weergegeven en waarom de componenten wel of niet zijn meegenomen.

Component	Meenemen/ Uitsluiten	Verklaring
<i>MHM</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Vormen de in- en outputs van het primaire proces</i>
<i>Transport</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Vereist voor centrale ligging CSA</i>

<i>Primair proces</i>		
• Vuile zone: <i>handmatig reinigen</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Aantal handmatig te reinigen MHM niet significant</i>
• Schone zone: <i>reparatie</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Geen invloed op performance primair proces</i>
<i>Machines</i>		
• <i>Tactmachine</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Veel gebruikte machine op een CSA</i>
• <i>Batchmachine</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Veel gebruikte machine op een CSA</i>
• <i>Ultrasoonmachine</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Veel gebruikte machine op een CSA</i>
• <i>Karrenwasmachine</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Geen invloed op performance primair proces</i>
• <i>Droogkast</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Veel gebruikte machine op een CSA</i>
• <i>Sterilisatoren</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Veel gebruikte machine op een CSA</i>
<i>Aansturing</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Bepaald flow door primair proces</i>
<i>CSA werknemer</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Bepaald capaciteit CSA</i>

Tabel 4-1 Scope Decision Support System

Detailniveau

In tabel 4-2 is voor de meegenomen componenten het detailniveau bepaald en waarom het detail wel of niet is meegenomen. Details aangegeven met een * zullen onder de tabel verder worden toegelicht.

Component	Detail	Meenemen/ Uitsluiten	Opmerking
<i>MHM</i>	<i>Diversificatie type MHM (set, los & anesthesie)</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Significant verschil in volume en bewerkingstijd</i>
	<i>Routing</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Verschildt per MHM</i>
	<i>Spoedorders</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Bestaan officieel niet meer</i>
	<i>Interarrival times*</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Gemodelleerd als een empirische distributie als een percentage per uur van het totale aanbod per dag</i>
<i>Transport</i>	<i>Transportduur</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Zorgt voor vertraging aanbod en verwerking</i>
	<i>Transportmoment</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Bepaald spreiding van MHM over de dag</i>
<i>Primair proces</i>	<i>Werkplekken</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Invloed op bezettingsgraad werknemers bij overlappende diensten</i>
	<i>Kosten</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Niet expliciet gemodelleerd, maar kunnen worden benaderd door inzet van het personeel en bezettings-graad machines</i>

<i>Machines</i>	<i>Procestijdverdeling</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Spreiding is klein en komt de gebruiksvriendelijkheid ten goede</i>
	<i>Capaciteit</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Bepaald capaciteit CSA</i>
	<i>Laadrekken</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Bepaald capaciteit CSA</i>
	<i>Minimale belading*</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Ter voorkoming van lage benutting machines bij laag aanbod of een regelmatig aankomstproces</i>
<i>Aansturing</i>	<i>Kwaliteit</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Geen invloed op performance primair proces</i>
	<i>Doorlooptijd</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Meest voorkomende aansturingregel</i>
	<i>Levertijd</i>	<i>Uitsluiten</i>	<i>Geen modelleringsdoel</i>
<i>CSA werknemer</i>	<i>Procestijdverdeling*</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Significant verschil in bewerkingstijden MHM</i>
	<i>Batchgrootte</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Bepalend voor doorlooptijd</i>
	<i>Dienstrooster</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Stuurregel beheersing capaciteit en doorlooptijd</i>
	<i>Efficiency</i>	<i>Meenemen</i>	<i>Significant verschil productiviteit werknemers</i>
	<i>Pauzes</i> <i>Ziekteverzuim</i>	<i>Meenemen</i> <i>Uitsluiten</i>	<i>Invloed op doorlooptijd MHM</i> <i>Niet expliciet gemodelleerd, maar kan worden gemodelleerd door veranderingen dienstrooster</i>

Tabel 4-2 Detailniveau Decision Support System

Bij de systeemafbakening in hoofdstuk 2.3 is bepaald om het transport van en naar de CSA mee te nemen in het onderzoek. Om de invloed van het transportmoment mee te nemen dient er een verdeling ingevuld te worden van het gebruik van MHM van de klanten over de dag. Dit wordt gedaan door gebruik te maken van interarrival times van MHM, die het gebruik van een klant modelleren. Aangezien deze verdeling klantspecifiek is en er weinig tot geen generiek onderzoek is naar gebruik van MHM in ziekenhuizen, is er gekozen voor een empirische verdeling. Per uur dient het procentuele gebruik van MHM van een gemiddelde dag ingevuld te worden. Door de grens van het systeem te leggen bij de output van de klant, is het gevolg van de gekozen transportmomenten beter zichtbaar en kan hier waar mogelijk op ingespeeld worden.

De beladingsgraad van een machine en het moment van starten van een charge berust voornamelijk op de ervaring van de werknemers. Om dit mee te nemen is ervoor gekozen om de minimale beladingsgraad van een machine in te kunnen stellen. Bij een grote CSA met veel machines zal het effect van niet geheel beladen machine gering zijn en kan dit gebruikt worden om doorlooptijden te minimaliseren. Als er echter maar één machine is zal, om wachtrijen te voorkomen, deze zoveel mogelijk volledig beladen worden. Daarnaast is het instellen van de beladingsgraad van machines van belang bij het moment van het starten van een charge. De algemene stuurregel is dat een charge wordt gestart als een machine

volledig beladen is, of wanneer zich geen wachtende MHM voor de machine meer bevinden. Als de MHM in grote batches tegelijk aankomen is dit geen probleem. Echter wanneer er sprake is van een regelmatig aankomstpatroon, zullen zich regelmatig geen MHM voor de machine in de wachtrij bevinden, waardoor charges te vroeg gestart worden.

Bij handmatige activiteiten is de procestijd bij enkele handelingen niet alleen afhankelijk van het type MHM (set, los of anesthesie materiaal), maar ook binnen een groep is er spreiding wat betreft de procestijden. Activiteiten zoals het ontladen van machines en vervoeren van MHM is de procestijd onafhankelijk van de MHM. Echter bij voorbehandeling van MHM in de vuile zone en tijdens de assemblage is dit afhankelijk van de MHM. Bij sets bijvoorbeeld is deze afhankelijk van het aantal MHM, het aantal lumen en of ze demontabel zijn. Om deze spreiding mee te nemen, zonder daarbij het verzamelen van data al te zeer te bemoeilijken, is gekozen voor een driehoeksverdeling.

4.2.4 Aannames

- Alle in te voeren data zijn bekend of er kan tenminste een reële benadering gegeven worden.
- Het eerste compartiment van een tactmachine bevat altijd een ultrasone reinigingsinstallatie.
- De sterilisatoren hebben een vaste toekenning van de te gebruiken temperatuur tijdens de sterilisatie.

4.2.5 Simplificaties

- Alle parameters worden eenmalig ingesteld. Het is dus geen dynamisch model.
- De keuze voor het instellen van transport geldt voor alle klanten.
- Voor een correcte werking van het model is het onmogelijk om zowel een tactmachine als een aparte ultrasone reinigingsinstallatie te hebben.
- Werknemers verwerken de eerste taak die hen aangeboden wordt.

4.2.6 Invoer: Scenario's

De invoer van het DSS is een scenario voor strategische dan wel tactische doeleinden. Vraagstukken rondom strategische besluitvorming kunnen bestaan uit capaciteitsvraagstukken (verandering in groei en/of productmix) en de plaatsing van een CSA in de markt (trade-off tussen service en kosten). Tactische scenario's gaan over de invulling van een CSA, zoals bijvoorbeeld de afstemming van een dienstrooster op het aanbod van MHM. Voorbeelden van mogelijke scenario's staan beschreven in de probleemsituatie. In tabel 4-3 staan de knoppen waaraan gedraaid kan worden om dergelijke scenario's in te vullen.

Component	Eenheid
<i>MHM</i>	
• <i>Productie</i>	<i>Aantal MHM per dag</i>
• <i>Interarrival times</i>	<i>Percentage</i>
• <i>Routing</i>	<i>Percentage</i>
<i>Transport</i>	
• <i>Transportduur</i>	<i>Minuten</i>
• <i>Transportmoment</i>	<i>Uu:mm</i>
<i>Primair proces</i>	
• <i>Werkplekken</i>	<i>Aantal werkplekken</i>
<i>Machines</i>	
• <i>Aantal</i>	<i>Aantal machines</i>
• <i>Procestijd</i>	<i>Minuten</i>
• <i>Capaciteit</i>	<i>Aantal MHM</i>
• <i>Laadrekken</i>	<i>Aantal laadrekken</i>
• <i>Minimale belading</i>	<i>Breuk</i>
<i>Aansturing</i>	
• <i>Aansturingsregel</i>	<i>First Come First Served</i>
<i>Werknemers</i>	
• <i>Procestijdverdeling</i>	<i>Seconden (driehoeks- of constante verdeling)</i>
• <i>Batchgrootte</i>	<i>Aantal MHM</i>
• <i>Diensrooster</i>	
○ <i>Aantal</i>	<i>Aantal werknemers</i>
○ <i>Efficiency</i>	<i>Percentage</i>
○ <i>Begintijd</i>	<i>Uu:mm</i>
○ <i>Eindtijd</i>	<i>Uu:mm</i>
○ <i>Pauzes</i>	<i>Uu:mm</i>

Tabel 4-3 Invoer Decision Support System

4.2.7 Uitvoer: Performance Decision Support System

De uitvoer van een DSS heeft twee doelen. Het eerste doel is het nagaan of doelstellingen bereikt zijn, zoals of de capaciteit afdoende is om de groei in vraag naar steriele dienstverlening het hoofd te bieden. Ten tweede is er de vraag waarom de doelstellingen niet bereikt zijn. Als een reductie in doorlooptijd niet is behaald kan uit de bezettingsgraad van machines en werknemers op verschillende punten in het model de bottleneck worden bepaald en kan worden gezocht naar oplossingen. In tabel 4-4 staat de uitvoer van het DSS weergegeven. Voordat er echter conclusies worden verbonden aan de uitvoer dient het model aan de hand van de uitvoer gevalideerd te worden.

Component	Eenheid
<i>MHM</i>	
• <i>Aanbod</i>	<i>Aantal MHM</i>
• <i>Productie</i>	<i>Aantal MHM</i>
• <i>Doorlooptijd</i>	<i>Minuten</i>
• <i>Wachttijd</i>	<i>Percentage</i>
<i>Machines</i>	
• <i>Bezettingsgraad</i>	<i>Percentage</i>
<i>Werknemers</i>	
• <i>Bezettingsgraad</i>	<i>Percentage</i>

Tabel 4-4 Uitvoer Decision Support System

Door het vergelijken van het aanbod en de productie van MHM kan bekeken worden of de capaciteit toereikend is. Door middel van de doorlooptijd kan bekeken worden of de performance voldoet aan het serviceniveau van een CSA. De bezettingsgraad van de machines en werknemers dient als een inzicht in het proces om te na te gaan waarom doelstellingen niet bereikt worden of om verbetervoorstellen te genereren. Tevens kan de bezettingsgraad van de machines dienen als een indicatie voor de kosten van water- en energieverbruik. Vanwege eisen ten aanzien van de snelheid van het model is voor de weergave van de output gekozen voor gemiddelde waarden. Alleen wat betreft de doorlooptijden van MHM is het mogelijk om de spreiding van doorlooptijden weer te geven voor beter inzicht in de behaalde service van een CSA richting de klant.

5 Modelomgeving

In het komende hoofdstuk zal het DSS geïntroduceerd worden door middel van de gemaakte modelleringskeuzes uit te leggen, een indruk te geven van de vormgeving van het model en een verificatie. Vervolgens zal er een stappenplan gegeven worden voor correct gebruik van het DSS.

5.1 Modelleringskeuzes

Voor het daadwerkelijke ontwerp van het DSS zijn er keuzes gemaakt uit de te gebruiken methodes en opbouw van het model. Deze keuzes worden hieronder toegelicht.

Softwarekeuze

Als eerste is er de keuze op welke wijze het DSS vorm te geven. In dit onderzoek is het een vereiste om gebruik te maken van simulatiesoftware en is de keuze gemaakt om gebruik te maken van Em-Plant 7.6 van Tecnomatix. Deze keuze is gemaakt omdat het programma bekend en beschikbaar is bij zowel de afstudeerder als de opdrachtgever en geschikt is voor sterk stochastische processen, zoals een CSA. Omdat de simulatie een belangrijk onderdeel is van het DSS zal het model voortaan worden aangeduid als een Simulation Based Decision Support System (SB-DSS).

Interface

Bij het zoeken naar een geschikte interface is zoveel mogelijk rekening gehouden met de kennis van de eindgebruiker met bestaande software. Aangezien Em-Plant 7.6 wel bekend is bij de eindgebruiker, maar deze niet bekend is met de werkwijze hiervan is ervoor gekozen om bij het ontwikkelen van de interface zoveel mogelijk gebruik te maken van bekende programma's. Uiteindelijk is voor de interface gekozen voor het programma Microsoft Excel, omdat de eindgebruiker bekend is met dit programma en voor het uitvoeren van zijn functie hier ook gebruik van maakt. Voor het uiteindelijk starten van de simulatie hoeft de eindgebruiker alleen maar op de startknop te drukken in Em-Plant.

Opbouw

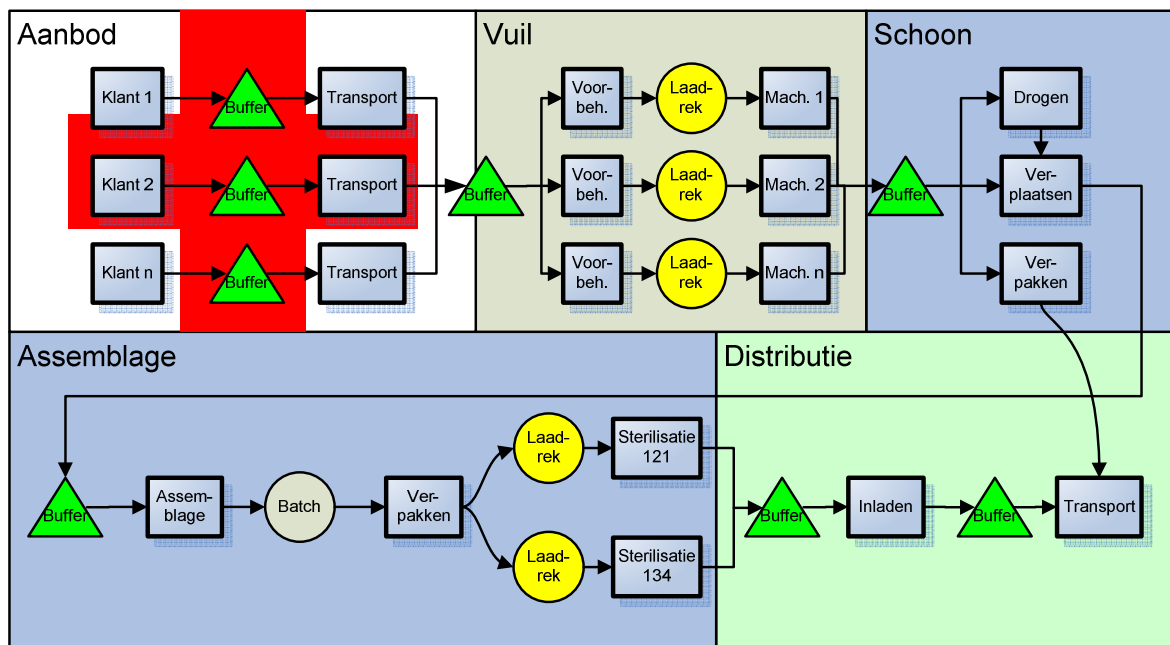
Voor de opbouw van het model is zoveel mogelijk gekeken naar de systeembeschrijving uit hoofdstuk 3. Grofweg is hierin een driedeling te maken, namelijk: het aanbod, een CSA en de resources. Deze indeling is in het model aangehouden. Binnen een CSA worden drie verschillende zones onderscheiden. In het model is er echter voor vier verschillende zones gekozen, zoals ook het geval is bij de CSA van het UMCG. De voornaamste reden is dat elke zone een aparte taak behelst van het sterilisatieproces waarmee het model zo modulair mogelijk gehouden is. En daarnaast is het voor de eindgebruiker herkenbaar.

5.2 Realisatie: CSA Simulated

De realisatie van het SB-DSS, genaamd CSA Simulated, is opgesplitst in twee delen. Als eerste zal de vormgeving en een korte uitleg van de werking gegeven worden. Voor een uitgebreide uitleg van de werking van het model wordt verwezen naar de handleiding. In de laatste paragraaf zal de verificatie van het model besproken worden.

5.2.1 Vormgeving

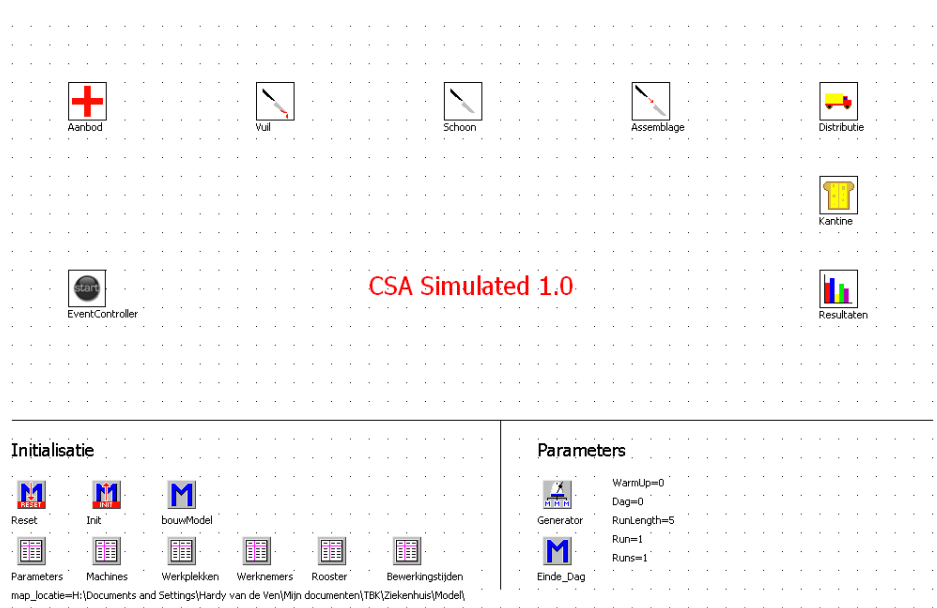
In figuur 5-1 is de opbouw van het model in de verschillende frames weergegeven. Daarnaast is de *flow* van MHM door het model weergegeven. Voor de interface van het SB-DSS is er gebruik gemaakt van een mix tussen Microsoft Excel en Em-Plant. De invoer van scenario's gebeurt in Excel. Dit bestand wordt vervolgens ingelezen in eM-Plant, waarna de gebruiker alleen nog op de startknop hoeft te drukken.



Figuur 5-1 Opbouw CSA Simulated

CSA Simulated

Het model waarin een CSA wordt gemodelleerd is CSA Simulated gedoopt. In figuur 5-2 is hiervan een screenshot weergegeven. De indeling in verschillende zones is hierin duidelijk terug te vinden. Voor de werking van het model hoeft de gebruiker alleen maar op start te drukken, waarna de output na enige tijd vanzelf verschijnt.



Figuur 5-2 Screenshot CSA Simulated

Invoer van gegevens

Voor het invoeren van gegevens is een Microsoft Excel bestand aangemaakt. Dit bestand bestaat uit 11 verschillende tabbladen. Elk tabblad bevat een aantal velden die specifiek zijn voor een CSA. Deze kunnen door de gebruiker worden ingevuld om zijn CSA te bekijken, te verbeteren of een geheel nieuwe CSA op te bouwen. In tabel 5-1 is de functie van de verschillende tabbladen beschreven.

Tabblad	Functie
Parameters	Instellingen van het simulatiemodel
Dagproductie	Het aanbod van MHM per dag en de routing
Uurproductie	Verdeling van het aanbod aan MHM over de dag
Transport naar de CSA	Transportduur en –momenten van de CSA naar de klant
Transport van de CSA	Transportduur en –momenten van de klant naar de CSA
Machines	Aantal, procestijden, capaciteit en minimale belading
Werkplekken	Aantal werkplekken per zone
Bewerkingstijden	Tijden handmatige bewerkingen
Werknemers	Aantal werknemers per dienst per zone
Roostering	Tijden en pauzes
Rooster	Eenvoudigere omzetting van Excel naar eM-Plant

Figuur 5-3 Invoervelden CSA Simulated

Uitvoer

De uitvoer van gegevens zoals vastgelegd in het conceptuele model wordt bijgehouden in het frame resultaten. Als een simulatie run afgelopen is worden alle resultaten weggeschreven naar drie verschillende Excel bestanden. Één bestand bevat de doorloop- en wachttijden, één de bezettingsgraden en één het aanbod per dag en de gerealiseerde productie. De uitvoer van CSA Simulated bevat gemiddelde resultaten. Echter het is mogelijk om alle individuele doorlooptijden van alle MHM bij te houden. Deze tijden kunnen door de gebruiker zelf bewerkt worden om inzicht te verkrijgen in de spreiding van de doorlooptijden. Als deze functie ingeschakeld is zal de snelheid van het model afnemen.

5.2.2 Verificatie

Bij verificatie wordt onderzocht in hoeverre het conceptuele model correct is vertaald naar het simulatiemodel. Om hiervoor zorg te dragen is tijdens de ontwikkeling regelmatig overleg geweest met de gebruiker. Alle onderdelen benoemd in het conceptuele model zijn aanwezig en werken op een correcte wijze. Om na te gaan of het model ook daadwerkelijk aan alle eisen en wensen voldoet is een gebruikerstest afgenomen bij drie typische gebruikers. Deze gebruikerstest zal in hoofdstuk 7 worden gebruikt om CSA Simulated te evalueren.

5.3 Gebruik DSS: Stappenplan voor gebruik CSA Simulated

Voor correct gebruik en het genereren van betrouwbare resultaten van CSA Simulated dient voorafgaand aan elke simulatie van een CSA een aantal stappen doorlopen te worden. In het vervolg zullen de betekenis en de functie van deze simulatiestappen gegeven worden. In hoofdstuk 6 zullen deze stappen voor de CSA van het UMCG doorlopen worden als voorbeeld van een mogelijke invulling.

1. Dataverzameling

Dataverzameling is het proces van het verzamelen van alle relevante gegevens voor de invoer van CSA Simulated en de analyse van de te simuleren CSA. Voor de verzameling van data kan onderscheid gemaakt worden in drie verschillende types, namelijk beschikbaar, niet beschikbaar maar verzamelbaar en niet beschikbaar en niet verzamelbaar¹⁸. De eerste categorie betreft bijvoorbeeld de fysieke layout van een fabriek, aantal werknemers, dienstrooster en de procestijden van machines. De tweede categorie moet verzameld worden. Voorbeelden hiervan zijn handmatige procestijden, interarrival times, en doorlooptijden. De laatste categorie is niet beschikbaar en kan ook niet verzameld worden. Deze komen vaak voor omdat het probleem in de echte wereld niet bestaat of dat het vanwege de tijdspanne van het simulatieonderzoek het niet mogelijk is deze te achterhalen. Voor dit type data dienen er benaderingen gemaakt te worden. De dataverzameling is een zeer belangrijke fase. Hoe betrouwbaarder de verzamelde data, hoe betrouwbaarder de analyse van de CSA en de uitvoer van het SB-DSS.

2. *Analyse van de te simuleren CSA*

De analyse is bedoeld om inzicht te verkrijgen in het proces van de te simuleren CSA door het bepalen van de capaciteit, bezettingsgraden van de resources en doorlooptijden van de MHM. Het doel van de analyse is tweeledig. Ten eerste dient het als referentiepunt voor de validatie van het model en de gekozen invoer. Ten tweede kunnen probleemgebieden worden blootgelegd en aangrijpingspunten voor verbetering worden geformuleerd. Deze kunnen dienen als een beginpunt van nieuw in te voeren scenario's.

3. *Validatie ten opzichte van de te simuleren CSA*

Validatie is het proces om te verzekeren dat het model voldoende accuraat is voor het bepaalde doel¹⁹. Het gaat dus na in hoeverre de output van het model overeenkomt met de werkelijkheid. Dit kan door de uitvoer van het model te vergelijken met de gevonden waarden uit de analyse. Mocht de uitvoer van het model niet voldoende overeenkomen met de gevonden waarden uit de analyse dan dienen de uitkomsten van het SB-DSS voorzichtig behandeld te worden.

4. *Simulatie scenario's*

Tijdens de simulatie worden de ingevoerde scenario's doorgerekend ter ondersteuning van strategische en tactische besluitvorming. Elke simulatie bestaat uit meerdere fases, die hieronder worden besproken.

4.1. Doel scenario

De formulering van het doel van het scenario.

4.2. Instellingen simulatiemodel

Uit de scenario's vloeien de instellingen van het simulatiemodel voort, zoals het aanbod, dienstrooster etc..

4.3. Observaties en analyse

Een overzicht van opvallende en/ of afwijkende resultaten en een verklaring van de resultaten.

4.4. Conclusie

Op basis van de analyse worden de belangrijkste effecten van het scenario geformuleerd en waar mogelijk aanbevelingen gegeven.

6 Pilot CSA Simulated

In het komende hoofdstuk zal het stappenplan voor gebruik van CSA Simulated uitgewerkt worden aan de hand van de CSA van het UMCG.

6.1 Dataverzameling

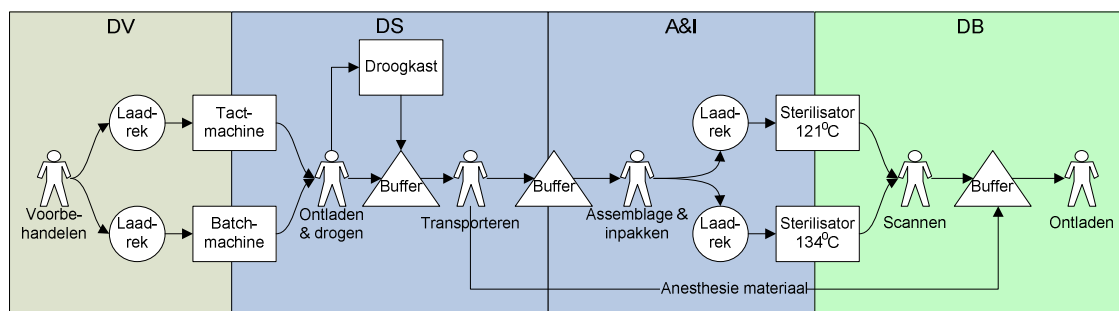
Voor de verzameling van data bij de CSA van het UMCG is gebruik gemaakt van verschillende methoden. Door middel van een rondleiding en gesprekken met stafmedewerkers is de fysieke layout (aantal machines en werkplekken), procestijden van machines en het dienstrooster achterhaald. Voor de bewerkingstijden van de handmatige activiteiten is gebruik gemaakt van een vorig onderzoek²⁰. Deze tijden zijn toendertijd bepaald door middel van metingen op de werkvloer en gesprekken met teamleiders. Deze bewerkingstijden zijn voor dit onderzoek nogmaals gechecked met de teamleiders en waarnodig door nieuwe tijdstudies aangepast. Voor het verzamelen van de data ten behoeve van de doorlooptijden en productieaantallen is gebruik gemaakt van een datavolgsysteem van de MHM. Deze staat beschreven in bijlage III. Voor het bepalen van de interarrival times van de MHM is gedurende 10 werkdagen voor de twee grootste klanten van de CSA van het UMCG (OC en ODBC) het aantal gebruikte MHM per uur bijgehouden.

6.2 Analyse CSA UMCG

Voor de analyse van de CSA UMCG zal eerst de capaciteit in kaart worden gebracht. Vervolgens zal er gekeken worden naar de productie, de benutting van de capaciteit en het aanbod van MHM. Nadat de capaciteit en het aankomstproces in kaart is gebracht zullen de prestaties van de CSA UMCG nader bekeken worden aan de hand van doorlooptijden van MHM en bezettingsgraden van resources. Na elke stap zullen de belangrijkste observaties gegeven worden en zal de analyse worden afgesloten met een conclusie.

6.2.1 Capaciteit CSA UMCG

Voor het bepalen van de capaciteit zullen eerst de verschillende stappen in het proces van de CSA UMCG weergegeven worden. Dit is gedaan in figuur 6-1.



Figuur 6-1 Inrichting CSA UMCG

Tijdens de dataverzameling zijn de procestijden van de machines en handmatige activiteiten bepaald. Samen met de fysieke layout van het proces en het dienstrooster kan hieruit de capaciteit bepaald worden. De nachtdienst is in deze berekening niet mee genomen omdat deze binnenkort eruit gaat. In tabel 6-1 staat per MHM soort het maximum aantal te verwerken MHM per capaciteitsbron. De volgende capaciteitsbronnen worden onderscheiden: medewerkers per zone (Desinfectie Vuil, Desinfectie Schoon, Assemblage & Inpak en Distributie) en de verschillende machines.

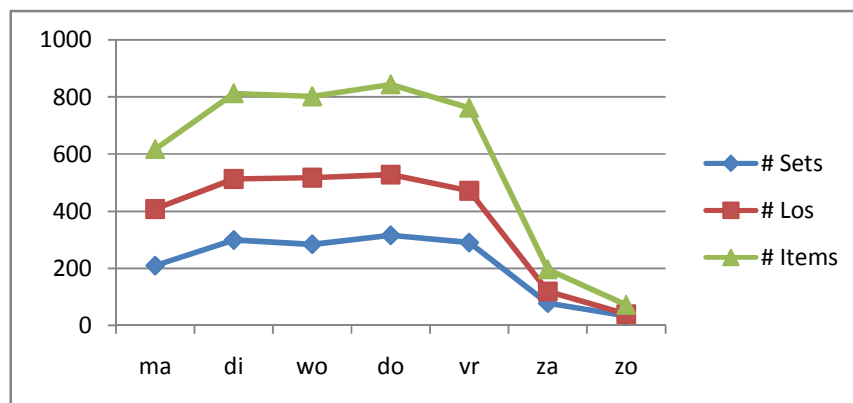
	DV handelen	Voorbe- tract	Batch	DS Ontladen	Drogen	Droogkast	A&I Assem- bleren	Inpakken	Sterilisator	DB Scannen	Ontladen
Sets	2560	1024	372	1536	1371	480	651	3840	873	5760	1152
Los	6063	4096	1672	6912	4937	1728	11520	7680	2618	17280	3456
Anesthesie	5760	4096	1672	6912	4937	1728					

Tabel 6-1 Capaciteit CSA UMCG per MHM

- De batchmachine heeft voor alle drie de MHM soorten de laagste capaciteit per dag.

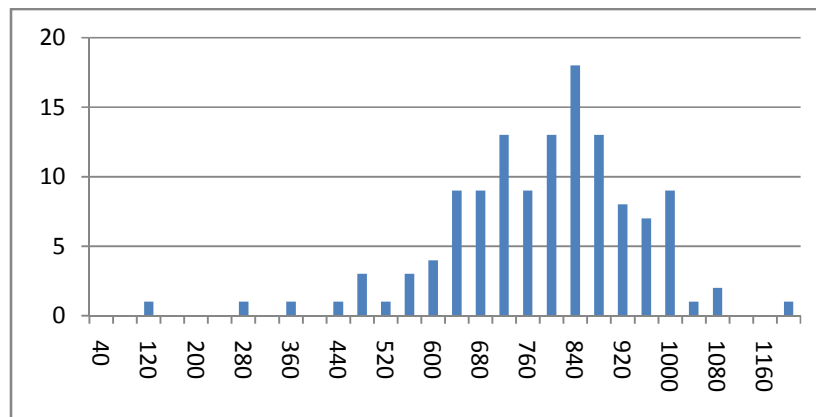
6.2.2 Productie CSA UMCG

In figuur 6-2 is de productie voor een gemiddelde week weergegeven voor sets en los materiaal. Anesthesie materiaal wordt nog niet gescand en zodoende is er geen betrouwbare data om de productie van anesthesie materiaal voor een gemiddelde week te bepalen.



Figuur 6-2 Weekproductie CSA UMCG

Tevens is gekeken naar de spreiding van de productieaantallen. Hiervoor zijn alleen de normale doordeweekse productiedagen meegenomen en zijn weekenden en feestdagen achterwege gelaten. Het aantal MHM per dag is hier uitgezet tegen de frequentie. Dit is weergegeven in figuur 6-3.



Figuur 6-3 Spreiding aanbod per dag

- Er is een duidelijk weekpatroon zichtbaar.
- De spreiding van de productie per dag is relatief groot. De mediaan bedraagt 800 items tegenover een gemiddelde van 770 items per dag.

6.2.3 Benutting capaciteit CSA UMCG

Bij de benutting van de capaciteit zijn niet alleen de capaciteiten van de resources binnen het proces van belang, maar ook de verdeling van de MHM over die resources. In tabel 6-2 is de benutting per resource weergegeven voor zowel de gemiddelde productie als voor de dagen met de 5% hoogste productie. In het groen staat de benutting van de werknemers per zone en rechts van de machines.

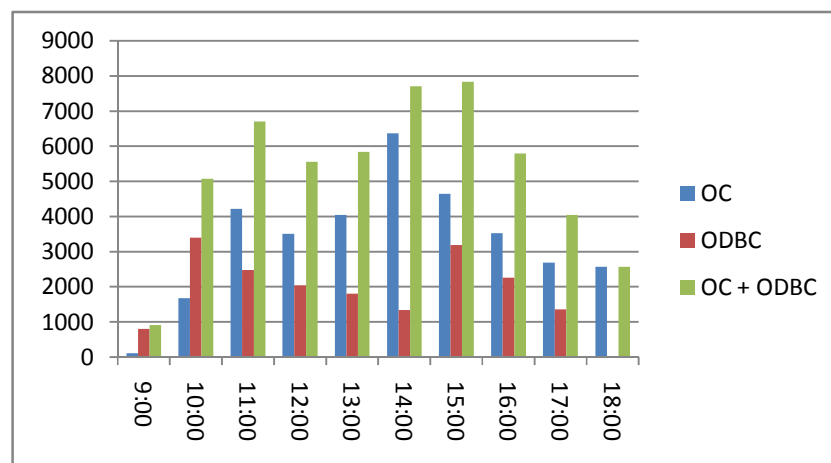
<i>Gemiddelde Productie</i>								
	DV	DS	A&I	DB	Tact	Batch	Droogkast	Sterilisator
Sets	11,67%	21,62%	53,67%	31,11%	21,70%	15,55%	5,83%	32,08%
Los	8,57%	11,51%	11,27%	18,04%	1,40%	25,69%	10,71%	18,60%
Anesthesie	7,57%	12,94%			0,00%	24,46%	17,75%	
Totaal	27,81%	46,07%	64,94%	49,15%	23,10%	65,70%	34,29%	50,68%
<i>Top 5% productie</i>								
Sets	16,04%	29,73%	73,79%	42,78%	29,84%	21,38%	8,02%	44,11%
Los	11,28%	15,15%	14,84%	23,74%	1,84%	33,81%	14,10%	24,48%
Anesthesie	9,85%	16,83%			0,00%	31,81%	23,09%	
Totaal	37,17%	61,72%	88,63%	66,52%	31,68%	87,01%	45,21%	68,60%

Tabel 6-2 Benutting capaciteit CSA UMCG

- De batchmachine wordt het meest benut.
- Van alle medewerkers worden de assemblagemedewerkers het meest benut.
- De benutting van de verschillende resources varieert sterk. Dit komt ook overeen met de bevindingen van de werknemers.

6.2.4 Aankomst MHM

Om inzicht te verkrijgen in het aankomstpatroon van MHM is voor de twee grootste klanten van de CSA, het operatiecentrum (OC) en het operatief dagbehandelingscentrum (ODBC) het gebruik tijdens 10 werkdagen bijgehouden. Het gebruik van MHM verschilt per operatie. Voor langere operaties zijn over het algemeen meer MHM nodig in vergelijking met kortere operaties. Later op de dag zal het gebruik van MHM per operatie dus toenemen. Om dit effect mee te nemen is het gebruik van MHM per operatie per uur bijgehouden. Dit is gekoppeld aan de eindtijden van operaties, wat is weergegeven in figuur 6-4.

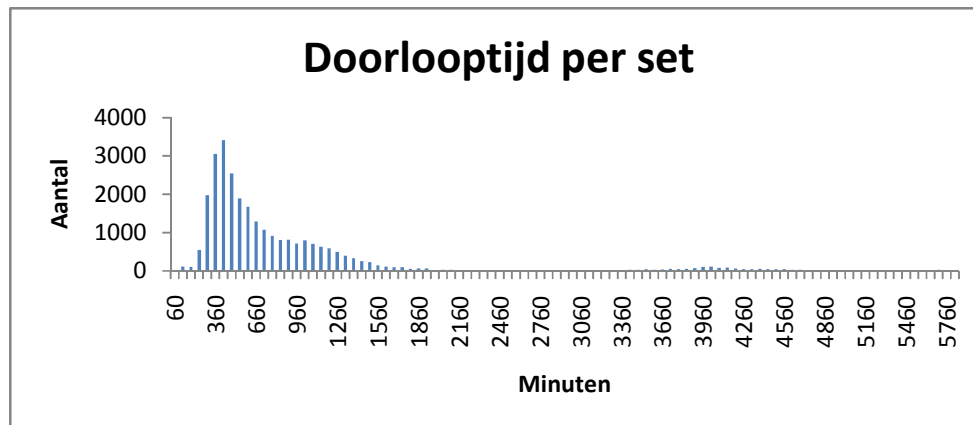


Figuur 6-4 Aankomstpatroon MHM OC & ODBC

- De piek in gebruik van sets is tussen 14:00 en 15:00.
- Voor zowel het OC als het ODBC zijn er twee pieken waar te nemen. Hierin is de invloed van het ochtend- en middag programma voor beide terug te vinden.

6.2.5 Doorlooptijden

Voor de verzameling van de doorlooptijden is gebruik gemaakt van een volgstelsel. Dit stelsel maakt gebruik van verschillende punten in het proces waar de sets gescand moeten worden. Dit staat het beschreven in bijlage III. Eerst zal er gekeken worden naar de gehele doorlooptijd (figuur 6-5), waarna er ingezoomd wordt op de doorlooptijden tussen de verschillende scanpunten (tabel 6-4). Tijdens dit onderzoek werden alleen sets gescand. Er is zodoende geen informatie over de doorlooptijden van het losse materiaal, maar aangezien er in de CSA UMCG veel batchgewijs gewerkt wordt, wordt aangenomen dat deze redelijk overeenkomen.



Figuur 6-5 Doorlooptijd per set

In bovenstaande grafiek zijn waarden groter dan vier dagen (5760 minuten) weggelaten. Deze datapunten zijn waarschijnlijk reparaties dan wel foutieve datapunten. Voor inzicht in de gemiddelde dag is in tabel 6-3 het gemiddelde, de standaarddeviatie en mediaan in minuten weergegeven voor sets met een doorlooptijd kleiner dan anderhalve dag (2160 minuten).

Doorlooptijd sets < 2160 minuten			
% < 2160	Gemiddeld	Standaard Deviatie	Mediaan
87,74%	644,36	363,56	519,80

Tabel 6-3 Doorlooptijd sets kleiner dan anderhalve dag

- De gemiddelde doorlooptijd bedraagt ruim 10 uur. In de praktijk is deze nog langer, omdat de aankomst van sets op de CSA niet wordt geregistreerd en het eerste scanpunt het moment is dat sets in een van de wasmachines gaat.
- De variatie in doorlooptijden is groot.
- De minimale theoretische doorlooptijd bij stuksgewijze productie bedraagt 160 minuten. Dat houdt in dat sets 75% van hun tijd aan het wachten zijn.
- Als het batchgewijs produceren meegenomen wordt in de berekening van de doorlooptijd, komt deze uit op 306 minuten. Dit is ruim de helft minder dan de huidige doorlooptijd.

	17 & 18 → 22	19, 20 & 21 → 22	22 → 26	26 → 27 t/m 31	27 t/m 31 → 33	33 → 34
<i>Doorlooptijd</i>	98,07	148,38	250,70	115,58	91,30	47,95
<i>Bewerkingstijd</i>	55	62	13,8	2	66	0,4
<i>Wachttijd</i>	43,07	86,38	236,90	113,58	25,30	47,55
<i>% Wachten</i>	43,92%	58,22%	94,50%	98,27%	27,71%	99,17%

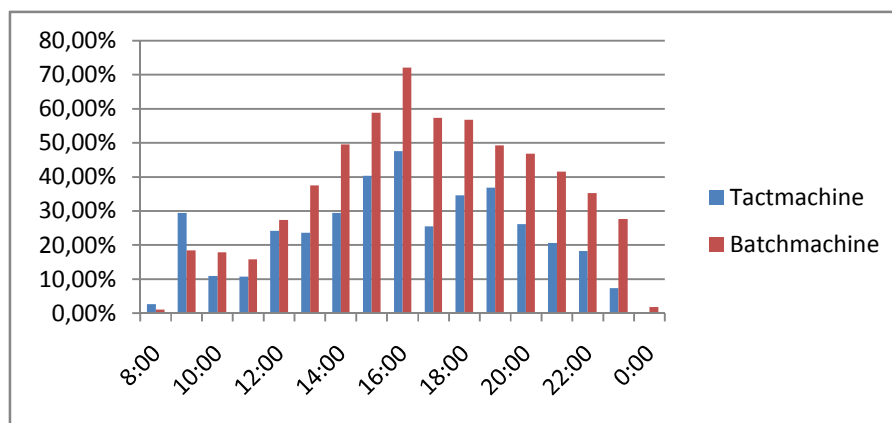
LocatieID	Naam	Omschrijving
17&18	Wasstraten	Begin reinigings- en desinfectie proces
19, 20 & 21	Batchmachines	Begin reinigings- en desinfectie proces
22	Desinfectie schoon	Klaar voor transport naar de Assemblage
26	Assemblage	Einde van assemblage
27 t/m 31	Sterilisatoren	Begin sterilisatie proces
33	Distributie Ruimte	Klaar voor transport
34	CSA uit	Transport naar klant

Tabel 6-4 Doorlooptijd sets per scanpunt

- Er zit een groot verschil in doorlooptijd tussen de sets die over de tactmachine gaan (17 & 18 → 22) en die over de wasmachine gaan (19, 20 & 21 → 22). Bij een nadere inspectie bleek dat de meerderheid van de sets die uit de batchmachines kwamen, in de droogkast werd geplaatst. Gezien de extra bewerkingstijd en de beperkte capaciteit van de droogkast is de toename in doorlooptijd te verklaren.
- De absoluut langste doorlooptijd zit tussen de desinfectie schoon en de assemblage van sets. Een blik op de assemblageafdeling tijdens een werkdag bevestigt dit beeld.
- In de praktijk blijkt dat sets te vroeg CSA uit worden gescand. De doorlooptijd is in werkelijkheid dus groter dan hier weergegeven.

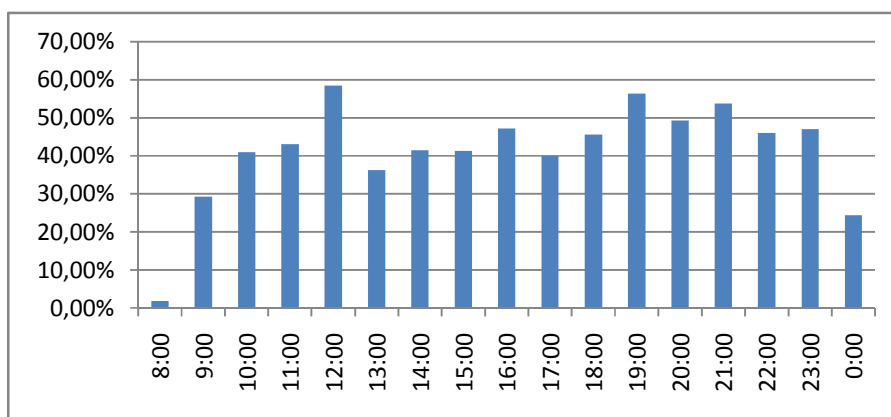
6.2.6 Bezettingsgraden machines

Voor de bezettingsgraden van de machines is het aantal charges per uur uitgezet tegen het maximale aantal mogelijke charges per uur. De bezettingsgraden vormen een indicatie van de drukte op de desbetreffende afdeling per uur. In figuur 6-6 is de bezettingsgraad van de wasmachines weergegeven en in figuur 6-7 die van de sterilsatoren.



Figuur 6-6 Bezettingsgraad wasmachines

- De batchmachines worden zwaarder belast dan de tactmachine. In de praktijk zal dit verschil nog groter zijn, aangezien het merendeel van het los en anesthesie materiaal over deze machine gaat. Deze MHM werden nog niet gescand en zijn zodoende niet meegenomen in de berekening van de bezettingsgraad.
- Voor beide machines is er een piek in gebruik waarneembaar tussen 15:00 en 16:00. Dit komt overeen met het aankomstpatroon van MHM uit 6.2.4. De vertraging komt door het transportmoment.
- Bij analyse tussen de afzonderlijke machines blijkt er geen verschil te zitten in gebruik tussen beide tactmachines. Bij de batchmachine wordt de machine die de werknemer het eerste tegenkomt het meest gebruikt.



Figuur 6-7 Bezettingsgraad sterilisatoren

- De sterilisatoren worden tijdens de middag- en avondienst gemiddeld voor 41% benut.
- De bezettingsgraad blijft over de twee diensten redelijk stabiel.
- De verschillende sterilisatoren vertonen hetzelfde gebruik door de dag heen. Wel worden sterilisatoren 3 & 4 het meest gebruikt. Deze twee liggen meer centraal ten opzichte van de assemblagetafels, zodat de werknemers minder hoeven te lopen.

6.2.7 Conclusie

In de vorige paragraaf is de CSA van het UMCG geanalyseerd. Tijdens de conclusie zullen de belangrijkste bevindingen nogmaals gegeven worden en wordt er getracht verbanden te leggen.

- De batchmachines zijn de resources in het proces met de kleinste capaciteit. Deze worden dan ook het meest benut.
- De benutting van resources door het proces heen varieert sterk.
- De werkelijke doorlooptijd is langer dan hier berekend, aangezien het moment van aankomst op de CSA niet wordt gescand en de sets te vroeg CSA uit worden gescand.
- De doorlooptijd heeft een grote variatie. Dit is inherent aan een onregelmatig aankomstproces.
- De wachttijd van sets beslaat een groot gedeelte van de doorlooptijd.
- Er worden veel sets in de droogkast geplaatst, wat zorgt voor een lange doorlooptijd.
- De doorlooptijd tussen de desinfectie schoon en de assemblage van sets is groot. Uit de benutting van de resources blijkt dat deze ook, na de batchmachine, het zwaarst benut worden.
- De bezettingsgraad van de wasmachines varieert over de dag.
- De bezettingsgraad van de sterilisatoren blijft over de dag redelijk stabiel. Er lijkt hier altijd voldoende werk voor handen.

6.2.8 Aangrijpingspunten voor verbetering

Uit de conclusie kunnen aangrijpingspunten voor verbetering geformuleerd worden. Deze aangrijpingspunten kunnen dienen als een begin bij de vorming van alternatieve scenario's.

- Het ontlasten van de batchmachines.
- Het voorkomen van het onnodig plaatsen van MHM in de droogkast.
- Het afstemmen van het aanbod op de capaciteit over de dag.
- Het afstemmen van de capaciteit op het aanbod over de dag.

6.3 Validatie

Hier wordt de kwantitatieve validatie van CSA Simulated behandeld aan de hand van het default scenario met een 'warm-up' periode van 15 dagen, een run lengte van 100 en 10 runs. De output van het model is vergeleken met de empirische data uit de analyse. Omdat tijdens het verzamelen van data nog een nachtdienst ingeroosterd was, is deze tijdens de validatie meegenomen. De instellingen van het default scenario voor de validatie staan in bijlage V.

6.3.1 Validatie doorlooptijden

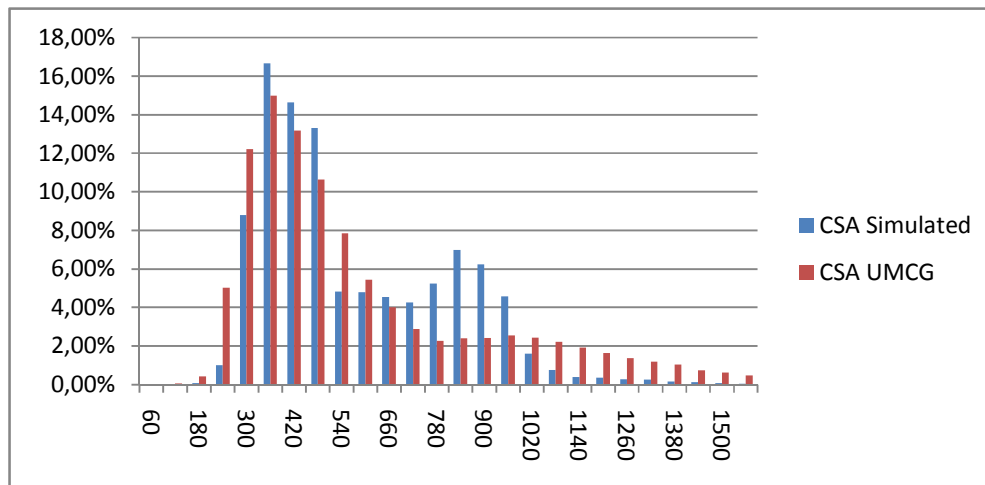
Tijdens eerste tests van het model bleek de doorlooptijd van de sets in de assemblageruimte veel korter dan bepaald tijdens de analyse. De bewerkingstijden voor de assemblagemedewerkers bleken niet overeen te komen met de werkelijkheid. Deze tijden zijn bepaald aan de hand van metingen op de werkvloer en gesprekken met de teamleiders over wat haalbare tijden voor sets zijn. Uit nader onderzoek bleken de tijden per werknemer en per dienst te verschillen. Tijdens de avonddienst bleken de werknemers harder te werken dan tijdens de ochtenddienst. Tijdens de avonddienst bleken er meer MHM aan te komen, wat een hogere werkdruk inhield. Om dit effect mee te nemen is de efficiency aangepast aan de werkdruk. De gevonden benuttingsgraad van de werknemers uit 6.2.3 bleek hiervoor een goede graadmeter. In tabel 6-5 zijn de doorlooptijden van het model met aangepaste efficiency van de assemblagemedewerkers vergeleken met de waarden gevonden tijdens de analyse van de CSA UMCG. Hierbij wordt er gekeken naar de doorlooptijd vanaf het moment dat de MHM de wasmachines ingaan, totdat ze 'CSA uit' worden gescand. Hierbinnen zijn dezelfde scanpunten gehanteerd als bij tabel 6-4. Hierbij staat DS voor scanpunt 17 t/m 21 → 22, A&I voor 22 → 26, St voor 27 t/m 31 → 33 en DB voor 33 → 34.

	CSA	DS	A&I	St	DB
<i>CSA Simulated</i>	761	104	232	116	94
<i>CSA UMCG</i>	644,36	111,58	250,70	115,65	91,53
<i>Afwijking</i>	15,35%	-7,76%	-7,89%	0,04%	3,06%

Tabel 6-5 Doorlooptijden CSA Simulated en CSA UMCG

- Een groot verschil in totale doorlooptijd. *Vanwege het eerder scannen CSA uit van de sets, hebben de sets in het model een lagere doorlooptijd.*
- De doorlooptijden tussen de verschillende scanpunten in het proces komen redelijk overeen.

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de doorlooptijden is deze voor zowel het model als de CSA UMCG weergegeven in figuur 6-7. Vanwege het onregelmatige tijdstip van het scannen van de sets CSA uit is ervoor gekozen om de spreiding van doorlooptijden te valideren tussen het moment dat de sets een wasmachine ingaan en het moment dat de sets op de distributie ruimte zijn aangekomen.



Figuur 6-8 Spreiding doorlooptijden CSA Simulated en CSA UMCG

- De doorlooptijden van de CSA UMCG hebben een grotere spreiding. *In het model wordt gebruik gemaakt van constante proces tijden dan wel eenvoudige verdelingen. Hiermee wordt de varieteit gereduceerd, wat zorgt voor minder spreiding in de uitkomsten.*
- De tweede top ligt bij het model eerder en is hoger dan bij de CSA UMCG. *Deze top betreffen sets die tijdens de dag niet zijn verwerkt en gedurende de nacht zijn blijven liggen. De aanname bij de validatie is dat de assemblagemedewerkers hun werktempo aanpassen aan de hoeveelheid werk. CSA Simulated is echter geen dynamisch model. De bewerkingstijden en efficiency worden eenmalig ingesteld naar gemiddelde waarden en het is niet mogelijk om deze tijden een simulatierun aan te passen. Daarnaast wordt in de ochtend voornamelijk anesthesie materiaal verwerkt. In CSA Simulated hebben werknemers geen voorkeur voor een type MHM en wordt het eerste product verwerkt wat het eerst aankwam. Daarom zullen sets die tijdens de nacht zijn blijven liggen eerder verwerkt worden in CSA Simulated.*

6.3.2 Validatie bezettingsgraden

Bij de berekening van de bezettingsgraad zijn de sterilisatoren samen genomen. In tabel 6-6 zijn de resultaten van CSA Simulated vergeleken met die van de CSA UMCG.

	Tactmachine	Batchmachine	Sterilisatoren
CSA Simulated	17,77%	42,15%	31,48%
CSA UMCG	16,30%	25,90%	33,33%
Afwijking	1,47%	16,25%	-1,85%

Tabel 6-6 Bezettingsgraden CSA Simulated en CSA UMCG

- Een groot verschil in de bezettingsgraad van de batchmachine. *Los en anesthesie materiaal wordt op de CSA UMCG niet gescand. Ongeveer 80% van het losse materiaal en al het anesthesie materiaal gaat over de bathmachine. Als een charge in zijn geheel bestaat uit los en anesthesie materiaal wordt deze niet door het systeem gescand en valt de gemeten bezettingsgraad lager uit.*

6.3.3 Conclusie

Na het aanpassen van de efficiency van de werknemers is er geen sprake van onverklaarbare grote verschillen en lijkt het model de werkelijkheid voldoende te benaderen. Hieruit blijkt echter wel hoe belangrijk de betrouwbaarheid van de invoer is. Daarnaast is de aanwezigheid van mensen in het model moeilijk te modelleren. Zeker als het onderlinge verschil toeneemt.

6.4 Simulatie CSA UMCG

Tijdens de simulatie zullen drie scenario's doorgerekend worden. Voor al deze scenario's zullen de stappen beschreven in 5.3 doorlopen worden.

6.4.1 Scenario 1: Capaciteitsbepaling CSA UMCG

De CSA van het UMCG neemt een groei in te steriliseren MHM waar van 5% per jaar. De huidige locatie biedt geen mogelijkheden tot uitbreiding. Het is echter wel mogelijk om binnen de gegeven ruimte bestaande machines te vervangen. Nieuwe machines hebben een economische levensduur van 10 jaar, wat wil zeggen dat deze in 10 jaar worden afgeschreven. Gegeven de groei en de afschrijvingsduur is de CSA UMCG benieuwd naar de grenzen van de capaciteit gegeven de huidige configuratie om na te gaan of investeringen überhaupt noodzakelijk zijn en binnen welke termijn deze zich zouden moeten voordoen.

Doel scenario 1

Het inzichtelijk maken van de grenzen van de capaciteit van de CSA UMCG binnen de gegeven mogelijkheden, waarbij nog aanvaardbare service geleverd kan worden. Service is hierbij het percentage sets dat binnen 12 uur (720 minuten) gereed is voor transport. Het benchmark is de huidige situatie, waar 75% binnen 12 uur verwerkt is.

Instellingen

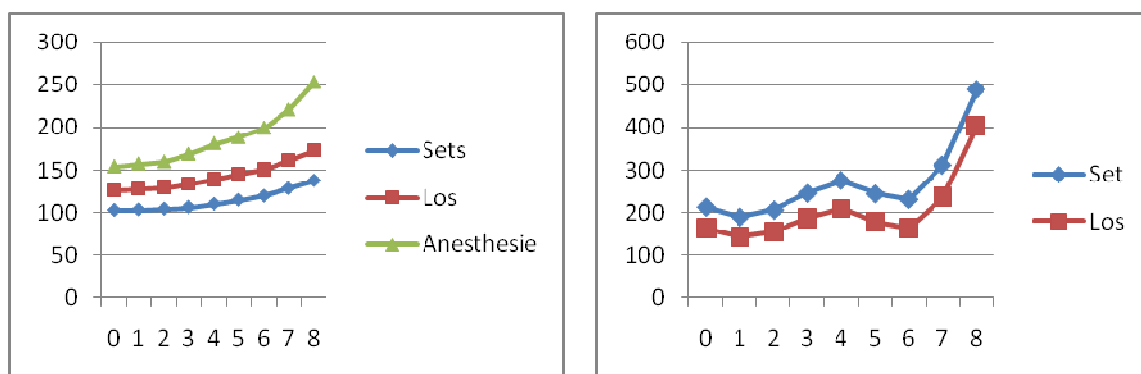
Voor de instellingen van het simulatiemodel is gekozen voor dezelfde instellingen zoals gebruikt tijdens de validatie. De enige aanpassing hier is de verwijdering van de nachtdienst. In tabel 6-7 is de benutting van de resources voor de komende 10 jaar weergegeven, uitgaande van gemiddelde productieaantallen. Hieruit blijkt dat jaar 9 en 10 niet meer meegenomen hoeven te worden, aangezien de maximale capaciteit daar al wordt overschreden. Bezettingsgraden hoger dan 90% zijn niet wenselijk²¹, maar om de invloed van de bezettingsgraad op de doorlooptijden mee te nemen zijn deze toch gesimuleerd. De cijfers zijn op basis van dezelfde metingen die gebruikt zijn voor de analyse en zijn verzameld vanaf oktober 2006 tot en met maart 2007. Deze periode staat gelijk aan jaar 0. Voor de efficiency van de werknemers in CSA Simulated in de assemblage ruimte is gebruik gemaakt van de berekende benutting in tabel 6-7. Dit om het effect van verhoogde efficiency mee te nemen naarmate de werkdruk toeneemt en het effect hiervan op de doorlooptijd.

Jaar	DV	DS	A&I	DB	Tact	Batch	Droogkast	Sterilisator
0	27,81%	46,07%	64,94%	49,15%	23,10%	65,70%	34,29%	50,68%
1	29,20%	48,38%	68,19%	51,61%	24,26%	68,98%	36,01%	53,22%
2	30,66%	50,80%	71,60%	54,19%	25,47%	72,43%	37,81%	55,88%
3	32,19%	53,34%	75,18%	56,90%	26,74%	76,05%	39,70%	58,67%
4	33,80%	56,00%	78,93%	59,74%	28,08%	79,85%	41,69%	61,61%
5	35,49%	58,80%	82,88%	62,73%	29,49%	83,85%	43,77%	64,69%
6	37,27%	61,74%	87,03%	65,86%	30,96%	88,04%	45,96%	67,92%
7	39,13%	64,83%	91,38%	69,16%	32,51%	92,44%	48,26%	71,32%
8	41,09%	68,07%	95,95%	72,61%	34,13%	97,06%	50,67%	74,88%
9	43,14%	71,48%	100,74%	76,24%	35,84%	101,92%	53,20%	78,63%
10	45,30%	75,05%	105,78%	80,06%	37,63%	107,01%	55,86%	82,56%

Tabel 6-7 Benutting resources scenario 1

Observaties en analyse scenario 1

De resultaten van scenario 1 staan in bijlage VI. In figuur 6-9 staat de doorlooptijd in minuten van de schone zone en de assemblageruimte weergegeven uitgezet tegen het aantal jaren. Hieronder worden de belangrijkste observaties gegeven inzake de doorlooptijd en de bezetting van de resources.



Figuur 6-9 Doorlooptijd schone zone (links) en assemblageruimte (rechts)

Doorlooptijd

- De doorlooptijd neemt gestaag toe. Pas vanaf jaar 7 begint de groei een exponentiële vorm aan te nemen.
- Een toename in doorlooptijd. *De toename in doorlooptijd wordt voornamelijk veroorzaakt door een toename in doorlooptijd in de desinfectie schoon en voor het assembleren van sets.*

- In de desinfectie schoon loopt de doorlooptijd sneller toe voor los en anesthesie materiaal dan voor sets. *Los en anesthesie materiaal maken meer gebruik van de droogkast.*
- De doorlooptijd tussen het assembleren van MHM en het starten van een charge van de sterilisatoren neemt gedurende de jaren af. *Vanwege het grotere aanbod worden de sterilisatoren sneller beladen, waardoor de wachttijd afneemt.*

Service

In tabel 6-8 staat de service weergegeven in het percentage sets wat binnen 360, 720, 1080 minuten, respectievelijk 6,12 en 18 uur, gereed is voor transport.

	< 360 minuten	< 720 minuten	< 1080 minuten
0	38,27%	67,49%	96,77%
1	43,97%	69,39%	97,92%
2	41,29%	68,31%	97,87%
3	33,80%	65,60%	95,93%
4	27,68%	63,10%	94,18%
5	32,93%	65,36%	97,09%
6	34,88%	66,34%	97,76%
7	21,21%	59,48%	90,82%
8	4,38%	44,96%	66,93%

Tabel 6-8 Servicegraad scenario 1

- Fluctuatie van de servicegraad. *In de eerste zes jaren is de efficiency van de werknemers in de assemblageruimte nog geen 100%. In jaar 7 en 8 wel.*
- Een lagere servicegraad vergeleken met het benchmark (75% binnen 720 minuten). *Door het wegvallen van de nachtdienst kunnen MHM die vlak voor het einde van de avonddienst in de sterilisator worden geplaatst niet meer uitgeladen worden. Aangezien het eerste transport eerder is dan het begin van de eerste dienst, kunnen deze MHM niet meer meegenomen worden.*
- In enorme afname in service in jaar 7 & 8. *Door de hogere bezettingsgraad zullen wachttijden en daarmee doorlooptijden toenemen.*

Bezettingsgraad machines

In tabel 6-9 staan de bezettingsgraden voor de machines weergegeven, berekend door CSA Simulated.

Jaar	Tact	Batch	Droogkast	Sterilisatoren
0	26,77%	63,36%	37,38%	47,39%
1	27,91%	66,12%	39,19%	49,74%
2	29,28%	68,95%	41,00%	52,32%
3	30,54%	72,08%	43,21%	54,86%
4	32,08%	75,67%	45,67%	57,84%
5	33,36%	78,80%	47,47%	60,48%
6	34,74%	81,80%	49,52%	63,15%
7	36,40%	85,85%	52,14%	66,57%
8	38,18%	89,57%	55,17%	69,96%

Tabel 6-9 Bezettingsgraden machines scenario 1

- De batchmachine wordt het zwaarst bezet.
- De bezettingsgraden van de machines in het model nemen minder snel toe dan de benutting van de resources berekend in tabel 6-7.
- De bezettingsgraad van de tactmachine en droogkast liggen hoger dan vooraf berekend in tabel 6-7. *Deze machine worden niet zwaar belast, waardoor de gemiddelde batchgrootte in het model afneemt. Dit zorgt voor een hogere bezettingsgraad.*
- Het model geeft een lagere bezettingsgraad voor de batchmachine en sterilisatoren dan berekend in 6-7. *Bij de berekening is uitgegaan van een 16 urige dienst. In het model is het mogelijk dat een werknemer nog een charge start vlak voor het einde van een dienst. Hierdoor neemt de tijd dat een machine kan draaien toe van 16 naar 17 uur.*

Bezettingsgraad werknemers

In tabel 6-10 is de bezettingsgraad van de werknemers weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt naar dienst en zone.

jaar	Middagdienst				Avonddienst			
	DV	DS	A&I	DB	DV	DS	A&I	DB
0	64,84%	47,74%	91,69%	41,06%	50,64%	52,03%	93,96%	47,33%
1	67,99%	49,83%	89,63%	42,80%	53,12%	54,39%	93,99%	49,97%
2	71,54%	52,16%	92,12%	45,59%	55,80%	56,86%	94,02%	52,01%
3	74,85%	55,07%	94,11%	48,02%	58,67%	59,05%	94,05%	54,29%
4	78,56%	58,63%	95,64%	50,80%	61,83%	61,43%	93,97%	57,08%
5	82,10%	61,60%	94,58%	53,19%	65,07%	63,29%	94,03%	59,60%
6	85,92%	65,32%	94,20%	55,42%	67,72%	64,67%	94,02%	62,36%
7	89,84%	69,71%	96,75%	58,62%	72,08%	66,75%	93,99%	65,51%
8	93,68%	74,34%	98,86%	60,34%	76,39%	68,90%	94,07%	70,10%

Tabel 6-10 Bezettingsgraad werknemers scenario 1

- De assemblage medewerkers worden gemiddeld het zwaarst bezet.
- De bezettingsgraden van de werknemers in de desinectie vuil zijn veel hoger dan vooraf berekend in tabel 6-7.
- Tussen de verschillende diensten is een duidelijk verschil waar te nemen in de bezettingsgraad. In de eerst twee zones ligt het zwaartepunt tijdens de middagdienst, voor de laatste twee zones bij de avonddienst.

Conclusie scenario 1

- Met de huidige roostering kan de CSA de groei in productie de komende 10 jaar niet aan. Na 8 jaar wordt de capaciteit van de batchmachines overschreden. De capaciteit is nog te vergroten om door middel van roostering te zorgen dat er langer medewerkers op de CSA aanwezig zijn die de batchmachines kunnen bedienen.
- Na 6 jaar begint de toename in doorlooptijd een exponentiële vorm aan te nemen, veroorzaakt door een toename in doorlooptijd in de schone zone en assemblage & inpak ruimte. De servicegraad wijkt in jaar 7 en 8 enorm af van het benchmark. Voornamelijk de assemblagemedewerkers worden zwaar bezet. Door de inzet van extra assemblagemedewerkers kan de doorlooptijd verminderd worden. De vraag is of de extra kosten opwegen tegen de verhoogde service van een lagere doorlooptijd.

6.4.2 Scenario 2: Aanschaf disposable anesthesie materiaal

Uit de analyse kwam naar voren dat de batchmachines de meest benutte resources waren. Uit scenario 1 bleek dat deze na 8 jaar het aanbod aan MHM niet meer aankan. Daarnaast bleek ook de doorlooptijd in de schone zone na 6 jaar sterk toe te nemen. Een aangrijpingspunt voor verbetering is dan ook het ontlasten van de batchmachine. Door technologische verbetering zijn er tegenwoordig disposable MHM die het anesthesie materiaal kunnen vervangen. Deze disposable MHM worden eenmalig gebruikt en leggen zodoende geen beslag op de capaciteit van de CSA UMCG. Aangezien al het anesthesie materiaal over de batchmachine gaat, zou hier extra capaciteit vrij moeten komen om de groei in productie van sets en los materiaal op te vangen.

Doel scenario 2

Het inzichtelijk maken van de grenzen van de capaciteit van de CSA UMCG binnen de gegeven mogelijkheden bij de aanschaf van disposable anesthesie materiaal, waarbij nog aanvaardbare service geleverd kan worden. De service wordt gemeten aan de hand van de doorlooptijden, zoals beschreven in 6.4.1.

Instellingen scenario 2

De instellingen van scenario 2 zijn hetzelfde als voor scenario 1. Alleen het aanbod is aangepast, aangezien er nu geen anesthesie materiaal meer verwerkt hoeft te worden. In tabel 6-11 is de benutting van de resources weergegeven voor de komende 10 jaar. Volgens deze tabel zou de CSA de groei in productie tot jaar 8 op moeten kunnen vangen. Daarna zullen er extra assemblagemedewerkers ingezet moeten worden. Echter wanneer blijkt dat de doorlooptijden al eerder zodanig toenemen dat er geen redelijke service meer mogelijk is, wordt daar waar mogelijk de capaciteit uitgebreid door de inzet van extra personeel.

Jaar	DV	DS	A&I	DB	Tact	Batch	Droogkast	Sterilisator
0	20,23%	33,14%	64,94%	49,15%	23,10%	41,24%	16,54%	50,68%
1	21,25%	34,79%	68,19%	51,61%	24,26%	43,30%	17,37%	53,22%
2	22,31%	36,53%	71,60%	54,19%	25,47%	45,46%	18,24%	55,88%
3	23,42%	38,36%	75,18%	56,90%	26,74%	47,74%	19,15%	58,67%
4	24,59%	40,28%	78,93%	59,74%	28,08%	50,12%	20,11%	61,61%
5	25,82%	42,29%	82,88%	62,73%	29,49%	52,63%	21,11%	64,69%
6	27,12%	44,41%	87,03%	65,86%	30,96%	55,26%	22,17%	67,92%
7	28,47%	46,63%	91,38%	69,16%	32,51%	58,03%	23,28%	71,32%
8	29,90%	48,96%	95,95%	72,61%	34,13%	60,93%	24,44%	74,88%
9	31,39%	51,40%	100,74%	76,24%	35,84%	63,97%	25,66%	78,63%
10	32,96%	53,97%	105,78%	80,06%	37,63%	67,17%	26,95%	82,56%

Tabel 6-11 Benutting capaciteit scenario 2

Observaties en analyse scenario 2

De resultaten van scenario 2 staan beschreven in bijlage VII. Tijdens de simulatie bleek dat in jaar 9 & 10 de het aanbod niet meer kon worden verwerkt en de doorlooptijden in de assemblage afdeling de pan uitrezen. Voor deze twee jaren zijn extra assemblage medewerkers ingezet. In jaar 9 is er één extra assemblagemedewerker tijdens de avonddienst ingezet en in jaar 10 is daar nog een assemblagemedewerker aan de middagdienst aan toegevoegd.

Doorlooptijd

- De doorlooptijd loopt tot jaar 6 gestaag toe, waarna jaar 7 en 8 het begin van exponentiële groei laten zien. *In jaar 9 en 10 is doorlooptijd weer terug op het oude niveau vanwege de inzet van extra personeel in de assemblageafdeling.*
- De doorlooptijden van sets en los materiaal verschillen weinig in vergelijking met scenario 1.
- De doorlooptijd in desinfectie schoon is tijdens de eerste jaren hoger dan in scenario 1, ondanks het wegvallen van anesthesie materiaal. *Door het lagere aantal MHM dat in de droogkast moet, wordt deze minder snel gestart. De doorlooptijd loopt ook minder snel op in vergelijking met scenario 1. Vanaf jaar 7 is de doorlooptijd voor zowel sets als los materiaal korter in de desinfectie schoon.*

Service

In tabel 6-12 is de servicegraad van scenario 2 vergeleken met scenario 1. Dit is gedaan voor de komende 10 jaar.

	Scenario 1			Scenario 2		
	< 360	< 720	< 1080	< 360	< 720	< 1080
0	38,27%	67,49%	96,77%	38,77%	68,18%	96,78%
1	43,97%	69,39%	97,92%	41,50%	69,02%	97,54%
2	41,29%	68,31%	97,87%	41,61%	68,74%	97,61%
3	33,80%	65,60%	95,93%	39,14%	68,14%	97,49%
4	27,68%	63,10%	94,18%	34,52%	66,24%	96,30%
5	32,93%	65,36%	97,09%	35,66%	66,93%	97,43%
6	34,88%	66,34%	97,76%	34,23%	66,15%	97,39%
7	21,21%	59,48%	90,82%	31,49%	65,47%	97,00%
8	4,38%	44,96%	66,93%	13,25%	52,38%	77,38%
9	-	-	-	25,63%	64,93%	96,74%
10	-	-	-	29,62%	64,75%	97,59%

Tabel 6-12 Servicegraad scenario 1 vs scenario 2

- Klein verschil tijdens de eerste jaren in servicegraad. *De servicegraad is alleen berekend voor sets. Weinig sets maken gebruik van de batchmachines, waardoor bij voldoende capaciteit het effect minimaal is.*

Bezettingsgraad machines

In tabel 6-13 is de bezettingsgraad van de machines weergegeven.

jaar	Tactmachine	Batchmachine	Droogkast	Sterilisatoren
0	26,50%	40,63%	18,47%	47,14%
1	27,95%	42,29%	19,50%	49,68%
2	29,12%	44,21%	20,08%	51,99%
3	30,46%	46,27%	21,29%	54,66%
4	31,83%	48,18%	22,40%	57,49%
5	33,40%	50,32%	23,65%	60,38%
6	35,05%	52,29%	24,79%	63,44%
7	36,38%	54,54%	25,86%	66,41%
8	38,07%	57,38%	27,24%	70,02%
9	39,85%	59,41%	28,59%	73,36%
10	41,60%	62,04%	30,05%	76,96%

Tabel 6-13 Bezettingsgraden machines scenario 2

- De sterilisatoren worden het zwaarst bezet.
- De overige observaties als bij scenario 1 gelden ook voor scenario 2.

Bezettingsgraad werknemers

In tabel 6-14 is de bezettingsgraad van de werknemers voor de komende 10 jaar weergegeven.

jaar	Middagdienst				Avonddienst			
	DV	DS	A&I	DB	DV	DS	A&I	DB
0	51,85%	39,65%	90,78%	40,85%	18,04%	33,50%	93,80%	47,10%
1	53,98%	41,14%	90,11%	42,64%	19,35%	35,72%	93,85%	49,99%
2	56,80%	42,92%	90,79%	45,10%	20,23%	37,07%	93,83%	51,85%
3	59,61%	44,74%	93,30%	47,72%	21,38%	39,16%	94,02%	54,22%
4	62,51%	46,42%	93,91%	50,33%	22,59%	41,28%	93,98%	56,89%
5	65,43%	48,48%	94,57%	53,29%	23,81%	43,51%	93,94%	59,31%
6	68,30%	50,23%	95,28%	56,27%	25,59%	46,02%	93,77%	62,05%
7	71,32%	52,32%	95,99%	59,15%	26,89%	47,81%	93,89%	64,70%
8	74,68%	54,85%	98,46%	61,90%	29,02%	50,23%	93,90%	68,69%
9	77,12%	56,97%	97,13%	65,18%	31,18%	52,74%	93,11%	71,64%
10	80,49%	59,11%	91,47%	71,38%	33,37%	55,58%	91,47%	72,12%

Tabel 6-14 Bezettingsgraad medewerkers scenario 2

- Een groot verschil in bezetting van de medewerkers in de desinfectie vuil tussen de middag- en avonddienst. *Het anesthesie materiaal van het OC en ODBC werd tegen het eind van de middag gebracht. Daarnaast is de piek in productie van sets al voorbij en grotendeels weggewerkt door de middagdienst.*
- De assemblagemedewerkers worden het zwaarst bezet. De inzet van extra medewerkers zorgt niet voor een drastische verlaging van de bezettingsgraad.

Conclusie scenario 2

- De assemblageafdeling is de bottleneck van het proces.
- Door het aanschaffen van disposable anesthesie materiaal en de inzet van twee extra medewerkers in de assemblageafdeling kan de CSA UMCG de groei in productie voor de komende 10 jaar aan.
- Het aanschaffen van disposable anesthesie materiaal heeft geen noemenswaardige invloed op de doorlooptijd, zoals gemeten in het model. Voornamelijk de assemblageafdeling is bepalend voor de doorlooptijd van sets en los materiaal.

6.4.3 Scenario 3: Afstemming capaciteit op aanbod

De CSA UMCG is budgettair zelfstandig en daarom altijd op zoek naar het besparen van kosten. Uit de analyse en de vorige scenario's bleek dat de bezetting van de resources over de dag heen verschilde. Daarnaast bleek de maximale capaciteit met de huidige roostering nog niet bereikt. Dit bleek ook uit gesprekken met werknemers, die een duidelijk verschil merkten in werkdruk over de dag en per zone. Door te kijken naar het aankomstpatroon en de bezetting van de resources over de dag heen is een alternatief dienstrooster ontwikkeld om de werknemers efficiënter in te zetten.

Doel scenario 3

Het afstemmen van de capaciteit op het aanbod door het efficiënter inzetten van werknemers om reductie in salariskosten te realiseren bij behoud of verbetering van het huidige servicelevel.

Instellingen scenario 3

De instellingen van scenario 3 zijn hetzelfde als jaar 0 van scenario 1. Uit tabel 6-10 blijkt er fluctuatie te zitten in bezetting van de werknemers over de dag. Dit komt voort uit de aankomstverdeling van MHM, weergegeven in figuur 6-4. Daarnaast blijkt ook uit de bezetting van de werknemers dat er ruimte is om deze efficiënter in te zetten. In de desinfectie schoon en de distributieruimte is er maar 1 werknemer per dienst ingeroosterd. In de desinfectie vuil staan twee medewerkers per dienst ingeroosterd, die niet optimaal benut worden. Het rooster is zodanig samengesteld dat tijdens piekuren, tussen 10:00 en 18:00 twee medewerkers aanwezig zijn in de vuile zone. Tijdens de overige uren is één medewerker voldoende. Daarnaast is besloten om de bottleneck van het proces, de assemblage van sets, gedurende de dag bezet te houden. Dit resulteert in het nieuwe diensrooster, weergegeven in tabel 6-15.

	van	tot	DV	DS	A&I	DB
Vroege dienst	6:00	14:00			2	
Dagdienst	7:00	15:30	1	1	3	1
Late dagdienst	9:30	18:00	1		2	
Middagdienst	14:00	22:30			4	
Avonddienst	15:30	0:00	1	1	5	1

Tabel 6-15 Alternatief dienstrooster scenario 3

Observaties en analyse scenario 3

De resultaten van scenario 3 staan in Bijlage VIII. Het alternatieve dienstrooster is vergeleken met het dienstrooster gebruikt in scenario 1, tijdens jaar 0.

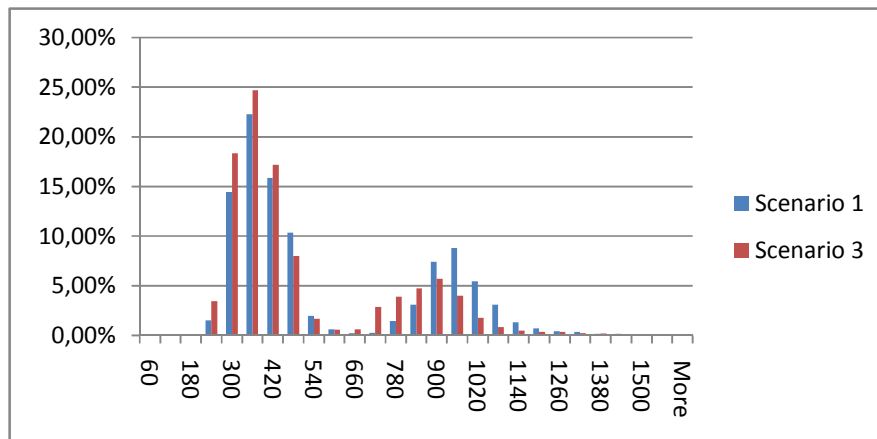
Doorlooptijd

	Sets					Los					Anesthesie	
	CSA	DS	A&I	St	DB	CSA	DS	A&I	St	DB	CSA	DS
Scenario 1	754	103	214	118	115	946	126	163	103	108	944	154
Scenario 3	709	102	160	124	92	885	141	106	98	87	954	149
Afwijking	-6%	0%	-25%	5%	-20%	-6%	12%	-35%	-5%	-20%	1%	-3%

Tabel 6-16 Vergelijking doorlooptijd scenario 1 en scenario 3

- Een kortere doorlooptijd voor sets en los materiaal. *Deze afname wordt voornamelijk veroorzaakt door een afname van de doorlooptijd tijdens de assemblage en distributie van deze MHM.*
- Een langere doorlooptijd voor het anesthesie materiaal. *Het anesthesie materiaal wordt eerder en sneller verwerkt. Door de weinige transportmomenten neemt de totale doorlooptijd toe.*

In figuur 6-10 is de spreiding van de doorlooptijd van sets van de twee scenario's weergegeven. Dit is weer gedaan tussen het moment dat de sets de wasmachines ingaan totdat ze op de distributieruimte aankomen. De doorlooptijden zijn in minuten.



Figuur 6-10 Spreiding doorlooptijden sets scenario 1 en scenario 3

- De spreiding van doorlooptijden is door de invoering van het nieuwe dienstrooster afgenomen.
- De tweede top in de grafiek is het effect van sets die niet voor het einde van de dag zijn verwerkt. *Door de nieuwe dienstregeling is de doorlooptijd op voornamelijk de assemblage en distributieafdeling verkort, waardoor dit effect is afgenomen.*
- De reductie in doorlooptijd in het proces is groter dan voor de totale doorlooptijd. *Het merendeel van de sets heeft een doorlooptijd groter dan 5 uur. Vanwege deze doorlooptijd kunnen veel sets niet meer mee met het laatste transport richting de klant. Op deze wijze wordt de reductie in het proces te niet gedaan door het transportrooster.*

Bezettingsgraden

De bezettingsgraden van de machines verschillen onderling weinig, aangezien de productieaantallen hetzelfde zijn. In tabel 6-17 zijn de bezettingsgraden van de werknemers van scenario 3 weergegeven.

	Vroege dienst	Dagdienst	Late Dagdienst	Middagdienst	Avonddienst
DV		73,07%	73,51%		84,37%
DS		48,72%			50,11%
A&I	84,13%	84,64%	91,43%	99,82%	99,00%
DB		34,64%			53,78%

Tabel 6-17 Bezettingsgraad medewerkers per scenario 3

- De bezettingsgraden van de medewerkers in de desinfectie vuil zijn gemiddeld hoger in vergelijking met scenario 1. *Over de dag gesproken wordt hier dan ook 1 medewerker minder ingezet.*
- De assemblagemedewerkers worden het zwaarst bezet. De meeste drukte ligt nog steeds in de namiddag.

- Een groter verschil in bezetting van de medewerker tussen de dag- en avonddienst. *De grootste drukte ligt voor de distributiemedewerker in de namiddag en avond. De dagdienst begint en eindigt eerder, terwijl de avonddienst juist later begint en eindigt. Deze dienst krijgt dus meer te verwerken.*

Conclusie scenario 3

- Het nieuwe dienstrooster kan de productie aan met 1 medewerker per dag minder. Een reductie in kosten is dus mogelijk.
- Door het afstemmen van de capaciteit op het aanbod kunnen kortere doorlooptijden worden gerealiseerd.

7 Evaluatie CSA Simulated

In hoofdstuk 4 zijn een aantal doelstellingen geformuleerd waaraan het model moet voldoen, de modellerings- en algemene doelstellingen. De eerste zijn kwantitatief van aard, welke getest kunnen worden door de uitkomsten van de pilot in hoofdstuk 6. De algemene doelstellingen zijn kwalitatiever van aard. Om deze te evalueren is een gebruikerstest afgenomen bij drie typische gebruikers van CSA Simulated.

7.1 Evaluatie modelleringsdoelstellingen

Hieronder zijn nogmaals de modelleringsdoelstellingen gegeven. Uit de pilot bleken al deze doelstellingen behaald te zijn. Deze zullen hieronder één voor één toegelicht worden.

- *Het inzichtelijk maken van de capaciteit van een CSA.*

In de analyse is de capaciteit per soort MHM in kaart gebracht. Vervolgens is door middel van de productieaantallen en de routing van de producten de benutting van de capaciteit bepaald. Deze analyse gaf inzicht in de knelpunten binnen het proces. Deze analyse zegt echter niks over de performance van het proces. Met behulp van CSA Simulated kunnen de doorlooptijden van een CSA bepaald worden. Uit de resultaten van scenario 1 en 2 kwam naar voren dat nog voordat de grens van de capaciteit in zicht was de doorlooptijden zodanig toenamen dat de service van de CSA danig omlaag ging. CSA Simulated is dus niet in staat om precies aan te geven wanneer de capaciteit wordt overschreden, maar wel de gevolgen van een hogere bezetting van het systeem. Het is aan het management van een CSA om naar deze resultaten te handelen.

- *Het behalen van een reductie in doorlooptijd.*

Uit de analyse en de resultaten van scenario 1 en 2 kwam naar voren dat de bezettingsgraad van de werknemers door de dag heen schommelde. Door middel van een nieuw dienstrooster is getracht de capaciteit beter af te stemmen op het aanbod om een reductie in doorlooptijd te halen. Uit de resultaten kwam deze reductie in doorlooptijd duidelijk naar voren.

- *Het efficiënter inzetten van personeel.*

In een aantal zones bleek de bezettingsgraad erg laag. Door middel van een nieuw dienstrooster werd er gekeken of het werk ook door een medewerker minder gedaan zou kunnen worden, zonder dat de service van de CSA hieronder zou leiden. Door middel van de piekmomenten bepaald in de analyse is er besloten om over één dag één medewerker minder in te zetten in de desinfectie vuil. Ook met één medewerker minder kunnen de productieaantallen gehaald worden.

7.2 Evaluatie algemene doelstellingen

Voor de evaluatie van de algemene doelstellingen is een gebruikerstest afgenomen bij drie typische gebruikers. De resultaten van deze test zijn weergegeven in bijlage IX. Deze test is onderverdeeld in drie criteria voor het beoordelen van een simulatiestudie²², namelijk: kwaliteit van de inhoud, proces en resultaten.

7.2.1 Kwaliteit van de inhoud

De kwaliteit van de inhoud gaat over het model. Hierbij zijn twee criteria te onderscheiden. Ten eerste of het werkt naar behoren, zoals overeengekomen tijdens de opzet van het model. Ten tweede wordt de gebruiksvriendelijkheid getest. Hieronder staan de belangrijkste punten weergegeven. De kwaliteit van de inhoud kan gebruikt worden voor de evaluatie van de algemene doelstellingen.

- *Een generiek DSS toepasbaar voor elke CSA.*

Door het grote aantal experimentele variabelen en de grote overeenkomsten tussen CSA's in Nederland is het model toepasbaar voor bijna elke CSA in Nederland. Echter het verkrijgen van gegevens voor dataverzameling is niet voor elke CSA even makkelijk. Niet elke CSA heeft een volgsysteem voor MHM en daarnaast worden deze systemen voornamelijk gebruikt voor de *online* aansturing van het proces en niet zozeer voor het verzamelen van managementinformatie.

- *Een modulaire opbouw van het model zodat uitbreidingen later eenvoudig kunnen worden toegevoegd.*

Aangezien het model net opgeleverd is, is deze doelstelling nog niet getest. Het model is zodanig opgebouwd dat elke activiteit en handeling zijn eigen aansturing en methode heeft. Hierdoor zou in de toekomst uitbreiding van het model vergemakkelijkt moeten worden.

- *Gebruiksvriendelijkheid voor de typische gebruiker van het DSS.*

De interface in eM-Plant is duidelijk en overzichtelijk. Door het gebruik van Excel is ook voor gebruikers die niet bekend zijn met eM-Plant het model te gebruiken. Wel is door het grote aantal experimentele variabelen de interface van Excel niet altijd even duidelijk. Verder bevat de output van de resultaten nog erg ruwe data. Het belangrijkste kritiekpunt is de robuustheid van het model. Er is geen check ingebouwd tegen foutieve invoer en foutmeldingen zijn voor de onervaren gebruiker moeilijk te verklaren en te verhelpen.

7.2.2 Kwaliteit van het proces

De kwaliteit van het proces gaat over de wijze waarop het model tot stand is gekomen. Het gaat om de interactie tussen opdrachtgever en modelleerder en de kennisontwikkeling van de opdrachtgever van simulatieprojecten.

- De interactie tussen opdrachtgever en modelleerder is als ruim voldoende gewaardeerd. De opdrachtgever voelde zich betrokken bij de ontwikkeling. Zijn eisen en wensen zijn goed vertaald naar het model.
- De kennis van de opdrachtgever over simulatieprojecten is toegenomen.

7.2.3 Kwaliteit van de resultaten

De kwaliteit van de resultaten behandelt verkregen inzichten die niet in de doelstelling van het project staan, zoals het verkrijgen van een beter inzicht in het gemodelleerde proces en toekomstig gebruik van het model.

- Gezien de functie van de opdrachtgever is het verkrijgen van extra inzicht in het gemodelleerde proces niet aan de orde. De opdrachtgever heeft al jaren een leidinggevende functie binnen de CSA UMCG en heeft meegewerkt aan meerdere onderzoeksprojecten over CSA's.
- Een van de doelstellingen was dat ook toekomstig gebruik mogelijk moet zijn. De gebruiker heeft hier vertrouwen in, maar aangezien dat het model net opgeleverd is, is dit nog niet als zodanig getest.

7.3 Conclusie en suggesties ter verbetering

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat het model heeft voldaan aan de voorwaarden. Alleen op het gebied van gebruiksvriendelijkheid is nog een slag te slaan en dan met name laat de robuustheid van het model nog te wensen over. Hieronder staan nog enkele suggesties ter verbetering van het model gegeven.

- Een check van het Excel bestand, zodat foutmeldingen voorkomen kunnen worden ter verbetering van de robuustheid van het model.
- De mogelijkheid om het transport per klant in te stellen.
- Het verwerken van de resultaten in de vorm van grafieken en tabellen ter verbetering van de gebruiksvriendelijkheid.
- Een samenvatting van alle resultaten voor alle runs van een scenario.

8 Conclusie en aanbevelingen

In het komende hoofdstuk zullen de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek opgesomd worden en waar mogelijk aanbevelingen gegeven worden.

8.1 Conclusie

In de conclusie zal als eerste gekeken worden of de doelstelling van het onderzoek behaald is. Daarnaast zullen de belangrijkste bevindingen die tijdens de pilot van CSA Simulated voor de CSA UMCG zijn gevonden worden weergegeven.

8.1.1 Behalen doelstelling onderzoek

Het ontwikkelen van een Decision Support System voor strategische en tactische besluitvorming met betrekking tot de inrichting van een Centrale Sterilisatie Afdeling.

Om aan deze doelstelling te voldoen dienen een viertal vragen beantwoord te worden. Deze staan hieronder weergegeven en zullen toegelicht worden.

- *Welke generieke processen en factoren hebben invloed op de performance van een CSA? (Hoofdstuk 3)*
 - Door voorschriften is het proces van een CSA gestandaardiseerd.
 - CSA's verschillen onderling door de inrichting van het proces. Keuze's die hierbij gemaakt kunnen worden betreffen het aantal en soort machines, inzet van personeel en transportroosters.
 - Productieaantallen, productmix, routing en interarrivaltimes van medische hulpmiddelen hebben een grote invloed op de bezetting en performance van het proces.
- *Welke eisen ten aanzien van de functionaliteiten en het gebruik van het Decision Support System kunnen onderscheiden worden? Hoofdstuk 4)*
 - Functionaliteiten
 - Inzichtelijk maken capaciteit van een CSA.
 - Inzichtelijk maken doorlooptijden.
 - Inzichtelijk maken bezettingsgraden.
 - Gebruik
 - Toepasbaar voor elke CSA.
 - Gebruiksvriendelijk voor gebruikers met weinig kennis van simulatiesoftware.
 - Modulaire opbouw voor uitbreiding in de toekomst.

- *Welke stappen dienen in het gebruik van het Decision Support System genomen te worden om tot betrouwbare resultaten te komen? (Hoofdstuk 5)*
 1. Dataverzameling
 2. Analyse van de te simuleren CSA
 3. Validatie ten opzichte van de te simuleren CSA
 4. Simulatie
 - 1.1. Doel scenario
 - 1.2. Instellingen simulatiemodel
 - 1.3. Observaties en analyse
 - 1.4. Conclusie

De betrouwbaarheid van de resultaten valt of staat bij de degelijkheid van de dataverzameling. Zonder gedegen invoer voor het model en de analyse kan de betrouwbaarheid van het model niet bepaald worden en dienen de uitkomsten met zorg behandeld te worden.
- *Voldoet het Decision Support System aan de wensen en verwachtingen van de gebruiker?*
 - Alle componenten genoemd in het conceptuele model zijn aanwezig in het model en werken naar behoren.
 - Het model is door de typische gebruiker van het ontwikkelde model bruikbaar.
 - Het model is, gegeven de juiste invoer, voldoende betrouwbaar voor de modellerings- en algemene doelstellingen.
 - De robuustheid van de invoer van het model laat te wensen over.

8.1.2 Conclusie Pilot CSA Simulated

Voor de pilot van CSA Simulated zullen eerst de bevindingen van de analyse worden weergegeven, waarna de resultaten van de simulatie zullen worden besproken.

Analyse

- De batchmachine is de resource met de kleinste capaciteit en daarmee bepalend voor de grenzen van de capaciteit van de CSA UMCG.
- Sets hebben een lange doorlooptijd, waarvan het grootste gedeelte bestaat uit wachttijd.
- Er worden onnodig veel MHM in de droogkast geplaatst.
- De bezettingsgraad van de resources verschilt over de dag.

Simulatie

- Uitgaande van een groei van 5% per jaar en geen nachtdienst, wordt na 8 jaar de capaciteit van de batchmachine overschreden. Na 7 jaar wordt het servicelevel als onvoldoende gewaardeerd.
- De op een na zwaarst bezette resource in het proces, de assemblagemedewerkers, kunnen de groei in productie aan met de inzet van extra werknemers na jaar 8.
- Door het beter afstemmen van de capaciteit op het aanbod door middel van een nieuwe dienstrooster kunnen de werknemers efficiënter worden ingezet en is een reductie in doorlooptijd mogelijk.

Terugkomend op de doelstelling van het model blijkt het ontwikkelde Simulation Based Decision Support System een helpzaam instrument ter ondersteuning van de besluitvorming omtrent strategische en tactische doeleinden, wat is gebleken uit de Pilot van CSA Simulated voor de CSA UMCG.. Wel is gebleken dat de betrouwbaarheid van het model sterk afhankelijk is van de verzamelde gegevens en detail verloren gaat door de simpele inputverdelingen.

8.2 Aanbevelingen

Aan de doelstelling van het project is voldaan. Het ontwikkelde SB-DSS werkt naar behoren en voldoet aan de verwachtingen van de opdrachtgever. Toch zijn tijdens het onderzoek nog een aantal onderdelen aan het licht gekomen die nader onderzoek of werk verlangen. Deze zijn onderverdeeld in verder te onderzoeken gebieden en uitbreidingen/ verbeteringen van het model.

Verder te onderzoeken gebieden

- Momenteel is er nog weinig bekend over aankomstverdelingen van MHM. Zo lijkt er een verband te bestaan tussen de operatieduur en het verbruik van MHM. Nader onderzoek kan uitwijzen of dit verband bestaat en waaruit dit bestaat. Informatie over aantal operaties en operatieduur is in veel ziekenhuizen voorhanden. Niet alleen kan dit leiden tot een nauwkeuriger aankomstproces voor CSA Simulated, ook scheelt dit de gebruiker tijd tijdens de dataverzameling.
- Doordat de sets pas gescand worden vanaf het moment dat deze de wasmachines ingaan, is er weinig bekend over de doorlooptijd van de sets tussen het moment dat deze op de CSA aankomen en verwerkt worden. Aangezien de desinfectie vuil de eerste zone is die de vuile sets behandelt, wordt deze het meest beïnvloed door het aankomstproces. Verder onderzoek kan leiden tot een betere afstemming van de personele bezetting op het aanbod.

Uitbreidingen/ verbeteringen van het model

- Een vereenvoudiging van invoerdata, bijvoorbeeld door middel van het aanmaken van een tabstructuur in eM-Plant.
- Instellen van de mogelijkheid om transport mee te nemen per klant.
- Het voorkomen van foutieve invoer door middel van een check van het excel bestand vooraf de simulatie.
- Het verwerken van de ruwe output tot gebruiksvriendelijkere resultaten.

Aanbevelingen Pilot CSA Simulated

- Het voorkomen van het onnodig plaatsen van MHM in de droogkast door werknemers te wijzen op de gevolgen voor de doorlooptijd of het beter afstellen en/of beladen van de batchmachines.
- Het afstemmen van de capaciteit op het aanbod door middel van een alternatief dienstrooster.

9 Reflectie gebruik simulatie

Voor dit onderzoek was het een vereiste om het DSS te modelleren door middel van simulatie. Aan het einde van het onderzoek moest er een generiek simulatiemodel van een CSA opgeleverd worden ter ondersteuning van strategische en tactische besluitvorming. De vraag is echter of voor de modellering van een DSS voor een CSA simulatie de meest geschikte keuze is. Om deze vraag te beantwoorden zal eerst gekeken worden wanneer simulatie een geschikte methode is. Daarna zal gekeken worden of een CSA aan deze voorwaarde voldoet en of simulatie een meerwaarde is gebleken ten opzichte van andere methodes.

9.1 Waarom simulatie?

Simulatie wordt toegepast op systemen waar een flow van producten door een proces stroomt. Dit kunnen fysieke producten, diensten of kennis zijn. Het merendeel van deze systemen kenmerken zich door variabiliteit, verbindingen tussen de verschillende deelprocessen en complexiteit²³. Variabiliteit is de variatie in het systeem. Deze kan zowel te voorspellen zijn, zoals de inzet van personeel, als onvoorspelbaar, zoals het aankomstproces van patiënten in een ziekenhuis. De deelprocessen binnen een systeem zijn met elkaar verbonden en beïnvloeden elkaar. Het effect van deze afhankelijkheid is moeilijk te voorspellen en dit neemt toe naarmate de variabiliteit toeneemt. Daarnaast is er ook nog de complexiteit van een systeem. Deze bestaat uit combinaties van mogelijke gebeurtenissen en de interactie van de verschillende componenten over de tijd. Het is al zeer lastig de performance te voorspellen als een systeem een van deze drie kenmerken bevat en helemaal als deze alledrie aanwezig zijn.

Simulatiemodellen zijn bij uitstek geschikt om de variabiliteit, verbindingen tussen de deelprocessen en complexiteit te representeren. In vergelijking met andere methodes is simulatie in staat om meer details te genereren wat betreft de gevolgen van variabiliteit. Waar andere methodes voornamelijk uitgaan van gemiddelde waarden, kan met simulatie een beter inzicht vergaard worden over de gevolgen van variabiliteit. Daarnaast vereist simulatie weinig aannames, hoewel vanwege simplificering en gebrek aan data deze wel gemaakt worden. Een ander sterk punt van simulatie is de visualisatie. In plaats van ingewikkelde formules en grote *spreadsheets* wordt het systeem herkenbaar weergegeven, wat een groter inzicht en betrouwbaarheid bij de gebruiker geeft.

Niet alleen een simulatiemodel zelf, maar de wijze waarop deze tot stand komt heeft positieve effecten. Ten eerste is simulatie geen bedreigende methode. Scenario's en veranderingen kunnen zonder de angst om te falen worden doorberekend. Vanwege het gebrek aan risico kan creativiteit gestimuleerd worden. Een ander belangrijk punt is het creëren van kennis tijdens de modellering. De ontwikkeling en gebruik van simulatiemodellen dwingt betrokkenen na te denken over problemen die anders niet ter sprake zouden zijn gekomen. En daarnaast geeft simulatie een duidelijke structuur aan het onderzoek.

Er zijn echter ook nadelen wat betreft simulatie ten opzichte van andere modelleringstechnieken. Ten eerste is met name de simulatiesoftware erg duur. Ten tweede kost het veel tijd om een gedegen simulatieonderzoek te houden. Daarnaast is er veel data nodig, die niet altijd voor handen is, en vereist het expertise. Als laatste is er nog het punt dat men niet blindelings moet vertrouwen op een simulatiemodel. Zoals aangegeven in

hoofdstuk 5 is een simulatiemodel een vereenvoudiging van de werkelijkheid en moet deze niet als de waarheid worden aangenomen.

9.2 Waarom simulatie van een CSA?

Kijkend naar een CSA is dit een relatief simpel proces met een lage complexiteit. Het aantal verschillende routings van de MHM is beperkt en het proces is goed te overzien. De verschillende deelprocessen kunnen redelijk autonoom worden uitgevoerd en kunnen van elkaar worden losgekoppeld. Het enige kenmerk waar een CSA hoog op scoort wat betreft simulatie is de variabiliteit. Een CSA heeft te maken met een *push* principe van de MHM door het proces heen en zijn wat betreft te verwerken eenheden volledig afhankelijk van de klant. Deze klanten kenmerken zich door een grote variatie in hoeveelheden en te gebruiken MHM. Enkele handelingen zijn afhankelijk van het te verwerken MHM. Daarnaast varieert de hoeveelheid te verwerken MHM over de dag sterk. Over het algemeen kan dus gesteld worden dat de variabiliteit van een CSA groot is. Daarnaast had ten opzichte van andere methoden simulatie de voorkeur, omdat de opdrachtgever hier al bekend mee was en de simulatiesoftware beschikbaar.

9.3 Meerwaarde simulatie voor het project

De doelstelling van het project was om een generiek DSS te ontwerpen welke geschikt is voor de ondersteuning van strategische en tactische besluitvorming van een CSA. Vanwege het hoge aggregatieniveau van deze doelstelling en de generieke inzetbaarheid van het model, zijn er concessies gedaan aan de mate van detail. Zo is het aankomstproces nog redelijk gedetailleerd weergegeven, maar is de connectie tussen het aanbod en variatie in procestijden en routings verdwenen. Dit zorgt voor een reductie in de variabiliteit.

In de pilot worden twee strategische en één tactisch scenario gesimuleerd. Het strategische scenario richt zich op de capaciteit. Door middel van een deterministische analyse was deze capaciteit al bepaald. Deze methode is meer geschikt voor het in kaart brengen van de capaciteit en bottleneck dan een simulatiemodel. De meerwaarde van het simulatiemodel is een inzicht in de doorlooptijden. Echter door de simplificaties is de kracht van het model verminderd, waar juist een duidelijk voordeel ten opzichte van andere technieken behaald dient te worden.

In het derde scenario werd op basis van het aankomstproces en scenario 1 een nieuw dienstrooster ontwikkeld en getest. Dit zelfde dienstrooster had echter ook ontwikkeld kunnen worden op basis van een capaciteitsonderzoek opgesplitst over de dag. Ook hier geldt weer dat de meerwaarde voornamelijk bestaat uit een beter inzicht in de doorlooptijden.

Bovenstaande kritiekpunten geven aan dat de meerwaarde van het simulatiemodel beperkt is door de gemaakte keuzes. Toch heeft het simulatieonderzoek zeker zijn meerwaarde gehad. Ten eerste is met het model redelijk eenvoudig snel elementaire zaken door te rekenen. En door de ontwikkeling van het model is de kennis van het systeem en de uitvoering van de richtlijnen toegenomen. Door het modelleren van een CSA worden medewerkers en leiding gedwongen om kritisch te kijken naar de inrichting en aansturing. Zo blijken bijvoorbeeld niet alle scanpunten een goede weergave te zijn van de performance. Met name het scannen van de MHM 'CSA uit' geeft door het gebruik van een transportrooster een vertekend beeld.

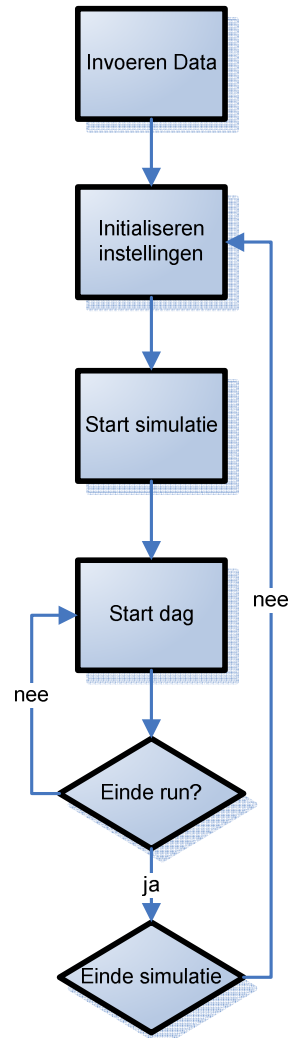
Al met al kan worden geconcludeerd dat de meerwaarde van het simulatiemodel zelf beperkt is, maar door de structuur van een simulatieonderzoek en de wijze van denken duidelijk een meerwaarde betekend, die niet bij voorbaat andere methodes, zoals tijdens de analyse van een CSA, uitsluit.

I. Bijlage – Terminologie

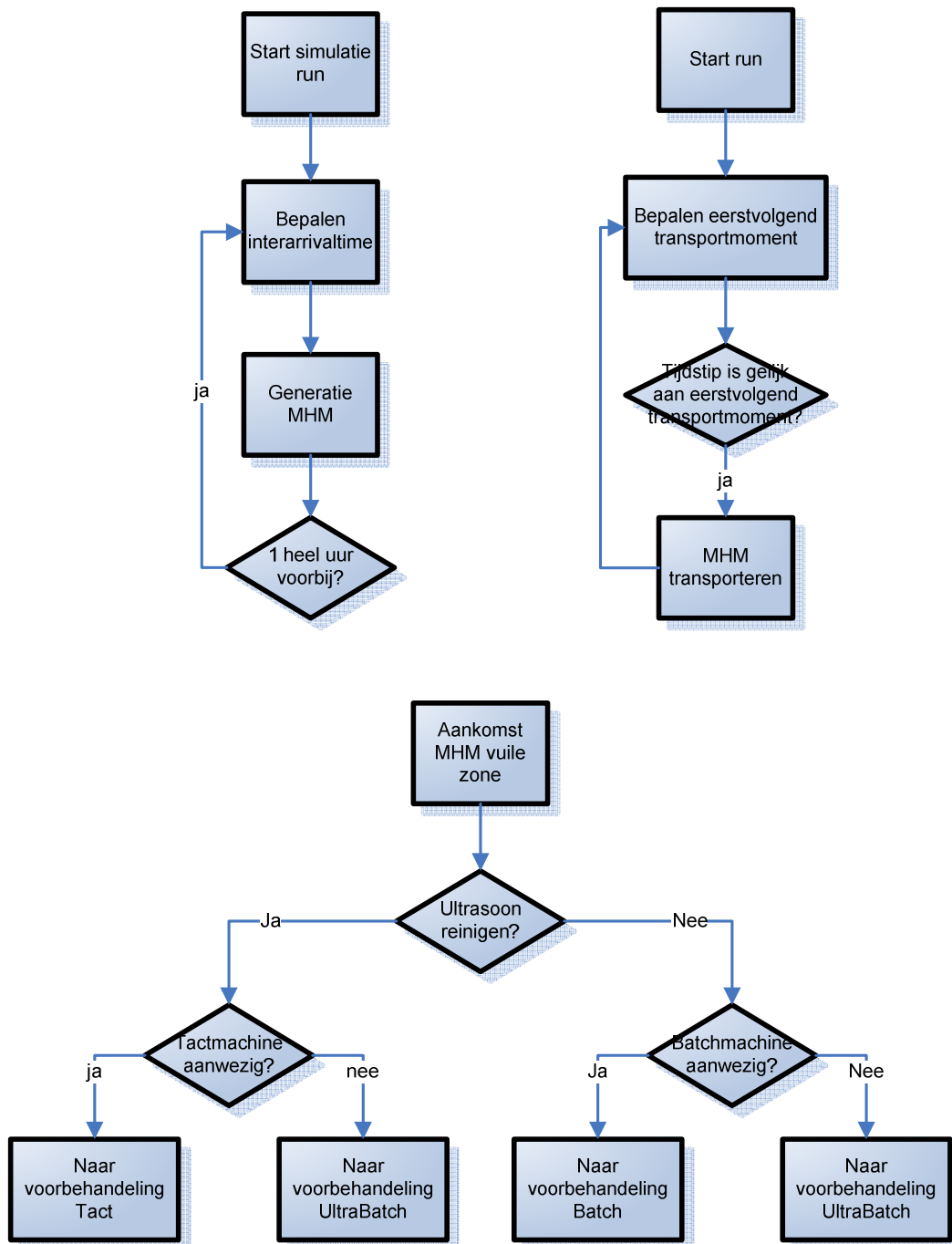
Afkorting	Betekenis
<i>CSA</i>	<i>Centrale Sterilisatie Afdeling</i>
<i>UMCG</i>	<i>Universitair Medisch Centrum Groningen</i>
<i>FCFS</i>	<i>First Come First Served</i>
<i>DSS</i>	<i>Decision Support System</i>
<i>SB-DSS</i>	<i>Simulation Based Decision Support System</i>
<i>DV</i>	<i>Desinfectie vuil (vuile zone)</i>
<i>DS</i>	<i>Desinfectie schoon (schone zone 1)</i>
<i>A&I</i>	<i>Assemblage & inpakafdeling (schone zone 2)</i>
<i>DB</i>	<i>Distributieruimte (reine zone)</i>
<i>Tact</i>	<i>Tactmachine</i>
<i>Batch</i>	<i>Batchmachine</i>

I Terminologie

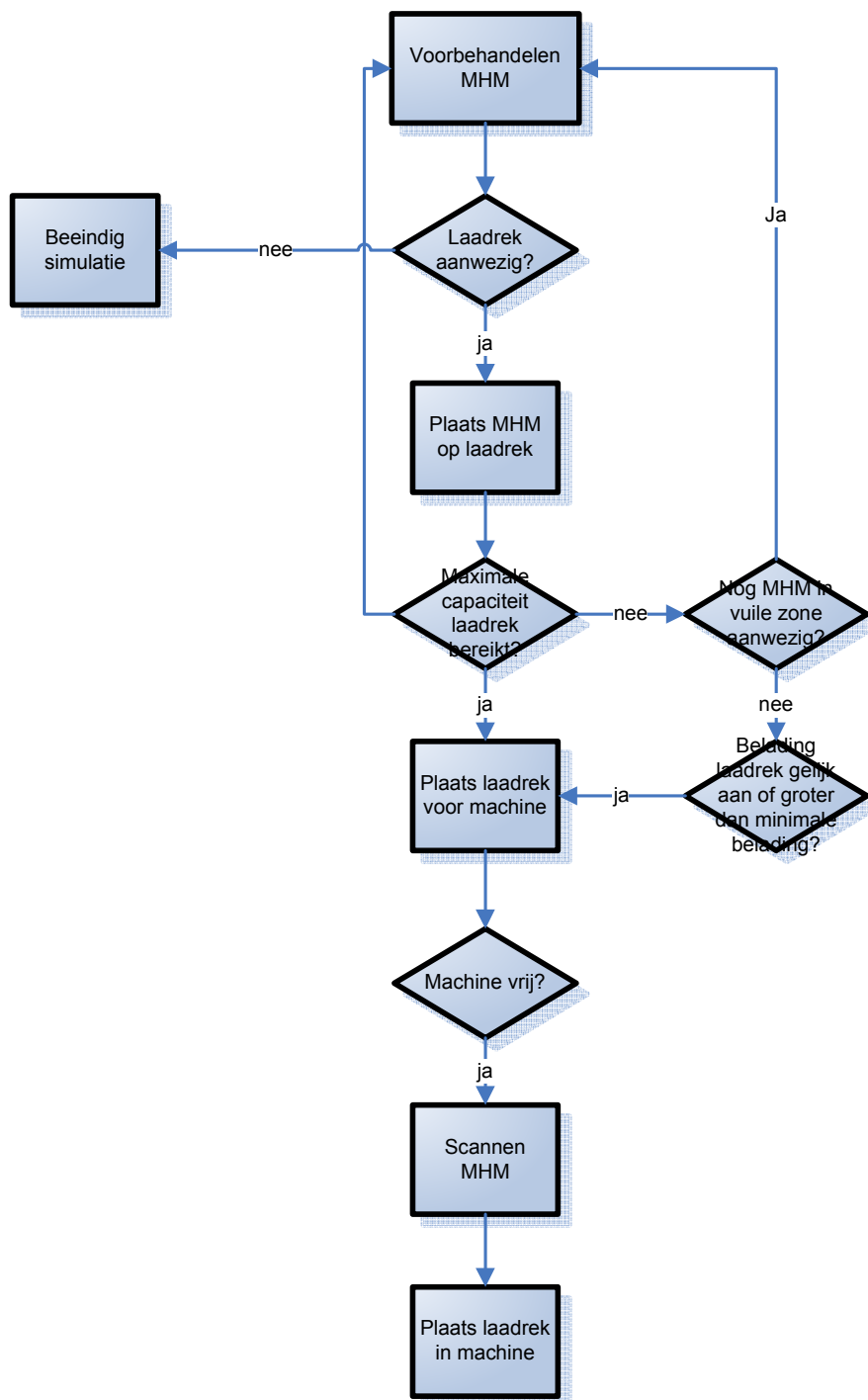
II. Bijlage – Flowcharts CSA Simulated



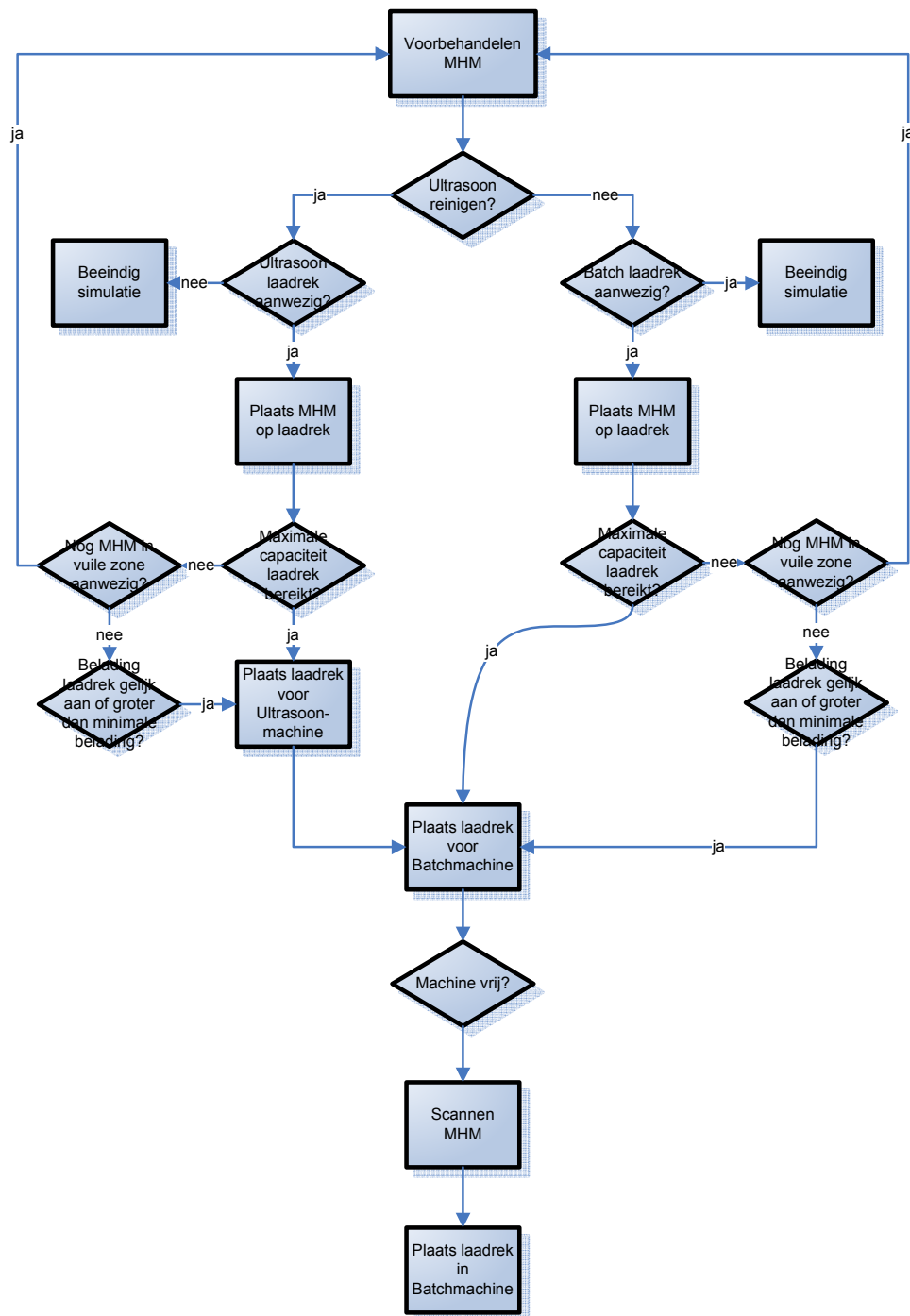
II Flowchart simulatiemodel



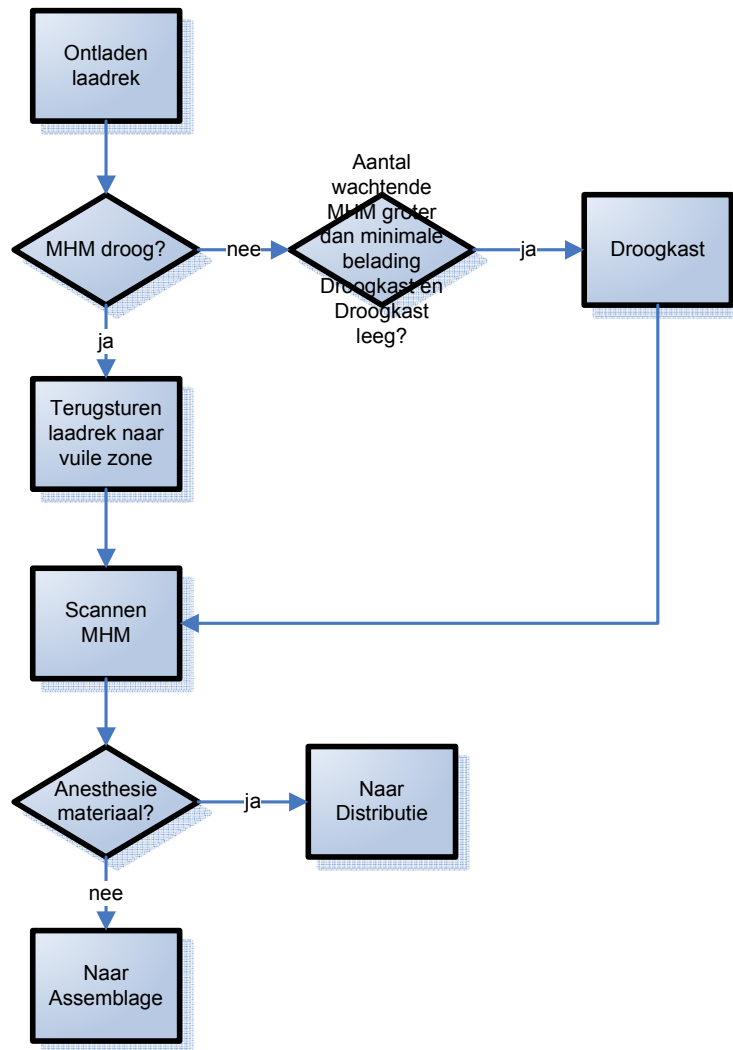
III Flowchart selectie MHM vuile zone



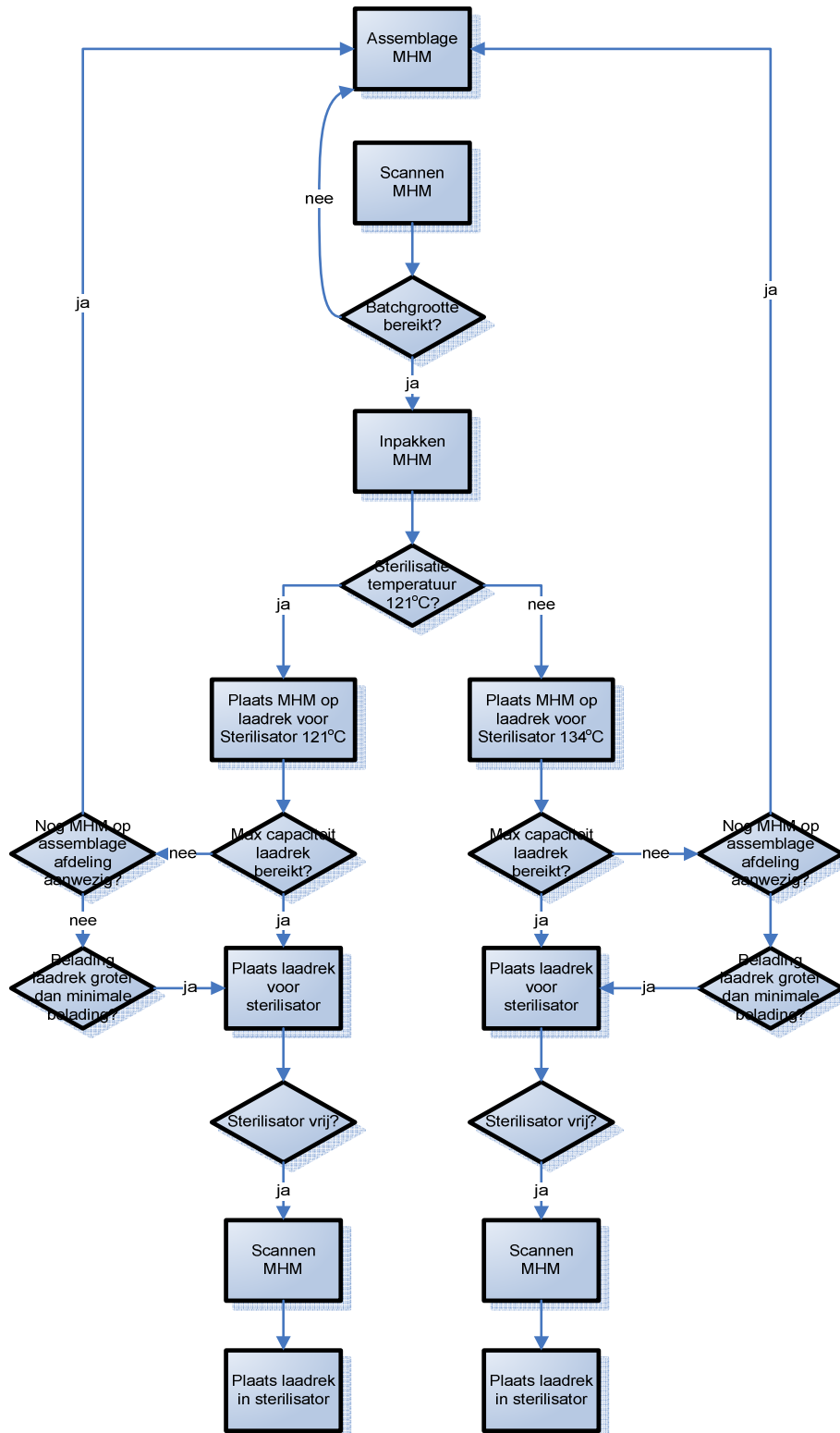
IV Flowchart voorbehandeling tact- en/ of batchmachine



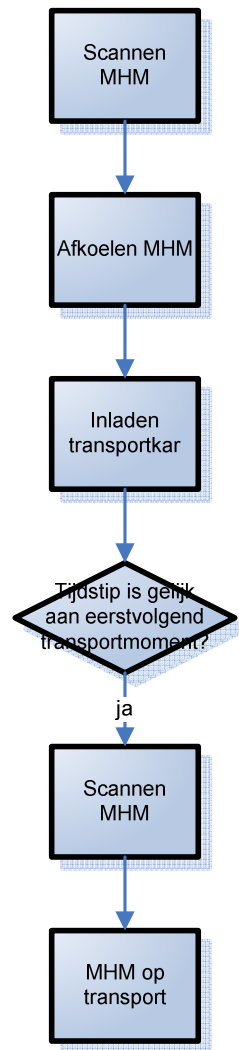
V Flowchart voorbehandeling batch- ultrasoonmachine



VI Flowchart schrone zone

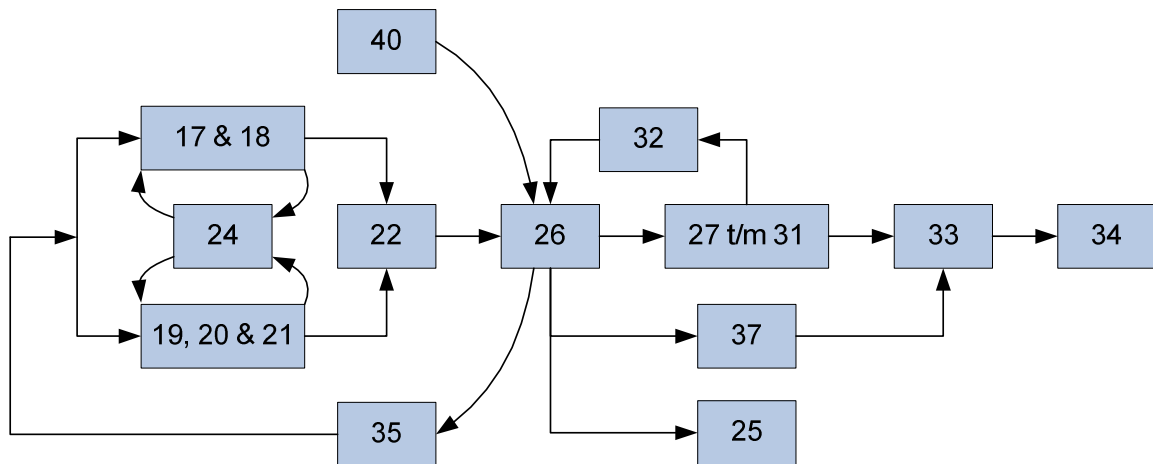


VII Flow chart assemblage afdeling

**VIII Flowchart Distributieruimte**

III. Bijlage – scanpunten CSA UMCG

Kort geleden is door de CSA UMCG een nieuw volgsysteem voor sets in gebruik genomen, waarvan na wat opstartproblemen de data sinds oktober 2007 als betrouwbaar beschouwd mag worden. Dit systeem bestaat uit een aantal scanpunten binnen het proces, zodat de voortgang van sets binnen de CSA gevolgd kan worden. Men maakt hierbij gebruik van een stalen label met een barcode aan een specifieke set, die handmatig wordt gescand door de werknemers. Elke set heeft hierbij een eigen uniek nummer. In het figuur hieronder staan de verschillende scanpunten weergegeven, die hierna toegelicht zullen worden.



IX Scanpunten CSA UMCG

LocatielD	Naam	Omschrijving
17&18	Wasstraten	Begin reinigings- en desinfectie proces
19, 20 & 21	Batchmachines	Begin reinigings- en desinfectie proces
22	Desinfectie schoon	Klaar voor transport naar de Assemblage
24	Desinfectie fout	Terug naar Desinfectie Vuil
25	WIMAC	Klaar voor transport naar WIMAC
26	Assemblage	Einde van assemblage
27 t/m 31	Sterilisatoren	Begin sterilisatie proces
32	Sterilisatie fout	Terug naar assemblage
33	Distributie Ruimte	Klaar voor transport
34	CSA uit	Transport naar klant
35	Instrumenten beheer	Reparatie
37	Sterrad	Begin sterilisatie proces
40	Hersterilisatie	Hersterilisatie

X Omschrijving scanpunten CSA UMCG

De scanmomenten zijn gebruikt voor de bepaling van de doorlooptijd en de bezettingsgraad. De werkelijke doorlooptijd is langer dan gemeten waarde. Het eerste scanmoment is wanneer de MHM de wasmachines ingaan. Ze zijn dan dus al enige tijd op de CSA. Daarnaast scannen de medewerkers de MHM al CSA uit wanneer de transportkarren worden beladen.

IV. Bijlage – Simulatieinstellingen

De simulatieduur beïnvloedt in belangrijke mate de accuraatheid van het model. Pas bij een oneindige simulatieduur kan 100% accuraatheid worden bereikt. Dit is gezien de gebruikerseisen echter ondoenlijk en zodoende dienen er aannemelijkere instellingen bepaald te worden. Hierbij is voornamelijk de terminaliteit van het model van belang. Zodra dit bekend is kunnen de ‘warm-up’ periode en de run instellingen bepaald worden.

Terminaliteit

Wat betreft de terminaliteit bestaan er twee soorten modellen²⁴, namelijk ‘terminating’ en ‘non-terminating’. Bij een ‘terminating’ simulatie is er een natuurlijk eindpunt. Dit is het geval onder onderstaande omstandigheden.

- Het model bereikt een lege staat. Dit gebeurt wanneer elke dag alle aangekomen MHM dezelfde dag verwerkt zijn. Op deze manier begint het model elke dag weer ‘leeg’.
- Het einde van een onderzoeksperiode, bijvoorbeeld een tijdelijke extra productie vanwege verbouwing dichtbijzijnde CSA.
- Een eindig input data, zoals het bereiken van het einde van een productie schema.

Een ‘non-terminating’ simulatie heeft geen natuurlijk eindig punt. Voor deze soort simulaties dient de gebruiker de simulatieduur te bepalen. In het geval van CSA Simulated zullen de laatste twee oorzaken niet aan de orde komen. Echter het is zeer aannemelijk dat er instellingen zijn voor het model waarbij aan het einde van de dag alle MHM zijn gesteriliseerd en getransporteerd. Omdat dit vooraf niet te bepalen is, is ervoor gekozen om van CSA Simulated een ‘non-terminating’ simulatie te maken, waarvoor in het vervolg van deze bijlage de instellingen bepaald zullen worden.

Warm-up periode

Voor een ‘non-terminating’ simulatie dient een ‘warm-up’ periode bepaald te worden. Dit is het aantal dagen aan het begin van de simulatie waarvan geen gegevens worden bijgehouden voor de prestatiemeting. Dit omdat in tegenstelling tot de realiteit er in het begin zich geen MHM in het model bevinden.

Voor het bepalen van een ‘warm-up’periode zijn statistische toetsen beschikbaar. In principe zou voor elk te simuleren scenario deze ‘warm-up’ periode opnieuw bepaald moeten worden. Om toekomstige gebruikers tegemoet te komen is ervoor gekozen om deze ‘warm-up’ periode eenmalig te bepalen. De verhoogd de gebruikersvriendelijkheid en zodoende hoeft de gebruiker zich geen ‘vreemde’ materie eigen te maken.

In een eerde simulatieonderzoek bij de CSA van het UMCG is voor dat model een ‘warm-up’ periode bepaald²⁵. Uit dit model bleek dat gedurende de eerste zeven dagen sprake was van initialisatie verschijnselen. Omdat ook hier de ‘warm-up’ periode eenmaale bepaald werd, is er voor een ruimere marge gekozen van 10 dagen. Het UMCG is een van de grootste ziekenhuizen in Nederland met een daarbijhorend gebruik van MHM. Aangenomen dat hoe groter het verbruik in MHM, hoe groter het effect in initialisatieverschijnselen is, is deze ‘warm-up’ periode van 10 dagen een reeele aanname. Gezien het generieke gehalte van CSA

Simulated is besloten om hier een iets grotere marge te nemen en wordt de gebruiker aanbevolen een 'warm-up' periode van 15 dagen te hanteren.

Run lengte

De accuraatheid van een model wordt bepaald door de lengte van een run en het aantal runs. Normaal gesproken wordt een run lengte aanbevolen van 10 maal de 'warm-up' periode. Omdat er geen gebeurtenissen zijn geprogrammeerd die zich pas na lange tijd voordoen, is een run lengte van 150 dagen overbodig. Gezien de gekozen 'warm-up' periode van 10 dagen van het vorige CSA simulatie model en om de gebruikersvriendelijkheid (snelheid) van het model te bevorderen, wordt een run lengte van 100 dagen aanbevolen.

Aantal runs

Voor het bepalen van het aantal runs is de 'confidence interval' methode toegepast. Afhankelijk van het gekozen significantieniveau α wordt er een confidence interval rondom de output waarde berekend. Met een waarschijnlijkheid van $(1-\alpha)$ ligt de juiste outputwaarde binnen dit interval. Voor het toepassen van de 'confidence interval' methode is gekozen voor 10 runs met een lengte van 100 dagen en een 'warm-up' periode en een α van 2,5%. Dit is gedaan voor de doorlooptijden van de drie verschillende soorten MHM (set, los en anesthesie materiaal). De resultaten hiervan zijn hieronder weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat 4 runs voldoende zijn voor een betrouwbaarheidsinterval met een afwijking kleiner dan 2,5%. Hiervoor is gebruik gemaakt van een internet Excel bestand²⁶. Vanwege de generiekheid van het model wordt de gebruiker aangeraden om enige marge in te bouwen en minimaal 5 runs in te stellen.

Replication	Result	Cum. mean average	Standard deviation	Confidence interval		% deviation
				Lower interval	Upper interval	
1	775,29476	775,29	n/a	n/a	n/a	n/a
2	774,681745	774,99	0,433	767,19	782,79	1,01%
3	757,226102	769,07	10,260	732,31	805,82	4,78%
4	764,575574	767,94	8,673	749,83	786,06	2,36%
5	761,011606	766,56	8,126	753,86	779,26	1,66%
6	752,657806	764,24	9,221	752,33	776,15	1,56%
7	754,891705	762,91	9,129	752,66	773,15	1,34%
8	754,55437	761,86	8,953	752,87	770,86	1,18%
9	762,412497	761,92	8,377	754,24	769,61	1,01%
10	754,412234	761,17	8,247	754,17	768,17	0,92%

XI Bepaling # runs voor sets

Replication	Result	Cum. mean average	Standard deviation	Confidence interval		% deviation
				Lower interval	Upper interval	
1	943,042168	943,04	n/a	n/a	n/a	n/a
2	942,323831	942,68	0,508	933,54	951,82	0,97%
3	920,357705	935,24	12,895	889,04	981,44	4,94%
4	923,528185	932,31	12,048	907,15	957,47	2,70%
5	921,134274	930,08	11,569	911,99	948,16	1,94%
6	917,440957	927,97	11,563	913,04	942,90	1,61%
7	923,643526	927,35	10,681	915,37	939,34	1,29%
8	921,937385	926,68	10,072	916,56	936,79	1,09%
9	923,334921	926,30	9,488	917,60	935,01	0,94%
10	918,504687	925,52	9,279	917,65	933,40	0,85%

XII Bepaling # runs voor los materiaal

Replication	Result	Cum. mean average	Standard deviation	Confidence interval		% deviation
				Lower interval	Upper interval	
1	924,749062	924,75	n/a	n/a	n/a	n/a
2	924,837893	924,79	0,063	923,66	925,92	0,12%
3	925,692401	925,09	0,521	923,23	926,96	0,20%
4	919,851179	923,78	2,655	918,24	929,33	0,60%
5	919,957512	923,02	2,866	918,54	927,50	0,49%
6	923,893432	923,16	2,588	919,82	926,51	0,36%
7	923,963155	923,28	2,382	920,61	925,95	0,29%
8	924,155524	923,39	2,227	921,15	925,62	0,24%
9	928,018909	923,90	2,593	921,52	926,28	0,26%
10	925,175549	924,03	2,478	921,93	926,13	0,23%

XIII Bepaling # runs voor anesthesie materiaal

V. Bijlage – Instellingen default scenario

Naam	Productie	%Ultrasoon	%Droogkast	%St121
OC_Set	227	79	10	7
OC_Los	182	2	49	7
OC_Desinfectie	268	0	75	0
ODBC_Set	38	77	11	7
ODBC_Los	50	0	50	7
ODBC_Desinfectie	23	0	75	0
Poli_Set	15	83	8	7
Poli_Los	255	46	27	7
Poli_Desinfectie	118	0	75	0

XIV Aanbod MHM per dag

	OC_Set	OC_Los	OC_ Desinfectie	ODBC_Set	ODBC_Los	ODBC_ Desinfectie	Poli_Set	Poli_Los	Poli_ Desinfectie
1:00	1,77%	1,77%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
2:00	1,18%	1,18%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
3:00	0,94%	0,94%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
4:00	1,18%	1,18%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
5:00	0,71%	0,71%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
6:00	0,47%	0,47%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
7:00	0,24%	0,24%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
8:00	0,24%	0,24%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	0,00%	6,25%	4,17%
9:00	0,25%	0,25%	4,17%	0,22%	0,22%	4,17%	0,00%	6,25%	4,17%
10:00	3,94%	3,94%	4,17%	3,98%	3,98%	4,17%	0,00%	6,25%	4,17%
11:00	9,95%	9,95%	4,17%	11,06%	11,06%	4,17%	0,00%	6,25%	4,17%
12:00	8,28%	8,28%	4,17%	10,05%	10,05%	4,17%	12,50%	5,00%	4,17%
13:00	9,52%	9,52%	4,17%	12,51%	12,51%	4,17%	12,50%	5,00%	4,17%
14:00	15,00%	15,00%	4,17%	21,23%	21,23%	4,17%	12,50%	5,00%	4,17%
15:00	10,94%	10,94%	4,17%	16,60%	16,60%	4,17%	12,50%	5,00%	4,17%
16:00	8,32%	8,32%	4,17%	13,46%	13,46%	4,17%	3,50%	1,25%	4,17%
17:00	6,33%	6,33%	4,17%	10,89%	10,89%	4,17%	3,50%	1,25%	4,17%
18:00	6,07%	6,07%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,50%	1,25%	4,17%
19:00	3,06%	3,06%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,50%	1,25%	4,17%
20:00	2,36%	2,36%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
21:00	2,24%	2,24%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
22:00	2,30%	2,30%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
23:00	2,36%	2,36%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%
0:00	2,36%	2,36%	4,17%	0,00%	0,00%	4,17%	3,00%	4,17%	4,17%

XV Verdeling aanbod MHM per uur

Klant	Transporttijd (minuten)	Transportmoment
OC	15	7:15
OC	15	10:30
OC	15	11:30
OC	15	13:00
OC	15	13:30
OC	15	14:30
OC	15	15:30
OC	15	16:30
OC	15	18:30
OC	15	19:30
OC	15	21:00
ODBC	15	10:30
ODBC	15	12:45
ODBC	15	14:30
ODBC	15	18:30
Poli	15	7:00
Poli	15	10:30
Poli	15	14:30
Poli	15	18:00
OC_Desinfectie	15	16:30
ODBC_Desinfectie	15	18:30
Poli_Desinfectie	15	7:00
Poli_Desinfectie	15	10:30

XVI Transportmomenten naar de CSA UMCG

Klant	Transporttijd (minuten)	Transportmoment
OC	15	7:00
OC	15	10:30
OC	15	11:30
OC	15	13:30
OC	15	14:30
OC	15	15:30
OC	15	16:30
OC	15	18:30
OC	15	19:30
OC	15	21:00
OC	15	22:00
ODBC	15	7:00
ODBC	15	10:30
ODBC	15	14:30
Poli	15	7:00
Poli	15	13:15
OC_Desinfectie	15	7:00
ODBC_Desinfectie	15	7:00
Poli_desinfectie	15	7:00

XVII Transportmomenten van de CSA UMCG

Machines	Aantal	Compartimenten	Procestijd (minuten)	Capaciteit sets	Capaciteit los	Aantal Laadrekken	Min Belading
Tactmachine	2	4	15	8	32	50	0,5
Batchmachine	3	1	60	8	36	50	0,5
Ultrasoon- Batchmachine	0	1	1	8	36	50	0,5
Droogkast	1	1	20	10	36	50	0,5
Sterilisator 121	1	1	62	12	45	50	0,8
Sterilisator 134	4	1	69	12	45	50	0,8

XVIII Inrichting CSA UMCG

Zone	Activiteit	Aantal
Vuil	Voorbehandeling	2
Schoon	Ontladen	1
	Transporteren	1
	Droogkast inladen	1
	Droogkast ontladen	1
	Assemblage	Assembleren
Assemblage	Inpakken	0
	Distributie	Inladen

XIX Aantal werkplekken

Zone	Activiteit	Procestijd (modus)	Procestijd (min)	Procestijd (max)	Batchgrootte
Vuil	Voorbehandeling sets	45	0	90	-
	Voorbehandeling los	19	0	38	-
	Voorbehandeling desinfectie	20	-	-	-
Schoon	Ontladen	300	-	-	-
	Transporteren	0	-	-	20
	Droogkast inladen	60	-	-	-
	Droogkast ontladen	360	-	-	-
Assemblage	Assembleren sets	900	120	1464	7
	Assembleren los	90	60	150	7
	Inpakken sets	120	-	-	-
	Inpakken los	60	-	-	-
Distributie	Inladen	600	-	-	-
	scannen	120	-	-	-

XX Bewerkingstijden handmatige activiteiten

Dienst	Efficiency	Zone
Middagdienst		Vuil
Middagdienst		Schoon
Middagdienst	80	Assemblage
Middagdienst	50	Assemblage
Middagdienst		Distributie
Avonddienst		Vuil
Avonddienst		Schoon
Avonddienst	80	Assemblage
Avonddienst	50	Assemblage
Avonddienst		Distributie
Nachtdienst		Alle

XXI Roostering werknemers per zone

	Van	Tot	Pauzes
Middagdienst	7:30	16:00	10:00-10:15;12:00-12:30;14:00-14:15
Avonddienst	15:00	23:00	17:30-17:45;20:00-20:30;22:00-22:15
Nachtdienst	23:00	7:30	1:30-1:45;4:00-4:30;6:00-6:15

XXII Dienstrooster

VI. Bijlage – Resultaten scenario 1

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT	A_DT	A_WT
0	754	79,57%	946	84,31%	944	90,97%
1	730	78,89%	918	83,84%	948	91,00%
2	742	79,25%	936	84,16%	951	91,03%
3	779	80,23%	982	84,90%	971	91,22%
4	810	80,96%	1017	85,41%	998	91,46%
5	778	80,19%	989	85,00%	1012	91,57%
6	764	79,85%	974	84,77%	1037	91,78%
7	856	81,93%	1071	86,12%	1078	92,09%
8	1055	85,20%	1238	87,95%	1134	92,48%

XXIII Totale doorloop- en wachttijd per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT	A_DT	A_WT
0	103	33,98%	126	40,37%	154	44,71%
1	103	34,41%	127	40,79%	158	45,95%
2	104	35,02%	130	41,98%	160	46,61%
3	106	36,20%	134	43,73%	169	49,57%
4	110	38,39%	139	45,76%	181	52,95%
5	115	40,95%	145	48,08%	189	54,80%
6	119	43,26%	150	50,06%	200	57,31%
7	128	47,16%	162	53,48%	221	61,47%
8	137	50,75%	173	56,59%	254	66,41%

XXIV Doorloop- en wachttijd DS per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	214	93,51%	163	98,97%
1	190	92,74%	143	98,84%
2	207	93,31%	156	98,93%
3	246	94,38%	187	99,11%
4	276	94,94%	210	99,19%
5	245	94,32%	179	99,06%
6	231	94,03%	164	98,99%
7	312	95,45%	238	99,27%
8	489	97,00%	405	99,55%

XXV Doorloop- en wachttijd A&I per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	118	98,30%	103	99,03%
1	114	98,25%	98	98,98%
2	108	98,15%	94	98,93%
3	102	98,05%	91	98,90%
4	97	97,93%	87	98,85%
5	93	97,85%	84	98,81%
6	91	97,80%	81	98,76%
7	86	97,67%	81	98,76%
8	88	97,72%	84	98,81%

XXVI Doorloop- en wachttijd St per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	115	38,42%	108	34,52%
1	114	38,24%	106	33,76%
2	115	38,85%	109	35,04%
3	116	39,13%	109	35,54%
4	118	40,25%	112	36,95%
5	118	40,16%	112	37,11%
6	117	39,62%	112	36,78%
7	120	41,36%	113	37,84%
8	122	42,41%	113	37,64%

XXVII Doorloop- en wachttijd DB per jaar

	Tact	Batch	Droogkast	Sterilisatoren
0	26,77%	63,36%	37,38%	31,59%
1	27,91%	66,12%	39,19%	33,16%
2	29,28%	68,95%	41,00%	34,88%
3	30,54%	72,08%	43,21%	36,57%
4	32,08%	75,67%	45,67%	38,56%
5	33,36%	78,80%	47,47%	40,32%
6	34,74%	81,80%	49,52%	42,10%
7	36,40%	85,85%	52,14%	44,38%
8	38,18%	89,57%	55,17%	46,64%

XXVIII Bezettingsgraden machines per jaar

	Middagdienst				Avonddienst			
	DS	DV	A&I	DB	DS	DV	A&I	DB
0	64,84%	47,74%	91,69%	41,06%	50,64%	52,03%	93,96%	47,33%
1	67,99%	49,83%	89,63%	42,80%	53,12%	54,39%	93,99%	49,97%
2	71,54%	52,16%	92,12%	45,59%	55,80%	56,86%	94,02%	52,01%
3	74,85%	55,07%	94,11%	48,02%	58,67%	59,05%	94,05%	54,29%
4	78,56%	58,63%	95,64%	50,80%	61,83%	61,43%	93,97%	57,08%
5	82,10%	61,60%	94,58%	53,19%	65,07%	63,29%	94,03%	59,60%
6	85,92%	65,32%	94,20%	55,42%	67,72%	64,67%	94,02%	62,36%
7	89,84%	69,71%	96,75%	58,62%	72,08%	66,75%	93,99%	65,51%
8	93,68%	74,34%	98,86%	60,34%	76,39%	68,90%	94,07%	70,10%

XXIX Bezettingsgraden werknemers per jaar

VII. Bijlage – Resultaten scenario 2

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	750	79,46%	926	83,99%
1	740	79,19%	910	83,70%
2	740	79,19%	916	83,80%
3	751	79,49%	934	84,11%
4	770	79,98%	961	84,55%
5	764	79,85%	957	84,51%
6	771	80,02%	969	84,69%
7	782	80,29%	988	84,98%
8	960	83,68%	1155	87,04%
9	800	80,73%	1008	85,27%
10	791	80,52%	1006	85,25%

XXX Totale doorloop- en wachttijd per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	113	40,18%	137	45,20%
1	113	40,14%	136	44,57%
2	116	41,40%	137	45,12%
3	116	41,55%	135	44,19%
4	117	42,03%	135	44,31%
5	118	42,62%	137	45,08%
6	121	43,93%	137	45,09%
7	121	44,22%	138	45,72%
8	123	45,01%	139	46,07%
9	125	45,84%	140	46,13%
10	126	46,40%	140	46,29%

XXXI Doorloop- en wachttijd DS per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	198	93,03%	155	98,92%
1	192	92,78%	148	98,87%
2	194	92,89%	151	98,90%
3	211	93,46%	167	99,00%
4	234	94,05%	187	99,10%
5	228	93,95%	183	99,09%
6	236	94,14%	190	99,12%
7	249	94,43%	201	99,16%
8	417	96,42%	361	99,49%
9	255	94,55%	212	99,21%
10	250	94,47%	203	99,18%

XXXII Doorloop- en wachttijd A&I per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	116	98,28%	104	99,04%
1	110	98,19%	100	99,00%
2	105	98,10%	96	98,96%
3	99	97,99%	91	98,90%
4	96	97,91%	88	98,86%
5	91	97,81%	84	98,81%
6	87	97,70%	81	98,77%
7	84	97,62%	79	98,74%
8	84	97,62%	80	98,74%
9	81	97,53%	76	98,69%
10	77	97,42%	76	98,69%

XXXIII Doorloop- en wachttijd St per jaar

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT
0	117	39,66%	107	34,35%
1	117	39,46%	108	34,69%
2	118	40,22%	109	35,32%
3	117	39,55%	110	36,15%
4	118	40,19%	111	36,35%
5	118	40,41%	113	37,35%
6	120	41,21%	112	37,16%
7	119	40,96%	113	37,76%
8	121	41,94%	112	36,85%
9	125	43,46%	119	40,54%
10	124	43,29%	118	40,30%

XXXIV Doorloop- en wachttijd DB per jaar

	Tactmachine	Batchmachine	Droogkast	Sterilisatoren
0	26,50%	40,63%	18,47%	47,14%
1	27,95%	42,29%	19,50%	49,68%
2	29,12%	44,21%	20,08%	51,99%
3	30,46%	46,27%	21,29%	54,66%
4	31,83%	48,18%	22,40%	57,49%
5	33,40%	50,32%	23,65%	60,38%
6	35,05%	52,29%	24,79%	63,44%
7	36,38%	54,54%	25,86%	66,41%
8	38,07%	57,38%	27,24%	70,02%
9	39,85%	59,41%	28,59%	73,36%
10	41,60%	62,04%	30,05%	76,96%

XXXV Bezettingsgraden machines per jaar

	Middagdienst				Avonddienst			
	DV	DS	A&I	DB	DV	DS	A&I	DB
0	51,85%	39,65%	90,78%	40,85%	18,04%	33,50%	93,80%	47,10%
1	53,98%	41,14%	90,11%	42,64%	19,35%	35,72%	93,85%	49,99%
2	56,80%	42,92%	90,79%	45,10%	20,23%	37,07%	93,83%	51,85%
3	59,61%	44,74%	93,30%	47,72%	21,38%	39,16%	94,02%	54,22%
4	62,51%	46,42%	93,91%	50,33%	22,59%	41,28%	93,98%	56,89%
5	65,43%	48,48%	94,57%	53,29%	23,81%	43,51%	93,94%	59,31%
6	68,30%	50,23%	95,28%	56,27%	25,59%	46,02%	93,77%	62,05%
7	71,32%	52,32%	95,99%	59,15%	26,89%	47,81%	93,89%	64,70%
8	74,68%	54,85%	98,46%	61,90%	29,02%	50,23%	93,90%	68,69%
9	77,12%	56,97%	97,13%	65,18%	31,18%	52,74%	93,11%	71,64%
10	80,49%	59,11%	91,47%	71,38%	33,37%	55,58%	91,47%	72,12%

XXXVI Bezettingsgraden werknemers per jaar

VIII. Bijlage – Resultaten scenario 3

	Set_DT	Set_WT	Los_DT	Los_WT	A_DT	A_WT
CSA	709	78,27%	885	83,23%	954	91,07%
DS	102	33,93%	141	46,76%	149	42,92%
A&I	160	91,36%	106	98,43%		
St	124	98%	98	99%		
DB	92	23,14%	87	18,56%		

XXXVII Doorloop- en wachttijd

	Tactmachine	Batchmachine	Droogkast	Sterilisatoren
Bezettingsgraad	26,48%	62,08%	37,60%	47,39%

XXXVIII Bezettingsgraad machines

	Vroege dienst	Dagdienst	Late Dagdienst	Middagdienst	Avonddienst
DV		73,07%	73,51%		84,37%
DS		48,72%			50,11%
A&I	84,13%	84,64%	91,43%	99,82%	99,00%
DB		34,64%			53,78%

XXXIX Bezettingsgraad medewerkers

IX. Bijlage – Resultaten gebruikerstest

Kwaliteit van de inhoud

Gebruikersinterface excel

Conditie te testen	Te verwachten resultaat	Conditie behaald	Conditie behaald	Conditie behaald
Indeling scherm	Overzichtelijk en ordelijk	5	3, wel veel tabs	5
Duidelijkheid tabbladen	Duidelijk	4	4	5
Gebruik kleuren	Duidelijk	3	3, rood goed alleen niet altijd ingevuld	5
Hoeveelheid informatie	Overzichtelijk en ordelijk	4	3 wel ordelijk, iets minder overzichtelijk	4

Data input Excel

Conditie te testen	Te verwachten resultaat	Conditie behaald	Conditie behaald	Conditie behaald
Structuur	Overzichtelijk en ordelijk	5	4	5
Gebruiksvriendelijk	Duidelijk en eenvoudig	4	2, eisen van invoer niet altijd duidelijk	4
Dataverzameling	Betrouwbare input data eenvoudig te verkrijgen	3 (hangt af van je wensen mbt detail)	4	3 (verschilt per ziekenhuis)
Robuustheid	Robuust tegen foutieve invoer	2	1, geen checks aanwezig	3

Gebruikersinterface eM-Plant

Conditie te testen	Te verwachten resultaat	Conditie behaald	Conditie behaald	Conditie behaald
Indeling scherm	Overzichtelijk en ordelijk	5	5	5
Duidelijkheid iconen	Duidelijk	5	5	4
Gebruik kleuren	Duidelijk	4	4	4
Hoeveelheid informatie	Overzichtelijk en ordelijk	4	4	4

Werking model

Conditie te testen	Te verwachten resultaat	Conditie behaald	Conditie behaald	Conditie behaald
Functioneren model	Functioneert zoals beschreven in het conceptuele model	4 (moeilijk te beoordelen)	4	5
Variabelen	Variabelen zoals beschreven in het conceptuele model zijn aanwezig	5	4	5
Snelheid	Snel	3	2	4
Robuustheid	Robuust tegen foutieve invoer	2	2, geen checks aanwezig	3
Foutverwerking	Foutmeldingen eenvoudig te achterhalen en herstellen	2 (nog geen troubleshoot, en emPlant meldingen zullen voor gebruiker onduidelijk zijn)	3, enige kennis nodig	1 voor onervaren gebruiker (was ook geen onderdeel opdracht)

Resultaten

Conditie te testen	Te verwachten resultaat	Conditie behaald	Conditie behaald	Conditie behaald
Aanwezigheid	Alle output zoals beschreven in het conceptuele model is aanwezig	5	5	5
Volledigheid	Alle te wensen output is aanwezig	5	5	4
Betrouwbaarheid	Output is bruikbaar voor doel van het model	5	4	4
Gebruiksvriendelijk	Gegeven output is duidelijk en overzichtelijk	4 (je zou een extra verwerkingsslag kunnen overwegen (grafiekjes bijv) data is nog wel ruw)	4	4

Handleiding

Conditie te testen	Te verwachten resultaat	Conditie behaald	Conditie behaald	Conditie behaald
Duidelijkheid	Duidelijk	4 (paar punten reeds aangestipt)	5	5
Volledigheid	Volledig	4	4	4
Gebruiksvriendelijk	Duidelijk en eenvoudig	5	4	5

Kwaliteit van het proces

Conditie te testen	Conditie behaald	Opmerkingen	Opmerkingen	Opmerkingen
Gebruiker voelt zich betrokken bij het modelleringsproces	Ja/Nee		Ja	Ja
Eisen en wensen van de gebruiker zijn vertaald naar het model	Ja/Nee		Ja	Ja
Modelleerder is toegankelijk en goed bereikbaar	Ja/Nee		Ja	Ja
Kennis van simulatieprojecten is bij de eindgebruiker toegenomen	Ja/Nee		Nee,	Ja

Kwaliteit van de resultaten

Conditie te testen	Conditie behaald	Opmerkingen	Opmerkingen	Opmerkingen
Kennis van het gemodelleerde proces is toegenomen	Ja/Nee		ja	Nee, Is vrijwel niet mogelijk (in alle bescheidenheid)
Model is ook bruikbaar voor toekomstig gebruik	Ja/Nee		ja	Ja

Eindnoten

¹ Pool, J.A., *Herontwerp van de Centrale Sterilisatie Afdeling in het Universitair Medisch Centrum Groningen*, Groningen 25 januari 2007 (Doctoraalscriptie Technische Bedrijfswetenschappen) p. 11

² Goudswaard, P., *Beleidsplan Centrale Sterilisatie Afdeling UMCG 2006-2009*, juni 2006 p. 2

³ Nicholas, J.M., *Competitive Manufacturing Management: continuous improvement*, Irwin McGraw-Hill, International edition 1998, p. 41

⁴ Pool, J.A., *Herontwerp van de Centrale Sterilisatie Afdeling in het Universitair Medisch Centrum Groningen*, Groningen 25 januari 2007 (Doctoraalscriptie Technische Bedrijfswetenschappen) p. 17

⁵ Venema, J., *Handleiding Algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen april 2004, p. 5

⁶ Lewis, Simon & McIndoe, Andrew K, *Cleaning, disinfection and sterilization of equipment*, Anaesthesia and intensive care medicine, 1 November 2004, vol. 5, issue 11, p. 360-363

⁷ College bouw ziekenhuisvoorzieningen, *Centrale sterilisatieafdeling; Bouwmaatstaven voor nieuwbouw*, 18 november 2002, p. 7

⁸ Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en leefmilieu; Hoge Gezondheidsraad, *Aanbevelingen voor sterilisatie*, mei 2006, p. 15

⁹ Lewis, Simon & McIndoe, Andrew K, *Cleaning, disinfection and sterilization of equipment*, Anaesthesia and intensive care medicine, 1 November 2004, vol. 5, issue 11, p. 360-363

¹⁰ Venema, J., *Handleiding Algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen april 2004, p. 9

¹¹ Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en leefmilieu; Hoge Gezondheidsraad, *Aanbevelingen voor sterilisatie*, mei 2006, p. 21

¹² Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en leefmilieu; Hoge Gezondheidsraad, *Aanbevelingen voor sterilisatie*, mei 2006, p. 29

¹³ Harvey, Richard & Castle, Andrew, *Lean thinking*, Medical Device Decontamination, February – April 2008, vol. 12, nr. 3

¹⁴ <http://www.sterilisatie.info/>

¹⁵ College bouw ziekenhuisvoorzieningen, *Centrale sterilisatieafdeling; Bouwmaatstaven voor nieuwbouw*, 18 november 2002, p. 18

¹⁶ Sprague, R.H. jr., *A framework for the development of Decision Support Systems*, MIS Quarterly, Vol 4 no 4 1980, p. 1-26

¹⁷ Robinson, S., *Simulation; The practice of model development and Use*, John Wiley and Sons, West Sussex, 2004, p. 65

¹⁸ Robinson, S., *Simulation; The practice of model development and Use*, John Wiley and Sons, West Sussex, 2004, p. 97

¹⁹ Carson, J.S., *"Convincing user's of model's validity is challenging aspect of modeler's job"*, Industrial Engineering, 18(6), p. 74-85

²⁰ Pool, J.A., *Herontwerp van de Centrale Sterilisatie Afdeling in het Universitair Medisch Centrum Groningen*, Groningen 25 januari 2007 (Doctoraalscriptie Technische Bedrijfswetenschappen) p. 141

²¹ Bertrand, J.W.M., Wortmann, J.C., Wijngaard, J., *Productie beheersing en material management*, Stenfert Kroese, 1998, p. 227

²² Robinson, S., *General concepts of quality for discrete event-simulation*, European Journal of Operational Research 138 p 103-117, 2002

²³ Robinson,S., *Simulation; The practice of model development and Use*,John Wiley and Sons, West Sussex, 2004, p. 4

²⁴ Robinson,S., *Simulation; The practice of model development and Use*,John Wiley and Sons, West Sussex, 2004, p. 134

²⁵ Pool, J.A., *Herontwerp van de Centrale Sterilisatie Afdeling in het Universitair Medisch Centrum Groningen*, Groningen 25 januari 2007 (Doctoraalscriptie Technische Bedrijfswetenschappen) p. 162

²⁶ <http://eu.wiley.com//legacy/wileychi/robinson/students.html>