

**HERONTWERP VAN DE  
CENTRALE STERILISATIE AFDELING  
IN HET UNIVERSITAIR MEDISCH  
CENTRUM GRONINGEN**

**J. A. Pool**

Groningen 25 januari 2007

Doctoraalscriptie  
*Technische Bedrijfswetenschappen*





**umcg**



**RuG**

# **HERONTWERP VAN DE CENTRALE STERILISATIE AFDELING IN HET UNIVERSITAIR MEDISCH CENTRUM GRONINGEN**

**Jasper Arnout Pool**  
Doctoraalscriptie

**Datum:** 25 januari 2007  
**Plaats:** Groningen  
**Studie:** Technische Bedrijfswetenschappen  
**Faculteit:** Bedrijfskunde

**UMCG:**  
Opdrachtgever: **ir. P. Goudswaard**  
Begeleider: **drs. R. Nap**

**RuG:**  
1<sup>e</sup> begeleider: **dr. ir. D.J. van der Zee**  
2<sup>e</sup> begeleider: **prof. dr. J. Wijngaard**

**Distributie:**

- Universitair Medisch Centrum Groningen
- Rijksuniversiteit Groningen

# SAMENVATTING

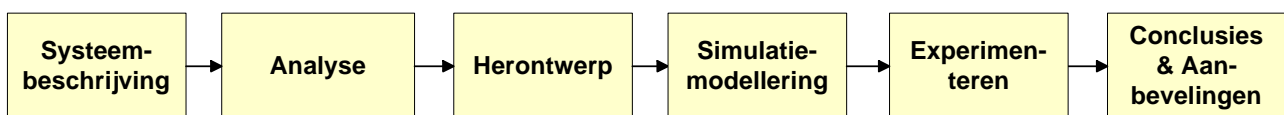
## Opzet van het onderzoek

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden op de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) van het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG) in het kader van het vijfjarige afstudeerprogramma van de studierichting Technische Bedrijfswetenschappen (TBW) aan de Rijksuniversiteit Groningen (RuG).

Verschillende organisatorische veranderingen binnen het UMCG hebben geleid tot toenemende interesse in de logistieke prestaties van het primaire proces van de CSA. Samen met de opdrachtgever van dit onderzoek, de manager van de CSA, is op basis van deze informatiebehoefte de volgende tweeledige doelstelling geformuleerd.

**De (logistieke) prestaties van het primaire proces van de CSA inzichtelijk maken en verklaren.  
Het formuleren en onderzoeken van voorstellen om deze prestaties te verbeteren.**

## Aanpak van het onderzoek



*Figuur 1 Opbouw onderzoek*

Eerst is het te onderzoeken systeem, het primaire proces van de CSA, in detail **beschreven**. Er is gebruik gemaakt van ‘*flow*’- en ‘*decision flow*’ diagrammen om de activiteiten en beslissingen vanaf de ontvangst van vervuilde Medische Hulp Middelen (MHM) tot en met de afgifte van gereinigde en steriele MHM overzichtelijk voor te stellen.

Op basis van deze systeembeschrijving zijn de logistieke prestaties - de doorlooptijden van MHM, de productiekosten en de bezettingsgraden van de ingezette resources - **geanalyseerd**. Dit leidde tot de vaststelling dat de prestaties van de CSA voor een groot deel worden bepaald door de afstemming tussen variabel werkaanbod en rigide productiecapaciteit. Bovendien resulteerde deze analyse in meer dan 15 verschillende aangrijpingspunten voor verbetering.

Voor elk van deze aangrijpingspunten zijn vervolgens verbetervoorstellen voor **herontwerp** van het primaire proces geformuleerd. Op basis van de verwachte impact en kosten zijn drie verbetervoorstellen geselecteerd voor verder onderzoek.

In de volgende fase van het onderzoek is een conceptueel model van het primaire proces van de CSA ontworpen met het doel een **simulatiemodel** te kunnen programmeren. Om de leverprestaties van de CSA te kunnen beoordelen zijn twee verschillende criteria ontworpen: het doorlooptijd criterium (gericht op het minimaliseren van de verblijfsduur van MHM op de CSA) en het “due date” criterium (gericht op het ‘op tijd’ leveren van MHM). Dit laatste criterium voorziet erin dat MHM bij tijdige aanlevering op de CSA in principe bij aanvang van de volgende dag weer beschikbaar zijn.

Het ontworpen simulatiemodel is gebruikt om de geselecteerde verbetervoorstellen door middel van een reeks **experimenten** te onderzoeken. Er zijn verschillende scenario’s ontworpen, waarvan de prestaties met het default scenario, de huidige situatie, zijn vergeleken. Zodoende was het mogelijk om de impact van de verbetervoorstellen op de prestaties van het systeem in kaart te brengen.

## Conclusie en aanbevelingen op basis van het onderzoek

Het experimenteren met het simulatiemodel leverde een aantal verrassende inzichten op, zoals:

- ❖ De doorlooptijden van MHM worden voor een groot deel bepaald door het transportrooster.
- ❖ De huidige leverafspraak voor voorrangsets, die binnen een tijdsbestek van zes uur inclusief transport weer beschikbaar moeten zijn, is niet realistisch.
- ❖ De invloed van een toename van het aantal medewerkers op de gemiddelde doorlooptijd wordt vanaf een bepaald aantal door een afnemende 'rate of return' gekenmerkt.
- ❖ Door het veranderen van de pauzetijden kunnen de prestaties worden verbeterd. De beste resultaten worden verwacht van flexibele pauzetijden, die worden afgestemd op het werkaanbod.

Door middel van een analyse van de prestaties per scenario was het mogelijk om de impact van de onderzochte verbetervoorstellen kwantitatief te berekenen. In tabel 1 en tabel 2 zijn de veranderingen van de leverprestaties (doorlooptijd criterium en due date criterium) ten opzichte van het default scenario voor drie experimenten weergegeven. In het eerste experiment worden twee extra transportritten ingeroosterd en zijn de transporttijden van de klanten op elkaar afgestemd. Voor het tweede experiment is samen met de opdrachtgever een alternatief medewerkerrooster ontworpen met een shiftpatroon dat aansluit bij het aankomstpatroon van MHM. In het derde experiment zijn deze twee veranderingen gecombineerd. In de tabellen is een onderverdeling gemaakt in leverprestaties voor 'sets' en 'los materiaal' totaal en opgesplitst per klant (OC: Operatiecentrum, ODBC: Operatief Dagbehandelingcentrum, Poli: Poli afdelingen, vrg: voorrangsets).

Exp.	Experimentele factor	Doorlooptijd criterium									
		Sets	OC	OC vrg	ODBC	ODBC vrg	Poli	Los	OC	ODBC	Poli
0	Default (%)	85,3	93,2	68,6	99,3	8,6	100	99,5	98,2	99,9	100
1	Kleine aanpassingen transportr.	↗	↗	↗	~	↘	~	~	↘	~	~
2	Alternatief medewerkerrooster	↘	↘	↘	~	↘	~	~	~	~	~
3	Kleine aanpassingen transportr. + alternatief medewerkerrooster	~	~	↘	~	↘	~	~	~	~	~

Tabel 1 Overzicht leverprestaties per experiment (doorlooptijd criterium)

(↘↗: verandering > 10%, ↘↗: verandering 2-10%, ~: verandering < 2%)

Exp.	Experimentele factor	Due date criterium									
		Sets	OC	OC vrg	ODBC	ODBC vrg	Poli	Los	OC	ODBC	Poli
0	Default (%)	86,5	84,6	98,1	74,2	72,8	94,9	91,6	87,5	73,9	95,5
1	Kleine aanpassingen transportr.	↗	↗	~	↑	↑	↗	~	↘	↑	~
2	Alternatief medewerkerrooster	↑	↑	~	↑	↑	↗	↗	↑	↑	↗
3	Kleine aanpassingen transportr. + alternatief medewerkerrooster	↑	↑	~	↑	↑	↗	↗	↑	↑	↗

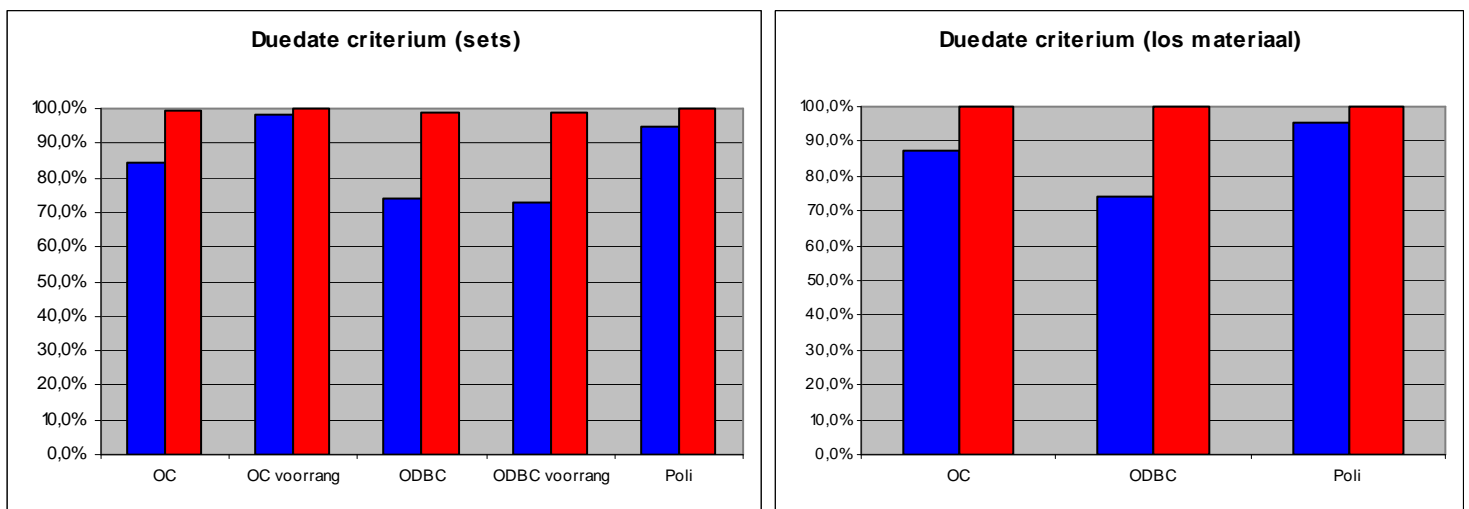
Tabel 2 Overzicht leverprestaties per experiment (due date criterium)

(↘↗: verandering > 10%, ↘↗: verandering 2-10%, ~: verandering < 2%)

De resultaten van de eerste twee experimenten laten zien dat veranderingen van het transport- en medewerkerrooster de prestaties van de CSA op een soms tegengestelde manier beïnvloeden. Het transportrooster heeft een sterkere invloed op de prestaties volgens het doorlooptijd criterium. Het medewerkerrooster heeft een sterkere invloed op de prestaties volgens het due date criterium. Het feit dat het transportrooster niet wordt aangestuurd door de CSA heeft tot gevolg dat de CSA minder invloed heeft op de prestaties volgens het doorlooptijd criterium. Samen met het feit dat het doorlooptijd criterium geen rekening houdt met het gebruik van MHM bij de klanten wordt daarom het volgende aanbevolen:

- ❖ Invoering van het due date criterium voor de beoordeling van de leverprestaties van de CSA.

Uit de resultaten van het derde experiment blijkt dat de effecten van de verbetervoorstellen elkaar aanvullen (due date criterium) dan wel compenseren (doorlooptijd criterium). Door de combinatie van deze voorstellen is het mogelijk om leverprestaties van bijna 100% voor alle klanten te realiseren (due date criterium). Dit is in figuur 2 weergegeven.



**Figuur 2** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: experiment 3)

Beide verbetervoorstellen zijn ook vanuit financieel oogpunt zinvol. Het doorvoeren van extra transportritten kost slechts zeven euro per rit. Het veranderen van het medewerkerrooster levert geen extra kosten op. Door afschaffing van de nachtdienst is het zelfs mogelijk om kosten te besparen. Op basis van deze inzichten wordt het volgende aanbevolen:

- ❖ Invoering van extra transportritten en aanpassing van de transporttijden bij de klanten.
- ❖ Hantering van een alternatief medewerkerrooster dat beter aansluit op het werkaanbod.

Naast deze te implementeren verbeteringen zijn er ook voorstellen, die worden aanbevolen voor verder onderzoek:

- ❖ Vervanging van de tactmachine door batchmachines.
- ❖ Afstemming van het beladen van de autoclaven op de vertrektijden van het transport.
- ❖ Hantering van één temperatuur voor de sterilisatie van MHM.
- ❖ Aanpassing van de vertrektijden voor transport van MHM naar de klanten.

Tot slot dient te worden vermeld, dat de meerwaarde van dit onderzoek niet is beperkt tot het verbeteren van de prestaties van de CSA onder de huidige omstandigheden. Door de transparantie van het primaire proces is het mogelijk om logistieke aspecten een grotere rol te laten spelen in de bedrijfsvoering van deze afdeling. Bovendien kan het simulatiemodel zowel intern (binnen de CSA) als extern (binnen het UMCG) worden ingezet om de gevolgen van veranderingen te berekenen en te illustreren. Zodoende kan een stap worden gezet om suboptimalisatie met betrekking tot de inzet van MHM binnen de UMCG brede context te vermijden.



## VOORWOORD

Op zoek naar mijn 'roots' ben ik in 2002 vanuit Kaiserslautern in Duitsland naar Groningen vertrokken. Hier zou ik de eerstkomende jaren Technische Bedrijfswetenschappen (TBW) gaan studeren aan de Rijksuniversiteit Groningen. Dat bleek zo goed te bevallen, dat ik in 2004 besloot om te solliciteren voor het vijfjarige studieprogramma van TBW. Samen met acht andere studenten ben ik daar in september 2004 mee begonnen.

Voor mijn afstudeerstage was ik op zoek naar een nieuwe uitdaging in het buitenland. Per toeval raakte ik hierover in gesprek met dhr. van der Zee die me een project voorstelde in het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG). Na een gesprek met de manager van de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) van het UMCG, waar het (simulatie)onderzoek zou plaatsvinden was ik helemaal enthousiast. Vanaf februari 2006 zou ik mijn afstudeeronderzoek doorvoeren op tien minuten loopafstand van mijn studentenkamer...

Gedurende het afgelopen jaar hebben tal van lieve mensen op de een of andere manier bijgedragen aan dit onderzoek. Met de woorden van mijn moeder wil ik als volgt mijn dankbaarheid uiten:

***“Aan allen die op een of andere wijze geholpen hebben bij het tot stand brengen van deze verhandeling, betuig ik mijn erkentelijkheid.”***

Zowel de medewerkers van de CSA alsook van de staf 'Directoraat Zorgfaciliteiten' wil ik danken voor de openheid en warmte waarmee ik vanaf de eerste dag bejegend werd. Dat gevoel van acceptatie en interesse vormde een belangrijke stimulans om elke dag opnieuw met plezier aan de slag te gaan.

In het bijzonder wil ik de volgende personen danken voor de grote bijdrage die ze geleverd hebben aan het tot stand brengen van dit afstudeeronderzoek.

Alle sterilisatiemedewerkers die hebben meegeholpen tijdens de meting op de werkvloer op 16 mei 2006 wil ik danken voor hun bijdrage tot het verzamelen van gegevens. Betty Dagelet van de CSA ben ik dankbaar voor haar geduld tijdens het classificeren van Medische Hulp Middelen. Nico Harens dank ik voor het interessante uitstapje naar de CSA van het Medisch Centrum Leeuwarden. Van teamleiders Frieda Bolt, Klaas van der Zee, Dario Rus en Jerry Klune vond ik het super dat ze altijd zo geïnteresseerd en open reageerden op al mijn vragen. In het bijzonder wil ik Harold Stap van de CSA danken, die me gedurende de eerste maanden in talloze uren wegwijs heeft gemaakt in de wereld van de CSA en het UMCG. Jolanda Veenema wil ik van harte danken voor haar tijd en enthousiasme tijdens diverse gesprekken. Het was een plezier om met haar samen te werken.



Dhr. Wijngaard, dhr. Nap en dhr. Van Walsum wil ik danken voor de constructieve bijdragen tijdens de projectbijeenkomsten.

Dhr. Goudswaard zou ik als 'ideale' opdrachtgever willen omschrijven. Dank voor al uw tijd, voor uw medewerking en ideeën, uw interesse, uw enthousiasme en vooral uw vertrouwen in mij!

In dezelfde trant kan ik dhr. van der Zee beschrijven als 'ideale' begeleider. Zonder al uw reacties, opmerkingen, ideeën en bemoedigingen had ik nooit dit resultaat kunnen leveren. Hartelijk dank voor die fijne samenwerking.

Ook mijn tante Lut verdient op deze plek een eervolle vermelding. Dank voor al de uren die je aan de taalcorrecties van mijn scriptie hebt gespendeerd. Een rustgevend idee om te weten dat alles minimaal een keer door jou is doorgelezen.

Mijn vriendin Imre wil ik danken voor de liefdevolle steun en het begrip gedurende de laatste vier maanden van dit onderzoek. Zonder jou had ik er veel minder plezier aan beleefd.

Tot slot wil ik vanuit het diepst van mijn hart mijn papa danken. Niet alleen omdat je mij de kans gegeven hebt deze studie te voltooien, maar vooral ook omdat je – samen met mama zaliger – zoveel voor mij hebt voorgeleefd en altijd in mij hebt geloofd. Ik dank je ook voor je geduld, je ideeën, je vertrouwen en voor je kritische bedenkingen bij dit onderzoek.



Groningen, 25 januari 2007

Arnout Pool

# INHOUDSOPGAVE

<b>SAMENVATTING</b> .....	<b>1</b>
<b>VOORWOORD</b> .....	<b>5</b>
<b>INHOUDSOPGAVE</b> .....	<b>7</b>
<b>1 INLEIDING</b> .....	<b>11</b>
1.1 Universitair Medisch Centrum Groningen .....	11
1.2 De Centrale Sterilisatie Afdeling, de CSA.....	11
1.3 Organisatorische positie van de CSA binnen het UMCG.....	12
<b>2 DOELSTELLING EN OPZET VAN HET ONDERZOEK</b> .....	<b>15</b>
2.1 Aanleiding van het onderzoek .....	15
2.2 Doelstelling van het onderzoek.....	16
2.3 Afbakening van het onderzoek.....	16
2.4 Opbouw van het onderzoek & verslag.....	19
<b>3 SYSTEEMBESCHRIJVING</b> .....	<b>21</b>
3.1 Activiteiten in de relevante omgeving .....	21
3.2 Drie aspecten van het primaire proces .....	22
3.2.1 Product van het primaire proces.....	23
3.2.2 Activiteiten in het primaire proces .....	23
3.2.3 Resources in het primaire proces.....	27
3.3 Inrichting van het primaire proces.....	28
3.3.1 Desinfectie Vuil.....	30
3.3.2 Desinfectie Schoon.....	31
3.3.3 Assemblage en Inpakruimte .....	32
3.3.4 Distributieruimte .....	34
3.4 Aansturing van het primaire proces.....	34
3.4.1 Doelen van de besturing .....	34
3.4.2 Offline aansturing van het primaire proces.....	36
3.4.3 Online aansturing van het primaire proces .....	38
<b>4 ANALYSE</b> .....	<b>47</b>
4.1 Gegevens.....	47
4.2 Productiekosten .....	47
4.3 Doorlooptijd.....	48
4.3.1 Bewerkingstijden .....	50
4.3.2 Wachttijden .....	54
4.4 Bezettingsgraad .....	57
4.4.1 Totaal generale bezettingsgraad .....	57
4.4.2 Gefaseerde bezettingsgraadberekening.....	60
4.5 Stromen door het primaire proces .....	62
4.6 Aanbod verontreinigde MHM op de CSA.....	63

4.6.1	Afstemming werkaanbod en productiecapaciteit .....	63
4.6.2	Aanbod verontreinigde MHM (totaal) .....	65
4.6.3	Aanbod verontreinigde MHM (per klant) .....	68
4.7	Aangrijpingspunten voor verbetering .....	72
<b>5</b>	<b>HERONTWERP .....</b>	<b>75</b>
5.1	Indeling mogelijkheden voor herontwerp .....	75
5.2	Voorstellen voor herontwerp .....	75
5.2.1	Categorie 1 .....	75
5.2.2	Categorie 2 .....	77
5.2.3	Categorie 3 .....	78
<b>6</b>	<b>MODELBOUW .....</b>	<b>79</b>
6.1	Doel van het model .....	79
6.2	Inputs van het model .....	79
6.3	Outputs van het model .....	80
6.4	Inhoud van het model .....	82
6.5	Aannames & vereenvoudigingen van het model .....	82
6.6	Experimenteel ontwerp (simulatiemodel) .....	83
6.7	Validatie en verificatie van het model .....	83
6.7.1	Validatie van het model .....	83
6.7.2	Verificatie van het model .....	83
6.7.3	Kanttelingen .....	84
<b>7</b>	<b>EXPERIMENTEN EN ANALYSES .....</b>	<b>85</b>
7.1	Experimentele opzet .....	85
7.1.1	Simulatie-instellingen per experiment .....	85
7.1.2	Beschrijving van de experimenten .....	85
7.1.3	Outputs per experiment .....	88
7.2	Default scenario .....	89
7.2.1	Leverprestaties .....	89
7.2.2	Productiekosten en bezettingsgraad .....	91
7.2.3	Conclusies resultaten default scenario .....	92
7.3	Experimenten .....	93
7.3.1	Experiment 1: Splitsen assemblage en verpakken van sets .....	93
7.3.2	Experiment 2: Fictief aankomstpatroon .....	96
7.3.3	Experiment 3: Kleine aanpassingen transportrooster .....	98
7.3.4	Experiment 4: Ingrijpende aanpassingen transportrooster .....	101
7.3.5	Experiment 5: Een medewerker minder per shift .....	103
7.3.6	Experiment 6: Een medewerker extra per shift .....	106
7.3.7	Experiment 7: Verschoven pauzetijden .....	109
7.3.8	Experiment 8: Verschoven medewerkerrooster .....	111
7.3.9	Experiment 9: Alternatief medewerkerrooster .....	113
7.3.10	Experiment 10: Kleine aanpassingen transportrooster + alternatief medewerkerrooster .....	116

7.4	Samenvatting van de experimenten .....	119
<b>8</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....</b>	<b>123</b>
<b>9</b>	<b>BESCHOUWING SIMULATIEMODELLERING .....</b>	<b>129</b>
9.1	Meerwaarde van simulatiemodelling voor dit onderzoek .....	129
9.2	Gebruik van simulatiemodelling binnen het UMCG.....	129
9.3	Ervaringen met betrekking tot het ontwerpen van een generiek simulatiemodel.....	130
	<b>LITERATUURLIJST.....</b>	<b>131</b>
<b>A</b>	<b>BIJLAGE - AFKORTINGEN .....</b>	<b>133</b>
<b>B</b>	<b>BIJLAGE - TERMINOLOGIE.....</b>	<b>134</b>
<b>C</b>	<b>BIJLAGE - ORGANISATIESTRUCTUUR VAN DE CSA .....</b>	<b>137</b>
<b>D</b>	<b>BIJLAGE - METINGEN WERKVLOER .....</b>	<b>139</b>
<b>E</b>	<b>BIJLAGE - HISTOGRAM DOORLOOPTIJDEN .....</b>	<b>140</b>
<b>F</b>	<b>BIJLAGE - BEWERKINGS- EN WACHTTIJDEN REGULIERE SETS OC .....</b>	<b>141</b>
<b>G</b>	<b>BIJLAGE - BEWERKINGS- EN WACHTTIJDEN VOORRANGSETS OC.....</b>	<b>142</b>
<b>H</b>	<b>BIJLAGE – WACHTTIJDEN CHARGEVORMING .....</b>	<b>143</b>
<b>I</b>	<b>BIJLAGE - SPLITSINGEN PRIMAIR PROCES.....</b>	<b>144</b>
<b>J</b>	<b>BIJLAGE - AANNAMES CONCEPTUEEL MODEL .....</b>	<b>145</b>
<b>K</b>	<b>BIJLAGE - VEREENVOUDIGINGEN CONCEPTUEEL MODEL .....</b>	<b>146</b>
<b>L</b>	<b>BIJLAGE – AANTAL MHM PER SET .....</b>	<b>152</b>
L.1	Productiegegevens CSA van het Medisch Centrum Leeuwarden .....	152
L.2	Verdeling sets UMCG (alleen OC) .....	153
<b>M</b>	<b>BIJLAGE - OPBOUW SIMULATIEMODEL .....</b>	<b>154</b>
<b>N</b>	<b>BIJLAGE - VALIDATIE OUTPUTS SIMULATIEMODEL .....</b>	<b>156</b>
<b>O</b>	<b>BIJLAGE - SIMULATIE - INSTELLINGEN .....</b>	<b>161</b>
<b>P</b>	<b>BIJLAGE - WELCH METHODE.....</b>	<b>163</b>
<b>Q</b>	<b>BIJLAGE - CONFIDENCE INTERVAL METHOD .....</b>	<b>167</b>
<b>R</b>	<b>BIJLAGE - INSTELLINGEN DEFAULT SCENARIO .....</b>	<b>170</b>
<b>S</b>	<b>BIJLAGE - DEFAULT SCENARIO.....</b>	<b>175</b>
<b>T</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 1 .....</b>	<b>181</b>
T.1	Outputs experiment 1 .....	181
T.2	Observaties & Analyses .....	187
<b>U</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 2.....</b>	<b>189</b>
U.1	Outputs experiment 2 .....	189
U.2	Observaties & Analyses .....	195
<b>V</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 3.....</b>	<b>197</b>
V.1	Outputs experiment 3 .....	197
V.2	Observaties & Analyses .....	203
<b>W</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 4.....</b>	<b>205</b>
W.1	Outputs experiment 4 .....	205
W.2	Observaties & Analyses .....	211
<b>X</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 5.....</b>	<b>213</b>

X.1	Outputs experiment 5 .....	213
X.2	Observaties & Analyses .....	219
<b>Y</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 6.....</b>	<b>220</b>
Y.1	Outputs experiment 6 .....	220
Y.2	Observaties & Analyses .....	226
<b>Z</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 7.....</b>	<b>227</b>
Z.1	Outputs experiment 7 .....	227
Z.2	Observaties & Analyses .....	233
<b>AA</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 8.....</b>	<b>235</b>
AA.1	Outputs experiment 8 .....	235
AA.2	Observaties & Analyses .....	241
<b>BB</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 9.....</b>	<b>243</b>
BB.1	Outputs experiment 9 .....	243
BB.2	Observaties & Analyses .....	249
<b>CC</b>	<b>BIJLAGE - EXPERIMENT 10 .....</b>	<b>252</b>
CC.1	Outputs experiment 10.....	252
CC.2	Observaties & Analyses .....	258

# 1 INLEIDING

Deze afstudeerstage heeft plaatsgevonden binnen de muren van het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG). In de inleiding wordt deze organisatie kort aan de lezer voorgesteld. In het bijzonder zal ingegaan worden op de afdeling waar het onderzoek verricht is, de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA). Tot slot zal de organisatorische positie van deze afdeling binnen de gehele organisatie in kaart worden gebracht.

## 1.1 *Universitair Medisch Centrum Groningen*

Sinds 1 januari 2005 zijn het Academisch Ziekenhuis Groningen en de Faculteit der Medische Wetenschappen samengevoegd tot het Universitair Medisch Centrum Groningen, het UMCG. Het UMCG is een groot ziekenhuis met bijna 9.000 medewerkers, meer dan 1.300 bedden, ruim 300.000 verpleegdagen en 70.000 operaties per jaar. Er worden dagelijks bijna 1.000 patiënten opgenomen. Daarnaast is het UMCG een centrum voor onderwijs en onderzoek. Het is het grootste geneeskundige opleidingsinstituut van Nederland met uiteenlopende studies en opleidingen. Er worden vele projecten uitgevoerd op de gebieden van fundamentele en patiëntgeoriënteerde onderzoeken, op grond waarvan er jaarlijks ongeveer 100 onderzoekers promoveren.

De kracht van het UMCG ligt in de nauwe verwevenheid van de drie kerntaken: zorg voor patiënten, onderwijs en onderzoek. Die verwevenheid vormt het uitgangspunt voor één essentiële doelstelling: een bijdrage te leveren aan kwalitatief hoogstaande zorg voor de toekomst. Deze blik op de toekomst komt ook in het motto van het UMCG tot uiting: *'Het beste ziekenhuis ben je niet - dat moet je elke dag worden!'*

## 1.2 *De Centrale Sterilisatie Afdeling, de CSA*

De CSA is de 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 de gebruikers ter beschikking te stellen, waarbij de chemische, fysische en microbiologische veiligheid van de hulpmiddelen is gewaarborgd”*.<sup>1</sup> De gebruikers van medische hulpmiddelen zijn alle afdelingen waar medische, paramedische of verpleegkundige handelingen aan patiënten plaatsvinden.

Verschuillende organisatorische, logistieke, financiële en kwalitatieve redenen hebben er in het verleden toe geleid dat steeds meer activiteiten van het sterilisatieproces gecentraliseerd in een functioneel ingerichte sterilisatieafdeling plaatsvinden. Tot 1996 waren deze activiteiten over de verschillende gebouwen van het ziekenhuis verdeeld. Dat wil zeggen dat er in de nabijheid van de gebruikers mogelijkheden waren om de eigen medische hulpmiddelen te steriliseren. Dit is veranderd door een Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) in te richten als onderdeel van het Operatiecentrum, de grootste gebruiker van medische hulpmiddelen in het ziekenhuis. Sinds einde 2004 is deze CSA als zelfstandige werkeenheid voortgezet om een directere besturing van het operatieve zorgproces te creëren. Om verschillende redenen is de CSA op een andere locatie binnen het UMCG gevestigd, die niet aansluit aan het operatiecentrum.

Voor die zelfstandige organisatie eenheid is de volgende missie geformuleerd om de rol van deze nieuwe afdeling naar binnen en buiten te concretiseren<sup>2</sup>:

*“De CSA maakt operatieve zorg voor patiënten mogelijk door zorgverleners steriele Medische Hulp Middelen aan te bieden op de met hen afgesproken tijd, plaats en condities.”*

In het kader van deze centrale opdracht worden vier resultaatgebieden onderscheiden<sup>3</sup>:

- *decontaminatie (reiniging, desinfectie en sterilisatie) van recirculerende medische hulpmiddelen (MHM);*
- *inspectie, samenstellen en verpakken van instrumentensets;*
- *adviseren en ondersteunen van zorgverleners en organisatie met betrekking tot de recirculerende medische hulpmiddelen;*
- *contracteren van dienstverlening door derden en de regievoering daarvan.*

Naast deze bestuurlijke zelfstandigheid is de CSA ook in budgettair opzicht zelfstandig. De CSA wordt afgerekend op de productiekosten en heeft te maken met een toenemende concurrentiedruk door externe commerciële dienstverleners. De CSA heeft dan ook de ambitie om de missie te vervullen tegen zo laag mogelijke kosten.

Samenvattend kunnen in de CSA de volgende drie doelstellingen onderscheiden worden, waaraan continu gewerkt wordt:

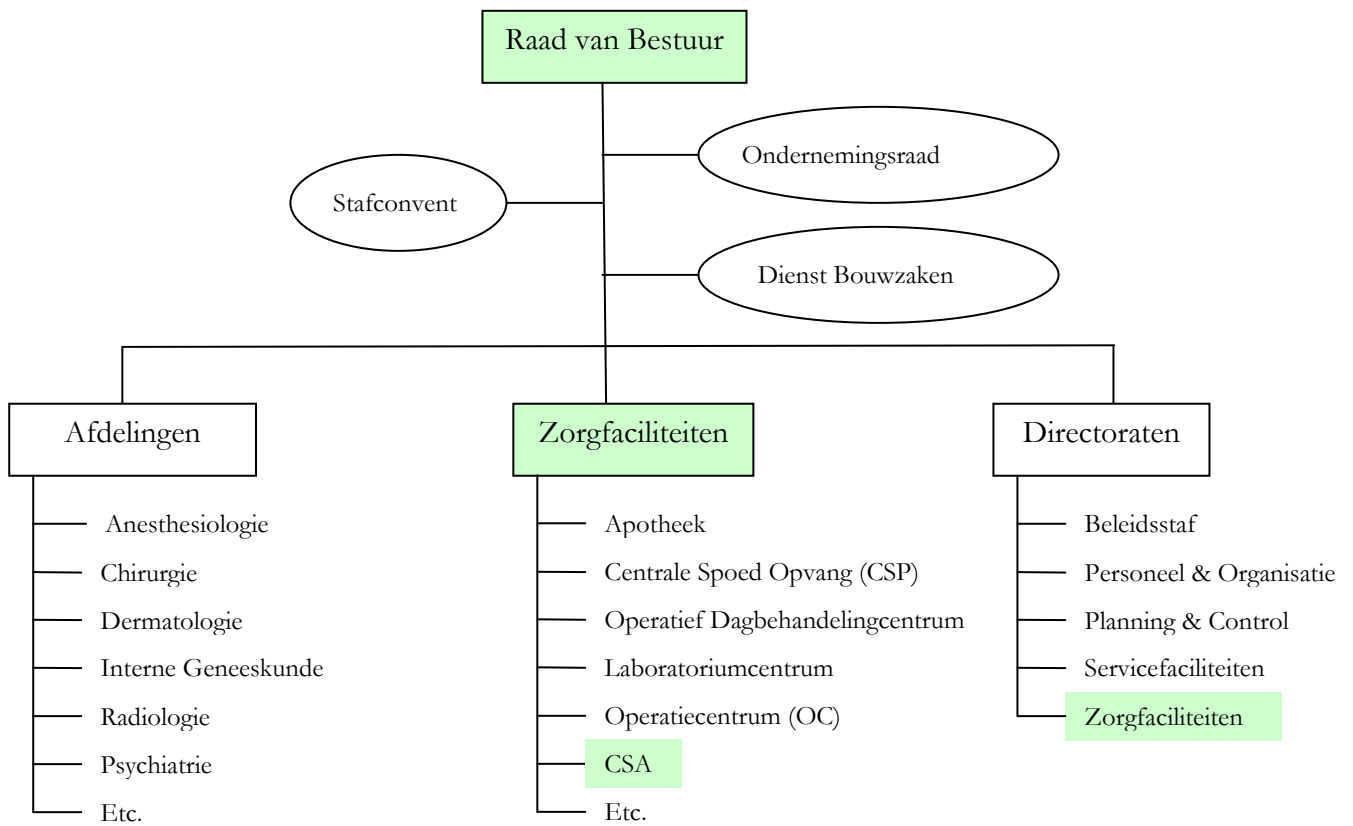
- hoge kwaliteit
- korte en beheersbare doorlooptijden
- lage kosten

De klanten van de CSA zijn de gebruikers van recirculerende medische hulpmiddelen in het gehele UMCG. Daaronder vallen onder andere het Operatiecentrum (22 operatiekamers), het Operatieve Dagbehandelingcentrum, de poliklinieken (in totaal negen klinieken) en het Functiecentrum Urologie. Voor het jaar 2005 wordt het productievolume van de CSA op 55.000 standardeenheden<sup>4</sup> (zie bijlage B *Terminologie*) geschat. Uit de Formatieberekeningen van februari 2005 komt naar voren dat volgens dhr. P. Goudswaard, manager van de CSA, 44 FTE nodig zijn voor de sterilisatie van dit aanbod aan verontreinigde Medische Hulp Middelen. Uitgaande van deze situatie is berekend, dat de sterilisatie van een set gemiddeld € 26,84 kost<sup>5</sup>.

### ***1.3 Organisatorische positie van de CSA binnen het UMCG***

*“De ziekenhuisorganisatie is opgebouwd rondom de patiëntenzorg. De directe patiëntenzorgactiviteiten worden verricht door afdelingen. De ondersteunende voorzieningen voor de patiëntenzorg zijn ondergebracht in zorgfaciliteiten. Ondersteunende werkzaamheden die niet direct patiëntgebonden zijn, worden verricht door de directoraten.”<sup>6</sup>*

De afdelingen in het UMCG kennen veel eigen vrijheid en verantwoordelijkheid en zijn geordend op basis van erkende medische specialismen. In de zorgfaciliteiten vinden alle activiteiten plaats, die ter ondersteuning van de directe patiëntenzorg dienen. Elke zorgfaciliteit vormt een zelfstandige eenheid met in beginsel een rechtstreekse hiërarchische aansturing door de Raad van Bestuur. De directeur Zorgfaciliteiten fungeert hierbij als tussenpersoon die een deel van de aansturing, beheer en coördinatie behartigt. Een van deze zorgfaciliteiten is de CSA die het gebruik van steriele MHM mogelijk maakt. De manager van de CSA is zodoende ondergeschikt aan de directeur Zorgfaciliteiten en aan de Raad van Bestuur.



***Figuur 1.1      Organisatorische positie CSA in het UMCG<sup>7</sup>***





## 2 DOELSTELLING EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

Nu de lezer bekend is met de organisatie en de afdeling waar het onderzoek plaatsgevonden heeft, zal beschreven worden wat de aanleiding vormde voor dit onderzoek. In samenspraak met de opdrachtgever is vervolgens een doel- en probleemstelling geformuleerd. Er zullen een aantal randvoorwaarden, eisen en wensen geformuleerd worden waaraan het onderzoek dient te voldoen. Voor zover mogelijk wordt getracht het te bestuderen systeem en de relevante omgeving af te bakenen. Tot slot zal de aanpak van het onderzoek beschreven worden.

### 2.1 Aanleiding van het onderzoek

Zoals uit paragraaf 1.1 naar voren komt, is de visie in het UMCG erop gericht kwalitatief hoogstaande zorg voor de toekomst te garanderen. Conform deze visie heeft de Raad van Bestuur op 18 oktober 2004<sup>8</sup> een besluit genomen om de operatieve zorg te reorganiseren. Het doel was om de organisatie in kleinere werkeenheden op te delen, zodat een directere besturing van het operatieve zorgproces bevorderd zou worden. Dat besluit had gevolgen voor de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA), de faciliteit die verantwoordelijk is voor de decontaminatie (reiniging, desinfectie en sterilisatie) van recirculerende medische hulpmiddelen in het UMCG. Deze faciliteit die tot op dat moment onderdeel was van het Operatiecentrum (OC) zou als zelfstandige werkeenheden voortgezet worden. Dit verzelfstandigingsproces bracht een aantal veranderingen met zich mee die gezamenlijk de aanleiding vormen voor dit onderzoek:

- De rol van de CSA binnen het UMCG is veranderd. Zij is een zelfstandige afdeling geworden met een eigen planningsfunctie, maar een overkoepelend sturingsinstrument ontbreekt. Hierdoor kunnen suboptimalisaties optreden.<sup>9</sup> Eerst vielen de sterilisatie-werkzaamheden onder de verantwoordelijkheid van de klanten en moesten door deze bekostigd worden. Door de verzelfstandiging van de CSA maken de klanten wel gebruik van de sterilisatiewerkzaamheden maar hoeven er niet meer voor te betalen. Dit heeft tot gevolg dat de klanten een houding aannemen die voor de klant zelf voordelig maar voor de gehele organisatie nadelig is. Zo zijn er Medische Hulp Middelen die zoveel werk vereisen bij de decontaminatie dat deze beter als ‘disposables’ aangeschaft kunnen worden. Hiervoor zouden de klanten echter zelf moeten betalen. Ook hebben veel klanten de neiging om het bestand aan recirculerende Medische Hulp Middelen zo klein mogelijk te houden. Het aanschaffen van nieuw materiaal kost immers geld en het aanvragen van spoedorders bij de CSA niet. Om deze redenen is de CSA en de gehele organisatie erbij gebaat de kosten van het productieproces in kaart te brengen. Pas dan kunnen die kosten doorberekend worden naar de klanten en is ‘*outputfinanciering*’ mogelijk in plaats van ‘*inputbekostiging*’<sup>10</sup>. Zodoende kan suboptimalisatie binnen het UMCG worden voorkomen. Voor de berekening van deze kosten is het noodzakelijk dat de productieprocessen inzichtelijk zijn.
- De interne beleidsvoering van de CSA is veranderd. Als zelfstandige afdeling moet de CSA zelf de verantwoordelijkheid voor de kwaliteit, kosten en doorlooptijden van de dienstverlening dragen. Hierdoor wordt de CSA genoodzaakt om kritisch naar de eigen processen te kijken. Zijn alle processen noodzakelijk om dezelfde of een hogere kwaliteit te waarborgen? Kan het

proces op een (kosten-)efficiëntere manier ingericht en bestuurd worden? Welke doorlooptijden hebben MHM en kunnen die verkort worden?

## ***2.2 Doelstelling van het onderzoek***

Uit deze aanleiding van het onderzoek volgt dat er een dringende behoefte is aan meer inzichten in het primaire proces van de CSA. Indien mogelijk dient het primaire proces bovendien te worden verbeterd.

Hieruit volgt de **doelstelling** voor dit onderzoek:

**De (logistieke) prestaties van het primaire proces van de CSA inzichtelijk maken en verklaren.  
Het formuleren en onderzoeken van voorstellen om deze prestaties te verbeteren.**

De **vraagstelling** die hierbij gehanteerd wordt is:

**Kunnen de huidige (logistieke) prestaties van de CSA worden verklaard  
en zijn er mogelijkheden om deze te verbeteren?**

Deze vraagstelling kan onderverdeeld worden in de volgende deelvragen:

- Welke onderdelen kunnen in het productieproces van de CSA onderscheiden worden en hoe wordt dit proces ingericht en aangestuurd (systeembeschrijving)?
- Zijn er aangrijpingspunten voor verbetering (analyse)?
- Zijn er mogelijkheden voor herontwerp (verbetervoorstellen)?
- Welke gevolgen kunnen van deze verbetervoorstellen worden verwacht (experimenteren)?
- Welke conclusies en aanbevelingen kunnen op basis van dit onderzoek worden gemaakt?

## ***2.3 Afbakening van het onderzoek***

Om de verwachtingen van de verschillende belanghebbenden (opdrachtgever, gebruikers, onderzoeker, begeleider) op elkaar af te stemmen is het verstandig om aan het begin van dit project de gewenste uitbouw van het onderzoek zo duidelijk mogelijk af te bakenen<sup>11</sup>. Deze verschillende eisen kunnen op basis van hun prioriteit en rigiditeit in vier verschillende groepen onderverdeeld worden: randvoorwaarden, functionele eisen, operationele eisen en ontwerpbeperkingen. Tot slot zal vastgelegd worden welk deel van de werkelijkheid bestudeerd zal worden.

Voor dit onderzoek kunnen een aantal **randvoorwaarden** geformuleerd worden. Dat zijn eisen die niet vanuit het project veranderd kunnen worden en waaraan onvoorwaardelijk moet worden voldaan:

- Het onderzoek dient doorgevoerd te worden door dhr. Pool, die ingeschreven staat als student aan de faculteit Bedrijfskunde aan de Rijksuniversiteit Groningen.
- De richtlijnen, protocollen en procedures van het UMCG dienen in acht genomen te worden.

Naast deze voorwaarden is er een aantal eisen waar de opdrachtgever een zeer hoge prioriteit aan geeft. Deze vloeien voor een groot deel voort uit de doelstelling van het project en worden **functionele eisen** genoemd:

- Het onderzoek zal plaatsvinden in de vorm van een project, waarvan dhr. Pool projectleider is en de volgende heren projectleden zijn: Dhr. P. Goudswaard, dhr. R. Nap, dhr. D.J. van der Zee en dhr. J.J. Walsum. Tezamen vormen zij de projectgroep.
- De projectleider zal de voortgang van het onderzoek één keer per week aan de opdrachtgever dhr. Goudswaard rapporteren.
- De projectgroep zal één keer per zes weken over de voortgang van het onderzoek vergaderen.
- Naast deze projectgroep is er ook een stuurgroep, die van de voortgang op de hoogte gehouden wordt, maar niet direct betrokken is. De leden van deze stuurgroep zijn dhr. M. Andriessen, dhr. R. Nap, dhr. R. de Vink, dhr. P. Goudswaard en dhr. H. Sol.
- Het tijdpad voor het onderzoek is als volgt:
  - Startdatum: 01.02.2006
  - Geplande einddatum: 01.11.2006
  - Gerealiseerde einddatum: 25.01.2007
- Het resultaat van het onderzoek moet aan het UMCG beschikbaar gemaakt worden.
- Onderzoeksresultaten mogen niet zonder toestemming van het UMCG gepubliceerd worden.

Uit de toepassing of het gebruik van het projectresultaat vloeien zogenaamde **operationele eisen** voort:

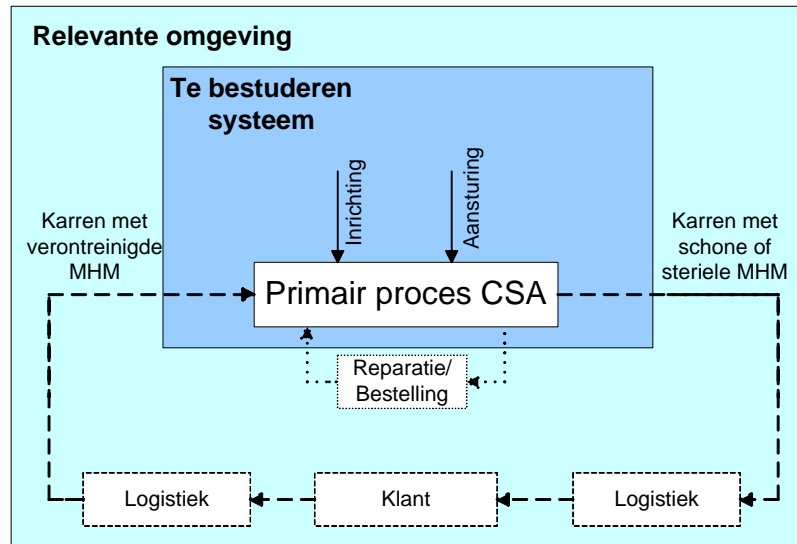
- Voor het simulatiemodel dient software gebruikt te worden die op de markt beschikbaar is.
- Het simulatiemodel dient inzichtelijk en eenvoudig bedienbaar te zijn.
- Het moet mogelijk zijn om de verschillende simulaties te visualiseren.
- Het dient mogelijk te zijn om het simulatiemodel op een eenvoudige manier aan te passen.
- De belangrijkste heuristieken dienen nader toegelicht te worden.

Tot slot stelt de uitvoerder van het project zelf een aantal eisen aan de realisatie van het onderzoek. Dit zijn de **ontwerpbepalingen** van het project:

- Als vijfdejaars-student zal de projectleider in het kader van het vijfjarige studieprogramma de resultaten om de drie maanden aan de overige vijfdejaars presenteren.
- Voor zover mogelijk zal de projectleider gebruik maken van de voor hem bekende simulatiesoftware “eM-Plant” van Tecnomatix.

Nadat deze organisatorische richtlijnen beschreven zijn, zal voor zover het in dit stadium van het onderzoek mogelijk is een afbakening van het te bestuderen systeem plaatsvinden. In ieder geval dienen alle productieprocessen die ‘direct’ te maken hebben met de decontaminatie van verontreinigde Medische Hulpmiddelen en onder de verantwoordelijkheid van de CSA vallen bestudeerd te worden. Dit geheel aan productieprocessen wordt in het vervolg van dit onderzoek het ‘primaire proces’ van de CSA genoemd. Zowel de verschillende onderdelen van dit proces, dus het product, de activiteiten en de resources als ook de inrichting en de aansturing zijn van belang.

Het primaire proces van de CSA begint bij de ontvangst van deze verontreinigde Medische Hulp Middelen en eindigt bij de afgifte van gedecontamineerde Medische Hulp Middelen aan de Facilitaire Dienst Logistiek. Alle processen die de aankomst en afvoer van Medische Hulp Middelen bij de CSA verklaren, spelen een relevante rol voor het te bestuderen systeem. Evenzeer als de faciliterende activiteiten binnen de CSA die het primaire proces beïnvloeden, zoals de bestelling of reparatie van Medische Hulp Middelen door het Instrumentenbeheer. De ongebroken lijnen in figuur 2.1 geven het te bestuderen systeem weer en de gestippelde lijnen vormen processen in de relevante omgeving.



**Figuur 2.1**      *Afbakening van het te bestuderen systeem*

Voor de overzichtelijkheid zullen het te bestuderen systeem, de relevante omgeving en de overige aspecten van de CSA die buiten beschouwing vallen, puntsgewijs worden opgesomd:

**Te bestuderen systeem:**

- Het primaire proces van de CSA:
  - Medische Hulp Middelen afkomstig van de klant (Operatiecentrum, Operatieve Dag Behandeling Centrum, Poli's).
  - Activiteiten die direct te maken hebben met de decontaminatie van deze Medische Hulp Middelen.
  - Resources die deze activiteiten doorvoeren.
- Inrichting en aansturing van dit primaire proces

**Relevante omgeving:**

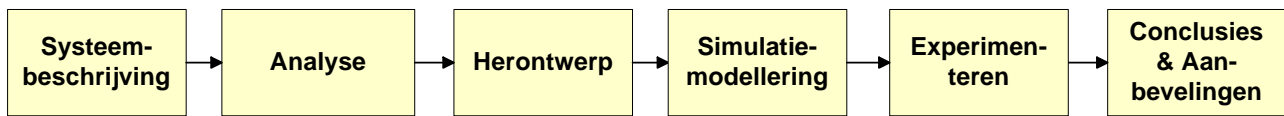
- Activiteiten van het Instrumentenbeheer van de CSA (reparatieprocessen, bestellingen).
- Processen die de aankomst van verontreinigde Medische Hulpmiddelen verklaren (gebruik en transport).
- Processen die het vertrek van steriele Medische Hulpmiddelen verklaren (transport).

**Buiten beschouwing:**

- Overige faciliterende activiteiten binnen de CSA:
  - Kwaliteitsbewaking
  - Secretariële, administratieve, vergader- en organisatorische activiteiten

## 2.4 Opbouw van het onderzoek & verslag

Het onderzoek en verslag zijn als volgt in verschillende fasen onderverdeeld.



*Figuur 2.2 Opbouw onderzoek en verslag*

In de eerste fase van het onderzoek is getracht het primaire proces van de CSA in kaart te brengen en te beschrijven. Hiervoor zijn de processen op de werkvloer geobserveerd en medewerkers geïnterviewd. Het resultaat van deze fase is beschreven in hoofdstuk 3.

In de volgende fase wordt het primaire proces van de CSA geanalyseerd. Hiervoor zijn kwantitatieve gegevens nodig, die door middel van metingen op de werkvloer, gestructureerde interviews en analyse van gegevensbestanden zullen worden verzameld. Een belangrijk onderdeel van deze analyse wordt gevormd door de doorlooptijdberekening, die de huidige prestaties inzichtelijk maakt en verklaard. Op basis van deze analyse zijn verschillende aangrijpingspunten voor verbetering geformuleerd (hoofdstuk 4).

Aan de hand van deze aangrijpingspunten voor verbetering zijn in de derde fase mogelijkheden voor herontwerp ontwikkeld (hoofdstuk 5).

In het vervolg van het onderzoek zal een deel van deze verbetervoorstellen nader worden onderzocht. Er is ervoor gekozen om hiervoor gebruik te maken van een simulatiemodel. Aanleiding voor deze keuze zijn de grote mate aan variabiliteit, onzekerheid en dynamische complexiteit van het primaire proces<sup>12</sup>. Bovendien biedt het simulatiemodel de mogelijkheid om de instellingen eenvoudig aan te passen, zodat verschillende verbetervoorstellen eenvoudig kunnen worden onderzocht. Tot slot vormen ook de visuele en communicatie aspecten van simulatiemodellen een belangrijke aanleiding voor deze keuze. Hierdoor kan het simulatiemodel fungeren als managementtool<sup>13</sup>; intern om commitment voor veranderingen te creëren en extern in onderhandelingen met de klanten. Het ontwerpen en programmeren van het simulatiemodel is in hoofdstuk 6 beschreven.

In de volgende fase van het onderzoek zullen de verbetervoorstellen in verschillende experimenten met het simulatiemodel worden onderzocht (hoofdstuk 7).

Vervolgens zal worden geconcludeerd in hoeverre de huidige prestaties van het productieproces inzichtelijk zijn gemaakt. Bovendien zullen aanbevelingen worden gegeven om deze prestaties te verbeteren en verder onderzoek te verrichten (hoofdstuk 8).

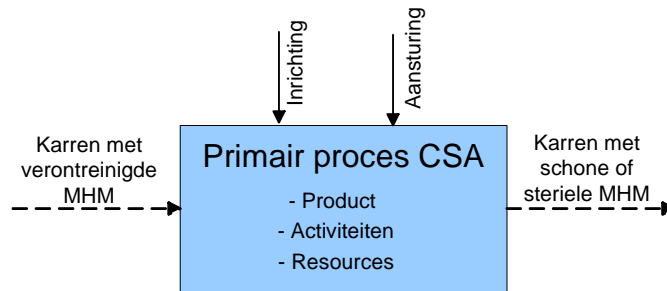
Tot slot zal een korte beschouwing worden gegeven over het gebruik van simulatiemodellering tijdens dit onderzoek (hoofdstuk 9).



### 3 SYSTEEMBESCHRIJVING

Het te bestuderen systeem omvat zoals in hoofdstuk 2 beschreven het primaire proces van de CSA beginnend met de ontvangst van karren met verontreinigde MHM en eindigend met de afgifte van karren beladen met schone of steriele MHM. Omdat dit primaire proces een onderdeel vormt van een kringloop van recirculerende MHM door het UMCG zullen de belangrijkste activiteiten in de relevante omgeving van de CSA in de eerstvolgende paragraaf worden besproken.

De indeling van de rest van het hoofdstuk volgt uit volgend overzicht met de belangrijkste onderdelen van het te bestuderen systeem (figuur 3.1).



**Figuur 3.1** *Onderdelen van het te bestuderen systeem*

Eerst zal worden ingegaan op de drie aspecten van het primaire proces zelf: het product, de activiteiten en de resources. Het product is de toegevoegde waarde van het productieproces, dus de reden waarom dit proces doorgevoerd wordt. Om deze toegevoegde waarde te realiseren moet een aantal activiteiten doorgevoerd worden. Voor deze doorvoer zijn adequate middelen/resources nodig.

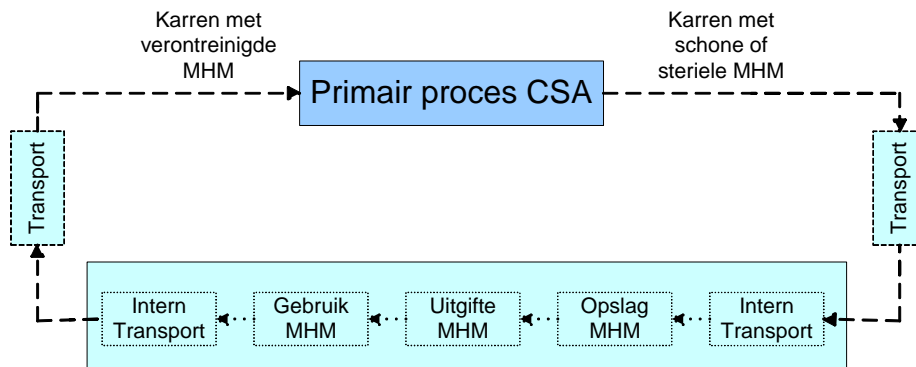
Tot slot zal in twee afzonderlijke paragrafen worden toegelicht hoe de activiteiten en resources zijn ingericht en aangestuurd om het gewenste product te realiseren. Eerst zal de inrichting van het proces, dus de keten van activiteiten met behulp van *flow* diagrammen in kaart worden gebracht. Vervolgens zal worden ingegaan op de aansturing van de resources.

Omdat er voor het beschrijven van het systeem gebruik is gemaakt van specifieke vakbegrippen is een lijst met beschrijvingen van vakbegrippen in bijlage B opgenomen.

#### **3.1** *Activiteiten in de relevante omgeving*

Zoals de naam doet vermoeden kunnen recirculerende MHM meerdere malen opnieuw worden gebruikt. Hiervoor moeten deze MHM na gebruik een reeks activiteiten binnen de CSA ondergaan. In deze paragraaf zullen de overige activiteiten van de kringloop van recirculerende MHM voor de klant Operatiecentrum (OC) worden beschreven aan de hand van figuur 3.2.





*Figuur 3.2 Activiteiten in de relevante omgeving*

Voor de activiteiten in de relevante omgeving van het primaire proces van de CSA zijn twee verschillende organisatorische eenheden verantwoordelijk, de Facilitaire Dienst Logistiek en het Operatiecentrum.

### **Facilitaire Dienst Logistiek:**

Voor zowel het transport van de CSA naar het OC als het transport van het OC naar de CSA is de Facilitaire Dienst Logistiek verantwoordelijk. Dit transport van recirculerende MHM vindt plaats in speciaal daarvoor ontworpen (CSA-) transportkarren. Het betreft het horizontale transport door het onderaardse tunnelsysteem van stijgpunt naar stijgpunt en het verticale transport via de lift naar de betreffende verdieping van de CSA en het OC.

### **Operatiecentrum:**

In het Operatiecentrum vinden een vijftal verschillende activiteiten plaats, waar verschillende organisatorische onderdelen voor verantwoordelijk zijn. Het interne transport van karren met schone of gesteriliseerde MHM en de opslag in speciaal daarvoor ingerichte magazijnen (luchtbehandeling en stofvrij) worden doorgevoerd door de Logistiek van het Operatiecentrum. Voor het begin van een operatie worden de benodigde MHM door een operatiekamer-assistent(e) uit het magazijn gehaald en in de operatiekamer (OK) gereedgelegd. Het is belangrijk dat de oudste MHM, dus de MHM die het langst op voorraad liggen, de hoogste prioriteit hebben omdat sterilisatie maar een beperkte houdbaarheid van maximaal zes maanden heeft. De OK-assistent(e) haalt de MHM uit de verpakking en legt deze op een steriel doek binnen het steriele veld van de OK. Na gebruik worden de grootste stukken organisch weefsel van de MHM verwijderd, holle gedeelten doorgespoten en de gebruikte MHM opengelegd. Vervolgens worden de MHM weer over de netten verdeeld en in de transportkar gezet die bij de OK gereedstaat. Voor het losse materiaal zijn er gele plastic bakken in elke kar. Een medewerker van de huishouding is ten slotte verantwoordelijk voor het interne transport van deze karren met verontreinigde MHM naar het stijgpunt.

## ***3.2 Drie aspecten van het primaire proces***

In deze paragraaf zullen de drie aspecten van het primaire proces van de CSA: het product, de activiteiten en de resources, achtereenvolgens besproken worden. Op de inrichting en aansturing van dit proces zal in het vervolg van dit hoofdstuk worden ingegaan.

### 3.2.1 Product van het primaire proces

Het product van het primaire proces van de CSA is de decontaminatie (reiniging, desinfectie en sterilisatie) van recirculerende MHM. Dit is een dienstverlening aan de gebruikers van recirculerende MHM in het UMCG. In het kader van dit onderzoek zijn dit de gebruikers in het Operatiecentrum.

Onder MHM worden voorwerpen begrepen die bij de behandeling, de diagnose of het herstel van patiënten worden gebruikt<sup>14</sup>. Dit kunnen zowel eenmalig te gebruiken voorwerpen zijn (*'disposables'*), zoals handschoenen, gaas en naalden, of recirculerende voorwerpen, zoals chirurgische instrumenten, cystoscopen, endoscopen, laserapparatuur etc. Voor hergebruik moet deze laatste categorie MHM het primaire proces van de CSA doorlopen. Dhr. Goudswaard, hoofd CSA schat dat het totale bestand recirculerende MHM van het UMCG een waarde heeft van meer dan tien miljoen euro<sup>15</sup>.

MHM worden op basis van de manier van verpakken grofweg in twee groepen ingedeeld, *sets* en *los materiaal*:

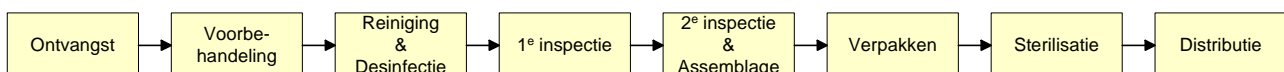
- Sets zijn compilaties MHM die bij een en dezelfde ingreep gebruikt worden, dit kunnen enkele tot tientallen MHM zijn. Wat de inhoud van deze sets betreft kan een onderscheid worden gemaakt tussen basissets, die bij een breed scala aan ingrepen ingezet worden en specialistische sets voor specifieke ingrepen. Deze sets MHM worden opgeslagen en getransporteerd in *'netten'*, dat zijn metalen draagmanden van roestvast staal. In volgorde van volume kunnen van klein naar groot de volgende vier maten worden onderscheiden: half DIN-net, half ISO-net, heel DIN-net, heel ISO-net.

Afhankelijk van de grootte en het aantal MHM in een set wordt een passend net gehanteerd. Het meest voorkomende net binnen de CSA is een heel DIN-net met de maten 60\*30\*15 cm. Sets MHM worden in twee lagen papier verpakt en opgeborgen.

- Losse materialen zijn MHM, die om verschillende redenen niet in een set ingedeeld worden. Deze MHM worden los in laminaatzakjes verpakt en opgeborgen. Voor transport van dit losse materiaal zijn er gele plastic bakken in de transportkarren.

### 3.2.2 Activiteiten in het primaire proces

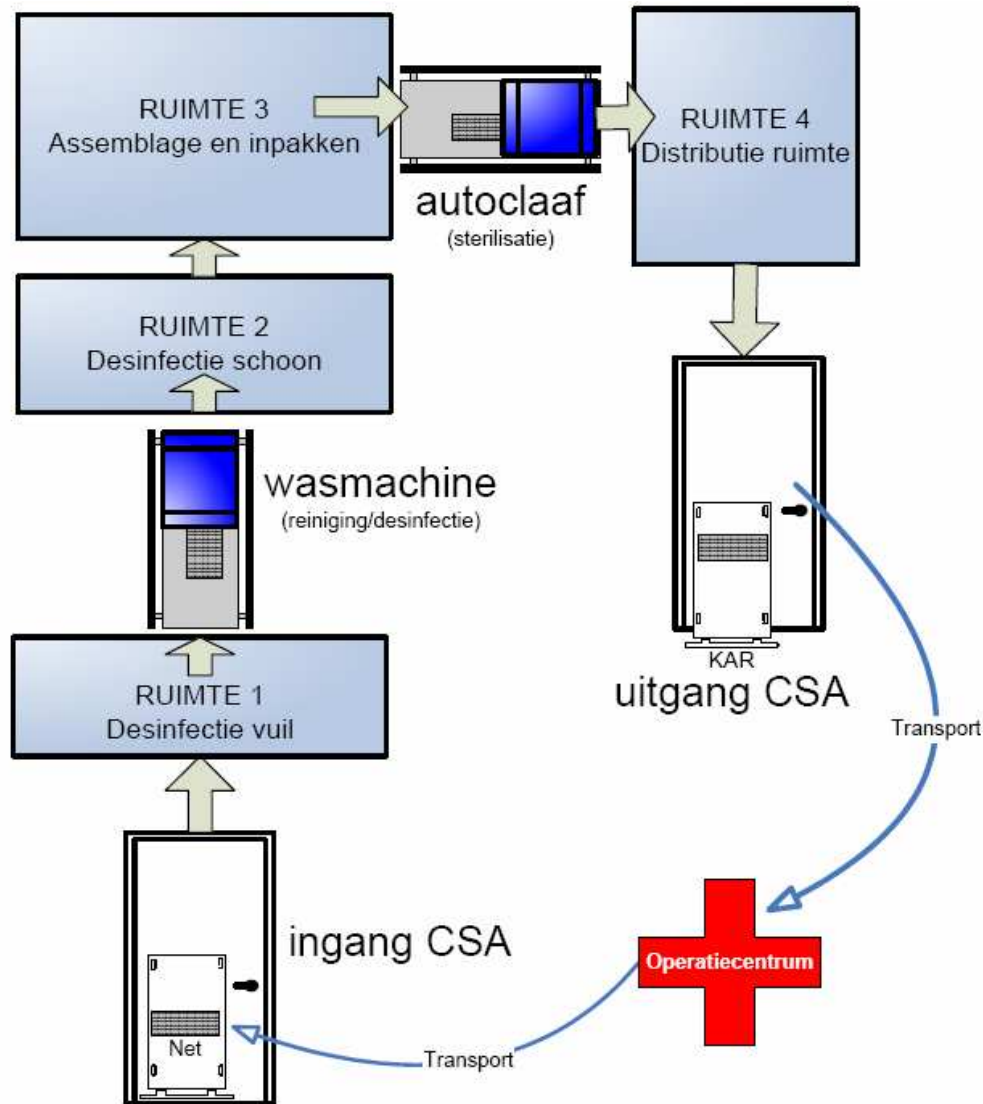
Door de aard van het sterilisatieproces en de strenge wetgeving ter bescherming van de patiënten in ziekenhuizen wordt er in de sterilisatieafdeling volgens een vaststaande procedure gewerkt.<sup>16</sup> Binnen het primaire proces van de CSA kunnen conform deze procedure een reeks noodzakelijke activiteiten onderscheiden worden. Deze aaneenschakeling van activiteiten is in figuur 3.3 op een vereenvoudigde wijze weergegeven.



**Figuur 3.3**      *Activiteiten in het primaire proces*

Omdat deze activiteiten verschillende ruimtelijke reinheidseisen stellen, moeten ze in afzonderlijke ruimten plaatsvinden. Deze ruimten moeten aan een reeks condities voldoen om te kunnen garanderen dat de MHM gedecontamineerd kunnen worden. Onder andere wordt er voor elke ruimte een bepaalde luchtkwaliteit vereist, die door middel van het inrichten van een luchtdrukhiërarchie gerealiseerd wordt.

Om deze luchtkwaliteit in stand te houden is direct verkeer tussen de ruimten niet toegestaan. Voor de doorloop van de MHM tussen de ruimten wordt gebruik gemaakt van sluisen en van tweedeurse apparatuur. Om de fysieke lay-out van de CSA voor de lezer te verduidelijken is de verdeling van de ruimten in figuur 3.4 weergegeven.



*Figuur 3.4 Ruimte-indeling CSA (vereenvoudigde weergave)<sup>17</sup>*

Nu zullen de in figuur 3.3 genoemde activiteiten kort worden toegelicht<sup>18</sup>.

**Ontvangst van vervuilde MHM:**

De vervuilde MHM worden door de Facilitaire Dienst Logistiek in gesloten transportkarren aangeleverd in een ruimte die aansluit op de ruimte *Deinfectie Vuil*. Er is voldoende plek om een aantal karren te plaatsen zodat meerdere karren tegelijk kunnen aankomen.

**Voorbehandeling:**

Nadat de MHM uit de karren geladen zijn, worden deze eerst in voorbehandeling genomen. Alle afval in de vorm van disposables, papieren restjes, kommetjes, laminaatzakjes etc. wordt verwijderd.

Instrumenten worden gedemonteerd, hardnekkig aangekoekt vuil (organisch weefsel, bloed etc.) wordt met een borstel bewerkt en de holle gedeelten worden doorgespoten. Het losse materiaal dat in plastic bakken aangeleverd wordt, wordt op metalen draagmanden gelegd. Vervolgens worden alle instrumenten ‘open’ gelegd, zodat het spoelwater alle delen kan bereiken.

### **Reiniging en desinfectie:**

In de ruimte *‘Desinfectie Vuil’* zijn er twee verschillende mogelijkheden om verontreinigde MHM te reinigen en te desinfecteren, machinaal (wasstraten en batchmachines) of handmatig. Het is afhankelijk van de materiaaleigenschappen van het MHM welke methode toegepast wordt.

- Wasstraten (tactmachines)

Alle MHM die bestand zijn tegen ultrasoongolven en zwaar genoeg zijn om niet te drijven, worden op de wasstraat beladen. Deze is uit een viertal compartimenten opgebouwd. In het eerste compartiment worden de MHM afgespoeld. Het resterende vuil wordt in het volgende compartiment met behulp van een ultrasooneenheid losgetrild. Vervolgens worden de MHM met water en reinigingsmiddel behandeld. In het laatste compartiment vinden thermische en chemische processen plaats die de MHM desinfecteren. Hier worden de MHM ook gedroogd alvorens ze de wasstraat verlaten.

- Batchmachines

Voor alle MHM die niet bestand zijn tegen ultrasoongolven of te licht zijn, wordt gebruik gemaakt van zogenaamde batchmachines voor de machinale reiniging en desinfectie. In deze machines vindt het gehele proces zonder ultrasonen in een compartiment plaats. Voor deze machines wordt gebruik gemaakt van andere laadrekken. Naast het plaatsen van de metalen manden bieden deze laadrekken ook andere mogelijkheden om MHM te bevestigen, zoals speciale ophangingen voor buizen.

- Handmatige reiniging

Er zijn ook MHM met elektrische of optische onderdelen die niet bestand zijn tegen een machinale reiniging en desinfectie. Dit zijn thermolabiele MHM die niet tegen de hoge temperaturen in de machines bestand zijn of MHM die niet ondergedompeld mogen worden in water. Deze MHM worden handmatig met water, demiwater, reinigingsmiddel en alcohol gereinigd en gedesinfecteerd. Als het toegestaan is, wordt gebruik gemaakt van ultrasoongolven in een kleine ultrasooneenheid.

Lege karren en plastic bakken die gebruikt worden voor het transport van verontreinigde MHM worden eveneens met behulp van een machine gereinigd en gedesinfecteerd.

Het reinigen is een cruciale stap in het gehele decontaminatieproces<sup>19</sup>. Restjes vuil kunnen micro-organismen afschermen, waardoor het MHM niet volledig gedesinfecteerd en gesteriliseerd wordt. Vuil kan bovendien chemische reacties aangaan met het desinfectans of sterilisatiegas waardoor schadelijke reactieproducten kunnen ontstaan. Ook kunnen de MHM worden beschadigd doordat vuil corrosieprocessen kan bevorderen.

### **1<sup>e</sup> inspectie:**

Na reiniging en desinfectie worden de MHM in de ruimte 'Desinfectie Schoon' visueel geïnspecteerd. Er bestaat geen besmettingsgevaar meer dus de MHM kunnen door de medewerkers veilig gehanteerd worden. MHM die niet schoon zijn, worden teruggestuurd naar de ruimte 'Desinfectie Vuil' voor een tweede behandeling. Naast deze inspectie worden MHM die nog niet droog zijn in een droogkast gezet en holle gedeelten met lucht doorgespoten, zodat er geen restjes vuil of vocht meer inzitten.

### **2<sup>e</sup> inspectie en assemblage:**

In de 'Assemblage en Inpakruimte' worden alle MHM stuk voor stuk nauwkeurig geïnspecteerd op reinheid en functionaliteit. Holle gedeelten van MHM worden voor de zekerheid nog eens doorgespoten met lucht. Alle gedemonteerde MHM worden samengesteld. Voor het geval een MHM niet naar behoren functioneert, wordt het uit de omloop genomen en ter reparatie opgeborgen. Deze reparatie is aan een externe dienstverlener uitbesteed die een keer per week alle defecte MHM op locatie repareert. Blijken er MHM in een set te missen dan worden deze gezocht in de andere sets die bij dezelfde operatieve ingreep gebruikt zijn. MHM die niet gevonden worden of die ter reparatie opgeborgen zijn, worden als ze bij de CSA op voorraad liggen, vervangen. Vervolgens worden de sets geassembleerd, dat wil zeggen dat de MHM van een set op een gestandaardiseerde manier in het net worden geplaatst.

Nadat een medewerker een set geïnspecteerd en geassembleerd heeft, bevestigt hij/zij een label met setnummer, benaming, datum, eventuele opmerkingen en een handtekening. Dit maakt het mogelijk om in geval van fouten later te kunnen achterhalen welke medewerker verantwoordelijk is.

### **Verpakken:**

Complete, gereinigde en gedesinfecteerde MHM kunnen worden verpakt. Voor los materiaal wordt gebruik gemaakt van laminaatzakjes. Deze zakjes zijn aan de ene zijde doorzichtig zodat de gebruiker kan zien wat erin zit. De andere zijde bestaat uit speciaal voor sterilisatie geschikt papier, dat permeabel is voor stoom. Voor de netten wordt gebruik gemaakt van hoogwaardig papier. Dit papier maakt stoomsterilisatie mogelijk en is bovendien geschikt om de netten zes maanden lang steriel op te bergen in het magazijn. Voor de zekerheid worden de netten in twee lagen verpakt. De buitenste laag dient ter beveiliging tijdens transport en opslag.

Op deze verpakte sets worden etiketten geplakt met een aantal gegevens zoals de benaming van de set, het specialisme, het nummer, de plek in het magazijn en de vervaldatum. Ook wordt er tape op geplakt die verkleurt door de stoom tijdens de sterilisatie. Daarmee kan later eenvoudig gecheckt worden of een verpakte set het sterilisatieproces doorlopen heeft.

### **Sterilisatie:**

Verpakte MHM worden op laadrekken geplaatst en in een van de autoclaven gesteriliseerd met behulp van stoom. Deze autoclaven kunnen ingesteld worden op 134° C of 121° C. Hoe hoger de temperatuur, des te korter de benodigde doorlooptijd om de MHM te steriliseren. Alleen MHM die niet bestendig zijn tegen hoge temperaturen worden op 121° C gesteriliseerd.

De autoclaven zijn computergestuurd en voeren zelfstandig het sterilisatieprogramma uit dat door de medewerker ingesteld wordt. Het sterilisatieproces wordt door de computer in de gaten gehouden aan

de hand van een aantal parameters zoals druk, temperatuur en tijd. Het verloop van deze parameters wordt door middel van grafieken gedurende het proces weergegeven.

### **Distributie:**

Nadat het sterilisatieprogramma doorlopen is en de verpakte sets gedroogd zijn, worden deze aan de kant van de *'Distributie Ruimte'* automatisch uit de machine geschoven om af te koelen. Een medewerker van de CSA (logistiek) controleert of de verpakte sets droog en onbeschadigd zijn. Ook wordt aan de hand van de gegevens en grafiek die de autoclaaf genereert, gecontroleerd of het sterilisatieproces goed doorlopen is. Door middel van een recallsticker wordt op elke set aangegeven in welke autoclaaf en batch de sterilisatie plaatsgevonden heeft. Dit is belangrijk om later in geval van fouten te kunnen achterhalen welke autoclaaf onderzocht moet worden en welke andere sets betrokken zijn. Als de sets voldoende afgekoeld zijn, worden ze op de transportkarren geladen en bij de lift geplaatst voor transport naar de klant.

### **3.2.3 Resources in het primaire proces**

De resources die voor het primaire proces van de CSA ingezet worden, zijn in de beschrijving van de activiteiten al gedeeltelijk aan bod gekomen. Voor alle handmatige activiteiten wordt gebruik gemaakt van sterilisatiemedewerkers en voor de overige activiteiten worden machines ingezet. Daarnaast speelt ook het aantal werkplekken waar deze activiteiten doorgevoerd kunnen worden een rol.

### **Sterilisatiemedewerkers:**

In de CSA zijn alleen sterilisatiemedewerkers werkzaam met een succesvolle afronding van de LOI opleiding. In de formatie van 2005<sup>20</sup> is op basis van de gevraagde productiecapaciteit en de richtlijnen in de verordening *'Centrale Sterilisatieafdeling. Bouwmaatstaven voor nieuwbouw'*<sup>21</sup> berekend dat er 44 FTE nodig zijn om het totale werkaanbod conform de dienstverleningsovereenkomst te kunnen realiseren. Omdat de span of control niet te groot wordt, zijn de 45 sterilisatiemedewerkers onderverdeeld in vier teams met elk een eigen teamleider. Deze teamleider fungeert als schakel tussen de manager van de CSA en de sterilisatiemedewerkers en heeft het overzicht op de werkvloer.

### **Machines:**

Voor de reiniging en desinfectie van MHM worden vijf machines ingezet. Dit zijn twee tactmachines voor de machinale reiniging met ultrasoon en drie batchmachines voor de machinale reiniging zonder ultrasoon. Voor de stoomsterilisatie van MHM zijn vijf autoclaven beschikbaar die elk op de gewenste temperatuur ingesteld kunnen worden. Deze machines zijn in de muren tussen de ruimten ingebouwd zijn. Zonder verbouwing zijn er geen mogelijkheden om het aantal machines te vergroten. Dit heeft tot gevolg dat er in het primaire proces maximaal twee tact-, drie batchmachines en vijf autoclaven ter beschikking staan.

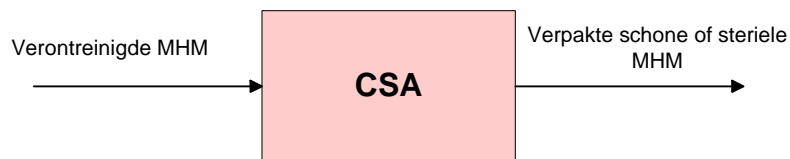
Tevens zijn er een viertal sealmachines voor het afsluiten van de laminaatzakjes verdeeld over de ruimte *'Desinfectie Schoon'* en de *'Assemblage en Inpakruimte'*.

### **Werkplekken:**

Voor de doorvoer van de handmatige activiteiten zijn er per ruimte verschillende werkplekken. In de ruimte 'Desinfectie Vuil' wordt de werkplek gevormd door de ruimte die er is voor de belading van de machines. Zonder elkaar te storen kan een medewerker de tactmachine beladen en een andere de batchmachines. Daarnaast kan nog een medewerker de handmatige reiniging doorvoeren. Wegens gebrek aan ruimte en het feit dat er maar twee afwasbakken zijn om MHM door te spuiten zijn er zodoende maximaal drie werkplekken. In de ruimte 'Desinfectie Schoon' wordt het aantal werkplekken bepaald door het aantal transporttafels, waarvan er meerdere aanwezig zijn. In de 'Assemblage & Inpak Ruimte' zijn er acht werkplekken voor assemblage en verpakken van sets en twee werkplekken voor los materiaal. In de 'Distributie Ruimte' kan elk laadrek dat uit een autoclaaf uitgestoten is door een medewerker tegelijk ontladen worden. Uit deze opsomming volgt dat er in het gehele primaire proces maximaal 17 sterilisatiemedewerkers tegelijk werkzaam kunnen zijn.

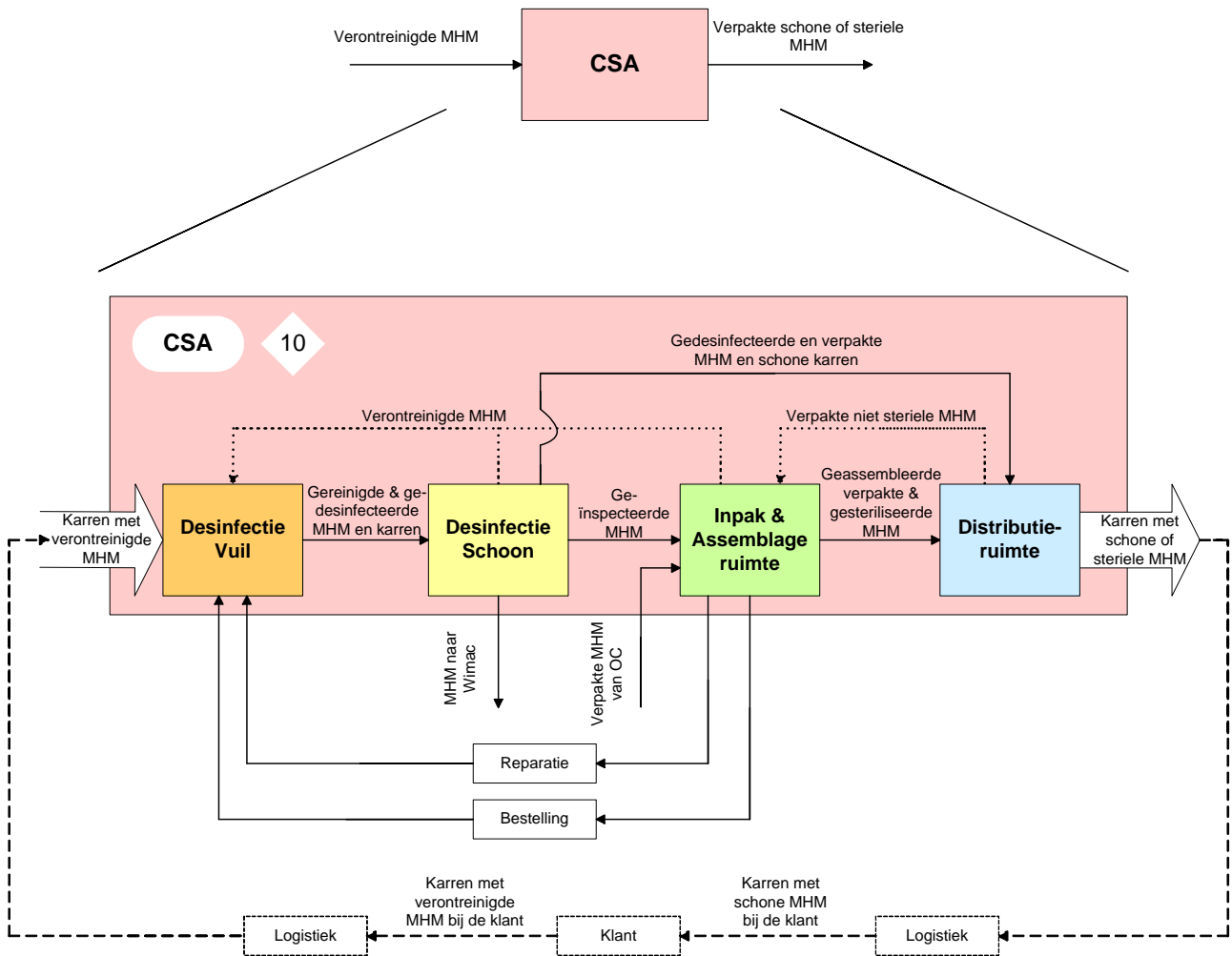
### ***3.3 Inrichting van het primaire proces***

In deze paragraaf zal de inrichting van het proces, dus de aaneenschakeling van de hiervoor genoemde activiteiten, beschreven worden. Deze inrichting maakt een bepaalde stroom van de MHM door de CSA mogelijk. Doel van deze stroom is het transformeren van de verontreinigde MHM die bij de CSA aankomen in gesteriliseerde en verpakte MHM die weer voor transport vrijgegeven kunnen worden. Op een hoog aggregatieniveau kan dit transformatieproces als een black box met input en output worden weergegeven (figuur 3.5).



***Figuur 3.5 Black box CSA***

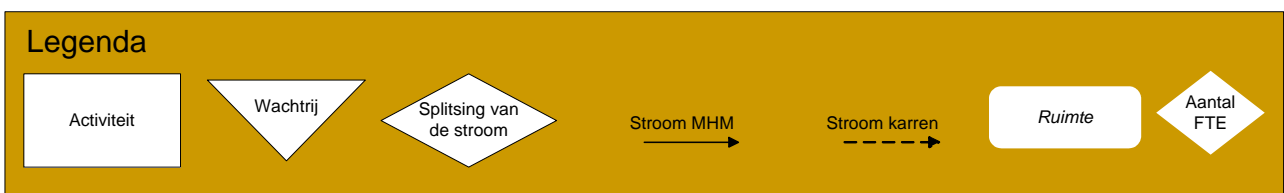
Deze black box kan op een lager aggregatieniveau worden opgedeeld in een viertal subsystemen. Elk subsysteem bevat alle activiteiten die binnen een ruimte van de CSA plaatsvinden en zodoende een deel van de totale objectenverzameling. In figuur 3.6 is deze opdeling van het systeem in vier subsystemen weergegeven. Met pijlen wordt de stroom MHM weergegeven. De reguliere stroom is weergegeven met doorgetrokken lijnen, de gestreepte lijnen geven de stroom buiten de CSA weer en de gestippelde lijnen zijn interne recalls.



**Figuur 3.6** *System CSA opgedeeld in vier subsystemen*

In het vervolg van deze paragraaf zal het aggregatieniveau verder verlaagd worden door de activiteiten in elk subsysteem te beschouwen. Door dit inzoomen wordt de stroom van de MHM door de CSA en de aaneenschakeling van activiteiten verduidelijkt.

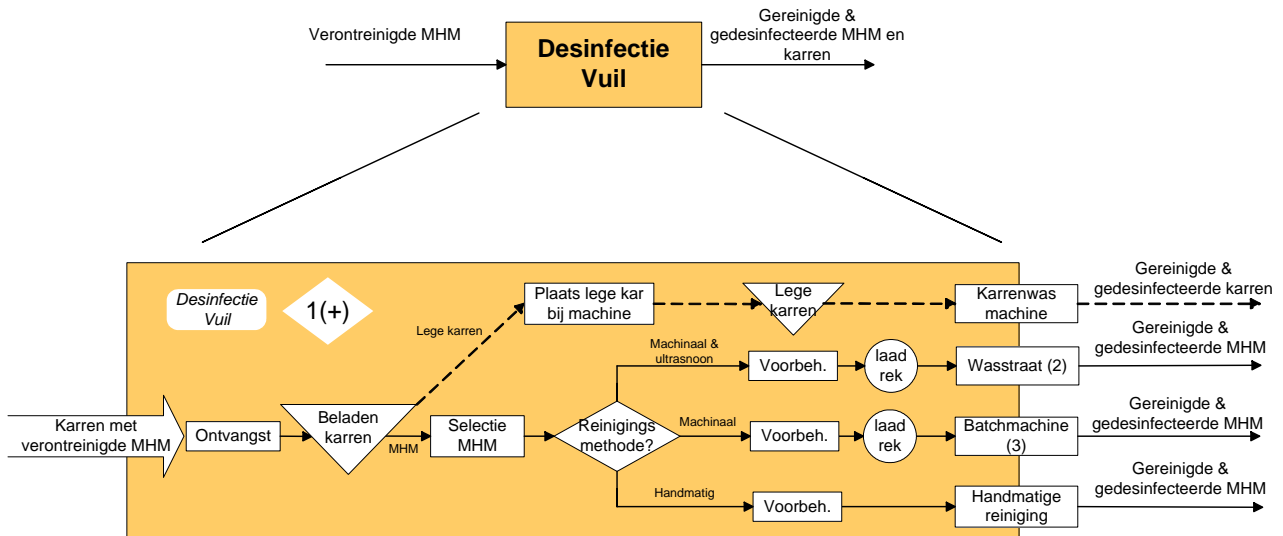
De legenda voor deze stroomschema's is in figuur 3.7 weergegeven.



**Figuur 3.7** *Legenda stroomschema's*



### 3.3.1 Desinfectie Vuil

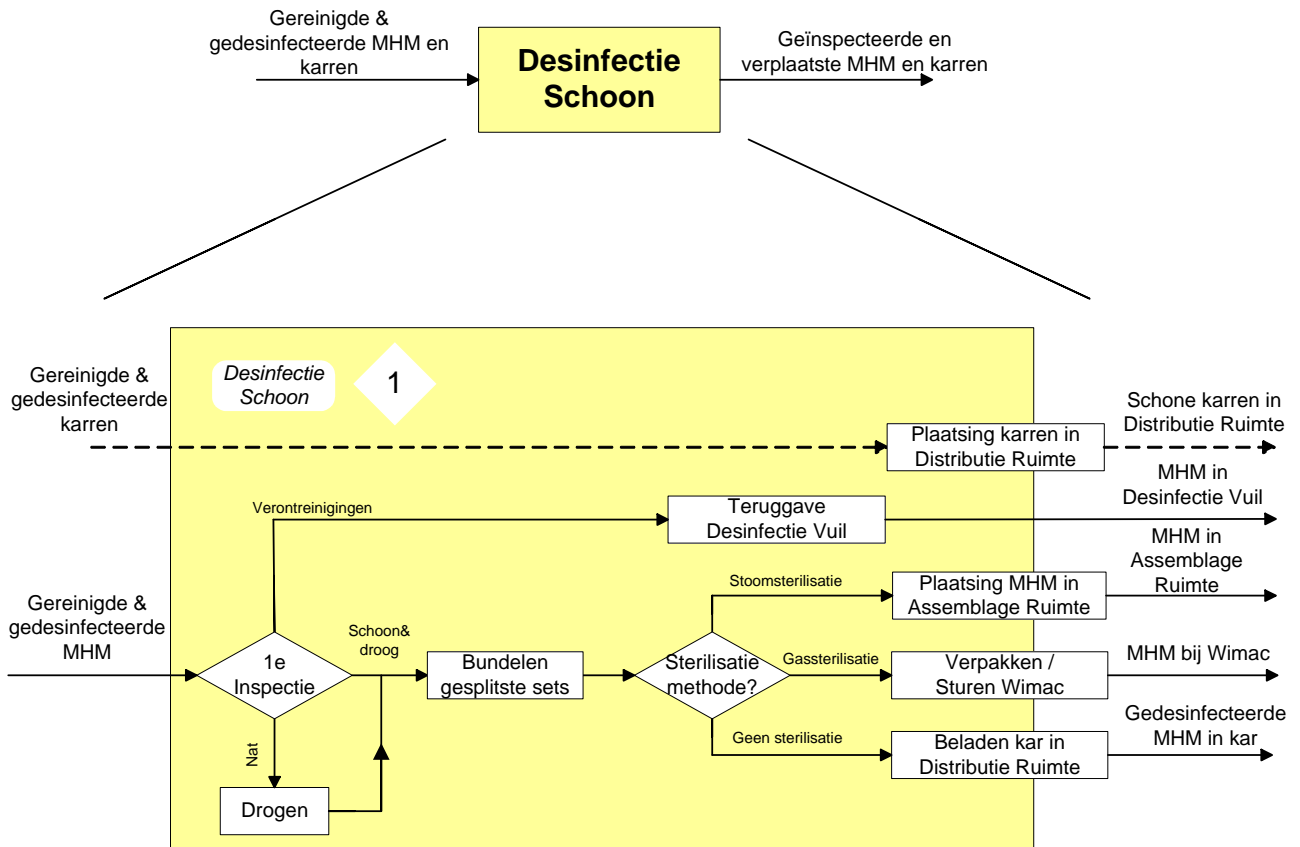


**Figuur 3.8** Inrichting productiestroom 'Desinfectie Vuil'

Er wordt minimaal één medewerker ingezet om de activiteiten in de ruimte 'Desinfectie Vuil' door te voeren. Op drukke momenten kan deze medewerker ondersteuning aanvragen vanuit de 'Assemblage en Inpakruimte'. De medewerker in de ruimte 'Desinfectie Vuil' neemt de karren met verontreinigde MHM in de ruimte bij de lift in ontvangst. Vervolgens worden de MHM uit elke kar in behandeling genomen. Er kunnen drie verschillende reinigings- en desinfectie methodes onderscheiden worden. Over het algemeen wordt een set in zijn geheel volgens een van deze methoden behandeld. Soms komt het echter voor dat de MHM in een set verschillend behandeld moeten worden. In deze gevallen wordt een set gesplitst over twee metalen draagmanden.

De wasstraten en batchmachines worden van elkaar gescheiden door de karrenwasmachine. Voor de wasstraten en batchmachines zijn er twee afzonderlijke plekken voor de voorbehandeling en belading van de laadrekken. Er worden 14 laadrekken ingezet voor de wasstraten die elk beladen kunnen worden met maximaal acht DIN sets. De wasstraat bestaat zoals eerder beschreven uit vier compartimenten die elk één laadrek kunnen vatten. Voor de batchmachines zijn er drie verschillende typen laadrekken, zes laadrekken zoals ze voor de wasstraat gebruikt worden, drie laadrekken voor anesthesiemateriaal en drie laadrekken met extra tussenruimte voor laparoscopische MHM. In een batchmachine is ruimte voor één laadrek tegelijk. Nadat de laadrekken in de ruimte 'Desinfectie Schoon' ontladen zijn, worden deze op een band teruggestuurd naar de ruimte 'Desinfectie Vuil'. De karrenwasmachine kan met twee karren tegelijk beladen worden. Voor de handmatige reiniging is er een afzonderlijke plek met spoelbak en een kleine ultrasoneenheid. Hier kan maximaal één medewerker tegelijk werkzaam zijn. Na reiniging en desinfectie worden de MHM door een doorgeefluik aan de volgende ruimte doorgegeven.

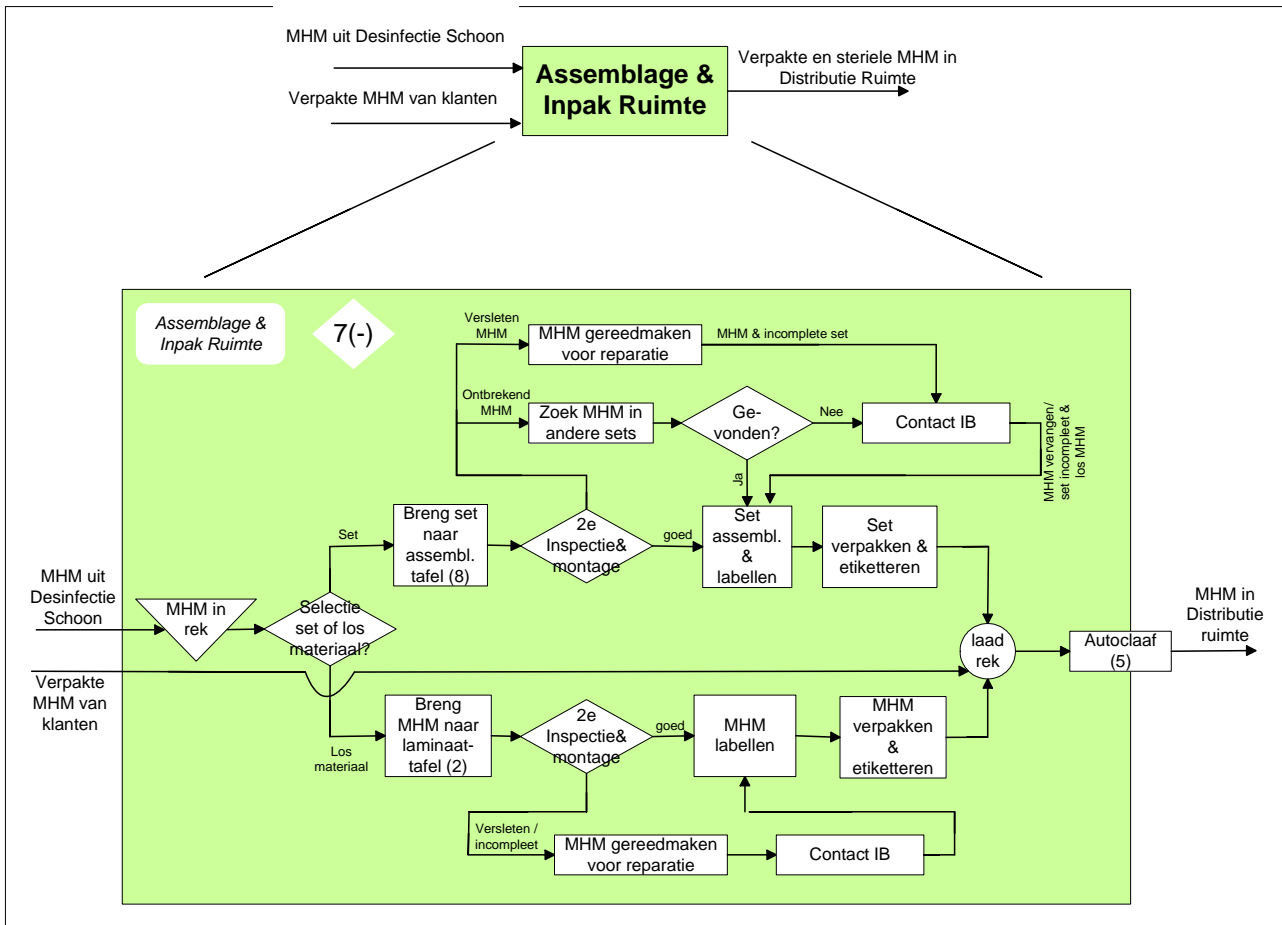
### 3.3.2 Desinfectie Schoon



**Figuur 3.9** Inrichting proces Desinfectie Schoon

Ook in de ruimte 'Desinfectie Schoon' worden alle activiteiten doorgevoerd door één medewerker. De transportkarren die uit de karrenwasmachine komen, worden in de 'Distributie Ruimte' geplaatst. Gesplitste sets worden samengevoegd tot een set alvorens verder behandeld te worden. Alle gereinigde MHM die door het doorgeefluik of een van de machines de ruimte binnenstromen, worden visueel geïnspecteerd. Wordt er viezigheid geconstateerd dan gaat de gehele set door het doorgeefluik terug naar de ruimte 'Desinfectie Vuil'. Voor het geval de MHM nog nat zijn, staat een droogkast ter beschikking met ruimte voor 13 DIN sets. Alle holle gedeelten van de MHM worden met behulp van een luchtpomp doorgespoten. Voor de goedgekeurde MHM zijn er drie mogelijkheden voor de verdere doorstroom. MHM die geschikt zijn voor stoomsterilisatie worden in rekken geplaatst in de 'Assemblage en Inpakruimte'. Thermolabiele MHM die met gas gesteriliseerd moeten worden, worden verpakt en naar Wimac, de externe dienstverlener gestuurd. Tot slot zijn er nog MHM hulpmiddelen die niet steriel hoeven te zijn, zoals veel anesthesiemateriaal. Die MHM worden in deze ruimte gebundeld in bakken en zakken en op de desbetreffende transportkar geplaatst in de 'Distributie Ruimte'. Voor deze verpakkingsactiviteiten staat een werkplek met één sealmachine en de benodigde materialen ter beschikking.

### 3.3.3 Assemblage en Inpakruimte



**Figuur 3.10** Inrichting proces Inpak & Assemblage ruimte

In de 'Assemblage & Inpak ruimte' worden zeven sterilisatiemedewerkers ingezet. De MHM worden door de medewerker van de ruimte 'Desinfectie Schoon' in rekken geplaatst. Voor elk specialisme staat een apart rek gereed dat ruimte biedt voor tien DIN sets. Daarnaast zijn er twee rekken voor zogenaamde voorrangsets. Voor het losse materiaal is er ruimte op de rekken. Er kunnen twee verschillende stromen onderscheiden worden, een voor sets MHM en een voor het losse materiaal.

Elke set MHM wordt door een medewerker naar een vrijstaande assemblagetafel gebracht. Van de acht beschikbare tafels worden normaliter zes tafels gebruikt voor de MHM afkomstig van het OC en twee tafels voor de MHM afkomstig van het ODBC. Een medewerker voert vervolgens alle assemblage- en inpakactiviteiten betreffende deze set door. Eerst worden de MHM van de set geïnspecteerd en gemonteerd. Holle gedeelten worden nog eens in de ruimte 'Desinfectie Schoon' met lucht doorgespoten en resterende verontreinigingen met de hand verwijderd. Heel zelden kan het voorkomen dat een set teruggestuurd wordt voor een herhaalde reiniging. Deze stroom is zo klein dat hij niet is weergegeven in het schema.

Voor het geval een MHM blijkt te ontbreken wordt deze in eerste instantie in een van de andere sets, die tijdens dezelfde ingreep gebruikt zijn, gezocht. Dit omdat het kan voorkomen dat de operatieassistent(e) een MHM na afloop van de ingreep verwisseld heeft. Wordt het MHM niet gevonden, dan neemt men contact op met het Instrumentenbeheer. De medewerker van het Instrumentenbeheer registreert het ontbreken van het MHM en zorgt voor vervanging. Voor het geval

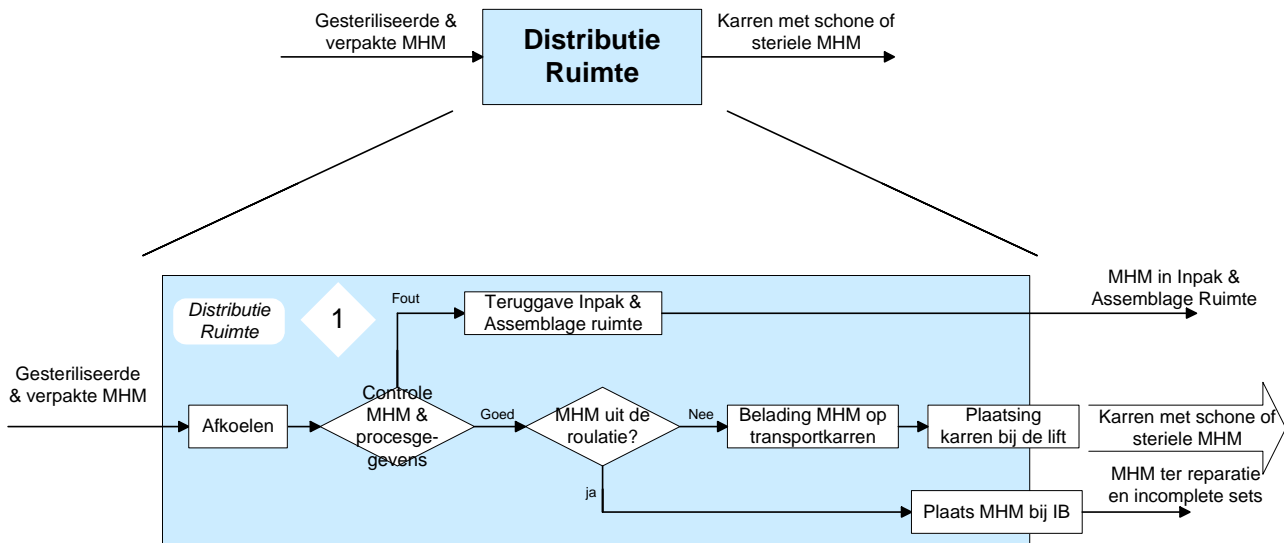
het MHM niet op voorraad ligt, moet het besteld worden. In deze gevallen wordt contact opgenomen met de gebruiker om na te gaan of de set incompleet in roulatie mag of in de CSA opgeborgen wordt tot de bestelling binnen is. Ook al kan het MHM niet direct vervangen worden, toch wordt de incomplete set gesteriliseerd. In geval van slijtage wordt het betreffende MHM ter reparatie opgeborgen en wordt eveneens contact opgenomen met het Instrumentenbeheer voor verdere behandeling van de incomplete set.

Geïnspecteerde en gemonteerde sets worden met behulp van geleidelijsten geassembleerd en voorzien van een label. Voor het verpakken van deze sets staan twee verpakkingstafels ter beschikking en is er papier in verschillende maten voor de verschillende netten. Op de verpakte sets wordt een etiket bevestigd dat met behulp van een computer geprint kan worden. Tot slot wordt de verpakte set op een laadrek bij de autoclaaf geladen. Voor het steriliseren wordt gebruik gemaakt van 12 normale laadrekken en twee rekken met extra tussenruimte voor laparoscopische MHM. De normale rekken kunnen met maximaal acht normale netten beladen worden. Opdat er voldoende afstand zou zijn tussen de netten worden de laadrekken normaliter met maximaal zes netten beladen. De overige twee rekken bieden ruimte voor vier netten. Elke autoclaaf kan met twee van deze laadrekken tegelijk gevuld worden. De autoclaven kunnen verschillende sterilisatieprogramma's doorlopen. Over het algemeen staan twee van de vijf autoclaven ingesteld op 121° C en drie autoclaven op 134° C.

Voor het losse materiaal staan twee verschillende werkplekken ter beschikking met elk een sealmachine en verpakkingsmateriaal. Een sterilisatiemedewerker neemt een entiteit los materiaal mee naar deze tafel en voert dezelfde activiteiten door als zonet beschreven voor de sets MHM. Het verschil is dat het losse materiaal niet geassembleerd hoeft te worden en er voor het verpakken gebruik gemaakt wordt van laminaatzakjes in plaats van papier. Deze gehele keten aan activiteiten kan op een werkplek plaatsvinden. Enkelvoudig verpakte MHM worden in metalen draagmanden gelegd en op een laadrek bij de autoclaaf geladen.

Naast deze reguliere stroom MHM komt er nog een kleine stroom verpakte MHM van de klanten in de assemblage afdeling binnen. Dit zijn fragiele MHM die voor de veiligheid al bij de klant gereinigd, gedesinfecteerd en verpakt worden. Deze MHM kunnen direct op de laadrekken bij de autoclaven geladen worden.

### 3.3.4 Distributieruimte



**Figuur 3.11 Inrichting proces Distributieruimte**

In de 'Distributieruimte' kunnen de benodigde activiteiten door één medewerker doorgevoerd worden. Na afronding van het sterilisatieprogramma worden de laadrekken met de verpakte MHM uit de autoclaven gestoten. Achter elke autoclaaf is voldoende ruimte om twee laadrekken te stallen zodat de sets kunnen afkoelen. De medewerker die voor deze ruimte verantwoordelijk is, voert de controle van de sets door. Voor het geval er tijdens de sterilisatie fouten opgetreden zijn of verpakkingen nat of gescheurd blijken te zijn, kunnen deze teruggestuurd worden. Een deel van de gesteriliseerde MHM wordt uit de roulatie genomen. Dit zijn alle MHM die gerepareerd of vervangen moeten worden. Als dit MHM een essentieel onderdeel van een set is, wordt de gehele set uit de roulatie genomen. Dit wordt afgesproken met de klant. Incomplete sets worden gesteriliseerd en verpakt opgeborgen bij de IB totdat het MHM gerepareerd of vervangen is. Alle goedgekeurde MHM worden van een recallsticker voorzien, op per klant gescheiden transportkarren geladen en bij de lift gezet. De lege laadrekken uit de autoclaaf worden teruggestuurd naar de 'Assemblage & Inpak Ruimte'.

## 3.4 Aansturing van het primaire proces

In de voorafgaande paragraaf is de inrichting van het productieproces in de CSA en de daaruit resulterende materiaalstroom in kaart gebracht. In deze paragraaf zal worden ingegaan op de aansturing van het primaire proces. Eerst zal worden stilgestaan bij de drie globale doelstellingen die met deze aansturing nagestreefd worden. Vervolgens wordt de aansturing zelf in kaart gebracht, waarbij een onderscheid gemaakt wordt in off- en online aansturing. Offline aansturing vindt voorafgaand aan de productie plaats en creëert het kader voor de online aansturing. De online aansturing omvat het geheel aan aansturingregels die op de werkvloer gehanteerd worden.

### 3.4.1 Doelen van de besturing

In de beschrijving van de CSA in hoofdstuk 1 zijn de drie voornaamste doelen van de CSA naar voren gekomen; dat zijn het garanderen van de hoogste kwaliteit, beheersbare en korte doorlooptijden en lage kosten. Het zal duidelijk zijn dat deze doelen gedeeltelijk in conflicterende aansturingmaatregelen

resultaten. Om deze reden is het van belang te onderkennen dat deze doelen met verschillende prioriteiten nagestreefd worden.

Het leveren van hoogstaande **kwaliteit** voor de gedesinfecteerde en steriele MHM is noodzakelijk om hoogstaande kwaliteit in de patiëntenzorg te kunnen garanderen. Het minimaliseren van het infectiegevaar van de patiënten is van groot belang voor het UMCG. Niet alleen om geen mensenlevens onnodig in gevaar te brengen, maar ook om te voldoen aan de strenge wetten en protocollen. Het garanderen van hoogstaande kwaliteit heeft de hoogste prioriteit. De inrichting en aansturing van het proces heeft geen direct meetbare effecten op de kwaliteit. Om deze reden zal de kwaliteit van het proces gedurende het onderzoek als een gegeven worden beschouwd.

De **doorlooptijden** van MHM op de CSA zijn voor de klanten van belang. Zoals eerder beschreven is de aanschaf van recirculerende MHM zeer duur. Om deze reden wordt ervoor gekozen het bestand zo klein mogelijk te houden. Tegelijkertijd wordt er bij de planning van de operaties geen rekening gehouden met de beschikbaarheid van MHM. Hier spelen de gezondheid van de patiënten, de beschikbaarheid van de specialisten, het operatieteam en de operatiekamers de voornaamste rol<sup>22</sup>. Er wordt van uitgegaan dat steriele MHM te allen tijde gereed staan. Uit gesprekken met de opdrachtgever en met verschillende klanten komt naar voren dat het niet duidelijk is hoe de CSA ten opzichte van doorlooptijden dient te presteren. Dit wordt versterkt door het feit dat de huidige doorlooptijden van MHM niet inzichtelijk zijn en niet gemeten worden. Na veelvuldig overleg met de opdrachtgever is besloten om voor de leverprestaties met betrekking tot de doorlooptijden twee criteria te hanteren:

1. Doorlooptijd criterium:

Opdat de klanten zo min mogelijk rekening hoeven te houden met de beschikbaarheid van recirculerende MHM zijn vaste doorlooptijden afgesproken voor reguliere MHM. Deze afspraken zijn als volgt:

- o OC: 12 uur
- o ODBC: 18 uur
- o Poli's: 24 uur

Naast deze tijden voor reguliere MHM worden voor het OC en het ODBC zogenaamde 'voorrangsets' onderscheiden. Dit zijn schaarse MHM die de klant liefst zo snel mogelijk weer ter beschikking heeft. Voor deze voorrangsets wordt als richtlijn een doorlooptijd van zes uur aangehouden. Bovendien heeft het Operatiecentrum de mogelijkheid om in bijzondere situaties spoedsets te bestellen. Deze sets moeten binnen vier uur weer terug zijn bij de gebruiker. Het kunnen garanderen van deze doorlooptijden heeft na de kwaliteit de hoogste prioriteit in de aansturing van het proces. Onder doorlooptijd wordt het tijdsverloop tussen vertrek van verontreinigde MHM bij het OC en aankomst van behandelde MHM in het OC begrepen. De CSA moet zodoende rekening houden met de tijdsduur voor wachten en transport van MHM.

2. Due date criterium:

In plaats van vaste doorlooptijden af te spreken stelt zich de CSA als doel om MHM op tijd voor gebruik bij de klanten te leveren. Hiervoor wordt de doorlooptijd doelstelling gehanteerd dat alle MHM die op dag "X" tot en met 18:30 uur op de CSA aangeboden worden ten laatste

de volgende ochtend met de eerste transportrit steriel naar de klant terug gestuurd worden. De redenering hiervoor is als volgt:

- Operatieve ingrepen bij de klant worden tussen 8:00 en 16:00 uur gepland.
- Ten vroegste tegen 9:00 uur zullen de eerste gebruikte MHM gereedstaan om naar de CSA te worden gestuurd.
- Deze moeten naar de CSA worden getransporteerd. Dit neemt gemiddeld 30 minuten in beslag. De eerste rit staat in de huidige situatie op 11:00 uur gepland.
- Een opsomming van alle bewerkingstijden op de CSA levert een minimale doorlooptijd van bijna drie uur op. Hier moeten wachttijden bij worden gerekend.
- Vervolgens moeten steriele MHM weer naar de klant worden gestuurd. Ook hier zal moeten worden gewacht op de eerstvolgende transportrit.
- Tot slot moeten MHM bij de klant in ontvangst genomen en in de voorraadkamer geplaatst worden. Pas dan is het MHM weer beschikbaar voor gebruik.

Deze koppeling van gebruikspatroon van MHM bij de klant, transport van MHM tussen klant en CSA en doorlooptijd van MHM op de CSA maakt duidelijk dat MHM in de regel geen twee keer per dag worden gebruikt. Mocht dit in de praktijk wel het geval zijn, kan dringend worden aanbevolen om meerdere exemplaren van dit MHM aan te schaffen. Wanneer MHM op de dag van aankomst op de CSA niet meer worden gebruikt, is het voldoende om te garanderen dat deze de volgende dag op tijd weer bij de klant gereedstaan.

Naast deze leverprestaties heeft de CSA als budgettair zelfstandige eenheid belang in het minimaliseren van de **kosten**. De klanten hoeven niet te betalen voor de service van de CSA en zijn zodoende alleen geïnteresseerd in kwaliteit en doorlooptijd. Productiekosten spelen voor de klanten geen rol. Als onderdeel van het UMCG heeft de gehele organisatie wel baat bij het realiseren van de sterilisatiewerkzaamheden tegen lage kosten. Het produceren tegen lage kosten heeft ten opzichte van de eerstgenoemde doelstellingen een lagere prioriteit bij de aansturing van het proces.

### 3.4.2 Offline aansturing van het primaire proces

De offline aansturing van het primaire proces kan worden onderverdeeld in strategische en tactische aansturing. Strategische aansturingmaatregelen hebben een lange tijdshorizon en kunnen op korte termijn moeilijk aangepast worden. Hierbij kan men denken aan de fysieke lay-out van de CSA en de aanschaf van machines. Gezien het lange termijn karakter worden deze aansturingmaatregelen in het kader van dit onderzoek als een gegeven beschouwd.

Tactische aansturingmaatregelen zijn flexibeler en om deze reden voor dit onderzoek interessant. Er kunnen een aantal tactische richtlijnen vastgesteld worden die ertoe dienen de kwaliteit van het primaire proces te waarborgen, zoals:

- Strengere kledingvoorschriften voor alle medewerkers en bezoekers.
- Zo min mogelijk roulatie van personen tussen de ruimten.
- Het doorvoeren van een dagelijkse Bowie&Dick test en wekelijkse Lekttest bij iedere autoclaaf.

- De inrichting van meerdere inspectiemomenten in het primaire proces.
- Het laten bevestigen van labels met de naam van de sterilisatiemedewerker om het verantwoordelijkheidsgevoel te verhogen.

Gezien de kwaliteit van het primaire proces de hoogste prioriteit heeft in de aansturing en bovendien voor een groot deel wettelijk verplicht is, zullen deze richtlijnen gedurende dit onderzoek als een gegeven worden beschouwd.

Naast deze tactische kwaliteitsrichtlijnen kunnen ook een aantal richtlijnen worden onderscheiden die gericht zijn op de doorlooptijd van MHM. Dit betreft onder andere de planning, de werktijden en de inzet van de sterilisatiemedewerkers:

- De klanten verwachten dat MHM onafhankelijk van het gebruikersmoment binnen de afgesproken doorlooptijd terug zijn. Dit heeft tot gevolg dat de CSA 24 uur per dag moet kunnen produceren. Gedurende de dagshift tussen 7:30 en 16:00 uur en de avondshift tussen 15:00 en 23:30 uur wordt er met een volle bezetting gewerkt. In de nachten en in de weekenden is er slechts een minimale bezetting van de CSA met twee medewerkers.
- Volgens de CAO van het UMCG dienen dienstroosters minimaal tien kalenderdagen van tevoren bekend te zijn. Zo ver van tevoren is het werkaanbod in de CSA niet bekend omdat de operatieplanning in het OC pas een dag van tevoren om 13:00 uur vaststaat<sup>23</sup>. Voor het maken van het dienstrooster worden vaste normen aangehouden die voldoende capaciteit garanderen. Uit ervaring is gebleken dat voor reguliere productieweken minimaal tien FTE per shift aanwezig moeten zijn. Rekening houdend met een ziekteverzuim van ca 10% worden voor elke dag- en avondshift tussen elf en veertien medewerkers ingeroosterd. De verdeling van de medewerkers per shift over de verschillende ruimten is eveneens vastgelegd. Deze aantallen zijn in de vorige paragraaf per ruimte genoemd en worden voor de overzichtelijkheid in tabel 3.1 weergegeven. Welke medewerker in welke ruimte ingezet wordt, bepalen de teamleiders een week van tevoren in de taakrooster.

Ruimte	# Medewerkers (overdag)	# Medewerkers (avond)	# Medewerkers (nacht/weekend)
Desinfectie Vuil	1(+)	1(+)	2/3 voor alle werkzaamheden
Desinfectie Schoon	1	1	
Assemblage	7(-)	7(-)	
Distributie	1	1	

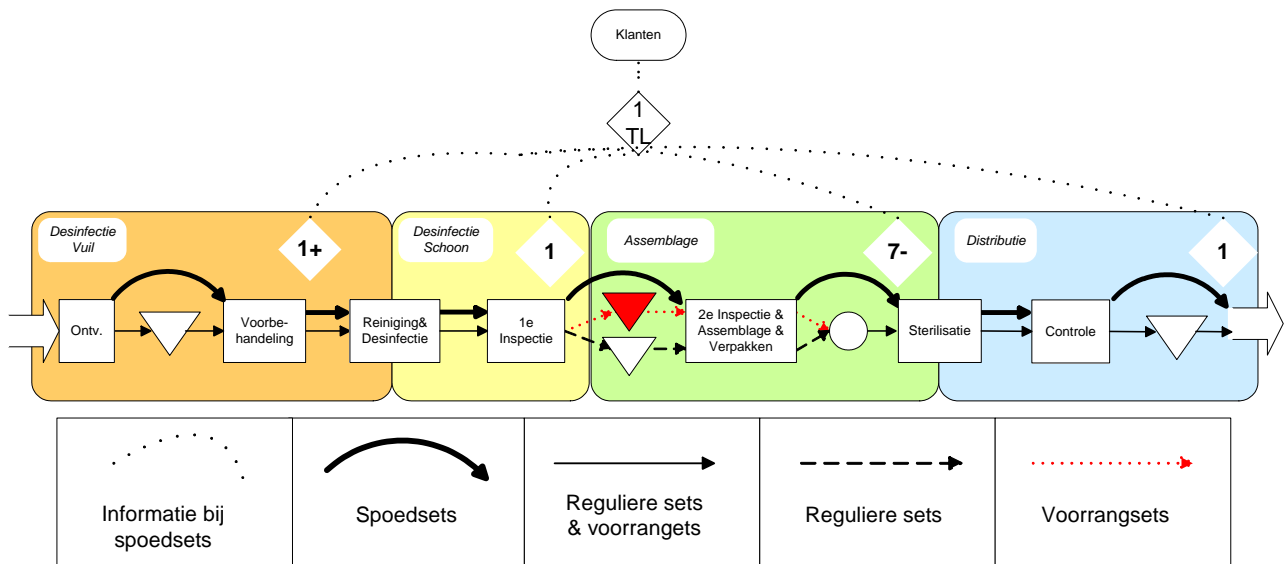
**Tabel 3.1 Verdeling sterilisatiemedewerkers per shift**

- Voor het geval de medewerker in de ruimte *Desinfectie Vuil* het aanbod aan MHM niet snel genoeg kan verwerken, wordt hij ondersteund door een medewerker van de *Assemblage en Inpak Ruimte*.
- Om de productiecapaciteit zo flexibel mogelijk te houden heerst het beleid om sterilisatiemedewerkers niet te laten specialiseren in bepaalde taken. Daardoor is het mogelijk om medewerkers in elke ruimte en elke werkplek in te delen.



Andere tactische richtlijnen betreffende de doorlooptijd van MHM zijn gericht op de operationele handling van MHM op de werkvloer (schematische weergave in figuur 3.12):

- Voor zover mogelijk dient men op de werkvloer het First Come First Serve (FCFS) principe te hanteren.
- Er is een onderscheid ingevoerd tussen voorrangsets en reguliere sets. In samenspraak met de gebruikers zijn voorrangsets bepaald en met een rood plastic label gekenmerkt. Deze sets dienen in het productieproces met een grotere prioriteit behandeld te worden, ook al wijkt men daardoor af van het FCFS principe.
- Daarnaast hebben gebruikers de mogelijkheid om spoedsets te bestellen. Voor een optimale handling van spoedsets dient de aanwezige teamleider van de CSA door de klant direct na gebruik op de hoogte gebracht te worden. De teamleider kan vervolgens de medewerkers in de verschillende ruimten informeren zodat deze hun werkzaamheden op de aankomst van de spoedset afstemmen en de benodigde machines vrijhouden. De richtlijn voor spoedsets is dat deze nergens gedurende het proces mogen wachten, ook niet voor de belading van de machines.



**Figuur 3.12** Offline richtlijnen voor de doorstroom van MHM

### 3.4.3 Online aansturing van het primaire proces

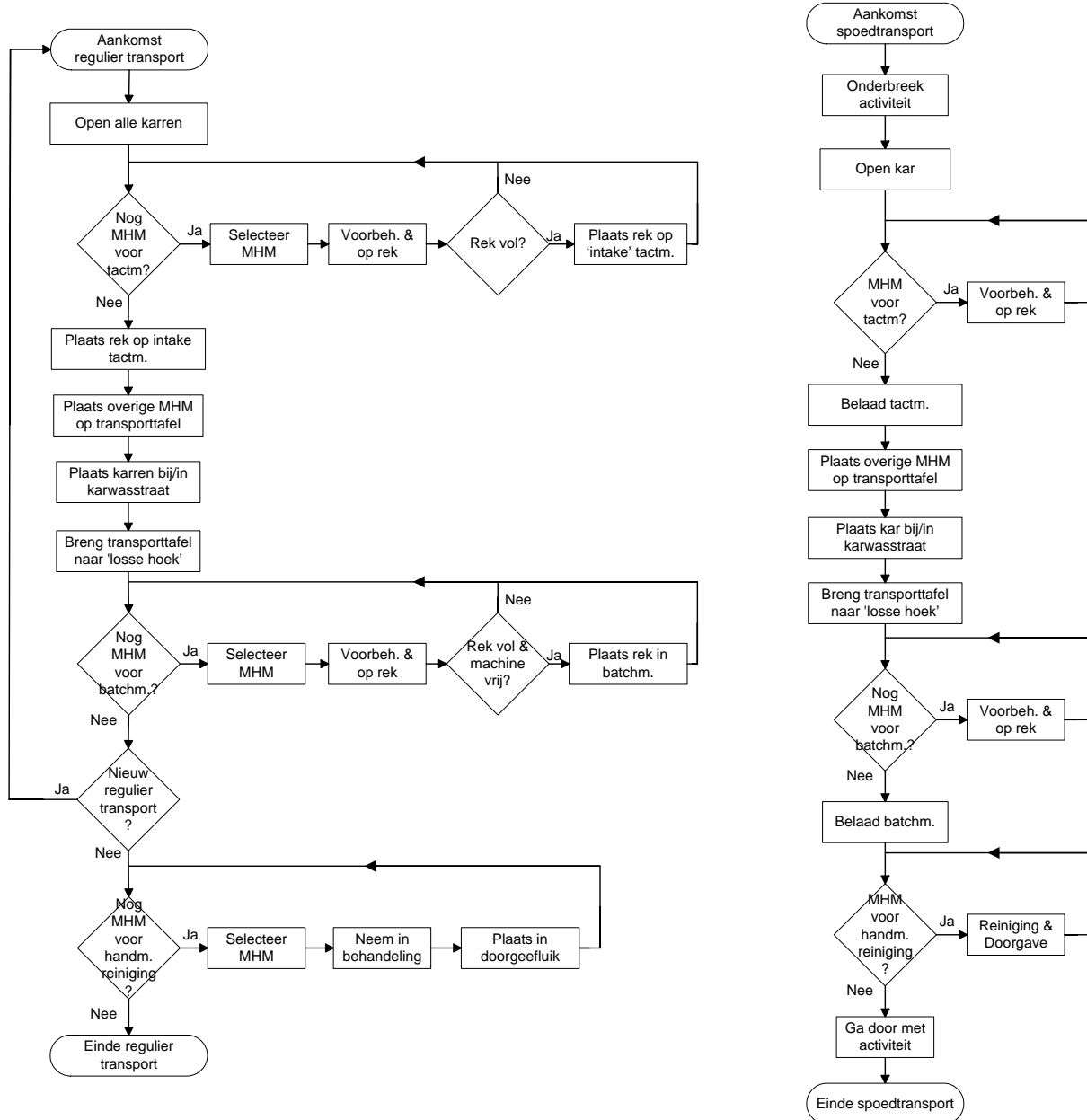
De online aansturing van het primaire proces is de dagelijkse aansturing op de werkvloer en wordt ook wel operationele aansturing genoemd. Uitgaande van het kader dat door de offline aansturing gegeven wordt, wordt getracht de doelstellingen van de CSA zo goed mogelijk te realiseren. Deze operationele beslissingen worden in de CSA voor een groot deel genomen door de sterilisatiemedewerkers zelf. Omdat deze op de hoogte zouden zijn van de strategische en tactische aansturingmaatregelen is de gehele groep sterilisatiemedewerkers opgedeeld in vier teams met elk een eigen teamleider (zie organisatiestructuur bijlage C). Deze teamleider fungeert als schakel tussen het management van de CSA en de sterilisatiemedewerkers en houdt het overzicht op de werkvloer.

Omdat een groot deel van de werkzaamheden in het decontaminatieproces handmatig van aard is, is het werk van de medewerkers essentieel voor de kwaliteit van het product. Hier wordt op offline niveau rekening mee gehouden door alleen gediplomeerde werknemers in te zetten om het handwerk te verrichten. Bovendien zijn er drie verschillende inspectiemomenten ingevoerd en worden de medewerkers door middel van labels verantwoordelijk gemaakt voor hun werk. Echter afgezien van de gegevens van de autoclaaf zijn er geen meetbare gegevens om de kwaliteit van het materiaal te verifiëren. Dit betekent dat er voor deze inspectiemomenten geen offline normen voorgeschreven kunnen worden. De medewerkers moeten die keuzes maken op basis van hun eigen inschattingen.

Naast deze kwaliteitsgerelateerde keuzes zijn er een aantal beslissingsmomenten in de productiestroom die de doorloop van de MHM en de benutting van de machines beïnvloeden (kosten). Zo bepaalt de medewerker op de werkvloer welk MHM uit een wachtrij in behandeling genomen wordt of wanneer een machine beladen wordt. Opdat deze keuzes snel gemaakt kunnen worden, worden in het kader van op tactisch niveau gegeven richtlijnen een aantal operationele aansturingregels gehanteerd.

In het vervolg van deze paragraaf zullen deze regels voor elke ruimte met behulp van *'Decision Flow Diagrams'* in kaart worden gebracht. Zowel de beslissingsheuristiek voor de reguliere productie (reguliere MHM en voorrangsets) als voor spoedorders zal met een diagram worden weergegeven. Deze beschrijvingen zijn gebaseerd op observaties op de werkvloer en gesprekken met de teamleiders<sup>24</sup>. Het zal blijken dat deze operationele aansturingregels gericht zijn op de doorloop van de MHM en de afstemming van de activiteiten in de verschillende ruimten. Een efficiënte benutting van de machines speelt een ondergeschikte rol.

## Desinfectie Vuil:



**Figuur 3.13** Online aansturing ruimte 'Desinfectie Vuil'

De activiteiten die de medewerker in de ruimte 'Desinfectie Vuil' doorvoert, worden aangestuurd door het push-principe. Dit houdt in dat de aankomst van transportkarren de trigger vormt voor het starten van de activiteiten. Een opslag van verontreinigde sets en een aansturing van het gehele proces vanuit de vraag naar schone sets (pull-principe) is niet mogelijk. De reden hiervoor is het besmettings- en indrogingsgevaar van verontreinigde MHM. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen de aankomst van spoedkarren en reguliere karren.

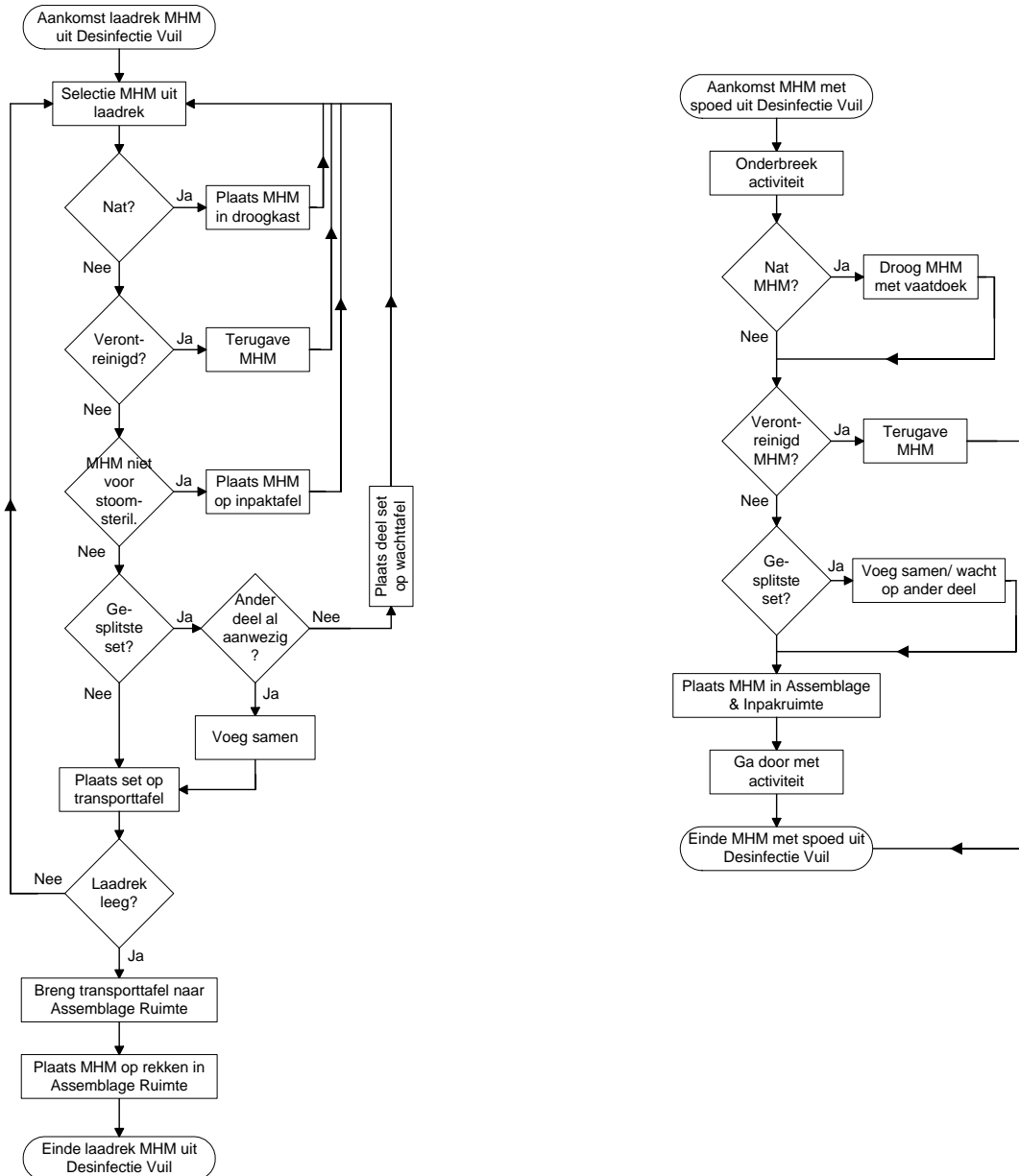
Eerstgenoemde arriveren buiten het reguliere transport om in de CSA. De sterilisatiemedewerker is door de teamleider hiervan op de hoogte gesteld en zal zijn activiteiten onderbreken om deze spoedkar direct in behandeling te nemen. Alle machinaal te reinigen MHM worden op het betreffende laadrek geladen en in de machine gezet. Vervolgens worden alle handmatig te reinigen MHM in behandeling genomen en door het luik aan de ruimte 'Desinfectie Schoon' doorgegeven.

Voor de reguliere transportkarren wordt het First Come First Serve (FCFS) principe toegepast, dus de kar die het eerst binnenkomt, wordt het eerst ontladen. Volgens de werkvoorschriften zouden de karren na elkaar in behandeling genomen moeten worden. De inrichting van de ruimten en het feit dat er één medewerker tegelijk werkt, leidt in de praktijk tot een andere aanpak. In plaats van de MHM per kar in behandeling te nemen worden alle karren bij de wasstraten na elkaar ontladen. Hierbij worden eerst alle MHM voor de machinale reiniging met ultrasonen op een laadrek voor de tactmachine geplaatst. Vervolgens plaatst de medewerker alle MHM voor de machinale reiniging zonder ultrasonen op een laadrek bij de batchmachines. Tot slot worden alle handmatig te reinigen MHM van deze transportrit in behandeling genomen. Zijn er ondertussen nieuwe karren aangekomen, dan wordt het handmatige reinigen van MHM uitgesteld.

De medewerker moet ervoor zorgen dat de machines in deze ruimte telkens beladen worden als een laadrek gereedstaat. Dat is het geval als een laadrek vol is of als er op een gegeven moment geen andere MHM voor de machine aanwezig zijn. Het laadrek kan zo geplaatst worden dat het door de machine automatisch ingetrokken wordt ('intake'). Er zijn geen richtlijnen voor een minimale belading van de rekken.

Op de drukke momenten van de dag, dus tussen 12:00 en 20:00 uur wordt de medewerker ondersteund door een medewerker uit de *'Assemblage en Inpak Ruimte'*. Bij dubbele bezetting van de ruimte *'Desinfectie Vuil'* worden de taken gesplitst; een medewerker is verantwoordelijk voor de machinale reiniging met de tactmachine en de andere medewerker voor de batchmachine en de handmatige reiniging.

## Desinfectie Schoon:



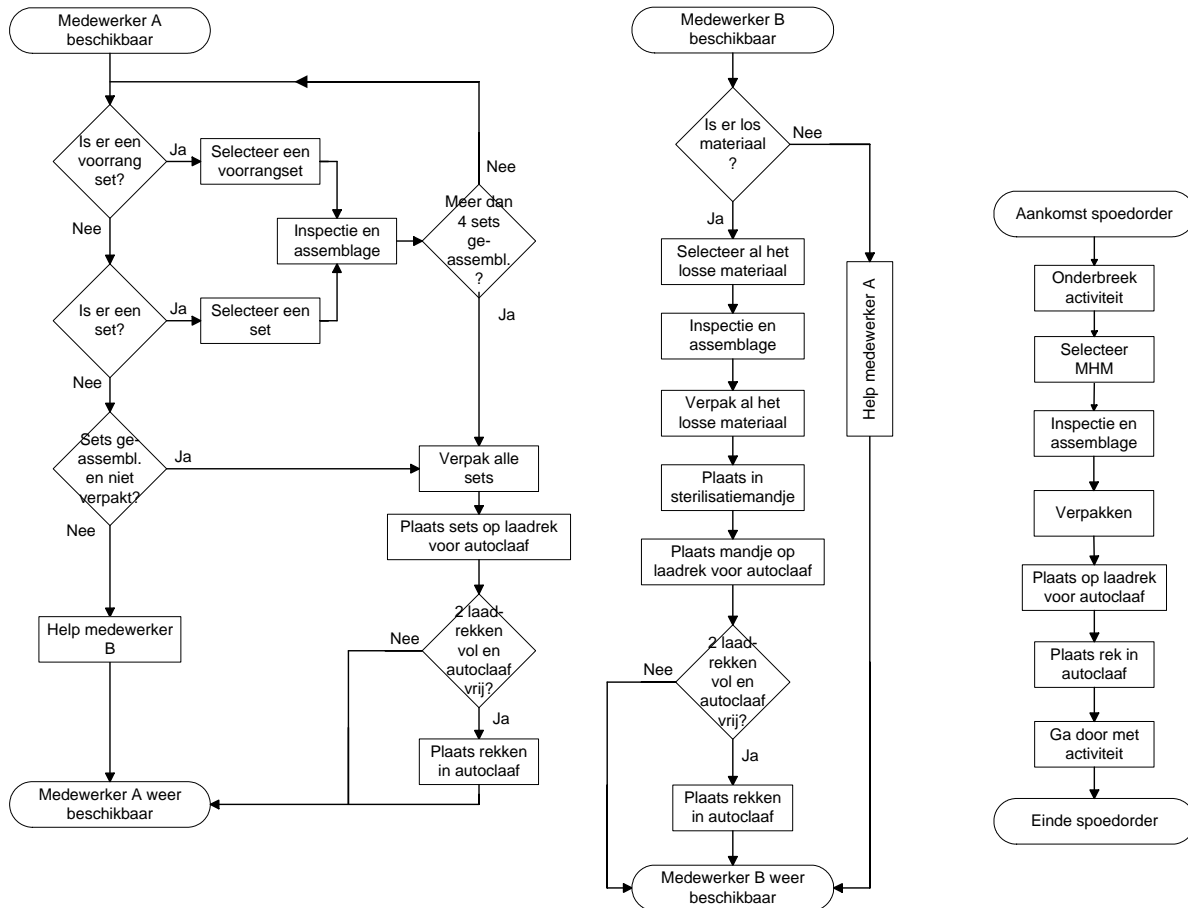
**Figuur 3.14** Online aansturing ruimte ‘Desinfectie Schoon’

Ook de activiteiten van de medewerker in deze ruimte worden aangestuurd volgens het push-principe, dus op basis van de aankomst van MHM uit de ruimte ‘Desinfectie Vuil’.

De online beslissingsheuristiek voor de reguliere productie is weergegeven aan de hand van de aankomst van een laadrek MHM uit een van de machines. Bij de behandeling van deze MHM wordt wederom het FCFS-principe gehanteerd, dus in volgorde van uitstoot uit de machines. Natte en verontreinigde MHM worden uit het laadrek gehaald. Het verplaatsen van MHM naar de rekken in de ‘Assemblage en Inpak Ruimte’ heeft een hogere prioriteit dan het verpakken van de MHM die naar Wamac moeten of niet gesteriliseerd hoeven te worden. Deze MHM worden op de laminaattafel in deze ruimte gelegd en behandeld zodra daar tijd voor is. Gesplitste sets worden in deze ruimte weer samengevoegd. Dit betekent dat het deel dat als eerste aankomt, zal moeten wachten op het overige deel.

Van een spoedorder wordt de medewerker door de teamleider op de hoogte gebracht zodat deze MHM bij aankomst direct in behandeling genomen kunnen worden. Vervolgens worden de onderbroken activiteiten weer opgepakt.

### Assemblage en Inpak:



Figuur 3.15 Online aansturing 'Assemblage en Inpakruimte'

In de 'Assemblage & Inpak Ruimte' wordt een onderscheid gemaakt tussen het bewerken van los materiaal en sets MHM. Opdat het losse materiaal niet te lang zou blijven liggen, wordt elke dag een medewerker hierop toegewezen (sterilisatiemedewerker B).

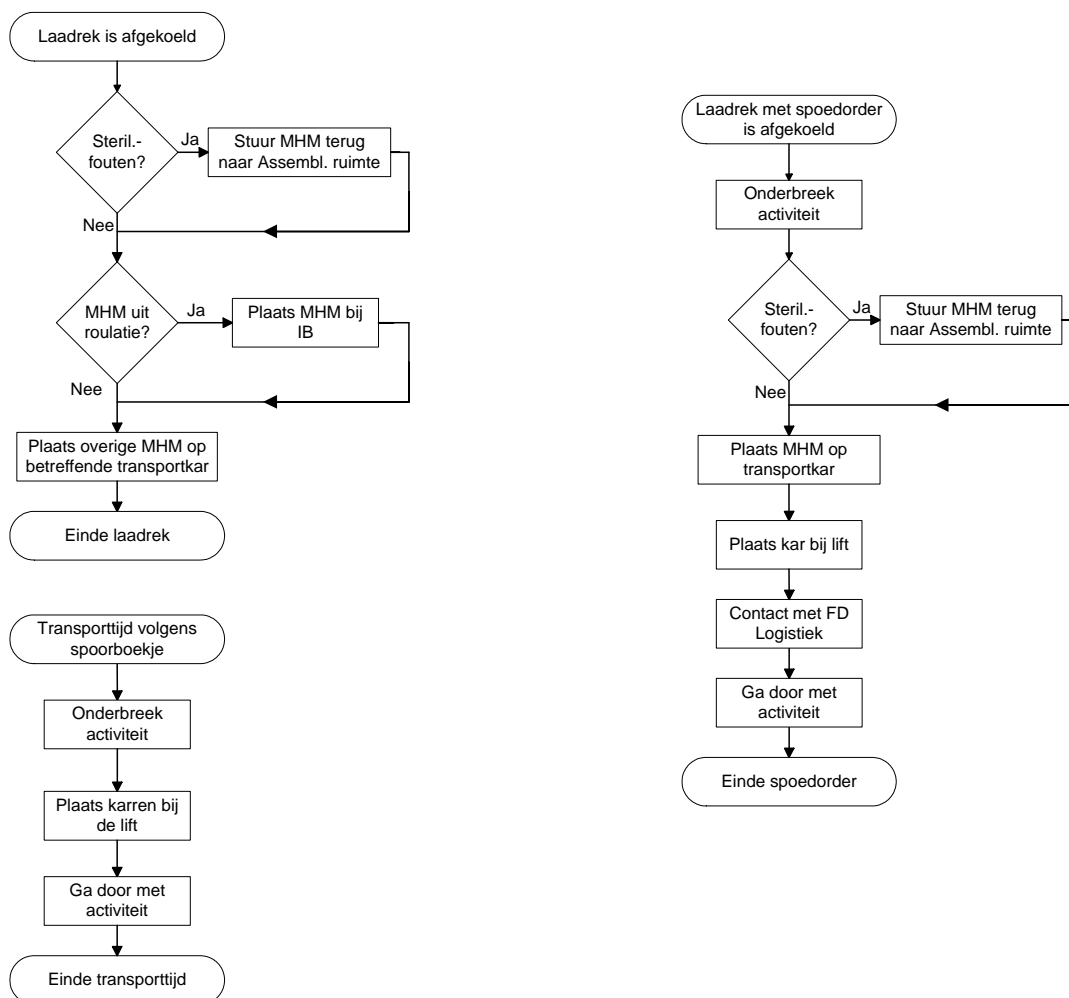
Voor de sterilisatiemedewerkers A geldt de volgende online aansturing van de werkzaamheden. Doordat de MHM gereinigd en gedesinfecteerd zijn, kunnen deze gedurende een korte tijd gebufferd worden. Dit maakt het mogelijk om de activiteiten in deze ruimte vanuit de wensen van de klant aan te sturen, volgens het zogenaamde pull-principe. Dit is gerealiseerd door voorrangsets in te voeren. Zodra een medewerker vrij is en een nieuwe set selecteert, zullen eerst deze voorrangsets in behandeling genomen worden. Ligt er geen voorrangset op voorraad dan kan de medewerker uit het aanbod van MHM kiezen. Omdat het niet herkenbaar is welke MHM het eerste in de rekken geplaatst zijn, kan het FCFS in deze ruimte niet toegepast worden. Volgens de werkvoorschriften dienen de medewerkers maximaal vier sets gereed te maken voor verpakking alvorens deze te verpakken. In de praktijk wordt dit aantal vaak overschreden. Pas als geen sets meer aanwezig zijn, zullen de medewerkers de medewerker van het losse materiaal ondersteunen.

De sterilisatiemedewerker B houdt voortdurend in de gaten of er los materiaal beschikbaar is. Dit losse materiaal wordt geselecteerd en in behandeling genomen. Voor de sterilisatie in de autoclaven staan mandjes ter beschikking waarin meerdere MHM geplaatst kunnen worden. Bij afwezigheid van los materiaal neemt medewerker B net als medewerker A sets MHM in behandeling.

Verpakte MHM worden door de medewerker zelf op de laadrekken bij de autoclaaf geplaatst. Zijn twee laadrekken gevuld en is een autoclaaf beschikbaar dan dient de medewerker deze autoclaaf te beladen. Is geen autoclaaf beschikbaar of zijn de laadrekken nog niet volledig gevuld dan zal de medewerker verder gaan met de volgende MHM. Voor het beladen van de autoclaaf bestaan er voor het overige geen duidelijke richtlijnen.

In gevallen van spoedsets zal de teamleider een medewerker van deze ruimte tijdig aanwijzen en een autoclaaf vrijhouden. Spoedsets worden afzonderlijk gesteriliseerd om de machinale doorlooptijd te minimaliseren.

### Distributieruimte:



**Figuur 3.16** Online aansturing 'Distributieruimte'

De activiteiten in de 'Distributie Ruimte' zijn push-gestuurd; een onderscheid in voorrangsets en reguliere sets is door de verpakking niet meer zichtbaar. Zodra een laadrek na uitstoot uit de autoclaaf voldoende afgekoeld is, inspecteert de medewerker alle MHM van dit rek om ze vervolgens over de

transportkarren te verdelen. Dit gebeurt wederom volgens het FCFS-principe. Op de met de Facilitaire Dienst Logistiek afgesproken tijden worden de transportkarren bij de lift geplaatst. Karren met spoedsets worden direct bij de lift geplaatst en aan de Facilitaire Dienst Logistiek overhandigd.

### **Samenvatting:**

Uit deze beschrijving van de operationele aansturing van het productieproces komt naar voren dat er in drie ruimtes volgens het push-principe in combinatie met het FCFS-principe wordt gewerkt. Slechts in de *'Assemblage en Inpak Ruimte'* wordt hiervan afgeweken. Hier is een buffer met gereinigde MHM ingericht, zodat door de klant gevraagde voorrangsets met een hogere prioriteit behandeld kunnen worden (er is een 'pull' vanuit de klant).

Voor spoedsets geldt in elke ruimte een afzonderlijke aansturing. Spoedsets eisen dat de gehele productie erop gericht is een zo kort mogelijke doorlooptijd te realiseren. Er wordt geen rekening gehouden met de bezetting van de resources, laadrekken worden niet vol beladen en machines worden op tijd vrijgehouden.

Voorrangsets hebben in de *'Assemblage en Inpak Ruimte'* een hogere prioriteit dan normale sets, zodat een korte doorlooptijd gerealiseerd kan worden. Er staat echter geen druk op het behalen van een minimale doorlooptijd; het is immers binnen het proces niet bekend wanneer deze sets aangekomen zijn.

De grootste vrijheden rondom de operationele aansturing zijn er voor de reguliere sets. Voor zover mogelijk wordt het FCFS-principe toegepast, ook al ontbreekt er in latere fasen van het proces de informatie wanneer welk MHM aangekomen is.





## 4 ANALYSE

In dit hoofdstuk zal worden getracht de huidige logistieke prestaties van de CSA in kaart te brengen en te verklaren. Achtereenvolgens zal worden ingegaan op de productiekosten van het primaire proces, de doorlooptijden van MHM, de bezettingsgraden van de ingezette middelen, de stromen door het primaire proces en het aanbod aan verontreinigde MHM. Een analyse van de huidige prestaties zal leiden tot aangrijpingspunten voor verbetering. In de eerstvolgende paragraaf zal eerst kort worden ingegaan op het soort gegevens dat bij de verschillende analyses gebruikt is.

### 4.1 Gegevens

Gegevens kunnen in het algemeen worden onderverdeeld in drie verschillende categorieën<sup>25</sup>:

gegevens die

- beschikbaar zijn;
- niet beschikbaar maar wel verzamelbaar zijn;
- niet beschikbaar en ook niet verzamelbaar zijn.

Tijdens deze analyse is voor een groot deel gebruik gemaakt van beschikbare gegevens in de vorm van digitale en analoge bestanden, zoals:

- beladinglijsten van de autoclaven
- formatieberekeningen
- klaarzetboeken op het OC
- operatieplanning in *OKplus*
- database van Instrumentele Zaken met onderhouds- en reparatieoverzicht
- managementsysteem voor het gebruik van de machines op de CSA

Niet beschikbare gegevens zijn op de volgende manier verzameld:

- observaties op de werkvloer op diverse dagen en tijdstippen
- interviews met sterilisatiemedewerkers, teamleiders en staf van de CSA en medewerkers van de FD Logistiek en van het OC
- metingen op de werkvloer op 16 mei 2006

Er is geen behoefte aan gegevens die niet beschikbaar en ook niet verzamelbaar zijn.

### 4.2 Productiekosten

Over de huidige productiekosten zijn weinig gegevens bekend. Op basis van de jaarafsluiting en een schatting van het productievolume in het jaar 2005 zijn productiekosten van €26,82 per STE (zie paragraaf 1.2) berekend. Het is echter niet mogelijk om met de beschikbare gegevens de exacte samenstelling van deze kosten uit vaste en variabele kosten te berekenen.

De analyse in deze paragraaf blijft beperkt tot de voor de logistieke analyse belangrijkste kosten, die door de inrichting en aansturing van het proces beïnvloed kunnen worden. Dit zijn de variabele kosten die met de inzet van de resources gepaard gaan, zoals de chargekosten voor de machines en de uurkosten per medewerker. Op basis van de totale productiekosten in de jaarrekening van 2005 kan

worden aangenomen dat de personeelskosten meer dan dubbel zo hoog zijn dan de productiemateriaalkosten (zie tabel 4.1):

Personeelskosten	€ 2. 000 000
Productiemateriaalkosten	€ 760. 000

**Tabel 4.1 Productiekosten**

Uitgaande van de formatieberekening 2005 van de CSA zijn de uurkosten per sterilisatiemedewerker berekend (brutoloon gedeeld door netto werkuren).

Personeelskosten (per uur)	€ 24.12
----------------------------	---------

**Tabel 4.2 Kosten sterilisatiemedewerkers (per uur)**

Aan de hand van energie- en materiaalverbruik zijn bovendien de chargekosten voor de machines berekend<sup>26</sup>, zoals weergegeven in tabel 4.3.

Tactmachine	€ 3.62
Batchmachine	€ 3.49
Autoclaaf	€ 0.81

**Tabel 4.3 Kosten machines (per charge)**

### **Conclusie:**

Uit deze beperkte analyse van de productiekosten wordt duidelijk dat de resource ‘medewerkers’ een grote invloed heeft op de totale productiekosten. Voor een goede prestatie zal ernaar gestreefd moeten worden de resource ‘medewerkers’ optimaal in te zetten.

### **4.3 Doorlooptijd**

Over de huidige prestaties op het gebied van doorlooptijden door de afdeling zijn geen gegevens bekend. Om een beeld te krijgen van de huidige doorlooptijden door de CSA zijn op 16 mei gedurende de dagdienst metingen op de werkvloer doorgevoerd (zie bijlage D). Er zijn alleen gegevens verzameld van sets omdat het niet mogelijk was om los materiaal te markeren. Dit heeft tot gevolg dat er geen uitspraken worden gemaakt over MHM van de Poli’s omdat deze voornamelijk los materiaal aanleveren. In het vervolg van deze paragraaf zal alleen worden ingegaan op de doorlooptijden van sets van het OC en het ODBC.

Deze doorlooptijd is gedefinieerd als het tijdsverloop tussen aankomst van een MHM in de ruimte ‘Desinfectie Vuil’ en vertrek van het MHM vanuit de ‘Distributie Ruimte’. Deze doorlooptijd komt zodoende overeen met de tijd die het MHM ‘binnen’ de CSA is. Om de invloeden van uitzonderlijke of foute extreme waarden uit te sluiten zijn de ‘outliers’ in het bovenste en onderste 2,5% percentiel van het bestand uitgesloten (zie bijlage E). Van het resterende bestand zijn een aantal statistische gegevens en de servicegraad berekend voor de verschillende typen sets van het OC en van de sets van het ODBC (zie tabel 4.4). De servicegraad is het percentage sets dat binnen de afgesproken doorlooptijd (zie paragraaf 3.4.1) verwerkt wordt. Tijdens de projectbijeenkomst op 21.07.06 is bepaald dat voor het transport tussen CSA en klant gemiddeld van één uur<sup>27</sup> kan worden uitgegaan.

	OC		ODBC
	regulier	voorrang	
<b>Aantal</b>	105	38	26
<b>Gemiddelde</b>	11:59	10:18	21:43
<b>Min</b>	5:10	5:25	5:47
<b>Max</b>	22:52	21:08	18:31
<b>Mediaan</b>	<b>10:37</b>	<b>7:25</b>	<b>17:51</b>
<b>Servicegraad</b>	<b>57%</b>	<b>0%</b>	<b>27%</b>

*Tabel 4.4 Statistische gegevens doorlooptijden sets (metingen 16 mei)*

Tijdens een bespreking<sup>28</sup> met de opdrachtgever is naar voren gekomen dat het wenselijk is om voor de doorlooptijden alleen daguren te rekenen tussen 7:30 en 23:30 uur. De gedachte hierachter is dat er 's nachts alleen een bereikbaarheidsdienst op de CSA aanwezig is. In de volgende tabel zijn dezelfde gegevens voor deze nieuw berekende doorlooptijden weergegeven.

	OC		ODBC
	regulier	voorrang	
<b>Aantal</b>	105	38	26
<b>Gemiddelde</b>	8:39	7:59	16:11
<b>Min</b>	5:10	5:25	5:47
<b>Max</b>	14:52	13:08	10:31
<b>Mediaan</b>	<b>8:23</b>	<b>7:25</b>	<b>9:51</b>
<b>Servicegraad</b>	<b>76%</b>	<b>0%</b>	<b>73%</b>

*Tabel 4.5 Statistische gegevens doorlooptijden sets zonder nachturen (metingen 16 mei)*

De cijfers in deze tabel maken het volgende duidelijk:

- De doorlooptijd heeft een grote spreiding.
- De mediaan van reguliere sets en van sets van het ODBC ligt ruim binnen de afgesproken levertijden. De mediaan van voorrangsets is slechts 60 minuten korter dan voor reguliere sets en is langer dan de afgesproken levertijd.
- De servicegraad voor voorrangsets is 0%.

Daarnaast is uit de analyse van de metingen zelf het volgende naar voren gekomen:

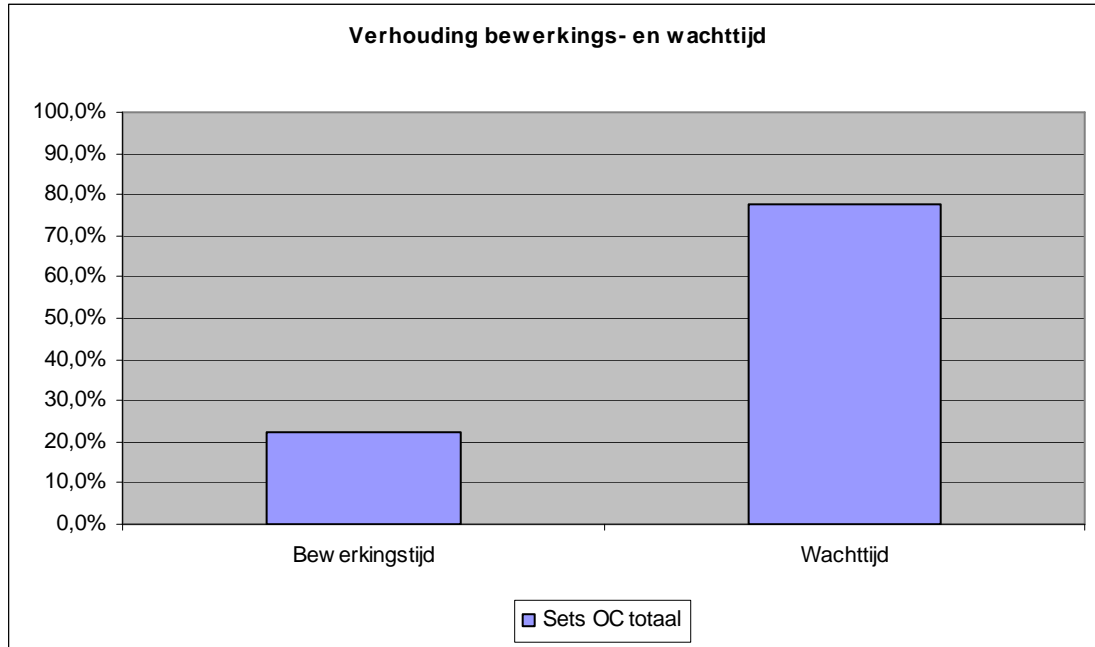
- Gelijke sets hebben verschillende doorlooptijden.
- De doorlooptijd neemt toe naarmate sets later op de dag aankomen.

Om te onderzoeken hoe deze verschijnselen tot stand komen, zal de doorlooptijd nader onderzocht worden.

De doorlooptijd wordt gevormd door de sommatie van de verschillende bewerkings- en wachttijden die een set gedurende het primaire proces doorloopt. De totale bewerkings- en wachttijd is berekend op basis van sets waarvan ook op het einde van het proces metingen opgenomen zijn (in totaal 98 sets van het OC). Deze tijden zijn in onderstaande tabel en grafiek weergegeven

	<b>Bewerkingstijd</b>	<b>Wachttijd</b>	<b>Doorlooptijd</b>
[hh:mm]	2:39	9:11	11:50
[%]	22,4%	77,6%	100,0%

**Tabel 4.6** Gemiddelde wacht- en bewerkingstijd primair proces (op basis van sets OC)



**Figuur 4.1** Verhouding bewerkings- en wachttijd sets OC (in % totale doorlooptijd)

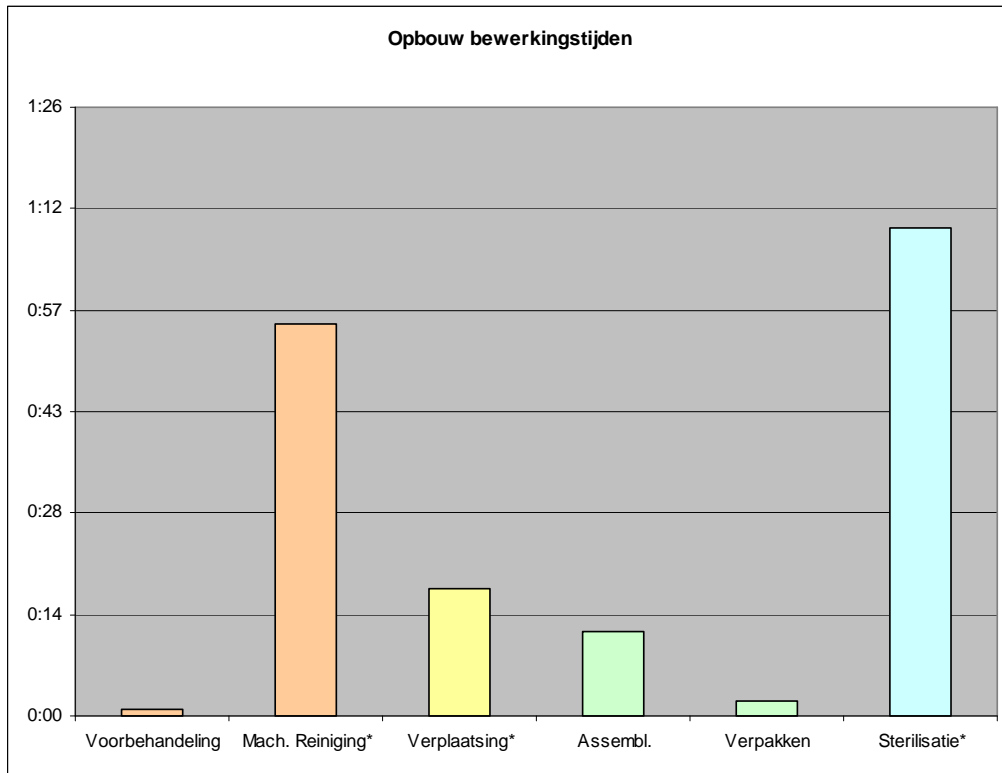
Deze grafiek maakt duidelijk dat sets gedurende de doorstroom door het primaire proces meer dan 75% van de tijd aan het wachten zijn. De doorlooptijd zal ingrijpend verbeterd kunnen worden door de wachttijden te verkorten. Dit betekent echter niet dat er op het gebied van bewerkingstijden geen mogelijkheden zijn voor verbetering. In de volgende paragraaf zal eerst de bewerkingstijd geanalyseerd worden, alvorens in de daarop volgende paragraaf in te gaan op de wachttijd.

### 4.3.1 Bewerkingstijden

De totale bewerkingstijd wordt gevormd door de som van bewerkingstijden voor elke activiteit die gedurende het primaire proces wordt doorgevoerd. Op basis van de metingen kan het volgende overzicht van het gemiddelde en de mediaan van de bewerkingstijd per activiteit in onderstaande tabel en grafiek worden weergegeven. Ter overzichtelijkheid zijn de activiteiten die batchgewijs doorgevoerd worden met een sterretje gekenmerkt.

	<b>Des. Vuil</b>		<b>Des. Schoon</b>	<b>Assemblage</b>		<b>Distributie</b>
	Voorbehandeling	Mach. Reiniging*	Verplaatsing*	Assembl.	Verpakken	Sterilisatie*
<b>Gemiddelde</b>	0:01	0:55	0:18	0:12	0:02	1:09
<b>Mediaan</b>	0:01	0:55	0:15	0:10	0:02	1:08

**Tabel 4.7** Gemiddelde en mediaan voor de bewerkingstijd per activiteit [hh:mm]



**Figuur 4.2** *Overzicht gemiddelde bewerkingstijd per activiteit [hh:mm]*

Deze grafiek maakt duidelijk zichtbaar dat sets de meeste tijd kwijt zijn aan de machinale activiteiten. De som van de gemiddelde machinale en handmatige bewerkingstijd is in onderstaande tabel weergegeven.

	<b>Machinaal</b>	<b>Handmatig</b>	<b>Totaal</b>
[hh:mm]	2:04	0:33	2:37
[%]	79,0%	21,0%	100%

**Tabel 4.8** *Totale machinale en handmatige bewerkingstijd*

Eerst zullen de machinale activiteiten geanalyseerd worden alvorens in te gaan op de handmatige activiteiten.

#### Machinale activiteiten:

De eerste machinale activiteit is de reiniging en desinfectie in de tact- of batchmachine. Uit een gesprek met een medewerker van Instrumentele Zaken<sup>29</sup> is naar voren gekomen dat de doorlooptijden van deze machines onafhankelijk zijn van de belading. De volgende bewerkingstijden staan in het kwaliteitshandboek van de CSA genoteerd (zie tabel 4.9).

<b>Machine</b>	<b>Doorlooptijd (min)</b>
Tactmachine	55
Batchmachine	62

**Tabel 4.9** *Bewerkingstijden tact- en batchmachine*

Een belangrijk verschil tussen de twee typen machines is het feit dat de tactmachine uit vier verschillende compartimenten is opgebouwd. Dit betekent dat deze machine opnieuw beladen kan

worden zodra het langst durende deelproces afgerond is. Het compartiment met de grootste doorlooptijd is het droogcompartiment, dit duurt 15 minuten.

De sterilisatie van MHM in de autoclaven, de tweede machinale activiteit wordt aangestuurd op basis van verschillende parameters, zoals temperatuur en luchtdruk. Deze worden beïnvloed door de hoeveelheid, de samenstelling en het verpakkingsmateriaal van de MHM in de belading. Dit betekent dat de doorlooptijd van de sterilisatie afhankelijk is van de belading. Met behulp van de beladingslijsten is de gemiddelde doorlooptijd van de sterilisatie bij 121° C en 134° C voor volle en halve beladingen berekend (zie tabel 4.10)

Temperatuur (° C)	Belading	Gemiddelde doorlooptijd (min)
121	~ ½ vol	55
121	~ vol	66
134	~ ½ vol	54
134	~ vol	69

**Tabel 4.10 Doorlooptijden autoclaven**

### **Conclusie:**

Deze analyse van de machinale activiteiten maakt duidelijk dat de machinale bewerkingstijden nauwelijks beïnvloed kunnen worden. De machines moeten standaardprogramma's doorlopen om de kwaliteit van het proces te kunnen waarborgen. Met een gemiddelde leeftijd van tien jaar<sup>30</sup> zijn de machines inmiddels economisch afgeschreven.

### **Handmatige activiteiten:**

In tegenstelling tot machinale activiteiten hebben handmatige activiteiten geen deterministische bewerkingstijden. De bewerkingstijd is bij iedere handmatige activiteit afhankelijk van de uitvoerende medewerker en de aard en samenstelling van het MHM. Omdat medewerkers over de verschillende werkplekken gerouleerd worden, is ervoor gekozen de invloed van de uitvoerende medewerker buiten beschouwing te laten. De invloed van de aard en samenstelling van MHM op de handmatige bewerkingstijden is aan de hand van observaties in kaart gebracht:

- Voorbehandeling '*Desinfectie Vuil*'  
Veel MHM kunnen vrijwel direct op het laadrek geplaatst worden. Er gaat in verhouding veel tijd verloren als MHM voorgereinigd, doorgespoten of gedemonteerd moeten worden. Dit geldt ook voor de splitsing van een set als niet alle instrumenten op dezelfde manier gereinigd kunnen worden. Een speciale bevestiging van sommige losse materialen kost eveneens veel tijd.
- Verplaatsing '*Desinfectie Schoon*'  
In de meeste gevallen kunnen MHM zonder extra handelingen in de '*Assemblage & Inpak Ruimte*' geplaatst worden. Dit is niet het geval voor MHM met lumen, welke met lucht doorgespoten worden. MHM die na de reiniging nog nat zijn, moeten in een droogoven geplaatst worden.
- Assemblage in de '*Assemblage & Inpak Ruimte*'  
De assemblage van sets duurt langer naarmate meer instrumenten op de set liggen. Er gaat extra tijd verloren wanneer lumen met lucht doorgespoten of instrumenten gemonteerd moeten worden.

- Verpakken in de ‘*Assemblage & Inpak Ruimte*’  
Er is een verschil tussen het verpakken in papier en in laminaat. De grootte van de MHM heeft geen invloed op de tijdbesteding voor deze activiteit.
- Belading op transportkar in ‘*Distributie Ruimte*’  
Het plaatsen van MHM in de transportkarren is onafhankelijk van de aard en samenstelling van de MHM.

Uit deze observaties komt naar voren dat de tijd voor de voorbehandeling, verplaatsing en assemblage door de aard en samenstelling van het MHM beïnvloed wordt. De tijd voor de overige activiteiten is onafhankelijk van het MHM. Omdat de voorbehandeling en assemblage stuksgewijs plaatsvinden, komt de relatie tussen aard en samenstelling van de MHM en de bewerkingstijd duidelijk uit de cijfers van de metingen op de werkvloer naar voren. Het verplaatsen vindt met behulp van een transporttafel batchgewijs plaats, waardoor er geen metingen zijn van individuele MHM. Het kan worden aangenomen dat er op iedere batch MHM zijn met lumen, zodat er telkens tijd verloren gaat voor het doorspuiten met lucht. In tabel 4.11 is de range aan gemeten bewerkingstijden voor de voorbehandeling en assemblage weergegeven.

Voorbehandeling		Assemblage	
10 sec	5 min	1 min	45 min

**Tabel 4.11** Range bewerkingstijden van ‘*Voorbehandeling*’ & ‘*Assemblage*’

### **Conclusie:**

Uit de analyse van de bewerkingstijden voor de handmatige activiteiten komt naar voren dat deze afhankelijk is van de aard en samenstelling van het MHM. Het verschil in bewerkingstijd voor handmatige activiteiten kan oplopen tot meer dan 45 minuten. Dit verschil komt voor het grootste deel tot stand bij de assemblage werkzaamheden. Bij de analyse van doorlooptijden dient men rekening te houden met het aanbod aan MHM.

De doorvoer van de verschillende handmatige activiteiten wordt in procedures beschreven en wordt in het kader van dit onderzoek als een gegeven beschouwd. Een uitzondering is de constatering dat lumen van MHM zowel in de ruimte ‘*Desinfectie Schoon*’ als in de ‘*Assemblage & Inpak Ruimte*’ met lucht worden doorgespoten. De reden lijkt te zijn dat de medewerker in de ‘*Assemblage & Inpak Ruimte*’ verantwoordelijk is voor de kwaliteit en dus zeker wil zijn dat deze handeling is doorgevoerd.

Daarnaast is bij de observatie van de activiteiten op de werkvloer opgevallen dat medewerkers niet worden voorzien van actuele informatie over de productieprestaties. Door de scheiding van de ruimten hebben medewerkers slechts zicht op de doorloop van MHM in hun eigen ruimte. De totale doorlooptijd per MHM is niet bekend. Ook zijn de productiekosten, zoals materiaalkosten of chargekosten niet berekend, zodat medewerkers hier geen rekening mee kunnen houden. Bij gebrek aan informatie worden medewerkers niet gemotiveerd om op het gebied van doorlooptijden en productiekosten hun prestaties te optimaliseren.

### **Bewerkingstijd per MHM:**

Tot slot is voor iedere activiteit de bewerkingstijd per MHM berekend. Voor stuksgewijze activiteiten is dit gelijk aan bovengenoemde bewerkingstijden. Voor batchgewijze activiteiten worden de



bewerkingstijden gedeeld door het aantal MHM per charge. In onderstaande tabel zijn de bewerkingstijden per MHM voor alle handmatige en voor alle machinale activiteiten bij elkaar opgeteld.

	Tijd handmatig (min)	Tijd machinaal (min)
<b>Set</b>	14,9	6,4
<b>Los</b>	3,9	3,4

*Tabel 4.14      Bewerkingstijd per MHM*

**Conclusie:**

Deze cijfers maken duidelijk dat de meeste tijd per MHM aan handmatige activiteiten besteed wordt. Dit benadrukt dat er rekening gehouden moet worden met de invloed van de aard en samenstelling van MHM op de bewerkingstijd voor handmatige activiteiten. Bovendien volgt hieruit dat het essentieel is dat de capaciteit aan medewerkers goed benut wordt en dat deze hun werk efficiënt inrichten.

**4.3.2 Wachtijden**

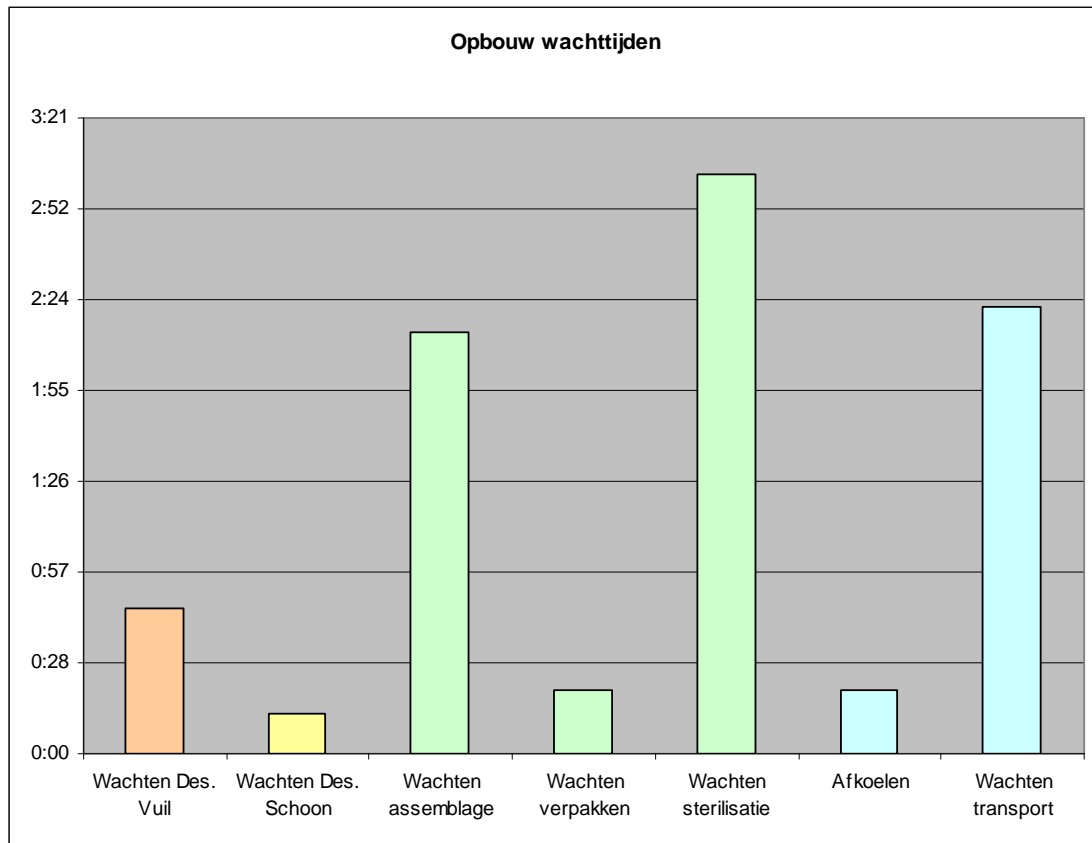
Naast de bewerkingstijden bij de verschillende activiteiten moeten MHM gedurende het primaire proces op verschillende momenten wachten. Dit heeft verschillende oorzaken, zoals het wachten in een rij bij aankomst op de CSA, het wachten totdat een laadrek beladen is, het wachten in de buffer, het wachten totdat een resource gereed is of het wachten op de volgende transportrit. Op dezelfde manier als de bewerkingstijd is ook de opbouw van de totale wachttijd op basis van de metingen op de werkvloer berekend, zoals in onderstaande tabel is weergegeven. Voor het wachten op transport is uitgegaan van de transporttijden in het spoorboekje.

	Des. Vuil	Des. Schoon	Assemblage			Distributie	
	Wachten Des. Vuil	Wachten Des. Schoon	Wachten assemblage	Wachten verpakken	Wachten sterilisatie	Afkoelen	Wachten transport
<b>Gemiddelde</b>	0:45	0:12	2:13	0:20	3:03	0:20	2:21
<b>Mediaan</b>	0:42	0:10	1:40	0:04	1:32	0:20	1:25

*Tabel 4.15      Gemiddelde en mediaan van wachttijden per ruimte [hh:mm]*

Wanneer men de gemiddelde en de mediaan van de verschillende wachttijden met elkaar vergelijkt, valt op dat er bij het wachten op assemblage, het wachten op sterilisatie en het wachten op transport grote verschillen optreden. Dit betekent dat een aantal uitschieters verantwoordelijk zijn voor relatief lange gemiddelde wachttijden. Bij het wachten op assemblage zijn dat voornamelijk standaardsets waarvan er veel op voorraad liggen, zodat deze pas als laatste uit de buffer geselecteerd worden. Bij het wachten op sterilisatie is het tekort aan laadrekken een van de redenen dat er lange wachttijden ontstaan zijn. De reden voor de lange gemiddelde wachttijd op transport is dat er 's nachts geen transporten plaatsvinden maar wel MHM gesteriliseerd worden, die vervolgens op de eerste rit in de ochtend moeten wachten. Wanneer men deze nachtelijke activiteiten niet meerekent is de gemiddelde wachttijd op transport overdag gemiddeld 59 minuten.

De gemiddelde wachttijden zijn grafisch in figuur 4.3 weergegeven.



**Figuur 4.3** Overzicht gemiddelde wachttijden [hh:mm]

De samenstelling van de totale bewerkings- en wachttijd is eveneens berekend voor reguliere sets en voorrangsets (bijlagen F&G). Voor spoedsets is dit niet mogelijk omdat er gedurende de meting geen enkele spoedset is binnengekomen.

Uit de grafiek komt naar voren dat de langste wachttijden aan het einde van het primaire proces ontstaan bij het wachten op transport en op belading in de autoclaven. Daarnaast is er een grote wachttijd voor MHM in de buffer voor de assemblage.

In deze paragraaf zal getracht worden de oorzaak voor de verschillende wachttijden in iedere ruimte te verklaren aan de hand van observaties op de werkvloer en gesprekken met sterilisatiemedewerkers.

Wachten 'Desinfectie Vuil':

De gemeten wachttijd in deze ruimte wordt gevormd door twee wachtmomenten: wachten van MHM in de transportkar na aankomst en wachten van MHM op een laadrek voor een machine.

Aankomst MHM:

- Het transport van MHM tussen klant en CSA vindt plaats op een batchgewijze manier op vaste transporttijden. Omdat de voorbehandeling stuksgewijs plaatsvindt, ontstaat er een wachtrij.
- Zoals in de beladingprocedure in figuur 3.13 weergegeven, wordt eerst de tactmachine en dan de batchmachine beladen. Dit betekent dat MHM voor de batchmachine langer in de kar moeten wachten op de voorbehandeling dan MHM voor de tactmachine. MHM voor handmatige reiniging hebben de langste wachttijd in de karren. Indien er twee medewerkers in

deze ruimte actief zijn, wordt de belading van de tact- en batchmachine verdeeld en komen de wachttijden op voorbehandeling voor beide typen reiniging met elkaar overeen.

#### Voor het wachten van MHM op een laadrek zijn er twee oorzaken

- De machinale reiniging is een batchgewijs proces, zodat de eerste MHM op een laadrek moeten wachten op de laatste MHM. Wanneer er niet voldoende aanbod is, moeten MHM wachten op de volgende transportrit.
- Er is geen machine beschikbaar.

#### Wachten 'Desinfectie Schoon':

Na uitstoot uit de reinigingsmachine moeten MHM eerst vijf minuten afkoelen. De overige wachttijd ontstaat omdat:

- De medewerker niet direct beschikbaar is. Dit komt onder andere voor, als meerdere laadrekken tegelijk uitgestoten worden.
- Machines fout beladen worden, zodat MHM eerst gedroogd moeten worden.
- MHM veel langer dan noodzakelijk in de droogkast gezet worden.

#### Wachten 'Assemblage & Inpak Ruimte':

##### Wachten op assemblage:

- MHM moeten in de rekken wachten, totdat een medewerker beschikbaar is. Zelfs voorrangsets die in behandeling genomen worden zodra een medewerker beschikbaar is, hebben een gemiddelde wachttijd van 1:25 uur.

##### Wachten op verpakken:

- De wachttijd voor het verpakken ontstaat doordat een medewerker telkens vier sets assembleert alvorens deze te verpakken.

##### Wachten op sterilisatie:

Voor het wachten van verpakte MHM op laadrekken bij de autoclaven zijn er meerdere redenen:

- De sterilisatie gebeurt batchgewijs, dus MHM moeten wachten totdat twee laadrekken vol zijn. Dit effect wordt versterkt door het feit dat er een onderscheid gemaakt wordt tussen MHM die op 121° C en MHM die op 134 ° C worden gesteriliseerd.
- Er moet een autoclaaf beschikbaar zijn.
- Er is geen duidelijke aansturing en verantwoordelijkheid voor de belading van de autoclaven.
- Er moeten laadrekken beschikbaar zijn.

#### Wachten 'Distributie Ruimte':

- De MHM moeten na de sterilisatie wachten omdat er geen 'tuning' is tussen de belading van de autoclaven en het transport:
  - Belading sluit niet aan op vaste transporttijden.
  - Transport sluit niet aan op aanbod gesteriliseerde en verpakte MHM.

#### **Conclusie:**

Uit deze analyse komt naar voren dat wachttijden voor een groot deel kunnen worden verklaard door een gebrek aan beschikbaarheid van voldoende productiecapaciteit. Daarnaast ontstaan er wachttijden

door de afwisseling van batch- en enkelstuksgewijze activiteiten. Deze oorzaak is belangrijk, omdat dit betekent dat een deel van de wachttijden niet veranderd kan worden. Voor de machinale bewerkingen is voor de vorming van een volle charge de gemiddelde wachttijd per set berekend (zie bijlage H).

Reinigingsmachine	Autoclaaf*
3,5 min	13,75 min

**Tabel 4.16** *Gemiddelde wachttijd vorming charges*

(\* uitgaande van zes medewerkers voor assemblage van sets)

In de volgende paragraaf zal de beschikbaarheid van de resources nader worden onderzocht. Dit komt naar voren uit de berekening van de totaal generale en gefaseerde bezettingsgraad van de resources.

## 4.4 Bezettingsgraad

In deze paragraaf zal onderzocht worden in hoeverre de belasting van de resources verantwoordelijk is voor het ontstaan van wachttijden. Hiervoor zal de bezetting van de resources voor iedere afzonderlijke activiteit worden berekend. Omdat tijdens observaties geconstateerd is dat rustige en drukke momenten elkaar afwisselen, zal naast een totaal generale bezettingsgraadberekening ook een in de tijd gefaseerde bezettingsgraadberekening worden doorgevoerd.

### 4.4.1 Totaal generale bezettingsgraad

Om de bezettingsgraad van de verschillende resources op basis van het werkaanbod aan verontreinigde MHM en bovengenoemde bewerkingstijden te kunnen berekenen, moet de netto productietijd per resource berekend worden. De netto productietijd is de tijd die een resource ingezet kan worden voor productie.

Machines zijn in feite de gehele productiedag van 16 uur inzetbaar. Er gaat geen omstel- of insteltijd verloren. Wel kan het voorkomen dat een machine onderhouden moet worden of dat er een storing optreedt. De periodieke onderhoudsbeurten zijn voor elk machinetype in onderstaande tabel weergegeven<sup>31</sup>.

	Tact	Batch	Autoclaaf
# Onderhoudsbeurten per jaar	1	1	1
# Dagen onderhoud per keer	8	3	4
# Dagen onderhoud per jaar	8	3	4
<b>Percentage dagen onderhoud/productiedagen*</b>	<b>3,1%</b>	<b>1,2%</b>	<b>1,5%</b>

**Tabel 4.17** *Onderhoud per machinetype (\*260 productiedagen per jaar)*

Uiteraard worden machines van hetzelfde type niet tegelijk onderhouden, zodat er normaliter minimaal een tactmachine, twee batchmachines en vier autoclaven beschikbaar zijn.

De tijd waarop machines door storingen onverwachts niet beschikbaar zijn gedurende productie-uren kan worden berekend met behulp van de database *Ultimo*, waarin alle reparaties zijn beschreven. Op basis van de cijfers van het jaar 2006 zijn de reparatietijden per machinetype berekend (tabel 4.18).

	Tact	Batch	Autoclaaf
Gemiddelde tijd/reparatie	2,6	1,8	2,1
Gemiddelde # reparaties/ maand	3,6	0,6	1,5
Gemiddelde reparatietijd per maand	9,5	1,0	3,3
<b>Percentage uren reparatie/productie-uren*</b>	<b>2,7%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,9%</b>

Tabel 4.18 *Reparatietijden per machine-type (\*347 productie-uren per maand)*

Wanneer men uitgaat van deze uitval van de machines door storingen en onderhoud resteert gemiddeld de volgende netto productietijd per machine:

	Machines		
	Tact	Batch	Autoclaaf
<b>Netto</b>	<b>15:04</b>	<b>15:46</b>	<b>15:36</b>

Tabel 4.19 *Netto productietijd per machine (per dag)*

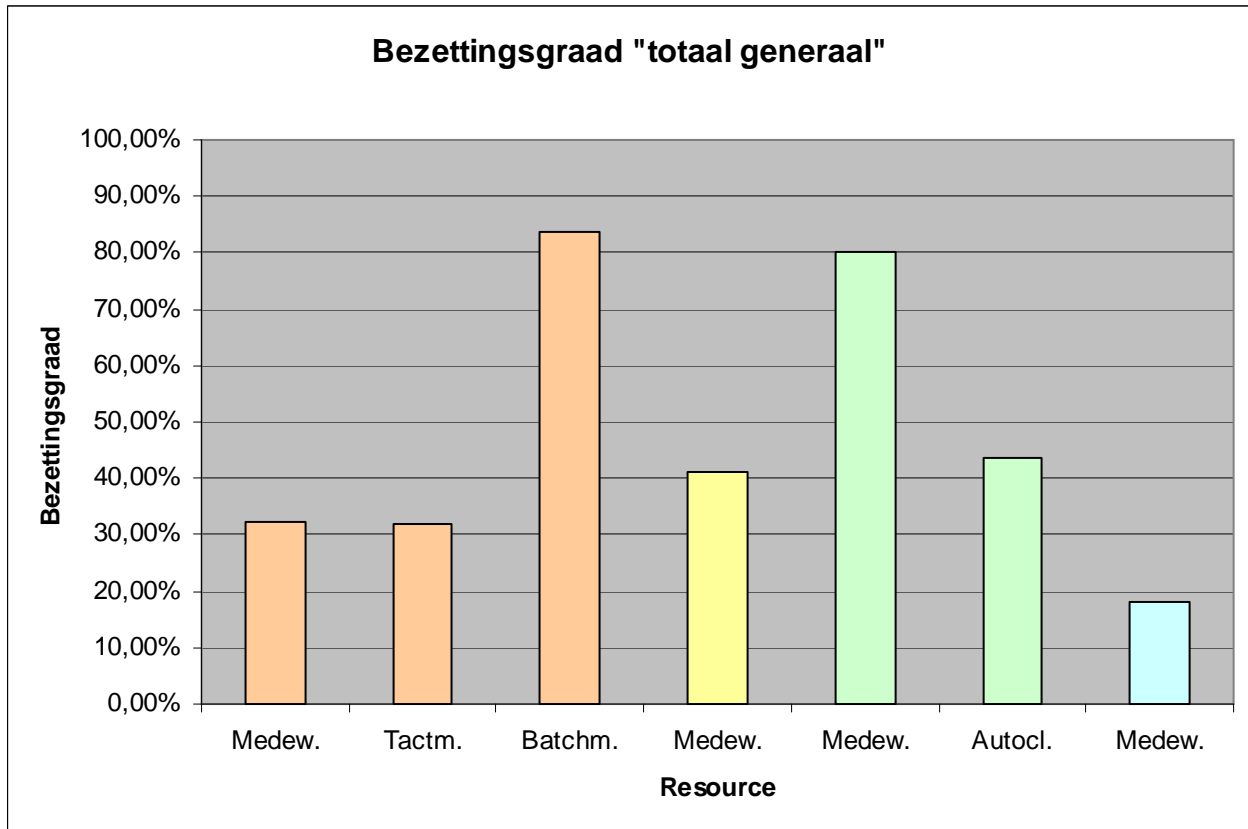
In tegenstelling tot machines mogen medewerkers gedurende een shift niet non-stop werkzaam zijn. Naast een lunchpauze van 30 minuten buiten werktijd hebben medewerkers recht op twee koffiepauzes van 15 minuten binnen reguliere werktijd. Door deze pauzes zijn medewerkers maximaal 7 uur en 30 minuten per shift in productie. Zoals in paragraaf 3.4.2 beschreven, worden elf tot veertien medewerkers per shift gepland. Pas als er door ziekte minder dan tien medewerkers aanwezig zijn, wordt er voor vervanging gezorgd. Dit betekent dat het aantal medewerkers per shift varieert afhankelijk van de roostering en ziekte. Door van een minimale bezetting van tien medewerkers per shift uit te gaan hoeft er met het ziekteverzuim van de medewerkers geen rekening te worden gehouden.

Op basis van deze netto productietijden is de totaal generale bezettingsgraad per resource berekend. Hierbij wordt een gelijkmatig werkaanbod ondersteld, zodat de bezettingsgraad van de resources over de gehele dag constant is. Het benodigde aantal productie-uren van de medewerkers is berekend op basis van de gemiddelde bewerkingstijd per MHM en het gemiddelde aanbod aan verontreinigde MHM voor sterilisatie (beladingslijsten van januari 2006). Naast de hier berekende tijd voor de doorvoer van kernactiviteiten voeren medewerkers in de ruimten 'Desinfectie Vuil', 'Desinfectie Schoon' en de 'Distributie Ruimte' andere activiteiten door, zoals de handmatige reiniging, het verpakken van desinfectiemateriaal, het verplaatsen van karren etc. Deze activiteiten zijn niet in de berekeningen opgenomen. De productie-uren van de machines zijn berekend op basis van het aantal charges per dag (gegevens van de eerste zes maanden van 2006) en de gemiddelde doorlooptijd per charge.

Aard resource	Des. Vuil			Des. Schoon	Assemblage		Distr.
	Medew.	Tactm.	Batchm.	Medew.	Medew.	Autocl.	Medew.
<b>Aantal entiteiten</b>	1,5	2	3	1	6,5	5	1
<b>Beschikbare tijd [# uur]</b>	22,50	32,00	48,00	15,00	97,5	80	15,00
<b>Benodigde tijd [# uur]</b>	7,24	10,16	40,09	6,18	78,14	34,99	2,69
<b>Bezettingsgraad</b>	<b>32,16%</b>	<b>31,74%</b>	<b>83,53%</b>	<b>41,17%</b>	<b>80,14%</b>	<b>43,74%</b>	<b>17,94%</b>

Tabel 4.20 *Totaal generale bezettingsgraad*

De bezettingsgraad per resource in tabel 4.20 is in onderstaande figuur grafisch weergegeven.



*Figuur 4.4 Totaal generale bezettingsgraad*

### **Conclusie:**

Op basis van deze grafiek wordt het volgende duidelijk:

- De bezettingsgraden voor de verschillende resources liggen bijna allemaal onder de 50%. De batchmachines hebben een uitzonderlijk hoge bezettingsgraad van bijna 90% en de medewerkers in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' zijn meer dan 110% van de productietijd bezet. Hieruit valt af te lezen dat er wachttijden zullen ontstaan voor de batchmachines en in de buffer voor de assemblage. Omdat de batchmachines naast de tactmachines slechts voor een deel van de reiniging verantwoordelijk zijn, vormen deze geen bottleneck van het gehele proces. De assemblage en inpak werkzaamheden moeten echter op alle MHM toegepast worden, zodat dit de doorslaggevende capaciteitsrestrictie is.
- Er is grote variatie in de belasting van dezelfde resource 'medewerker' in de verschillende ruimten. Omdat alle medewerkers over dezelfde opleiding beschikken en dus variabel inzetbaar zijn, zou men deze onbalans niet verwachten.
- De bezettingsgraad van de resources aan het einde van het proces, de autoclaven en de medewerker in de 'Distributie Ruimte' liggen ruim onder de 50%. Dit doet vermoeden dat de lange wachttijden aan het einde van het proces niet ontstaan door overbelasting van de resources.
- Er blijkt niet alleen een grote variatie te zijn tussen de belasting van elkaar opvolgende resources, maar ook van resources die voor dezelfde processtap verantwoordelijk zijn (tactmachines en

batchmachines). Om dit nader te onderzoeken zal in de volgende paragraaf 4.5 worden ingegaan op de verschillende stromen in het primaire proces.

#### **4.4.2 Gefaseerde bezettingsgraadberekening**

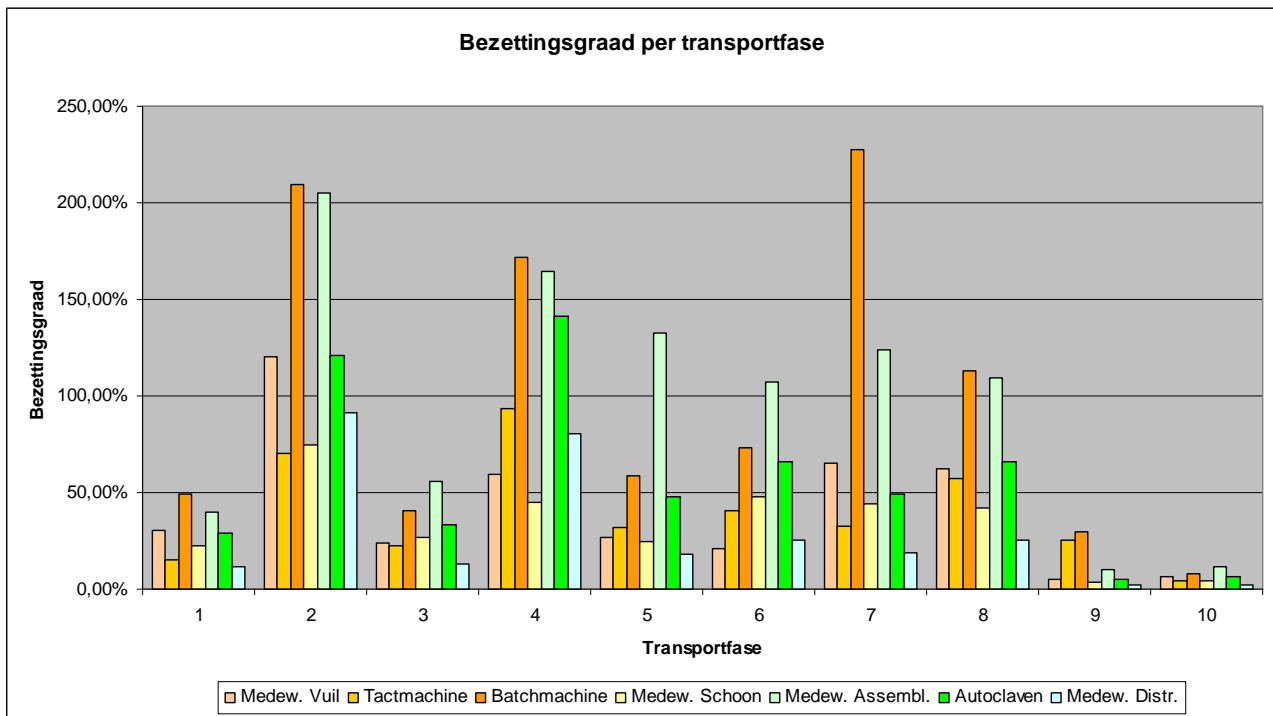
Doordat het productieproces afhankelijk is van het aanbod aan verontreinigde MHM zal de bezettingsgraad van de resources echter niet gelijkmatig over de dag verdeeld zijn. Om te onderzoeken in hoeverre de belasting van resources tot het ontstaan van wachttijden leidt, is het zinvol om het verloop van de bezettingsgraad gedurende de dag te berekenen. Om dit verloop in kaart te kunnen brengen wordt de bezettingsgraad per resource berekend onder de aanname dat het aanbod van een transportrit vóór de volgende transportrit verwerkt is. Hierbij wordt rekening gehouden met het gegeven dat de doorstroom van MHM door het proces tijd in beslag neemt. Het aankomstmoment van MHM wordt voor iedere ruimte berekend op basis van de doorlooptijden in tabel 4.7 en 4.15.

Het gemiddelde aantal MHM per dag is berekend op basis van de beladingslijsten van de autoclaven. Dit zijn MHM die het gehele proces doorlopen. Daarnaast zijn er ook MHM die alleen gedesinfecteerd worden. Dit wordt desinfectiemateriaal genoemd en wordt gevormd door los materiaal dat bij de anesthesie gebruikt wordt. Omdat deze materialen in de hoog bezette batchmachines gereinigd en gedesinfecteerd worden, is dit aantal eveneens berekend. Bij deze berekening is uitgegaan van een gemiddeld aantal MHM per operatieve ingreep. Voor de verdeling van het aantal MHM over de verschillende transportritten per dag is gebruik gemaakt van de operatieplanning in OKplus.

Bij de bestudering van de gefaseerde bezettingsgraad in onderstaande grafiek zijn een tweetal opmerkingen van belang:

- De verschillende fasen verschillen in duur omdat de tijd tussen twee transportritten gedurende de dag varieert.
- Bij de berekening van de beschikbare capaciteit is geen rekening gehouden met ziekte en storingen. Wel zijn de pauzes van de medewerkers in de berekeningen opgenomen.

De bezettingsgraad van de verschillende resources is voor elk van de tien aankomstmomenten in figuur 4.5 weergegeven.



**Figuur 4.5 Gefaseerde bezettingsgraad**

Om deze grafiek te kunnen lezen is in onderstaande tabel weergegeven hoeveel tijd er voor elke fase beschikbaar is en hoe laat elk transportmoment gemiddeld in een ruimte aankomt (tabel 4.21)

Transportfase	Tijd [mm]	Des. Vuil	Des. Schoon	Assembl.	Distr.
1	210	7:30-11:00	9:12-12:42	9:43-13:13	15:34-19:04
2	60	11:00-12:00	12:42-13:42	13:13-14:13	19:04-20:04
3	75	12:00-13:15	13:42-14:57	14:13-15:28	20:04-21:19
4	45	13:15-14:00	14:57-15:42	15:28-16:13	21:19-22:04
5	60	14:00-15:00	15:42-16:42	16:13-17:13	22:04-23:04
6	105	15:00-16:45	16:42-18:27	17:13-18:58	23:04-0:49
7	105	16:45-18:30	18:27-20:12	18:58-20:43	0:49-2:34
8	60	18:30-19:30	20:12-21:12	20:43-21:43	2:34-3:34
9	135	19:30-21:45	21:12-23:27	21:43-23:58	3:34-5:49
10	105	21:45-23:30	23:27-01:12	23:58-1:43	5:49-7:34

**Tabel 4.21 Overzicht transportfasen**

**Conclusie:**

Op basis van deze berekening van de gefaseerde bezettingsgraad zijn de volgende inzichten gewonnen:

- De belasting van de resources varieert gedurende de dag:
  - Enerzijds wisselen drukke en rustige momenten elkaar af (wisselende bezettingsgraad van de resources per transportfase).
  - Anderzijds wordt zichtbaar dat de werkdruk tegen de middag toeneemt om na een piek in de vierde transportfase weer af te nemen.

Dit doet vermoeden dat de productiecapaciteit niet optimaal op het werkaanbod afgestemd is. Omdat op rustige momenten door gebrek aan werkaanbod de aanwezige productiecapaciteit verloren gaat is deze situatie bijzonder onwenselijk. De afstemming tussen productiecapaciteit en werkaanbod zal in paragraaf 4.6.1 nader worden onderzocht.



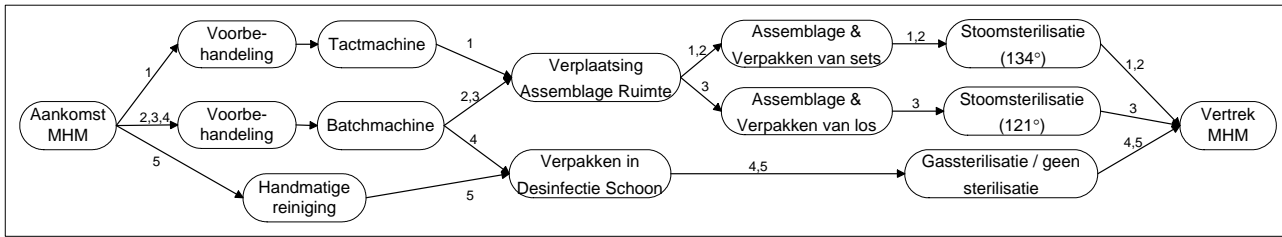
- Rekening houdend met de aankomsttijden van de transportfasen per ruimte in tabel 4.22, wordt duidelijk dat het aankomstpatroon de bezetting van de resources tot diep in het proces bepaalt. Dit betekent dat er bij de roostering van de medewerkers rekening moet worden gehouden met een verschoven werkaanbod per ruimte.
- In de ruimte 'Desinfectie Vuil' hebben zowel de medewerker als de batchmachines gedurende een aantal transportfasen een hoge bezettingsgraad. Dit heeft tot gevolg dat er gedurende deze fasen lange wachttijden op voorbehandeling en op reiniging in de batchmachines ontstaan.
- De medewerkers in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' worden gedurende vijf van de tien transportfasen meer dan 100% belast. Dit zal leiden tot het ontstaan van wachttijden voor de assemblage.
- De lange wachttijden aan het einde van het primaire proces kunnen niet worden verklaard door de overbelasting van de autoclaven of de medewerker in de 'Distributie Ruimte'.

#### **4.5 Stromen door het primaire proces**

Zoals uit de stroomschema's van hoofdstuk 3 naar voren komt, kunnen MHM op verschillende manieren door het primaire proces stromen. Zo zijn er bij de reiniging en desinfectie drie verschillende behandelingen mogelijk: de machinale reiniging in de tactmachine, de machinale reiniging in de batchmachine en de handmatige reiniging. In de 'Assemblage & Inpak Ruimte' wordt een stroom voor sets en een stroom voor los materiaal onderscheiden. Bij de sterilisatie kunnen vier mogelijkheden worden onderscheiden: de stoomsterilisatie bij 121 ° C, de stoomsterilisatie bij 134 ° C, de gassterilisatie en het niet steriliseren. Bovendien is het mogelijk dat MHM terug worden gestuurd naar de voorafgaande processtap.

Om een beeld te kunnen vormen van de belasting van de resources zal getracht worden met behulp van observaties, interviews en beladingslijsten de belangrijkste stromen (combinaties van activiteiten) te onderscheiden. Interne recalls komen zo goed als niet voor zodat deze niet als afzonderlijke routes zullen worden beschouwd. Uit de interviews met de medewerkers is gebleken dat alle MHM die bestendig zijn tegen een machinale reiniging in de tactmachine ook met stoom gesteriliseerd kunnen worden. Een combinatie van deze reinigingsmethode met gassterilisatie of geen sterilisatie komt niet voor. In de batchmachine worden MHM gereinigd en gedesinfecteerd voor zowel stoom-, gas- en geen sterilisatie. Van de MHM die met de hand gereinigd en gedesinfecteerd worden is meer dan 70% te gevoelig voor stoomsterilisatie. Gezien slechts een zeer klein percentage van de totale stroom MHM met de hand gereinigd wordt (minder dan 3%, zie bijlage I), kan de stroom MHM voor handmatige reiniging en stoomsterilisatie verwaarloosd worden.

Wat de sterilisatie in de autoclaven betreft blijkt dat minder dan 3% van alle sets op 121 ° C en eveneens minder dan 3% van het losse materiaal op 134 ° C wordt gesteriliseerd. Om deze reden wordt in het kader van dit onderzoek aangenomen dat sets op 134 ° C worden gesteriliseerd en los materiaal op 121 ° C. Op basis van deze redeneringen kunnen de volgende vijf stromen worden onderscheiden, zoals weergegeven in figuur 4.6.



**Figuur 4.6** Belangrijkste stromen van het primaire proces

**Conclusie:**

Deze figuur met de vijf belangrijkste stromen door het primaire proces maakt een aantal verschillende karakteristieken van het primaire proces duidelijk:

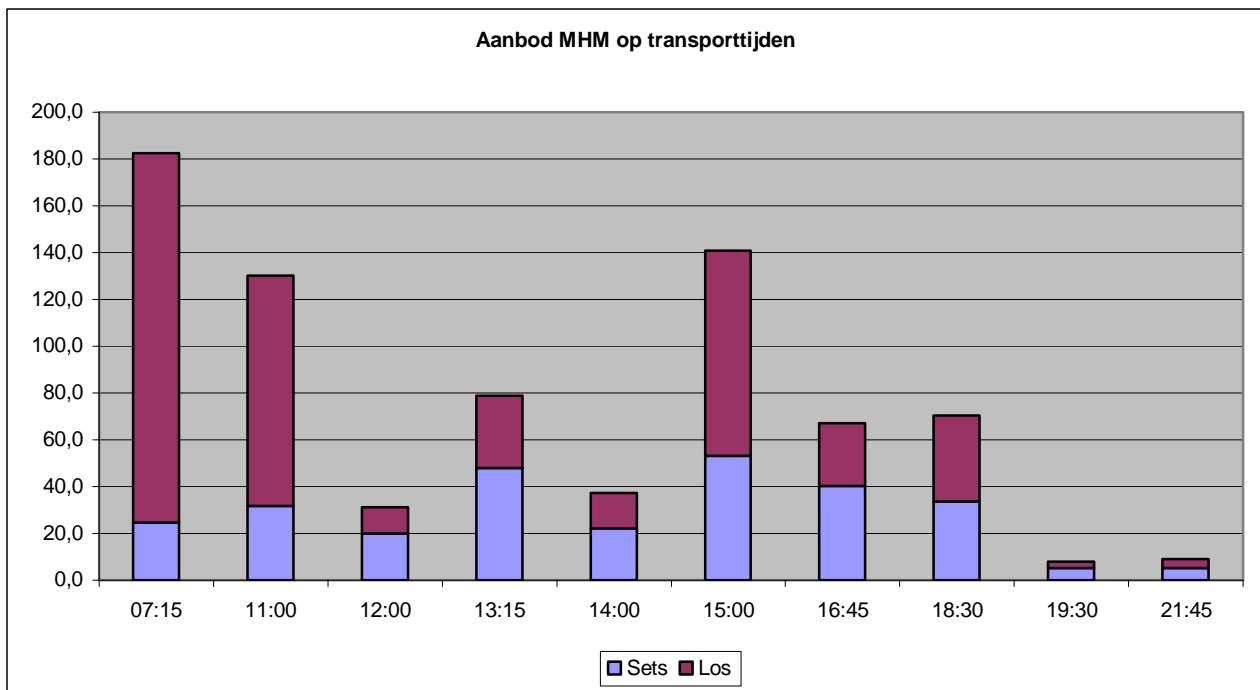
- Het primaire proces heeft twee belangrijke splitsingen, een voor de reiniging en een voor de assemblage. Dit heeft een tweetal belangrijke gevolgen:
  - De complexiteit neemt toe, medewerkers moeten bij elke splitsing een keuze maken.
  - Het duurt langer voordat laadrekken vol beladen zijn. Dit speelt voornamelijk een rol bij de belading van de laadrekken voor de sterilisatie op 121 ° C, omdat deze alleen met los materiaal beladen worden, waarvan er gemiddeld 50 in charge geplaatst worden.
- De batchmachines worden beladen met MHM van drie verschillende stromingen. Dit betekent dat de MHM heel divers zijn, wat nadelige gevolgen heeft voor een efficiënte belading van de laadrekken.
- Bij de beoordeling van de doorlooptijd van een MHM moet rekening worden gehouden met de route die dit MHM door het primaire proces aflegt, omdat dit de bewerkings- en wachttijden beïnvloedt.

**4.6 Aanbod verontreinigde MHM op de CSA**

Op basis van het verloop van de bezettingsgraad van de resources gedurende de dag wordt vermoed dat het verloop van het werkaanbod en de productiecapaciteit niet op elkaar zijn afgestemd. In deze paragraaf zal dit eerst worden getoetst door het gemiddelde aanbod aan sets en los materiaal per transportrit te vergelijken met het verloop van de aanwezige productiecapaciteit. Vervolgens zal dieper worden ingegaan op het aanbod aan MHM op de CSA in totaal en per klant.

**4.6.1 Afstemming werkaanbod en productiecapaciteit**

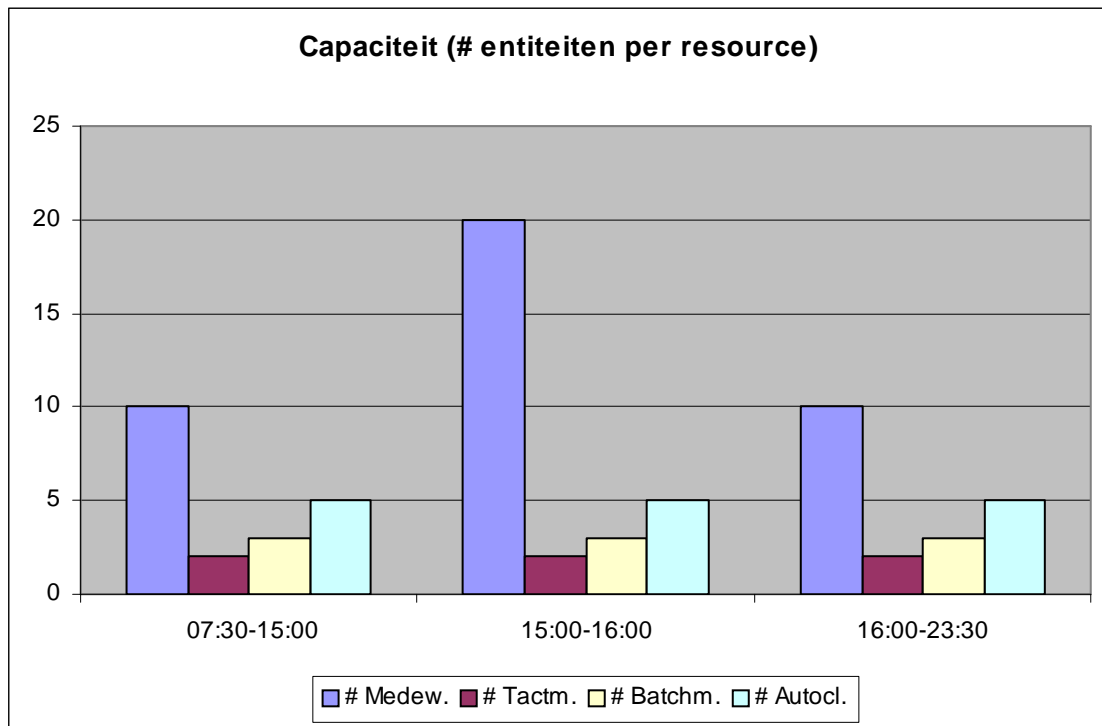
Op basis van het transportrooster is het gemiddelde aanbod aan verontreinigde MHM per transporttijd berekend. In onderstaande grafiek is dit aanbod weergegeven met een onderverdeling in sets en los materiaal.



*Figuur 4.7 Aanbod MHM op transporttijden*

Het valt op dat het aanbod per transportrit zowel in volume als ook in samenstelling zeer variabel is. De twee transportritten met het meeste aanbod (7:15 en 15:00 uur) resulteren niet in de drukste fasen op de CSA (zie gefaseerde bezettingsgraad figuur 4.5). De reden hiervoor is tweeledig. Enerzijds is voor deze fasen het interval tot de volgens transportrit langer en is er daardoor meer tijd beschikbaar. Anderzijds wordt bij deze ritten verhoudingsgewijs veel los materiaal geleverd. Uit de berekening van de bewerkingstijd per MHM in tabel 4.14 is gebleken, dat per set meer bewerkingstijd wordt besteed dan per los materiaal. Om deze twee redenen resulteren het aanbod om 11:00 en om 13:15 uur in de drukste fasen op de CSA.

De productiecapaciteit per resource wordt bepaald door het aantal entiteiten dat ter beschikking staat. Voor machines is dit gedurende de hele dag constant. Bij medewerkers is dit afhankelijk van het aantal dat op een dag ingeroosterd staat en de werktijden. Bij de bepaling van de benodigde productiecapaciteit is conform de bouwmaatstaven uitgegaan van minimaal 1,3 keer het gemiddelde werkaanbod. Dit gemiddelde werkaanbod is bepaald op jaarbasis. De productiecapaciteit aan machines zou zodoende in ieder geval moeten volstaan voor productie. Bij de medewerkers wordt dagelijks eveneens genoeg productiecapaciteit gepland. Doordat er echter productiecapaciteit op rustige momenten verloren gaat, is het mogelijk dat er netto te weinig capaciteit beschikbaar is. De werktijden van de medewerkers zijn hiervoor van belang. Op dit moment worden twee shifts met vaste werktijden gehanteerd. De werktijden van de eerste shift komen overeen met de werktijden op het OC, wat terug te voeren is op het feit dat CSA vroeger een onderdeel vormde van het OC. De tweede shift begint om 15:00 uur zodat beide shifts een uur overlap hebben. Rekening houdend met deze werktijden kan de productiecapaciteit in aantal eenheden per resource op de volgende manier grafisch worden weergegeven.



**Figuur 4.8** Productiecapaciteit [#entiteiten per resource]

Figuur 4.8 maakt duidelijk dat de productiecapaciteit gedurende de dag weinig variaties kent. Enige uitzondering is de overlap van shifts tussen 15:00 en 16:00 uur, waardoor er dubbel zoveel medewerkers aanwezig zijn. De productiecapaciteit aan medewerkers is gedurende dit uur feitelijk niet verdubbeld, omdat het aantal medewerkers groter is dan het aantal werkplekken.

### **Conclusie:**

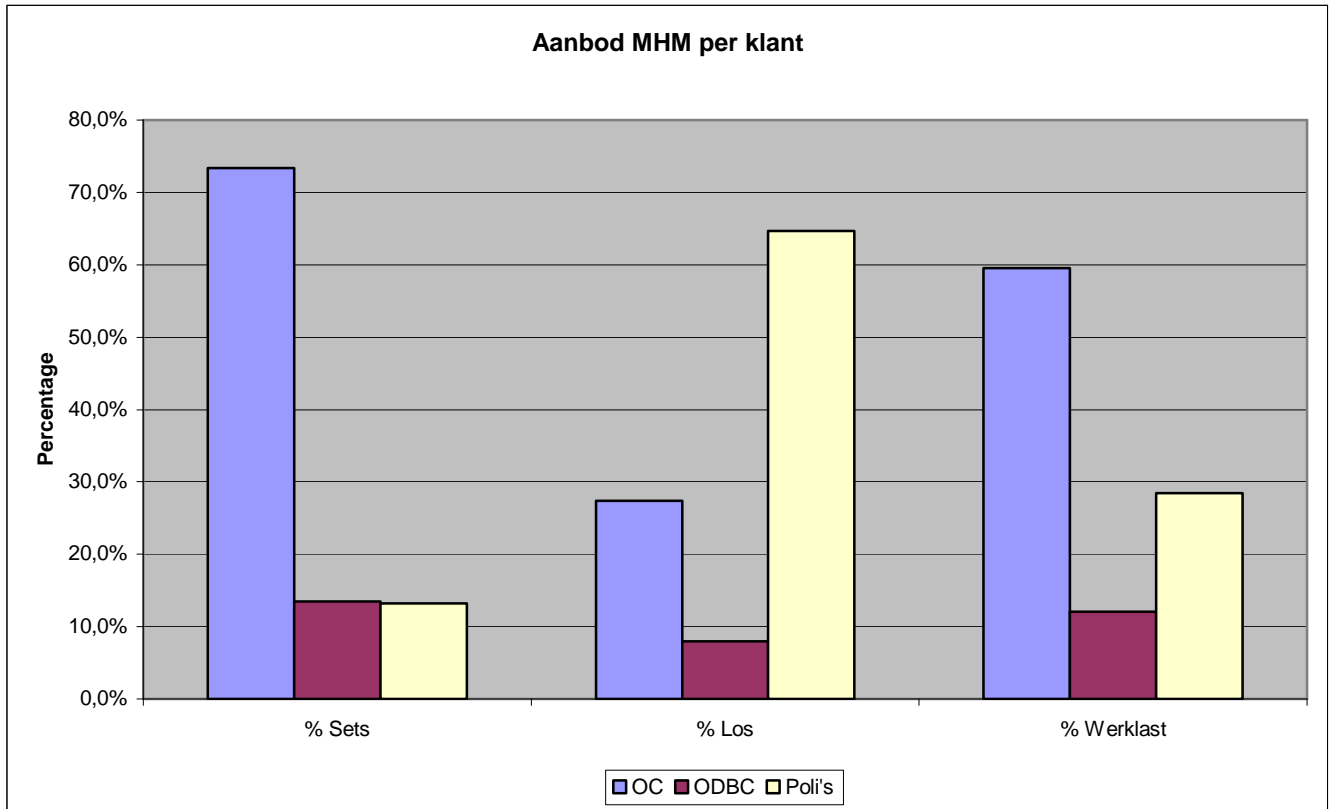
Door de grafieken van het werkaanbod en de productiecapaciteit met elkaar te vergelijken valt op, dat deze zoals eerder verwacht niet op elkaar aansluiten. Het gemiddelde aanbod varieert sterk tussen transportritten, terwijl de aanwezige productiecapaciteit vaststaat. Ook het piekmoment van aanwezige sterilisatiemedewerkers bij de overgang van de shifts sluit niet aan bij het piekmoment van aanbod aan MHM om 13:15 uur. Bovendien werken er tijdens dit piekmoment meer medewerkers dan er werkplekken ter beschikking staan (maximaal 17, zie paragraaf 3.2.3).

Omdat onbenutte productiecapaciteit verloren gaat, is het zaak te onderzoeken in hoeverre werkaanbod en productiecapaciteit beter op elkaar afgestemd kunnen worden. Hierbij rijst de vraag in hoeverre aanbod en capaciteit flexibel zijn. De enige flexibiliteit met betrekking tot de productiecapaciteit ligt in de roostering van de medewerkers. De mogelijkheden om het aanbod aan MHM aan te passen zal in de volgende paragraaf onderzocht worden.

### **4.6.2 Aanbod verontreinigde MHM (totaal)**

Het primaire proces van de CSA is een dienstverlening aan klanten en maakt deel uit van een kringloop van MHM door het UMCG. Het aanbod aan verontreinigde MHM op de CSA wordt bepaald door het gebruik van MHM bij de klanten en het transport tussen klant en CSA. Op basis van het gebruik van MHM kan een onderscheid worden gemaakt tussen drie verschillende typen klanten; het OC, het

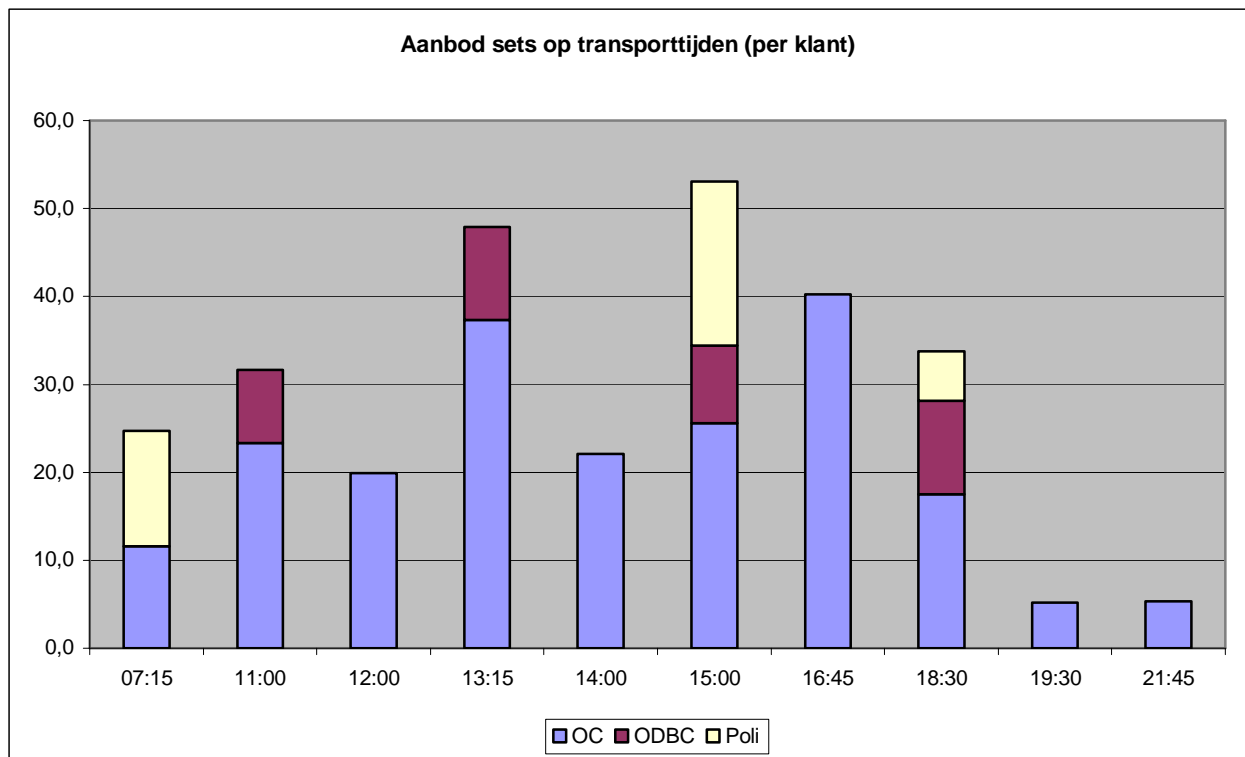
ODBC en de Poli's. Het aanbod aan MHM per klant is op basis van de beladingslijst in januari 2006 berekend en in volgende grafiek weergegeven. Voor de berekening van de werklust is rekening gehouden met de specifieke onderverdeling van sets en los materiaal over de verschillende klassen per klant.



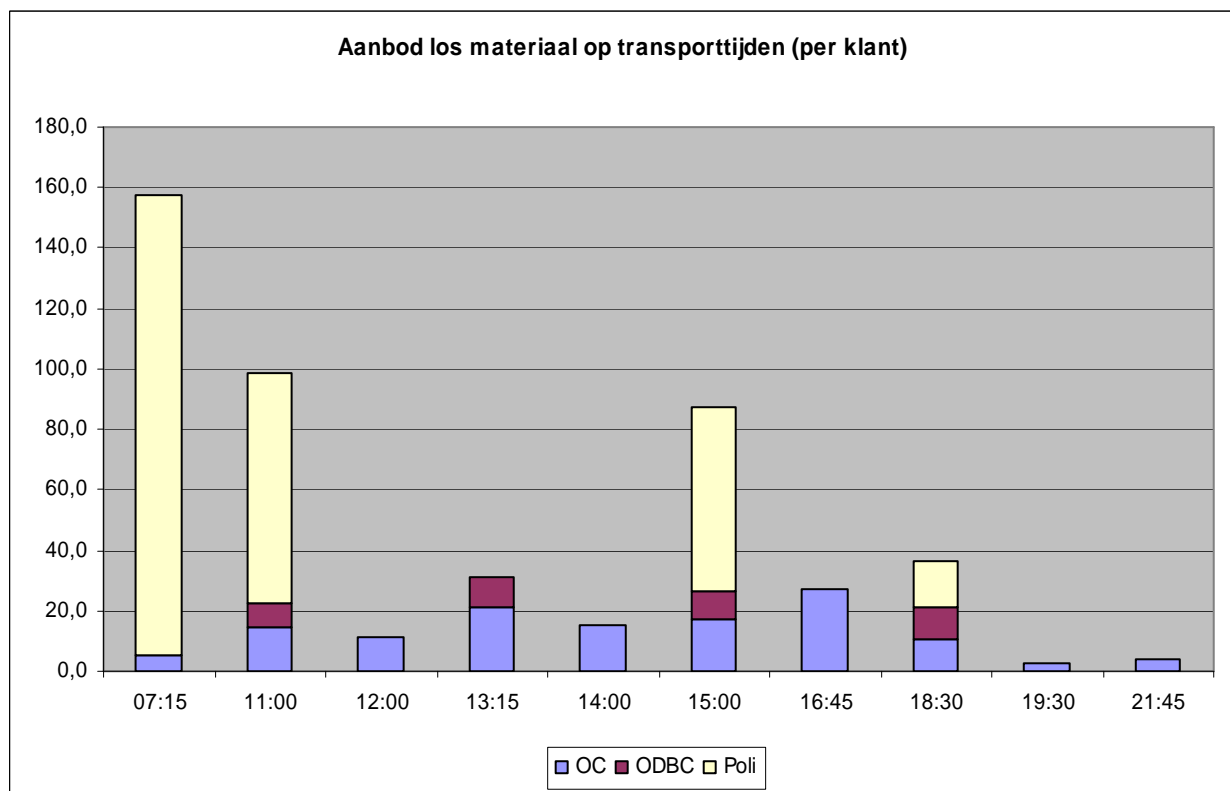
*Figuur 4.9 Aanbod MHM per klant*

Deze grafiek laat zien dat het OC meer dan 70% van alle verontreinigde sets aanbiedt en de overige sets gelijkmatig over het ODBC en de Poli's verdeeld zijn. Bij het losse materiaal zijn de Poli's goed voor meer dan 60% van het totale aanbod en heeft het ODBC maar een zeer klein percentage van rond 7%. Dit aanbod aan verontreinigde MHM is tot slot vertaald in vraag naar productie-uren in het meest rechtse deel van bovenstaande figuur. Door het verschil in werklust tussen sets en los materiaal blijkt het OC verantwoordelijk te zijn voor meer dan 50% van de totale werklust op de CSA.

Deze onderverdeling van MHM tussen de verschillende klanten kan ook gemaakt worden voor het aanbod aan MHM per transporttijdstop, zoals in onderstaande grafieken voor sets en los materiaal.



*Figuur 4.10 Aanbod sets op transporttijden*



*Figuur 4.11 Aanbod los materiaal op transporttijden*

Bij deze grafieken dient te worden vermeld dat ervan wordt uitgegaan dat MHM correct volgens het transportrooster worden getransporteerd. In de praktijk blijkt dat veel MHM na 16:00 uur langer bij de klant blijven liggen, waardoor deze pas later naar de CSA kunnen worden getransporteerd.

## **Conclusie:**

Door de onderverdeling van het aanbod aan MHM over de verschillende klanten wordt een aantal karakteristieken van het transport inzichtelijk:

- De pieken in het aanbod ontstaan, doordat transportritten van verschillende klanten elkaar overlappen.
- De pieken van het OC om 13:15 en 16:45 uur lijken tot stand te komen, doordat de voorafgaande transportfase telkens langer is dan een uur.
- Voor het grote aanbod aan los materiaal om 7:15 uur zijn de Poli's verantwoordelijk.
- Het aanbod aan sets en los materiaal van het ODBC is gelijkmatig over de verschillende ritten verdeeld.

Om te onderzoeken in hoeverre deze onderverdeling van het aanbod aan MHM tot stand komt, zal het aanbod per klant in de volgende paragraaf in kaart worden gebracht.

### **4.6.3 Aanbod verontreinigde MHM (per klant)**

In deze paragraaf wordt het aanbod aan verontreinigde MHM per klant onderzocht. Dit aanbod aan MHM op de CSA vloeit voort uit gebruik van MHM bij de klant en het transport van MHM tussen klant en CSA.

Het gebruik van MHM bij het OC en het ODBC zal worden geïllustreerd aan de hand van het OC. Het gebruik van MHM op de Poli's blijkt tussen de verschillende specialisaties sterk te verschillen. Bovendien worden MHM voornamelijk voor uiteenlopende inspecties en voor kleinere ingrepen gebruikt, waardoor het lastig is het gebruik exact in kaart te brengen. In het kader van dit onderzoek is er mee volstaan om het aanbod aan MHM van de Poli's gedurende een week bij te houden.

Het transport van MHM tussen klanten en CSA zal voor alle klanten gezamenlijk worden besproken.

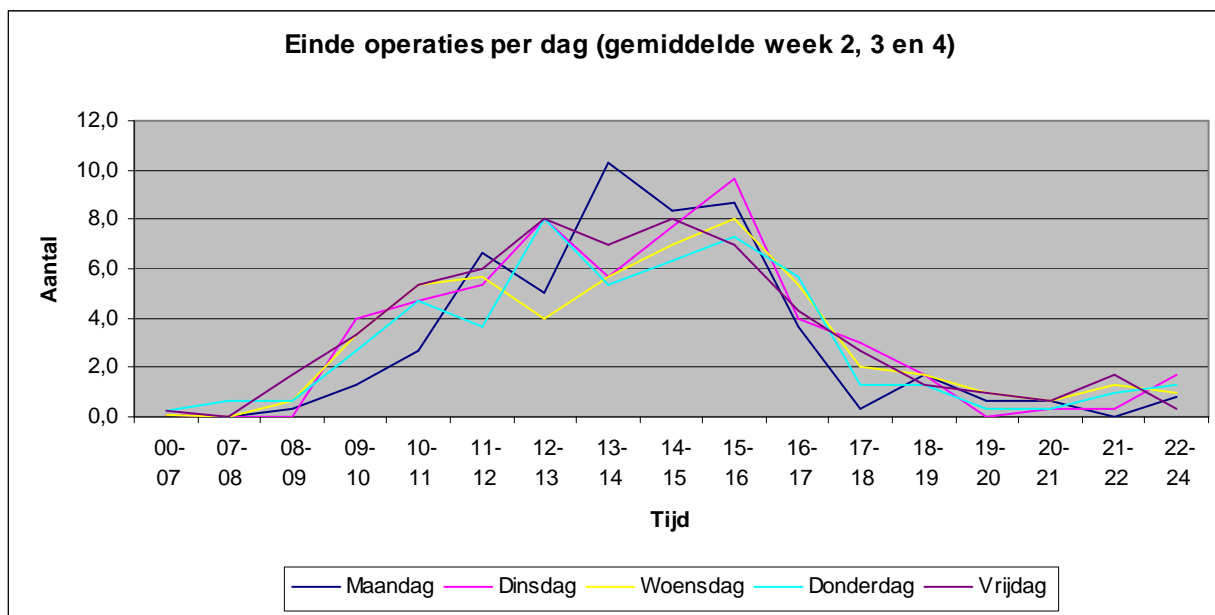
#### Gebruik MHM op het OC:

Op basis van verschillende gesprekken met bedrijfsvoerenden op het OC <sup>32</sup> kunnen een aantal belangrijke karakteristieken van operatieve ingrepen beschreven worden:

- Operaties worden gepland tussen 8:00 en 16:00 uur.
- Een dag van tevoren staat om 14:00 uur de operatieplanning definitief vast. Bij normale productie worden 19 operatiekamers (OK's) ingeroosterd. Daarnaast zijn er drie OK's, waarop operaties op de dag zelf met urgentie, met spoed of acuut ingeroosterd kunnen worden.
- Er wordt naar gestreefd langdurige operaties zoveel mogelijk 's ochtends in te plannen.
- Bij de operatieplanning staan de patiënt en het operatieteam centraal. Er wordt van uitgegaan dat de benodigde MHM beschikbaar zijn.
- Het actuele verloop van operaties wordt bijgehouden en kan op een zogenaamd 'schipholbord' worden weergegeven.

Om een beeld te kunnen vormen van de activiteiten op het OC is gedurende een maand het aantal operatieve ingrepen dat per uur eindigt berekend. Samen met de opdrachtgever is januari 2006 als representatieve maand gekozen, omdat in deze maand zowel een reductieweek als ook drie reguliere

weken hebben plaatsgevonden. Voor de drie reguliere weken is de activiteit op het OC in de volgende grafiek weergegeven.



**Figuur 4.12** Aantal operatieve ingrepen dat per uur eindigt op het OC

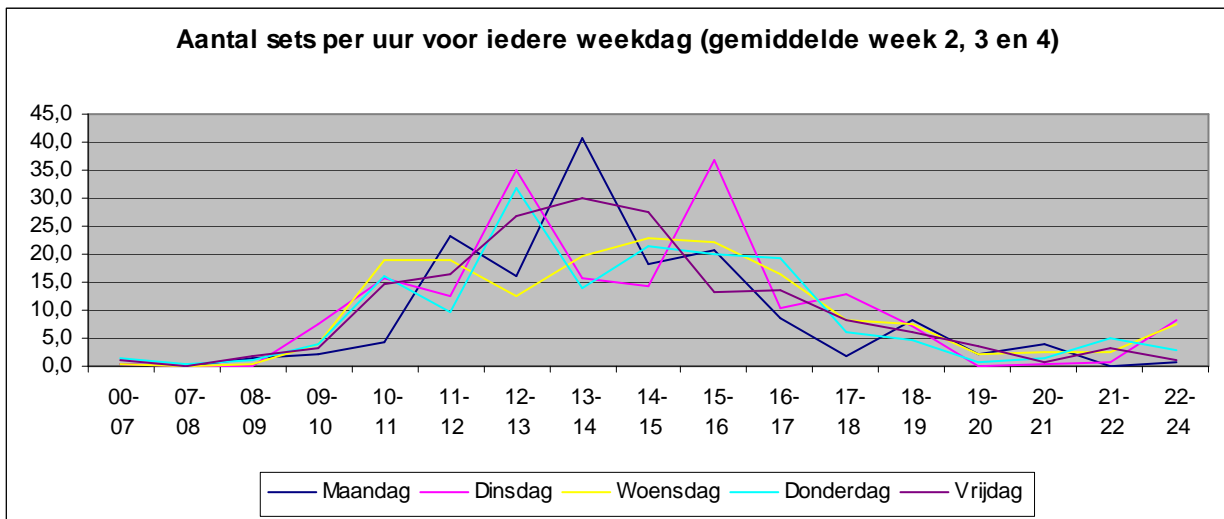
Uit deze grafiek wordt duidelijk dat het aantal operatieve ingrepen dat per uur eindigt gedurende een dag en op hetzelfde tijdstip tussen verschillende dagen zeer variabel is. Tegelijkertijd is een dagelijkse piek tussen 12:00 en 16:00 uur zichtbaar.

Tijdens deze operatieve ingrepen worden MHM gebruikt die vervolgens aan de CSA aangeboden worden voor reiniging en sterilisatie. Over de relatie tussen operatieve ingreep en MHM zijn eveneens een aantal karakteristieken naar voren gekomen:

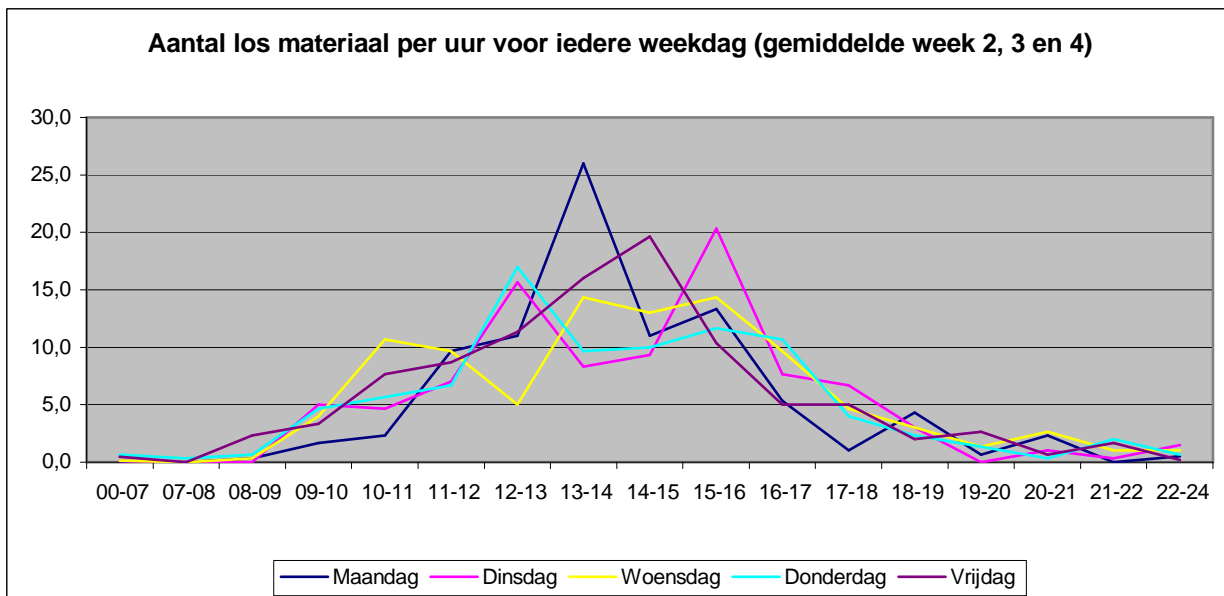
- Steriele MHM worden op basis van klaarzetboeken voor elke ingreep uit het magazijn gehaald.
- Het aantal steriele MHM is afhankelijk van de operatieve ingreep en kan variëren tussen 0 en 25 sets en tussen 0 en 11 losse materialen.
- Tijdens ingrepen kan het om verschillende redenen voorkomen dat extra MHM gebruikt worden.
- Gemiddeld worden per ingreep drie losse materialen voor anesthesie gebruikt (desinfectie materiaal).

Dit maakt duidelijk, dat het gebruik aan steriele MHM op het OC niet direct te koppelen is aan bovenstaand verloop van het aantal operatieve ingrepen dat per uur eindigt. Om deze redenen zijn de 1089 ingrepen van de maand januari met behulp van klaarzetboeken aan sets en los materiaal gekoppeld. Zodoende is het mogelijk de gebruikte MHM in kaart te brengen. Met behulp van de eindtijden van alle operatieve ingrepen is het mogelijk de uitstoot aan sets en los materiaal op het OC gedurende de maand januari te berekenen. Het gemiddelde aantal sets en los materiaal dat per uur uitgestoten is, is in onderstaande grafieken wederom voor de weken 2, 3 en 4 weergegeven.





**Figuur 4.13** Aantal sets dat per uur op OC gebruikt is (gemiddelde week 2, 3 en 4)



**Figuur 4.14** Aantal los materiaal dat per uur op OC gebruikt is (gemiddelde week 2, 3 en 4)

Zowel voor de sets als het losse materiaal is in de grafieken een grote variabiliteit herkenbaar. Dit geldt voor de verschillende weekdays en voor de verschillende uren op een dag. Daarnaast is er een duidelijke piekvorming zichtbaar met een hoogtepunt tussen 12:00 en 16:00 uur. Deze observaties zijn niet verrassend uitgaande van het verloop van het einde van de operaties in figuur 4.12. Door het koppelen van de operatieve ingrepen met de gebruikte MHM zijn de variabiliteit en piekvorming versterkt. De reden hiervoor is dat het aantal MHM dat bij een ingreep gebruikt wordt zeer variabel is. Bovendien is een relatie zichtbaar tussen het gemiddelde aantal sets en los materiaal dat bij een ingreep ingezet wordt en het tijdstip dat deze eindigt (zie tabel 4.22).

Eindtijden ingrepen	7:00-10:00	10:00-17:00	17:00-21:00	21:00-07:00
Gemiddelde # sets per ingreep	1,4	3,0	3,6	3,1
Gemiddelde # los per ingreep	0,9	1,7	2,3	1,1

**Tabel 4.22** Gemiddelde aantal sets en los materiaal per ingreep (OC)

Om te toetsen hoe goed het aanbod aan MHM vanuit het OC met behulp van de koppeling van operatieve ingrepen en klaarzetboeken benaderd kan worden, is het aantal op de CSA gesteriliseerde MHM gedurende dezelfde periode (met behulp van de beladingslijsten van de autoclaven) geteld. Hieruit blijkt dat er **25%** meer MHM gesteriliseerd zijn dan op basis van de operatieve ingrepen en klaarzetboeken berekend is. Dit heeft zowel ermee te maken dat de klaarzetboeken niet 100% accuraat zijn alsook dat er gedurende een ingreep om verschillende redenen extra MHM ingezet worden. Desalniettemin kan het verloop van het gebruik van MHM met behulp van de koppeling van operatieve ingrepen en klaarzetboeken worden geïllustreerd.

### **Conclusie:**

Deze beschrijving van het gebruik van MHM op het OC heeft een aantal belangrijke gevolgen voor de CSA:

- Het gebruik van MHM op het OC moet als een gegeven worden beschouwd. Er zijn vanuit de CSA geen mogelijkheden hierop invloed uit te oefenen.
  - Dit heeft tot gevolg dat de enige mogelijkheid om het aanbod aan MHM op de CSA aan te passen bij het transport ligt.
- Het blijkt dat de behoefte aan MHM aan de hand van de operatieplanning pas een dag van tevoren vast te staat.
  - Dit maakt het onmogelijk om bij de roostering van medewerkers met het te verwachten werkaanbod op een dag rekening te houden.
- Het gebruik van MHM varieert per uur en per dag afhankelijk van het verloop van operaties.
  - Het aanbod aan verontreinigde MHM op de CSA is variabel.
  - Het is niet bekend hoe groot het aanbod op het volgende transporttijdstip is.
- Er is een duidelijk verschil zichtbaar in het gebruik van MHM tussen 7:30-12:00 uur, 12:00-16:00 uur en 16:00-23:30 uur.
  - Hierop zou op de CSA kunnen worden geanticipeerd.

### **Transport MHM tussen klant en CSA:**

Het transport tussen de klanten en de CSA is op dit moment op de volgende manier ingericht:

- Het transporttraject is afhankelijk van het tijdstip opgedeeld in vier tot vijf verschillende deeltrajecten. Voor elk deeltraject is een andere medewerker verantwoordelijk.
- De medewerkers die voor het transport ingezet worden behoren tot verschillende organisatorische inrichtingen: Voor transport bij de klant worden Logistiek, OK-assistenten en Huishouding van desbetreffende klant ingezet en voor transport tussen klant en CSA de Faciliterende Dienst Logistiek van het UMCG.
- Voor het transport worden transportkarren ingezet, die met MHM uit maximaal twee OK's gevuld kunnen worden.
- Het OC, het ODBC en de Poli's hebben elk een spoorboekje met vaste transporttijden.
- Op deze tijden worden alle beladen karren tegelijk naar de CSA getransporteerd.

- Al het anesthesiemateriaal dat gedurende een dag gebruikt is, wordt met de laatste transportrit naar de CSA gestuurd.

### **Conclusie:**

- Deze organisatorische inrichting van het transport betekent dat de CSA geen enkele sturende bevoegdheden heeft op het transporttraject. Daar staat tegenover dat de prestaties van de CSA wat betreft de doorlooptijden gemeten worden als het tijdsverloop tussen gebruik van MHM en beschikbaarheid van deze MHM bij de klanten. Hieruit volgt dat de CSA verantwoordelijkheid draagt voor een traject wat ze zelf niet kan besturen. Dit is vanuit de BO/BS-leer een onwenselijke situatie.
- De uitbesteding van het transport aan de Faciliterende Dienst Logistiek heeft tot gevolg, dat er vanuit de CSA en de klanten geen enkel zicht is op het transport.
- Het hanteren van een vast transportrooster heeft gezien de variabiliteit van het gebruik van MHM bij de klant tot gevolg dat er batches op de CSA aankomen van sterk uiteenlopende grootte per uur. Dit heeft nadelige gevolgen voor een efficiënte benutting van de resources op de CSA.

### ***4.7 Aangrijpingspunten voor verbetering***

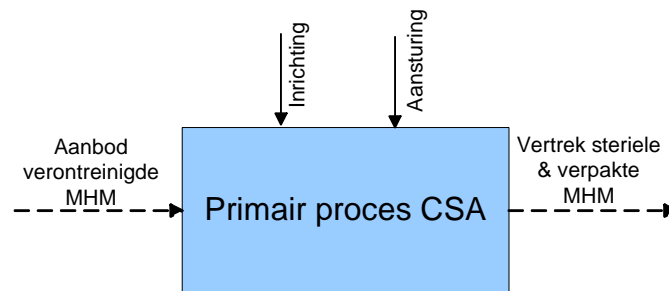
Door middel van een beknopte analyse van de productiekosten is naar voren gekomen, dat de medewerkers de duurste resource in het primaire proces zijn. Uit de berekening van de werklust per MHM is gebleken dat zowel voor sets als los materiaal de meeste tijd aan handmatige werkzaamheden besteed wordt. Dit maakt duidelijk dat een efficiënte benutting van de resource ‘sterilisatiemedewerker’ essentieel is voor een goede prestaties op het gebied van doorlooptijden en productiekosten.

Uit de analyse zijn twee karakteristieken van het primaire proces naar voren gekomen, die invloed uitoefenen op het formuleren van aangrijpingspunten voor verbetering:

1. Het primaire proces van de CSA is een dienstverlening aan de klanten en maakt deel uit van een kringloop van MHM door het UMCG. Dit betekent dat de CSA pas kan ‘produceren’ als MHM bij de klant gebruikt en naar de CSA getransporteerd zijn. Het is niet mogelijk de eigen productie te bepalen of productiecapaciteit op te slaan door extra MHM te steriliseren en te verpakken. Een gebrek aan aanbod van verontreinigde MHM heeft zodoende verlies aan productiecapaciteit tot gevolg.
2. De doorlooptijd wordt op twee manieren door de aard en samenstelling van het betreffende MHM beïnvloed:
  - a. De bewerkingstijden van de handmatige activiteiten.
  - b. De route door het primaire proces en zodoende de machinale bewerkingstijden en wachttijden op beschikbaarheid van resources.

In het vervolg van deze paragraaf zullen de belangrijkste aangrijpingspunten voor verbetering worden genoemd. Eerst zullen aangrijpingspunten worden geformuleerd die betere prestaties mogelijk maken

zonder dat het primaire proces zelf veranderd hoeft te worden. Dit zijn mogelijkheden om het aanbod en vertrek van MHM beter op de karakteristieken van het primaire proces af te stemmen. Vervolgens worden aangrijpingspunten genoemd die gericht zijn op de inrichting en aansturing van het primaire proces. Deze opbouw is in figuur 4.15 geïllustreerd.



**Figuur 4.15** Opbouw aangrijpingspunten voor verbetering

#### Aanbod verontreinigde MHM:

- MHM worden in batches van sterk variërend volume en samenstelling aangeboden. De reden hiervoor is het hanteren van een transportrooster met vaste tijden bij een sterk wisselende uitstoot aan MHM bij de klant.
- Het aanbod aan MHM heeft meerdere pieken. Hiervoor zijn twee oorzaken naar voren gekomen:
  - Transportritten van verschillende klanten overlappen elkaar.
  - De transporttijden bij het OC en de Poli's sluiten niet aan bij het verloop van het gebruik aan MHM.
- De CSA heeft geen sturende bevoegdheden op het transport, maar wordt door de klant wel beoordeeld op het tijdsverloop vanaf uitstoot van MHM bij de klant.
- De CSA heeft geen zicht op het actuele gebruik en transport van MHM, waardoor 'look ahead' niet mogelijk is.

#### Vertrek steriele MHM:

- Er wordt een vast transportrooster gehanteerd voor vertrek van MHM. De vaste tijden sluiten niet aan bij de sterk variërende doorstroom van MHM door het primaire proces.

#### Inrichting van het primaire proces:

- Er zijn niet genoeg laadrekken beschikbaar voor de belading van de autoclaven.
- Bij de machinale activiteiten zijn er splitsingen in het primaire proces, waardoor complexiteit en wachttijden toenemen.
- De drie batchmachines hebben een zeer hoge bezettingsgraad, waardoor lange wachttijden ontstaan.
- Assemblage en verpakken worden door dezelfde medewerker op een batchgewijze manier doorgevoerd, waardoor tussen deze activiteiten wachttijden ontstaan.

### Aansturing van het primaire proces:

#### *Offline aansturing van de medewerkers:*

- Roostering medewerkers sluit niet aan bij het aankomstpatroon van MHM op de CSA (roostering niet ingrijpend veranderd sinds de CSA nog onderdeel uitmaakte van het OC).
- Tussen 15:00 en 16:00 uur werken er meer medewerkers dan er werkplekken ter beschikking staan.
- De medewerkers in de assemblage ruimte hebben een zeer hoge bezettingsgraad.

#### *Online aansturing van de medewerkers:*

- Doorlooptijden en productiekosten zijn voor de medewerkers niet inzichtelijk. Daardoor is het hun niet mogelijk om bij de productie hiermee rekening te houden.
- Activiteiten van medewerkers in de verschillende ruimten zijn niet op elkaar afgestemd.
- Door foutieve belading van de batchmachines en gewoonte van de medewerker in de '*Desinfectie Schoon*' worden meer MHM in de droogkast geplaatst dan strikt noodzakelijk. De gegevens van de meting op de werkvloer laten zien dat MHM gemiddeld langer dan 20 minuten in de kast geplaatst worden.
- Lumen worden zowel in de ruimte '*Desinfectie Schoon*' als in de '*Assemblage & Inpak Ruimte*' met lucht doorgespoten.
- Er is geen duidelijke aansturing en verantwoordelijkheid voor de belading van de autoclaven.
- Er ontbreekt '*tuning*' tussen de belading van de autoclaven en de transporttijden voor vertrek.

## 5 HERONTWERP

De analyse van de doorlooptijden en bezettingsgraden op de CSA in het voorafgaande hoofdstuk resulteerde in een reeks aangrijpingspunten voor verbetering. Deze aangrijpingspunten bieden uiteenlopende mogelijkheden om het primaire proces beter te laten presteren. In dit hoofdstuk worden verschillende voorstellen voor herontwerp beschreven. Hiervoor is een indeling in drie verschillende categorieën gehanteerd die in de eerstvolgende paragraaf zal worden toegelicht.

### 5.1 Indeling mogelijkheden voor herontwerp

Op basis van de aangrijpingspunten voor verbetering in paragraaf 4.7 worden verschillende voorstellen geformuleerd voor herontwerp van het primaire proces. Omwille van het tijdsbestek van dit onderzoek is het niet mogelijk om alle voorstellen nader uit te werken. Aan de hand van de volgende categorisatie kunnen de voorstellen voor verder onderzoek met simulatie-modellering onderscheiden worden. Deze categorisatie berust op de volgende twee karakteristieken:

- de verwachte impact op de prestatie van het primaire proces,
- de verwachte kosten (financieel of weerstand op de werkvloer) om het voorstel voor herontwerp te realiseren.

In de eerste van drie categorieën vallen voorstellen die geen of minimale kosten met zich meebrengen en waarvan weinig weerstand door de medewerkers op de werkvloer wordt verwacht. Deze voorstellen kunnen zonder verder onderzoek worden aanbevolen.

In de tweede categorie vallen voorstellen, waarvan veel impact op de prestaties van het primaire proces verwacht wordt. Deze voorstellen brengen echter kosten met zich mee of ingrijpende veranderingen op de werkvloer. Om weerstand en onnodige investeringen te voorkomen is het raadzaam de verwachte gevolgen eerst nauwkeurig in kaart te brengen. Voorstellen in deze klasse zullen met behulp van simulatie-modellering nader worden onderzocht.

In de derde categorie vallen voorstellen, die op de korte termijn niet realiseerbaar zijn. Deze worden in het bestek van dit onderzoek niet nader onderzocht.

### 5.2 Voorstellen voor herontwerp

In deze paragraaf zullen verschillende voorstellen voor herontwerp worden beschreven. Elk voorstel zal van een korte toelichting met betrekking tot realisatie en gewenst effect worden voorzien.

#### 5.2.1 Categorie 1

Alle voorstellen voor herontwerp, die in deze categorie beschreven worden, kunnen zonder verder onderzoek worden aanbevolen:

##### Aanbod verontreinigde MHM:

- *Omdat de CSA geen sturende bevoegdheden heeft op het transport, is het niet zinvol om de CSA verantwoordelijk te maken voor dit deel van de recirculerende stroom MHM.*

Er zijn twee mogelijkheden om hierin verandering aan te brengen:

1. De CSA moet beoordeeld worden op de doorlooptijd binnen de CSA. Dit is de tijd tussen aankomst en vertrek van MHM op de CSA. Met behulp van *ZIS-steriel* is het mogelijk om het aankomst- en vertrekmoment van MHM en dus de interne doorlooptijd te meten. Bij het maken van afspraken met de klanten kan naast deze doorlooptijd van een normtijd van één uur voor het retour-transport worden uitgegaan.
2. De CSA neemt de besturing van het transport over.

- *Zicht op werkzaamheden op het OC*

Door een schipholbord op de CSA te installeren is het verloop van operaties op het OC zichtbaar. Dit maakt *'look ahead'* mogelijk, in de zin dat op de CSA inzichtelijk is hoe laat MHM op het OC worden uitgestoten. Hierdoor kunnen medewerkers hun werkzaamheden beter op het aanbod afstemmen en ingrijpen als er tijdens het transport iets misgaat.

#### Vertrek van steriele MHM:

- *Betere aansluiting van het vertrek van MHM op doorstroom primair proces.*

De medewerker in de 'Distributie Ruimte' zou MHM na uitstoot uit de autoclaven en belading van de karren zelf in de kelder kunnen plaatsen. In de kelder is frequent verkeer, zodat MHM nooit lang zouden moeten wachten op de volgende transportrit.

#### Inrichting van het primaire proces:

- *Aanschaf van voldoende laadrekken voor de belading van de autoclaven.*

Laadrekken zijn in verhouding tot de autoclaven goedkoop en mogen geen bottleneck vormen. Wanneer blijkt dat er door slijtage te weinig laadrekken ter beschikking staan, moeten nieuwe laadrekken worden aangeschaft.

#### Aansturing van het primaire proces:

- *Stoppen met doorspuiten van lumen door medewerkers van de 'Assemblage & Inpak Ruimte'.*

Medewerkers uit de 'Assemblage & Inpak Ruimte' mogen niet meer standaard lumen doorspuiten. Om dit mogelijk te maken is het belangrijk om vertrouwen op te bouwen tussen de medewerkers. Ook is het zinvol om de medewerker in de ruimte 'Desinfectie Schoon' mede verantwoordelijk te maken voor de kwaliteit van het product.

- *productiekosten en online informatie over doorlooptijden dienen inzichtelijk gemaakt te worden.*

Door invoer van *ZIS-steriel* zijn de doorlooptijden van alle MHM bekend. De productiekosten voor het gebruik van de machines en materialen dienen te worden berekend en bekend gemaakt. Dit maakt het voor de medewerkers mogelijk om in het proces aan te sturen op korte doorlooptijden en lage kosten.

- *Betere belading en ontlading van de batchmachines.*

Door bespreking van de werkprocedures met de medewerkers moet getracht worden de belading van de batchmachines te verbeteren en de gewoonte alle MHM uit de batchmachine te drogen af te schaffen. Hierdoor zal de doorloop- en wachttijd in de ruimte 'Desinfectie Schoon' worden verkort.

- *Verandering aansturing van de belading van de autoclaven.*

Medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ moeten zich verantwoordelijk voelen voor een efficiënte belading van de autoclaven. Eventueel een persoon per shift aanwijzen voor toezicht op belading autoclaven. Dit zal de wachttijden voor de autoclaven verminderen.

## 5.2.2 Categorie 2

De impact van de volgende voorstellen voor herontwerp op het primaire proces zal in het vervolg van dit onderzoek nader worden onderzocht:

### Aanbod verontreinigde MHM:

- *Aanpassing van het transport zodat minder pieken in het aanbodspatroom ontstaan.*

Er zijn verschillende mogelijkheden om door middel van een verandering van het transport het aanbod op de CSA gelijkmatiger te laten verlopen, zoals:

- Een betere afstemming van de transporttijden voor de verschillende klanten, zodat het aanbod zich zo min mogelijk overlapt. Als grootste klant wordt het gebruik van MHM op het OC als ‘*leading*’ beschouwd.
- In plaats van het hanteren van een vast transportrooster zou het transport door de uitstoot van MHM bij de klant aangestuurd kunnen worden (*‘push’-aansturing*).

### Inrichting van het primaire proces:

- *Splitsen van de activiteiten ‘assemblage’ en ‘verpakken’ van sets, zodat de wachttijd op verpakken korter wordt.*

In plaats van het seriematige assembleren en verpakken van sets door een medewerker zou men het verpakken van sets los kunnen koppelen. Hierdoor zouden geassembleerde sets kortere wachttijden voor het verpakken hebben. Tevens zou deze verpakker verantwoordelijk zijn voor een efficiënte belading van de autoclaven. Door het verpakken van sets over de medewerkers te laten rouleren blijft de afwisseling in deze ruimte gewaarborgd.

- *Hanteren van één sterilisatietemperatuur voor alle autoclaven.*

Slechts een klein deel van alle MHM moet op een specifieke temperatuur worden gesteriliseerd. Door structureel inkoopbeleid zou men ervoor kunnen zorgen dat alle MHM op dezelfde temperatuur kunnen worden gesteriliseerd. Hierdoor neemt de complexiteit van het proces af en worden de wachttijden op sterilisatie korter.

*Alvorens dit verbetervoorstel met het model nader te onderzoeken is er bij de Ter Zake Deskundige dbr. Nederboed navraag gedaan, of het hanteren van één sterilisatietemperatuur is toegestaan. Hieruit is naar voren gekomen dat dit omwille van de kwaliteit van het sterilisatieproces en de slijtage van MHM niet wenselijk is. Samen met de opdrachtgever is besloten om dit verbetervoorstel niet verder te onderzoeken.*

### Aansturing van het primaire proces:

- *Andere roostering medewerkers, zodat productiecapaciteit beter aansluit bij aanbod van werk.*

Om te verhinderen dat productiecapaciteit van sterilisatiemedewerkers verloren gaat, moeten medewerkers anders worden ingezet. Dit houdt in dat de werktijden worden aangepast, rekening houdend met de volgende overwegingen:

- Niet méér medewerkers inroosteren als er werkplekken zijn.
- In de fase van maximaal aanbod aan MHM over maximale productiecapaciteit beschikken.



- Rekening houden met het feit dat het aankomstpatroon in de ruimte *'Desinfectie Vuil'* dieper in het proces pas later optreedt (→ verschoven dienstrooster).
- Voldoende medewerkers in de *'Assemblage & Inpak Ruimte'*.

### 5.2.3 Categorie 3

Tot slot worden voorstellen voor herontwerp beschreven, waarvan verbetering verwacht wordt, maar die op korte termijn niet realiseerbaar zijn. Deze voorstellen zullen niet nader onderzocht worden:

#### Inrichting van het primaire proces:

- *Aanschaf nieuwe machines.*  
Alle machines zouden vervangen kunnen worden, wanneer er nieuwe machines zijn met kortere doorlooptijden of grotere laadrekken.
- *De tactmachines vervangen door batchmachines.*  
Alle MHM die op de tactmachine gereinigd worden, zijn tevens bestendig tegen reiniging in de batchmachine. Door alleen met batchmachines te werken neemt de complexiteit van het proces af.
- *Aanschaf extra batchmachine.*  
Om de batchmachines te ontlasten en wachttijden te verkorten zou een extra batchmachine kunnen worden aangeschaft.
- *Doorzichtige scheidingen tussen de ruimten.*  
Doordat de scheidingen tussen de ruimten doorzichtig zijn, zijn de medewerkers beter op de hoogte van de activiteiten in de voorafgaande en aansluitende ruimte. Dit maakt een betere afstemming van de activiteiten in het proces mogelijk.

#### Aansturing van het primaire proces:

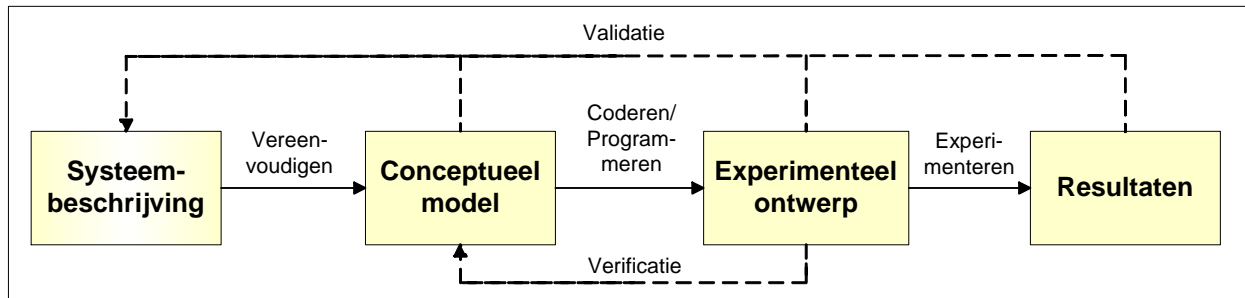
- *'Tuning' van belading autoclaven op het transport.*  
Doordat de belading van de autoclaven afhankelijk is van het aanbod aan geassembleerde en verpakte MHM is *'tuning'* slechts beperkt mogelijk. Naast de belading van de autoclaven met volle laadrekken kunnen de autoclaven telkens 1 uur en 30 minuten voor de volgende vertrektijd beladen worden. Dit levert een verkorting van de doorlooptijd voor deze MHM op. Tegelijkertijd neemt de gemiddelde belading af en het aantal charges toe.

#### Vertrek van steriele MHM:

- *Hanteren van een beter rooster voor transport van MHM naar de klant*  
Het is niet inzichtelijk op basis van welke overwegingen de huidige tijden in het transportrooster zijn bepaald. De lange wachttijden van MHM na uitstoot uit de CSA geven het vermoeden dat een betere aansluiting van het transport op de activiteiten binnen de CSA een verbetering zouden geven.

## 6 MODELBOUW

In de volgende twee hoofdstukken wordt een simulatiemodel ontworpen en gebruikt om de verbetervoorstellen, die in paragraaf 5.2.2 beschreven zijn, nader te onderzoeken. Deze fase van het onderzoek is aan de hand van de theorie in het boek “*Simulation*” van S. Robinson als volgt opgebouwd<sup>33</sup>.



**Figuur 6.1** *Opbouw simulatiemodellering*

De systeembeschrijving, gegevensverzameling, analyse en verbetervoorstellen in hoofdstukken drie tot en met vijf bieden alle informatie die nodig is om een simulatiemodel te kunnen ontwerpen. De belangrijkste stap alvorens te beginnen met programmeren is het ontwerpen van een zo eenvoudig mogelijk model, dat alle belangrijke aspecten van het reële systeem bevat. Dit wordt het ‘conceptuele model’ genoemd en op de volgende manier door S. Robinson gedefinieerd:

*“The conceptual model is a non-software specific description of the simulation model that is to be developed, describing the objectives, inputs, outputs, contents, assumptions and simplifications of the model.”*<sup>34</sup>

Dit conceptuele model ondersteunt het coderings- en programmeringsproces dat uitmondt in een simulatiemodel van het primaire proces. Door de inputs van het simulatiemodel te variëren kunnen bovengenoemde verbetervoorstellen in verschillende scenario’s worden onderzocht. De resultaten van deze experimenten dienen ter verificatie en validatie van eerder doorgevoerde stappen. Dit kan tot veranderingen en aanpassingen leiden, zodat het proces op een iteratieve manier meermaals doorlopen zal worden.

In dit hoofdstuk wordt het conceptuele model van het primaire proces beschreven. Dit is gestructureerd naar aanleiding van bovenstaande definitie. Elk aspect zal afzonderlijk kort worden toegelicht. De beschrijving van de experimenten komt in het volgende hoofdstuk aan te orde.

### **6.1 Doel van het model**

Het doel van het simulatiemodel vloeit voort uit het doel van dit onderzoek: de verbetering van de prestaties van het primaire proces. Het moet mogelijk zijn de gevolgen van de verbetervoorstellen in paragraaf 5.2.2 op de prestaties van het proces nader te onderzoeken.

### **6.2 Inputs van het model**

De inputs zijn de varieerbare instellingen van het model. Deze worden ook wel de ‘experimentele factoren’ van het model genoemd. Ze vloeien voort uit de verbetervoorstellen die nader onderzocht zullen worden. In tabel 6.1 zijn de experimentele factoren naar aanleiding van paragraaf 5.2.2 weergegeven.

Experimentele factor	Varieerbare parameters
Aanbod verontreinigde MHM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aantal transportritten per dag</li> <li>• Tijden van de transportritten</li> </ul>
Werkprocedures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Splitsen van assemblage en verpakken</li> </ul>
Roostering medewerkers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werktijden medewerkers</li> <li>• Aantal medewerkers per ruimte</li> <li>• Pauzetijden</li> </ul>

**Tabel 6.1** Experimentele factoren

### 6.3 Outputs van het model

Alvorens het model te programmeren moeten de gewenste outputs worden bepaald. Dit zijn de prestaties van het systeem waarin de onderzoeker geïnteresseerd is. Het is belangrijk de outputs dusdanig te kiezen, dat deze door variaties van de inputs worden beïnvloed. Pas dan zal het mogelijk zijn om verschillende scenario's aan de hand van de outputs met elkaar te vergelijken.

In dit geval worden de outputs gevormd door de leverprestaties, productiekosten en bezettingsgraad van het systeem.

#### **Leverprestaties:**

Op de CSA worden op dit moment geen leverprestaties gemeten, omdat de doorlooptijden van MHM niet bekend zijn. In het model zal het mogelijk zijn om de doorlooptijden te meten. Zoals in paragraaf 3.4.1 "Doelen van de besturing" beschreven is ervoor gekozen om de leverprestaties met betrekking tot doorlooptijden op twee manieren te meten: enerzijds gericht op de leverafspraken met de klant (*doorlooptijd criterium*) en anderzijds gericht op het gebruik van MHM bij de klant (*due date criterium*).

- **Doorlooptijd criterium**

Bij deze prestatie maat wordt de CSA erop beoordeeld hoe lang MHM op de CSA zijn. De gedachte hierachter is dat de klanten na gebruik zo snel mogelijk weer over hun MHM willen kunnen beschikken. Dit criterium van de leverprestatie is als volgt gedefinieerd:

*Het percentage MHM met een doorlooptijd die korter dan of gelijk is aan de afgesproken levertijd.*

De huidige leverafspraken met de klanten zijn: OC: 12 uur, ODBC: 18 uur, Poli: 24 uur en voorrangsets: 6 uur. Bij berekening van deze prestatie wordt ervan uitgegaan dat het transport van MHM van en naar de klanten gemiddeld een uur in beslag neemt.

- **Due date criterium**

Zoals in paragraaf 3.4.1 beschreven laten transport en gemiddelde doorlooptijd van MHM het niet toe, dat MHM twee keer op een dag gebruikt worden. Dit houdt in dat ieder MHM dat naar de CSA gestuurd wordt ten vroegste de volgende dag weer gebruikt zal worden. Redenerend vanuit dit gebruikspatroon is het voldoende als MHM een dag na aankomst op de CSA met de eerste transportrit naar de klant gestuurd worden. Samen met de opdrachtgever is bepaald dat aan deze eis alleen hoeft te worden voldaan als MHM ten laatste met de transportrit van 18:30 op de CSA geleverd worden. Dit criterium van de leverprestatie is als volgt gedefinieerd:

*Het percentage MHM dat voor 18:30 op de CSA aankomt en ten laatste de volgende dag voor de eerste transportrit gereedstaat.*

Naast de percentages volgens deze criteria geven de gemiddelde doorlooptijd en de gemiddelde doorlooptijdoverschrijding (van MHM die niet op tijd gereed staan) een beeld van de leverprestaties van de CSA.

Uit eerste simulaties blijkt dat de doorlooptijden van MHM worden beïnvloed door de volgende twee factoren:

- MHM die aan het einde van de dag op de CSA blijven liggen, hebben uitzonderlijk lange doorlooptijden omdat er 's nachts geen activiteiten plaatsvinden.
- Aan het einde van het proces kunnen lange wachttijden ontstaan omdat MHM moeten wachten op het transport.

Op beide factoren hebben de inrichting en aansturing van het primaire proces geen invloed. Om de verschillende scenario's goed met elkaar te kunnen vergelijken is ervoor gekozen de doorlooptijden op de volgende manieren te meten:

- Overgang nacht:
  - doorlooptijden inclusief wachttijden gedurende de nacht,
  - doorlooptijden exclusief wachttijden gedurende de nacht.
- Wachttijden vertrek:
  - doorlooptijden inclusief wachttijden vertrek (totale doorlooptijd),
  - doorlooptijden exclusief wachttijden vertrek (interne doorlooptijd).

Om de prestatieverschillen tussen de scenario's nader te kunnen onderzoeken zal bovendien de gemiddelde doorlooptijd per ruimte en de gemiddelde wacht- en bewerkingstijd per activiteit worden gemeten.

### **Productiekosten:**

Zoals uit hoofdstuk 4 "Analyse" volgt, zijn er weinig gegevens bekend over de productiekosten van het primaire proces. Er zal worden volstaan om de variabele kosten per dag van de inzet van medewerkers, het gebruik van machines en het transport per scenario te berekenen. De experimentele factoren hebben een directe impact op de kosten voor medewerkers en transport. De kosten voor het gebruik van machines wordt voor het grootste deel bepaald door het werkaanbod en de gemiddelde chargegroottes. Hier zal weinig verschil zijn tussen de scenario's.

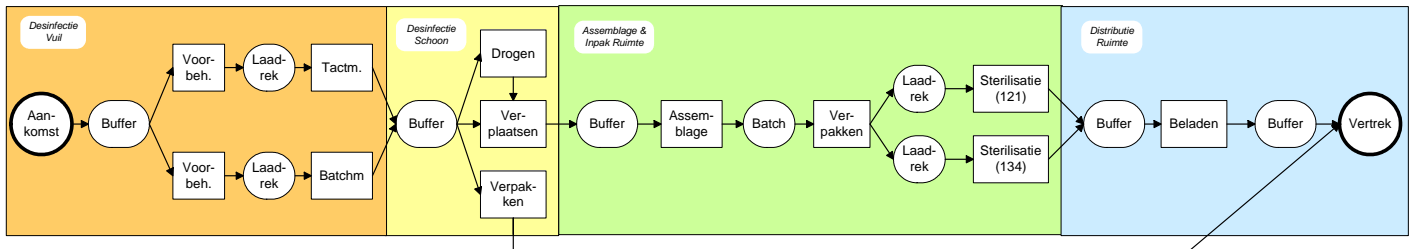
### **Bezettingsgraad:**

Van iedere resource zal de gemiddelde bezettingsgraad per dag worden berekend. Omdat medewerkers per ruimte worden toegedeeld en niet rouleren, zal naast een algemene bezettingsgraad voor medewerkers ook de bezettingsgraad voor medewerkers per ruimte worden berekend. Om het verloop van de bezetting van medewerkers gedurende de dag te kunnen volgen zal eveneens de bezettingsgraad per uur worden berekend.

## 6.4 Inhoud van het model

De inhoud wordt vastgelegd door de ‘scope’ en de detailleringsgraad van het model. De scope bepaalt welke elementen van het systeem wel of niet in het model terug te vinden zijn. De detailleringsgraad is het aggregatieniveau waarop deze elementen worden gemodelleerd. Bij de keuze van de inhoud van het model wordt getracht om een zo klein mogelijke scope en een zo laag mogelijke detailleringsgraad te hanteren, waarbij het doel van het model haalbaar is.

De scope van het model is in onderstaande figuur door middel van een stroomschema weergegeven.



**Figuur 6.2** Scope van het model

De reden dat sommige activiteiten uit de systeembeschrijving in hoofdstuk 3 niet in het model opgenomen zijn, wordt in paragraaf 6.5 toegelicht.

De detailleringsgraad wordt weergegeven met behulp van een zogenaamde ‘componentenlijst’. In deze lijst wordt per element van het model de mate aan detail weergegeven, waarop dit element zal worden gemodelleerd.

Element	Mate aan detail
Activiteiten	Bewerkingstijden
Medewerkers	Aantal, werkplek, werktijden, pauzetijden
Machines	Aantal
Laadrek	Aantal, type machine, maximale belading
Medische Hulp Middelen	Type (set of los), klant, klasse (zie K), voorrang

**Tabel 6.2** Componentenlijst

## 6.5 Aannames & vereenvoudigingen van het model

Waar exacte kennis over de werkelijkheid niet traceerbaar is of verhoudingsgewijs veel tijd in beslag neemt, moeten aannames worden gemaakt. Dit is voor de samenstelling en het aankomstpatroon van MHM op de CSA het geval. De hieromtrent gemaakte aannames zijn in bijlage J toegelicht.

Doel van het vereenvoudigen is het creëren van een hanteerbaar model dat voldoende accuraat is om de werkelijkheid na te bootsen. Dit houdt in dat de complexiteit van het model beperkt wordt door het model te focussen op die aspecten van de realiteit die voor het onderzoek van belang zijn. In bijlage K worden de vereenvoudigingen van de volgende aspecten van de realiteit beschreven: het productieniveau, de werktijden van de CSA, de activiteiten van het proces, classificatie van MHM, het aanbod aan MHM, uitval en storingen van resources en de instellingen van de autoclaven.

## **6.6 Experimenteel ontwerp (simulatiemodel)**

Op basis van het conceptuele model is een simulatiemodel van de CSA ontworpen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de software 'EM Plant' van Tecnomatics<sup>35</sup>. Het simulatiemodel kan worden gebruikt vanuit het basisscherm, de zogenaamde 'rootframe' van het model. Van hieruit kunnen experimenten worden gestart en gestopt. De gewenste inputs van het model (zie paragraaf 6.2) kunnen door de gebruiker worden ingesteld. De outputs van het model (zie paragraaf 6.3) worden per experiment berekend en in tabellen opgeslagen. In bijlage M is deze opbouw van het simulatiemodel nader uitgewerkt.

## **6.7 Validatie en verificatie van het model**

Valideren en verifiëren dienen te waarborgen dat het simulatiemodel en de daarop gebaseerde resultaten en aanbevelingen betrouwbaar zijn. Doel van de validatie is het onderzoeken in hoeverre het simulatiemodel een voldoende accurate weergave is van de realiteit. Bij de verificatie wordt onderzocht in hoeverre het conceptuele model correct is vertaald naar het computermodel. Zoals in figuur 6.1 weergegeven is validatie een continu proces dat in elke fase van de simulatiemodellering plaatsvindt. Verificatie vindt alleen plaats tijdens en na afronding van het programmeren van het computermodel.

### **6.7.1 Validatie van het model**

Validatie komt neer op de vraag of het model accuraat genoeg is om het doel waarvoor het ontworpen is te realiseren. Het draait hierbij om een vergelijking van het model met de realiteit binnen de kaders van het in paragraaf 6.1 beschreven doel.

Voor een eerste validatie van het simulatiemodel is gebruik gemaakt van de expertise van medewerkers van de CSA. Er hebben meerdere gesprekken plaatsgevonden waarin het model zowel visueel alsook op basis van de outputs is besproken<sup>36</sup>. Hieruit is naar voren gekomen dat de kernprocessen van de werkelijkheid goed in het model zijn weergegeven. Bovendien komen de outputs in de vorm van doorlooptijden van MHM, bezettingsgraad van de resources en productiekosten goed overeen met de schattingen van de medewerkers. De vereenvoudigingen en aannames hebben niet geleid tot onherkenbaarheid van het proces of onverklaarbare verschillen in de prestaties.

Vervolgens heeft een meer kwantitatieve validatie plaats gevonden. De outputs van een simulatie onder default omstandigheden zijn vergeleken met gegevens van de prestaties van het reële systeem. Dit is weergegeven in bijlage N. Hieruit komt naar voren dat:

- er geen onverklaarbaar grote verschillen optreden tussen de realiteit en het model,
- de prestaties van het model over het algemeen goed overeenkomen met de realiteit.

Concluderend kan worden vastgesteld dat het model zowel inhoudelijk als ook met betrekking tot de outputs voldoende accuraat is.

### **6.7.2 Verificatie van het model**

Tijdens het programmeren van het computermodel zijn verschillende verificatietechnieken toegepast. Er is gebruik gemaakt van visuele controles. Elke programmacode is stapsgewijs doorlopen. Verschillende ("extreme") scenario's zijn gesimuleerd en outputs met elkaar vergeleken. De

verschillende onderdelen van het model zijn losgekoppeld onderzocht op invoer, doorvoer en uitvoer. Simulatieresultaten zijn met wiskundige berekeningen vergeleken. Nieuwere versies van het model zijn met oudere versies vergeleken. Tevens zijn controles ingebouwd zodat het model een melding geeft wanneer ongewenste gebeurtenissen zich voordoen, zoals desinfectiemateriaal dat in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ terechtkomt of medewerkers die met MHM naar huis gaan. Op deze manier is geverifieerd dat het computermodel een correcte vertaling is van de beschrijving in het conceptuele model.

### **6.7.3 Kanttekeningen**

Met betrekking tot de betrouwbaarheid van het model dienen er twee kanttekeningen te worden geplaatst. Ten eerste is bij de kwantitatieve validatie van het model gebruik gemaakt van gegevens die ook zijn gebruikt om het model te programmeren. Ter controle of het model een voldoende accurate weergave is van de realiteit, zou men het model met recente gegevens moeten valideren.

Ten tweede zou men de betrouwbaarheid van het model kunnen verhogen door een gevoeligheidsanalyse door te voeren. Hiermee wordt bedoeld dat wordt onderzocht hoe gevoelig de outputs van het model zijn voor kleine variaties in de opbouw. In dit model zou een gevoeligheidsanalyse kunnen worden toegepast voor de aankomst van MHM (samenstelling, volume en tijden) en voor de bewerkingstijden van handmatige activiteiten. Omwille van het tijdsbestek van dit onderzoek is afgezien van deze twee mogelijkheden om de betrouwbaarheid verder te verhogen.

## 7 EXPERIMENTEN EN ANALYSES

In dit hoofdstuk worden de experimenten met het simulatiemodel beschreven, die doorgevoerd zijn om verschillende verbetervoorstellen in hoofdstuk 5 te onderzoeken.

In de eerste paragraaf wordt de opzet van deze experimenten toegelicht. Dit omvat de simulatie-instellingen, de beschrijving van de verschillende scenario's en de outputs, die per experiment worden geanalyseerd.

In de tweede paragraaf zal aandacht worden besteed aan het default scenario. De outputs van dit scenario dienen als uitgangspunt om de outputs van de overige experimenten te kunnen vergelijken.

In de derde paragraaf zal elk experiment afzonderlijk worden bestudeerd. Tot slot zullen de belangrijkste resultaten en conclusies van deze experimenten in de laatste paragraaf worden samengevat.

### 7.1 Experimentele opzet

In deze paragraaf zal eerst worden ingegaan op de simulatie-instellingen, die per experiment worden gehanteerd. Vervolgens worden de verschillende scenario's in deze experimenten kort toegelicht. Tot slot zal worden ingegaan op de outputs, die per experiment worden geanalyseerd.

#### 7.1.1 Simulatie-instellingen per experiment

Omdat in het simulatiemodel gebruik wordt gemaakt van kansverdelingen is het aantal gesimuleerde dagen bepalend voor de accuraatheid van de outputs. Pas bij een simulatie van een oneindig aantal dagen zijn de outputs 100% accuraat. Omdat de outputs van verschillende experimenten zinvol met elkaar kunnen worden vergeleken, is een minimum aantal gesimuleerde dagen noodzakelijk. Voor het genereren van accurate outputs moet eerst een zogenaamde '*warm-up*' periode vastgesteld worden. Gedurende deze periode worden geen gegevens verzameld, omdat het simulatiemodel in tegenstelling tot de realiteit aan het begin van een experiment 'leeg' is (geen MHM in het proces). Daarnaast is het aantal dagen per run (run lengte) en het aantal runs per experiment uitslaggevend voor de accuraatheid van de outputs. In bijlage O is beschreven hoe met behulp van verschillende methoden de volgende simulatie-instellingen per experiment zijn bepaald:

- '*Warm-up*' periode: 10 dagen
- Run lengte: 70 dagen
- Aantal runs: 10

#### 7.1.2 Beschrijving van de experimenten

In het simulatiemodel wordt een onderscheid gemaakt tussen parameters die in principe vaststaan en parameters die kunnen worden gevarieerd (experimentele factoren). In bijlage R zijn de default-instellingen voor deze parameters weergegeven. Eerstgenoemde parameters blijven in alle experimenten ingesteld op deze default waarden. De experimentele factoren kunnen worden gebruikt om verschillende scenario's met het simulatiemodel na te bootsen. Samen met de opdrachtgever zijn aan de hand van de verbetervoorstellen in paragraaf 5.2.2 de volgende instellingen voor de verschillende experimentele factoren bepaald:



### 1. Splitsen assemblage en verpakken van sets

De experimentele factor voor het bepalen, of assemblage en verpakken van sets al dan niet gesplitst doorgevoerd worden, kan slechts twee waarden aannemen: ‘ja’ of ‘nee’. De default-waarde voor deze factor is ‘nee’, zodat conform de huidige werkwijze assemblage en verpakken niet gesplitst worden.

### 2. Transport MHM naar de CSA

Voor het onderzoeken van de invloed van het aankomstpatroon op de prestaties van de CSA zijn vier verschillende instellingen van het transportrooster ontworpen:

#### a. Huidig transportrooster (default)

In de default-instelling worden de transporttijden van het huidige transportrooster aangehouden.

#### b. Fictief aankomstpatroon

Bij deze instelling wordt het aanbod aan MHM (inclusief desinfectiemateriaal) gelijkmatig over de dag verdeeld. De transporttijden van het huidige rooster blijven onveranderd. Het volume MHM per rit is aangepast aan het interval tussen twee transportritten. Bij deze instelling van het aankomstpatroon wordt geen rekening gehouden met het gebruik en de uitstoot van MHM bij de klanten. Met behulp van deze instelling kan een indruk worden verkregen van de maximaal haalbare leverprestaties bij onveranderde inrichting en aansturing van de CSA.

#### c. Kleine aanpassingen transportrooster

Bij deze instelling wordt onderzocht in hoeverre de prestaties van de CSA kunnen worden verbeterd met kleine aanpassingen van het transportrooster (twee extra ritten). Deze veranderingen zouden met de huidige inrichting van het transportproces mogelijk zijn.

#### d. Ingrijpende aanpassingen transportrooster

Tot slot zal met een transportrooster worden gesimuleerd dat het batchingeffect van het transport minimaliseert. Uitgaande van het huidige gebruikerspatroon van MHM bij de klanten met een piek rond de middaguren zal tussen 12:00 en 16:00 uur om het halfuur worden getransporteerd. Daarna zal er tot 20:00 uur om het uur een transport naar de CSA plaatsvinden. Dit heeft het effect dat er op geen enkel transportmoment gemiddeld meer dan 10% van het totale aanbod aankomt. Dit rooster is in samenspraak met het hoofd Facilitaire Dienst Logistiek<sup>37</sup> opgesteld. Hiervoor is ervan uitgegaan dat tussen 12:00 en 20:00 uur een medewerker Logistiek ‘dedicated’ wordt ingezet voor de CSA. Dit maakt het mogelijk het aantal transportritten te verhogen en de tijden aan te passen.

### 3. Roostering medewerkers

Met behulp van de volgende roosterinstellingen kunnen de effecten van de productiecapaciteit ‘medewerkers’ op de prestaties van de CSA worden onderzocht.

#### a. Huidige roostering (default)

Bij de huidige roostering van medewerkers wordt gewerkt in twee shifts van elk tien medewerkers, beginnend om 7:30 en 15:00 uur.

b. Aantal medewerkers

Uit de analyse van het primaire proces in hoofdstuk 4 is naar voren gekomen dat de productiecapaciteit aan medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ een bottleneck vormt. Door het aantal medewerkers per shift te variëren zal de invloed van deze bottleneck capaciteit worden onderzocht (een medewerker per shift minder en een medewerker per shift meer). Dit geeft tevens een indicatie van de negatieve effecten van het ziekteverzuim van medewerkers.

c. Pauzetijden medewerkers

Iedere medewerker heeft een uur pauze per dag. Tijdens deze pauzes staat het gehele proces stil en kunnen verhoudingsgewijs lange wachttijden voor MHM ontstaan. Om het belang van een goede planning van de pauzes inzichtelijk te maken zal bij de huidige werktijden van de medewerkers met een aangepast rooster voor de pauzetijden (iedere pauze 30 minuten eerder) worden gesimuleerd.

d. ‘Verschoven’ medewerkerrooster

Bij deze instelling wordt de huidige indeling van het medewerkerrooster in twee shifts gehanteerd, maar elke shift begint 1:30 uur later. De reden hiervoor is dat medewerkers in de huidige situatie gedurende de ochtendshift perioden hebben met een zeer lage bezettingsgraad. Door later te beginnen is er meer aanbod aan MHM en zou de productiecapaciteit aan medewerkers beter benut kunnen worden. De resultaten van deze instelling zouden ertoe kunnen dienen de historisch ontstane werktijden op de CSA aan te passen aan de huidige behoefte.

e. Alternatief medewerkerrooster

Om de productiecapaciteit ‘medewerker’ nog beter op het werkaanbod te laten aansluiten is tevens een medewerkerrooster ontworpen zonder indeling in twee shifts. In dit rooster worden de medewerkers per ruimte gefaseerd ingezet op basis van het aankomstpatroon van MHM.

In d) en e) zal het rooster voor de pauzetijden worden aangepast aan het medewerkerrooster, zodat iedere medewerker twee pauzes van 15 minuten heeft en één pauze van 30 minuten.

Door deze verschillende instellingen voor de experimentele factoren met elkaar te combineren kunnen  $2*4*5 = 40$  verschillende scenario's worden gevormd. Omwille van het tijdsbestek van dit onderzoek is ervoor gekozen om niet alle mogelijke scenario's te onderzoeken. Iedere experimentele factor zal worden gecombineerd met de default-waarde van de overige experimentele factoren.

In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de instellingen per experimentele factor. Een scenario kan worden gevormd door een instelling voor een experimentele factor te kiezen en alle overige factoren op de default-waarde (**vet** gedrukt) in te stellen. Per experimentele factor is in de laatste kolom het nummer van de bijbehorende experimenten aangegeven.

Experimentele factor	Instellingen						Exp. Nr
	Default	1	2	3	4	5	
Splitsen assemblage en verpakken	<b>Nee</b>	Ja	-	-	-	-	1
Transportrooster	<b>Huidig</b>	Fictief	<u>Kl. aanpassingen</u>	Gr. aanpassingen	-	-	2-4
Medewerkerrooster	<b>Huidig</b>	+1 per shift	-1 per shift	Pauzen: 30 min eerder	Verschoven rooster	<u>Alternatief rooster</u>	5-9

*Tabel 7.1 Overzicht instellingen experimentele factoren*

Voor ieder van deze scenario's is een simulatie doorgevoerd. Daarnaast is een extra scenario gesimuleerd waarin een instelling van de experimentele factor 'Transportrooster' is gecombineerd met een instelling van de factor 'Medewerkerrooster' (beide onderstreept). De gedachte hierachter is het vermoeden, dat de prestaties van het proces worden bepaald door de mate van afstemming tussen werkaanbod en productiecapaciteit. Bovendien zal uit dit experiment volgen dat het model kan worden gebruikt om de roostering van de medewerkers aan te passen aan veranderingen in het aanbod aan MHM ("re-use" van het model).

### 7.1.3 Outputs per experiment

Om de effecten van de verbetervoorstellen te kunnen onderzoeken is het belangrijk te bepalen welke outputs per experiment zullen worden vergeleken. Uit de beschrijving van de doelen van de besturing van het primaire proces in paragraaf 3.4.1 volgt dat leverprestaties de hoogste prioriteit hebben. In paragraaf 6.3 is beschreven dat voor de meting van de leverprestaties de volgende twee criteria worden gehanteerd:

- Doorlooptijd criterium:  
*Het percentage MHM met een doorlooptijd die korter of gelijk is dan de afgesproken levertijd.*
- Due date criterium:  
*Het percentage MHM dat voor 18:30 op de CSA aankomt en ten laatste de volgende dag voor de eerste transportrit gereedstaat.*

Naast deze leverprestaties zullen eveneens de doorlooptijden van MHM, de productiekosten per dag en de bezettingsgraad van de resources worden onderzocht.

Met betrekking tot de doorlooptijden van MHM zullen alleen de tijden exclusief wachttijden gedurende de nacht worden geanalyseerd. De reden hiervoor is dat de doorlooptijd van MHM inclusief wachttijden gedurende de nacht, wordt beïnvloed door het aantal MHM dat 's nachts op de CSA is. Dit aantal MHM kan per experiment verschillen.

Er is voor gekozen om de outputs per experiment te vergelijken met de outputs van het default scenario. Hierdoor zal het mogelijk zijn om de effecten van verbetervoorstellen op de huidige situatie te analyseren. In de volgende paragraaf zal om deze reden eerst aandacht worden besteed aan de outputs van het default scenario.

## 7.2 Default scenario

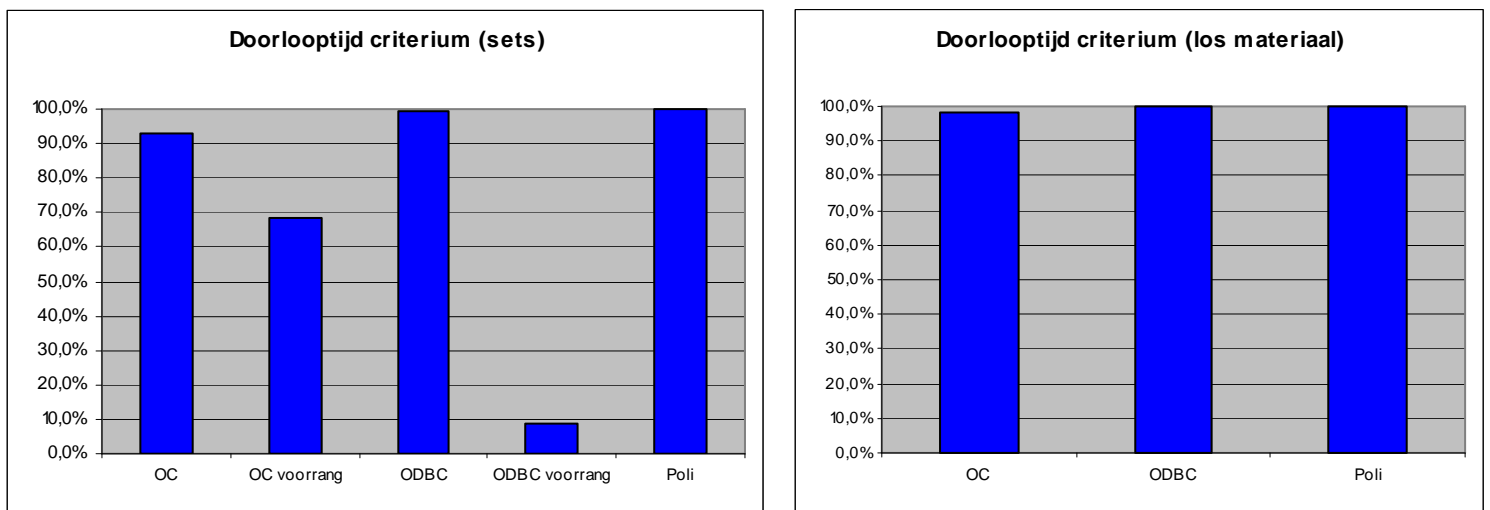
In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van de simulatie met het default scenario weergegeven en besproken. Een gedetailleerd overzicht van alle resultaten van het default scenario is weergegeven in bijlage S.

### 7.2.1 Leverprestaties

Zoals in de vorige paragraaf reeds gemeld, worden er voor het meten van de leverprestaties twee verschillende criteria gehanteerd. In deze paragraaf zal eerst worden ingegaan op het doorlooptijd criterium en vervolgens op het due date criterium.

#### Doorlooptijd criterium:

In de volgende grafieken is het percentage binnen de leverafsprak geleverde sets en losse materialen per klant weergegeven.



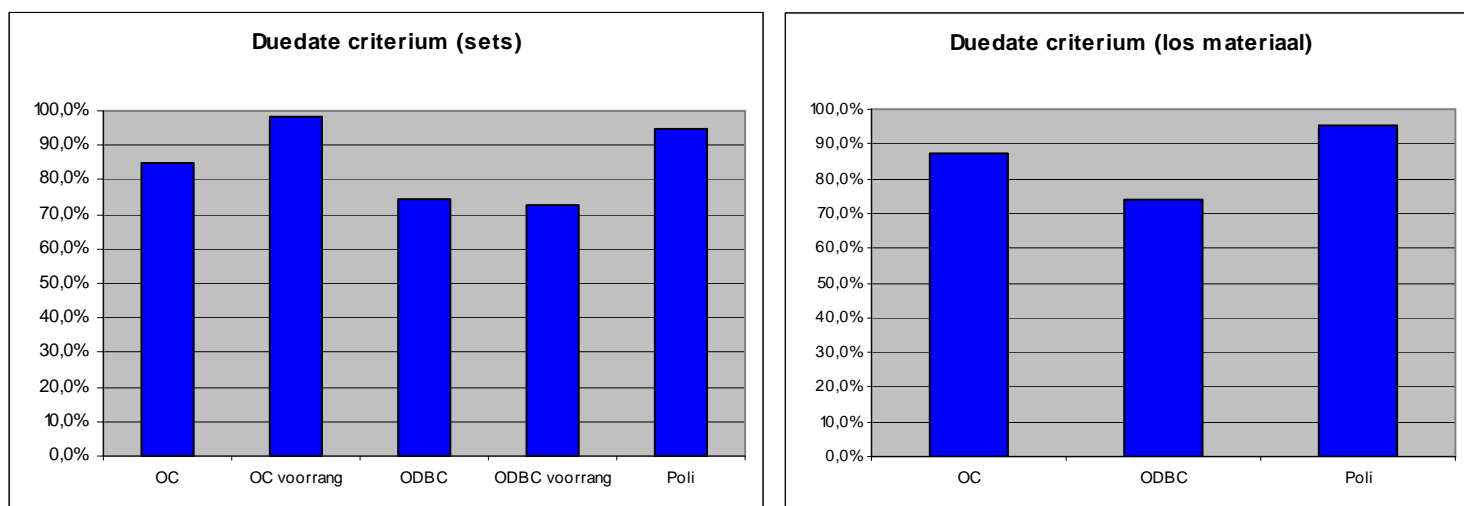
**Figuur 7.1** Percentage op tijd geleverde MHM exclusief nachturen (doorlooptijd criterium)

- De percentages in deze grafieken geven geen indicatie van de gemiddelde doorlooptijden van MHM omdat met iedere klant verschillende leverafspraken zijn gemaakt (OC: 12 uur, ODBC: 18 uur, Poli: 24 uur en voorrang: 6 uur).
- De grafieken laten duidelijk zien dat voor reguliere sets en los materiaal leverpercentages van boven de 90% worden gerealiseerd. Hierbij dient als kanttekening te worden vermeld dat deze percentages exclusief nachturen zijn berekend. Deze hoge leverpercentages zullen niet overeenstemmen met het gevoel bij de klanten, waar ervan uitgegaan wordt dat de CSA ook 's nachts productief is. Voor de leverpercentages inclusief nachturen wordt naar de bijlage verwezen.
- Met betrekking tot voorrangsets wordt duidelijk dat zelfs exclusief nachturen zeer lage leverpercentages worden gerealiseerd. Dit doet vermoeden dat de afgesproken levertijd van zes uur inclusief één uur transport niet realistisch is.
- Voor voorrangsets van het ODBC is zelfs een leverpercentage van minder dan 10% zichtbaar. De reden hiervoor is dat deze sets pas in de tweede plaats met voorrang worden behandeld. Op

de eerste plaats wordt voorrang verleend aan sets die de volgende dag op het ODBC worden ingezet.

### **Due date criterium:**

In de volgende grafieken is het percentage op tijd geleverde sets en losse materialen per klant weergegeven.



**Figuur 7.2** Percentage op tijd geleverde MHM exclusief nachturen (due date criterium)

- Het percentage op tijd geleverde MHM is voor alle klanten kleiner dan het percentage binnen de leverafpraak geleverde MHM. Enige uitzondering wordt gevormd door voorrangsets.
  - OC voorrangsets staan met bijna 100% zekerheid de volgende dag gereed voor vertrek. Het verlenen van voorrang heeft veel invloed op de prestaties volgens dit criterium.
  - Voorrangsets van het ODBC worden net zo behandeld als reguliere sets van het ODBC. Beide typen sets scoren volgens dit criterium ongeveer even hoog.
- In beide grafieken is duidelijk te zien dat MHM van Poli's een hoger leverpercentage hebben dan MHM van het OC en deze wederom een hoger leverpercentage dan MHM van het ODBC. Hieruit kan worden aangenomen dat het aankomstpatroon van MHM invloed heeft op de prestaties volgens dit criterium.

Naast het hanteren van deze twee levercriteria zijn ook de gemiddelde doorlooptijden van MHM voor de CSA en de klanten van belang. Deze gegevens worden in de volgende twee tabellen weergegeven.

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:31	6:34	1:23	0:12	3:46	0:08	1:03
OC voorrang	3:58	4:45	1:25	0:12	2:12	0:08	0:47
ODBC	6:14	9:54	1:30	0:17	4:17	0:09	3:40
ODBC voorrang	6:18	10:00	1:30	0:17	4:21	0:09	3:41
Poli	4:49	7:44	1:30	0:11	3:00	0:08	2:54

**Tabel 7.2** Gemiddelde doorlooptijden sets exclusief nachturen (hh:mm)

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:58	6:00	2:06	0:12	2:30	0:09	1:02
ODBC	5:46	10:07	2:19	0:13	3:04	0:09	4:20
Poli	5:01	10:03	1:45	0:11	2:56	0:07	5:01

**Tabel 7.3** Gemiddelde doorlooptijden los materiaal *exclusief* nachturen (hh:mm)

De ‘totale’ doorlooptijd geeft de doorlooptijd van MHM weer inclusief wachttijd op transport naar de klanten. De ‘interne’ doorlooptijd geeft alleen de doorlooptijd door de vier ruimten van de CSA weer.

Afgezien van de wachttijden op transport besteden zowel sets als los materiaal de langste tijd in ruimte 3 (‘Assemblage & Inpak Ruimte’) gevolgd door ruimte 1 (‘Desinfectie Vuil’). Een opsplitsing van de doorlooptijden in wacht- en bewerkingstijd per activiteit (bijlage S) laat zien dat dit deels te wijten is aan het feit dat de bewerkingstijden voor de machinale processen: de sterilisatie in de autoclaven en de reiniging in de tact-/batchmachines aan deze ruimten zijn toebedeeld. Bovendien moeten MHM in ruimte 3 lang wachten op de assemblage.

De wachttijden op transport variëren tussen de verschillende klanten, omdat voor iedere klant andere transporttijden worden gehanteerd (zie bijlage R).

### 7.2.2 Productiekosten en bezettingsgraad

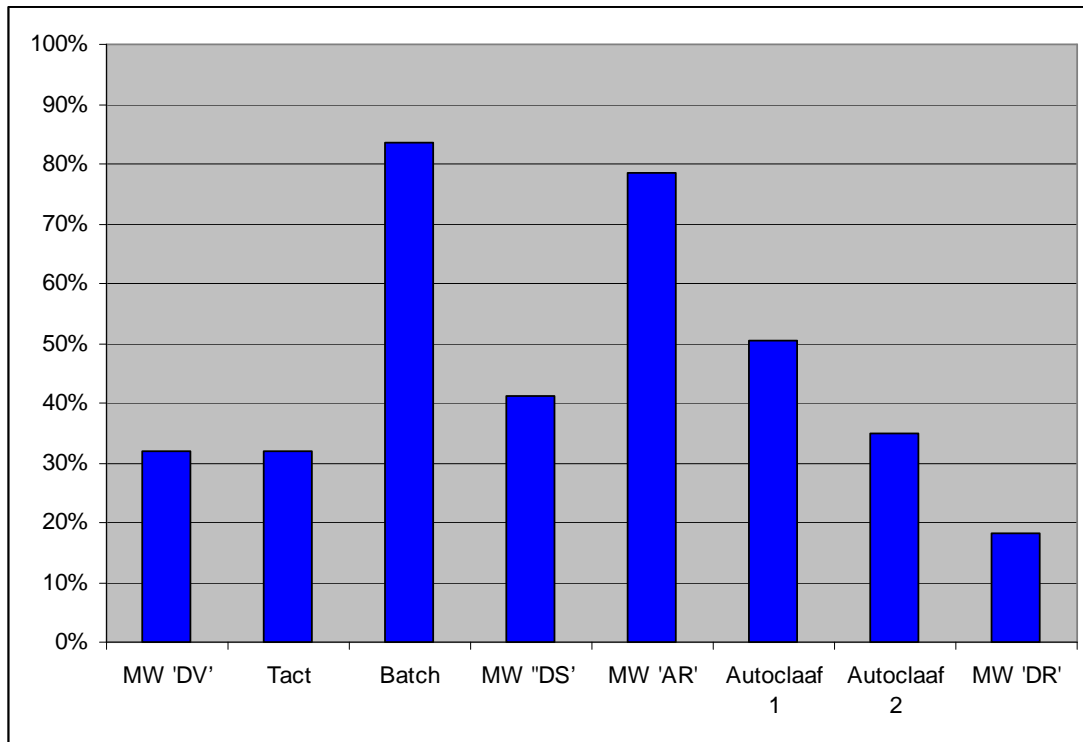
Met betrekking tot de productiekosten worden per scenario de variabele kosten voor het transport, het gebruik van de machines en de inzet van de medewerkers berekend. Hierin zijn geen vaste kosten verwerkt. De variabele productiekosten van het default scenario zijn als volgt:

	Totaal	Transport	MW	Machines
<b>Kosten per dag</b>	4293	147	3856	290

**Tabel 7.4** Variabele productiekosten per dag (euro)

Uit deze cijfers is af te lezen dat de kosten voor de inzet van de medewerkers de hoogste kostenpost is.

De bezettingsgraad is berekend voor elke resource die een afzonderlijke activiteit doorvoert. Voor de machines is een onderscheid gemaakt in de volgende typen: tactmachines, batchmachines, autoclaven op 134° C (autoclaaf 1) en autoclaven op 121° C (autoclaaf 2). De medewerkers (‘MW’) zijn ingedeeld per ruimte: ‘DV’ = ‘Desinfectie Vuil’, ‘DS’ = ‘Desinfectie Schoon’, ‘AR’ = ‘Assemblage & Inpak Ruimte’, ‘DR’ = ‘Distributie Ruimte’.



**Figuur 7.3** *Bezettingsgraad per resource*

Deze grafiek van de bezettingsgraden van de resources komt overeen met de wiskundig berekende bezettingsgraad in paragraaf 4.4. De batchmachines en de medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ zijn de hoogst bezette resources. Alle overige resources zijn minder dan 50% van de tijd bezet.

### 7.2.3 Conclusies resultaten default scenario

Op basis van deze resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium:
  - Voor iedere klant worden meer dan 90% van de reguliere sets en losse materialen binnen de afgesproken levertijd geleverd.
  - Voor voorrangsets worden lage prestaties gerealiseerd, omdat een levertijd van 6 uur inclusief transport te kort is.
  - Zolang sets van het ODBC niet met voorrang worden behandeld, heeft het geen nut deze dusdanig te classificeren.
- Leverprestaties volgens het due date criterium:
  - De leverprestaties verschillen per klant: MHM van het OC: 85%, van het ODBC: 75% en van de Poli's: 95%.
  - Het aankomstpatroon van MHM per klant heeft invloed op het percentage op tijd geleverde MHM.
- De productiekosten worden bepaald door het aantal ingezette medewerkers.
- De bezettingsgraad van de batchmachines en de medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ is rond de 80% en voor de overige resources minder dan 50%.

## 7.3 Experimenten

Elk experiment zal in de volgende subparagrafen afzonderlijk worden besproken. Deze subparagrafen zijn als volgt gestructureerd:

- Verwachtingen:  
Welke veranderingen van de prestaties worden op basis van het verbetervoorstel verwacht?
- Leverprestaties:  
Zoals eerder aangegeven zullen voor het meten van de leverprestaties twee criteria worden gehanteerd; het doorlooptijd criterium en het due date criterium. De leverprestaties van het scenario en het default-scenario worden per criterium in grafieken vergeleken.
- Observaties:  
Een overzicht van opvallende en/of ten opzichte van het default scenario afwijkende resultaten.
- Analyse:  
Leverprestaties en observaties worden geanalyseerd. Er worden samenhangen gezocht tussen het verbetervoorstel en veranderingen van de resultaten.
- Conclusie & aanbevelingen:  
Op basis van deze analyse worden de belangrijkste effecten van het verbetervoorstel geformuleerd en aanbevelingen gegeven.

Observaties en analyses zullen per experiment evenals een gedetailleerd overzicht van alle resultaten in de bijlage aan de orde komen. In het verslag zullen alleen de belangrijkste aspecten hiervan worden genoemd.

### 7.3.1 Experiment 1: Splitsen assemblage en verpakken van sets

#### **Verwachtingen:**

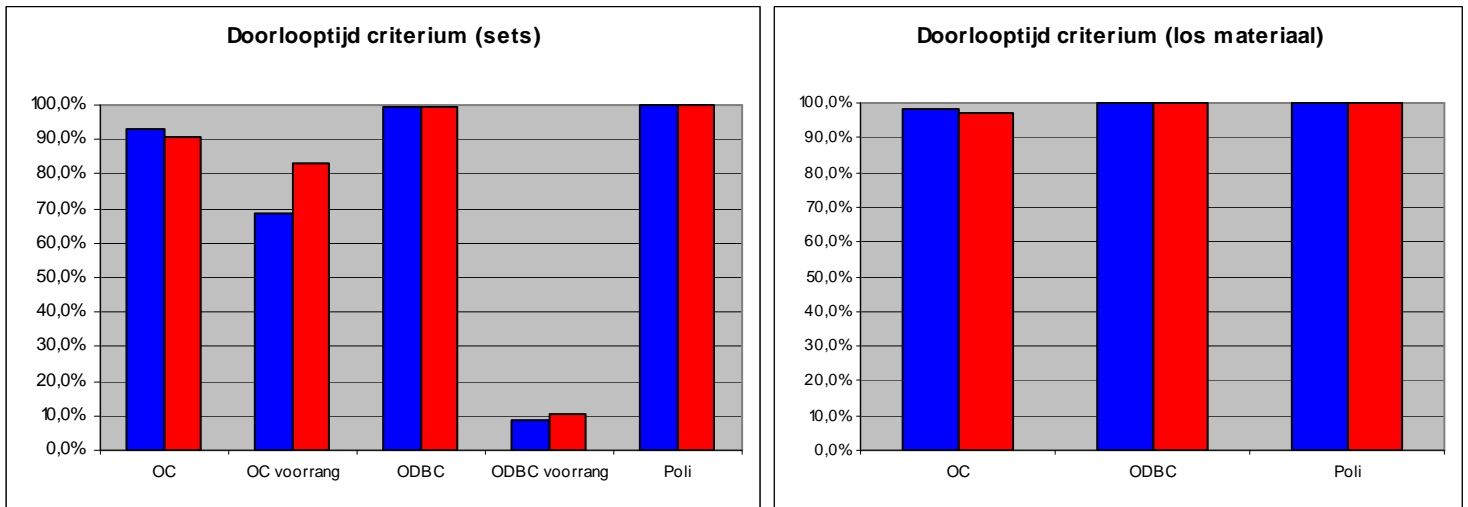
Door het splitsen van de activiteiten in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' worden sets niet meer seriematig geassembleerd en verpakt en worden de autoclaven door een vaste verpakker beladen. Hiervan worden de volgende effecten verwacht:

- Kortere wachttijden verpakken sets.
  - Kortere bewerkingstijden verpakken sets.
  - Kortere wachttijden sterilisatie sets.
  - Geen veranderingen doorlooptijden los materiaal.
- Verbetering van de leverpercentages voor sets volgens beide criteria.
- Geen verandering van de leverpercentages voor los materiaal.



## Leverprestaties:

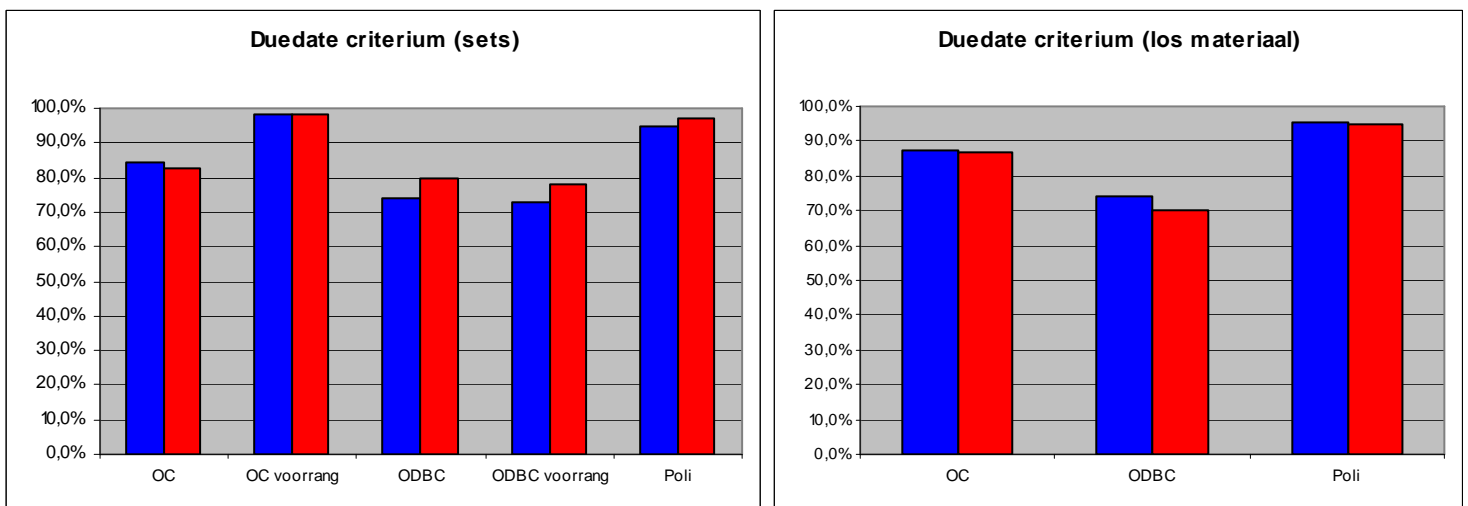
- Doorlooptijd criterium



**Figuur 7.4** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Van het OC worden ca 3% minder sets en ca 15% meer voorrangsets binnen de leverafpraak geleverd.
- Van het ODBC hebben zowel sets als voorrangsets een groter leverpercentage.
- Het leverpercentage van Poli sets blijft 100%.
- Bij het losse materiaal is het percentage op tijd geleverde eenheden bij het OC en ODBC met iets minder dan 1% afgenomen.
- Het percentage op tijd geleverde Poli materialen is onveranderd gelijk aan 100%.

- Due date criterium



**Figuur 7.5** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Bij de sets zijn twee verschillende effecten te zien; het leverpercentage van OC sets neemt af en van de overige sets neemt het percentage toe.
- Voor alle losse materialen is een lichte daling van het leverpercentage te zien.

## Observaties & analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage T.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Wachtijd op assemblage is voor sets van het OC langer en voor alle overige sets korter.  
*De in dit scenario ingestelde verpakker is in de default situatie een assemblage medewerker met prioriteit 'OC sets'. Hierdoor is er minder capaciteit beschikbaar voor de assemblage van deze sets en ontstaan langere wachttijden. Doordat OC voorrangsets telkens als eerste worden geselecteerd, heeft deze capaciteitsvermindering voor deze sets minder gevolgen.*
- Wachtijd op verpakken, bewerkingstijd verpakken en wachtijd op sterilisatie is voor alle sets korter.  
*Doordat het verpakken in dit scenario een enkelstuk-bewerking is, vervallen batchingeffecten op wachttijden en bewerkingstijden. Bovendien worden de autoclaven door de vaste verpakker eerder beladen.*
- Wachtijd op transport is voor alle sets langer.  
*De tijden in het vertrekrooster blijven onveranderd. Door veranderingen in de interne doorlooptijd van sets ontstaan langere wachttijden op het vertrek.*

Koppeling met leverprestaties:

- Veranderingen van de totale doorlooptijden resulteren in veranderingen van de prestaties volgens het doorlooptijd criterium.
- Voor de prestaties volgens het due date criterium zijn de veranderingen van de interne doorlooptijden van belang.

## Conclusie & Aanbevelingen:

Het splitsen van de assemblage en verpakkingswerkzaamheden voor sets heeft de volgende effecten op de leverprestaties voor zowel doorlooptijd criterium alsook het due date criterium:

- Slechtere prestaties voor OC sets.
- Betere prestaties voor alle overige sets.

Op basis van de observaties en analyses kunnen de volgende aanbevelingen worden gegeven:

- Gezien de tegenstrijdige effecten op de leverprestaties kan dit verbetervoorstel niet zonder meer worden aanbevolen. Dit is des te meer het geval omdat het OC de belangrijkste klant is.
- Wel moet er rekening mee worden gehouden dat verbeteringen van het verpakken door specialisatie en een betere organisatie van de belading van de autoclaven niet door het model worden gemeten (betere kwaliteit van het werk). Anderzijds blijkt het verpakken ook eenzijdig en belastend werk te zijn, zodat negatieve effecten kunnen ontstaan op de prestaties die eveneens niet uit het model naar voren komen.
- Mocht er toch voor gekozen worden om assemblage en verpakken van sets te splitsen wordt het volgende aanbevolen:

- Bij het toewijzen van een vaste verpakker rekening houden met het feit dat er minder capaciteit is voor de assemblage van sets van de desbetreffende klant.
- Veranderingen in de interne doorlooptijd resulteren bij gelijkblijvend transportrooster in veranderingen van de wachttijden op vertrek. De totale doorlooptijd van MHM kan op deze manier slechts beperkt worden beïnvloed.

Veranderingen van de leverpercentages voor los materiaal zijn niet te wijten aan het veranderen van de werkwijze in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’, maar aan het hanteren van een seriegrootte van 1 in dit scenario.

### 7.3.2 Experiment 2: Fictief aankomstpatroon

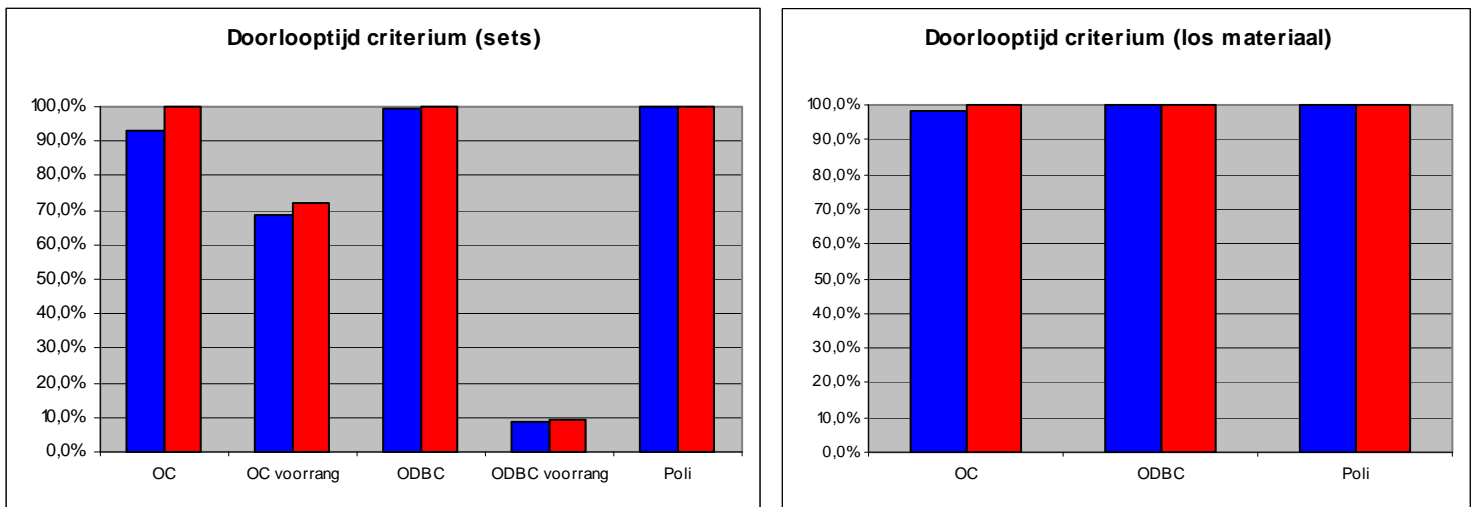
#### Verwachtingen:

In het fictieve aankomstpatroon is het aanbod aan MHM voor alle klanten gelijkmatig over de dag verdeeld. Door de grotere spreiding van het werkaanbod worden de volgende effecten verwacht:

- Kortere wachttijden gedurende het proces.
  - Betere benutting van de resources.
- Hogere leverpercentages van sets en losse materialen voor het doorlooptijd criterium en het due date criterium.

#### Leverprestaties:

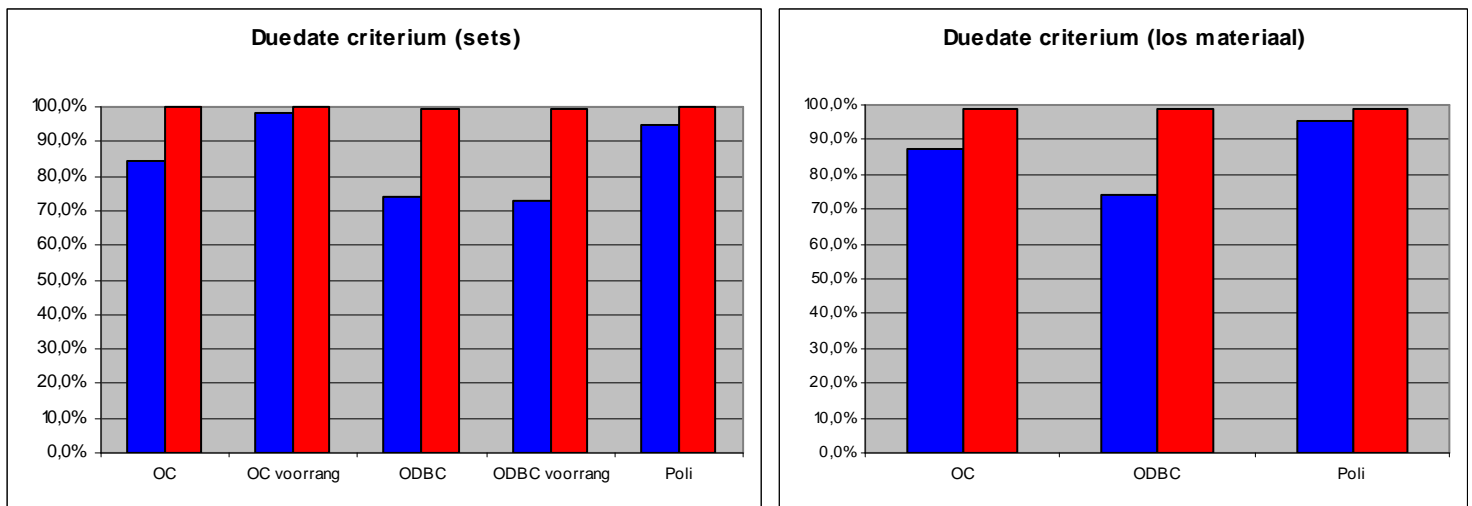
- Doorlooptijd criterium



**Figuur 7.6** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Voor alle reguliere sets en alle losse materialen is het leverpercentage gestegen naar 100%.
- Voor voorrangsets van het OC en het ODBC worden betere prestaties gerealiseerd.

- Due date criterium



**Figuur 7.7** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Voor alle reguliere sets en losse materialen en voor voorrangsets is het percentage op tijd geleverde eenheden gestegen naar ca 100%.

### Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage U.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Kortere wachttijden op de verschillende activiteiten in het proces. De grootste veranderingen worden geconstateerd bij de wachttijden op de batchmachine en op de assemblage.  
*De verkortingen van deze wachttijden kunnen worden verklaard door een gelijkmatiger benutting van de resources (minder 'idle-time') als gevolg van de betere spreiding van het werkaanbod.*
  - *De batchmachines en de assemblagemedewerker hebben de hoogste bezettingsgraad van het proces. Doordat deze resources minder laag bezette periodes hebben, kan een ingrijpende verkorting van de wachttijden worden gerealiseerd.*
- De langste wachttijd in het interne gedeelte van het proces ontstaat voor de assemblage.  
*Het feit dat er bij een gelijkmatige verdeling van het aanbod aan MHM de langste wachttijden in het proces voor de assemblage ontstaan, betekent dat de assemblage medewerkers de bottleneck van het systeem vormen (en niet de batchmachines).*

Koppeling met leverprestaties:

- De hoge leverprestaties in dit scenario geven het vermoeden dat een overschot aan productiecapaciteit aanwezig is. Wanneer men het aankomstpatroon kan veranderen zou men productiecapaciteit kunnen besparen.
- De observatie dat er voor voorrangsets onder deze voordelige omstandigheden nog steeds lage leverpercentages worden gerealiseerd, onderbouwt de eerder gemaakte conclusie dat een leverafpraak van zes uur inclusief transport niet realistisch is.

## Conclusie & Aanbevelingen:

Bij een gelijkmatige verdeling van het werkaanbod zoals in dit fictieve aankomstpatroon kunnen leverpercentages van 100% voor reguliere sets en losse materialen worden gerealiseerd (doorlooptijd criterium en due date criterium). Voor voorrangsets blijft het leverpercentage volgens het doorlooptijd criterium kleiner dan 100%.

Dit levert een aantal belangrijke aanbevelingen op:

- Uit dit experiment blijkt dat het aankomstpatroon van MHM een cruciale rol speelt voor de prestaties van het productieproces. Dit geeft een sterke indicatie dat verbeteringen middels een ander transportrooster mogelijk zouden zijn. Het wordt aanbevolen dit verder te onderzoeken, te meer omdat het transport van MHM goedkoop (7 euro/rit) en flexibel is.
- Een levertijd van zes uur voor voorrangsets is niet realistisch. Om hierop beter te kunnen presteren zouden realistischer afspraken moeten worden gemaakt.
- Afgezien van de capaciteit voor assemblage (bottleneck) is er voor alle overige resources een ruim capaciteitsoverschot. Het is denkbaar dat hierop besparingen mogelijk zijn.

### 7.3.3 Experiment 3: Kleine aanpassingen transportrooster

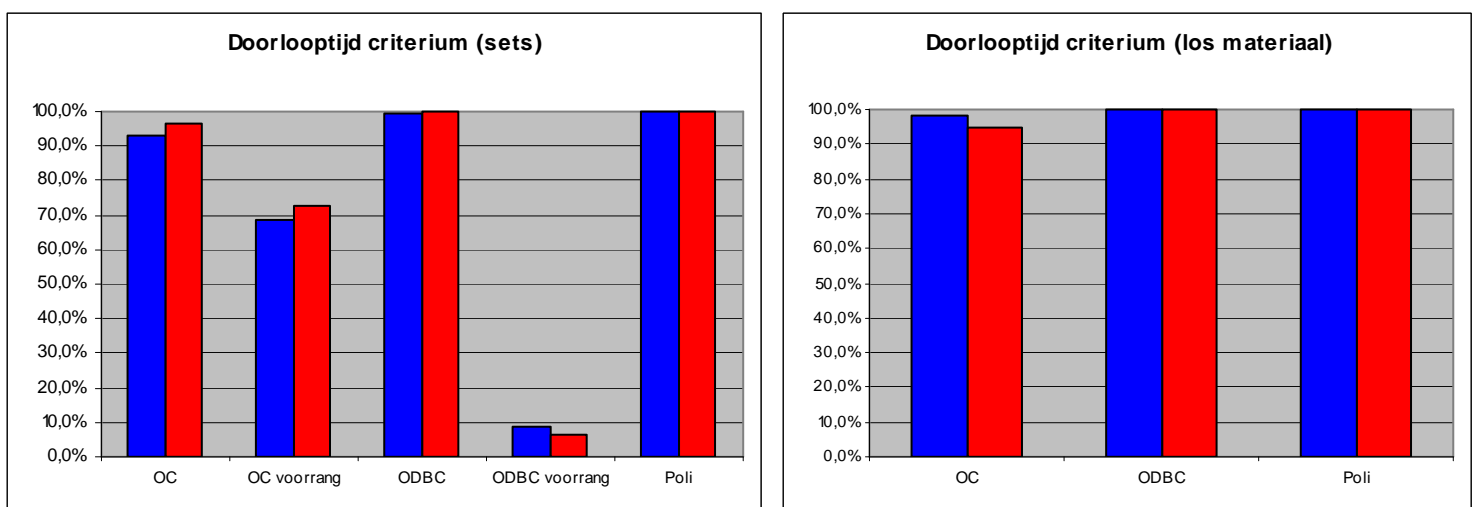
#### Verwachtingen:

Door roostering van extra transportritten en betere afstemming van de transporttijden voor de verschillende klanten worden de aankomstbatches op de CSA kleiner en is er minder piekvorming in het aanbod:

- Minder batching-effecten waardoor kortere wachttijden gedurende het hele proces.
  - Efficiëntere benutting van de resources, in het bijzonder van de batchmachines en de assemblagemedewerkers.
- Hogere leverpercentages van sets en losse materialen voor het doorlooptijd criterium en het due date criterium.

#### Leverprestaties:

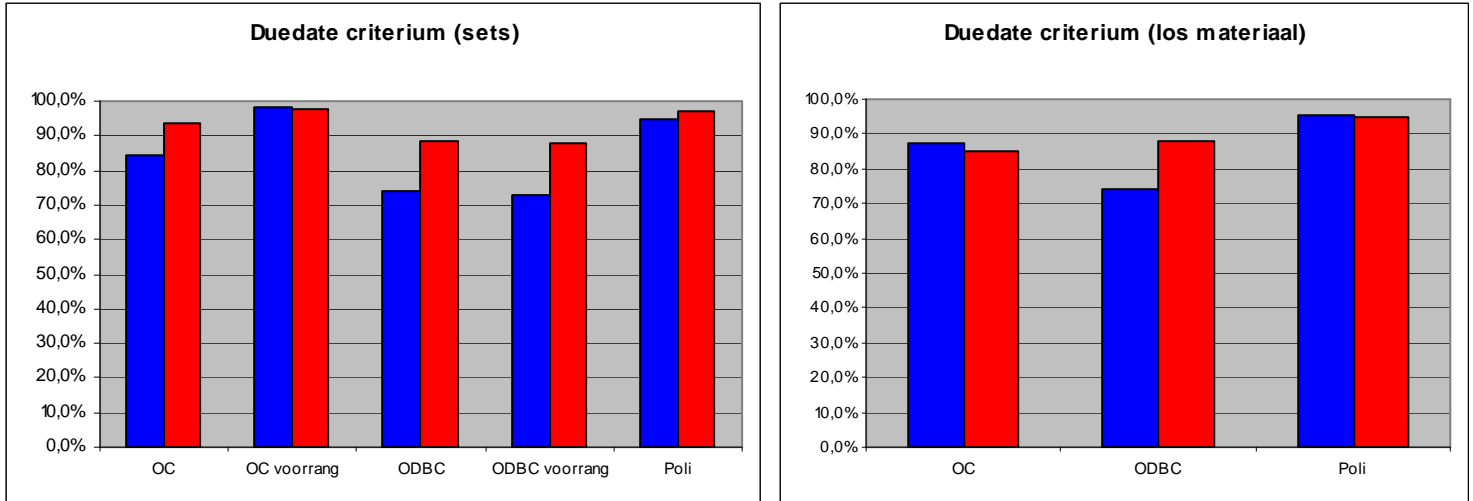
- Doorlooptijd criterium



Figuur 7.8 Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het leverpercentage neemt voor alle sets toe met uitzondering van ODBC voorrangsets.
- Het percentage binnen de afspraak geleverde losse materialen van het OC neemt 4% af.
- De leverpercentages van de overige klanten blijven gelijk aan 100%.

- Due date criterium



**Figuur 7.9** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het percentage op tijd geleverde sets stijgt ruim voor alle klanten. Enige uitzondering wordt gevormd door voorrangsets van het OC, waarvan het leverpercentage ongeveer gelijk blijft.
- De leverpercentages voor losse materialen stijgen met meer dan 15% voor het ODBC en dalen met 2% en 1% voor het OC en de Poli's.

### Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage V.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- De wachttijd op de reiniging in de batchmachines neemt voor MHM van het OC toe en voor MHM van het ODBC en van de Poli's af.

*Twee verschillende veranderingen spelen hierbij een rol:*

- *Gemiddelde langere wachttijden op reiniging in de batchmachine*

*Door het verdelen van het dagaanbod over een groter aantal transportritten worden de tact- en batchmachines vaker beladen. De reden is dat een halfvol beladen laadrek gereedgezet wordt, zodra er op dat moment geen MHM beschikbaar zijn. Dit heeft een hogere bezettingsgraad van de reinigingsmachines en extra productiekosten tot gevolg. Gezien de hoge bezetting van de batchmachines (85%) heeft dit langere wachttijden voor sets en los materiaal tot gevolg*

- *MHM van het ODBC en de Poli's komen eerder aan de beurt*

*De oorzaak hiervan is het feit dat MHM per aankomstmoment in behandeling worden genomen. Door de extra ritten voor het ODBC en de Poli's komen MHM van deze klanten eerder aan de beurt.*

- Wachttijden op de overige activiteiten worden korter

*Het verkleinen van de aankomstbatches en de spreiding van de piek van het aanbod in de middag heeft een verkorting van de wachttijden op de activiteiten in het proces tot gevolg.*

- De interne doorlooptijd van OC sets is korter en van OC los materiaal is langer

*Het totale effect van de toename van de wachttijd op de batchmachine en de afname van de overige wachttijden op de interne doorlooptijd is afhankelijk van het percentage dat op de batchmachine wordt gereinigd.*

- *Sets van het OC: 17% op de batchmachine.*
- *Losse materialen van het OC: 96% op de batchmachine.*

*Gezien het kleine percentage sets dat op de batchmachine wordt gereinigd, is de interne doorlooptijd voor sets van het OC korter. Bij het losse materiaal is het percentage veel groter en is de interne doorlooptijd langer. Hierdoor zijn de leverprestaties voor losse materialen van het OC kleiner.*

Koppeling met leverprestaties:

- Uit de analyse van de outputs volgt dat kortere interne doorlooptijden pas dan in kortere totale doorlooptijden resulteren als de aankomsttijden op de vertrektijden worden afgestemd. Voor betere leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium is een verkorting van de interne doorlooptijd niet voldoende.
- Het is opvallend dat de verbeteringen van de leverprestaties volgens het due date criterium groter zijn dan volgens het doorlooptijd criterium. Een reden is dat voor het due date criterium de interne doorlooptijd van doorslaggevend belang is. Een andere reden is dat de invoer van extra ritten niet alleen tot kortere interne doorlooptijden leidt, maar MHM hierdoor ook eerder op de CSA aankomen.

### **Conclusie & Aanbevelingen:**

De invoer van twee extra transportritten en de afstemming van de transporttijden per klant hebben een positief effect op de leverprestaties voor sets van alle klanten. De verbeteringen van de leverprestaties volgens het due date criterium zijn groter dan volgens het doorlooptijd criterium.

Op de leverprestaties van los materiaal heeft de wijziging van het transportrooster verschillende effecten per klant: voor het losse materiaal van het OC wordt een daling van de prestaties vastgesteld en voor het losse materiaal van het ODBC en de Poli's een stijging.

Op basis van de analyse kunnen de volgende aanbevelingen worden gegeven:

- De invoer van extra transportritten kan worden aanbevolen. Dit is des te meer het geval omdat het transport flexibel en goedkoop is (zeven euro per transportrit).
- Betere prestaties volgens het doorlooptijd criterium kunnen alleen worden gerealiseerd door de interne doorlooptijd te verkorten en de aankomst- en vertrektijden van de transportritten op deze doorlooptijd af te stemmen.
- Betere prestaties volgens het due date criterium kunnen worden gerealiseerd door de interne doorlooptijd te verkorten en/of door MHM eerder op de CSA te laten aankomen.
- Een grotere spreiding van het werkaanbod resulteert in een efficiëntere benutting van de resources en een verkorting van de wachttijden.

- Met de invoer van extra transportritten neemt de bezetting van de reinigingsmachines met de huidige beladingstrategie toe en kunnen langere wachttijden ontstaan. Het is aan te bevelen om de belading van de reinigingsmachines op het aankomstpatroon af te stemmen.

### 7.3.4 Experiment 4: Ingrijpende aanpassingen transportrooster

Op basis van de resultaten van experiment 3 is besloten om de beladingstrategie van de reinigingsmachines voor experiment 4 aan te passen. Alleen volle laadrekken zullen op de reinigingsmachines worden beladen.

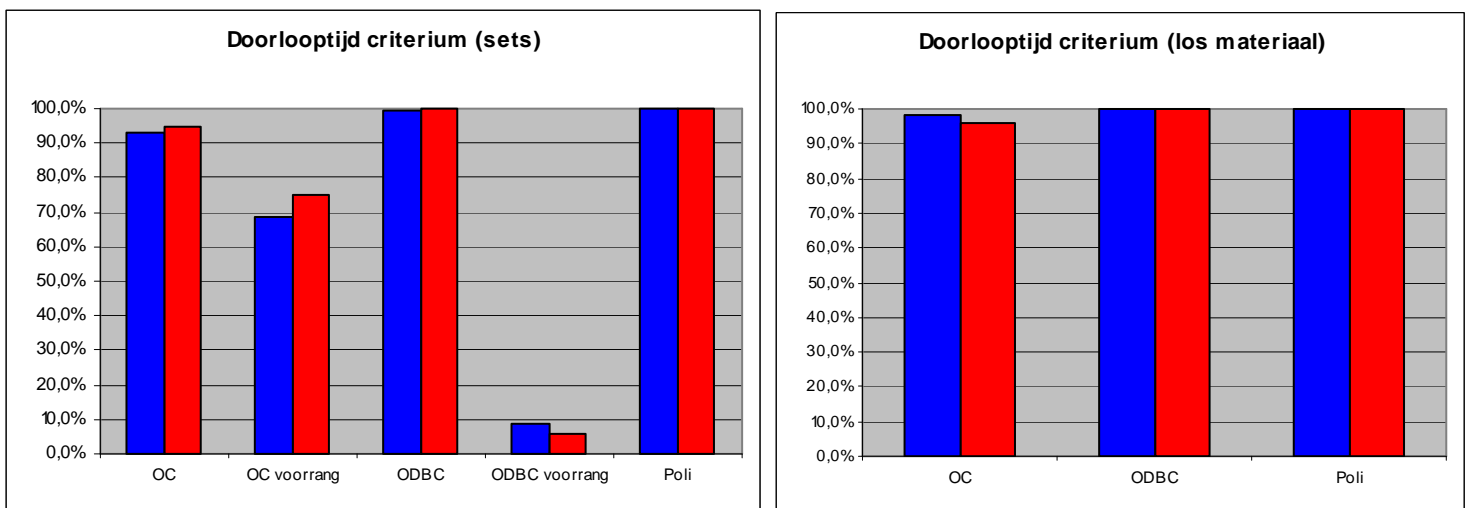
#### Verwachtingen:

Van de gewijzigde beladingstrategie van de reinigingsmachines en een nog grotere spreiding van het aanbod aan MHM op de CSA dan in experiment 3 worden de volgende effecten verwacht:

- Grotere verkorting van de wachttijden in het proces dan in experiment 3.
- Betere leverprestaties voor sets en los materiaal dan in experiment 3.

#### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium

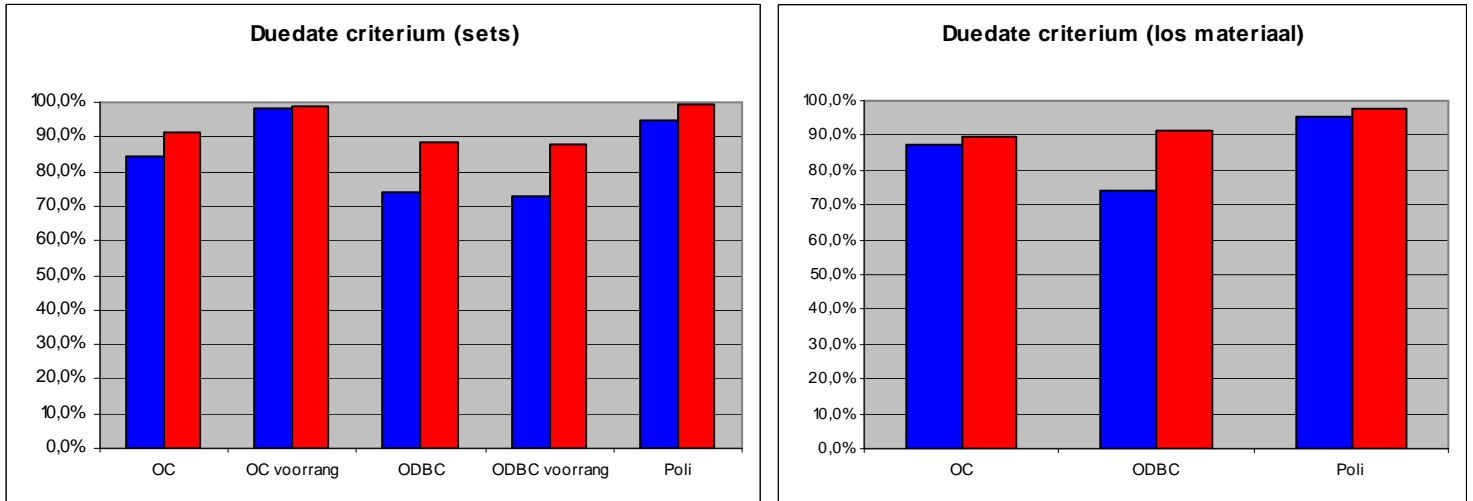


**Figuur 7.10** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het leverpercentage neemt voor alle sets toe met uitzondering van ODBC voorrangsets.
- Het percentage binnen de afspraak geleverde losse materialen van het OC neemt met 2% af.
- De leverpercentages van de overige klanten blijven gelijk aan 100%.



- Due date criterium



**Figuur 7.11** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het percentage op tijd geleverde sets stijgt voor OC en Poli's met ca 5% en voor het ODBC met 15%. Voor voorrangsets van het OC blijft het leverpercentage ongeveer gelijk.
- De leverpercentages voor losse materialen stijgen voor OC en Poli's met ca 2% en voor het ODBC met ruim 15%.

Zoals aan de grafieken over de leverprestaties van dit scenario te zien is komen de resultaten van dit experiment in grote lijnen overeen met de resultaten van experiment 3. De veranderingen van de doorlooptijden van MHM hebben voor een groot deel dezelfde oorzaken als in het vorige experiment en zullen niet worden herhaald.

De observaties en analyse van dit experiment zullen zich richten op de verschillen tussen experiment 3 en 4.

### Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage W.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Voor sets en los materiaal van alle klanten zijn de wachttijden op de reiniging in de batchmachines korter en op de reiniging in de tactmachines langer.  
*Door de nieuwe beladingstrategie neemt de bezettingsgraad van de reinigingsmachines af en worden productiekosten bespaard. MHM moeten in deze situatie echter telkens wachten tot een laadrek maximaal beladen is. Ten opzichte van experiment 3 leidt dit voor de onderbezette tactmachines tot het ontstaan van langere wachttijden en voor de hoog bezette batchmachines tot kortere wachttijden.*
- Wachttijden op de overige activiteiten blijven min of meer gelijk.  
*Het toevoegen van extra transportritten levert kennelijk geen nog kortere wachttijden op.*

- *Dit maakt duidelijk dat er geen lineair verband bestaat tussen de transportfrequentie en de doorlooptijden. Door de aard van het productieproces zijn de mogelijkheden om de doorlooptijden met behulp van het transportrooster te verbeteren, beperkt.*
- *Bovendien dient erop gelet te worden dat veranderingen in het aanbod kunnen resulteren in verschuivingen in de doorstroom van MHM door het proces. Hierdoor is het mogelijk dat resources worden bezet door MHM van het ODBC en de Poli's ten koste van MHM van het OC. Langere wachttijden voor MHM van het OC zijn het gevolg.*

Koppeling met leverprestaties:

- Ondanks het feit dat de interne doorlooptijden voor MHM in dit scenario langer zijn dan in experiment 3 worden hogere leverpercentages volgens het due date criterium gerealiseerd. Dit is daaraan te danken dat MHM door de toevoeging van extra ritten eerder op de CSA aankomen.

### **Conclusie & Aanbevelingen:**

De toevoeging van extra transportritten en het aanpassen van de beladingstrategie van de reinigingsmachines leidt niet tot een verdere verhoging van de leverpercentages volgens het doorlooptijd criterium. De gemiddelde doorlooptijden zijn zelfs langer dan in experiment 3. Het leverpercentage volgens het due date criterium kan wel worden verhoogd, doordat MHM eerder op de CSA aankomen.

De volgende aanbevelingen worden op basis van dit experiment gegeven:

- Gezien deze veranderingen van de leverprestaties verdient het transportrooster met kleine aanpassingen in experiment 3 de voorkeur boven dit rooster.
- Het hanteren van een starre beladingstrategie blijkt niet zinvol. Bij het beladen van de reinigingsmachines (in het bijzonder van de batchmachines) dient rekening te worden gehouden met het transportrooster.
- De mogelijkheden om middels het transportrooster de wachttijden te verkleinen zijn beperkt. Vanaf een bepaalde transportfrequentie leveren extra ritten geen doorlooptijdverkortingen meer op.

### **7.3.5 Experiment 5: Een medewerker minder per shift**

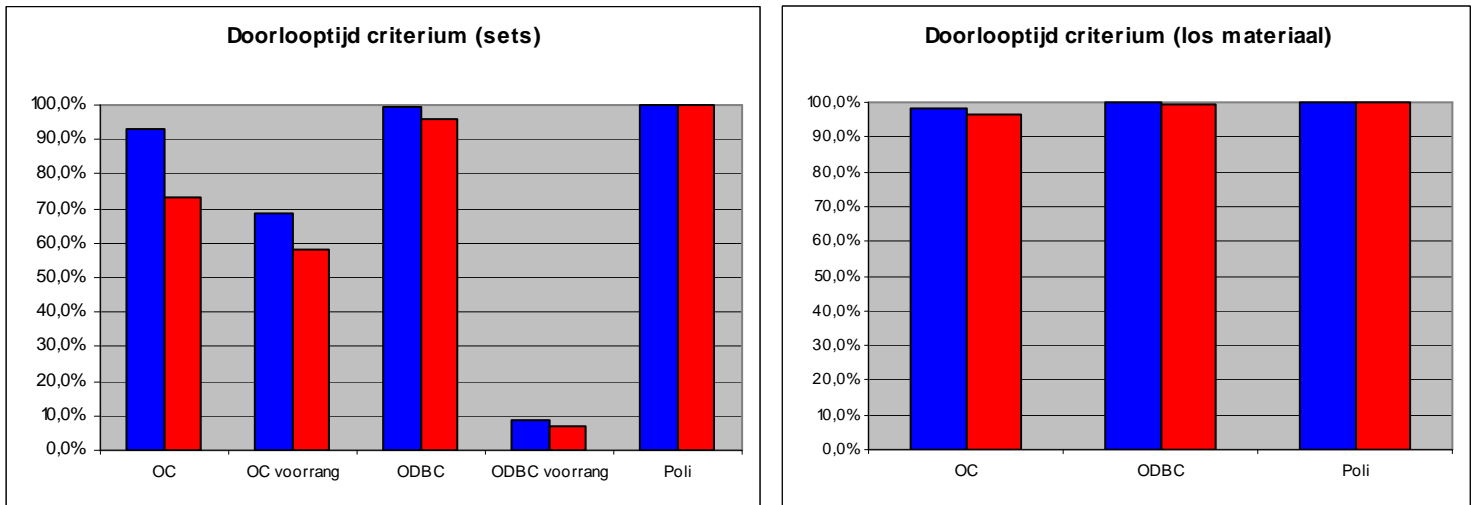
#### **Verwachtingen:**

In dit scenario zal per shift een medewerker minder in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' worden ingezet. Dit zal de volgende effecten hebben:

- Er is minder capaciteit voor de assemblage van MHM, waardoor de wachttijden op deze activiteit zullen toenemen.
  - Hierdoor zullen de interne en totale doorlooptijden van MHM toenemen.
- Een daling van de leverpercentages voor alle MHM (doorlooptijd criterium en due date criterium).

## Leverprestaties:

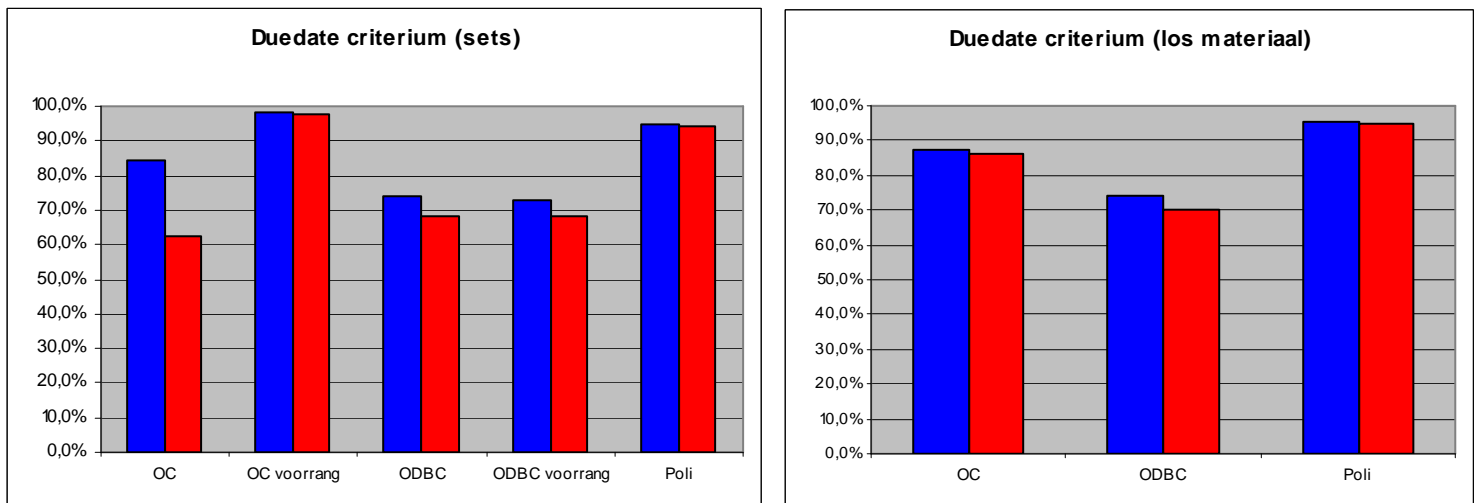
- Doorlooptijd criterium



**Figuur 7.12** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- De leverprestaties voor sets van het OC zijn 10% en voor sets van het ODBC 3% kleiner.
- Bij het losse materiaal is voor het OC en het ODBC een daling van minder dan 2% te zien.
- Voor de MHM van de Poli's blijven de leverpercentages gelijk aan 100%.

- Due date criterium



**Figuur 7.13** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het percentage op tijd geleverde eenheden daalt voor OC sets met meer dan 20% en voor sets van het ODBC met 5%. Voor de voorrangsets van het OC en de sets van de Poli's blijft dit percentage min of meer gelijk.
- Het percentage op tijd geleverde losse materialen daalt voor alle klanten. De grootste daling is te zien bij losse materialen van het ODBC.

## Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage X.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Sterke toename wachttijden op assemblage voor OC sets.  
*Het werken met een medewerker minder per shift leidt tot een reductie van het aantal medewerkers met prioriteit 'OC sets'. Dit heeft tot gevolg dat de wachttijden op assemblage het meeste toenemen voor sets van het OC. Voorrangsets van het OC worden nog steeds als eerste geselecteerd, zodat de effecten op de wachttijden van deze sets minder zijn.*
- Kleine toename wachttijden op assemblage voor los materiaal van het OC en MHM van het ODBC en de Poli's.  
*Omdat de medewerkers met prioriteit OC sets op rustige momenten worden ingezet op de assemblage van MHM van andere klanten, hebben deze MHM eveneens langere wachttijden op assemblage door de reductie van het aantal medewerkers. Voor MHM van het ODBC en de Poli's leidt dit tot een toename van 30 minuten en voor los materiaal van het OC leidt dit tot een toename van 15 minuten. De reden dat deze veranderingen verschillen is tweeledig:*
  - *Het effect op de wachttijden van los materiaal van het OC is klein, omdat los materiaal van het OC op dezelfde tijdstippen wordt geleverd als sets van het OC.*
  - *MHM van het ODBC en de Poli's worden voor een groot deel vroeg in de ochtend geleverd. Dit is de fase van de dag waarop de assemblagemedewerkers het minst druk bezet zijn.*

Koppeling met leverprestaties:

- Een verlenging van de totale doorlooptijd van OC sets leidt tot een reductie van beide leverprestaties van ca 20%.
- De doorlooptijd van OC voorrangsets is slechts 15 minuten langer. Doordat de doorlooptijdafspraken voor deze sets heel kort is, heeft deze verandering veel impact op de leverprestatie volgens het doorlooptijd criterium. De effecten op het due date criterium zijn gering.
- De totale en interne doorlooptijd van los materiaal van het OC is 15 minuten langer, waardoor beide leverprestaties licht dalen.
- De doorlooptijden van MHM van het ODBC en de Poli's veranderen op dezelfde manier. Toch zijn de effecten op de leverprestaties van het ODBC groter dan bij de Poli's. De reden is dat er met het ODBC kortere leverafspraken zijn gemaakt (doorlooptijd criterium) en dat MHM van het ODBC later op de CSA aankomen (due date criterium).

## Conclusie & Aanbevelingen:

Zoals verwacht leidt het reduceren van het aantal medewerkers per shift tot een daling van de leverprestaties volgens beide criteria voor alle MHM. De grootste veranderingen treden op bij OC sets, waarvan de doorlooptijden met meer dan 35% stijgen en de leverprestatie voor zowel het doorlooptijd criterium als ook het due date criterium met 20% dalen.

Aanbevelingen:

- Uit dit experiment volgt dat het werken met minder dan 10 medewerkers per shift vermeden dient te worden. Enige kanttekening hierop zijn de kostenbesparingen van 386 euro per dag.
- Door de manier waarop medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ aan klanten worden toebedeeld, worden sets van het OC het sterkste door een reductie van het aantal medewerkers getroffen. Het is aan te raden om in geval van onderbezetting op deze indeling van de assemblage medewerkers te letten.
- Er is wederom gebleken dat de leverafspraak voor voorrangsets te kort is. Kleine veranderingen van de doorlooptijd resulteren in zeer grote veranderingen van de leverprestaties.

### 7.3.6 Experiment 6: Een medewerker extra per shift

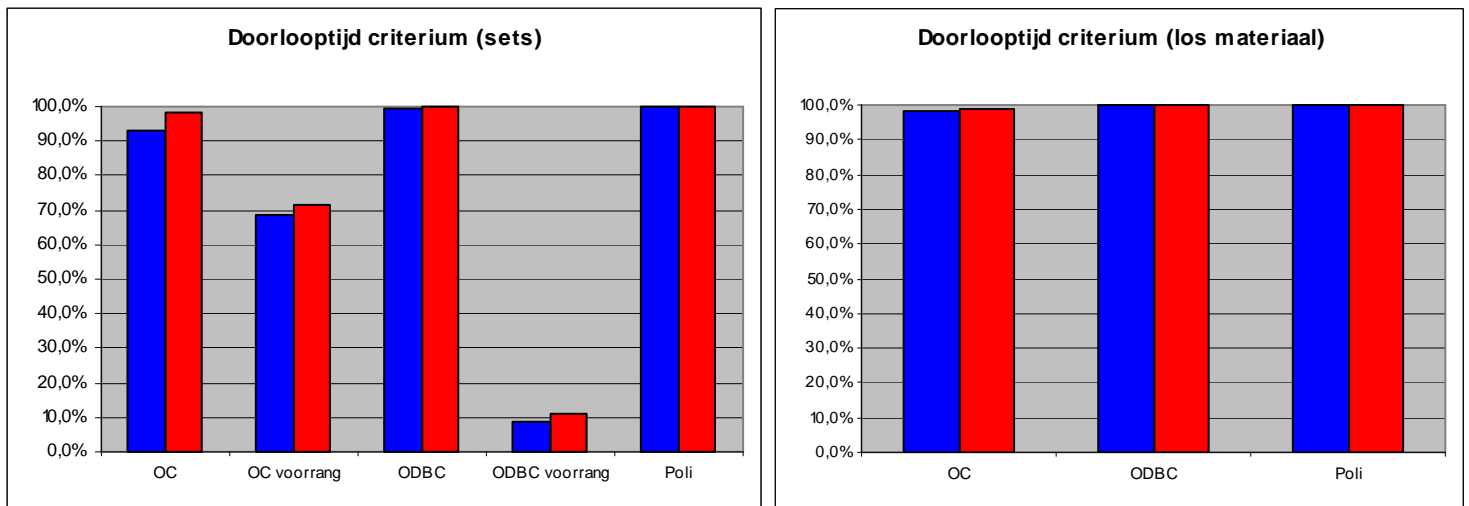
**Verwachtingen:**

Uitgaande van de ervaringen in experiment 5 wordt van een extra medewerker per shift het volgende verwacht:

- Kortere wachttijden op assemblage voor alle MHM en in het bijzonder voor sets van het OC.
- Een sterke stijging van de leverpercentages voor OC sets en een lichte stijging van de leverprestaties voor de overige MHM (doorlooptijd criterium en due date criterium).

**Leverprestaties:**

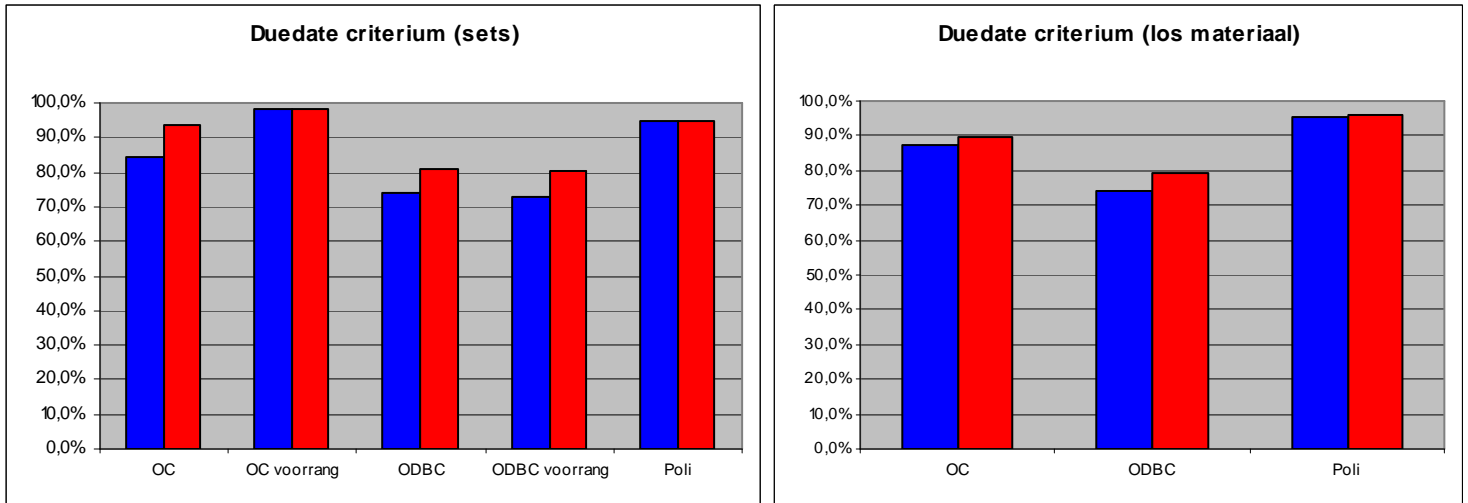
- Doorlooptijd criterium



**Figuur 7.14** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het leverpercentage van OC sets stijgt met 5% en de leverpercentages van OC en ODBC voorrangsets met elk ruim 2%.
- De leverpercentages voor los materiaal van OC en ODBC stijgen eveneens.
- Voor de MHM van de Poli's blijven de leverpercentages gelijk aan 100%.

- Due date criterium



**Figuur 7.15** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Het percentage op tijd geleverde OC sets, ODBC sets en ODBC voorrangsets stijgt elk met meer dan 5%.
- Het percentage op tijd geleverde losse materialen van OC en ODBC stijgen eveneens.
- De leverpercentages voor OC voorrangsets en MHM van de Poli's blijven min of meer gelijk.

### Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage Y.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Sterke reductie van de wachttijden op assemblage voor OC sets.  
*Door het roosteren van een extra medewerker per shift is er in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' een medewerker meer met prioriteit 'OC sets'.*
  - Dit heeft tot gevolg dat de wachttijdreductie op assemblage het grootst is voor sets van het OC.
  - Doordat voorrangsets van het OC als eerste geselecteerd worden, heeft het toevoegen van een extra medewerker minder uitwerking op de wachttijd op assemblage voor deze sets van het OC.
- Kleine reductie van de wachttijden op assemblage voor los materiaal van het OC en MHM van het ODBC en de Poli's.  
*Op momenten dat er geen sets van het OC op voorraad liggen, zullen medewerkers met prioriteit 'OC sets' MHM van andere klanten assembleren. Door het toevoegen van een extra medewerker is dit vaker het geval en nemen de wachttijden van andere MHM eveneens af.*
  - Het effect op de wachttijden van los materiaal van het OC is klein, omdat los materiaal van het OC op dezelfde tijdstippen wordt geleverd als sets van het OC.
  - Het effect op de wachttijden op assemblage is bij MHM van het ODBC groter dan bij MHM van de Poli's. De reden hiervoor is dat medewerkers met prioriteit 'OC sets' bij gebrek aan eigen materiaal eerst MHM van het ODBC selecteren.

Koppeling met leverprestaties:

- De doorlooptijdverkorting van OC sets resulteert in verbeteringen van de leverprestaties van meer dan 5%.
- Voorrangsets van het OC doorlopen het proces enkele minuten sneller. Hierdoor kunnen bijna 3% meer voorrangsets binnen leverafspraak worden geleverd. Op de prestaties op basis van het due date criterium heeft dit geen effecten.
- De totale en interne doorlooptijd van los materiaal van het OC daalt met 15 minuten waardoor beide leverprestaties licht stijgen
- De doorlooptijden van sets en los materiaal van het ODBC dalen met 25 minuten waardoor volgens het doorlooptijd criterium de leverprestaties 100% zijn. De leverprestaties volgens het due date criterium stijgen met ruim 5%.
- De doorlooptijden van MHM van de Poli's veranderen nauwelijks, waardoor ook de leverprestaties gelijk blijven.

### **Conclusie & Aanbevelingen:**

Door het roosteren van een extra medewerker per shift kunnen de leverprestaties van het proces voor zowel het doorlooptijd criterium als ook het due date criterium worden verbeterd.

Zoals verwacht zijn de effecten het grootst voor de leverprestaties van OC sets (doorlooptijdverkorting van 11%). Dit wordt gevolgd door betere leverprestaties voor los materiaal van het OC en MHM van het ODBC. Op de leverprestaties van MHM van de Poli's heeft het roosteren van een extra medewerker geen invloed.

Aanbevelingen:

- Uit de resultaten van experiment 5 en 6 volgt dat het toevoegen van de tiende medewerker per shift meer effect heeft op de doorlooptijden dan het toevoegen van de elfde medewerker. Dit betekent dat er sprake is van een afnemende *'rate of return'* van het aantal ingezette medewerkers.
  - Er wordt aanbevolen om te zoeken naar het aantal medewerkers waarin de toegevoegde waarde van de laatste medewerker nog in balans is met de extra kosten. Dit zal worden beïnvloed door de doelstellingen voor de leverprestaties.
  - Steeds kortere doorlooptijdafspraken resulteren in duurdere productiekosten. De gemiddelde bijdrage per medewerker wordt door de afnemende *'rate of return'* minder.
- Wil men de leverprestaties van MHM van een bepaalde klant middels een extra medewerker verbeteren, is het noodzakelijk om deze medewerker desbetreffende prioriteit bij de assemblage van MHM mee te geven.
- Wel dient er op gelet te worden dat de productiekosten per dag door de extra medewerker met 386 euro toenemen. Dit is een stijging van ca 9%.

### 7.3.7 Experiment 7: Verschoven pauzetijden

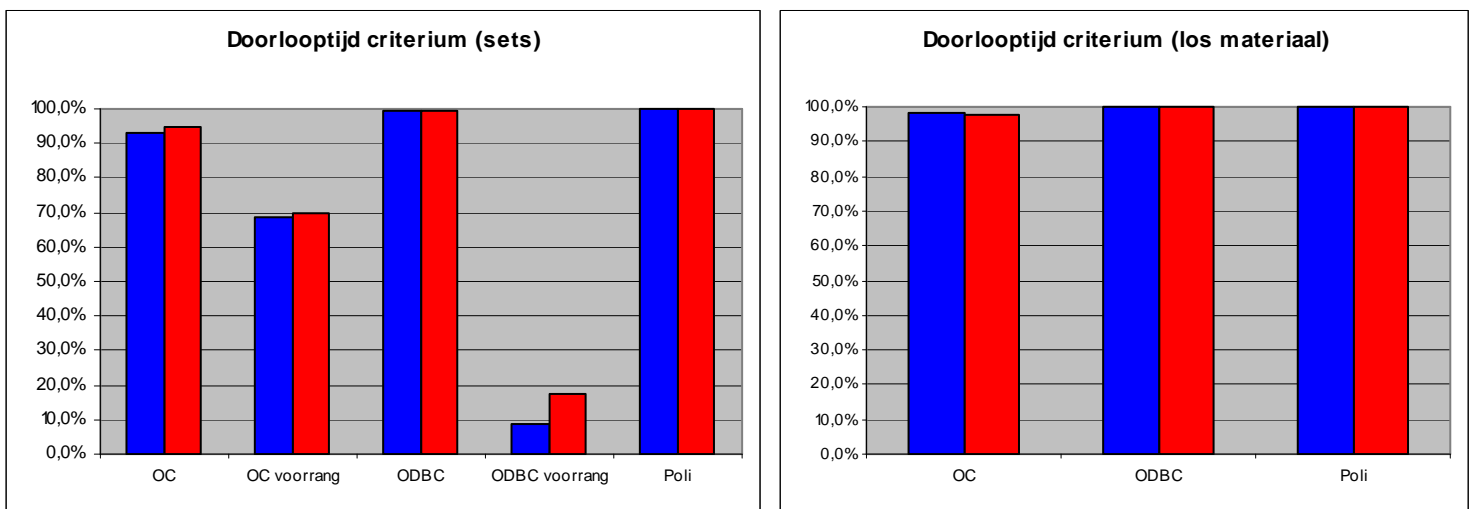
#### Verwachtingen:

Dit experiment waarin de pauzetijden 30 minuten eerder plaatsvinden, dient ertoe vast te stellen hoeveel impact de tijdstippen van de pauze op de prestaties van het systeem hebben. Het wordt verwacht dat de doorlooptijden van MHM hierdoor veranderen.

- Verandering van de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium.
- Als gevolg van de gewijzigde doorlooptijden eventueel ook veranderingen van de leverprestaties volgens het due date criterium.

#### Leverprestaties:

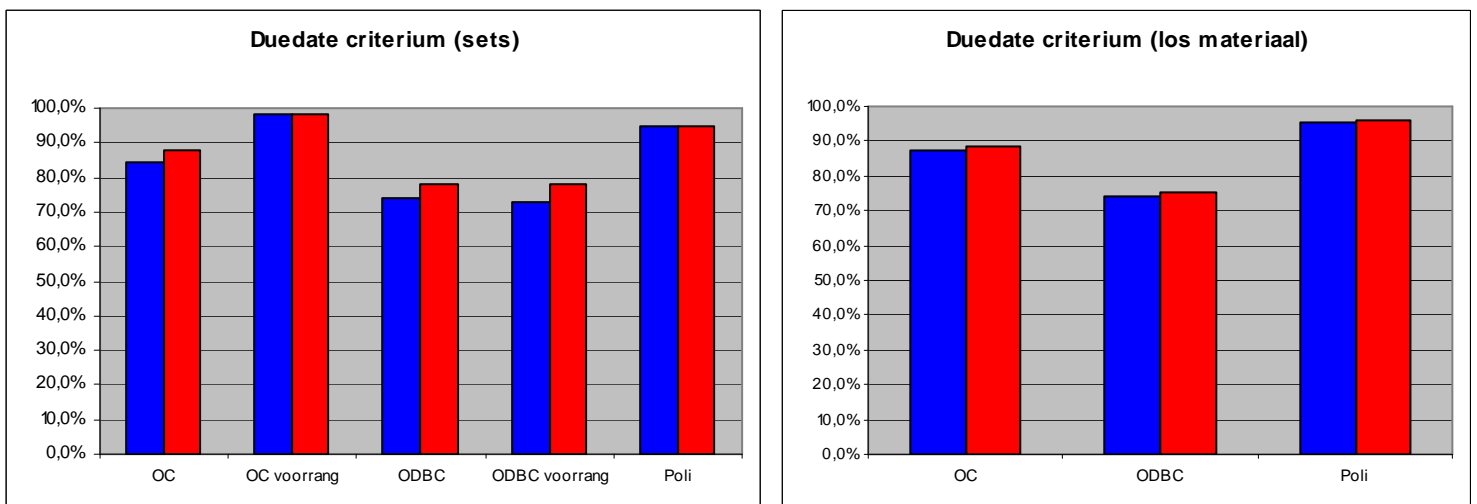
- Doorlooptijd criterium



**Figuur 7.16** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- Er is een lichte stijging te zien in het leverpercentage voor sets van het OC en een stijging van 9% voor voorrangsets van het ODBC.
- Minieme daling van het leverpercentage voor los materiaal van het OC.

- Due date criterium



**Figuur 7.17** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)



- Het percentage op tijd geleverde OC sets, ODBC sets en ODBC voorrangsets stijgt elk met bijna 5%.
- Het percentage op tijd geleverde losse materialen van OC en ODBC stijgt met ongeveer 1%.
- De leverpercentages voor OC voorrangsets en MHM van de Poli's blijven onveranderd.

### **Observaties & Analyses:**

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage Z.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Langere wachttijden op de reiniging in de batchmachines voor MHM van het OC en van het ODBC.  
*Een mogelijke oorzaak hiervoor is het feit dat 's ochtends om 11 uur veel MHM worden geleverd voor reiniging op de batchmachines. In dit scenario is er om 11:30 lunchpauze, zodat veel van deze materialen 30 minuten moeten wachten.*
- Kortere wachttijden op assemblage voor MHM van het OC en van het ODBC.  
*Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat de werkdrukke op assemblage vanaf 12 uur begint toe te nemen. Door de lunchpauze voor 12 uur af te sluiten, kan vanaf dit tijdstip met maximale capaciteit worden geassembleerd.*
- Weinig verandering van de wachttijden gedurende het proces voor MHM van de Poli's.  
*Het veranderen van de pauzetijden heeft weinig effect op de wachttijden voor MHM van de Poli's omdat een groot deel van deze MHM aan het begin van de dag om 7:30 worden geleverd.*

Koppeling met leverprestaties:

- Kortere doorlooptijden voor sets van het OC en ODBC resulteren in hogere leverpercentages voor zowel het doorlooptijd criterium alsook het due date criterium.
- De doorlooptijden voor los materiaal van het OC en ODBC nemen toe.
  - Dit levert een kleine afname van het percentage op tijd geleverde losse materialen voor het OC op. Door de ruime leverafspraken met het ODBC heeft dit weinig effect op de prestaties volgens het doorlooptijd criterium.
  - Tegen de verwachting in nemen de leverprestaties volgens het due date criterium voor beide klanten toe. Dit kan worden verklaard door het feit dat vooral MHM die om 16:45 en om 18:30 aankomen niet aan dit criterium voldoen. In het nieuwe pauzerooster is de pauze van 16:45 naar 16:15 verschoven. Hierdoor kunnen MHM die om 16:45 aankomen direct in behandeling worden genomen en is er een groter percentage voor de volgende dag gereed.

### **Conclusie & Aanbevelingen:**

Het verschuiven van de pauzetijden (30 minuten eerder) heeft een positief effect op de leverprestaties van de CSA. Voornamelijk de sets van het OC en ODBC presteren beter op zowel het doorlooptijd criterium als ook het due date criterium.

De volgende aanbevelingen worden op basis van dit experiment gegeven:

- Het veranderen van de pauzetijden heeft de meeste invloed op de wachttijden bij de activiteiten van de resources met de hoogste bezettingsgraad; de batchmachines en assemblagemedewerkers.
  - Bij het bepalen van geschikte pauzetijden dient op de bezetting van deze resources gelet te worden. In dit kader zou het zinvol kunnen zijn om medewerkers flexibel pauzes te laten houden op momenten dat het rustig is.
  - Gezien deze resources op verschillende momenten van het proces ingezet worden, zou het voordelig kunnen zijn om pauzes op verschillende tijdstippen te houden. Huidige pauzetijden blijken beter voor de benutting van de batchmachines. Pauzetijden 30 minuten eerder zijn beter voor de benutting van de assemblagemedewerkers.
- Door na 16:45 minder pauzes in te roosteren kunnen de prestaties volgens het due date criterium worden verbeterd.
- Hoe meer MHM 's ochtends om 7:30 aankomen, des te minder effect zullen de pauzetijden hebben op de leverprestaties.

### 7.3.8 Experiment 8: Verschoven medewerkerrooster

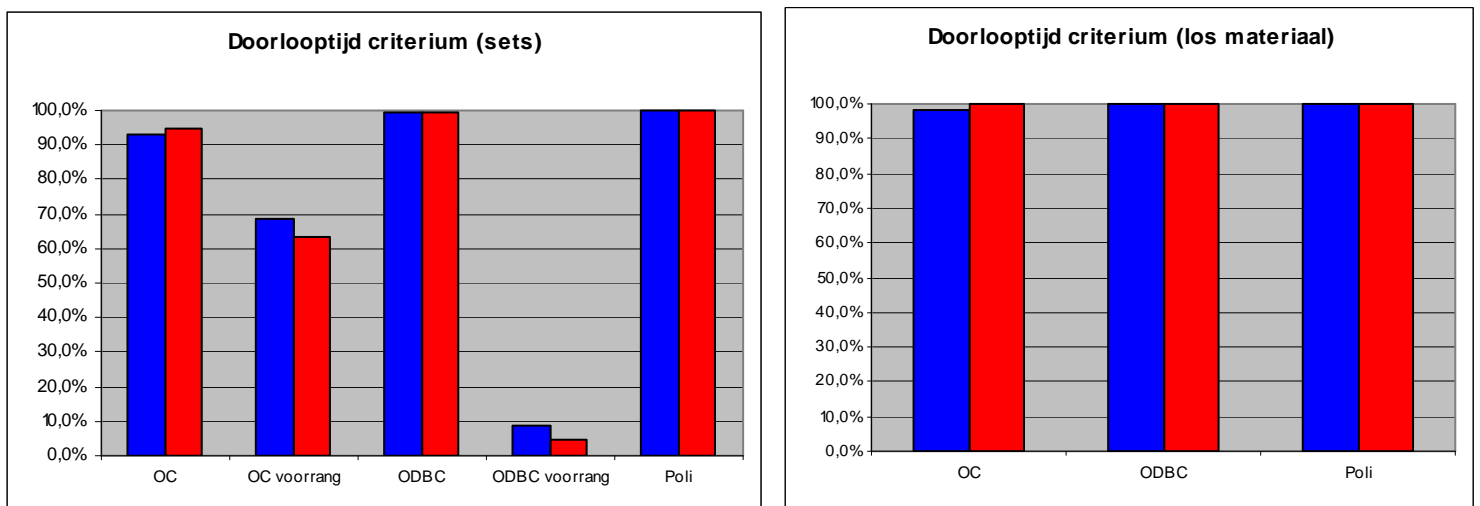
#### Verwachtingen:

Door het medewerkerrooster 1.5 uur te verschuiven, begint de eerste shift pas om 9 uur 's ochtends en eindigt de tweede shift om 1 uur 's nachts. Dit heeft de volgende gevolgen:

- MHM die voor 9 uur op de CSA aankomen, moeten langer wachten. Hierdoor worden de gemiddelde doorlooptijden langer.
  - Doordat de CSA langer open is, staat er meer tijd ter beschikking om MHM die tot en met 18:30 op de CSA aankomen te verwerken.
- Slechtere leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium.  
 → Betere leverprestaties volgens het due date criterium.

#### Leverprestaties:

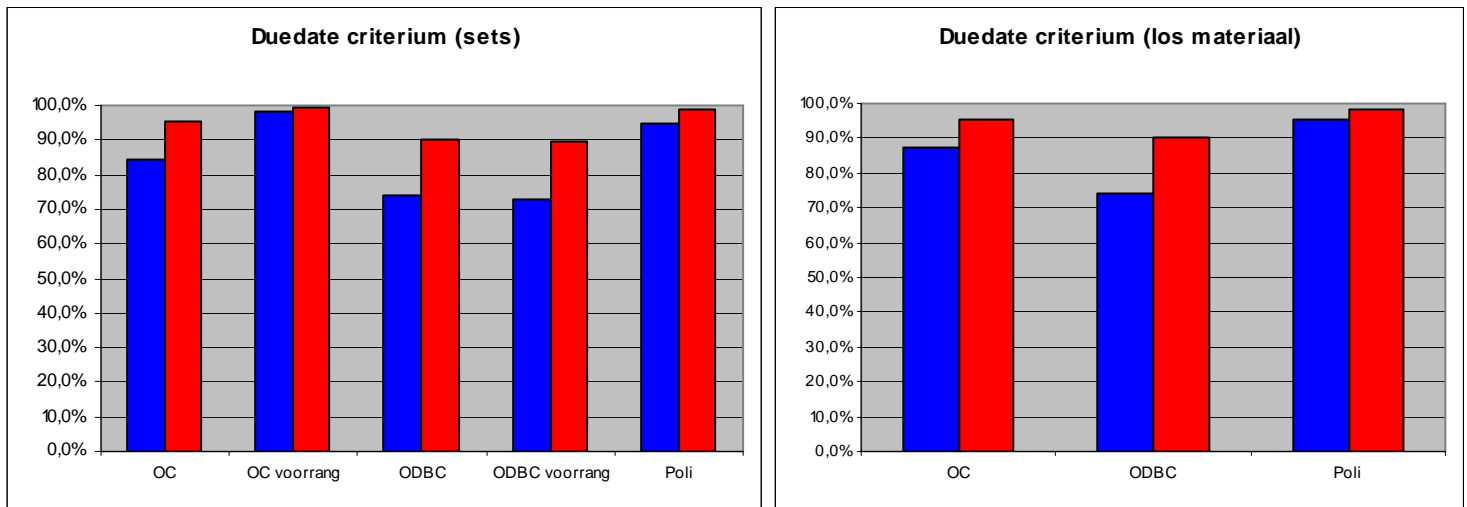
- Doorlooptijd criterium



Figuur 7.18 Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- De leverprestaties voor OC sets en OC los materiaal stijgen elk met ca 2%.
- De leverprestaties voor voorrangsets van het OC en ODBC dalen.

- Due date criterium



**Figuur 7.19** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- De leverprestaties volgens het due date criterium stijgen voor alle sets en alle losse materialen.
  - Grote verbeteringen worden bij OC sets, OC los materiaal en MHM van het ODBC geconstateerd.
  - OC voorrangsets en MHM van de Poli's hebben leverprestaties van bijna 100%.

### Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage AA.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- De wachttijd op voorbehandeling is langer voor MHM van het ODBC en van de Poli's.  
*In deze nieuwe situatie wordt er telkens kort na de aankomst van MHM van het ODBC pauze gehouden. Dit heeft tot gevolg dat de wachttijd op voorbehandeling van deze MHM toeneemt. Doordat medewerkers pas om 9 uur beginnen, moeten MHM die eerder aankomen langer wachten op de voorbehandeling. Dit betreft ca 40% van de MHM van de Poli's.*
- De wachttijd op assemblage is korter voor MHM van het ODBC en van de Poli's.  
*Door het verschuiven van de pauzetijden treden veranderingen op in de wachttijden op de verschillende activiteiten. De grootste verandering ontstaat bij de wachttijd op assemblage voor MHM van het ODBC en de Poli's.*
- Langere wachttijden op transport voor MHM van het ODBC en de Poli's  
*Voor dit verschil zijn twee veranderingen verantwoordelijk.*
  - Medewerkers beginnen pas later op de dag. Hierdoor worden MHM pas later in behandeling genomen en zijn niet op tijd gereed voor het laatste vertrekmoment van de dag. Dit is voornamelijk voor MHM van de Poli's het geval die om 7:30 aankomen en niet op tijd gereed zijn voor het laatste vertrekmoment om 13:15.

- *De wachttijden worden berekend exclusief nachturen. In de nieuwe situatie is de CSA tot 01:00 uur open in plaats van 23:30. Hierdoor worden van de wachttijden op transport slechts 6:30 nachturen afgetrokken in plaats van 8:00.*
- **Weinig verandering van de wachttijden gedurende het proces voor MHM van het OC.**  
*Dit heeft twee verschillende oorzaken.*
  - *Slechts ca 5% van de MHM van het OC komen voor 9:00 op de CSA aan.*
  - *Er is een grote frequentie voor aankomst- en vertrekkritten voor het OC.*

Koppeling met leverprestaties:

- De veranderingen van de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium volgen uit de veranderingen van de totale doorlooptijden.
- Voor de veranderingen van de leverprestaties volgens het due date criterium zijn zowel de kortere interne doorlooptijden als ook de latere werktijden van de medewerkers verantwoordelijk.

### **Conclusie & Aanbevelingen:**

Door het verschuiven van de werktijden van het medewerkerrooster kunnen de leverprestaties volgens het due date criterium sterk worden verbeterd. Op de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium heeft deze wijziging weinig invloed. Enige uitzondering is een kleine daling voor voorrangsets. Omdat een verandering van het medewerkerrooster geen extra kosten met zich meebrengt is een verandering van het medewerkerrooster op basis van deze uitkomsten aan te bevelen.

Op basis van dit experiment worden de volgende aanbevelingen gegeven:

- Op de interne doorlooptijden hebben niet alleen de gewijzigde werktijden, maar ook de gewijzigde pauzetijden invloed.
  - Negatieve gevolgen van de werktijden kunnen middels een goede planning van de pauzetijden worden gecompenseerd.
- Onafhankelijk van de pauzetijden heeft het verschuiven van de werktijden een positief effect op de percentages op tijd geleverde MHM.

### **7.3.9 Experiment 9: Alternatief medewerkerrooster**

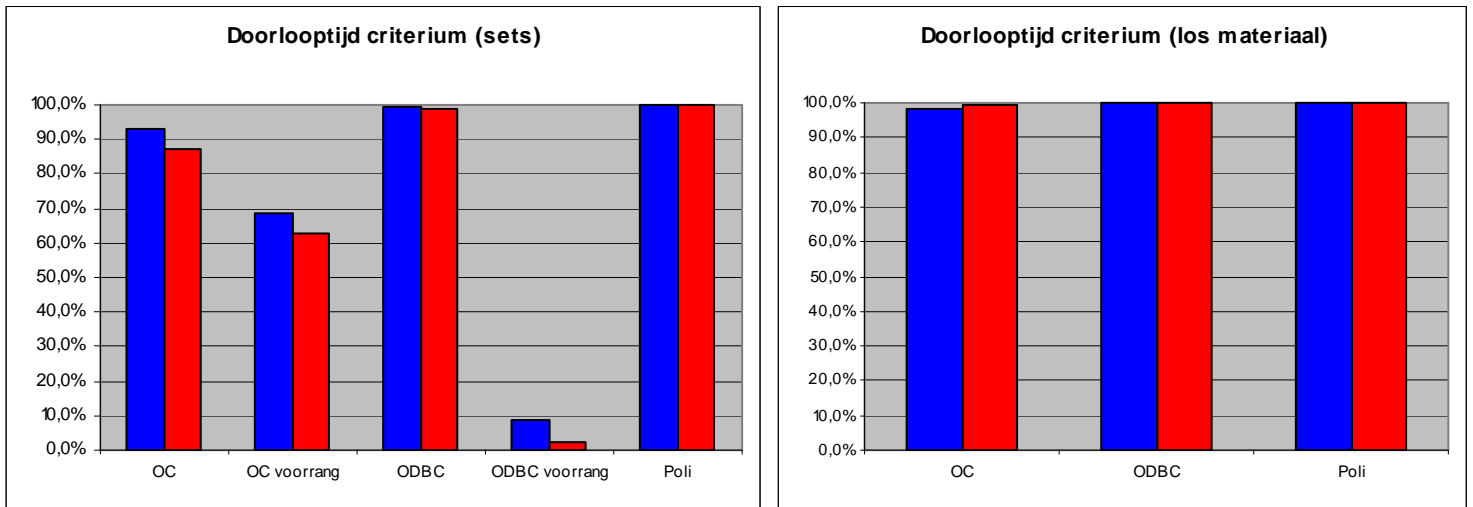
#### **Verwachtingen:**

In dit rooster is getracht de beschikbare medewerker capaciteit beter te laten aansluiten op het werkaanbod.

- Door betere benutting van de resources zouden de gemiddelde doorlooptijden moeten worden verkort.
  - Door betere roostering van de medewerkers is er meer tijd ter beschikking om MHM die tot en met 18:30 op de CSA aankomen te verwerken.
- Betere leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium.
- Betere leverprestaties volgens het due date criterium.

## Leverprestaties:

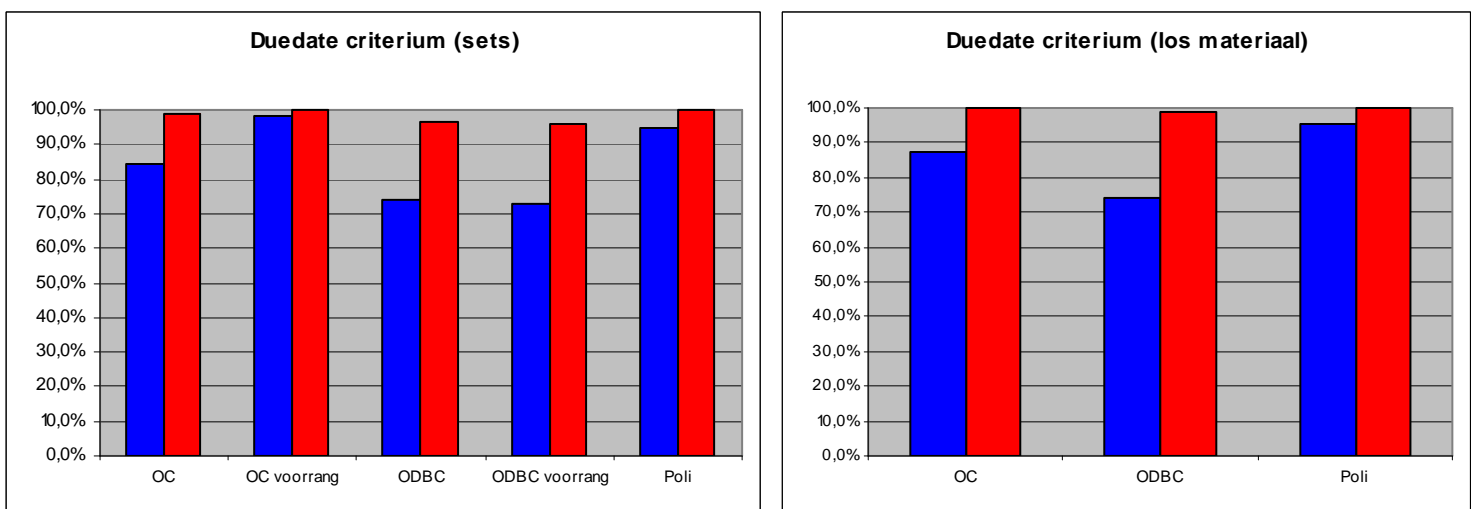
- Doorlooptijd criterium



**Figuur 7.20** Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)

- De leverprestaties voor OC sets, OC voorrangsets en ODBC voorrangsets nemen met 6% af.
- Van het losse materiaal van het OC wordt ruim 1% meer binnen leverafpraak geleverd.

- Due date criterium



**Figuur 7.21** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- De leverprestaties volgens het due date criterium stijgen voor MHM van het OC en de Poli's naar bijna 100%.
- Van de MHM van het ODBC worden ca 95% op tijd geleverd.

## Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage BB.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- Weinig verandering van de wachttijden van alle MHM in 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon'.  
*In de default situatie is de bezettingsgraad van de medewerkers in 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' gedurende de overlap van de shifts tussen 15:00 en 16:00 uur onder de 50%. Door het verschuiven van de begintijden van de twee medewerkers in deze ruimte naar 16:00 uur is weinig aan de doorstroom van MHM veranderd.*
- De wachttijd op assemblage is langer voor MHM van het OC en van het ODBC.  
*Voor dit verschil zijn verschillende veranderingen verantwoordelijk.*
  - *De medewerker die om 6:00 uur in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' begint heeft de focus op 'OC sets' en is om 14:30 uur klaar met werken. Dit heeft tot gevolg dat tussen 14:30 en 16:00 uur een medewerker minder ter beschikking staat dan in het default scenario. Voornamelijk OC sets hebben hierdoor langere wachttijden.*
  - *In het nieuwe rooster is tussen 15:00 en 16:00 uur geen overlap van twee shifts met in totaal 13 assemblage medewerkers. Dit heeft tot gevolg dat de medewerkers gedurende deze fase 100% bezet zijn in plaats van oorspronkelijk 82%. Hierdoor ontstaan langere wachttijden op assemblage.*
  - *De wachttijden worden berekend exclusief nachturen. In de nieuwe situatie is de CSA vanaf 6:00 uur tot 01:30 uur open in plaats van tussen 7:30 en 23:30 uur. Hierdoor worden van de wachttijden 4:30 nachturen afgetrokken in plaats van 8:00.*
- De wachttijd op beladen is langer voor MHM van het OC en van het ODBC.  
*Vanaf 23:00 uur is de 'Distributie Ruimte' niet meer bezet. Alle MHM die vanaf nu uit de autoclaven worden gestoten, moeten tot de volgende ochtend wachten op beladen. Omdat de 'Assemblage & Inpak Ruimte' tot 01:30 uur bezet is, worden de eerste 2:30 niet als nachturen gerekend. Hierdoor stijgt de gemiddelde wachttijd op beladen. Voor MHM van de Poli's is dit effect kleiner omdat hiervan minder eenbeden zo laat worden gesteriliseerd.*
- Langere wachttijden op transport voor MHM van het ODBC en de Poli's  
*Voor dit verschil is wederom de berekening van de wachttijden exclusief nachturen verantwoordelijk. Door de nieuwe openingstijden worden slechts 4:30 nachturen van de wachttijden afgetrokken.*

#### Koppeling met leverprestaties:

- Door de veranderingen van de wachttijden op assemblage, op beladen en op transport hebben MHM langere totale doorlooptijden. Dit resulteert in slechtere prestaties volgens het doorlooptijd criterium. Voor MHM van het ODBC en de Poli's is dit minder goed zichtbaar omdat de nieuwe doorlooptijden nog steeds ruim binnen de afspraken liggen.
- De prestaties volgens het due date criterium zijn in dit scenario nog beter dan in het voorgaande experiment, ook al zijn de interne doorlooptijden langer. De reden is dat in dit rooster medewerkers niet alleen 's avonds langer beschikbaar zijn maar ook 's ochtends eerder beginnen. Hierdoor kunnen MHM die gedurende de nacht worden gereinigd of gesteriliseerd nog op tijd gereedgezet worden voor vertrek.

## **Conclusie & Aanbevelingen:**

Door het hanteren van een alternatief medewerkerrooster dat beter aansluit op het werkaanbod worden de doorlooptijden langer en zijn de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium slechter. Tegelijkertijd worden de tot nu toe hoogste leverprestaties volgens het due date criterium gerealiseerd met een minimum van 96%. Het veranderen van het medewerkerrooster brengt geen extra kosten met zich mee. Het is zelfs denkbaar dat kosten kunnen worden bespaard, doordat er geen nachtdiensten meer gedraaid hoeven te worden.

Uit dit experiment volgen een aantal aanbevelingen:

- De berekeningen van de wachttijden exclusief nachturen zijn gevoelig voor de openingstijden van de CSA. Door het spreiden van de werktijden van de medewerkers worden de nachten korter en zijn de berekende wachttijden langer. Bij de beoordeling van de prestaties van dit experiment en het vergelijken met andere experimenten dient hiermee rekening te worden gehouden.
- Voor hoge prestaties volgens het due date criterium is het niet alleen belangrijk dat de medewerkers tot laat op de CSA beschikbaar zijn, maar ook dat medewerkers vroeg beginnen. Hierdoor kunnen MHM die 's nachts nog machinaal gereinigd of gesteriliseerd worden voor de eerste transportrit gereed worden gezet.
- Bij nadere analyse blijkt dat het voordelig is om medewerkers gedurende de dag variabel in te zetten.
  - De medewerker die om 6:00 uur in de 'Distributie Ruimte' begint, heeft tussen 8:00 en 10:00 uur geen werk. Die zou gedurende deze tijd in de ruimte 'Desinfectie Vuil' kunnen worden ingezet.
  - De medewerker die om 16:00 uur in 'Desinfectie Vuil' start, heeft tussen 23:00 en 0:30 geen werk. Wanneer men deze medewerker in de 'Distributie Ruimte' inzet, kunnen de wachttijden op beladen gereduceerd worden.

### **7.3.10 Experiment 10: Kleine aanpassingen transportrooster + alternatief medewerkerrooster**

Tot slot is een experiment doorgevoerd waarin de twee experimentele factoren 'transportrooster' en 'medewerkerrooster' zijn gecombineerd.

Voor de experimentele factor 'transportrooster' is gekozen voor het rooster met kleine aanpassingen uit experiment 3. De leverprestaties van het productieproces zijn onder dit rooster vergelijkbaar met de prestaties wanneer het rooster ingrijpender wordt aangepast. Bovendien levert dit rooster zonder verdere veranderingen de kortste doorlooptijden voor MHM op.

Voor de experimentele factor 'medewerkerrooster' is gekozen voor het alternatieve medewerkerrooster dat in experiment 9 is onderzocht. Dit rooster leverde de beste leverprestaties volgens het due date criterium op.

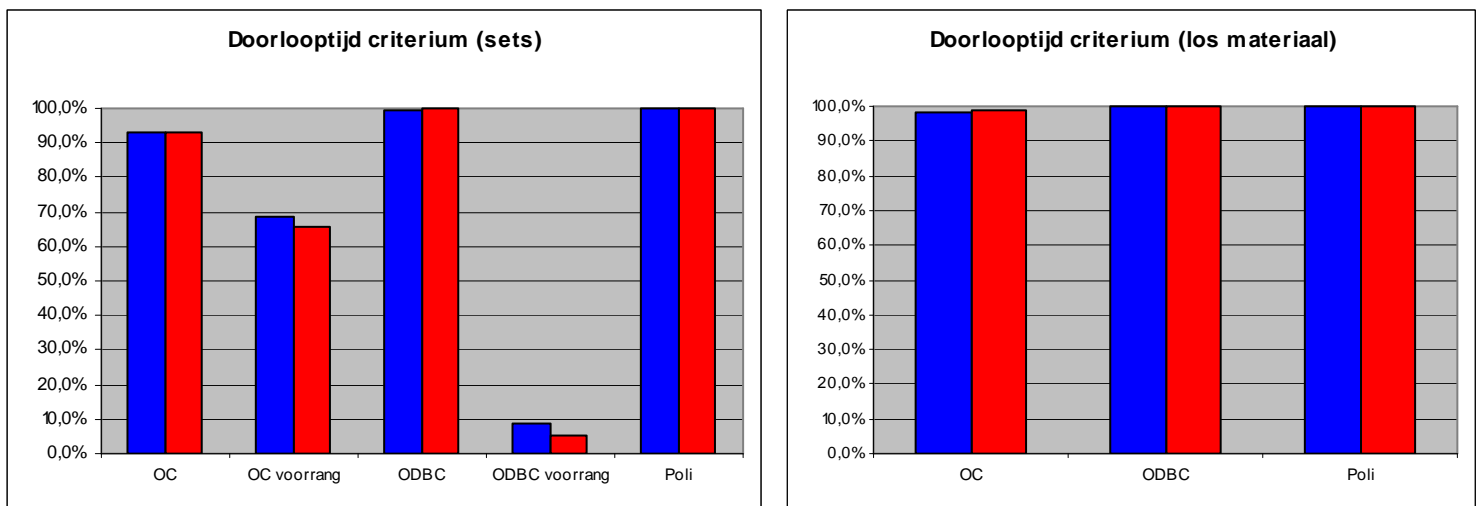
## Verwachtingen:

Uitgaande van de resultaten uit experiment 3 en 9 worden de volgende veranderingen van de leverprestaties verwacht.

- Weinig verandering leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium.  
Het aangepaste transportrooster heeft een positief effect op deze prestaties en het nieuwe medewerkerrooster heeft een negatief effect hierop.
- Maximale leverprestaties volgens het due date criterium.  
Zowel het aangepaste transportrooster alsook het aangepaste medewerkerrooster heeft positieve effecten op deze leverprestaties.

## Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium

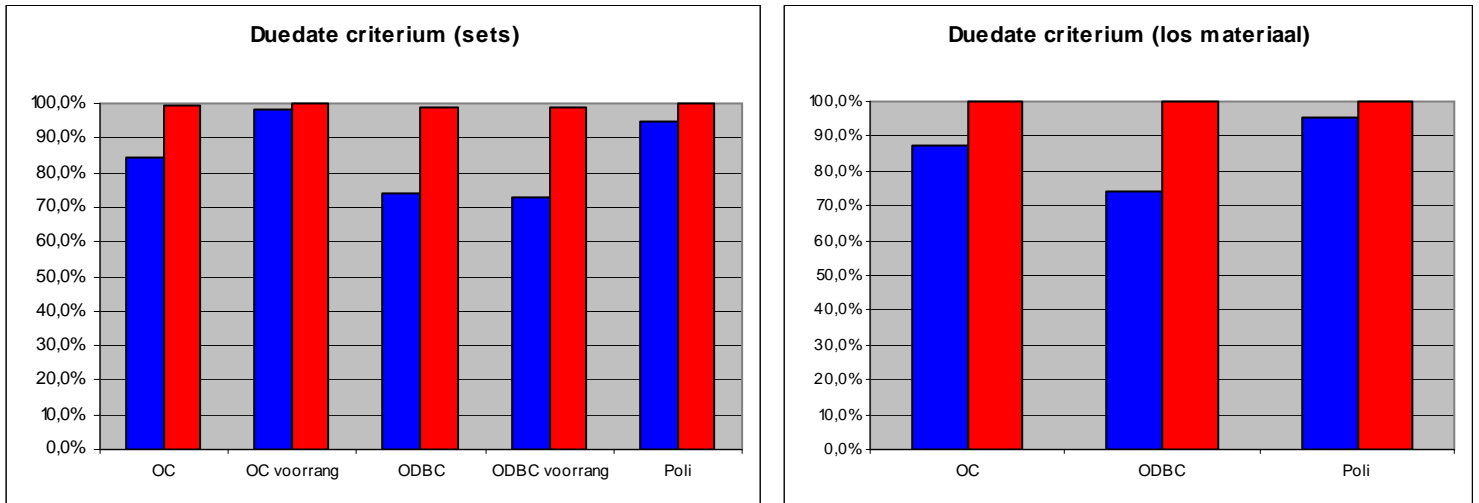


*Figuur 7.22 Leverpercentages volgens doorlooptijd criterium (blauw: default, rood: scenario)*

- Het percentage binnen leverafpraak geleverde voorrangsets daalt voor zowel het OC als ook het ODBC met ca 3%.
- Voor alle overige MHM blijft de leverprestatie volgens het doorlooptijd criterium gelijk.



- Due date criterium



**Figuur 7.23** Leverpercentages volgens due date criterium (blauw: default, rood: scenario)

- De leverprestaties volgens het due date criterium stijgen voor alle sets en alle losse materialen naar 100%.

### Observaties & Analyses:

Voor een gedetailleerde weergave van alle outputs van dit experiment en de daarop gebaseerde observaties en analyses wordt verwezen naar bijlage CC.

De belangrijkste observaties en *analyses* zijn de volgende:

- De wachttijd op reiniging in de batchmachines neemt voor MHM van het OC toe en voor MHM van het ODBC en de Poli's af.  
*Hiervoor is het gewijzigde transportrooster verantwoordelijk.*
- De wachttijd op assemblage is korter voor sets van het ODBC en voor MHM van de Poli's.  
*Door de spreiding van het werkaanbod in het nieuwe transportrooster worden de wachttijden op assemblage voor alle MHM korter.*  
*Dit wordt voor MHM van het OC en los materiaal van het ODBC gecompenseerd door de effecten van het gewijzigde medewerkerrooster.*
- De wachttijd op beladen is langer voor MHM van het OC en van het ODBC.  
*Hiervoor is het gewijzigde medewerkerrooster verantwoordelijk.*
- Veranderingen van de wachttijden op transport voor MHM van het ODBC en de Poli's  
*De wachttijden op transport blijken te worden gevormd door de effecten van beide experimentele factoren bij elkaar op te tellen, bijvoorbeeld:*
  - *Sets van het ODBC zouden op basis van het transportrooster een half uur minder lang wachten en op basis van het medewerkerrooster 2 uur langer. Dit levert 1:30 uur langere wachttijden op.*

Koppeling met leverprestaties:

- Hieruit volgt dat de totale doorlooptijden voor alle MHM min of meer gelijk blijven, net als de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium.

- De interne doorlooptijden nemen voor een deel van de MHM toe en voor een deel van de MHM af. Toch stijgen de leverprestaties volgens het due date criterium voor alle MHM naar 100%. Hiervoor zijn de volgende drie factoren van belang:
  - Door de toevoeging van extra transportritten komen MHM eerder op de CSA aan.
  - In het nieuwe medewerkerrooster is de CSA 's avonds langer open om MHM die laat aankomen nog te kunnen verwerken.
  - In het nieuwe medewerkerrooster is de CSA 's ochtends eerder open, om MHM die nog niet verwerkt zijn nog tijdig voor de eerste transportrit gereed te kunnen zetten.

### Conclusie & Aanbevelingen:

Door zowel het transportrooster alsook het medewerkerrooster aan te passen kunnen nog betere leverprestaties gerealiseerd worden. Kleine aanpassingen van het transportrooster gecombineerd met een alternatief medewerkerrooster levert 100% leverprestaties volgens het due date criterium op voor alle MHM van alle klanten. Tegelijkertijd blijven de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium, met uitzondering van een kleine daling voor voorrangsets, gelijk.

Aanbevelingen op basis van dit experiment:

- De resultaten van dit experiment bevestigen de aanname dat een afstemming van de productiecapaciteit op het werkaanbod essentieel is voor het verbeteren van de leverprestaties.
- Omdat de effecten van de veranderingen van het transport- en medewerkerrooster elkaar kunnen aanvullen dan wel compenseren, wordt aanbevolen om dit simulatiemodel te gebruiken om de gevolgen in kaart te brengen.

## 7.4 Samenvatting van de experimenten

De resultaten van deze tien experimenten worden in onderstaande tabellen 7.5 en 7.6 samengevat. In de eerste rij worden de prestaties voor het default scenario weergegeven. Vervolgens worden per experiment de veranderingen van de leverprestaties ten opzichte van het default scenario met behulp van pijlen weergegeven. De legenda voor deze tabellen is als volgt:

↑	↗	~	↘	↓
> 10% beter	2 - 10% beter	Ver- andering < 2%	2 - 10% slechter	> 10% slechter

**Legenda tabellen 7.5 en 7.6**

In deze tabellen worden naast de veranderingen van de leverprestaties voor sets en los materiaal per klant ook de veranderingen aangegeven voor sets en los materiaal in totaal. De veranderingen van deze leverprestaties geven een indicatie van het gehele effect van een verbetervoorstel. De leverprestaties voor 'sets' worden voor een groot deel bepaald door de leverprestaties voor OC sets (50% van alle sets). De leverprestaties voor 'los materiaal' worden voor een groot deel bepaald door de prestaties van het losse materiaal van het OC (26%) en van het losse materiaal van de Poli's (65%).

Exp.	Experimentele factor	Sets	Doorlooptijd criterium						Los	OC	ODBC	Poli
			OC	OC vrg	ODBC	ODBC vrg	Poli					
0	Default (%)	85,3	93,2	68,6	99,3	8,6	100	99,5	98,2	99,9	100	
1	Splitsen assemblage en verpakken	↗	↘	↑	~	~	~	~	~	~	~	
2	Fictief transportrooster	↗	↗	↗	~	~	~	~	~	~	~	
3	Kleine aanpassingen transportr.	↗	↗	↗	~	↘	~	~	↘	~	~	
4	Grote aanpassingen transportr.	↗	~	↗	~	↘	~	~	↘	~	~	
5	Een medewerker minder per shift	↓	↓	↓	↘	~	~	~	~	~	~	
6	Een medewerker extra per shift	↗	↗	↗	~	↗	~	~	~	~	~	
7	Pauzetijden 30 minuten eerder	~	~	~	~	↗	~	~	~	~	~	
8	'Verschoven' medewerkerrooster	~	~	↘	~	↘	~	~	~	~	~	
9	Alternatief medewerkerrooster	↘	↘	↘	~	↘	~	~	~	~	~	
10	Kleine aanpassingen transportr. + alternatief medewerkerrooster	~	~	↘	~	↘	~	~	~	~	~	

**Tabel 7.5** *Overzicht leverprestaties per experiment (doorlooptijd criterium)*

Deze tabel geeft de veranderingen van de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium voor de verschillende experimenten weer.

- Het splitsen van assemblage en verpakken (experiment 1) resulteert in een verbetering van de leverprestaties voor sets algemeen, ten koste van een verslechtering voor OC sets.
- Alle experimenten met een gewijzigd transportrooster (experimenten 2 – 4) resulteren in verbeteringen van de leverprestaties voor sets. Kleine aanpassingen van het rooster leveren betere resultaten op voor OC sets dan grote aanpassingen van het rooster.
- Wijzigingen van het medewerkerrooster (experimenten 5 – 9) leveren met uitzondering van het toevoegen van een extra medewerker slechtere of gelijkblijvende resultaten op voor sets in het algemeen. Het alternatieve medewerkerrooster lijkt slechter te presteren dan het verschoven rooster. Een kanttekening is hierbij dat dit deels is te wijten aan de berekening van de wachttijden exclusief nachturen.
- Een combinatie van de instellingen in experiment 3 en 9 (experiment 10) levert min of meer ongewijzigde prestaties op voor sets. De effecten van het transportrooster op de prestaties voor OC sets en OC los materiaal worden gecompenseerd door de effecten van het medewerkerrooster.
- Leverprestaties voor sets van de Poli's en los materiaal van alle klanten blijven ongewijzigd. De reden hiervoor is dat de doorlooptijden van deze MHM ruim binnen de leverafspraken liggen, zodat de leverprestaties ongeveer 100% zijn.

Exp.	Experimentele factor	Due date criterium									
		Sets	OC	OC vrg	ODBC	ODBC vrg	Poli	Los	OC	ODBC	Poli
0	Default (%)	86,5	84,6	98,1	74,2	72,8	94,9	91,6	87,5	73,9	95,5
1	Splitsen assemblage en verpakken	~	↘	~	↗	↗	↗	~	~	↘	~
2	Fictief transportrooster	↑	↑	~	↑	↑	↗	↗	↑	↑	↗
3	Kleine aanpassingen transportr.	↗	↗	~	↑	↑	↗	~	↘	↑	~
4	Grote aanpassingen transportr.	↗	↗	~	↑	↑	↗	↗	↗	↑	↗
5	Een medewerker minder per shift	↓	↓	~	↘	↘	~	~	~	↘	~
6	Een medewerker extra per shift	↗	↗	~	↗	↗	~	~	↗	↗	~
7	Pauzetijden 30 minuten eerder	↗	↗	~	↗	↗	~	~	~	~	~
8	'Verschoven' medewerkerrooster	↗	↑	~	↑	↑	↗	↗	↗	↑	↗
9	Alternatief medewerkerrooster	↑	↑	~	↑	↑	↗	↗	↑	↑	↗
10	Kleine aanpassingen transportr. + alternatief medewerkerrooster	↑	↑	~	↑	↑	↗	↗	↑	↑	↗

Tabel 7.6 Overzicht leverprestaties per experiment (due date criterium)

Deze tabel geeft de veranderingen van de leverprestaties volgens het due date criterium voor de verschillende experimenten weer.

- Het splitsen van het assembleren en verpakken (experiment 1) heeft weinig invloed op de leverprestaties voor sets en los materiaal. De verbeteringen voor sets van het ODBC en de Poli's worden gecompenseerd door de verslechtering voor OC sets.
- In alle experimenten met gewijzigde transportroosters (experiment 2 – 4) worden betere leverprestaties voor zowel sets als los materiaal gerealiseerd.
- Alle medewerkerroosters (experimenten 5 – 9) met uitzondering van experiment 5 leveren verbeteringen op van de leverprestaties voor zowel sets als ook los materiaal. Het blijkt dat het veranderen van het rooster meer effect heeft op de prestaties dan het toevoegen van een extra medewerker. Bovendien is te zien dat het alternatieve rooster beter presteert dan het verschoven rooster.
- De combinatie van de instellingen in experiment 3 en 9 (experiment 10) levert de beste leverprestaties op.
- Het percentage op tijd geleverde OC voorrangsets verandert niet in de verschillende experimenten. De reden is dat deze sets een zeer korte doorlooptijd hebben en daardoor in alle experimenten ongeveer 100% op tijd zijn.

Uit dit overzicht van de leverprestaties in de verschillende experimenten wordt duidelijk dat de prestaties volgens het doorlooptijd criterium anders worden beïnvloed als de prestaties volgens het due date criterium.

**Doorlooptijd criterium:**

De prestaties volgens het doorlooptijd criterium kunnen het beste worden verbeterd middels aanpassingen van het transportrooster. Door het invoeren van extra ritten worden de aankomstbatches kleiner en de wachttijden op de activiteiten gemiddeld korter. De grotere spreiding van het werkaanbod levert bovendien een ontlasting van de bottleneck capaciteiten op, waardoor de interne doorlooptijden verder verkort worden. Van essentieel belang is dat de aankomst- en vertrektijden per klant worden afgestemd op de interne doorlooptijden van desbetreffende MHM.

Intern kunnen de prestaties alleen effectief worden verbeterd door het toevoegen van extra medewerker capaciteit.

**Due date criterium:**

De leverprestaties volgens het due date criterium kunnen het meest efficiënt worden verbeterd middels aanpassingen van het medewerkerrooster. Het meeste effect heeft het roosteren van medewerkers voor de eerste transportrit, zodat MHM die 's nachts zijn gereinigd of gesteriliseerd nog op tijd gereed worden gezet. Ook het langer doorwerken heeft een zeer positief effect op de leverprestaties. Daarnaast kunnen verbeteringen worden gerealiseerd door een extra medewerker en het roosteren van minder pauzes na 16:45 uur.

Middels het transportrooster kunnen de leverprestaties ook worden verbeterd, mits dit kortere interne doorlooptijden oplevert of MHM eerder op de CSA aankomen.

## 8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zal worden nagegaan in hoeverre aan de doelstelling van dit onderzoek is voldaan. Hiervoor worden twee delen van de doelstelling onderscheiden.

Het eerste deel van de doelstelling in hoofdstuk 2 luidt als volgt:

**De (logistieke) prestaties van het primaire proces van de CSA inzichtelijk maken en verklaren.**

In hoofdstuk 3 wordt het primaire proces op basis van interviews en observaties beschreven. Met behulp van zogenaamde flow diagrammen is de stroom van MHM door iedere ruimte inzichtelijk gemaakt. Hieruit wordt niet alleen de volgorde van activiteiten, maar ook de aard en het aantal ingezette resources duidelijk. Daarnaast is gebruik gemaakt van decision flow diagrammen om de online aansturing per ruimte te presenteren. Zodoende is er een omvattend beeld geschetst van het primaire proces.

In het daarop volgende hoofdstuk is getracht om de logistieke prestaties van het primaire proces te verklaren door middel van een grondige analyse. Het bleek dat er op dat moment te weinig informatie beschikbaar was om de productiekosten exact in kaart te brengen. Het wordt aanbevolen om dit nader te onderzoeken. Pas als er meer informatie over de productiekosten beschikbaar is, zal het mogelijk zijn om van *inputfinanciering* over te gaan naar *outputbekostiging*, en om suboptimalisatie binnen het UMCG te vermijden.

Het is wel mogelijk gebleken, om de prestaties op het gebied van doorlooptijden en bezettingsgraden te analyseren. Hieruit is onder andere naar voren gekomen, dat sets van het OC een gemiddelde doorlooptijd hebben van ongeveer 12 uur. De langste wachttijden ontstaan voor de drukst bezette resources, de batchmachines en de assemblage medewerkers. De analyse bewijst, dat de prestaties voor een groot deel worden bepaald door het gebrek aan afstemming tussen een rigide productiecapaciteit en een variabel en niet van tevoren bekend werkaanbod.

Resumerend kan worden vastgesteld dat in hoofdstukken 3 en 4 is voldaan aan het eerste deel van de doelstelling.

Het tweede deel van de doelstelling in hoofdstuk 2 luidt als volgt:

**Het formuleren en onderzoeken van voorstellen om deze prestaties te verbeteren.**

Uit de analyse van het primaire proces in hoofdstuk 4 zijn meer dan 15 verschillende aangrijpingspunten voor verbetering naar voren gekomen. Voor elk van deze aangrijpingspunten zijn een of meerdere verbetervoorstellen geformuleerd. Er wordt niet gepretendeerd dat deze lijst aan verbetervoorstellen alle mogelijkheden tot verbetering omvat.

De voorstellen zijn op basis van de verwachte verbeteringen en van de verwachte kosten in drie verschillende categorieën ingedeeld: voorstellen zonder verder onderzoek, voorstellen op grond van analyses met behulp van een uitgewerkt simulatiemodel en voorstellen die een nader onderzoek vergen.

Verbetervoorstellen van de eerste categorie, die in hun opzet duidelijk zijn en geen verder onderzoek behoeven, zijn de volgende aanbevelingen:

- ❖ Installatie van een schipholbord op de CSA.
- ❖ Plaatsing van transportkarren voor vertrek in de kelder.
- ❖ Aanschaffing van voldoende laadrekken voor de autoclaven.
- ❖ Lumen van MHM niet meer door medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ laten doorspuiten.
- ❖ Betere belading en ontlading van batchmachines (minder MHM in de droogkast).
- ❖ Frequentere belading van de autoclaven.

Om de verbetervoorstellen van de tweede categorie aan te kunnen bevelen zijn deze eerst naar hun aard en hun consequenties onderzocht. Hiervoor is een simulatiemodel van het primaire proces ontworpen. Tijdens het ontwikkelen van dit simulatiemodel is vastgesteld, dat er op de CSA geen criteria worden gehanteerd voor de beoordeling van de prestaties van het productieproces. Een belangrijk resultaat van dit onderzoek kan worden gezien in het formuleren van de volgende twee criteria:

- Doorlooptijd criterium:  
*Het percentage MHM met een doorlooptijd die korter dan of gelijk is aan de afgesproken levertijd.*
- Due date criterium:  
*Het percentage MHM dat voor 18:30 op de CSA aankomt en ten laatste de volgende dag voor de eerste transportrit gereedstaat.*

De simulaties van de verbetervoorstellen tonen aan, dat de leverprestaties volgens deze criteria op verschillende manieren worden beïnvloed. Om het productieproces efficiënt te kunnen inrichten en aansturen, moet duidelijk zijn op welke manier de prestaties zullen worden gemeten. Het wordt aanbevolen om samen met de klanten van de CSA een keuze te maken voor een van deze twee criteria. Hierbij dient de volgende kanttekening te worden gemaakt. Uit de simulaties is gebleken dat de leverprestaties volgens het doorlooptijd criterium het sterkst worden beïnvloed door het transport rooster. De leverprestaties volgens het due date criterium worden het sterkst beïnvloed door het medewerkerrooster. Op grond van het feit, dat de CSA geen bevoegdheden heeft over het transport, verdient een beoordeling volgens het due date criterium de voorkeur.

Op basis van de resultaten van de experimenten met het simulatiemodel in hoofdstuk 7 kunnen de volgende verbetervoorstellen van de tweede categorie worden aanbevolen:

❖ **Aanpassingen transportrooster:**

Door de invoer van extra transportritten en een betere afstemming van de transporttijden voor de verschillende klanten kunnen zowel de interne als ook de totale doorlooptijden van MHM worden verkort. Dit heeft een positief effect op de leverprestaties volgens het doorlooptijd en het due date criterium. De kosten voor deze verandering zijn beperkt. Het transport is flexibel ingericht en elke extra transportrit kost slechts zeven euro. Bij het aanpassen van het transportrooster dient er op het volgende te worden gelet:

- Het invoeren van steeds meer transportritten leidt niet noodzakelijk tot steeds betere prestaties. Het optimale aantal extra ritten kan worden bepaald met behulp van het simulatiemodel.
- De beladingstrategie voor de reinigingsmachines dient op het transportrooster te worden afgestemd.
- Vertrektijden dienen afgestemd te worden op de aankomsttijden.

❖ **Aanpassingen medewerkerrooster:**

Door een 'alternatief' medewerkerrooster te hanteren of de huidige werktijden te verschuiven kunnen enerzijds de interne doorlooptijden worden verkort en is er anderzijds meer tijd beschikbaar om MHM op de dag na aankomst voor de eerste transportrit gereed te zetten. Dit heeft voornamelijk een positief effect op de prestaties volgens het due date criterium. Er hoeven geen extra kosten te worden gemaakt om deze verandering door te voeren. Het is zelfs denkbaar dat kosten worden bespaard, wanneer de CSA geen nachtdiensten meer hoeft te hanteren. Bij het opzetten van een nieuw medewerkerrooster dient er op het volgende te worden gelet:

- Een wijziging van de bezetting van de ruimtes 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' lijkt niet noodzakelijk.
- De 'Assemblage & Inpak Ruimte' en de 'Distributie Ruimte' dienen 's ochtends eerder en 's avonds langer te worden bezet.
- Indien mogelijk dienen medewerkers over het verloop van een dag zowel in de ruimte 'Desinfectie Vuil' als ook in de 'Distributie Ruimte' ingezet te worden.

❖ **Door deze verbetervoorstellen te combineren kunnen nog betere prestaties worden gerealiseerd.**

- Hierbij moet er wel op gelet worden dat de effecten per verbetervoorstel goed op elkaar aansluiten. Dit kan worden onderzocht door gebruik te maken van het simulatiemodel.



Tijdens het experimenteren zijn bovendien de volgende inzichten naar voren gekomen:

❖ Doorlooptijden van MHM:

Er is slechts een beperkte mogelijkheid om de doorlooptijden van MHM binnen de CSA te beïnvloeden:

- De inrichting en aansturing van het primaire proces van de CSA hebben invloed op de afstemming van productiecapaciteit en werkaanbod. Hierdoor kunnen de interne doorlooptijden worden verkort.

Daarnaast heeft het transportrooster veel invloed op de doorlooptijden van MHM:

- Invoeren van extra transportritten en betere afstemming tussen de klanten resulteren in een grotere spreiding van het werkaanbod. Hierdoor kunnen de interne doorlooptijden worden verkort.
- De totale doorlooptijden worden bepaald door de afstemming van de vertrektijden op de aankomsttijden en interne doorlooptijden.

❖ Voorrangsets:

- De huidige leverafpraak voor voorrangsets, die binnen een tijdsbestek van zes uur inclusief transport weer beschikbaar moeten zijn, is niet realistisch.
- Voor sets van het ODBC worden op de CSA andere prioriteitscriteria gehanteerd. Het toewijzen van voorrangsets heeft bij deze aansturing geen toegevoegde waarde.

❖ Aantal medewerkers per shift:

- Het wordt aanbevolen om erop toe te zien dat minimaal tien medewerkers per shift aanwezig zijn. Het werken met negen medewerkers per shift heeft zwaarwegende negatieve gevolgen voor de leverprestaties.
- Bij het bepalen van het optimale aantal medewerkers dient erop gelet te worden dat er vanaf een bepaald aantal sprake is van een afnemende *rate of return* per extra medewerker. Het simulatiemodel kan worden gebruikt om de effecten per extra medewerker te bepalen.

❖ Pauzetijden:

- Het is belangrijk om de pauzetijden op de werkdrukke bij de batchmachines en de assemblagemedewerkers af te stemmen. In dit kader is het voordelig om in de verschillende ruimtes op verschillende tijden pauze te houden. Gezien de schommelingen in het aanbodspatroom zou men kunnen overwegen om medewerkers de vrijheid te geven om zelfstandig pauzes op rustige momenten te houden.
- Volgens het due date criterium kunnen prestaties worden verbeterd door na de transportrit van 16:45 minder pauzes in te roosteren.

Tot slot worden de volgende verbetervoorstellen van de derde categorie aanbevolen voor verder onderzoek:

- ❖ Vervanging van de tactmachine door batchmachines, dan wel aanschaffing nieuwe batchmachines.
- ❖ Afstemming van het beladen van de autoclaven op de vertrektijden van het transport.
- ❖ Hantering van één temperatuur voor sterilisatie van MHM.
- ❖ Aanpassing van de vertrektijden voor transport van MHM naar de klanten.

Deze beknopte beschrijving van de verschillende verbetervoorstellen maakt duidelijk dat ook aan het tweede deel van de doelstelling is voldaan en het onderzoek is afgerond.



## 9 BESCHOUWING SIMULATIEMODELLERING

In dit hoofdstuk wordt een korte beschouwing gegeven van het gebruik van simulatiemodellering in het kader van dit onderzoek. Er zal in het bijzonder aandacht worden besteed aan het feit dat dit onderzoek heeft plaatsgevonden binnen een ziekenhuisomgeving. Bovendien wordt getracht ervaringen te beschrijven die van belang zijn voor toekomstige simulatiemodelleringen in een ziekenhuisomgeving; vooral waar het gaat om het inzetten van generiek toepasbare simulatiemodellen.

### *9.1 Meerwaarde van simulatiemodellering voor dit onderzoek*

De volgende punten omschrijven de meerwaarde van een simulatiemodellering:

- Het gebruiken van simulatiemodellering leidt tot een gestructureerde en doelgerichte opbouw van het onderzoek.
- Het verzamelen van data dwingt de medewerkers en de leiding om kritisch naar de inrichting en aansturing van de bedrijfsprocessen te kijken. Enige conclusies als voorbeelden:
  - Lumen moeten niet twee keer met lucht doorgespoten worden.
  - Belading van rekken is niet efficiënt (teveel MHM worden gedroogd)
  - Er zijn niet voldoende laadrekken beschikbaar
- De analyse van data geeft op zich zelf al aanleiding tot verbetervoorstellen, bijvoorbeeld in betrekking tot de volgende vaststellingen:
  - De batchmachines hebben een hoge bezettingsgraad.
  - Er is gebrek aan sturing in de belading van de autoclaven.
  - Door het seriematige assembleren en verpakken moeten MHM onnodig wachten.
- De mogelijkheid om op een snelle en eenvoudige manier verschillende verbetervoorstellen te onderzoeken.
- Om verschillende scenario's met elkaar te kunnen vergelijken moet met de opdrachtgever overeengekomen worden, welke output gemeten wordt. Dit dwingt de opdrachtgever te bepalen, met welke doeleinden het proces gemeten wordt. In dit onderzoek heeft dit ertoe geleid, om een onderscheid te maken tussen het doorlooptijd criterium en het due date criterium voor de beoordeling van de leverprestaties.

### *9.2 Gebruik van simulatiemodellering binnen het UMCG*

Hier volgen enige belangrijke observaties in verband met de toepassing van simulatiemodellering binnen het UMCG:

- Gebrek aan gestructureerde data heeft tot gevolg dat veel tijd moet worden besteed aan dataverzameling (drie maanden voor dit onderzoek).
- De simulatiemodellering komt niet als een bedreiging over bij de medewerkers. Iedereen is nieuwsgierig en enthousiast. Dit heeft een grote participatie en ondersteuning tot gevolg.
- Het blijkt, dat de visualisatie van de data en de gegevens gepaard gaat met een sterke overtuigingskracht.

- Het UMCG is een complexe zorgorganisatie met tal van uiteenlopende belangen. Dit heeft tot gevolg dat de inrichting en aansturing van processen beïnvloed worden door politieke belangen en machtsverhoudingen. Dit kan ten koste gaan van de efficiëntie. Zoals in paragraaf 9.1 beschreven is het bouwen van het simulatiemodel een geschikt gereedschap om de status-quo van een proces kritisch te bekijken. Bovendien is het model bij uitstek geschikt om het proces aan verschillende partijen te verduidelijken.
- De meerwaarde van het simulatiemodel is niet beperkt tot dit onderzoek. De opdrachtgever kan het model zelf gebruiken om andere scenario's te onderzoeken. Enige randbemerkingen:
  - Dit vereist intensieve kennisoverdracht.
  - Dit is beperkt tot de parameters, die door de ontwerper als flexibel zijn ingericht.
  - Alleen de ontwerper zelf kent de structuur en opbouw van het model.

### ***9.3 Ervaringen met betrekking tot het ontwerpen van een generiek simulatiemodel***

Tot slot enige opmerkingen met betrekking tot het ontwerpen van een generiek :

- Het ontwerpen van een generiek simulatiemodel moet vanaf het begin een duidelijk doel zijn.
- Er moet een afweging worden gemaakt met betrekking tot het aggregatieniveau van het model. Het aggregatieniveau bepaalt de mogelijkheden om het model generiek in te zetten, en ook de detailleringsgraad van de gemeten resultaten. Zoals tijdens de 4<sup>de</sup> projectbijeenkomst door dhr. Nap is aangegeven is het bepalen van het aggregatieniveau een ingewikkelde en belangrijke keuze tijdens het simulatietraject.
- Voor het conceptualiseren moeten duidelijke afspraken gemaakt worden, welke delen van het systeem varieerbaar zijn en welke delen generiek zijn. Bij het programmeren moet van het generieke kader uitgegaan worden.
- De ervaring dat dataverzameling de “bottleneck” is tijdens het analyseproces zoals beschreven in een artikel<sup>38</sup> over het gebruik van simulatie bij hardnekkige logistieke problemen in o.a. de gezondheidszorg wordt bevestigd. Er moet voldoende tijd beschikbaar zijn voor dataverzameling en modellering (minimaal zes maanden).

## LITERATUURLIJST

### LITERATUUR

- Academisch Ziekenhuis Groningen, *Organisatie Atlas*, Groningen, mei 2003 (Interne gids, Academisch Ziekenhuis Groningen).
- Baarda, D.B. en M.P.M. de Goede, *Basisboek Methoden en Technieken*, 3<sup>e</sup> herziene dr., Stenfert Kroese, Groningen, 2001.
- Barton, J., en Kimsey, J., 'The Sterile Processing Factory Goal: 100 Percent?', *Infection Control Today*, vol. 9 (2005), nr. 4.
- Eijk, J. van der, en J.W. Hoorn, J.W., *Simulatie als learning tool bij hardnekkige logistieke problemen*, Baarn, 'z.j.', VreelandGroep.
- Goudswaard, P., *Jaarplan 2006 UMCG* (Voordracht gepresenteerd aan Centrale Sterilisatie Afdeling op 20 februari 2006 op het Universitair Medisch Centrum Groningen in Groningen) sheet 14.
- Goudswaard, P., *Formatie Centrale Sterilisatie Afdeling & Logistiek Versie 1.1*, Groningen, februari 2005 (Verordening Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen).
- Goudswaard, P., *Plan van uitvoering reorganisatie*, Groningen 1 juni 2005 (Verordening, Operatieve Zorg Organisatie – Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen).
- Johnson, D., A roadmap to optimizing sterile processing workflow; *HEALTHCARE Purchasing NEWS*, (November 2005) p. 30-34.
- Klundert, J. van, 'Hogervorst's optimaliseringsprobleem', *STAtOR* 6 (2005), nr.1-2
- Magnus, H.E., *RFID als remedie?*, Groningen, 23 augustus 2005 (doctoraalscriptie Rijksuniversiteit Groningen).
- Renes, W. e.a., *Projectmatig werken*, 20<sup>e</sup> dr., Het Spectrum BV, Utrecht, 2004.
- Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004.
- Veenema, J., *Handleiding algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen, april 2004 (Handleiding Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen).
- Werkgroep Infectiepreventie, *Ziekenhuizen; Beleid reiniging, desinfectie en sterilisatie*, z.pl., juli 2004.

### WEBPAGINA'S

- College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 'Bouwmaatstaven voor nieuwbouw', *Algemeen ziekenhuis*, 7 november 2002,  
<http://www.bouwcollege.nl/Pdf/CBZ%20Website/Publicaties/Bouwmaatstaven/Ziekenhuizen/bm107a.pdf> (30 maart 2006)
- Echapter Provider Unit, 'Sterilization and Disinfection: Getting it Right',  
<http://www.echapter.org/spry-online.pdf> (8 februari 2006)

- Robinson, S., 'Reports confidence intervals for independent replications - section 9.6.1', *Replications*, <http://eu.wiley.com//legacy/wileychi/robinson/supp/Replications.xls> (18 december 2006)
- Robinson, S., 'Welch's method for determining the warm-up period - section 9.5.1', *Warmup*, <http://eu.wiley.com//legacy/wileychi/robinson/supp/Warmup.xls> (18 december 2006)
- <http://www.sterilisatie.info/start.htm> (15 maart 2006)
- UGS Corporation, 'Plant Simulation', *Plant, line and process simulation and optimization*, <http://www.emplant.com/> (17 januari 2007)

## PERSOONLIJKE COMMUNICATIE

- De Heer P. Goudswaard, Interim Manager, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*meerdere gesprekken tussen februari 2006-januari 2007*)
- De Heer H. Stap, sterilisatiemedewerker, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*meerdere gesprekken gedurende februari-mei 2006*)
- De Heer D. Hoiting, medewerker Facilitaire Dienst Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 27 februari 2006*)
- Mevrouw F. de Kreeft, bedrijfsvoerende Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 15 maart 2006*)
- Mevrouw M. Jousma, bedrijfsvoerende Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 23 maart 2006*)
- Mevrouw J. de Priester-Urbani, bedrijfsvoerende Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 27 maart 2006*)
- De Heer W. Hummel, medewerker Instrumentele Zaken, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken meerdere malen in de periode maart-april*)
- De Heer D. Rus, teamleider, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 3 april 2006*)
- De Heer J. Klune, teamleider, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 6 april 2006*)
- Mevrouw S. Blokzijl, bedrijfsvoerende Operatief Dagbehandelingcentrum, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 2 augustus 2006*)
- Mevrouw B. Dagelet, Sterilisatiemedewerker, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 16 augustus 2006*)
- De Heer W. Katuin, medewerker service centrum Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 26 september 2006*)
- De Heer F. Bolt, teamleider, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 11 november 2006*)
- De Heer J.J. van Walsum, clustermanager Facilitaire Dienst – cluster logistiek, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 9 december 2006*)

## **A BIJLAGE - AFKORTINGEN**

UMCG	-	Universitair Medisch Centrum Groningen
CSA	-	Centrale Sterilisatie Afdeling
OC	-	Operatie Centrum
ODBC	-	Operatieve Dag Behandeling Centrum
Poli's	-	Poli Afdelingen
FD	-	Facilitaire Dienst
OKplus	-	Operatie planningsysteem
IB	-	Instrumenten Beheer
IZ	-	Instrumentele Zaken
ZIS	-	Ziekenhuis Informatie Systeem
MHM	-	Medisch(e) Hulp Middel(en)
USA	-	Urgent-Spoed-Acuut
JIT	-	Just In Time
FCFS	-	First Come First Serve



## B BIJLAGE - TERMINOLOGIE

Net als in elke andere werkomgeving wordt er in de sterilisatieafdeling een aantal termen gehanteerd met een eigen specifieke betekenis. Omdat deze termen tijdens dit onderzoek meerdere malen zullen terugkeren, zal de lezer met de belangrijkste termen vertrouwd gemaakt worden.

### **Steriel:**

Steriel betekent in de omgangstaal: vrij van levende micro-organismen. In de CSA hanteert men de volgende definitie<sup>39</sup>:

*“Een product wordt als steriel beschouwd wanneer de kans dat er in, op of aan dat product nog levende micro-organismen voorkomen, kleiner is dan 1:1.000.000.”*

### **Sterilisatie:**

In het Besluit “Gesteriliseerde medische hulpmiddelen in ziekenhuizen” is het begrip sterilisatie op de volgende manier gedefinieerd<sup>40</sup>:

*“Sterilisatie is een gevalideerd proces waardoor alle micro-organismen op of in een voorwerp worden gedood of geïnactiveerd, zodanig dat de kans op aanwezigheid van levende organismen in of op enige eenheid, die dit proces heeft ondergaan, kleiner is dan 1:1.000.000.”*

Omdat het vrijwel onmogelijk is om statistisch of microbiologisch aan te tonen dat een voorwerp vrij is van levende micro-organismen wordt aangenomen dat dit het geval is, wanneer alle processtappen in de CSA volgens de correcte procedure doorlopen zijn.

In het Besluit “Gesteriliseerde medische hulpmiddelen in ziekenhuizen” zijn duidelijke eisen gesteld aan het sterilisatieproces<sup>41</sup>, zoals het bijhouden van dossiers met belangrijke gegevens, het gebruik van verpakkingsmateriaal, het schrijven van rapporten en het vrijgeven van steriele producten. Volgens dit Besluit zijn verschillende thermische, chemische en op straling gebaseerde sterilisatietechnieken toegestaan. In de CSA wordt net als in het overgrote deel van de gezondheidszorg gebruik gemaakt van *stoomsterilisatie* met behulp van zogenaamde *autoclaven*. Bij deze methode worden de micro-organismen vernietigd door de enorme warmteoverdracht bij de condensatie van stoom op de materialen. Voor een effectieve sterilisatie moet de stoom op het punt staan te condenseren en de oppervlakken goed kunnen bereiken. Onder deze omstandigheden bepalen duur en temperatuur de effectiviteit van de sterilisatie. De richtlijnen volgens bovengenoemd besluit zijn drie minuten bij 134° C en vijftien minuten bij 121° C<sup>42</sup>. In de CSA wordt voor de zekerheid een zogenaamde ‘overkill’ gehanteerd door de materialen vier minuten langer te steriliseren.

De populariteit van deze methode zal met zekerheid te maken hebben met de voordelen die ze biedt, zoals de snelheid, betrouwbaarheid, milieuvriendelijkheid en lage kosten. Er kleven echter ook nadelen aan deze methode. Zo kunnen vanwege de hoge temperatuur alleen hittebestendige voorwerpen zo gesteriliseerd worden. Ook bestaat er corrosiegevaar voor minder goed gereinigde materialen. Om deze redenen is de sterilisatie van thermolabiele MHM in de CSA uitbesteed aan de commerciële dienstverlener Wimac die in Rotterdam gevestigd is.

### **Medisch Hulp Middel (MHM):**

In de verklarende woordenlijst van de CSA in het UMCG wordt een MHM op de volgende wijze gedefinieerd<sup>43</sup>:

*‘Een voorwerp naar zijn aard om:*

- 1. te worden gebezigd bij een behandeling ter genezing, leniging of voorkoming van enige ziekte, ziekteverschijnsel, pijn, verwonding of gebrek bij de mens,*
- 2. te worden gebezigd om bij mens een medische diagnose te stellen,*
- 3. op, aan of in het menselijke lichaam te worden gebezigd, ten einde een onderdeel van het menselijke lichaam te vervangen, te versterken, of het herstel te bevorderen, dan wel gevolgen teweeg te brengen met betrekking tot de werking van een onderdeel van het menselijke lichaam.’*

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen recirculerende en eenmalig bruikbare Medische Hulp Middelen. Laatstgenoemde worden *disposables* genoemd en zijn onder andere handschoenen, hechtmaterialen en verbandmiddelen. Disposables worden, zoals de naam doet vermoeden, na gebruik weggegooid. In de CSA worden slechts de recirculerende Medische Hulp Middelen gesteriliseerd. Recirculerende MHM zijn chirurgische instrumenten, cytoscopen, endoscopen, laserapparatuur etc. Chirurgische instrumenten zijn instrumenten die bij operaties gebruikt worden, zoals scharen, tangen en pincetten. Deze instrumenten zijn zeer kostbaar omdat ze van hoogwaardig roestvrij staal gemaakt worden in een arbeidsintensief productieproces. In een Universitair Medisch Centrum heeft het chirurgische instrumentarium al gauw een waarde van meer dan tien miljoen euro<sup>44</sup>.

### **Set:**

In ziekenhuizen worden instrumenten die in combinatie met elkaar tijdens operatieve ingrepen gebruikt worden, gebundeld in zogenaamde sets. Deze bundeling van instrumenten tot een set kan op basis van verschillende overwegingen plaatsvinden<sup>45</sup>. Zo kan men voor elk type operatie alle benodigde instrumenten in een set bundelen. Ook kan men basissets hanteren met instrumenten die voor de meeste operaties van een specialisme noodzakelijk zijn. Vervolgens worden de overige instrumenten voor een operatie in subsets verdeeld. Hierbij wordt erop gelet dat sets nooit zwaarder zijn dan acht kilogram. De indeling in sets is bovendien afhankelijk van de preferenties van de behandelende artsen en van de ontwikkelingen van het instrumentarium. Zodoende zijn de combinaties van instrumenten in sets aan voortdurende veranderingen onderhevig.

De omvang van de sets kan variëren van sets bestaande uit één instrument tot sets van meer dan 60 instrumenten bij gecompliceerde operaties. Wanneer een set uit een klein aantal instrumenten bestaat, dan worden deze in een speciale laminaatzak verpakt die geschikt is voor sterilisatie en steriele opslag. Deze ‘sets’ noemt men los materiaal of enkelvoudig verpakte MHM. Sets bestaande uit grotere aantallen instrumenten worden in manden van roestvrij staal, zogenaamde netten gebundeld. Deze netten komen in vier verschillende maten voor, waarvan de grootste en meest gehanteerde volume-eenheid 60\*30\*15 cm is.

### **Standaardeenheid (STE):**

In het document ‘*Bouwmaatstaven voor nieuwbouw*’ dat op 18 november door het college bouw ziekenhuisvoorzieningen is vastgesteld, wordt een STE als volgt gedefinieerd:

*“Een STE is een volume-eenheid van 60\*30\*30 cm (l\*b\*h), beladen op een voor sterilisatie en steriele opslag geschikte wijze.”*

Uit deze definitie volgt dat een STE overeenkomt met twee netten. Het hanteren van STE dient voornamelijk om berekeningen te kunnen doorvoeren.

### **Transportkarren:**

Voor het transport van sets MHM buiten de CSA wordt gebruik gemaakt van speciaal ontworpen transportkarren van roestvrij staal. In deze karren is plaats voor maximaal 16 STE en twee gele plastic bakken voor het losse materiaal. Op dit moment wordt gebruik gemaakt van 56 karren voor alle transport tussen de CSA en het OC. Wanneer een transportkar beladen is met verontreinigde MHM moet de kar gereinigd en gedesinfecteerd worden alvorens deze beladen mag worden met schone MHM. Daarvoor is er in de CSA een machinale wasstraat voor karren ingericht, waarin telkens twee karren tegelijk behandeld kunnen worden.

### **Gebruikers van de MHM:**

De gebruikers van MHM zijn zorgverleners die medische, paramedische of verpleegkundige handelingen aan patiënten doorvoeren zoals het operatiecentrum, operatieve dagbehandelingcentra en het functiecentrum urologie. Deze gebruikers zijn tegelijk leveranciers van vuile medische hulpmiddelen en afnemers van schone medische hulpmiddelen. Zodoende maken de gebruikers gebruik van de diensten van de CSA en kunnen als klanten worden beschouwd.

In het UMCG hebben de gebruikers de verantwoordelijkheid over aanschaf en vervanging van MHM. De CSA heeft slechts een adviserende en ondersteunende rol met betrekking tot aanschaf, gebruik, beheer en onderhoud van de MHM. De eerste aanschaf van MHM komt ten koste van de desbetreffende gebruiker. Wie verantwoordelijk is voor de kosten voor de vervanging van MHM is niet duidelijk geregeld. In de praktijk komt het erop neer dat de in veel sets voorkomende MHM ten laste van de CSA zijn en de meer gespecialiseerde MHM ten laste van de gebruiker.

### **Kwaliteit:**

Kwaliteit wordt binnen de CSA gemeten op basis van de maat *“waarin het geheel aan eigenschappen van een product, proces of dienst voldoet aan de eraan gestelde eisen, welke voortvloeien uit het gebruiksdoel”*.<sup>46</sup>

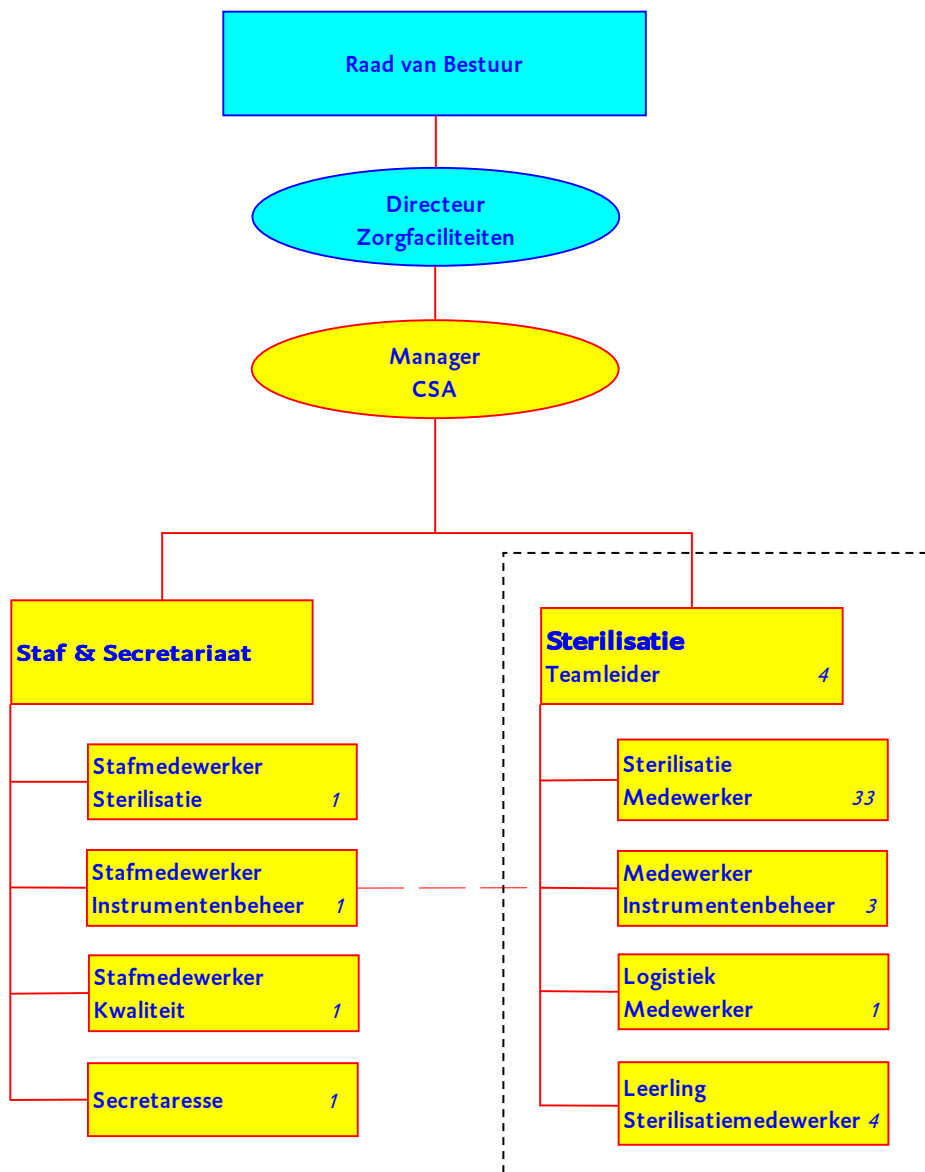
De CSA verleent diensten aan de klanten in de vorm van het steriliseren van instrumentensets en leveren van deze sets volgens de afgesproken tijd, plaats en condities. Opdat deze instrumentensets voor de klanten geschikt zouden zijn voor hergebruik moeten ze aan de volgende drie eisen voldoen<sup>47</sup>:

- 100 % compleet
- 100 % schoon en steriel
- 100 % op tijd

Deze drie eisen vloeien voort uit het gebruiksdoel en definiëren dusdanig de kwaliteit van de diensten van de CSA.

## C BIJLAGE - ORGANISATIESTRUCTUUR VAN DE CSA

In de CSA wordt een platte organisatiestructuur gehanteerd, dat wil zeggen: de leidinggevende zit ‘dicht’ bij de medewerkers die het primaire proces doorvoeren. Er wordt hierbij wel op gelet dat de span of control niet te groot is. De afdeling is opgesplitst in een ondersteunend deel bestaande uit secretariaat en staf en een deel dat verantwoordelijk is voor de daadwerkelijke doorvoer van de sterilisatie. De organisatiestructuur van de CSA is in onderstaande figuur schematisch weergegeven<sup>48</sup>.



*Figuur C.1 Organisatieschema en (aantallen) functies CSA*

Het deel van de organisatie dat direct betrokken is bij het primaire productieproces van de CSA is omlijnd met een gestippeld kader.

Zoals uit de figuur naar voren komt, worden er 45 medewerkers ingezet om de sterilisatiewerkzaamheden door te voeren. Alle sterilisatiemedewerkers die in de CSA werkzaam zijn, moeten over een LOI diploma ‘medewerker steriele medische hulpmiddelen’ beschikken. Deze

opleiding stelt de medewerkers in staat om alle werkzaamheden in de CSA te beheersen, zodat ze flexibel ingezet kunnen worden.

Zij dienen tijdens de werkzaamheden aan een hoge mate aan hygiëne te voldoen. Dit houdt onder andere in dat iedereen speciale kleding draagt, hoofd en oren bedekt met een muts en geen accessoires zoals horloges, bandjes of ringen zichtbaar zijn<sup>49</sup>. Daarnaast worden er in de ruimte *'Desinfectie Vuil'* vanwege het besmettingsgevaar nog een aantal strengere hygiëne-eisen gesteld zoals het gebruik van handschoenen of het dragen van een bril en mondkapje.

De eisen aan de bekwaamheid van deze medewerkers is de afgelopen jaren op grond van een aantal ontwikkelingen sterk toegenomen<sup>50</sup>. Zo is er een aantal nieuwe technieken ontwikkeld die op een deskundige manier toegepast moeten worden. Aan de andere kant zijn er ook nieuwe MHM ontwikkeld om steeds ingewikkelder operaties te kunnen doorvoeren. Deze veelal gevoelige apparatuur stelt over het algemeen andere eisen aan het decontaminatieproces. Bovendien is deze apparatuur vaak duur en daarom schaars. Ook worden er steeds strengere eisen aan de processen binnen de CSA gesteld om het infectiegevaar voor patiënten te minimaliseren.

Naast de sterilisatiemedewerkers is er een logistieke medewerker die verantwoordelijk is voor controle van de gesteriliseerde MHM en de belading van de transportkarren. De sterilisatiewerkzaamheden die de leerlingen zelfstandig mogen uitvoeren, zijn afhankelijk van de stand van hun opleiding. Men kan ervan uitgaan dat de bijdrage van de leerlingen wegvalt tegen de tijdbesteding voor de benodigde begeleiding. Drie medewerkers kunnen naast de sterilisatiewerkzaamheden bovendien de taken van het instrumentenbeheer vervullen. Daaronder vallen taken rondom de reparatie, vervanging en beheer van recirculerende MHM. Deze taken vallen echter, zoals in het eerste hoofdstuk beschreven, buiten de grenzen van het systeem.

De gehele groep sterilisatiemedewerkers is onderverdeeld in vier teams. Elk team vormt een organisatorische eenheid met een eigen teamleider die verantwoordelijk is voor de planning, controle en organisatie van alle teamleden. De teamleiders vormen een schakel tussen het management en de sterilisatiemedewerkers. Voor de indeling op de werkvloer is de teamstructuur niet van belang. Bij elke shift worden medewerkers van verschillende teams en ten minste één teamleider ingedeeld. De teamleider is verantwoordelijk voor de afstemming op andere organisatieonderdelen en stelt prioriteiten. Daarnaast verricht de teamleider net als de overige medewerkers wanneer mogelijk zelf sterilisatiewerkzaamheden.

## **D BIJLAGE - METINGEN WERKVLOER**

### **Opzet:**

De meting op de werkvloer is op 16 mei 2006 doorgevoerd.

Omdat er gebruik zou worden gemaakt van labels, was het helaas niet mogelijk om gegevens over los materiaal te verzamelen. Er zijn alleen gegevens verzameld voor alle binnenkomende sets.

Bij binnenkomst zijn alle sets van een label met een volgnummer voorzien. Bovendien is de naam van de set, de aankomsttijd, de bewerkingstijd en de beladingstijd genoteerd.

De medewerkers in de ruimte 'Desinfectie Schoon' en de 'Assemblage & Inpak Ruimte' hebben vervolgens voor ieder set de aankomst- en bewerkingstijd van betreffende activiteit genoteerd.

De tijd van belading op de autoclaven en de bewerkingstijd van het sterilisatieproces is vastgesteld op basis van de beladingslijsten van de autoclaven.

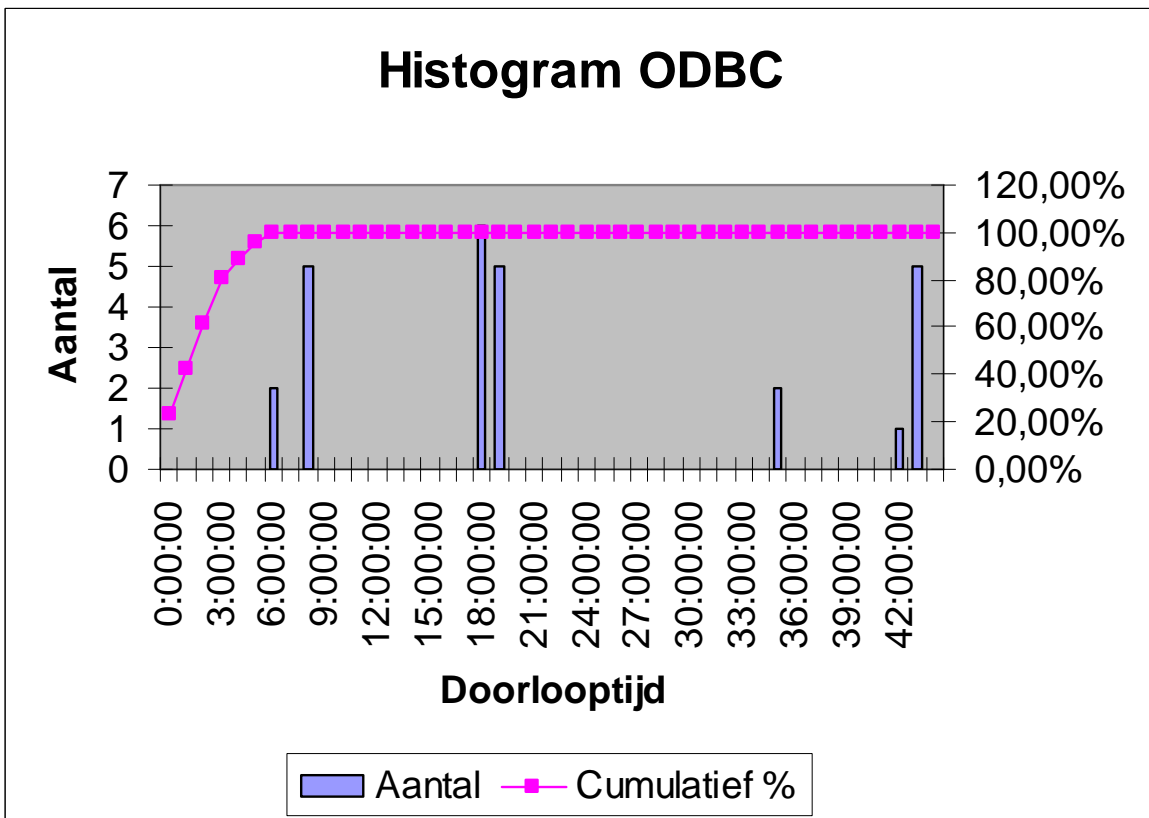
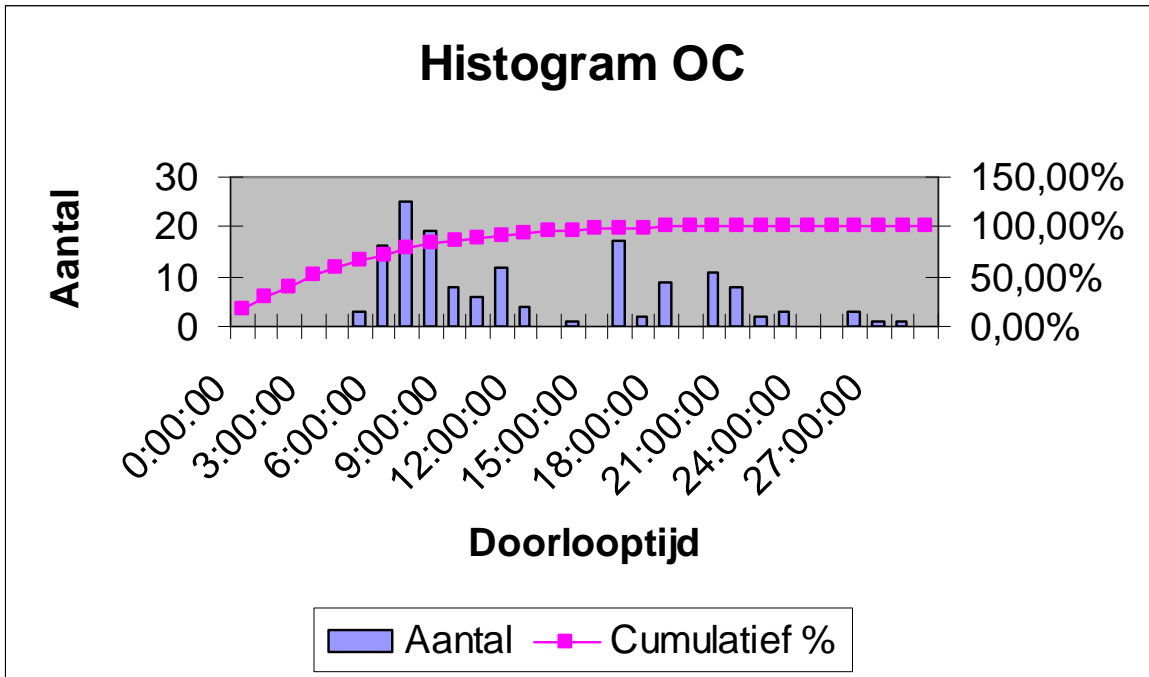
De wachttijd op transport is vervolgens berekend op basis van de uitstoottijden op de beladingslijsten en het rooster voor de vertrektijden.

### **Resultaten:**

In totaal zijn 175 sets van het OC, 36 sets van het ODBC en 45 sets van de Poli's bij aankomst van een label voorzien. Niet voor alle sets zijn door de medewerkers in de ruimte 'Desinfectie Schoon' en de 'Assemblage & Inpak Ruimte' gegevens genoteerd.

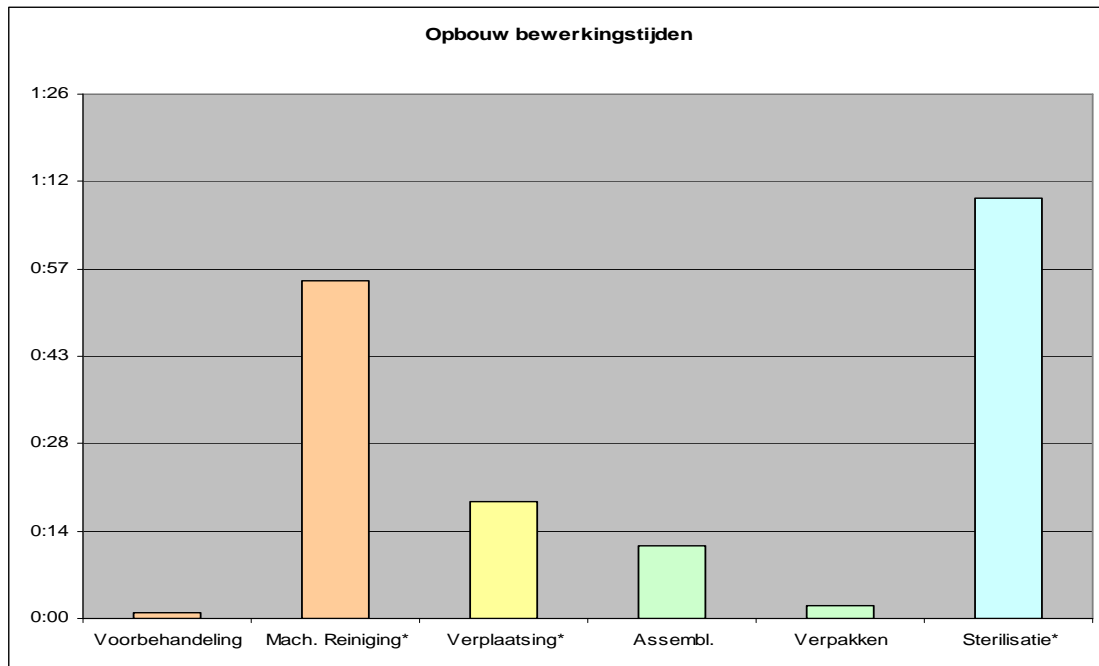
Een compleet overzicht met alle tijden per ruimte is beschikbaar voor 98 sets van het OC.

## E BIJLAGE - HISTOGRAM DOORLOOPTIJDEN

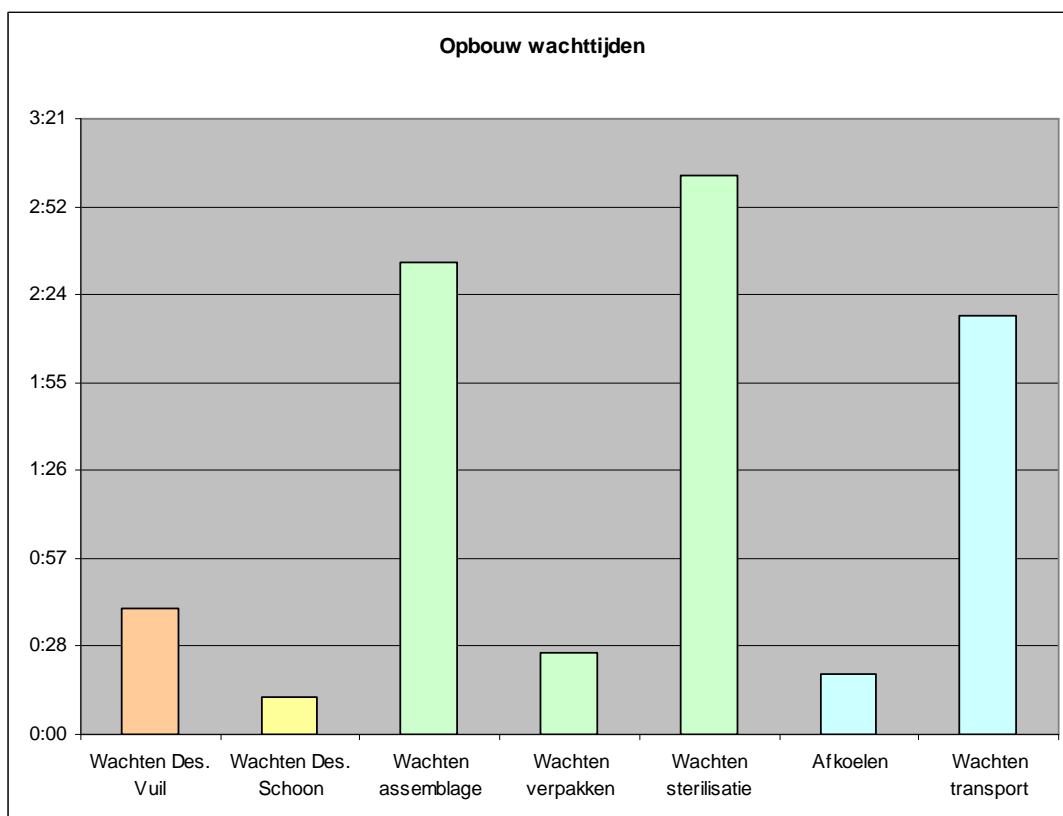


## F BIJLAGE - BEWERKINGS- EN WACHTTIJDEN REGULIERE SETS OC

Des. Vuil		Des. Schoon	Assemblage		Distributie
Voorbehandeling	Mach. Reiniging*	Verplaatsing*	Assembl.	Verpakken	Sterilisatie*
0:01	0:55	0:19	0:12	0:02	1:09



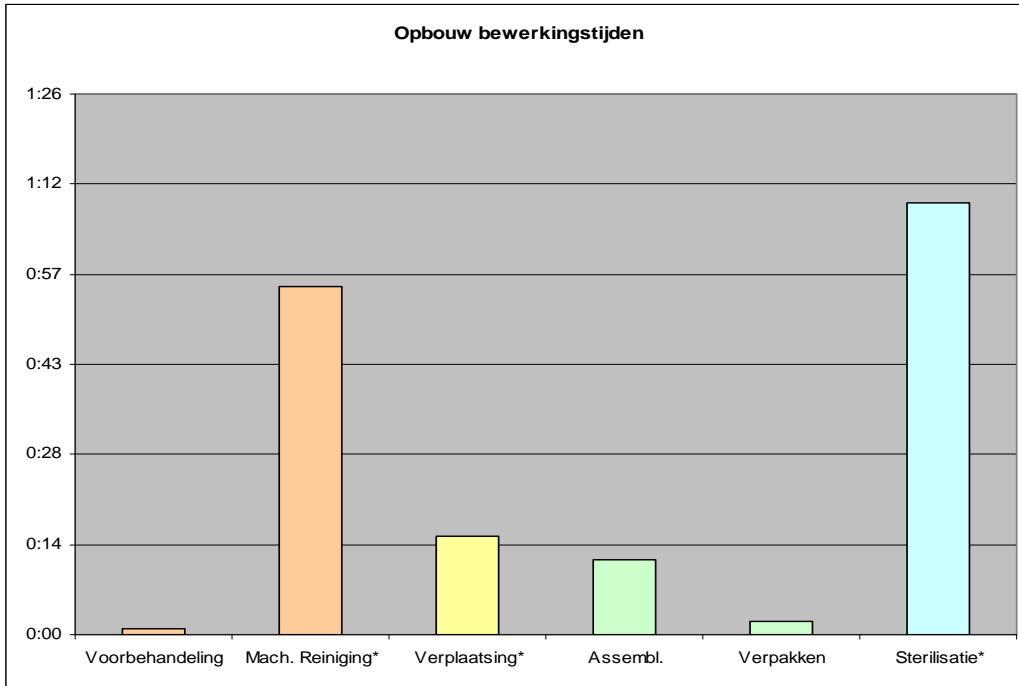
Wachten Des. Vuil	Wachten Des. Schoon	Wachten assemblage	Wachten verpakken	Wachten sterilisatie	Afkoelen	Wachten transport
0:41	0:12	2:34	0:26	3:03	0:20	2:16



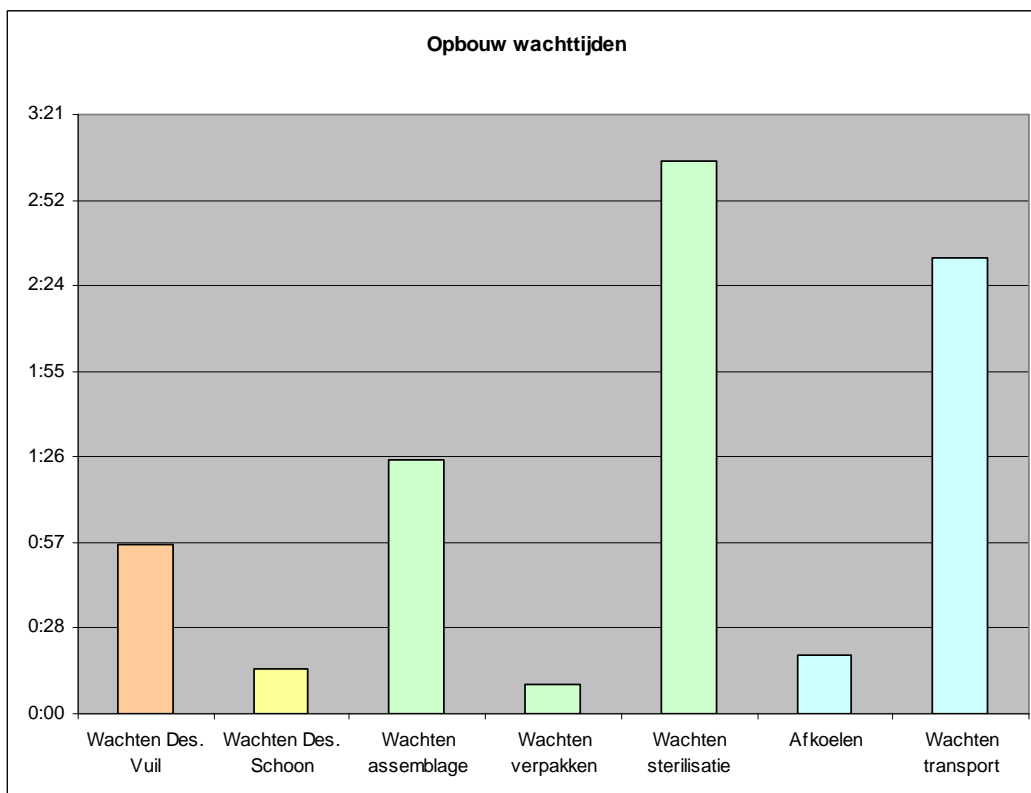


## G BIJLAGE - BEWERKINGS- EN WACHTTIJDEN VOORRANGSETS OC

Des. Vuil		Des. Schoon	Assemblage		Distributie
Voorbehandeling	Mach. Reiniging*	Verplaatsing*	Assembl.	Verpakken	Sterilisatie*
0:01	0:55	0:15	0:12	0:02	1:08



Des. Vuil	Des. Schoon	Assemblage			Distributie	
Wachten Des. Vuil	Wachten Des. Schoon	Wachten assemblage	Wachten verpakken	Wachten sterilisatie	Afkoelen	Wachten transport
0:56	0:15	1:25	0:09	3:05	0:20	2:33



## H BIJLAGE – WACHTTIJDEN CHARGEVORMING

Berekeningen wachttijden reinigingsmachines:

Bewerkingstijd per set (min)	1	Setnummer	<b>Wachttijd (min)</b>
# Medewerkers	1	8	0
Gemiddelde tijd per set	1	7	1
		6	2
Aantal sets per rek	8	5	3
		4	4
		3	5
		2	6
		1	7
		<b>Gemiddelde (min)</b>	<b>3,5</b>

Berekeningen wachttijden autoclaven:

Bewerkingstijd per set (min)	15	Setnummer	<b>Wachttijd (min)</b>
# Medewerkers	6	12	0
Gemiddelde tijd per set	2,5	11	2,5
		10	5
Aantal sets per rek	12	9	7,5
		8	10
		7	12,5
		6	15
		5	17,5
		4	20
		3	22,5
		2	25
		1	27,5
		<b>Gemiddelde (min)</b>	<b>13,75</b>

## I BIJLAGE - SPLITSINGEN PRIMAIR PROCES

Schattingen van medewerkers CSA betreffende de splitsingen in het primaire proces:

	Reinigingsmethode			1e inspectie			Sterilisatiemethode			Set?	
	Wasstraat	Batchmachine	Handmatig	vies	nat	goed	Stoom	Gas	Geen	Ja	Nee
Harold	68	30	2	2,5			98,4	0,1	1,5	80	20
Dario	80	16	4	3	60	37	95	2,5	2,5		
Jerry	70	27	3	5	30	65	88	4	8	75	25
Jolanda	72	25	3	<5	20	75	92	4	4		
Nico	89	10	1	0,5			95	3	2		
Frieda	60	35	3	3	40	57	90	5	5	92	8
<b>Gemiddelde</b>	<b>23,50%</b>	<b>23,80%</b>	<b>2,70%</b>	<b>2,80%</b>	<b>37,50%</b>	<b>58,50%</b>	<b>93,10%</b>	<b>3,10%</b>	<b>3,80%</b>	<b>82,00%</b>	<b>18,00%</b>

	2 e inspectie			Gevonden		Controle sterilisatie		Incompleet & uit roulatie		Ster.-temperatuur	
	Versleten	Ontbr. MHM	goed	Ja	Nee	Fout	Goed	Ja	Nee	121	134
Harold				-		5 sets (dag)					
Dario	0,1	24,9	75	90	10	0,1	99,9	1	99		
Jerry	3	3	94	90	10	1	99	0,5	99,5		
Jolanda	<1	30	70	95	5	<1	99	2-3	97		
Nico	<1			-		1	99	<3	97	3	97
Frieda				-		<1	99				
<b>Gemiddelde</b>	<b>1,00%</b>	<b>19,00%</b>	<b>80,00%</b>	<b>91,70%</b>	<b>83,30%</b>	<b>0,50%</b>	<b>99,50%</b>	<b>0,70%</b>	<b>99,30%</b>	<b>3,00%</b>	<b>97,00%</b>

*Tabel I.1 Schattingen aandeel MHM per splitsing (in %)*

## **J BIJLAGE - AANNAMES CONCEPTUEEL MODEL**

### **Aanbod MHM voor stoomsterilisatie:**

Over samenstelling, aantal en aankomsttijden van MHM op de CSA zijn geen gegevens bekend. Bovendien blijkt dit elke dag te verschillen. Er wordt aangenomen dat het aanbod aan MHM op de volgende manier kan worden benaderd:

- De samenstelling en het aantal MHM dat per dag en per klant naar de CSA gestuurd wordt, wordt berekend op basis van de beladingslijsten van de autoclaven.
- Er wordt aangenomen dat MHM volgens het huidige transportrooster naar de CSA worden getransporteerd.
- Het aantal MHM per transportrit kan als volgt worden berekend:
  - OC en ODBC:  
Voor alle operaties gedurende een representatieve maand zijn met behulp van klaarzetboeken de gebruikte MHM bepaald. Samen met de eindtijden van deze operaties (planningsoverzicht in OK-Plus) is het gemiddelde aantal MHM per transportrit berekend.
  - Poli's:  
Aan de hand van geleidelijsten is het gemiddelde aantal MHM per transportrit berekend.

### **Aanbod MHM voor desinfectie:**

Het aanbod aan MHM dat alleen gereinigd wordt (desinfectie-materiaal) wordt op de volgende manier berekend:

- OC en ODBC:  
Anesthesiemedewerkers hebben aangegeven hoeveel anesthesiemateriaal gemiddeld per ingreep wordt gebruikt. Door dit met het aantal operaties per dag te vermenigvuldigen kan de hoeveelheid anesthesiemateriaal per dag worden berekend. Het OC en het ODBC sturen al het anesthesiemateriaal dat gedurende een dag is gebruikt op een vast tijdstip naar de CSA.
- Poli:  
Bij de Poli's is voor de berekening van het aanbod aan anesthesiemateriaal gebruik gemaakt van de geleidelijsten. Voor de verschillende Poli's worden twee verschillende transporttijden gehanteerd.

## **K BIJLAGE - VEREENVOUDIGINGEN CONCEPTUEEL MODEL**

### **Reguliere productie**

Samen met de opdrachtgever is bepaald dat de prestaties van de CSA worden onderzocht onder ‘normale’ omstandigheden. Dit betekent dat er in het model kan worden uitgegaan van reguliere productie bij de klanten. Weekenddagen, feestdagen en vakantieperioden worden niet gesimuleerd. Ook is er voor gekozen om geen verschil te maken tussen de verschillende dagen van de week. De reden is dat er uit de analyses geen duidelijk weekpatroon in het aanbod aan MHM naar voren is gekomen.

### **Alleen productie overdag**

Na overleg met de opdrachtgever is besloten om de activiteiten die `s nachts op de CSA plaatsvinden niet te modelleren. De reden is de wens van de opdrachtgever om in de toekomst gedurende de nachturen gesloten te zijn en alleen voor noodgevallen beschikbaarheidsdiensten te plannen. Dit betekent dat een dag in het model als volgt kan worden gedefinieerd: “Een dag begint op het moment dat de eerste medewerker op de werkvloer arriveert en eindigt op het moment dat de laatste medewerker de werkvloer verlaat.” Afhankelijk van het medewerkerrooster begint een dag in de ochtenduren en kan na middernacht (simulatietijd) eindigen. MHM die de CSA op het einde van een dag niet hebben verlaten, blijven op dezelfde positie in het proces zitten en worden de volgende dag in behandeling genomen.

→ Doordat er in het model geen activiteiten plaatsvinden gedurende de nacht, zal het percentage MHM dat `s ochtends gereed staat voor transport in het model lager zijn dan in de realiteit.

### **Activiteiten van het primaire proces:**

- *Groepering activiteiten:*

Activiteiten kunnen worden gegroepeerd, wanneer deze door dezelfde resource volgens een vaststaande procedure worden doorgevoerd. Deze groepering van activiteiten vereenvoudigt het model zonder dat er waardevolle informatie verloren gaat. Volgens deze gedachtegang worden de volgende activiteiten gegroepeerd:

- ‘Selectie MHM’ en ‘Voorbehandeling van MHM’ in de ruimte ‘*Desinfectie Vuil*’
- ‘Selectie MHM’, ‘2<sup>o</sup> inspectie & montage’ en ‘Assemblage’ in de ‘*Assemblage & Inpak Ruimte*’
- ‘Controle MHM’ en ‘Belading transportkarren’ in de ‘*Distributie Ruimte*’

- *Activiteiten die niet worden gemodelleerd*

Activiteiten die zelden voorkomen en weinig invloed hebben op de logistieke prestaties van het systeem worden niet gemodelleerd. Door middel van interviews met een aantal medewerkers op de CSA<sup>51</sup> is de frequentie van de verschillende activiteiten in het primaire proces in kaart gebracht (zie bijlage I). Op basis van deze gegevens worden de volgende activiteiten niet gemodelleerd:

- o Handmatige reiniging in ‘*Desinfectie Vuil*’:

Minder dan 2,5% van alle verontreinigde MHM worden handmatig gereinigd. Bovendien wordt deze activiteit slechts doorgevoerd als er geen MHM meer zijn, die op de tact- of batchmachine moeten worden beladen.

- Drogen in de ruimte 'Desinfectie Schoon':

Op dit moment wordt een groot percentage van MHM uit de batchmachine (ca 40% van de sets en 80% van het losse materiaal) in de droogkast gedroogd. Dit is te wijten aan een slechte belading van de batchmachines. Vanuit de leiding bestaat de wens om het gebruik van de droogkast terug te dringen dan wel geheel stop te zetten. Om deze reden is ervoor gekozen ervan uit te gaan dat MHM in het model niet worden gedroogd.

- Verpakken en etiketteren in de ruimte 'Desinfectie Schoon':

Uit de schattingen van de medewerkers blijkt dat het percentage MHM die met gas of helemaal niet gesteriliseerd worden zeer klein is (minder dan 7%, zie bijlage I). Dit zijn de MHM die in de ruimte 'Desinfectie Schoon' verpakt en geëtiketteerd worden. Deze activiteiten worden doorgevoerd als er geen MHM verplaatst hoeven te worden.

- Interne recalls:

Interne recalls vanuit de ruimte 'Desinfectie Schoon', de 'Assemblage & Inpak Ruimte' of de 'Distributie Ruimte' komen zelden voor. Volgens de inschattingen van de medewerkers worden minder dan 2% van de MHM naar de voorafgaande processtap teruggestuurd.

- Contact met IB:

Uit ervaring blijkt dat het zelden voorkomt dat MHM ontbreken of versleten zijn en er contact moet worden opgenomen met IB (2,5% van alle MHM). Dit is door de metingen op de werkvloer bevestigd: slechts voor 2,8% van alle MHM is contact opgenomen met IB.

→ Doordat deze activiteiten niet worden gemodelleerd zullen de medewerkers in het model een lagere bezettingsgraad hebben dan in de realiteit.

- *Activiteiten met vaste bewerkingstijd*

Uit de doorlooptijdanalyse in paragraaf 4.3.1 komt naar voren dat de machinale reiniging de enige activiteit is met een vaste bewerkingstijd. Voor de overige activiteiten kan de bewerkingstijd variëren. De relatie tussen aard en samenstelling van MHM en bewerkingstijd komt bij de voorbehandeling en assemblage het sterkst naar voren. Voor de overige activiteiten is om verschillende redenen voor een vaste bewerkingstijd gekozen.

- Verplaatsen MHM in 'Desinfectie Schoon'

De duur voor het ontladen van een laadrek uit een reinigingsmachine kan variëren afhankelijk van het aantal MHM dat op het laadrek geplaatst is. Deze tijd staat echter niet in verhouding tot de tijd voor het verplaatsen. Bovendien is uit de analyse in hoofdstuk 4 naar voren gekomen dat deze medewerker een zeer lage bezettingsgraad heeft van rond 41%.

- Verpakken MHM

De tijd voor het verpakken van MHM is onafhankelijk van de grootte of de samenstelling van het MHM. Het enige belangrijke onderscheid is het verpakken in papier of laminaat. Verpakken van sets en los materiaal hebben elk een vaste bewerkingstijd.

- Sterilisatie MHM

De bewerkingstijd voor sterilisatie is variabel omdat dit proces door verschillende parameters gestuurd wordt, zoals luchtdruk, temperatuur, vochtigheid. De bewerkingstijd kan echter niet afhankelijk van het aantal MHM worden bepaald omdat de procesparameters door

verschillende factoren beïnvloed worden, zoals het aantal MHM, het gewicht van deze MHM, de manier van beladen, het verpakkingsmateriaal etc. Een analyse van de beladingslijsten in week 1 van 2006 maakt duidelijk dat er geen een-op-een relatie is tussen het aantal MHM per charge en de bewerkingstijd. Omdat de variatie bovendien klein is in verhouding tot de totale bewerkingstijd is voor een vaste bewerkingstijd gekozen

- Beladen transportkarren met steriele MHM

De tijd voor het ontladen van een laadrek na uitstoot uit de autoclaaf en het beladen van de transportkarren is onafhankelijk van de aard en samenstelling van de MHM. Beschikbaarheid van karren en voldoende manoeuvreerruimte spelen een grotere rol.

→ Variatie in bewerkingstijden heeft over het algemeen een nadelig effect op de afstemming van de verschillende processtappen. Dit betekent dat het hanteren van vaste bewerkingstijden een positief effect zal hebben op de doorlooptijden van MHM in het model.

- *Activiteiten met vaste bewerkingstijd*

Voor de overige activiteiten worden de bewerkingstijden met behulp van driehoeksverdelingen bepaald. De parameters voor deze verdelingen zijn samen met een stafmedewerker van de CSA bepaald<sup>52</sup>. Het gemiddelde van deze verdelingen komt overeen met de gemiddelde bewerkingstijd tijdens de meting op de werkvloer (zie bijlage D). Dit betekent dat de medewerkers in het model niet sneller werken dan in de realiteit. In het model worden de bewerkingstijden echter niet beïnvloed door factoren als expertise, motivatie of werkdruk.

### **Classificatie MHM:**

Uit een gesprek met het Instrumentenbeheer van de CSA is naar voren gekomen dat er meerdere duizenden verschillende sets en losse materialen in gebruik zijn. Het zou te ver voeren ieder MHM afzonderlijk te modelleren. Uit de analyse van de bewerkingstijden in paragraaf 4.3.1 is naar voren gekomen, dat de bewerkingstijd van handmatige activiteiten (voorbehandeling en assemblage) wordt beïnvloed door de aard en samenstelling van het desbetreffende MHM. Wanneer er in het model geen verschillende MHM onderscheiden worden, is deze invloed niet te modelleren. Om de relatie tussen MHM en bewerkingstijd niet verloren te laten gaan en het model tegelijkertijd niet onnodig complex te maken, is ervoor gekozen verschillende ‘klassen’ MHM te onderscheiden. Elke klasse zal een groep MHM representeren met vergelijkbare bewerkingstijden bij de voorbehandeling en assemblage.

Bij het bepalen van het aantal te onderscheiden klassen spelen de volgende overwegingen een rol:

- Sets en los materiaal zullen elk op een eigen manier worden geclassificeerd.
- Het aantal klassen dient groot genoeg te zijn,
  - zodat de bewerkingstijden aantoonbaar beter benaderd worden dan door het hanteren van een vast gemiddelde,
  - elke klasse harmonisch is, dat wil zeggen MHM met vergelijkbare bewerkingstijden gebundeld worden.
- Het aantal klassen dient niet te groot te zijn, zodat elke klasse een aanzienlijke groep MHM bevat. Hierbij zijn de volgende constatering van belang:

- In de CSA van het Medisch Centrum Leeuwarden (MCL) zijn sets op basis van aantal MHM per set in drie klassen ingedeeld, die elk meer dan 10% van de totale jaarproductie representeren (zie bijlage L).
- Uit een analyse van het bestand aan sets in het UMCG blijkt dat meer dan 66% van alle sets minder dan 30 instrumenten bevat (zie bijlage L).

Op basis van deze overwegingen is ervoor gekozen om voor sets vijf klassen en voor los materiaal twee klassen te onderscheiden.

Bij de classificatie van sets is een puntensysteem ontworpen om rekening te kunnen houden met de verschillende factoren die de bewerkingstijd beïnvloeden. De volgende factoren zijn in 4.3.1 naar voren gekomen (per set):

- Aantal instrumenten
- Aantal lumen (holle instrumenten)
- Aantal demonteerbare instrumenten

In het puntensysteem wordt rekening gehouden met de verschillende impact die deze factoren op de bewerkingstijd hebben, door elke factor van een ander gewicht te voorzien. Dit is in onderstaande tabel weergegeven.

<b>Factor</b>	<b># Punten</b>
# Instrumenten	1
# Lumen	2
# Demonteerbaar	3

*Tabel K.1 Gewicht per factor*

Door het aantal eenheden per factor met het bijbehorende aantal punten te vermenigvuldigen kan voor iedere set een puntenscore worden berekend. De puntengrenzen van iedere klasse zijn op basis van eerder genoemde overwegingen als volgt:

<b>Klasse</b>	<b># Punten</b>
1	<20
2	20-40
3	40-60
4	>60
5	speciaal

*Tabel K.2 Classificatie sets*

De speciale klasse wordt gevormd door sets met meer dan drie instrumenten die in meer dan vier onderdelen demonteerbaar zijn en door micro-instrumentarium. Deze MHM hebben net als MHM in klasse 4 en lange assemblagetijd en daarnaast ook nog een lange voorbehandelingstijd.

Los materiaal wordt onderscheiden in twee klassen: eenvoudig en complex materiaal. Bij complex materiaal zijn bij de handmatige activiteiten extra handelingen noodzakelijk, zoals het doorspuiten van lumen, de (de)montage of een speciale manier van bevestigen op een laadrek.



Aan iedere klasse zijn op basis van de meting op de werkvloer de volgende bewerkingstijden toebedeeld:

	Klasse	# Punten	Voorbehandeling		Verplaatsing*	Assemblage		Verpakken	Belading kar*
			Spreiding	Gem.	Gem.	Spreiding	Gem.	Gem.	Gem.
Sets	1	<20	0-1/2	1/4	5	1-5	3	2	5
	2	20-40	1/4-3/4	1/2	5	5-10	7 1/2	2	5
	3	40-60	1/2-1	3/4	5	10-20	15	2	5
	4	>60	3/4-5/4	1	5	20-30	25	2	5
	5	speciaal	3-7	5	5	>30	30	2	5
Los	1	eenvoudig	0-1	1/5	5	0-1	1/3	1	5
	2	complex	1-3	3/4	5	2-4	2 1/2	1	5

**Tabel K.3 Classificatie MHM [mm] (\* tijd per charge)**

Om te onderzoeken of er voldoende klassen onderscheiden worden is het hanteren van dit classificatiesysteem vergeleken met het hanteren van een vast gemiddelde. Voor alle MHM waarvan tijdens de meting op de werkvloer de assemblagetijd geregistreerd is, zijn twee cijfers berekend:

- het verschil met de gemiddelde assemblagetijd
- het verschil met de assemblagetijd volgens het classificatiesysteem.

Het gemiddelde van deze cijfers is in onderstaande tabel weergegeven.

	Vast gemiddelde	Classificatie
Gemiddelde verschil met metingen	00:06	00:04

**Tabel K.4 Verschil classificatie en gemiddelde met meting [hh:mm]**

Uit deze cijfers komt naar voren dat de bewerkingstijd voor de assemblage door het hanteren van de classificatie beter benaderd wordt dan door het hanteren van een vast gemiddelde. Dit betekent dat de classificatie zinvol is om de variëteit van de handmatige bewerkingstijden in het model te laten doorschijnen.

→ Uiteraard gaat er door het hanteren van een classificatiesysteem variatie in de aard en samenstelling van de MHM ten opzichte van de realiteit verloren. Omdat variatie over het algemeen nadelige effecten heeft op de efficiëntie van het productieproces zullen MHM in het model kortere doorlooptijden hebben.

### **Aankomst MHM:**

Er zijn twee verschillende aankomststromen aan MHM op de CSA:

- verontreinigde MHM in de ruimte 'Desinfectie Vuil'
- schone en verpakte MHM in de 'Assemblage & Inpak Ruimte'

De tweede stroom zijn speciale MHM die al bij de klant gereinigd worden en alleen op de CSA gesteriliseerd hoeven te worden. Deze stroom zal niet gemodelleerd worden omdat de medewerkers op de CSA hierdoor nauwelijks belast worden. De enige capaciteit die belast wordt, zijn de autoclaven en deze hebben een zeer lage bezettingsgraad.

### **Spoedsets:**

Het aantal spoedsets dat vanuit het OC besteld wordt, is aan de hand van registratieformulieren voor spoedsets en bestellingen voor 2006 geteld en weergegeven in onderstaande tabel K.5.

	# Spoed		
	Totaal	Dag	Avond
Januari	26	24	2
Februari	10	9	1
Maart	18	15	3
April	17	9	8
<b>Gemiddelde</b>	<b>17,75</b>	<b>14,25</b>	<b>3,5</b>

*Tabel K.5      Aantal spoedbestellingen 2006*

Gezien er per maand gemiddeld meer dan 5000 sets en 9000 losse materialen gesteriliseerd worden, maken spoedsets maar een klein deel van de werkzaamheden op de CSA uit. Spoedsets zullen niet worden gemodelleerd.

### **Uitval resources:**

Op basis van de gegevens in het management systeem van Instrumentele Zaken is de kans op storing van de machines berekend. Hieruit is naar voren gekomen dat de batchmachines een storingskans van 0,3% hebben en autoclaven een kans van 0,9%. De tactmachines hebben een hogere storingskans van 2,7%. Omdat de bezettingsgraad van tactmachines heel laag is zullen storingen het proces minder sterk beïnvloeden. Naast storingen vindt er regelmatig onderhoud van machines plaats. Dit wordt gedurende reductieperioden gepland, zodat er tijdens reguliere productie met de maximale machinecapaciteit kan worden gewerkt. Gezien de kleine storingskansen en de planning van het onderhoud zal de uitval van machines weinig invloed hebben op de gemiddelde prestaties van de CSA en wordt niet gemodelleerd. Medewerkers hebben volgens de Formatieberekeningen van 2005<sup>53</sup> een gemiddeld ziekteverzuim van 10%. Om te onderzoeken welk effect dit heeft op de prestaties van de CSA zullen experimenten doorgevoerd worden met meer en minder medewerkers. Het aantal medewerkers gedurende een experiment zal niet worden gevarieerd.

### **Gebruik autoclaven:**

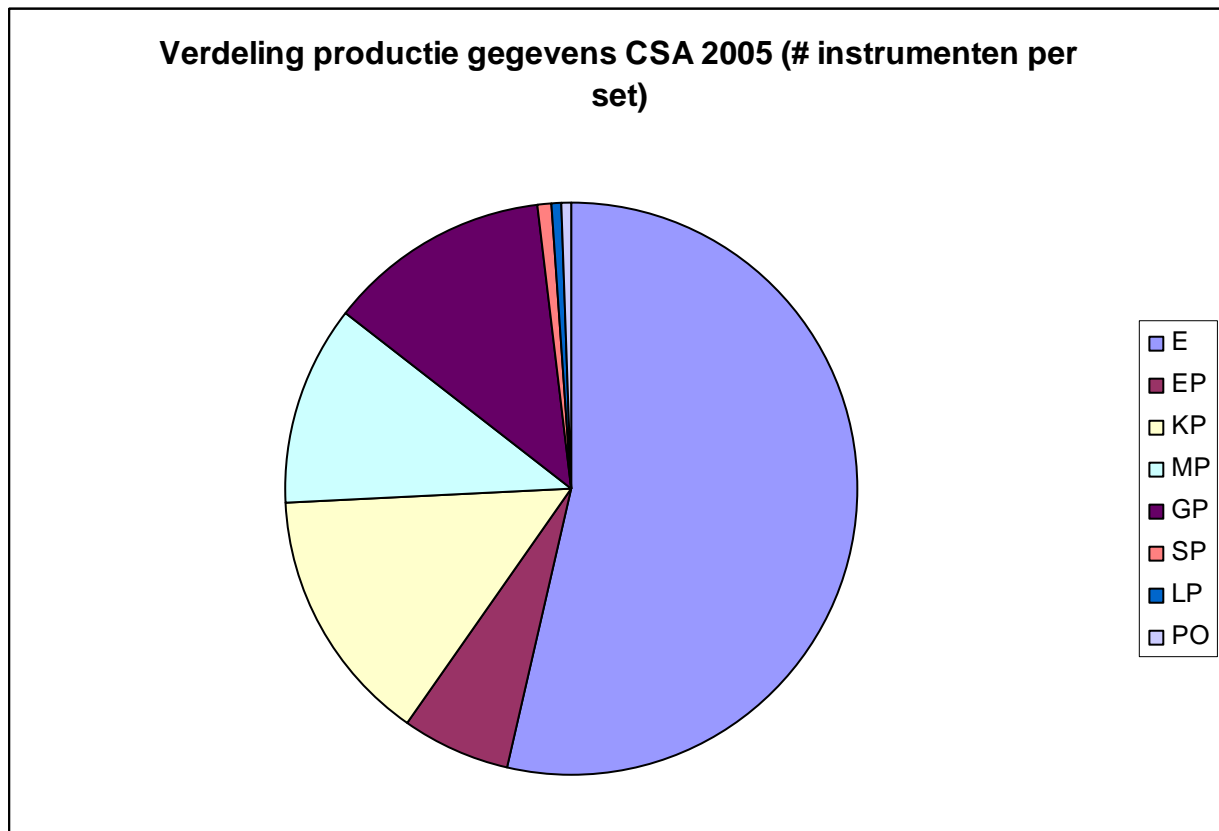
Afhankelijk van de hitte bestendigheid van MHM worden deze op 121° C of op 134° C gesteriliseerd. Uit analyse van de beladingslijsten van de autoclaven komt naar voren dat minder dan 3% van alle sets op 121° C worden gesteriliseerd en minder dan 3% van al het losse materiaal op 134° C wordt gesteriliseerd. In het model zullen alle sets op 134° C en alle losse materialen op 121° C worden gesteriliseerd.

Alle autoclaven kunnen op beide temperaturen worden ingesteld. Uit de analyse van de beladingslijsten en gesprekken met sterilisatiemedewerkers komt naar voren dat over het algemeen twee autoclaven op 121° C zijn ingesteld en drie op 134° C. Ook al moet een laadrek wachten op een autoclaaf wordt de temperatuur van een beschikbare autoclaaf normaliter niet aangepast. In het model zal deze indeling van de autoclaven als standaard worden beschouwd. Het is niet mogelijk om de temperatuur van de autoclaven te veranderen. Hierdoor is het eenvoudiger om de bezettingsgraad per type autoclaaf (sterilisatietemperatuur) te berekenen.

## L BIJLAGE – AANTAL MHM PER SET

### L.1 Productiegegevens CSA van het Medisch Centrum Leeuwarden

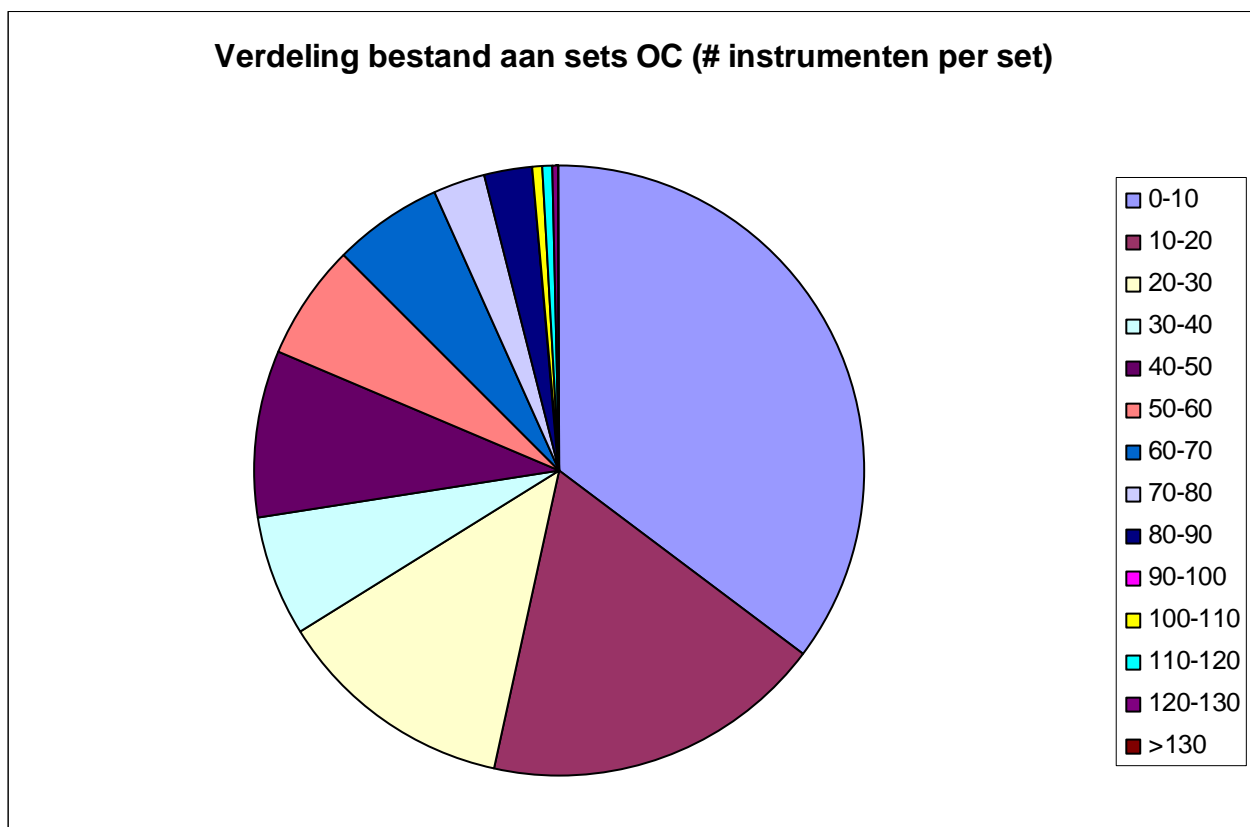
Product	Productie		Omschrijving productgroep
E	91796	53%	Artikelen zonder instrumenten net (voornamelijk laminaat)
EP	10793	6%	Enkelvoudige producten
KP	24766	14%	Klein instrumentenset (2 tot 10 artikelen)
MP	19730	11%	Middelgroot instrumentenset (11 tot 30 artikelen)
GP	21354	12%	Groot instrumentenset (31 tot 120 artikelen)
SP	1419	1%	Specifiek instrumentenset (o.a. Micro instrumentarium)
LP	1002	1%	Leenset
PO	791	0%	Sets / artikelen die inmiddels de status verwijderd hebben
<b>Totalen</b>	<b>171651</b>		



## L.2 Verdeling sets UMCG (alleen OC)

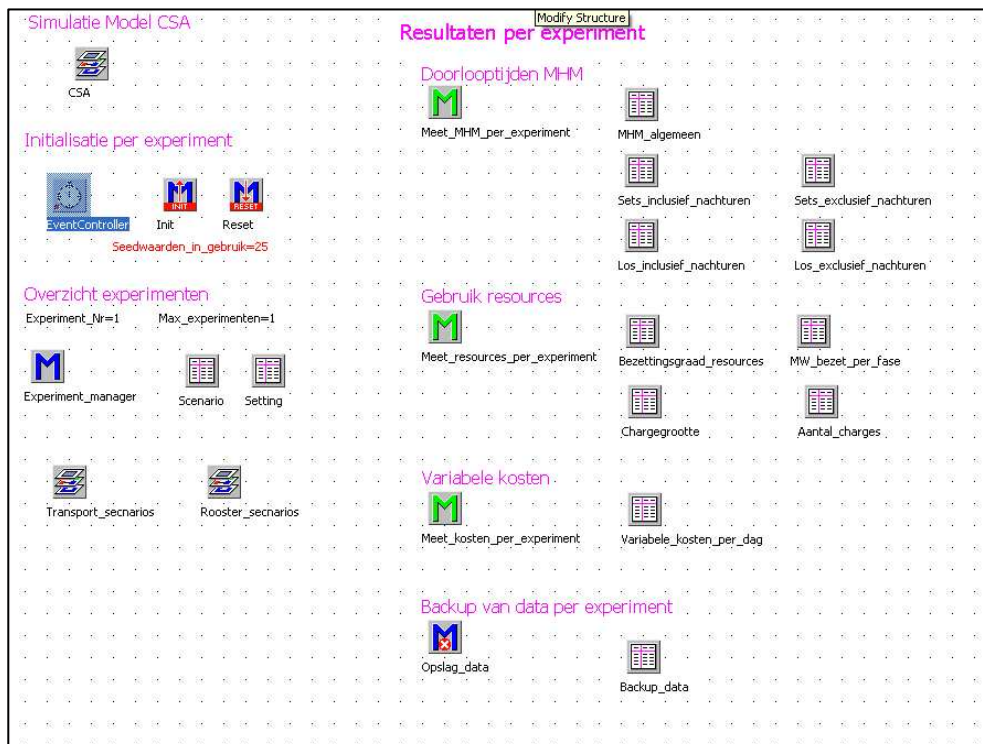
Totaal # instrumenten	39130
Totaal # sets	1439
<b>Gemiddeld # instrumenten per set</b>	<b>27</b>

# Instrumenten op set	Aantal sets	Percentage
0-10	506	35%
10-20	263	18%
20-30	181	13%
30-40	93	6%
40-50	127	9%
50-60	89	6%
60-70	83	6%
70-80	41	3%
80-90	37	3%
90-100	1	0%
100-110	7	0%
110-120	7	0%
120-130	3	0%
>130	1	0%
<b>Totaal</b>	<b>1439</b>	



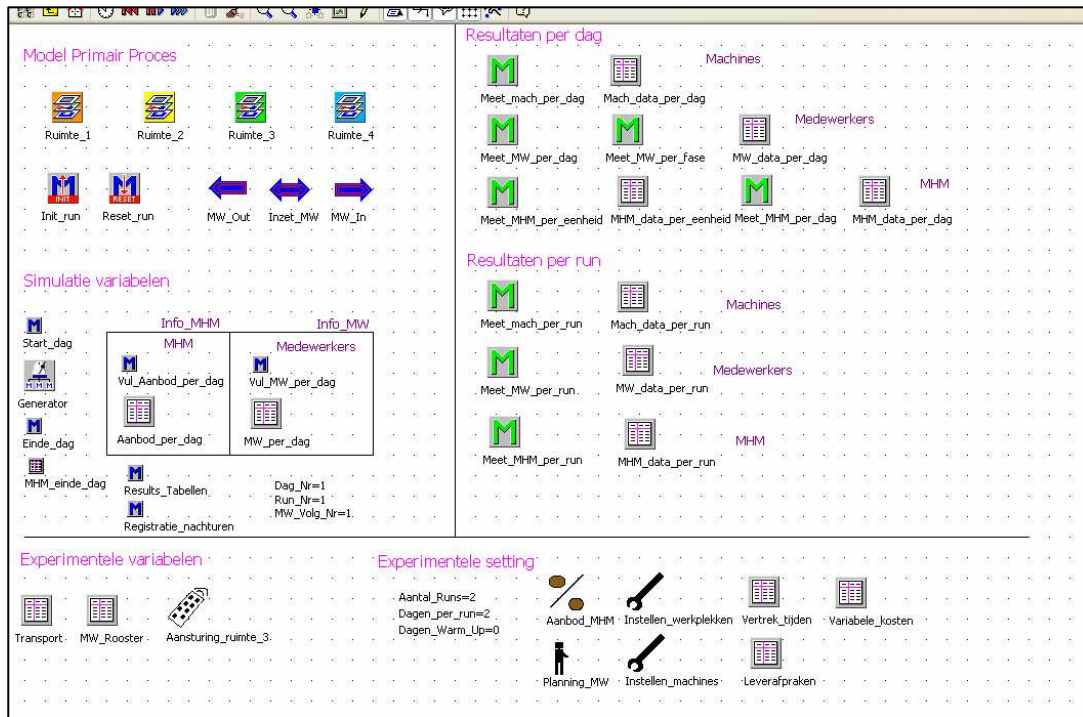
## M BIJLAGE - OPBOUW SIMULATIEMODEL

In het simulatiemodel kunnen twee belangrijke niveaus worden onderscheiden. Vanuit het basisniveau, de zogenaamde “*root-frame*” (zie figuur M.1) kunnen experimenten worden doorgevoerd. Hiervoor kunnen de inputs (experimentele factoren) van een scenario worden ingesteld (links onder) en worden de resultaten berekend en opgeslagen (rechts).



**Figuur M.1** *Rootframe van het computermodel*

Het model waarin de processen op de CSA worden gesimuleerd kan worden geopend door 'dubbelklik' op het symbool “*CSA*” (links boven). Dit model is weergegeven in figuur M.2.



**Figuur M.2 Simulatie-niveau**

Door de scheidlijnen worden drie verschillende delen van het model onderscheiden. In het vlak links boven vindt de eigenlijke simulatie plaats. De vier verschillende ruimten van de CSA worden weergegeven door vier verschillende boxen die met elkaar in verbinding staan door de stroom van MHM. In iedere box worden de activiteiten per ruimte gesimuleerd. In het onderste vlak kunnen alle varieerbare parameters van het model worden ingesteld. Er is een onderscheid aangebracht tussen parameters die in principe vast staan, deze staan in het vakje “*Experimentele setting*”, en parameters die in het kader van het onderzoek gevarieerd worden, deze staan in het vakje “*Experimentele variabelen*”. In het rechte vak “*Resultaten per dag*” alle belangrijke gegevens gemeten en in tabellen opgeslagen. Aan het einde van een run berekent het model de gemiddelden van de gegevens per run en slaat deze in tabellen op onder “*Resultaten per run*”.

## N BIJLAGE - VALIDATIE OUTPUTS SIMULATIEMODEL

In deze bijlage is het kwantitatieve deel van de validatie van het simulatiemodel opgenomen. Hiervoor zijn de gegevens van het simulatiemodel met betrekking tot aanbod aan MHM, doorlooptijden van MHM en bezettingsgraad van resources met de gegevens van het reële systeem vergeleken. Voor het genereren van simulatiegegevens is een experiment van vier runs van 100 dagen doorgevoerd met het default-scenario. De gegevens van het reële systeem komen voort uit metingen op de werkvloer en wiskundige berekeningen op basis van beschikbare gegevens (zie hoofdstuk 4. Analyse).

### Aanbod MHM op de CSA

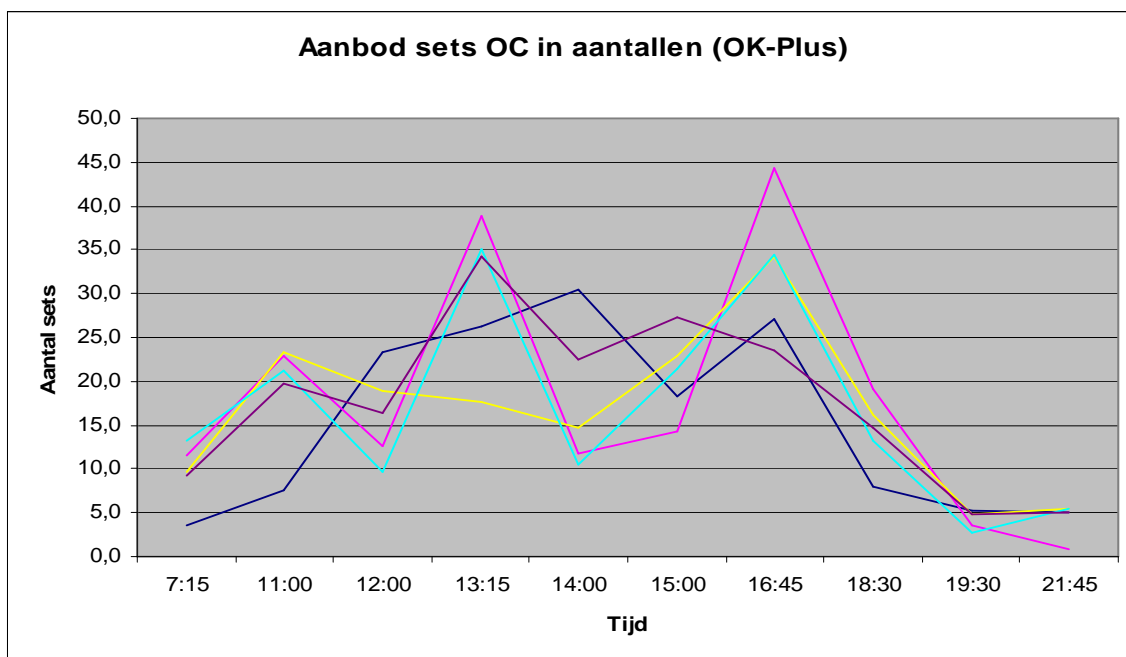
Bij de validatie van het aanbod aan MHM op de CSA is rekening gehouden met de manier waarop MHM in het model gegenereerd worden. Er kunnen drie verschillende aspecten worden onderscheiden:

- Aanbod per dag op basis van een empirische verdeling (specifiek per klant en type MHM)
- Aankomst op transporttijd op basis van kansverdeling (volgens percentages in transportrooster)
- Classificatie van MHM op basis van kansverdeling (volgens percentages in classificatietabel)

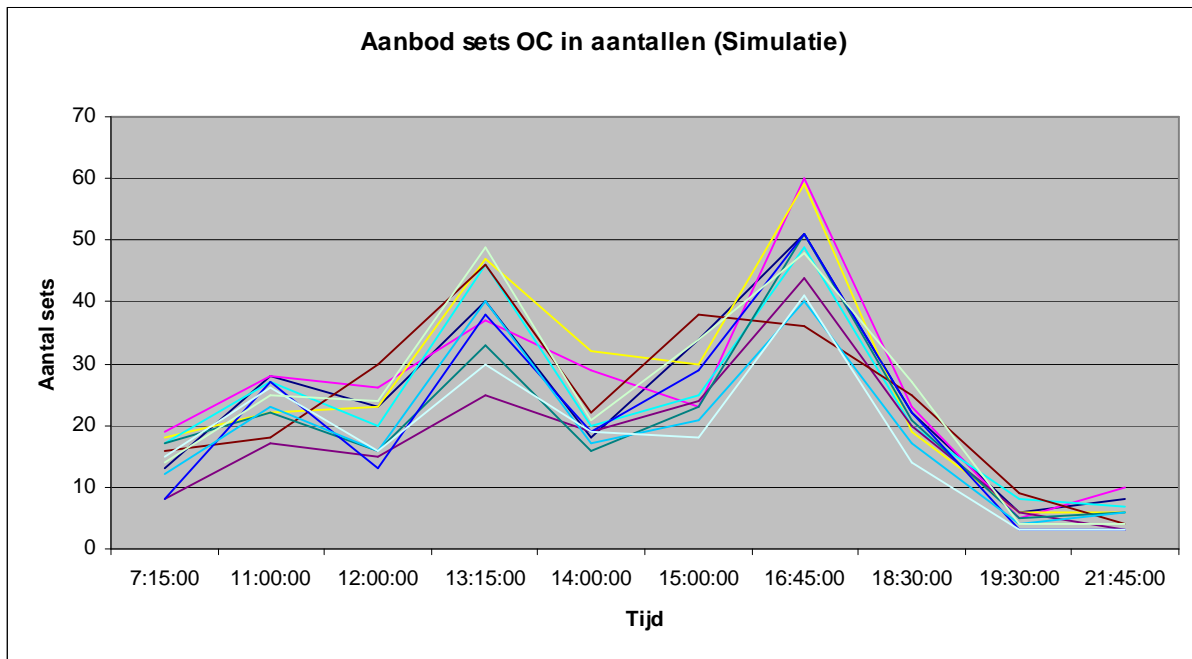
Op basis van deze aspecten zijn de gegevens van de werkelijkheid met die van het model vergeleken.

#### Observaties:

- Het aanbod per dag in het model komt met betrekking tot de belangrijkste statistische kenmerken (gemiddelde, minimum en maximum) overeen met de gegevens van de werkelijkheid.
- Het aankomstpatroon per dag is in het model minder variabel dan in de werkelijkheid (zie figuur N.1 en N.2).
- De percentuele samenstelling van MHM over de verschillende klassen komt in het model overeen met de werkelijkheid.



*Figuur N.1 Aankomstpatroon sets van het OC (reëel systeem)*



**Figuur N.2** Aankomstpatroon sets van het OC (simulatiemodel)

**Verklaring verschillen:**

- Minder variatie per dag:  
In het model wordt de verdeling van het aanbod over de dag middels een vaste percentuele verdeling berekend. Hiermee kunnen de variaties in het gebruik van MHM per dag en het transport naar de CSA niet voldoende worden gesimuleerd.

**Doorlooptijden MHM**

Bij de validatie van de doorlooptijden worden de afzonderlijke wacht- en bewerkingstijden per activiteit vergeleken. Voor de prestaties van het reële systeem is gebruik gemaakt van de gegevens van de meting op de werkvloer op 16 mei 2006 van sets van het OC (zie onderstaande tabellen).

**Bewerkingstijden:**

Des. Vuil		Des. Schoon	Assemblage		Distributie
Voorbehandeling	Mach. Reiniging*	Verplaatsing*	Assembl.	Verpakken	Sterilisatie*
0:01	0:55	0:18	0:12	0:02	1:09

**Tabel N.1** *Bewerkingstijden sets OC (reëel systeem)*

Des. Vuil		Des. Schoon	Assemblage		Distributie
Voorbehandeling	Mach. Reiniging*	Verplaatsing*	Assembl.	Verpakken	Sterilisatie*
0:00:44	0:55:00	0:05:00	0:13:24	0:06:38	1:10:00

**Tabel N.2** *Bewerkingstijden sets OC (simulatiemodel)*



### Observaties:

- Bij het verplaatsen in 'Desinfectie Schoon' en het verpakken in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' wordt een groot verschil geconstateerd.
- Voor de overige activiteiten komt de bewerkingstijd goed overeen. Vooral bij de voorbehandeling en de assemblage is dit van belang, omdat deze tijden in het model per MHM met behulp van een empirische verdeling wordt berekend.

### Verklaring verschillen:

- Verplaatsen:  
In het model is het verplaatsen de enige activiteit die de medewerker in de ruimte 'Desinfectie Schoon' doorvoert. Bovendien heeft deze activiteit in het model een constante bewerkingstijd.
- Verpakken:  
Voor het verpakken is in de realiteit de bewerkingstijd per set aangegeven. In het model wordt de bewerkingstijd per serie te verpakken sets berekend.

### Wachttijden:

Des. Vuil	Des. Schoon	Assemblage			Distributie	
Wachten Des. Vuil	Wachten Des. Schoon	Wachten assemblage	Wachten verpakken	Wachten sterilisatie	Afkoelen	Wachten transport
0:45	0:12	2:13	0:20	3:03	0:20	2:21

*Tabel N.3 Wachttijden (reëel systeem)*

Des. Vuil	Des. Schoon	Assemblage			Distributie	
Wachten Des. Vuil	Wachten Des. Schoon	Wachten assemblage	Wachten verpakken	Wachten sterilisatie	Afkoelen	Wachten transport
0:26:54	0:11:08	1:53:33	0:18:06	0:32:08	1:04:32	1:31:22

*Tabel N.4 Wachttijden (simulatiemodel)*

### Observaties:

- De grootste verschillen in de wachttijden treden op in de ruimte 'Desinfectie Vuil', voor de sterilisatie en in de 'Distributie Ruimte'.
- De overige drie wachttijden komen goed overeen. Dit is vooral bij de assemblage en het verpakken interessant omdat deze wachttijden door de medewerkers zelf zijn genoteerd.

### Verklaring verschillen:

- 'Desinfectie Vuil':  
Tijdens de meting op de werkvloer was er slechts een tactmachine beschikbaar. Gegeven het feit dat ca 80% van alle sets van het OC op de tactmachine gereinigd worden, heeft dit een negatieve impact op de wachttijden voor de reiniging.

- Sterilisatie:  
Tijdens de meting op de werkvloer was er een tekort aan laadrekken voor de sterilisatie, waardoor er zeer lange wachttijden voor de sterilisatie zijn ontstaan.
- ‘Distributie Ruimte’:  
De verschillen in wachttijden in de ‘Distributie Ruimte’ komen voort uit het feit dat er tijdens de meting op de werkvloer alleen gegevens over de totale wachttijd bekend waren. De indeling in wachttijd op afkoelen en op transport is arbitrair gekozen. De totale gemeten wachttijd in deze ruimte (2 uur en 41 minuten) stemt goed overeen met de totale wachttijd in het model (2 uur en 41 minuten).

## Bezettingsgraad resources

In deze paragraaf zal de validatie van het model op basis van de inzet van de resources worden beschreven. Voor de validatie van de bezettingsgraad van de resources is een onderscheid gemaakt tussen de medewerkers per ruimte. De gegevens van het reële systeem komen voort uit de wiskundige berekeningen in hoofdstuk 4. In onderstaande tabellen zijn de gegevens van het reële systeem en het model weergegeven.

Des. Vuil			Des. Schoon	Assemblage		Distr.
Medew.	Tactm.	Batchm.	Medew.	Medew.	Autocl.	Medew.
32,16%	31,74%	83,53%	41,17%	80,14%	43,74%	17,94%

*Tabel N.5 Bezettingsgraad resources (reëel systeem)*

Des. Vuil			Des. Schoon	Assemblage		Distr.
Medew.	Tactm.	Batchm.	Medew.	Medew.	Autocl.	Medew.
31,94%	31,87%	83,57%	41,26%	78,66%	44,10%	18,10%

*Tabel N.6 Bezettingsgraad resources (simulatiemodel)*

### Observaties:

- De bezettingsgraad van de resources in het model wijken nauwelijks af van de wiskundige berekeningen. Op de assemblagemedewerkers na zijn in het model de bezettingsgraden van alle resources groter dan in de werkelijkheid.

### Verklaring verschillen:

- Hogere bezettingsgraad in het model:  
De reden dat de bezettingsgraad van resources in het model iets hoger zijn dan in de werkelijkheid ligt in de belading van de machines. In het model worden machines beladen zodra een laadrek vol is. Daarnaast vinden er ook charges plaats met niet vol beladen laadrekken, bijvoorbeeld op het einde van de dag of als er verder geen MHM beschikbaar zijn. Het aantal van deze charges is variabel, zodat het bepalen van de maximaal toelaatbare belading per charge lastig is. Bij het gekozen maximum is de gemiddelde belading per charge in het model iets lager dan in de werkelijkheid (zie tabellen N.7 en N.8).

	Tact	Batch	Autocl. 1	Autocl. 2
Sets	7,5	7,5	12,75	-
Los materiaal	-	-	-	45,33

**Tabel N.7** *Gemiddelde belading per laadrek (reëel systeem)*

	Tact	Batch	Autocl. 1	Autocl. 2
Sets	7,4	7,2	12,71	-
Los materiaal	-	-	-	42,41

**Tabel N.8** *Gemiddelde belading per laadrek (simulatiemodel)*

Dit heeft tot gevolg dat er in het model meer charges worden gedraaid (zie tabellen N.9 en N.10). Gedeeltelijk wordt dit effect gedempt doordat er in het model gemiddeld vijf sets en vijf losse materialen minder per dag aankomen dan in de wiskundige berekeningen is aangenomen.

	Tact	Batch	Autocl. 1	Autocl. 2
Gemiddelde	35,3	38,8	22,7	9,7

**Tabel N.9** *Aantal charges per dag (reëel systeem)*

	Tact	Batch	Autocl. 1	Autocl. 2
Gemiddelde	35,5	38,8	22,3	10,3

**Tabel N.10** *Aantal charges per dag (simulatiemodel)*

Een groter aantal charges per machine betekent een hogere bezettingsgraad voor de machines. Dit groter aantal charges heeft eveneens gevolgen voor de bezettingsgraad van de medewerkers in de ruimte 'Desinfectie Schoon' en de 'Distributie Ruimte' omdat deze per charge een vaste bewerkingstijd hebben.

## O BIJLAGE - SIMULATIE - INSTELLINGEN

De accuraatheid van de outputs van een experiment wordt beïnvloed door de simulatieduur. Pas bij een simulatie van een oneindig aantal dagen zijn de outputs van het model 100% accuraat. Om de gewenste simulatie-instellingen te kunnen bepalen, zal worden ingegaan op twee belangrijke eigenschappen van het model: terminaliteit en type output. Pas als deze eigenschappen bekend zijn, kunnen geschikte methoden worden gekozen om de ‘*warm-up*’ periode en de run-instellingen (run lengte en aantal runs) te bepalen. In de afsluitende twee paragrafen zal worden toegelicht dat er bij een simulatie van **10 runs** per experiment met een **run lengte van 70 dagen** en een ‘*warm-up*’ periode van **10 dagen** voldoende accurate outputs kunnen worden gemeten.

### Terminaliteit

Uit de simulatie van het systeem onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met het reële systeem (default-scenario) komt naar voren dat niet alle MHM die op een dag binnen komen op dezelfde dag nog verwerkt kunnen worden. Bij een simulatie van zeven runs van elk 1.000 dagen blijkt dat er op sluitingstijd gemiddeld 57 sets en 225 losse materialen wachten in de vertrekbuffer en 55 sets en 47 losse materialen over de verschillende ruimten verspreid liggen. Dit komt overeen met de prestaties van het reële systeem. Uit het gegeven dat het aanbod niet op dezelfde dag verwerkt kan worden, kunnen een aantal belangrijke conclusies worden getrokken:

- Elke dag wordt het systeem extra belast door de overgebleven MHM van de voorafgaande dag. De prestaties van een dag worden zodoende beïnvloed door de prestaties van voorafgaande dagen.
- De gemiddelde en maximale doorlooptijd van MHM wordt beïnvloed door MHM die ’s nachts in het systeem moeten wachten.
- Het systeem heeft geen natuurlijk eindpunt. Het einde van een run moet door de gebruiker ingesteld worden.

Een simulatie met een model met deze eigenschappen wordt ‘*non-terminating*’ genoemd<sup>54</sup>.

### Type output

Voor ‘*non-terminating*’ simulaties bereikt de output gewoonlijk een zogenaamde ‘*steady state*’. Dit wil zeggen dat de output volgens een vaste verdeling verloopt met een vast gemiddelde en een vaste variantie.

In dit model wordt de input gegeven door een transport- en medewerkerrooster dat voor iedere dag vast staat (cyclisch). Deze cyclische eigenschap van de input is terug te zien in de output: doorlooptijden van MHM worden in sterke mate beïnvloed door het tijdstip dat deze op de CSA aankomen. Dit type output wordt cyclische ‘*steady state*’ output<sup>55</sup> genoemd.

Om tot een ‘*steady state*’ output te komen zal het interval waarin de output wordt gemeten aangepast worden. In plaats van het meten van de doorlooptijd per MHM zal de gemiddelde doorlooptijd van MHM per dag als output worden berekend.

MHM die gedurende de nacht op de CSA verblijven hebben zeer lange wachttijden. De gemiddelde doorlooptijd van MHM per dag wordt door de wachttijden van deze MHM beïnvloed. Om deze reden zal zowel de gemiddelde doorlooptijd van MHM inclusief als ook exclusief nachturen worden gemeten.

## Warm-up periode

Voor non-terminating simulaties is het van belang om de *'warm-up'* periode vast te stellen. Deze periode geeft het aantal dagen weer waarvan geen gegevens worden verzameld voor de prestatiemeting. De reden hiervoor is dat het simulatiemodel in tegenstelling tot de realiteit aan het begin van een experiment 'leeg' is (geen MHM in het proces).

Voor het bepalen van de *'warm-up'* periode is de *'Welch-methode'*<sup>56</sup> toegepast. Deze methode maakt gebruik van wiskundige berekeningen en grafieken om de *'warm-up'* periode visueel voor te stellen. In het model worden verschillende outputs berekend die elk op een andere manier door de initialisatie met een leeg systeem worden beïnvloed. Om zeker te zijn dat de *'warm-up'* periode lang genoeg is, zal de *'Welch-methode'* op de outputs worden toegepast waarvan de grootste initialisatie verschijnselen worden verwacht. Bovendien kan de *'warm-up'* periode per scenario verschillen. Er is ervoor gekozen de *'Welch-methode'* alleen voor het default-scenario te bepalen en vervolgens in alle experimenten te hanteren. De achterliggende gedachte is dat de overige scenario's verbeteringen zijn ten opzichte van de huidige situatie en zodoende minder lange *'warm-up'* perioden zullen hebben.

In bijlage P zijn de grafieken weergegeven die met behulp van de *'Welch-methode'* zijn gegenereerd. In deze grafieken is te zien dat de output maximaal gedurende de eerste zeven dagen door de initialisatie met een 'leeg' systeem wordt beïnvloed. Omdat de *'warm-up'* periode niet voor elk scenario en elke output is bepaald, is besloten om een ruime marge aan te nemen. Er zal met een *'warm-up'* periode van 10 dagen worden geëxperimenteerd.

## Run instellingen

De mate van accuraatheid van de outputs wordt bepaald door het aantal runs en het aantal dagen per run (run lengte).

Normaliter wordt een run lengte van tien keer de *'warm-up'* periode aanbevolen. Omdat er in dit model geen gebeurtenissen zijn geprogrammeerd die pas na zeer lange simulatieduur optreden, is een dusdanig grote run lengte niet noodzakelijk. Met oog op de initialisatieverschijnselen gedurende de eerste 7 dagen zal een run lengte van 70 dagen worden aangehouden.

Voor het bepalen van het aantal runs is gebruik gemaakt van de *'confidence interval'* methode<sup>57</sup>. Dit is een statistische methode waarmee de mate van accuraatheid bij een bepaald aantal runs kan worden berekend. De *'confidence interval'* methode is eveneens op verschillende outputs van een simulatie met het default-scenario toegepast. De resultaten van deze berekeningen zijn in bijlage Q weergegeven. Hieruit is naar voren gekomen dat het voor een accuraatheid van minimaal 2% voldoende is om 10 runs per experiment door te voeren (significantie niveau van 2,5%).

## P BIJLAGE - WELCH METHODE

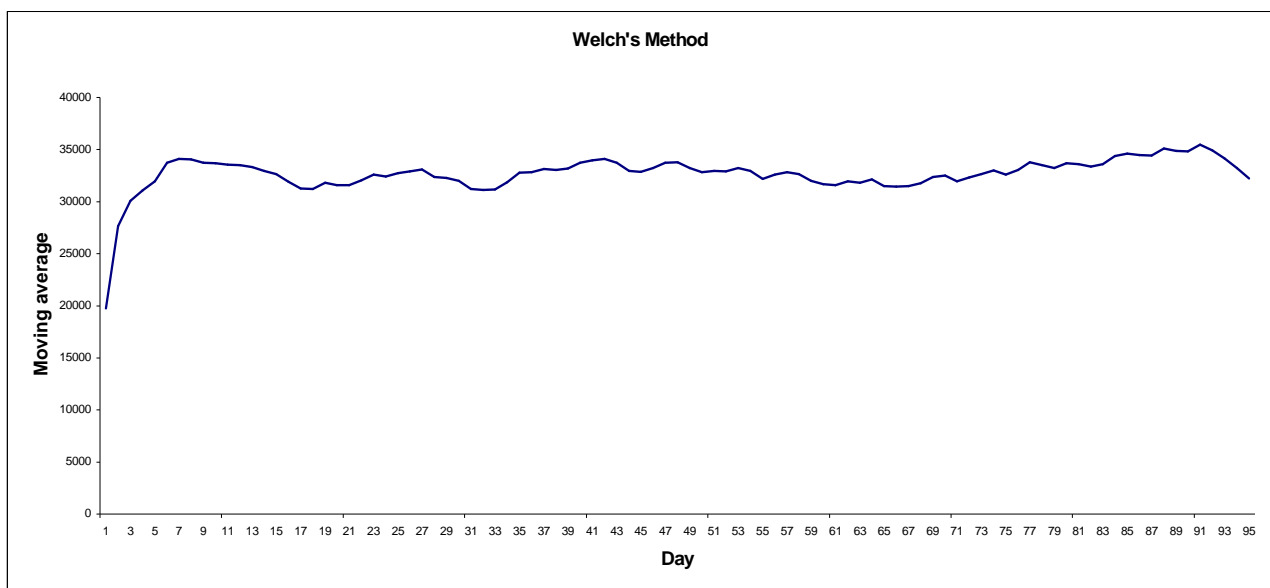
Voor het berekenen van de 'warm-up' periode is gebruik gemaakt van de 'Welch-methode'. Deze methode is voor meerdere outputmaten van het simulatiemodel toegepast. Hiervoor is gebruik gemaakt van een Excel spreadsheet op het Internet<sup>58</sup>. In deze bijlage zijn een aantal grafieken weergegeven die met behulp van de Welch methode zijn gegenereerd. In de eerste paragraaf zijn de grafieken van verschillende doorlooptijdmaten voor 'OC sets' weergegeven. Op basis hiervan is het mogelijk om te bepalen welke doorlooptijdmaat voor het bepalen van de 'warm-up' periode uitslaggevend is. In de volgende paragraaf zijn de Welch-grafieken van deze output voor verschillende soorten MHM (klant en type) en voor de bezettingsgraad van medewerkers weergegeven.

### Keuze outputmaat voor doorlooptijden van MHM

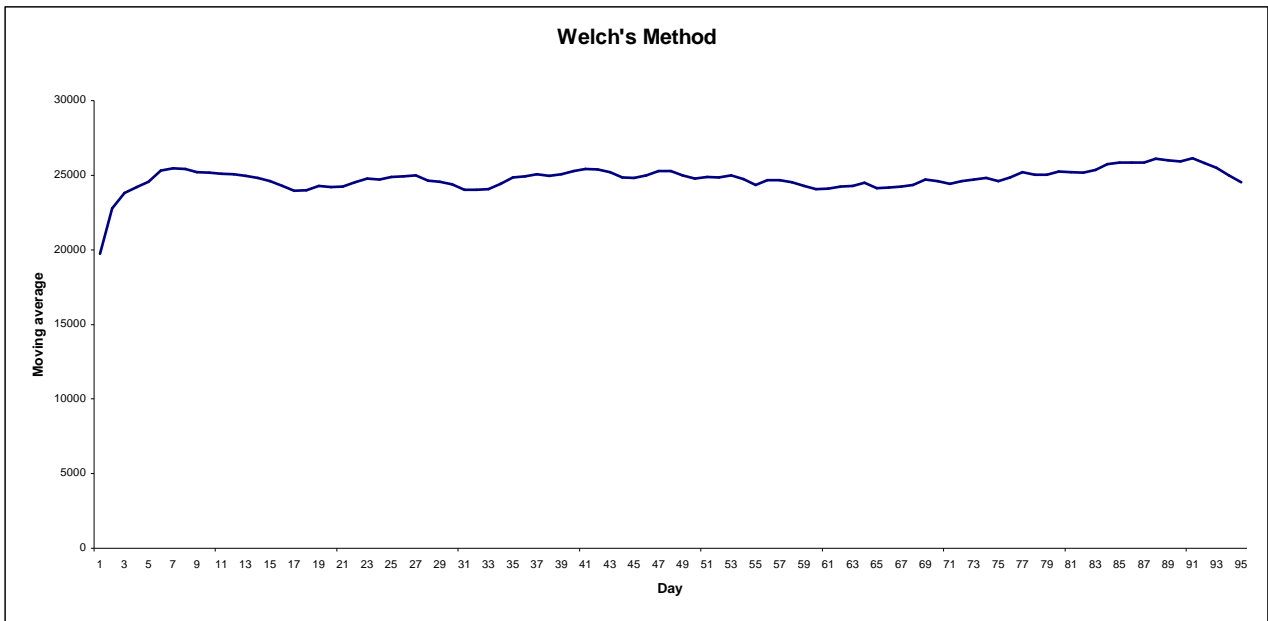
Voor het bepalen van de doorlooptijd-prestatie van de CSA worden verschillende 'maten' van de doorlooptijd van MHM gemeten. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen doorlooptijd 'inclusief' en 'exclusief' nachturen en tussen de 'interne' en 'externe' doorlooptijd. Om te kunnen bepalen welke maat voor het bepalen van de 'warm-up' periode wordt gebruikt zijn de Welch-grafieken van OC sets voor de volgende drie maten berekend (simulatie van 7 runs van 100 dagen):

- Externe doorlooptijd inclusief nachturen
- Externe doorlooptijd exclusief nachturen
- Interne doorlooptijd inclusief nachturen

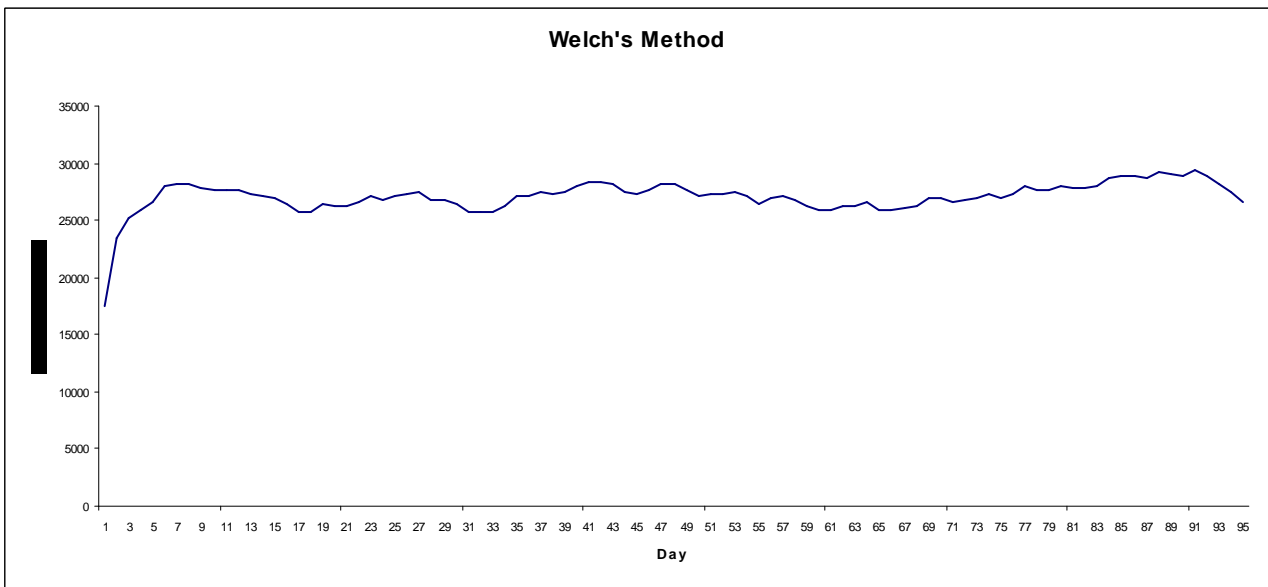
Deze grafieken zijn in deze volgorde in onderstaande figuren weergegeven ('window-length' is vier dagen). Deze figuren maken duidelijk dat de minimale 'warm-up' periode aan de hand van de maat 'Externe doorlooptijd inclusief nachturen' dient te worden bepaald.



*Figuur P.1 Externe doorlooptijd inclusief nachturen*



*Figuur P.2 Externe doorlooptijd exclusief nachturen*



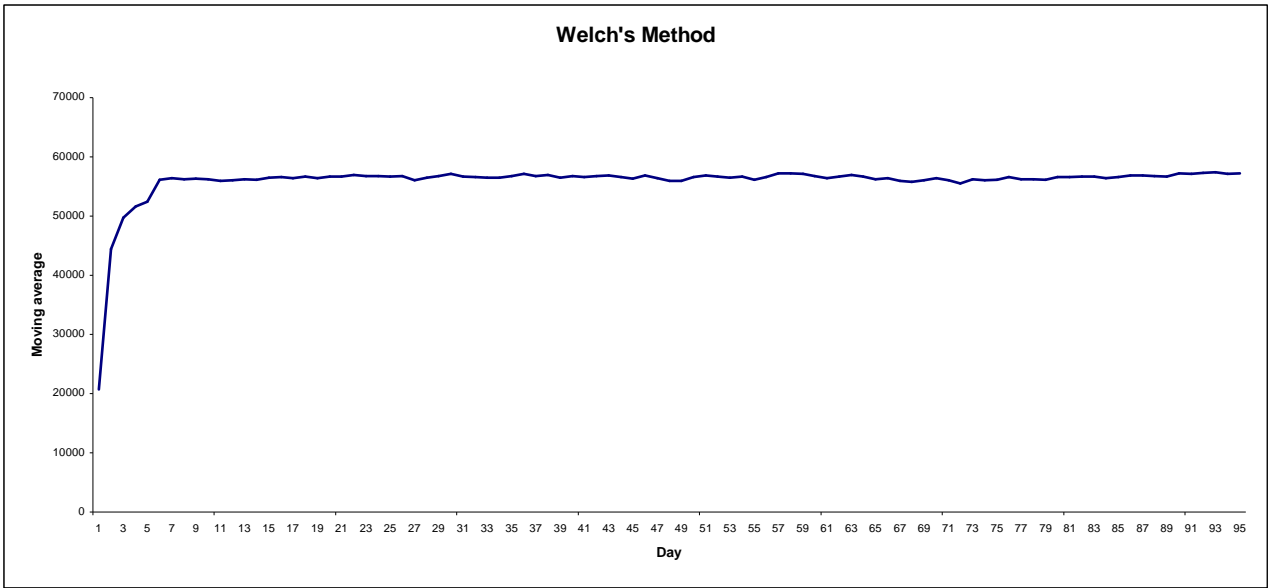
*Figuur P.3 Interne doorlooptijd inclusief nachturen*

## Welch-grafieken voor bepalen warm-up periode

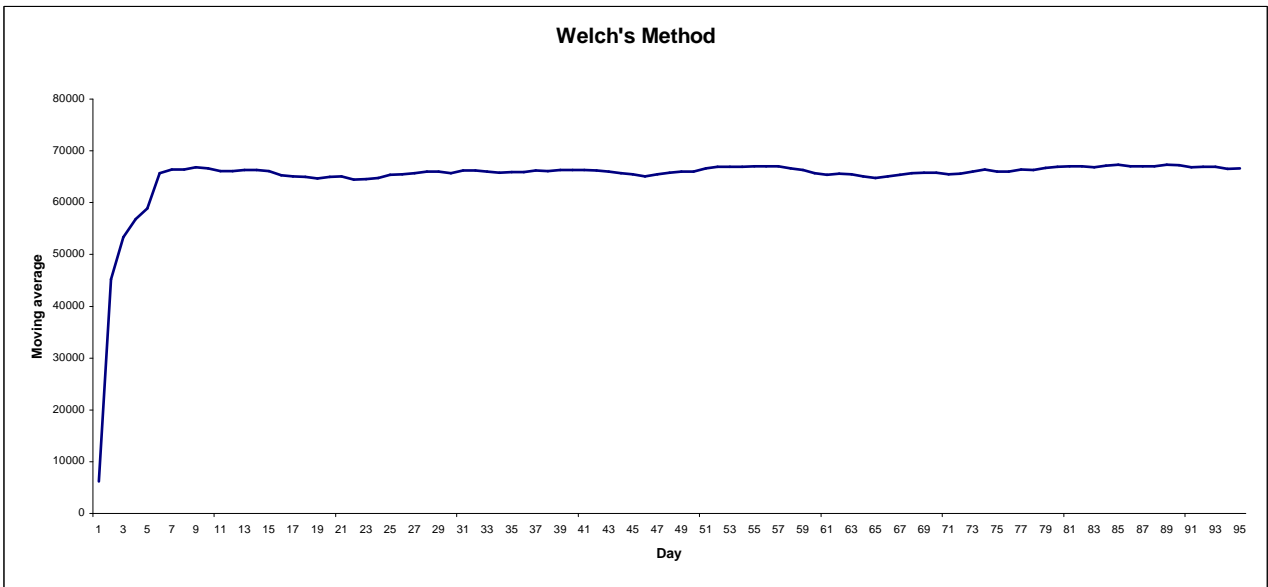
In deze paragraaf worden de Welch grafieken (*'window-length'* is vier dagen) weergegeven voor de volgende outputs:

- Poli los materiaal (externe doorlooptijd inclusief nachturen)
- OBDC sets (externe doorlooptijd inclusief nachturen)
- Bezettingsgraad medewerkers

In alle grafieken zijn initialisatie verschijnselen te zien tot maximaal dag zeven. Omdat de doorlooptijden gemiddelden per dag zijn en de *'warm-up'* periode alleen voor het default-scenario wordt bepaald is ervoor gekozen een *'warm-up'* periode van tien dagen aan te houden.

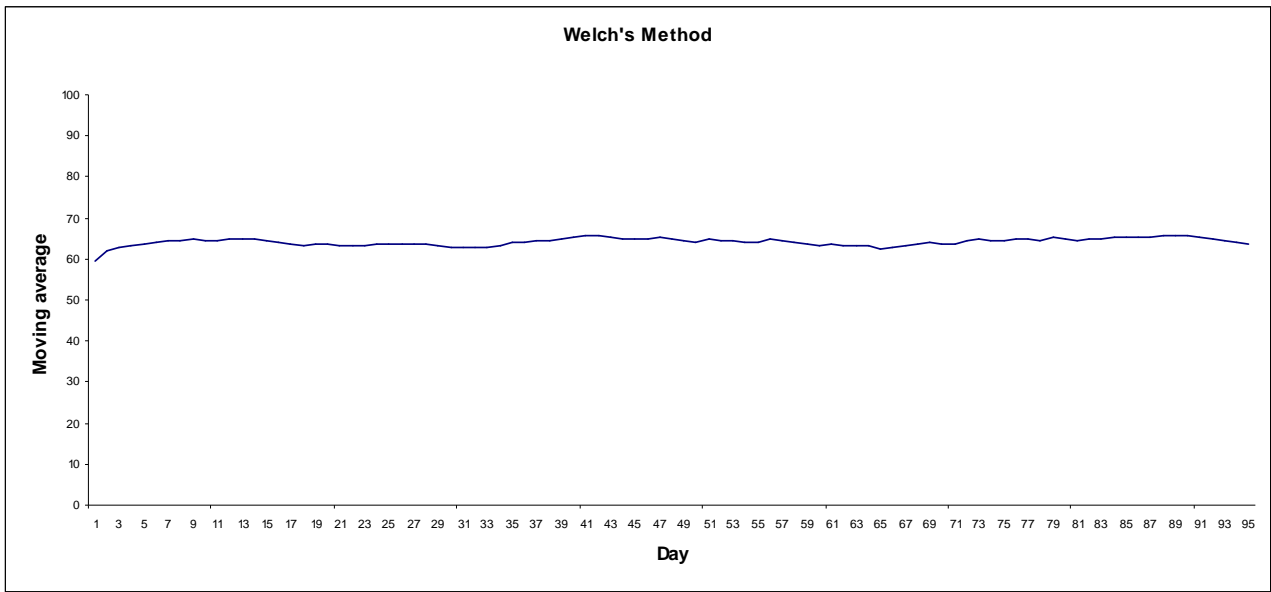


*Figuur P.4 Poli los materiaal (externe doorlooptijd inclusief nachturen)*



*Figuur P.5 ODBC sets (externe doorlooptijd inclusief nachturen)*





*Figuur P.6 MW bezettingsgraad per dag*

## Q BIJLAGE - CONFIDENCE INTERVAL METHOD

De ‘*confidence interval*’ methode is een statistische methode voor het bepalen van het aantal runs per experiment. Hiervoor wordt er afhankelijk van het gekozen significantieniveau  $\alpha$  een confidence interval rondom de outputwaarde berekend. Met een waarschijnlijkheid van  $(1 - \alpha)$  ligt de correcte outputwaarde (bij oneindige simulatieduur) binnen dit interval. Naarmate er meer runs worden gesimuleerd kan dit confidence interval preciezer worden berekend. De precisie wordt weergegeven door de percentuele afwijking van de intervalgrenzen ten opzichte van het gemiddelde.

Voor het toepassen van de ‘*confidence interval*’ methode is een simulatie van 20 runs van 70 dagen met een ‘*warm-up*’ periode van 10 dagen doorgevoerd. Er is voor gekozen om een significantieniveau van 2,5% en een maximale afwijking van eveneens 2,5% aan te houden. Voor de berekeningen is wederom gebruik gemaakt van een Excel spreadsheet op het Internet<sup>59</sup>. Om een goed beeld te krijgen van het noodzakelijk aantal runs is de ‘*confidence interval*’ methode voor de volgende outputs toegepast:

- OC sets
- OC los materiaal
- ODBC sets
- Poli los materiaal
- Bezettingsgraad medewerkers

Per output is een tabel met de resultaten van de berekeningen in deze bijlage opgenomen (om ruimte te besparen zijn alleen de gegevens van de eerste 10 runs weergegeven). Er kan worden afgelezen dat bij een significantieniveau van 2,5% zes runs voldoende zijn voor een confidence interval met een afwijking van minder dan 2,5%.

Replication	Result	Cum. Mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	31505,8	31505,8	n/a	n/a	n/a	n/a
2	30619,5	31062,7	626,7	19784,4	42341,0	36,31%
3	30356,6	30827,3	602,1	28670,1	32984,5	7,00%
4	30844,5	30831,6	491,7	29804,8	31858,4	3,33%
5	30239,1	30713,1	501,5	29929,1	31497,1	2,55%
6	31017,1	30763,8	465,4	30162,7	31364,9	1,95%
7	31790,3	30910,4	575,4	30264,8	31556,0	2,09%
8	30432,2	30850,6	558,9	30289,2	31412,1	1,82%
9	31867,7	30963,6	623,1	30392,1	31535,1	1,85%
10	30025,7	30869,8	658,1	30311,1	31428,6	1,81%
11	31107,0	30891,4	628,4	30392,4	31390,4	1,62%
12	31389,4	30932,9	616,2	30471,7	31394,1	1,49%

Tabel Q.1 OC sets (externe doorlooptijd inclusief nachturen)

Replication	Result	Cum. Mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	27507,4	27507,4	n/a	n/a	n/a	n/a
2	27627,4	27567,4	84,9	26039,6	29095,2	5,54%
3	27147,0	27427,3	250,0	26531,5	28323,1	3,27%
4	26705,5	27246,8	414,6	26381,0	28112,6	3,18%
5	26876,4	27172,7	395,4	26554,6	27790,9	2,27%
6	27017,3	27146,8	359,3	26682,8	27610,9	1,71%
7	27084,0	27137,9	328,9	26768,8	27506,9	1,36%
8	26368,5	27041,7	408,3	26631,6	27451,8	1,52%
9	27629,5	27107,0	429,2	26713,3	27500,7	1,45%
10	26685,4	27064,8	426,1	26703,1	27426,6	1,34%
11	26467,3	27010,5	442,5	26659,1	27361,9	1,30%
12	26931,0	27003,9	422,6	26687,6	27320,2	1,17%

Tabel Q.2 OC los materiaal (externe doorlooptijd inclusief nachturen)

Replication	Result	Cum. Mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	63188,1	63188,1	n/a	n/a	n/a	n/a
2	63251,5	63219,8	44,9	62412,1	64027,5	1,28%
3	63201,4	63213,7	33,5	63093,7	63333,6	0,19%
4	62887,4	63132,1	165,4	62786,6	63477,5	0,55%
5	62816,6	63069,0	201,1	62754,7	63383,3	0,50%
6	62625,0	62995,0	255,3	62665,2	63324,8	0,52%
7	63652,9	63089,0	340,8	62706,5	63471,4	0,61%
8	63234,1	63107,1	319,7	62786,0	63428,3	0,51%
9	63955,2	63201,4	411,5	62823,9	63578,8	0,60%
10	63384,0	63219,6	392,3	62886,6	63552,7	0,53%
11	62494,2	63153,7	431,6	62810,9	63496,4	0,54%
12	63383,6	63172,8	416,9	62860,8	63484,9	0,49%

Tabel Q.3 ODBC sets (externe doorlooptijd inclusief nachturen)

Replication	Result	Cum. Mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	55297,8	55297,8	n/a	n/a	n/a	n/a
2	55617,6	55457,7	226,1	51388,2	59527,1	7,34%
3	55707,9	55541,1	215,5	54769,0	56313,1	1,39%
4	56187,3	55702,6	367,9	54934,4	56470,9	1,38%
5	55627,9	55687,7	320,4	55186,9	56188,5	0,90%
6	55414,8	55642,2	307,4	55245,2	56039,2	0,71%
7	56167,2	55717,2	343,7	55331,5	56102,9	0,69%
8	55558,1	55697,3	323,2	55372,7	56021,9	0,58%
9	55533,3	55679,1	307,2	55397,3	55960,8	0,51%
10	55187,2	55629,9	328,7	55350,8	55909,0	0,50%
11	53734,0	55457,5	651,2	54940,4	55974,6	0,93%
12	55449,6	55456,9	620,9	54992,1	55921,6	0,84%

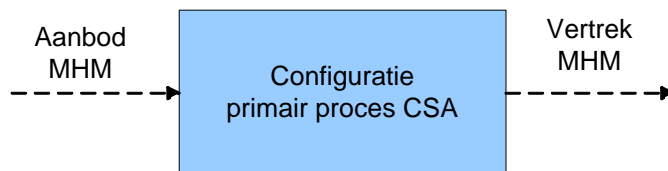
Tabel Q.4 Poli los materiaal (externe doorlooptijd inclusief nachturen)

Replication	Result	Cum. Mean average	Standard deviation	Lower interval	Upper interval	% deviation
1	62,0	62,0	n/a	n/a	n/a	n/a
2	61,8	61,9	0,2	58,4	65,4	5,71%
3	61,7	61,8	0,2	61,2	62,5	1,03%
4	62,1	61,9	0,2	61,5	62,3	0,66%
5	61,3	61,8	0,3	61,3	62,3	0,81%
6	61,8	61,8	0,3	61,4	62,1	0,60%
7	62,8	61,9	0,5	61,4	62,4	0,84%
8	61,3	61,8	0,5	61,4	62,3	0,78%
9	62,8	62,0	0,6	61,4	62,5	0,82%
10	61,0	61,9	0,6	61,3	62,4	0,83%
11	61,3	61,8	0,6	61,3	62,3	0,77%
12	62,0	61,8	0,6	61,4	62,3	0,70%

*Tabel Q.5 Medewerker bezettingsgraad per dag*

## R BIJLAGE - INSTELLINGEN DEFAULT SCENARIO

Aan de hand van figuur R.1 kunnen de parameters van het simulatiemodel in drie verschillende gebieden worden onderverdeeld: parameters met betrekking tot het aanbod van MHM, parameters met betrekking tot de configuratie van het primaire proces en parameters met betrekking tot het vertrek van MHM.



**Figuur R.1** *Indeling parameters model*

Per gebied wordt een onderscheid gemaakt tussen varieerbare en vaste parameters. Dit onderscheid is afhankelijk van de scenario's die met het model gesimuleerd worden. In verband met de complexiteit en de omvang van de simulatiestudie is getracht het aantal varieerbare parameters te minimaliseren. Alleen parameters die nodig zijn om de verbetervoorstellen in paragraaf 5.2.2 *Voorstellen voor Herontwerp* te onderzoeken zijn als variabelen ingesteld. De overige parameters worden slechts een keer aan het begin ingesteld en vervolgens als vast beschouwd. In het vervolg van deze bijlage worden van de variabele parameters de waarden in het default scenario weergegeven.

### Aanbod MHM

#### Vaste parameters:

- Volume

Het volume aan MHM per dag wordt berekend met behulp van statistische verdelingen. Het aanbod aan bulkmateriaal wordt aan de hand van de volgende cijfers op basis van het aanbod aan stoommateriaal berekend.

	OC	ODBC
Perc sets met bulk	50,00%	25,00%
Aantal bulk per set	2	4

**Tabel R.1** *Berekening bulkmateriaal*

- Samenstelling

Voor de samenstelling van het aanbod aan MHM wordt gebruik gemaakt van empirische verdelingen. Deze zijn gebaseerd op de cijfers in de volgende tabel. Deze tabel is met behulp van twee sterilisatiemedewerkers<sup>60</sup> opgesteld door het classificatiesysteem (paragraaf K) toe te passen op de doorstroom van MHM gedurende week 1 tot en met 4 van 2006 (beladingslijsten autoclaven).

Klant		Klasse	%	Volume (%)			Reiniging (%)		Voorrang		Voorbehandeling in sec			Assemblage in sec		
				1	1/2	1/4	T	B	Wel	Geen	Gem.	Min	Max	Gem.	Min	Max
OC	Sets	1	<b>22,26</b>	22,84	44,83	32,33	61,83	38,17	29,74	70,26	15,00	0	30	180,00	60	300
		2	<b>31,09</b>	69,75	28,40	1,85	71,98	28,02	49,07	50,93	30,00	15	45	450,00	300	600
		3	<b>19,87</b>	68,60	31,40	0,00	92,34	7,66	10,14	89,86	45,00	30	60	900,00	600	1200
		4	<b>25,24</b>	99,62	0,38	0,00	97,75	2,25	31,18	68,82	60,00	45	75	1500,00	1200	1800
		5	<b>1,54</b>	100,00	0,00	0,00	51,61	48,39	0,00	100,00	300,00	180	480	1800,00	1500	2100
	Los	eenvoudig	<b>81,34</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	12,00	0,00	30,00	20,00	0,00	40,00
		complex	<b>18,66</b>	0,00	0,00	0,00	9,17	90,83	0,00	100,00	45,00	30	180	150,00	120	240
ODBC	Sets	1	<b>29,52</b>	46,94	51,02	2,04	66,04	33,96	16,33	83,67	15,00	0	30	180,00	60	300
		2	<b>19,28</b>	93,75	6,25	0,00	52,08	47,92	31,25	68,75	30,00	15	45	450,00	300	600
		3	<b>17,47</b>	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	45,00	30	60	900,00	600	1200
		4	<b>32,53</b>	92,59	7,41	0,00	100,00	0,00	42,59	57,41	60,00	45	75	1500,00	1200	1800
		5	<b>1,20</b>	100,00	0,00	0,00	50,00	50,00	100,00	0,00	300,00	180	480	1800,00	1500	2100
	Los	eenvoudig	<b>63,47</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	12,00	0,00	30,00	20,00	0,00	40,00
		complex	<b>36,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	45,00	30	180	150,00	120	240
Poli	Sets	1	<b>79,67</b>	9,79	6,29	83,92	84,38	15,63	0,00	100,00	15,00	0	30	180,00	60	300
		2	<b>20,33</b>	13,70	12,33	73,97	78,16	21,84	0,00	100,00	30,00	15	45	450,00	300	600
		3	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,00	30	60	900,00	600	1200
		4	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00	45	75	1500,00	1200	1800
		5	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	180	480	1800,00	1500	2100
	Los	eenvoudig	<b>94,60</b>	0,00	0,00	0,00	48,14	51,86	0,00	100,00	12,00	0,00	30,00	20,00	0,00	40,00
		complex	<b>5,40</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	45,00	30	180	150,00	120	240

*Tabel R.2 Classificatietabel*

### Variabele parameters:

- Transportrooster

De percentuele aankomstverdeling over de dag is berekend door de eindtijden van de operaties bij de klant (gegevens in OK-Plus) te koppelen met het spoorboekje. Voor het experimenteren is het mogelijk om de percentuele verdeling per transporttijdstop aan te passen of de transporttijden te variëren.

Tijd	OC_sets	OC_los	ODBC_sets	ODBC_los	Poli_sets	Poli_los	OC_Desinf.	ODBC_Desinf.	Poli_Desinf.
7:30:00	6%	4%	0%	0%	35%	50%	0%	0%	50%
11:00:00	11%	11%	36%	36%	0%	25%	0%	0%	50%
12:00:00	10%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13:15:00	18%	17%	27%	27%	0%	0%	0%	0%	0%
14:00:00	11%	12%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15:00:00	12%	13%	19%	19%	50%	20%	0%	0%	0%
16:45:00	19%	21%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
18:30:00	8%	8%	18%	18%	15%	5%	0%	100%	0%
19:30:00	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21:45:00	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

*Tabel R.3 Rooster aanbod MHM*

### **Configuratie MHM**

#### Vaste parameters:

- Aantal werkuren

Iedere medewerker is 8 uur en 30 minuten op de CSA aanwezig.

- Prioriteiten medewerkers 'Assemblage & Inpak Ruimte'

In de 'Assemblage & Inpak Ruimte' worden medewerkers op klanten ingedeeld. In de volgende tabel wordt aangegeven hoeveel medewerkers minimaal per klant worden ingedeeld. Voor het geval er meer medewerkers aanwezig zijn, hebben deze automatisch het OC als klant met hoogste prioriteit.

	Aantal MW
OC sets	2
OC los	1
ODBC	1
Poli	1

*Tabel R.4 Prioriteiten 'Assemblage & Inpak Ruimte'*

- Aantal werkplekken

Voor alle handmatige activiteiten kan het aantal beschikbare werkplekken worden aangegeven. Omdat de medewerkers in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' hun werkzaamheden flexibel op elkaar kunnen afstemmen komt het niet voor dat er meer medewerkers tegelijk verpakken dan er werkplekken zijn. Om deze reden is het aantal werkplekken voor assemblage als onbeperkt aangegeven (=50).

	VB.Tact	VB. Batch	Assembl. Sets	Assembl. Los	Verp. Sets	Verp. Los
Aantal	6	6	7	3	50	50

*Tabel R.5 Aantal werkplekken handmatige activiteiten*

- Batchgrootte machines

Het aantal MHM dat op een laadrek geplaatst kan worden is afhankelijk van de machine en het type MHM. Op basis van de belasting van het systeem en het aantal runs per machine is de gemiddelde belading per run berekend. Het maximum aantal MHM per run en machine is op dat gemiddelde gebaseerd.

	Tact	Batch	Autocl. 1	Autocl. 2
Aantal sets	8	8	13	-
Aantal los	30	35	-	48

**Tabel R.6** *Batchgrootte machinale activiteiten*

- Batchgrootte assemblage

De batchgrootte voor de assemblage van sets en los materiaal in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ bepaalt hoeveel MHM geassembleerd worden alvorens wordt gestart met verpakken. Dit aantal kan worden gevarieerd. De basisinstelling is als volgt:

	Assemblage
Aantal sets	4
Aantal los	10

**Tabel R.7** *Batchgrootte assemblage*

- Bewerkingstijden machines

De bewerkingstijden van de machinale activiteiten zijn als volgt:

	Tact	Batch	Autocl. 1	Autocl. 2
Bewerkingstijd	55	62	70	70

**Tabel R.8** *Bewerkingstijden machinale activiteiten (min)*

- Bewerkingstijden handmatige activiteiten

In de volgende tabel zijn de tijden voor de vaste handmatige bewerkingstijden weergegeven.

	Ruimte 2	Ruimte 3		Ruimte 4
	Verplaatsen	Verpakken sets	Verpakken los	Beladen kar
Bewerkingstijd	5	2	1	5

**Tabel R.9** *Bewerkingstijden handmatige activiteiten (min)*

### Varieerbare parameters:

- MW rooster

In het medewerkerrooster kunnen de begintijden en het aantal medewerkers per ruimte worden aangegeven. De medewerker ‘ondersteuning’ in ruimte 3 is gemodelleerd als medewerker die in ruimte 1 vanaf 12:30 uur wordt ingezet. Het default rooster is in onderstaande figuur weergegeven.

	Ruimte_1	Ruimte_2	Ruimte_3	Ruimte_4
7:30:00	1	1	6	1
8:00:00				
8:30:00				
9:00:00				
9:30:00				
10:00:00				
10:30:00				
11:00:00				
11:30:00				
12:00:00				
12:30:00	1			
13:00:00				
13:30:00				
14:00:00				
14:30:00				
15:00:00	1	1	7	1
15:30:00				
16:00:00				

**Tabel R.10** *Batchgrootte machinale activiteiten*



- Pauzetijden

Gedurende de pauzetijden hebben alle medewerkers tegelijk pauze. Het rooster van de pauzetijden zal aan het medewerkerrooster worden aangepast, zodat iedere medewerker in elk scenario twee pauzes van 15 minuten heeft en een pauze van 30 minuten.

	Duur
9:45:00	15
12:00:00	30
14:30:00	15
16:45:00	15
19:30:00	30
21:45:00	15

**Tabel R.11** *Pauzetijden*

- Splitsen assemblage en verpakken?

Er is een variabele geprogrammeerd waarmee de werkprocedure in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ kan worden ingesteld. ‘False’ betekent dat medewerkers sets seriegewijs assembleren en verpakken, zoals dat nu in de realiteit het geval is. ‘True’ betekent dat assemblage en verpakken van sets wordt gesplitst. Dit is alleen mogelijk als er met shifts wordt gewerkt, zodat er bij elke shift een vaste verpakker kan worden aangewezen.

## Vertrek MHM

### Vaste parameters:

- Rooster voor vertrek van MHM

De tijdstippen waarop gesteriliseerde MHM op de CSA opgehaald worden verschillen per klant. In onderstaande tabel is de huidige situatie weergegeven. Omdat het veranderen van het vertrekrooster geen te onderzoeken verbetervoorstel is, wordt dit rooster als vaste parameter gehanteerd.

Tijd	OC	ODBC	Poli
7:30:00	1	1	1
11:00:00	1	1	1
12:00:00	1	0	0
13:15:00	0	0	1
14:00:00	1	0	0
15:00:00	1	1	1
16:45:00	1	0	0
18:30:00	1	0	0
19:30:00	1	0	0
21:15:00	1	0	0
22:45:00	1	0	0

**Tabel R.12** *Rooster vertrek MHM op de CSA*

## S BIJLAGE - DEFAULT SCENARIO

### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	30	7
OC voorrang	66	66	4	1
ODBC	29	29	8	19
ODBC voorrang	9	9	2	6
Poli	33	33	1	20

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	93,2%	0:12	1:19
OC voorrang	68,6%	0:10	1:05
ODBC	99,3%	0:01	0:07
ODBC voorrang	8,6%	1:38	5:27
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	84,6%	0:00	0:00
OC voorrang	98,1%	0:00	0:00
ODBC	74,2%	0:00	0:00
ODBC voorrang	72,8%	0:00	0:00
Poli	94,9%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:31	6:34	1:23	0:12	3:46	0:08	1:03
OC voorrang	3:58	4:45	1:25	0:12	2:12	0:08	0:47
ODBC	6:14	9:54	1:30	0:17	4:17	0:09	3:40
ODBC voorrang	6:18	10:00	1:30	0:17	4:21	0:09	3:41
Poli	4:49	7:44	1:30	0:11	3:00	0:08	2:54

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:51	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:07	1:37	0:18	0:20	0:03	1:03
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:07	0:07	0:17	0:18	0:03	0:47
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:12	2:10	0:17	0:20	0:04	3:40
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:49	0:12	2:10	0:17	0:20	0:04	3:41
Poli	0:12	0:13	0:58	0:06	1:08	0:06	0:23	0:03	2:54

## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	30	7
OC voorrang	66	66	4	1
ODBC	29	29	8	19
ODBC voorrang	9	9	2	6
Poli	33	33	1	20

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	73,9%	2:31	5:19
OC voorrang	66,8%	1:36	3:04
ODBC	46,5%	0:21	2:32
ODBC voorrang	2,7%	3:42	13:03
Poli	95,9%	0:00	0:27

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	84,6%	0:25	3:15
OC voorrang	98,1%	0:20	2:24
ODBC	74,2%	0:43	3:06
ODBC voorrang	72,8%	0:44	2:45
Poli	94,9%	0:19	3:30

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	7:03	8:34	1:23	0:16	4:13	1:09	1:31
OC voorrang	4:27	5:24	1:25	0:16	2:21	0:24	0:56
ODBC	8:12	17:33	1:30	0:18	5:02	1:20	9:21
ODBC voorrang	8:23	17:41	1:30	0:18	5:10	1:23	9:18
Poli	5:12	13:15	1:30	0:12	3:03	0:27	8:02

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:51	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:11	1:53	0:18	0:32	1:04	1:31
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:11	0:12	0:17	0:23	0:19	0:56
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:13	2:41	0:17	0:34	1:15	9:21
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:49	0:13	2:46	0:17	0:33	1:18	9:18
Poli	0:12	0:13	0:58	0:07	1:10	0:06	0:25	0:22	8:02

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	19	2
ODBC	36	36	9	26
Poli	283	283	12	182

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	98,2%	0:00	0:04
ODBC	99,9%	0:00	0:01
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	87,5%	0:00	0:00
ODBC	73,9%	0:00	0:00
Poli	95,5%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:58	6:00	2:06	0:12	2:30	0:09	1:02
ODBC	5:46	10:07	2:19	0:13	3:04	0:09	4:20
Poli	5:01	10:03	1:45	0:11	2:56	0:07	5:01

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:07	0:29	0:03	0:39	0:04	1:02
ODBC	0:14	0:00	1:02	0:08	1:05	0:03	0:37	0:04	4:20
Poli	0:25	0:13	0:27	0:06	0:39	0:03	0:53	0:02	5:01

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	19	2
ODBC	36	36	9	26
Poli	283	283	12	182

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	79,5%	2:08	4:54
ODBC	45,7%	0:03	2:17
Poli	82,4%	0:00	0:57

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	87,5%	0:19	3:16
ODBC	73,9%	0:32	3:22
Poli	95,5%	0:28	5:27

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:15	7:31	2:06	0:23	2:32	1:12	1:15
ODBC	7:41	17:50	2:19	0:16	3:16	1:49	10:08
Poli	5:21	15:27	1:45	0:12	2:57	0:25	10:05

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:18	0:31	0:03	0:39	1:07	1:15
ODBC	0:14	0:00	1:02	0:11	1:18	0:03	0:37	1:44	10:08
Poli	0:25	0:13	0:27	0:07	0:40	0:03	0:53	0:20	10:05

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	49	57
Los materiaal	435	436	42	212

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	68,6%	2:08	5:13
Sets excl. nacht	85,3%	0:37	2:23
Los incl. nacht	78,3%	0:34	2:19
Los excl. nacht	99,5%	0:00	0:06

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	86,5%	0:34	3:36
Sets excl. nacht	86,5%	0:00	0:00
Los incl. nacht	91,6%	0:25	4:09
Los excl. nacht	91,6%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	6:31	9:45	1:25	0:15	3:52	0:58	3:13
Los materiaal	5:47	13:35	1:53	0:15	2:53	0:44	7:47

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:10	1:36	0:16	0:30	0:53	3:13
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:10	0:41	0:03	0:48	0:39	7:47

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:14	6:49	1:25	0:13	3:26	0:08	1:34
Los materiaal	5:05	9:00	1:53	0:12	2:50	0:08	3:55

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:08	1:21	0:16	0:20	0:03	1:34
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:07	0:39	0:03	0:48	0:03	3:55

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
Kosten per dag	4293	147	3856	290

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
Bezettingsgraad	32%	32%	84%	41%	79%	50%	35%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	53%	99%	24%	48%	70%
2	8:00:00	9:00:00	41%	52%	34%	47%	2%
3	9:00:00	10:00:00	77%	0%	44%	108%	6%
4	10:00:00	11:00:00	28%	0%	20%	34%	25%
5	11:00:00	12:00:00	15%	96%	0%	4%	11%
6	12:00:00	13:00:00	47%	45%	88%	49%	4%
7	13:00:00	14:00:00	77%	44%	56%	104%	2%
8	14:00:00	15:00:00	73%	27%	56%	99%	25%
9	15:00:00	16:00:00	63%	35%	34%	82%	7%
10	16:00:00	17:00:00	73%	0%	79%	98%	37%
11	17:00:00	18:00:00	86%	82%	42%	102%	24%
12	18:00:00	19:00:00	76%	30%	58%	100%	18%
13	19:00:00	20:00:00	68%	0%	28%	99%	25%
14	20:00:00	21:00:00	72%	4%	63%	98%	30%
15	21:00:00	22:00:00	69%	0%	28%	92%	16%
16	22:00:00	23:00:00	59%	11%	29%	75%	27%
17	23:00:00	0:00:00	60%	0%	46%	77%	11%

## T BIJLAGE - EXPERIMENT 1

### T.1 Outputs experiment 1

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	34	8
OC voorrang	66	66	3	0
ODBC	29	29	7	21
ODBC voorrang	9	9	2	6
Poli	33	33	0	21

Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	90,6%	0:21	1:41
OC voorrang	83,1%	0:11	1:16
ODBC	99,6%	0:00	0:06
ODBC voorrang	10,4%	1:17	5:20
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	82,5%	0:00	0:00
OC voorrang	98,3%	0:00	0:00
ODBC	79,8%	0:00	0:00
ODBC voorrang	78,1%	0:00	0:00
Poli	97,1%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:41	6:50	1:23	0:12	3:57	0:08	1:08
OC voorrang	3:38	4:28	1:25	0:12	1:52	0:08	0:49
ODBC	5:41	9:37	1:30	0:17	3:45	0:08	3:55
ODBC voorrang	5:48	9:46	1:30	0:17	3:51	0:08	3:58
Poli	4:24	7:40	1:30	0:11	2:35	0:08	3:15

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:02	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:02	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:02	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:02	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:02	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:07	2:09	0:04	0:17	0:03	1:08
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:07	0:08	0:03	0:16	0:03	0:49
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:12	1:59	0:04	0:16	0:03	3:55
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:50	0:12	2:01	0:03	0:17	0:03	3:58
Poli	0:12	0:13	0:57	0:06	0:51	0:05	0:22	0:03	3:15



## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	34	8
OC voorrang	66	66	3	0
ODBC	29	29	7	21
ODBC voorrang	9	9	2	6
Poli	33	33	0	21

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	71,0%	2:52	5:44
OC voorrang	82,2%	2:42	4:25
ODBC	49,8%	0:16	2:24
ODBC voorrang	2,8%	2:56	12:51
Poli	95,3%	0:00	0:36

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	82,5%	0:31	3:21
OC voorrang	98,3%	0:15	2:16
ODBC	79,8%	0:42	3:00
ODBC voorrang	78,1%	0:43	2:37
Poli	97,1%	0:21	3:17

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	7:23	9:02	1:23	0:16	4:30	1:13	1:39
OC voorrang	4:04	4:58	1:25	0:16	1:59	0:23	0:54
ODBC	7:13	17:13	1:30	0:18	4:21	1:03	9:59
ODBC voorrang	7:28	17:28	1:30	0:18	4:32	1:07	10:00
Poli	4:37	13:14	1:30	0:12	2:38	0:17	8:36

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:02	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:02	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:02	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:02	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:02	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:11	2:32	0:13	0:19	1:08	1:39
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:11	0:12	0:06	0:17	0:18	0:54
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:13	2:27	0:11	0:18	0:58	9:59
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:50	0:13	2:34	0:10	0:18	1:02	10:00
Poli	0:12	0:13	0:57	0:07	0:53	0:06	0:22	0:12	8:36

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	20	1
ODBC	36	36	10	23
Poli	283	283	13	177

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	97,3%	0:00	0:05
ODBC	99,8%	0:00	0:02
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	87,0%	0:00	0:00
ODBC	70,4%	0:00	0:00
Poli	95,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:42	5:45	2:06	0:12	2:14	0:09	1:02
ODBC	5:50	10:04	2:19	0:13	3:08	0:09	4:13
Poli	4:54	9:59	1:45	0:12	2:49	0:07	5:05

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:01	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:01	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:01	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:07	0:17	0:00	0:45	0:04	1:02
ODBC	0:14	0:00	1:01	0:08	1:16	0:00	0:39	0:04	4:13
Poli	0:25	0:13	0:27	0:07	0:46	0:00	0:50	0:02	5:05

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	20	1
ODBC	36	36	10	23
Poli	283	283	13	177

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	80,1%	2:14	4:59
ODBC	45,1%	0:06	2:19
Poli	83,2%	0:00	0:57

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	87,0%	0:17	3:15
ODBC	70,4%	0:36	3:26
Poli	95,0%	0:26	5:28

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:02	7:12	2:06	0:23	2:17	1:14	1:10
ODBC	8:01	17:33	2:19	0:16	3:27	1:58	9:31
Poli	5:16	15:19	1:45	0:12	2:49	0:28	10:03

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:01	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:01	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:01	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:18	0:19	0:00	0:45	1:09	1:10
ODBC	0:14	0:00	1:01	0:11	1:35	0:00	0:39	1:53	9:31
Poli	0:25	0:13	0:27	0:07	0:47	0:00	0:50	0:23	10:03

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	49	60
Los materiaal	435	436	45	204

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	71,0%	2:28	5:52
Sets excl. nacht	87,5%	0:40	2:47
Los incl. nacht	79,0%	0:37	2:22
Los excl. nacht	99,3%	0:00	0:06

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	86,6%	0:39	3:39
Sets excl. nacht	86,6%	0:00	0:00
Los incl. nacht	90,8%	0:25	4:11
Los excl. nacht	90,8%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	6:24	9:50	1:25	0:15	3:46	0:55	3:26
Los materiaal	5:42	13:23	1:53	0:15	2:45	0:47	7:40

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:02	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:01	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:10	1:52	0:10	0:19	0:50	3:26
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:10	0:44	0:00	0:48	0:42	7:40

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:07	6:49	1:25	0:13	3:20	0:08	1:42
Los materiaal	4:56	8:54	1:53	0:12	2:42	0:08	3:57

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:02	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:01	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:08	1:34	0:04	0:18	0:03	1:42
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:07	0:42	0:00	0:48	0:03	3:57

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
<b>Kosten per dag</b>	4293	147	3856	290

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
<b>Bezettingsgraad</b>	32%	32%	84%	41%	79%	51%	35%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	55%	99%	24%	50%	72%
2	8:00:00	9:00:00	44%	52%	34%	51%	1%
3	9:00:00	10:00:00	75%	0%	44%	104%	8%
4	10:00:00	11:00:00	32%	0%	20%	40%	25%
5	11:00:00	12:00:00	18%	96%	0%	9%	11%
6	12:00:00	13:00:00	48%	45%	88%	49%	7%
7	13:00:00	14:00:00	73%	44%	56%	97%	5%
8	14:00:00	15:00:00	69%	27%	56%	92%	24%
9	15:00:00	16:00:00	61%	35%	34%	80%	8%
10	16:00:00	17:00:00	72%	0%	79%	98%	34%
11	17:00:00	18:00:00	85%	82%	42%	101%	29%
12	18:00:00	19:00:00	75%	30%	58%	98%	17%
13	19:00:00	20:00:00	67%	0%	28%	98%	26%
14	20:00:00	21:00:00	70%	4%	63%	96%	29%
15	21:00:00	22:00:00	69%	0%	28%	93%	14%
16	22:00:00	23:00:00	63%	11%	29%	81%	25%
17	23:00:00	0:00:00	66%	0%	46%	86%	9%

## ***T.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- Langere doorlooptijd voor OC sets en kortere doorlooptijden voor alle overige sets.
  - Geen veranderingen doorlooptijden 'Desinfectie Vuil', 'Desinfectie Schoon' en 'Distributie Ruimte' voor alle sets.
  - Doorlooptijd 'Assemblage & Inpak Ruimte' is voor OC sets langer en voor alle overige sets korter.
    - Wachtijd op assemblage is voor sets van het OC langer en voor alle overige sets korter.
    - Wachtijd verpakken, bewerkingstijd verpakken en wachtijd sterilisatie is voor alle sets korter.
  - Wachtijd op transport is voor alle sets langer.
- Los materiaal van alle klanten heeft een kortere doorlooptijd.
  - Geen veranderingen doorlooptijden 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' voor alle losse materialen.
  - Doorlooptijd van de 'Assemblage & Inpak Ruimte' veranderd.
    - OC en Poli materialen hebben een kortere wachtijd op assemblage.
    - ODBC materialen hebben een langere wachtijd op assemblage.
  - Wachtijd op transport is voor OC en Poli's onveranderd en voor het ODBC korter.
- Productiekosten per dag en bezettingsgraad van resources zijn onveranderd.

### **Analyse:**

- Het splitsen van de activiteiten in de 'Assemblage & Inpak Ruimte' heeft geen effecten op het verloop van het proces in de ruimten 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon'.
- Assemblage en verpakken van sets vinden nu stuksgewijs plaats. Hierdoor komen wachttijden door batching effecten te vervallen. Door het instellen van een verpakker worden de autoclaven bovendien eerder beladen.
- De in dit scenario ingestelde verpakker is in het default scenario een assemblage medewerker met prioriteit 'OC sets'. Hierdoor is er minder capaciteit beschikbaar voor de assemblage van OC sets en ontstaan hiervoor langere wachttijden (32 minuten langer).
  - Doordat OC voorrangsets telkens als eerste geselecteerd worden, heeft deze capaciteitsverandering voor deze sets van het OC minder gevolgen (1 minuut langer).
  - Netto resulteert dit voor OC voorrangsets in een doorlooptijd verkorting van ca 17 minuten. Gezien de verhoudingsgewijs korte doorlooptijden van OC voorrangsets heeft deze verkorting veel impact op het leverpercentage.
- De tijden in het vertrekrooster blijven onveranderd. Door veranderingen in de interne doorlooptijd van sets ontstaan langere wachttijden op het vertrek.

- Ter vereenvoudiging is voor het assembleren en verpakken van los materiaal in dit scenario een seriegrootte van één aangehouden. Het is gebleken dat dit tot kleine veranderingen van de wachttijden op de activiteiten in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ en ‘Distributie Ruimte’ leidt. Hierdoor zijn de doorlooptijden enkele minuten korter. Doordat de variatie in doorlooptijden toeneemt, is het percentage binnen leverafspraak geleverde losse materialen kleiner.

## U BIJLAGE - EXPERIMENT 2

### U.1 Outputs experiment 2

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	32	4
OC voorrang	65	65	12	3
ODBC	29	29	6	15
ODBC voorrang	9	9	2	4
Poli	33	33	7	19

Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,9%	0:01	0:02
OC voorrang	72,3%	0:01	1:26
ODBC	100,0%	0:00	0:00
ODBC voorrang	9,6%	0:16	3:15
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,8%	0:00	0:00
OC voorrang	99,9%	0:00	0:00
ODBC	99,5%	0:00	0:00
ODBC voorrang	99,4%	0:00	0:00
Poli	99,9%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:14	5:20	1:19	0:09	2:36	0:09	1:06
OC voorrang	3:48	4:47	1:19	0:09	2:10	0:08	0:59
ODBC	4:32	7:50	1:29	0:10	2:43	0:09	3:18
ODBC voorrang	4:37	7:54	1:29	0:10	2:48	0:09	3:17
Poli	4:10	8:28	1:32	0:10	2:17	0:09	4:18

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:05	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:53	0:05	0:17	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:05	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:18	0:03	0:07	0:04	0:34	0:14	0:17	0:04	1:06
OC voorrang	0:18	0:03	0:07	0:04	0:05	0:20	0:16	0:03	0:59
ODBC	0:26	0:06	0:07	0:05	0:43	0:12	0:19	0:04	3:18
ODBC voorrang	0:26	0:05	0:06	0:05	0:44	0:11	0:19	0:04	3:17
Poli	0:28	0:07	0:08	0:05	0:36	0:04	0:17	0:04	4:18



## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	32	4
OC voorrang	65	65	12	3
ODBC	29	29	6	15
ODBC voorrang	9	9	2	4
Poli	33	33	7	19

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	73,6%	0:58	3:08
OC voorrang	66,6%	4:06	7:01
ODBC	76,6%	0:00	1:46
ODBC voorrang	3,3%	2:06	9:11
Poli	96,7%	0:00	0:20

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,8%	0:01	0:21
OC voorrang	99,9%	0:00	0:08
ODBC	99,5%	0:00	0:16
ODBC voorrang	99,4%	0:00	0:12
Poli	99,9%	0:00	0:07

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:58	7:22	1:19	0:17	3:09	1:12	1:24
OC voorrang	5:20	6:46	1:19	0:19	2:37	1:03	1:26
ODBC	6:19	13:41	1:29	0:21	3:23	1:05	7:21
ODBC voorrang	6:30	13:51	1:29	0:21	3:32	1:06	7:20
Poli	5:56	14:52	1:32	0:24	2:50	1:09	8:56

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:05	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:53	0:05	0:17	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:05	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:18	0:03	0:07	0:12	0:59	0:14	0:25	1:07	1:24
OC voorrang	0:18	0:03	0:07	0:14	0:24	0:20	0:25	0:58	1:26
ODBC	0:26	0:06	0:07	0:16	1:15	0:12	0:27	1:00	7:21
ODBC voorrang	0:26	0:05	0:06	0:16	1:21	0:11	0:27	1:01	7:20
Poli	0:28	0:07	0:08	0:19	0:59	0:04	0:26	1:04	8:56

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	29	0
ODBC	36	36	8	17
Poli	283	283	73	158

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	100,0%	0:00	0:00
ODBC	100,0%	0:00	0:00
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,0%	0:00	0:00
ODBC	98,8%	0:00	0:00
Poli	98,8%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:18	5:26	1:36	0:10	2:21	0:09	1:08
ODBC	4:29	7:53	1:40	0:10	2:28	0:09	3:23
Poli	4:24	8:42	1:41	0:11	2:20	0:10	4:18

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:47	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:26	0:05	0:07	0:05	0:37	0:03	0:22	0:04	1:08
ODBC	0:30	0:00	0:08	0:05	0:40	0:03	0:27	0:04	3:23
Poli	0:31	0:10	0:12	0:06	0:31	0:02	0:27	0:05	4:18

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	29	0
ODBC	36	36	8	17
Poli	283	283	73	158

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	73,1%	1:18	3:38
ODBC	76,9%	0:00	1:41
Poli	96,5%	0:00	0:36

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,0%	0:01	0:43
ODBC	98,8%	0:01	0:34
Poli	98,8%	0:02	1:40

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:21	7:30	1:36	0:55	2:28	1:21	1:09
ODBC	6:24	13:41	1:40	0:57	2:31	1:14	7:16
Poli	6:22	15:07	1:41	0:45	2:28	1:26	8:45

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:47	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:26	0:05	0:07	0:50	0:41	0:03	0:24	1:16	1:09
ODBC	0:30	0:00	0:08	0:52	0:42	0:03	0:28	1:09	7:16
Poli	0:31	0:10	0:12	0:40	0:35	0:02	0:31	1:21	8:45

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	62	48
Los materiaal	435	436	112	176

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	72,3%	1:54	4:52
Sets excl. nacht	90,1%	0:07	2:04
Los incl. nacht	88,7%	0:49	2:50
Los excl. nacht	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	99,8%	0:01	0:37
Sets excl. nacht	99,8%	0:00	0:00
Los incl. nacht	98,9%	0:02	1:30
Los excl. nacht	98,9%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:53	9:04	1:22	0:19	3:02	1:09	3:10
Los materiaal	6:21	12:59	1:40	0:49	2:28	1:23	6:37

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:20	0:04	0:07	0:14	0:54	0:14	0:26	1:04	3:10
Los materiaal	0:30	0:10	0:10	0:44	0:37	0:03	0:29	1:18	6:37

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	4:11	5:57	1:22	0:09	2:29	0:09	1:46
Los materiaal	4:23	7:46	1:40	0:11	2:21	0:10	3:23

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:20	0:04	0:07	0:04	0:29	0:14	0:17	0:04	1:46
Los materiaal	0:30	0:10	0:10	0:06	0:34	0:03	0:26	0:05	3:23

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
<b>Kosten per dag</b>	4298	147	3856	295

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
<b>Bezettingsgraad</b>	32%	33%	83%	42%	79%	51%	36%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	82%	99%	72%	81%	82%
2	8:00:00	9:00:00	67%	97%	35%	78%	2%
3	9:00:00	10:00:00	83%	16%	70%	108%	13%
4	10:00:00	11:00:00	71%	0%	28%	99%	19%
5	11:00:00	12:00:00	59%	43%	17%	75%	15%
6	12:00:00	13:00:00	64%	57%	77%	67%	50%
7	13:00:00	14:00:00	54%	18%	44%	76%	7%
8	14:00:00	15:00:00	74%	29%	53%	101%	24%
9	15:00:00	16:00:00	48%	26%	22%	64%	5%
10	16:00:00	17:00:00	61%	0%	59%	82%	37%
11	17:00:00	18:00:00	53%	40%	24%	65%	18%
12	18:00:00	19:00:00	63%	22%	58%	81%	23%
13	19:00:00	20:00:00	48%	0%	20%	71%	9%
14	20:00:00	21:00:00	59%	51%	41%	69%	26%
15	21:00:00	22:00:00	61%	0%	85%	75%	6%
16	22:00:00	23:00:00	75%	79%	22%	90%	20%
17	23:00:00	0:00:00	65%	0%	65%	81%	10%

## ***U.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De doorlooptijd voor sets en losse materialen neemt in iedere ruimte af.
  - De wachttijd op voorbehandeling wordt langer.
  - De wachttijd op alle overige activiteiten wordt korter. De grootste veranderingen ontstaan bij wachttijden op de batchmachine en op de assemblage.
  - De langste wachttijd in het interne gedeelte van het proces ontstaat voor de assemblage.
- De wachttijden op transport veranderen per klant verschillend:
  - Voor MHM van het OC geen veranderingen.
  - MHM van het ODBC wachten minder lang.
  - Sets van de Poli's wachten langer en los materiaal van de Poli's wachten minder lang.
- Er zijn gemiddeld meer sets en losse materialen overnacht op de CSA.
- De bezettingsgraad van de medewerkers is gelijkmatiger over de dag verdeeld.
- De productiekosten per dag zijn 5 euro gestegen in verband met een kleine stijging van het aantal charges op de tactmachine.

### **Analyse:**

- Ook in het fictieve aankomstpatroon worden MHM batchgewijs geleverd. Voor een gelijkmatige verdeling van het aanbod komt er ca 22% van alle MHM (van alle klanten) tegelijk om 7:30 op de CSA aan. Hierdoor ontstaan langere wachttijden op de eerste activiteit van het proces: de 'voorbehandeling'.
- De verkortingen van deze wachttijden kunnen worden verklaard door een gelijkmatigere benutting van de resources (minder 'idle-time') als gevolg van de beter spreiding van het werkaanbod.
  - De batchmachines en de assemblagemedewerker hebben de hoogste bezettingsgraad van het proces. Doordat deze resources minder laag bezette periodes hebben, kan een ingrijpende verkorting van de wachttijden worden gerealiseerd.
  - Het feit dat er bij een gelijkmatige verdeling van het aanbod aan MHM de langste wachttijden in het proces voor de assemblage ontstaan, betekend dat de assemblage medewerkers de bottleneck van het systeem vormen (en niet de batchmachines).
- De veranderingen van de wachttijden op transport hebben twee oorzaken:
  - De interne doorlooptijd is korter. Dit kan in een verkorting van de wachttijden resulteren als er voldoende vertrektijden zijn (OC en ODBC).
  - De aankomsttijden van MHM zijn veranderd. De effecten hiervan zijn afhankelijk van de vertrektijden per klant. Bij de Poli's kan hierdoor een kleiner percentage van de sets en een groter percentage van het losse materiaal nog op de dag van aankomst vertrekken.

- Er zijn meer sets en losse materialen overnacht op de CSA, omdat het percentage MHM dat laat op de CSA aankomt in dit scenario groter is.
- Door de gelijkmatigere verdeling van het werkaanbod neemt de gemiddelde chargegrootte af en worden meer reinigingsprocessen gedraaid.

## V BIJLAGE - EXPERIMENT 3

### V.1 Outputs experiment 3

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	19	7
OC voorrang	65	65	4	2
ODBC	29	29	5	19
ODBC voorrang	9	9	1	6
Poli	33	33	0	20

Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	96,5%	0:04	0:38
OC voorrang	73,0%	0:21	1:21
ODBC	99,9%	0:00	0:01
ODBC voorrang	6,4%	1:10	4:19
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	93,4%	0:00	0:00
OC voorrang	97,9%	0:00	0:00
ODBC	88,5%	0:00	0:00
ODBC voorrang	88,1%	0:00	0:00
Poli	96,9%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:59	5:57	1:22	0:08	3:19	0:08	0:57
OC voorrang	3:53	4:46	1:24	0:08	2:12	0:08	0:52
ODBC	5:37	8:52	1:29	0:11	3:46	0:09	3:15
ODBC voorrang	5:43	9:00	1:30	0:11	3:52	0:09	3:16
Poli	4:02	8:06	1:28	0:06	2:20	0:07	4:03

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:53	0:05	0:16	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:10	0:04	1:00	0:03	1:12	0:16	0:20	0:03	0:57
OC voorrang	0:10	0:04	1:00	0:03	0:06	0:17	0:19	0:03	0:52
ODBC	0:13	0:12	0:43	0:06	1:42	0:15	0:20	0:04	3:15
ODBC voorrang	0:13	0:13	0:38	0:06	1:42	0:15	0:21	0:04	3:16
Poli	0:19	0:06	0:42	0:01	0:34	0:06	0:18	0:02	4:03



## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	19	7
OC voorrang	65	65	4	2
ODBC	29	29	5	19
ODBC voorrang	9	9	1	6
Poli	33	33	0	20

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	81,5%	1:32	4:13
OC voorrang	70,9%	2:11	4:17
ODBC	60,6%	0:07	2:02
ODBC voorrang	4,7%	2:33	11:26
Poli	99,6%	0:00	0:02

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	93,4%	0:13	2:40
OC voorrang	97,9%	0:07	2:04
ODBC	88,5%	0:20	1:48
ODBC voorrang	88,1%	0:20	1:34
Poli	96,9%	0:11	3:16

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:56	7:22	1:22	0:10	3:32	0:51	1:26
OC voorrang	4:29	5:39	1:24	0:10	2:18	0:35	1:10
ODBC	6:56	15:39	1:29	0:12	4:11	1:03	8:42
ODBC voorrang	7:04	15:51	1:30	0:12	4:18	1:03	8:47
Poli	4:16	13:18	1:28	0:07	2:21	0:19	9:01

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:53	0:05	0:16	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:10	0:04	1:00	0:05	1:20	0:16	0:25	0:46	1:26
OC voorrang	0:10	0:04	1:00	0:05	0:10	0:17	0:22	0:30	1:10
ODBC	0:13	0:12	0:43	0:07	1:57	0:15	0:30	0:58	8:42
ODBC voorrang	0:13	0:13	0:38	0:07	2:00	0:15	0:29	0:58	8:47
Poli	0:19	0:06	0:42	0:02	0:35	0:06	0:19	0:14	9:01

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	25	6
ODBC	36	36	6	23
Poli	283	283	14	115

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	94,5%	0:00	0:12
ODBC	100,0%	0:00	0:00
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	85,1%	0:00	0:00
ODBC	88,1%	0:00	0:00
Poli	94,6%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:56	6:04	2:18	0:09	2:18	0:09	1:07
ODBC	5:25	8:51	2:02	0:13	2:59	0:10	3:25
Poli	4:16	8:06	1:39	0:09	2:17	0:10	3:49

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:11	0:07	1:06	0:04	0:22	0:02	0:36	0:04	1:07
ODBC	0:13	0:00	0:47	0:08	0:57	0:03	0:41	0:05	3:25
Poli	0:20	0:08	0:29	0:04	0:20	0:03	0:34	0:05	3:49

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	25	6
ODBC	36	36	6	23
Poli	283	283	14	115

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	71,7%	2:06	5:11
ODBC	60,6%	0:01	1:47
Poli	98,1%	0:00	0:20

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	85,1%	0:10	2:45
ODBC	88,1%	0:13	2:14
Poli	94,6%	0:15	4:44

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:33	8:11	2:18	0:14	2:21	1:38	1:38
ODBC	6:50	15:26	2:02	0:15	3:06	1:25	8:35
Poli	4:40	11:45	1:39	0:09	2:18	0:33	7:04

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:11	0:07	1:06	0:09	0:24	0:02	0:37	1:33	1:38
ODBC	0:13	0:00	0:47	0:10	1:02	0:03	0:42	1:20	8:35
Poli	0:20	0:08	0:29	0:04	0:21	0:03	0:34	0:28	7:04

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	33	58
Los materiaal	435	436	47	146

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	75,6%	1:42	5:04
Sets excl. nacht	88,3%	0:36	2:17
Los incl. nacht	87,8%	1:19	3:52
Los excl. nacht	98,5%	0:00	0:12

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	93,7%	0:18	3:16
Sets excl. nacht	93,7%	0:00	0:00
Los incl. nacht	91,5%	0:12	3:45
Los excl. nacht	91,5%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:37	8:55	1:24	0:10	3:15	0:47	3:18
Los materiaal	5:22	11:09	1:52	0:11	2:23	0:54	5:47

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:11	0:05	0:56	0:05	1:06	0:15	0:24	0:42	3:18
Los materiaal	0:17	0:08	0:45	0:06	0:25	0:03	0:36	0:49	5:47

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	4:45	6:23	1:24	0:08	3:03	0:08	1:37
Los materiaal	4:33	7:38	1:52	0:09	2:21	0:10	3:05

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:11	0:05	0:56	0:03	0:59	0:15	0:20	0:03	1:37
Los materiaal	0:17	0:08	0:45	0:04	0:24	0:03	0:35	0:05	3:05

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
Kosten per dag	4312	161	3856	295

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
Bezettingsgraad	32%	32%	85%	42%	79%	51%	36%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	45%	99%	13%	38%	65%
2	8:00:00	9:00:00	34%	52%	33%	36%	1%
3	9:00:00	10:00:00	86%	76%	44%	109%	4%
4	10:00:00	11:00:00	60%	0%	43%	79%	25%
5	11:00:00	12:00:00	23%	47%	21%	21%	15%
6	12:00:00	13:00:00	51%	41%	81%	52%	35%
7	13:00:00	14:00:00	62%	35%	43%	84%	1%
8	14:00:00	15:00:00	83%	47%	78%	106%	25%
9	15:00:00	16:00:00	69%	57%	32%	87%	5%
10	16:00:00	17:00:00	77%	33%	60%	98%	36%
11	17:00:00	18:00:00	76%	21%	59%	100%	32%
12	18:00:00	19:00:00	71%	17%	45%	99%	17%
13	19:00:00	20:00:00	71%	0%	65%	99%	20%
14	20:00:00	21:00:00	66%	12%	35%	92%	24%
15	21:00:00	22:00:00	69%	0%	39%	91%	17%
16	22:00:00	23:00:00	47%	11%	21%	59%	26%
17	23:00:00	0:00:00	45%	0%	38%	58%	13%

## V.2 Observaties & Analyses

### Observaties:

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De totale doorlooptijd neemt voor sets van het OC en het ODBC af en voor sets van de Poli's toe. De interne doorlooptijd is voor alle sets meer dan 30 minuten korter.
  - De doorlooptijd door ruimte 'Desinfectie Vuil' blijft wordt 1 minuut korter.
    - De wachttijden op voorbehandeling en de tactmachine nemen af.
    - De wachttijd op de batchmachine neemt voor OC sets ca 20 minuten toe en voor ODBC en Poli sets ca 15 minuten af.
  - Doorlooptijden 'Desinfectie Schoon' zijn enkele minuten korter.
    - Kortere wachttijden verplaatsen.
  - Doorlooptijden 'Assemblage & Inpak Ruimte' nemen ca 30 minuten af.
    - Kortere wachttijden op assemblage.
  - Doorlooptijden 'Distributie Ruimte' blijven onveranderd.
  - Wachttijden op transport veranderen
    - Sets van het OC en ODBC hebben een kortere wachttijd op vertrek.
    - Sets van de Poli's moeten meer dan 60 minuten langer wachten op vertrek.
- De totale doorlooptijd voor losse materialen zijn voor het OC ongeveer gelijk en voor het ODBC en de Poli's meer dan 60 minuten verkort. De interne doorlooptijd is voor alle losse materialen korter, variërend van 2 minuten voor het OC, 20 minuten voor het ODBC en 45 minuten voor de Poli's.
  - De doorlooptijd door 'Desinfectie Vuil' neemt voor het OC toe en voor de overige twee klanten af.
    - Verkorting van de wachttijden op voorbehandeling en de tactmachine voor alle klanten.
    - Bij de batchmachines heeft het OC materiaal langere wachttijden en de overige klanten kortere wachttijden.
  - De doorlooptijden door 'Desinfectie Schoon' en de 'Assemblage & Inpak Ruimte' nemen net als bij de sets voor alle klanten af.
  - Doorlooptijd door de 'Distributie Ruimte' blijft voor alle klanten gelijk
  - De wachttijd op transport verandert voor OC materialen niet en neemt voor het ODBC en de Poli's met ca 60 minuten af.
- De bezettingsgraad van de batchmachines is met 1% toegenomen (nu 85%).
- De productiekosten per dag zijn met 19 euro gestegen.
  - 14 euro voor twee extra transportritten.
  - 5 euro voor groter aantal charges op de reinigingsmachines.

### Analyse:

- Door het verkleinen van de batches per aankomstmoment worden de wachttijden op voorbehandeling en de tactmachine korter.
- Door het verdelen van het dagaanbod over een groter aantal transportritten worden de tact- en batchmachines vaker beladen. De reden is dat een half vol beladen laadrek gereed gezet wordt, zodra er op dat moment geen MHM beschikbaar zijn. Dit heeft een hogere bezettingsgraad van de reinigingsmachines en extra productiekosten tot gevolg.
  - Gezien de hoge bezetting van de batchmachines heeft dit gemiddeld langere wachttijden voor sets en los materiaal tot gevolg. Deze verlenging van de wachttijden wordt niet evenredig over de klanten verdeeld maar is slechts bij MHM van het OC terug te vinden. De oorzaak hiervan is het feit dat MHM per aankomstmoment in behandeling worden genomen. Door de extra ritten voor het ODBC en de Poli's komen MHM van deze klanten eerder aan de beurt.
- Het verkleinen van de aankomstbatches en de spreiding van de piek van het aanbod in de middag heeft een verkorting van de wachttijden dieper in het proces tot gevolg.
- Deze veranderingen van de wachttijden verklaren waarom MHM van het ODBC en de Poli's kortere interne doorlooptijden hebben. Voor MHM van het OC moet een onderscheid worden gemaakt tussen sets en los materiaal omdat de wachttijden op de batchmachine langer zijn. Het totale effect op de interne doorlooptijd is afhankelijk van het percentage dat op de batchmachine wordt gereinigd.
  - Sets van het OC: 17% op de batchmachine.
  - Losse materialen van het OC: 96% op de batchmachine.

Gezien het kleine percentage sets dat op de batchmachine wordt gereinigd, is de interne doorlooptijd voor sets van het OC korter. Bij het losse materiaal is het percentage veel groter en is de interne doorlooptijd langer. Hierdoor zijn de leverprestaties voor losse materialen van het OC kleiner.

- Door het verkorten van de interne doorlooptijden hebben MHM van het OC en het ODBC eveneens kortere wachttijden op transport.
- De veranderingen van de wachttijden op transport voor MHM van de Poli's komen als volgt tot stand.
  - Door de extra ritten worden sets niet meer om 15 uur geleverd maar verdeeld om 12 uur en 14 uur. Gezien het laatste vertrekmoment voor de Poli's om 13:15 is kunnen deze MHM pas de volgende dag geleverd worden en moeten extra lang wachten op vertrek.
  - Voor het losse materiaal van de Poli's is een extra rit ingevoerd om 9 uur. Deze materialen kunnen voor een deel wel om 13:15 geleverd worden, waardoor de gemiddelde wachttijd op vertrek afneemt.
- Het feit dat voorrangsets van het ODBC volgens het doorlooptijd criterium slechter presteren, is verwonderlijk omdat de doorlooptijd voor deze sets 60 minuten korter is. Gezien het gemiddelde aantal ODBC voorrangsets per dag heel laag is, zou een verklaring hiervoor in de verdeling van de doorlooptijdwaarden kunnen liggen.

## W BIJLAGE - EXPERIMENT 4

### W.1 Outputs experiment 4

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	21	6
OC voorrang	65	65	3	1
ODBC	29	29	6	19
ODBC voorrang	10	10	2	6
Poli	33	33	0	19

#### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	94,8%	0:07	1:02
OC voorrang	75,1%	0:22	1:20
ODBC	99,9%	0:00	0:01
ODBC voorrang	5,9%	1:11	4:44
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	91,4%	0:00	0:00
OC voorrang	98,9%	0:00	0:00
ODBC	88,3%	0:00	0:00
ODBC voorrang	87,7%	0:00	0:00
Poli	99,3%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:20	6:20	1:24	0:10	3:35	0:09	1:00
OC voorrang	3:57	4:45	1:26	0:10	2:12	0:08	0:47
ODBC	5:37	9:17	1:35	0:10	3:41	0:09	3:40
ODBC voorrang	5:43	9:25	1:34	0:10	3:49	0:09	3:42
Poli	3:59	8:00	1:28	0:10	2:10	0:09	4:01

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:17	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:08	0:10	0:55	0:05	1:29	0:16	0:19	0:04	1:00
OC voorrang	0:08	0:10	0:57	0:05	0:06	0:18	0:18	0:03	0:47
ODBC	0:11	0:22	0:39	0:05	1:37	0:16	0:20	0:04	3:40
ODBC voorrang	0:11	0:21	0:34	0:05	1:39	0:15	0:20	0:04	3:42
Poli	0:12	0:16	0:37	0:05	0:26	0:05	0:18	0:04	4:01



## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	21	6
OC voorrang	65	65	3	1
ODBC	29	29	6	19
ODBC voorrang	10	10	2	6
Poli	33	33	0	19

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	80,8%	2:12	4:56
OC voorrang	73,9%	1:57	3:42
ODBC	44,2%	0:08	1:54
ODBC voorrang	4,2%	2:32	11:52
Poli	99,6%	0:00	0:03

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	91,4%	0:13	2:31
OC voorrang	98,9%	0:03	1:22
ODBC	88,3%	0:19	2:00
ODBC voorrang	87,7%	0:20	1:42
Poli	99,3%	0:01	0:59

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:23	7:47	1:24	0:18	3:46	0:53	1:23
OC voorrang	4:23	5:23	1:26	0:18	2:14	0:23	1:00
ODBC	6:57	16:08	1:35	0:13	4:03	1:06	9:10
ODBC voorrang	7:02	16:20	1:34	0:13	4:11	1:04	9:17
Poli	4:02	12:43	1:28	0:10	2:10	0:12	8:41

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:17	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:08	0:10	0:55	0:13	1:35	0:16	0:25	0:48	1:23
OC voorrang	0:08	0:10	0:57	0:13	0:07	0:18	0:19	0:18	1:00
ODBC	0:11	0:22	0:39	0:08	1:49	0:16	0:29	1:01	9:10
ODBC voorrang	0:11	0:21	0:34	0:08	1:53	0:15	0:28	0:59	9:17
Poli	0:12	0:16	0:37	0:05	0:26	0:05	0:18	0:07	8:41

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	18	8
ODBC	36	36	5	25
Poli	283	283	5	135

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	95,9%	0:00	0:16
ODBC	100,0%	0:00	0:00
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	89,9%	0:00	0:00
ODBC	91,2%	0:00	0:00
Poli	98,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:59	5:53	2:14	0:09	2:26	0:08	0:53
ODBC	5:07	9:07	1:58	0:10	2:49	0:09	3:59
Poli	4:28	8:29	1:50	0:09	2:19	0:09	4:01

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:10	0:20	1:02	0:04	0:25	0:03	0:39	0:03	0:53
ODBC	0:11	0:00	0:44	0:05	0:47	0:02	0:42	0:04	3:59
Poli	0:21	0:34	0:25	0:04	0:21	0:03	0:35	0:04	4:01

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	18	8
ODBC	36	36	5	25
Poli	283	283	5	135

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	76,6%	2:13	4:57
ODBC	45,3%	0:00	1:35
Poli	97,6%	0:00	0:23

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	89,9%	0:10	2:32
ODBC	91,2%	0:10	2:02
Poli	98,0%	0:08	3:56

Gemiddelde **doorlooptijden** los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:10	7:37	2:14	0:22	2:26	1:06	1:27
ODBC	6:15	15:46	1:58	0:15	2:51	1:10	9:30
Poli	4:37	12:27	1:50	0:09	2:19	0:18	7:50

Gemiddelde **bewerkingstijden** sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde **wachttijden** sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:10	0:20	1:02	0:17	0:26	0:03	0:39	1:01	1:27
ODBC	0:11	0:00	0:44	0:10	0:49	0:02	0:42	1:05	9:30
Poli	0:21	0:34	0:25	0:04	0:21	0:03	0:35	0:13	7:50

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	34	55
Los materiaal	435	436	30	169

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	74,1%	1:49	5:05
Sets excl. nacht	87,8%	0:37	2:29
Los incl. nacht	87,4%	1:03	3:14
Los excl. nacht	98,9%	0:00	0:16

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	93,1%	0:17	2:55
Sets excl. nacht	93,1%	0:00	0:00
Los incl. nacht	95,2%	0:11	3:18
Los excl. nacht	95,2%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:49	9:04	1:27	0:16	3:19	0:45	3:15
Los materiaal	5:11	11:30	1:57	0:13	2:24	0:35	6:19

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:09	0:12	0:52	0:11	1:11	0:15	0:24	0:40	3:15
Los materiaal	0:17	0:34	0:41	0:08	0:25	0:03	0:37	0:30	6:19

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	4:56	6:37	1:27	0:10	3:09	0:09	1:41
Los materiaal	4:40	7:52	1:57	0:09	2:24	0:09	3:11

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:09	0:12	0:52	0:05	1:06	0:15	0:19	0:04	1:41
Los materiaal	0:17	0:34	0:41	0:04	0:24	0:03	0:37	0:04	3:11

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
<b>Kosten per dag</b>	4318	196	3856	266

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
<b>Bezettingsgraad</b>	32%	30%	75%	38%	79%	51%	35%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	50%	99%	31%	45%	54%
2	8:00:00	9:00:00	36%	51%	32%	40%	1%
3	9:00:00	10:00:00	84%	78%	36%	107%	6%
4	10:00:00	11:00:00	61%	0%	42%	81%	25%
5	11:00:00	12:00:00	20%	49%	14%	18%	14%
6	12:00:00	13:00:00	63%	80%	75%	60%	34%
7	13:00:00	14:00:00	65%	31%	48%	89%	3%
8	14:00:00	15:00:00	82%	51%	72%	103%	24%
9	15:00:00	16:00:00	67%	51%	32%	85%	5%
10	16:00:00	17:00:00	76%	25%	56%	99%	39%
11	17:00:00	18:00:00	74%	21%	49%	99%	27%
12	18:00:00	19:00:00	71%	11%	42%	99%	19%
13	19:00:00	20:00:00	73%	21%	54%	99%	19%
14	20:00:00	21:00:00	69%	4%	41%	99%	25%
15	21:00:00	22:00:00	64%	0%	22%	87%	14%
16	22:00:00	23:00:00	42%	7%	6%	55%	29%
17	23:00:00	0:00:00	37%	0%	12%	50%	9%

## W.2 Observaties & Analyses

### Observaties:

De volgende observaties **ten opzichte van experiment 3** zijn gemaakt op basis van bovenstaande outputs.

- De verkorting van de totale en interne doorlooptijd van sets is minder groot.
  - De doorlooptijd door de ruimte 'Desinfectie Vuil' is langer.
    - De wachttijden op voorbehandeling en reiniging in de batchmachine zijn korter.
    - De wachttijd op reiniging in de tactmachine is langer.
  - Weinig verandering van de doorlooptijd door de ruimte 'Desinfectie Schoon'.
  - De doorlooptijd door de 'Assemblage & Inpak Ruimte' wordt voor sets van het OC langer en voor de sets van de overige klanten korter.
    - Veranderingen van de wachttijden op assemblage.
  - De doorlooptijd door de 'Distributie Ruimte' blijft ongeveer gelijk.
  - De wachttijd op transport is voor sets van het OC en de Poli's onveranderd en voor sets van het ODBC 30 minuten langer.
- Voor losse materialen van het OC worden kortere totale doorlooptijden gerealiseerd en voor losse materialen van het ODBC worden kortere interne doorlooptijden gerealiseerd.
  - De doorlooptijd door de ruimte 'Desinfectie Vuil' is voor materialen van het OC en ODBC korter en van de Poli's langer.
    - De wachttijden op voorbehandeling en reiniging in de batchmachine zijn korter.
    - De wachttijd op reiniging in de tactmachine is langer.
  - In de overige drie ruimten kunnen dezelfde verschillen worden geconstateerd als voor sets.
  - Los materiaal van het OC wacht korter op het transport en los materiaal van de overige twee klanten heeft langere wachttijden op transport.
- De productiekosten per dag zijn 6 euro duurder.
  - Vijf extra transportritten kosten 35 euro.
  - Op de reinigingsmachines wordt 29 euro bespaard.
- De bezettingsgraad van de reinigingsmachines is kleiner.
  - Tactmachines: 30 % (2% minder).
  - Batchmachines: 75% (10% minder).

### Analyse:

- Door de nieuwe beladingsstrategie neemt de bezettingsgraad van de reinigingsmachines af en worden productiekosten bespaard. MHM moeten in deze situatie echter telkens wachten tot een laadrek maximaal beladen is. Ten opzichte van experiment 3 leidt dit voor de onderbezette tactmachines tot het ontstaan van langere wachttijden en voor de hoog bezette batchmachines tot kortere wachttijden.

- Omdat een groot percentage van de sets en van het los materiaal van de Poli's op de tactmachines wordt gereinigd, heeft de nieuwe belaadstrategie een negatief effect op de doorlooptijd van deze MHM door de ruimte 'Desinfectie Vuil'.
- Met betrekking tot de overige wachttijden gedurende het proces leveren de extra transportritten geen extra besparingen op.
  - Dit maakt duidelijk dat er geen lineair verband bestaat tussen de transportfrequentie en de doorlooptijden. Door de aard van het productieproces worden de mogelijkheden om de leverprestaties aan de hand van het transportrooster te verbeteren beperkt.
  - Bovendien dient erop gelet te worden dat veranderingen in het aanbod kunnen resulteren in verbeteringen van de wachttijden op assemblage voor MHM van het ODBC en de Poli's ten koste van de wachttijden van MHM van het OC.
- De veranderingen van de wachttijden op transport resulteren uit de afstemming van aankomsttijden en vertrektijden in relatie met de interne doorlooptijd.

## X BIJLAGE - EXPERIMENT 5

### X.1 Outputs experiment 5

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	64	6
OC voorrang	66	66	4	0
ODBC	29	29	10	18
ODBC voorrang	9	9	3	6
Poli	33	33	1	22

Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	73,4%	1:45	3:07
OC voorrang	58,4%	0:10	1:00
ODBC	95,7%	0:24	1:14
ODBC voorrang	7,1%	2:27	6:12
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	62,5%	0:04	0:05
OC voorrang	97,7%	0:00	0:00
ODBC	68,2%	0:00	0:00
ODBC voorrang	68,2%	0:00	0:00
Poli	94,5%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	7:49	9:04	1:23	0:12	6:03	0:09	1:15
OC voorrang	4:06	4:59	1:25	0:12	2:20	0:08	0:52
ODBC	7:02	10:44	1:30	0:17	5:05	0:08	3:41
ODBC voorrang	7:08	10:48	1:30	0:18	5:11	0:08	3:40
Poli	5:15	8:18	1:30	0:11	3:24	0:09	3:02

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:07	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:07	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:07	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:07	3:52	0:20	0:20	0:04	1:15
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:07	0:11	0:20	0:19	0:03	0:52
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:12	2:56	0:19	0:19	0:03	3:41
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:50	0:13	2:58	0:19	0:19	0:03	3:40
Poli	0:12	0:13	0:57	0:06	1:34	0:06	0:21	0:04	3:02



## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	64	6
OC voorrang	66	66	4	0
ODBC	29	29	10	18
ODBC voorrang	9	9	3	6
Poli	33	33	1	22

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	52,3%	5:56	8:21
OC voorrang	56,7%	1:19	2:34
ODBC	40,2%	1:02	3:33
ODBC voorrang	2,2%	4:54	14:04
Poli	90,7%	0:00	0:37

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	62,5%	1:44	4:03
OC voorrang	97,7%	0:19	2:35
ODBC	68,2%	1:27	3:36
ODBC voorrang	68,2%	1:27	3:14
Poli	94,5%	0:20	3:36

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	11:06	12:45	1:23	0:16	7:48	1:37	1:39
OC voorrang	4:38	5:40	1:25	0:16	2:31	0:25	1:01
ODBC	9:30	18:38	1:30	0:18	6:32	1:09	9:07
ODBC voorrang	9:36	18:45	1:30	0:18	6:41	1:06	9:08
Poli	5:40	14:15	1:30	0:12	3:28	0:29	8:35

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:07	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:07	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:07	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:11	5:19	0:20	0:38	1:32	1:39
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:11	0:17	0:20	0:24	0:20	1:01
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:13	4:13	0:19	0:29	1:04	9:07
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:50	0:13	4:18	0:19	0:28	1:01	9:08
Poli	0:12	0:13	0:57	0:07	1:37	0:06	0:22	0:24	8:35

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	21	1
ODBC	36	36	10	25
Poli	283	283	13	184

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	96,5%	0:00	0:08
ODBC	99,2%	0:01	0:16
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	86,1%	0:00	0:00
ODBC	70,4%	0:00	0:00
Poli	95,1%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:10	6:17	2:06	0:12	2:41	0:10	1:06
ODBC	6:20	10:33	2:19	0:13	3:36	0:10	4:13
Poli	5:26	10:12	1:45	0:12	3:20	0:08	4:45

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:07	0:35	0:03	0:43	0:05	1:06
ODBC	0:14	0:00	1:02	0:08	1:31	0:04	0:42	0:05	4:13
Poli	0:25	0:13	0:27	0:07	1:11	0:03	0:45	0:03	4:45

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	21	1
ODBC	36	36	10	25
Poli	283	283	13	184

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	79,2%	2:34	5:14
ODBC	40,5%	0:16	2:38
Poli	81,4%	0:00	0:56

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	86,1%	0:32	3:28
ODBC	70,4%	1:15	4:04
Poli	95,1%	0:39	5:40

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:32	7:47	2:06	0:23	2:47	1:14	1:15
ODBC	8:31	18:19	2:19	0:16	4:17	1:37	9:48
Poli	5:48	15:42	1:45	0:12	3:22	0:27	9:54

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:18	0:41	0:03	0:43	1:09	1:15
ODBC	0:14	0:00	1:02	0:11	2:13	0:04	0:42	1:32	9:48
Poli	0:25	0:13	0:27	0:07	1:12	0:03	0:45	0:22	9:54

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	86	56
Los materiaal	435	436	45	212

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	54,0%	4:13	6:49
Sets excl. nacht	72,3%	1:31	3:01
Los incl. nacht	77,1%	0:44	2:29
Los excl. nacht	99,0%	0:01	0:18

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	74,3%	1:46	4:09
Sets excl. nacht	74,3%	0:03	0:04
Los incl. nacht	90,7%	0:46	4:27
Los excl. nacht	90,7%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	8:54	12:13	1:25	0:15	6:03	1:09	3:18
Los materiaal	6:14	13:50	1:54	0:15	3:18	0:45	7:36

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:10	3:43	0:18	0:32	1:04	3:18
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:10	1:10	0:03	0:44	0:40	7:36

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	6:38	8:21	1:25	0:13	4:50	0:08	1:42
Los materiaal	5:27	9:12	1:54	0:12	3:12	0:09	3:44

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:08	2:42	0:18	0:20	0:03	1:42
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:07	1:04	0:03	0:44	0:04	3:44

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
Kosten per dag	3907	147	3470	290

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
Bezettingsgraad	32%	32%	84%	41%	93%	50%	34%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	67%	99%	24%	68%	74%
2	8:00:00	9:00:00	64%	52%	34%	85%	1%
3	9:00:00	10:00:00	72%	0%	44%	104%	6%
4	10:00:00	11:00:00	57%	0%	20%	84%	18%
5	11:00:00	12:00:00	46%	96%	0%	51%	16%
6	12:00:00	13:00:00	59%	45%	88%	66%	25%
7	13:00:00	14:00:00	75%	44%	56%	104%	5%
8	14:00:00	15:00:00	70%	27%	56%	99%	21%
9	15:00:00	16:00:00	67%	35%	34%	93%	7%
10	16:00:00	17:00:00	71%	0%	79%	100%	27%
11	17:00:00	18:00:00	84%	82%	42%	102%	29%
12	18:00:00	19:00:00	74%	30%	58%	100%	18%
13	19:00:00	20:00:00	65%	0%	28%	100%	21%
14	20:00:00	21:00:00	69%	4%	63%	99%	28%
15	21:00:00	22:00:00	70%	0%	28%	99%	14%
16	22:00:00	23:00:00	72%	11%	29%	97%	24%
17	23:00:00	0:00:00	83%	0%	46%	116%	8%

## ***X.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De interne en totale doorlooptijden van sets stijgen in verschillende mate: OC sets: 2 uur en 30 minuten (ruim 35% langer), OC voorrang sets: 15 minuten, ODBC en Poli sets: 30 minuten.
  - Deze verandering van de doorlooptijd is volledig te wijten aan een verandering van de wachttijd op assemblage in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’.
- De totale doorlooptijden van los materiaal stijgen voor alle klanten met gemiddeld 15 minuten. De stijging van de interne doorlooptijd is voor los materiaal van het OC hieraan gelijk en voor los materiaal van het ODBC en de Poli’s 30 minuten.
  - De verandering van de doorlooptijd van los materiaal van het OC komt bij de wachttijd op assemblage tot stand.
  - Los materiaal van het ODBC en de Poli’s moeten 30 minuten langer wachten op assemblage en 15 minuten korter wachten op vertrek.
- De productiekosten per dag dalen met 386 euro.
- De bezettingsgraad van de medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ neemt met 14% toe en is nu gelijk aan 93%.

### **Analyse:**

- Per shift wordt een medewerker aangewezen voor de assemblage van los materiaal van het OC, een medewerker voor MHM van het ODBC en een medewerker voor MHM van de Poli’s. De overige medewerkers hebben als eerste prioriteit sets van het OC. Het werken met een medewerker minder per shift leidt tot een reductie van het aantal medewerkers met prioriteit ‘OC sets’.
  - Het gevolg is dat wachttijden op assemblage het meeste toenemen voor sets van het OC.
  - Voorrangsets van het OC worden nog steeds als eerste geselecteerd, zodat de effecten op de wachttijden van deze sets minder zijn.
- Omdat de medewerkers met prioriteit OC sets op rustige momenten worden ingezet op de assemblage van MHM van andere klanten hebben deze MHM eveneens langere wachttijden op assemblage. Voor MHM van het ODBC en de Poli’s leidt dit tot een toename van 30 minuten en voor los materiaal van het OC leidt dit tot een toename van 15 minuten. De reden dat deze veranderingen verschillen is tweeledig:
  - Het effect op de wachttijden van los materiaal van het OC is klein, omdat los materiaal van het OC op dezelfde tijdstippen wordt geleverd als sets van het OC.
  - MHM van het ODBC en de Poli’s worden voor een groot deel vroeg in de ochtend geleverd. Dit is de fase van de dag waarop de assemblagemedewerkers het minst druk bezet zijn.
- De veranderingen van de productiekosten en de bezettingsgraad volgen direct uit het feit dat er met een medewerker minder wordt gewerkt.

## Y BIJLAGE - EXPERIMENT 6

### Y.1 Outputs experiment 6

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	16	6
OC voorrang	66	66	3	0
ODBC	29	29	6	22
ODBC voorrang	9	9	1	7
Poli	33	33	1	20

#### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	98,3%	0:02	0:31
OC voorrang	71,5%	0:11	1:10
ODBC	100,0%	0:00	0:00
ODBC voorrang	10,8%	1:10	5:11
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	93,8%	0:00	0:00
OC voorrang	98,1%	0:00	0:00
ODBC	81,1%	0:00	0:00
ODBC voorrang	80,6%	0:00	0:00
Poli	94,8%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:49	5:41	1:23	0:12	3:04	0:08	0:52
OC voorrang	3:55	4:42	1:25	0:12	2:10	0:07	0:46
ODBC	5:44	9:31	1:30	0:17	3:47	0:08	3:46
ODBC voorrang	5:48	9:38	1:30	0:17	3:51	0:08	3:49
Poli	4:38	7:38	1:29	0:11	2:48	0:08	3:00

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:51	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:07	0:55	0:16	0:23	0:03	0:52
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:07	0:05	0:16	0:20	0:02	0:46
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:12	1:37	0:16	0:24	0:03	3:46
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:50	0:12	1:37	0:16	0:24	0:03	3:49
Poli	0:12	0:13	0:58	0:06	0:55	0:05	0:25	0:03	3:00

## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	16	6
OC voorrang	66	66	3	0
ODBC	29	29	6	22
ODBC voorrang	9	9	1	7
Poli	33	33	1	20

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	84,7%	1:26	4:03
OC voorrang	70,0%	1:41	3:13
ODBC	51,5%	0:07	2:16
ODBC voorrang	2,2%	2:36	12:40
Poli	96,9%	0:00	0:25

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	93,8%	0:11	3:02
OC voorrang	98,1%	0:15	2:18
ODBC	81,1%	0:16	2:47
ODBC voorrang	80,6%	0:15	2:14
Poli	94,8%	0:13	3:25

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:37	6:51	1:23	0:16	3:13	0:43	1:14
OC voorrang	4:23	5:18	1:25	0:16	2:16	0:26	0:54
ODBC	7:10	17:08	1:30	0:18	4:05	1:16	9:58
ODBC voorrang	7:16	17:22	1:30	0:18	4:10	1:17	10:05
Poli	5:01	13:03	1:29	0:11	2:50	0:29	8:02

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:51	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:05	0:42	0:11	1:00	0:16	0:27	0:38	1:14
OC voorrang	0:13	0:05	0:42	0:11	0:09	0:16	0:23	0:21	0:54
ODBC	0:14	0:09	0:57	0:13	1:43	0:16	0:36	1:11	9:58
ODBC voorrang	0:14	0:09	0:50	0:13	1:44	0:16	0:35	1:12	10:05
Poli	0:12	0:13	0:58	0:06	0:56	0:05	0:26	0:24	8:02



## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	16	3
ODBC	36	36	7	27
Poli	283	283	10	184

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,1%	0:00	0:02
ODBC	100,0%	0:00	0:00
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	89,7%	0:00	0:00
ODBC	79,3%	0:00	0:00
Poli	96,1%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:47	5:46	2:06	0:12	2:19	0:08	0:59
ODBC	5:21	9:43	2:19	0:13	2:39	0:09	4:22
Poli	4:50	10:01	1:45	0:11	2:45	0:07	5:11

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:07	0:24	0:02	0:35	0:03	0:59
ODBC	0:14	0:00	1:02	0:08	0:44	0:03	0:35	0:04	4:22
Poli	0:25	0:13	0:27	0:06	0:28	0:03	0:54	0:02	5:11

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	16	3
ODBC	36	36	7	27
Poli	283	283	10	184

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	81,5%	1:51	4:37
ODBC	52,8%	0:00	2:09
Poli	82,2%	0:00	0:58

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	89,7%	0:12	3:07
ODBC	79,3%	0:15	3:07
Poli	96,1%	0:19	5:20

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:55	7:09	2:06	0:23	2:20	1:04	1:13
ODBC	6:52	17:23	2:19	0:16	2:41	1:35	10:30
Poli	5:07	15:26	1:45	0:12	2:45	0:24	10:19

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:05	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:12	0:48	0:18	0:25	0:02	0:35	0:59	1:13
ODBC	0:14	0:00	1:02	0:11	0:46	0:03	0:35	1:30	10:30
Poli	0:25	0:13	0:27	0:07	0:29	0:03	0:54	0:19	10:19

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	31	58
Los materiaal	435	436	35	215

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	75,6%	1:25	4:45
Sets excl. nacht	89,0%	0:31	2:28
Los incl. nacht	79,4%	0:27	2:08
Los excl. nacht	99,8%	0:00	0:02

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	92,6%	0:14	3:33
Sets excl. nacht	92,6%	0:00	0:00
Los incl. nacht	93,0%	0:15	4:04
Los excl. nacht	93,0%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:33	8:45	1:25	0:15	3:07	0:44	3:11
Los materiaal	5:29	13:26	1:53	0:15	2:39	0:40	7:57

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:10	0:56	0:15	0:27	0:39	3:11
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:10	0:29	0:03	0:47	0:35	7:57

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	4:45	6:16	1:25	0:13	2:57	0:08	1:31
Los materiaal	4:52	8:53	1:53	0:12	2:38	0:08	4:01

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:46	0:08	0:51	0:15	0:23	0:03	1:31
Los materiaal	0:22	0:13	0:39	0:07	0:29	0:03	0:47	0:03	4:01

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
Kosten per dag	4679	147	4242	291

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
Bezettingsgraad	32%	32%	84%	41%	68%	51%	35%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	41%	99%	24%	33%	62%
2	8:00:00	9:00:00	31%	52%	34%	32%	1%
3	9:00:00	10:00:00	75%	0%	44%	101%	4%
4	10:00:00	11:00:00	12%	0%	20%	10%	30%
5	11:00:00	12:00:00	10%	96%	0%	0%	4%
6	12:00:00	13:00:00	47%	45%	88%	48%	0%
7	13:00:00	14:00:00	78%	44%	56%	102%	3%
8	14:00:00	15:00:00	75%	27%	56%	98%	27%
9	15:00:00	16:00:00	58%	35%	34%	73%	8%
10	16:00:00	17:00:00	75%	0%	79%	97%	40%
11	17:00:00	18:00:00	87%	82%	42%	102%	23%
12	18:00:00	19:00:00	77%	30%	58%	98%	18%
13	19:00:00	20:00:00	70%	0%	28%	97%	31%
14	20:00:00	21:00:00	70%	4%	63%	93%	33%
15	21:00:00	22:00:00	55%	0%	28%	70%	20%
16	22:00:00	23:00:00	36%	11%	29%	42%	27%
17	23:00:00	0:00:00	39%	0%	46%	47%	10%

## ***Y.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De interne en totale doorlooptijden van sets dalen: OC sets: 45 minuten (11% korter), OC voorrang sets: 3 minuten, ODBC sets: 25 minuten en Poli sets: 10 minuten.
  - De oorzaak hiervan is de verandering van de wachttijd op assemblage in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’.
- De totale en interne doorlooptijden van los materiaal dalen voor het OC met 15 minuten en voor het ODBC met 25 minuten. Voor de Poli’s blijft de totale doorlooptijd gelijk en daalt de interne doorlooptijd met 10 minuten.
  - De veranderingen van de interne doorlooptijd komen voor alle klanten tot stand bij de wachttijd op assemblage.
  - Voor los materiaal van de Poli’s wordt de verkorting van de interne doorlooptijd gecompenseerd door langere wachttijden op transport.
- De productiekosten per dag stijgen met 386 euro.
- De bezettingsgraad van de medewerkers in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ neemt met 10% af en is nu gelijk aan 69%.

### **Analyse:**

- Door het roosteren van een extra medewerker per shift is er in de ‘Assemblage & Inpak Ruimte’ een medewerker meer met prioriteit ‘OC sets’.
  - Met gevolg dat de wachttijdreductie op assemblage het grootst is voor sets van het OC.
  - Doordat voorrangsets van het OC als eerste geselecteerd worden, heeft het toevoegen van een extra medewerker minder uitwerking op de wachttijd op assemblage voor deze sets van het OC.
- Op momenten dat er geen sets van het OC op voorraad liggen, zullen medewerkers met prioriteit ‘OC sets’ MHM van andere klanten assembleren. Door het toevoegen van een extra medewerker is dit vaker het geval en nemen de wachttijden van andere MHM eveneens af.
  - Het effect op de wachttijden van los materiaal van het OC is klein, omdat los materiaal van het OC op dezelfde tijdstippen wordt geleverd als sets van het OC.
  - Het effect op de wachttijden op assemblage is bij MHM van het ODBC groter dan bij MHM van de Poli’s. De reden hiervoor is dat medewerkers met prioriteit ‘OC sets’ bij gebrek aan eigen materiaal eerst MHM van het ODBC selecteren.
- De veranderingen van de wachttijden op transport zijn afhankelijk van de mate waarin interne doorlooptijdverkortingen aansluiten op de vertrektijden.
  - Door het kleine aantal vertrektijden voor MHM van de Poli’s heeft het losse materiaal langere wachttijden op transport.
- De veranderingen van de productiekosten en de bezettingsgraad volgen uit het feit dat er met een medewerker meer wordt gewerkt.

## Z BIJLAGE - EXPERIMENT 7

### Z.1 Outputs experiment 7

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	25	11
OC voorrang	66	66	3	1
ODBC	29	29	7	19
ODBC voorrang	9	9	2	6
Poli	33	33	1	20

Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	94,9%	0:06	0:58
OC voorrang	69,8%	0:13	1:12
ODBC	99,7%	0:00	0:04
ODBC voorrang	17,6%	1:26	5:06
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	88,0%	0:00	0:00
OC voorrang	98,3%	0:00	0:00
ODBC	78,3%	0:00	0:00
ODBC voorrang	77,7%	0:00	0:00
Poli	94,9%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:09	6:12	1:25	0:08	3:27	0:08	1:03
OC voorrang	3:58	4:47	1:27	0:08	2:14	0:08	0:48
ODBC	5:49	9:06	1:34	0:13	3:52	0:08	3:17
ODBC voorrang	5:54	9:11	1:34	0:13	3:57	0:08	3:16
Poli	4:53	7:45	1:32	0:15	2:56	0:09	2:51

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:11	0:05	1:00	0:03	1:19	0:16	0:21	0:03	1:03
OC voorrang	0:11	0:05	1:01	0:03	0:06	0:18	0:21	0:03	0:48
ODBC	0:14	0:09	1:13	0:08	1:45	0:15	0:23	0:03	3:17
ODBC voorrang	0:14	0:09	1:05	0:08	1:45	0:16	0:22	0:03	3:16
Poli	0:12	0:13	1:11	0:10	1:04	0:06	0:24	0:04	2:51

## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	25	11
OC voorrang	66	66	3	1
ODBC	29	29	7	19
ODBC voorrang	9	9	2	6
Poli	33	33	1	20

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	75,0%	1:55	4:49
OC voorrang	67,9%	1:29	3:06
ODBC	54,8%	0:14	2:11
ODBC voorrang	9,8%	3:11	12:33
Poli	95,8%	0:00	0:28

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	88,0%	0:22	3:08
OC voorrang	98,3%	0:31	2:14
ODBC	78,3%	0:34	2:51
ODBC voorrang	77,7%	0:34	2:26
Poli	94,9%	0:24	3:22

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:24	8:07	1:25	0:14	3:43	1:01	1:43
OC voorrang	4:25	5:23	1:27	0:14	2:18	0:24	0:58
ODBC	7:28	16:10	1:34	0:16	4:24	1:12	8:41
ODBC voorrang	7:36	16:19	1:34	0:16	4:31	1:13	8:42
Poli	5:16	13:15	1:32	0:18	2:58	0:27	7:59

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:11	0:05	1:00	0:09	1:27	0:16	0:29	0:56	1:43
OC voorrang	0:11	0:05	1:01	0:09	0:07	0:18	0:24	0:19	0:58
ODBC	0:14	0:09	1:13	0:11	2:04	0:15	0:35	1:07	8:41
ODBC voorrang	0:14	0:09	1:05	0:11	2:06	0:16	0:35	1:08	8:42
Poli	0:12	0:13	1:11	0:13	1:05	0:06	0:25	0:22	7:59

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	18	6
ODBC	36	36	8	24
Poli	283	283	10	187

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	97,9%	0:00	0:06
ODBC	99,9%	0:00	0:01
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	88,5%	0:00	0:00
ODBC	75,1%	0:00	0:00
Poli	96,1%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:12	6:25	2:24	0:09	2:27	0:10	1:12
ODBC	5:55	9:43	2:39	0:07	2:57	0:10	3:47
Poli	4:58	10:08	1:52	0:09	2:47	0:08	5:09

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:15	0:13	1:08	0:04	0:27	0:03	0:39	0:05	1:12
ODBC	0:18	0:00	1:18	0:02	1:00	0:03	0:35	0:05	3:47
Poli	0:29	0:13	0:32	0:04	0:33	0:03	0:51	0:03	5:09



## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	18	6
ODBC	36	36	8	24
Poli	283	283	10	187

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	78,0%	2:10	4:46
ODBC	51,3%	0:02	2:09
Poli	81,2%	0:00	0:58

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	88,5%	0:30	3:06
ODBC	75,1%	0:39	3:18
Poli	96,1%	0:49	5:18

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:25	8:04	2:24	0:34	2:28	0:57	1:38
ODBC	7:45	17:06	2:39	0:28	3:00	1:36	9:20
Poli	5:15	15:37	1:52	0:13	2:47	0:22	10:22

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:06	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:15	0:13	1:08	0:29	0:28	0:03	0:39	0:52	1:38
ODBC	0:18	0:00	1:18	0:23	1:03	0:03	0:35	1:31	9:20
Poli	0:29	0:13	0:32	0:08	0:33	0:03	0:51	0:17	10:22

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	42	60
Los materiaal	435	436	38	218

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Oversch. intern	Oversch. Totaal
Sets incl. nacht	70,6%	1:46	4:54
Sets excl. nacht	86,9%	0:33	2:18
Los incl. nacht	77,6%	0:34	2:15
Los excl. nacht	99,4%	0:00	0:07

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Oversch. intern	Oversch. Totaal
Sets incl. nacht	88,9%	0:29	3:32
Sets excl. nacht	88,9%	0:00	0:00
Los incl. nacht	92,4%	0:37	4:02
Los excl. nacht	92,4%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	6:04	9:19	1:27	0:15	3:28	0:52	3:15
Los materiaal	5:47	13:47	2:05	0:20	2:44	0:37	7:59

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:12	0:07	1:04	0:10	1:15	0:16	0:29	0:47	3:15
Los materiaal	0:24	0:13	0:51	0:15	0:35	0:03	0:46	0:32	7:59

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:00	6:31	1:27	0:09	3:13	0:08	1:31
Los materiaal	5:07	9:08	2:05	0:09	2:43	0:09	4:00

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:12	0:07	1:04	0:04	1:07	0:16	0:21	0:03	1:31
Los materiaal	0:24	0:13	0:51	0:04	0:34	0:03	0:46	0:04	4:00

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
<b>Kosten per dag</b>	4292	147	3856	289

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
<b>Bezettingsgraad</b>	32%	32%	83%	41%	79%	50%	35%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	47%	99%	45%	36%	61%
2	8:00:00	9:00:00	38%	52%	36%	42%	1%
3	9:00:00	10:00:00	78%	0%	44%	108%	9%
4	10:00:00	11:00:00	24%	0%	19%	30%	15%
5	11:00:00	12:00:00	17%	99%	1%	3%	32%
6	12:00:00	13:00:00	63%	56%	40%	78%	5%
7	13:00:00	14:00:00	69%	44%	44%	92%	7%
8	14:00:00	15:00:00	77%	27%	85%	100%	35%
9	15:00:00	16:00:00	60%	35%	24%	79%	6%
10	16:00:00	17:00:00	81%	33%	91%	99%	43%
11	17:00:00	18:00:00	81%	57%	55%	102%	9%
12	18:00:00	19:00:00	75%	30%	44%	99%	23%
13	19:00:00	20:00:00	77%	7%	84%	99%	56%
14	20:00:00	21:00:00	67%	0%	41%	97%	13%
15	21:00:00	22:00:00	70%	15%	33%	88%	31%
16	22:00:00	23:00:00	52%	0%	32%	67%	17%
17	23:00:00	0:00:00	50%	0%	6%	68%	21%

## ***Z.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De interne doorlooptijd van OC sets, ODBC sets en ODBC voorrangsets is 20 minuten korter. De interne doorlooptijd van voorrangsets van het OC en sets van de Poli's veranderen niet.
  - De wachttijden op de batchmachine worden voor sets van het OC en ODBC ruim 15 minuten langer.
  - De wachttijden op assemblage worden voor sets van het OC en ODBC ruim 20 minuten korter.
- De interne doorlooptijd is voor los materiaal van het OC en ODBC ruim 10 minuten langer en voor los materiaal van de Poli's ongewijzigd.
  - De wachttijden op de batchmachines zijn voor los materiaal van het OC en het ODBC 20 minuten langer.
  - De wachttijden op assemblage zijn voor los materiaal van het OC en het ODBC enkele minuten korter.
- De productiekosten per dag en de bezettingsgraad van de resources zijn onveranderd.

### **Analyse:**

- Door de wijziging van de pauzetijden veranderden de wachttijden voor de activiteiten van de resources die de hoogste bezettingsgraad hebben; de batchmachines en de assemblagemedewerkers. Het is duidelijk dat een afstemming van de pauzetijden op het werkaanbod voor deze resources van het grootste belang is.
  - Door de pauzetijden 30 minuten eerder in te roosteren neemt de wachttijd voor de batchmachines toe. Een mogelijke oorzaak hiervoor is het feit dat 's ochtends om 11 uur veel los materiaal wordt geleverd dat op de batchmachines moet worden gereinigd. In dit scenario is om 11:30 lunchpauze, zodat veel van deze materialen 30 minuten moeten wachten.
  - Op de wachttijden voor assemblage heeft het verschoven pauzerooster een positief effect. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat de werkdruk in deze ruimte vanaf 12 uur begint toe te nemen. Door de lunchpauze voor 12 uur af te sluiten kan vanaf 12 uur met maximale capaciteit worden geassembleerd.
- De veranderingen van deze wachttijden hebben op sets en los materiaal van het OC en ODBC verschillende gevolgen.
  - Slechts een klein percentage van alle sets van het OC en het ODBC wordt op de batchmachines gereinigd. Dit heeft tot gevolg dat de verkorting van de wachttijd op assemblage doorslaggevend is voor een verkorting van de gehele interne doorlooptijd.

- Van het losse materiaal van het OC en ODBC wordt een groot percentage op de batchmachines gereinigd. Bovendien is de verkorting van de wachttijd op assemblage voor deze materialen minder groot, zodat de gehele interne doorlooptijd langer is.
- Voor sets en los materiaal van de Poli's heeft het veranderen van het pauzerooster weinig effect, omdat een groot deel van deze materialen 's ochtends om 7:30 wordt geleverd.
- Op de wachttijden voor voorrangsets van het OC heeft het nieuwe pauzerooster weinig effect. Slechts een heel klein percentage van deze sets wordt met de batchmachine gereinigd. Bij de assemblage hebben deze sets de hoogste prioriteit.

## AABIJLAGE - EXPERIMENT 8

### AA.1 Outputs experiment 8

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	11	31
OC voorrang	66	66	1	3
ODBC	29	29	3	24
ODBC voorrang	9	9	1	7
Poli	33	33	0	22

#### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	95,0%	0:16	0:58
OC voorrang	63,6%	0:08	0:51
ODBC	99,6%	0:00	0:04
ODBC voorrang	4,9%	1:35	5:42
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	95,6%	0:00	0:00
OC voorrang	99,5%	0:00	0:00
ODBC	89,9%	0:00	0:00
ODBC voorrang	89,5%	0:00	0:00
Poli	99,1%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:34	6:33	1:23	0:09	3:53	0:08	0:58
OC voorrang	4:00	4:51	1:25	0:09	2:17	0:08	0:50
ODBC	6:10	10:18	1:39	0:09	4:12	0:08	4:08
ODBC voorrang	6:16	10:22	1:39	0:09	4:18	0:08	4:06
Poli	4:17	8:00	1:31	0:08	2:30	0:07	3:43

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:54	0:52	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:11	0:07	0:48	0:04	1:42	0:18	0:22	0:03	0:58
OC voorrang	0:11	0:07	0:48	0:04	0:08	0:19	0:20	0:03	0:50
ODBC	0:25	0:06	0:59	0:04	2:01	0:18	0:23	0:03	4:08
ODBC voorrang	0:25	0:06	0:51	0:04	2:03	0:18	0:23	0:03	4:06
Poli	0:17	0:09	0:58	0:03	0:39	0:05	0:25	0:02	3:43

## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	11	31
OC voorrang	66	66	1	3
ODBC	29	29	3	24
ODBC voorrang	9	9	1	7
Poli	33	33	0	22

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	72,8%	0:51	4:00
OC voorrang	58,2%	0:37	2:22
ODBC	55,6%	0:15	2:12
ODBC voorrang	4,9%	2:25	12:19
Poli	95,6%	0:00	0:26

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	95,6%	0:46	1:33
OC voorrang	99,5%	0:20	0:41
ODBC	89,9%	0:49	1:34
ODBC voorrang	89,5%	0:45	1:26
Poli	99,1%	0:19	1:04

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:11	8:33	1:29	0:11	3:57	0:33	2:22
OC voorrang	4:18	5:32	1:30	0:10	2:17	0:18	1:14
ODBC	6:55	16:32	1:39	0:09	4:23	0:42	9:36
ODBC voorrang	7:03	16:40	1:39	0:09	4:31	0:42	9:36
Poli	4:53	13:03	2:03	0:08	2:30	0:11	8:10

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:54	0:52	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:16	0:07	0:48	0:06	1:44	0:18	0:24	0:28	2:22
OC voorrang	0:16	0:07	0:48	0:05	0:08	0:19	0:20	0:13	1:14
ODBC	0:25	0:06	0:59	0:04	2:07	0:18	0:28	0:37	9:36
ODBC voorrang	0:25	0:06	0:51	0:04	2:11	0:18	0:28	0:37	9:36
Poli	0:49	0:09	0:58	0:03	0:39	0:05	0:25	0:06	8:10

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	10	12
ODBC	36	36	3	31
Poli	283	283	3	189

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Oversch. intern	Oversch. Totaal
OC	99,7%	0:00	0:01
ODBC	100,0%	0:00	0:00
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Oversch. intern	Oversch. Totaal
OC	95,4%	0:00	0:00
ODBC	90,4%	0:00	0:00
Poli	98,5%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	4:54	5:49	2:11	0:09	2:25	0:08	0:54
ODBC	5:16	10:34	2:26	0:08	2:33	0:08	5:17
Poli	4:31	10:04	1:48	0:06	2:28	0:08	5:33

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:04	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:14	0:15	0:55	0:04	0:26	0:03	0:37	0:03	0:54
ODBC	0:20	0:00	1:03	0:03	0:40	0:03	0:32	0:03	5:17
Poli	0:30	0:10	0:27	0:01	0:26	0:04	0:38	0:03	5:33



## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	10	12
ODBC	36	36	3	31
Poli	283	283	3	189

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	79,8%	1:17	3:31
ODBC	55,2%	0:02	2:05
Poli	82,7%	0:00	0:57

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	95,4%	0:43	1:28
ODBC	90,4%	0:47	1:36
Poli	98,5%	0:52	2:54

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:39	7:15	2:15	0:11	2:25	0:47	1:36
ODBC	5:58	16:57	2:26	0:09	2:33	0:50	10:58
Poli	5:22	15:12	2:33	0:06	2:28	0:14	9:50

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:04	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:18	0:15	0:55	0:06	0:26	0:03	0:37	0:42	1:36
ODBC	0:20	0:00	1:03	0:04	0:41	0:03	0:32	0:45	10:58
Poli	1:15	0:10	0:27	0:01	0:26	0:04	0:38	0:09	9:50

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	18	91
Los materiaal	435	436	18	233

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	67,0%	0:56	4:13
Sets excl. nacht	85,1%	0:36	2:10
Los incl. nacht	79,5%	0:20	1:54
Los excl. nacht	99,9%	0:00	0:01

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	95,7%	1:00	2:03
Sets excl. nacht	95,7%	0:00	0:00
Los incl. nacht	97,0%	0:53	2:19
Los excl. nacht	97,0%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:47	9:35	1:35	0:10	3:31	0:30	3:47
Los materiaal	5:30	13:17	2:28	0:07	2:28	0:26	7:46

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:21	0:07	0:51	0:05	1:21	0:17	0:24	0:25	3:47
Los materiaal	0:55	0:10	0:42	0:02	0:27	0:04	0:38	0:21	7:46

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:12	6:53	1:27	0:09	3:27	0:08	1:41
Los materiaal	4:41	9:00	1:58	0:07	2:28	0:08	4:18

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:14	0:07	0:51	0:04	1:19	0:17	0:22	0:03	1:41
Los materiaal	0:25	0:10	0:42	0:02	0:27	0:04	0:38	0:03	4:18

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
<b>Kosten per dag</b>	4291	147	3856	288

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
<b>Bezettingsgraad</b>	32%	32%	82%	41%	79%	51%	35%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	0%	0%	0%	0%	0%
2	8:00:00	9:00:00	0%	0%	0%	0%	0%
3	9:00:00	10:00:00	20%	95%	3%	10%	22%
4	10:00:00	11:00:00	64%	6%	65%	85%	1%
5	11:00:00	12:00:00	55%	100%	26%	60%	8%
6	12:00:00	13:00:00	61%	37%	49%	77%	25%
7	13:00:00	14:00:00	78%	49%	50%	104%	7%
8	14:00:00	15:00:00	74%	40%	58%	97%	24%
9	15:00:00	16:00:00	78%	53%	66%	100%	13%
10	16:00:00	17:00:00	69%	38%	63%	85%	14%
11	17:00:00	18:00:00	74%	40%	26%	99%	10%
12	18:00:00	19:00:00	80%	40%	56%	100%	41%
13	19:00:00	20:00:00	70%	4%	52%	98%	24%
14	20:00:00	21:00:00	66%	0%	30%	96%	21%
15	21:00:00	22:00:00	74%	22%	50%	89%	47%
16	22:00:00	23:00:00	55%	0%	32%	72%	10%
17	23:00:00	0:00:00	47%	0%	24%	61%	26%
18	0:00:00	1:00:00	19%	0%	6%	25%	13%

## ***AA.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- Aan het einde van de dag blijven er minder sets en losse materiaal over in het proces.
- De interne doorlooptijden van sets blijven gelijk met uitzondering van Poli sets (30 minuten korter). De totale doorlooptijden nemen voor ODBC en Poli sets elk met meer dan 15 minuten toe.
  - De wachttijd op voorbehandeling wordt 9 minuten langer voor sets van het ODBC en 5 minuten langer voor sets van de Poli's.
  - De wachttijd op assemblage is voor ODBC sets 9 minuten en voor Poli sets 30 minuten korter.
  - De wachttijd op transport is voor sets van het ODBC ruim 25 minuten en voor sets van de Poli's ruim 45 minuten langer.
  - Bij de overige wachttijden zijn er schommelingen van enkele minuten.
- De interne doorlooptijden van los materiaal blijven voor het OC onveranderd en nemen voor het ODBC en de Poli's elk 30 minuten af. De totale doorlooptijd is voor los materiaal van het ODBC 30 minuten langer.
  - De wachttijden op voorbehandeling nemen voor het ODBC en de Poli's 5 minuten toe.
  - De wachttijd op assemblage is voor los materiaal van het ODBC 20 minuten en van de Poli's 15 minuten korter.
  - Ook de wachttijden op de autoclaaf zijn voor deze beiden klanten 5 en 15 minuten korter.
  - De wachttijd op transport is voor het ODBC 60 minuten en voor de Poli's 30 minuten langer.
  - Bij de overige wachttijden zijn er schommelingen van enkele minuten.
- De productiekosten per dag en de bezettingsgraad van de resources veranderen zo goed als niet.
- Er is minder variatie in de bezettingsgraad per fase van de medewerkers.

### **Analyse:**

Voor de analyse van deze observaties zijn twee veranderingen van belang: de verschoven werktijden van de medewerkers en de verschoven pauzetijden van de medewerkers.

- Verschoven werktijden:
  - Medewerkers beginnen later.
    - Doordat medewerkers pas om 9 uur beginnen, moeten MHM die eerder aankomen langer wachten op de voorbehandeling. Dit betreft ca 5% de MHM van het OC en ca 40% van de MHM van de Poli's.
    - MHM van de Poli's moeten langer wachten op transport. Het laatste vertrekmoment voor deze MHM is om 13:15. Doordat deze MHM pas 1.5 uur

later in behandeling worden genomen, is een groter aandeel niet voor dit vertrekmoment gereed.

- Door later te beginnen zijn er minder rustige fasen gedurende de eerste shift. Hierdoor neemt de variatie van de bezettingsgraad af.

- Medewerkers werken tot later door.

Hierdoor is er meer tijd over om MHM te behandelen die later op de CSA aankomen.

- Minder MHM blijven 's nachts liggen in het proces.
- Meer MHM zijn gereed voor het eerste vertrekmoment de volgende dag.

Een indirect gevolg van deze verandering is het ontstaan van langere wachttijden op vertrek voor MHM van het ODBC en de Poli's. In de default-situatie worden de nachturen tussen 23:30 en 7:30 van de totale wachttijd afgetrokken. In deze situatie worden 1.5 uur minder nachturen afgetrokken (tussen 1 uur en 7:30).

- Verschoven pauzetijden:
  - In deze nieuwe situatie wordt er telkens kort na de aankomst van MHM van het ODBC pauze gehouden. Dit heeft tot gevolg dat de wachttijd op voorbehandeling van deze MHM toeneemt.
  - De wachttijden op de verschillende activiteiten veranderen.
    - De grootste variatie ontstaat bij de wachttijd op assemblage. Deze neemt af voor sets van de Poli's en los materiaal van het ODBC en de Poli's.
- Door de effecten van de verschoven werktijden en de verschoven pauzetijden te combineren volgt dat de interne doorlooptijd voor MHM van het ODBC en de Poli's korter wordt. De langere wachttijden op voorbehandeling worden dieper in het proces (voornamelijk bij de assemblage) gecompenseerd. De totale doorlooptijd is voor MHM van het ODBC en de Poli's langer, doordat de wachttijden op transport toenemen.

## BB BIJLAGE - EXPERIMENT 9

### BB.1 Outputs experiment 9

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	45	3
OC voorrang	66	66	4	0
ODBC	29	29	10	18
ODBC voorrang	9	9	3	5
Poli	33	33	2	19

#### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	87,4%	0:53	1:58
OC voorrang	62,5%	0:20	1:03
ODBC	98,7%	0:04	0:14
ODBC voorrang	2,4%	2:05	7:43
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	98,9%	0:00	0:01
OC voorrang	100,0%	0:00	0:00
ODBC	96,8%	0:01	0:09
ODBC voorrang	96,0%	0:01	0:09
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:29	7:25	1:22	0:14	4:22	0:30	0:55
OC voorrang	4:04	4:54	1:23	0:13	2:14	0:12	0:49
ODBC	6:40	12:24	1:31	0:16	4:24	0:27	5:44
ODBC voorrang	6:47	12:30	1:31	0:17	4:32	0:27	5:43
Poli	4:52	9:46	1:31	0:09	2:56	0:14	4:53

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:07	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:07	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:07	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:12	0:05	0:43	0:09	2:14	0:19	0:18	0:25	0:55
OC voorrang	0:12	0:05	0:43	0:08	0:07	0:20	0:18	0:07	0:49
ODBC	0:17	0:07	0:56	0:11	2:18	0:18	0:17	0:22	5:44
ODBC voorrang	0:16	0:07	0:49	0:12	2:21	0:19	0:17	0:22	5:43
Poli	0:17	0:09	0:56	0:04	1:07	0:06	0:21	0:09	4:53

## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	45	3
OC voorrang	66	66	4	0
ODBC	29	29	10	18
ODBC voorrang	9	9	3	5
Poli	33	33	2	19

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	69,4%	2:33	4:01
OC voorrang	62,5%	1:11	2:06
ODBC	55,7%	0:11	2:10
ODBC voorrang	2,4%	3:27	12:10
Poli	96,4%	0:00	0:25

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	98,9%	0:32	0:41
OC voorrang	100,0%	0:00	0:00
ODBC	96,8%	0:39	0:54
ODBC voorrang	96,0%	0:34	0:47
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	7:50	8:52	1:22	0:15	4:26	1:46	1:02
OC voorrang	4:24	5:16	1:23	0:14	2:14	0:30	0:51
ODBC	7:58	16:43	1:31	0:16	4:33	1:36	8:45
ODBC voorrang	8:08	16:52	1:31	0:17	4:42	1:37	8:43
Poli	5:12	12:51	1:31	0:09	2:56	0:34	7:39

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:07	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:00	0:05	0:12	0:07	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:55	0:52	0:05	0:16	0:07	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:07	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:12	0:05	0:43	0:10	2:17	0:19	0:18	1:41	1:02
OC voorrang	0:12	0:05	0:43	0:09	0:07	0:20	0:18	0:25	0:51
ODBC	0:17	0:07	0:56	0:11	2:27	0:18	0:17	1:31	8:45
ODBC voorrang	0:16	0:07	0:49	0:12	2:32	0:19	0:17	1:32	8:43
Poli	0:17	0:09	0:56	0:04	1:07	0:06	0:21	0:29	7:39

## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	21	1
ODBC	36	36	9	25
Poli	283	283	13	178

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,5%	0:01	0:05
ODBC	99,7%	0:00	0:05
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,9%	0:00	0:00
ODBC	99,0%	0:00	0:10
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:20	6:13	2:05	0:11	2:43	0:19	0:52
ODBC	6:21	12:29	2:19	0:11	3:24	0:25	6:08
Poli	5:07	12:04	1:45	0:11	2:59	0:11	6:56

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:07	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:13	0:12	0:50	0:06	0:35	0:03	0:44	0:14	0:52
ODBC	0:15	0:00	1:01	0:06	1:21	0:04	0:40	0:20	6:08
Poli	0:26	0:11	0:26	0:06	0:39	0:03	0:56	0:06	6:56



## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	21	1
ODBC	36	36	9	25
Poli	283	283	13	178

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	82,7%	1:08	2:21
ODBC	55,8%	0:01	2:08
Poli	82,9%	0:00	0:57

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,9%	0:04	0:05
ODBC	99,0%	0:20	0:31
Poli	100,0%	0:00	0:01

Gemiddelde **doorlooptijden** los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:07	7:03	2:05	0:12	2:43	1:05	0:56
ODBC	7:29	16:50	2:19	0:11	3:27	1:31	9:21
Poli	5:21	15:05	1:45	0:11	2:59	0:24	9:44

Gemiddelde **bewerkingstijden** sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:46	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:07	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:09	1:10	0:05

Gemiddelde **wachttijden** sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:13	0:12	0:50	0:07	0:36	0:03	0:44	1:00	0:56
ODBC	0:15	0:00	1:01	0:06	1:23	0:04	0:40	1:26	9:21
Poli	0:26	0:11	0:26	0:06	0:39	0:03	0:56	0:19	9:44

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	67	49
Los materiaal	435	436	45	206

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	66,5%	2:04	4:12
Sets excl. nacht	80,6%	0:59	2:46
Los incl. nacht	80,3%	0:18	1:36
Los excl. nacht	99,8%	0:02	0:08

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
Sets incl. nacht	98,8%	0:50	1:05
Sets excl. nacht	98,8%	0:01	0:05
Los incl. nacht	99,9%	0:23	0:34
Los excl. nacht	99,9%	0:00	0:09

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	6:52	9:40	1:25	0:14	3:51	1:21	2:48
Los materiaal	5:44	13:09	1:53	0:11	2:58	0:40	7:24

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:47	0:09	1:45	0:18	0:18	1:16	2:48
Los materiaal	0:22	0:11	0:39	0:06	0:42	0:03	0:52	0:35	7:24

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:51	7:51	1:25	0:13	3:47	0:24	2:00
Los materiaal	5:18	10:35	1:53	0:11	2:57	0:14	5:17

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:06	0:47	0:08	1:41	0:18	0:18	0:19	2:00
Los materiaal	0:22	0:11	0:39	0:06	0:42	0:03	0:52	0:09	5:17

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
Kosten per dag	4293	147	3856	290

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
Bezettingsgraad	32%	26%	69%	41%	79%	42%	28%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	48%	99%	8%	36%	60%
2	8:00:00	9:00:00	42%	52%	33%	49%	0%
3	9:00:00	10:00:00	77%	0%	44%	108%	0%
4	10:00:00	11:00:00	25%	0%	20%	30%	23%
5	11:00:00	12:00:00	13%	96%	0%	2%	11%
6	12:00:00	13:00:00	47%	45%	88%	49%	2%
7	13:00:00	14:00:00	77%	44%	56%	105%	1%
8	14:00:00	15:00:00	73%	27%	67%	102%	20%
9	15:00:00	16:00:00	79%	53%	60%	102%	16%
10	16:00:00	17:00:00	79%	24%	78%	98%	19%
11	17:00:00	18:00:00	83%	76%	47%	97%	30%
12	18:00:00	19:00:00	75%	30%	48%	100%	20%
13	19:00:00	20:00:00	68%	0%	26%	100%	25%
14	20:00:00	21:00:00	72%	4%	63%	99%	30%
15	21:00:00	22:00:00	72%	0%	28%	97%	15%
16	22:00:00	23:00:00	67%	11%	29%	87%	26%
17	23:00:00	0:00:00	58%	0%	25%	73%	0%
18	0:00:00	1:00:00	37%	0%	12%	48%	0%
19	1:00:00	2:00:00	37%	0%	0%	37%	0%

## ***BB.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De totale en interne doorlooptijd worden 1 uur langer voor OC sets en veranderen niet voor OC voorrangsets. Voor ODBC sets is de totale doorlooptijd 2 uur en 30 minuten en de interne doorlooptijd 30 minuten langer. Poli sets hebben eveneens 2 uur langere doorlooptijden. De interne doorlooptijden van deze sets veranderen echter niet.
  - De doorlooptijden door 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' veranderen niet.
  - De wachttijd op assemblage neemt 35 minuten toe voor OC sets en bijna 10 minuten voor ODBC sets.
  - De wachttijd op beladen neemt voor sets van het OC en ODBC ruim 20 minuten toe.
  - Sets van het ODBC en de Poli's wachten 2 uur langer op transport.
- De totale en interne doorlooptijd voor OC los materiaal nemen beide ca 15 minuten toe. Los materiaal van het ODBC heeft een 40 minuten langere interne doorlooptijd en een 2 uur langere totale doorlooptijd. Bij los materiaal van de Poli's is alleen de totale doorlooptijd 2 uur langer.
  - De doorlooptijden door 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' veranderen niet.
  - De wachttijd op assemblage is voor los materiaal van het OC 6 minuten en voor los materiaal van het ODBC 15 minuten langer.
  - De wachttijd op de autoclaaf neemt voor los materiaal van alle klanten enkele minuten toe.
  - De wachttijd op beladen is voor het OC 10 minuten en voor het ODBC 15 minuten langer.
  - Los materiaal van het ODBC wacht 1 uur en 40 minuten langer op transport en los materiaal van de Poli's wacht hier 2 uur langer op.
- Geen verandering van de productiekosten per dag.
- De bezettingsgraad van de machines is groter.

### **Analyse:**

- In de default situatie is de bezettingsgraad van de medewerkers in 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' gedurende de overlap van de shifts tussen 15:00 en 16:00 onder de 50%. Door het verschuiven van de begintijden van de twee medewerker in deze ruimte naar 16:00 is zodoende weinig aan de doorstroom van MHM veranderd.
- Dit ten zijn zodoende gedurende dezelfde tijden bezet, zodat de doorlooptijden van MHM hier niet veranderen.
- In de 'Assemblage & Inpak Ruimte' zijn in het nieuwe rooster zes verschillende startmomenten voor medewerkers vastgelegd. Dit heeft verschillende effecten op de wachttijden voor assemblage.

- De eerste medewerker in deze ruimte start om 6:00 uur. Dit heeft twee verschillende gevolgen:
  - Een deel van de MHM die laat op de CSA aankomen, kunnen niet meer op dezelfde dag worden verwerkt en blijven in de buffer voor de assemblage liggen. Deze MHM kunnen door deze medewerker nog voor de eerste transportrit worden geassembleerd en gesteriliseerd. Het percentage op tijd geleverde OC sets stijgt hierdoor naar 100%.
  - Deze medewerker heeft de focus op 'OC sets' en is om 14:30 uur klaar met werken. Dit heeft tot gevolg dat er tussen 14:30 en 16:00 uur een medewerker minder ter beschikking staat dan in het default scenario. OC sets hebben hierdoor langere wachttijden.
- In het nieuwe rooster is er tussen 15 en 16 uur geen overlap van twee shifts met in totaal 13 assemblage medewerkers. Dit heeft tot gevolg dat de medewerkers gedurende deze fase 100% bezet zijn in plaats van oorspronkelijk 82%. Hierdoor ontstaan langere wachttijden op assemblage voor alle MHM.
- Tussen 6:00 en 8:30 uur en tussen 0:30 en 1:30 uur is de 'Assemblage & Inpak Ruimte' bezet met maximaal 2 medewerkers. In tegenstelling tot het default scenario worden deze uren niet als nachturen van de wachttijd afgetrokken. De assemblage capaciteit is gedurende deze tijd echter zeer klein. De wachttijd op assemblage exclusief nachturen is zodoende langer.
- De werktijden van de medewerkers in de 'Distributie Ruimte' zijn naar voren getrokken. Dit heeft twee verschillende effecten.
  - Start 'Distributie Ruimte' om 6:00 uur:  
Doordat de 'Distributie Ruimte' al om 6:00 uur 's ochtends bezet worden kunnen alle MHM die gedurende de nacht zijn gesteriliseerd nog tijdig voor de eerste transportrit gereed gezet worden. Dit heeft tot gevolg dat het percentage op tijd geleverde MHM groter wordt (due date criterium).
  - Stop 'Distributie Ruimte' om 23:00 uur:  
Vanaf 23:00 uur is de 'Distributie Ruimte' niet meer bezet. Alle MHM die vanaf nu uit de autoclaven worden gestoten, moeten tot de volgende ochtend wachten op beladen. Omdat de 'Assemblage & Inpak Ruimte' tot 01:30 bezet is, worden de eerste 2:30 niet als nachturen gerekend. Hierdoor stijgt de gemiddelde wachttijd op beladen.
    - Voor MHM van de Poli's is dit effect kleiner omdat hiervan minder eenheden zo laat worden gesteriliseerd.
- De veranderingen van de wachttijden op transport zijn te verklaren op basis van de berekening van de wachttijd exclusief nacht. Hierbij worden de uren dat de CSA gesloten is van de wachttijd afgetrokken. Dit is bij deze nieuwe roostering 4 uur en 30 minuten in plaats van 8 uur.
  - Dit betreft voornamelijk MHM van het ODBC en de Poli's. De laatste vertrektijd voor deze MHM is dusdanig vroeg dat een groot deel gereed gezet wordt voor vertrek op de volgende dag.

- De reden dat de bezettingsgraad van de machines groter is, is puur wiskundig. De bezettingsgraad wordt berekend op basis van het aantal uren dat de CSA bezet is. Dat is in dit scenario langer, zodat de bezettingsgraad minder is. Het aantal charges per machine is niet veranderd.

## CC BIJLAGE - EXPERIMENT 10

### CC.1 Outputs experiment 10

#### Doorlooptijden sets per klant (exclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	32	3
OC voorrang	65	65	6	0
ODBC	29	29	8	17
ODBC voorrang	9	9	2	5
Poli	33	33	1	20

#### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	93,0%	0:35	1:35
OC voorrang	65,5%	0:36	1:25
ODBC	99,7%	0:00	0:04
ODBC voorrang	5,0%	1:34	6:45
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,7%	0:00	0:00
OC voorrang	100,0%	0:00	0:00
ODBC	99,0%	0:00	0:01
ODBC voorrang	99,0%	0:00	0:01
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:50	6:46	1:24	0:10	3:50	0:25	0:56
OC voorrang	4:07	4:58	1:26	0:10	2:13	0:16	0:51
ODBC	5:59	11:16	1:31	0:12	3:49	0:26	5:17
ODBC voorrang	6:07	11:22	1:32	0:12	3:56	0:26	5:15
Poli	4:11	10:11	1:29	0:07	2:24	0:11	5:59

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:54	0:53	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:12	0:04	0:58	0:05	1:43	0:18	0:17	0:20	0:56
OC voorrang	0:12	0:04	1:00	0:05	0:07	0:20	0:17	0:11	0:51
ODBC	0:17	0:10	0:42	0:07	1:45	0:16	0:18	0:21	5:17
ODBC voorrang	0:17	0:11	0:36	0:07	1:47	0:16	0:19	0:21	5:15
Poli	0:20	0:05	0:41	0:02	0:40	0:06	0:16	0:06	5:59

## Doorlooptijden sets per klant (inclusief nachturen)

Aantal sets per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	142	142	32	3
OC voorrang	65	65	6	0
ODBC	29	29	8	17
ODBC voorrang	9	9	2	5
Poli	33	33	1	20

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	77,7%	1:50	3:24
OC voorrang	65,5%	1:53	2:57
ODBC	69,9%	0:04	1:53
ODBC voorrang	5,0%	2:40	10:48
Poli	99,6%	0:00	0:03

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	99,7%	0:12	0:16
OC voorrang	100,0%	0:00	0:00
ODBC	99,0%	0:14	0:20
ODBC voorrang	99,0%	0:12	0:15
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:48	7:53	1:24	0:11	3:51	1:21	1:04
OC voorrang	4:34	5:29	1:26	0:10	2:13	0:43	0:55
ODBC	7:01	15:06	1:31	0:12	3:52	1:24	8:04
ODBC voorrang	7:10	15:14	1:32	0:12	3:59	1:25	8:03
Poli	4:22	13:06	1:29	0:07	2:24	0:21	8:44

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:55	1:02	0:05	0:13	0:06	1:10	0:05
OC voorrang	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:55	1:01	0:05	0:12	0:06	1:10	0:05
ODBC voorrang	0:00	0:54	0:53	0:05	0:16	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:01	0:05	0:03	0:06	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:12	0:04	0:58	0:06	1:44	0:18	0:17	1:16	1:04
OC voorrang	0:12	0:04	1:00	0:05	0:07	0:20	0:17	0:38	0:55
ODBC	0:17	0:10	0:42	0:07	1:48	0:16	0:18	1:19	8:04
ODBC voorrang	0:17	0:11	0:36	0:07	1:51	0:16	0:19	1:20	8:03
Poli	0:20	0:05	0:41	0:02	0:40	0:06	0:16	0:16	8:44



## Doorlooptijden los materiaal per klant (exclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	31	1
ODBC	36	36	9	21
Poli	283	283	18	110

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	98,6%	0:00	0:09
ODBC	99,9%	0:00	0:01
Poli	100,0%	0:00	0:00

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	100,0%	0:00	0:00
ODBC	99,8%	0:00	0:00
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	5:38	6:34	2:18	0:09	2:39	0:30	0:56
ODBC	6:13	10:58	2:03	0:10	3:31	0:28	4:45
Poli	4:29	9:20	1:40	0:09	2:24	0:15	4:50

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:12	0:07	1:04	0:04	0:30	0:03	0:47	0:25	0:56
ODBC	0:15	0:00	0:45	0:05	1:11	0:03	0:58	0:23	4:45
Poli	0:21	0:07	0:28	0:04	0:25	0:03	0:36	0:10	4:50

## Doorlooptijden los materiaal per klant (inclusief nachturen)

Aantal losse materialen per klant (OC, ODBC en Poli's):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
OC	115	115	31	1
ODBC	36	36	9	21
Poli	283	283	18	110

### Leverprestaties:

- Doorlooptijd criterium:

Type MHM	% Dlpt	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	73,3%	1:42	3:06
ODBC	73,1%	0:00	1:43
Poli	98,3%	0:00	0:20

- Due date criterium:

Type MHM	% DD	Overschr. intern	Overschr. Totaal
OC	100,0%	0:00	0:00
ODBC	99,8%	0:04	0:05
Poli	100,0%	0:00	0:00

Gemiddelde doorlooptijden los materiaal per klant (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
OC	6:49	7:51	2:18	0:09	2:39	1:41	1:01
ODBC	7:17	14:39	2:03	0:10	3:32	1:31	7:22
Poli	4:47	11:23	1:40	0:09	2:24	0:33	6:35

Gemiddelde bewerkingstijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
OC	0:00	0:45	1:02	0:05	0:00	0:07	1:10	0:05
ODBC	0:00	0:00	1:02	0:05	0:01	0:06	1:10	0:05
Poli	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

Gemiddelde wachttijden sets per klant (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl.	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
OC	0:12	0:07	1:04	0:04	0:30	0:03	0:47	1:36	1:01
ODBC	0:15	0:00	0:45	0:05	1:12	0:03	0:58	1:26	7:22
Poli	0:21	0:07	0:28	0:04	0:25	0:03	0:36	0:28	6:35

## Doorlooptijden **MHM totaal** (sets en los materiaal)

**Aantal** MHM algemeen (sets en los materiaal):

Type MHM	# In	# Uit	# Proces	# Gereed
Sets	283	283	52	49
Los materiaal	435	436	60	134

**Leverprestaties:**

- Doorlooptijd criterium

Type MHM	% Dlpt	Oversch. intern	Oversch. Totaal
Sets incl. nacht	73,5%	1:52	4:13
Sets excl. nacht	84,6%	0:55	2:50
Los incl. nacht	89,4%	1:12	2:39
Los excl. nacht	99,6%	0:00	0:11

- Due date criterium

Type MHM	% DD	Oversch. intern	Oversch. Totaal
Sets incl. nacht	99,7%	0:22	0:29
Sets excl. nacht	99,7%	0:00	0:01
Los incl. nacht	100,0%	0:04	0:05
Los excl. nacht	100,0%	0:00	0:00

Gegevens **inclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	6:06	9:01	1:26	0:10	3:21	1:08	2:54
Los materiaal	5:33	10:45	1:52	0:09	2:34	0:56	5:12

- Gemiddelde **bewerkingstijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** inclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:05	0:55	0:05	1:17	0:17	0:17	1:03	2:54
Los materiaal	0:18	0:07	0:44	0:04	0:31	0:03	0:41	0:51	5:12

Gegevens **exclusief** nachturen:

- Gemiddelde **doorlooptijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Intern	Totaal	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3	Ruimte 4	Transport
Sets	5:19	7:26	1:26	0:10	3:20	0:22	2:06
Los materiaal	4:56	8:45	1:52	0:09	2:34	0:20	3:49

- Gemiddelde **bewerkingstijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen
Sets	0:00	0:55	1:02	0:05	0:11	0:06	1:10	0:05
Los materiaal	0:00	0:55	1:02	0:05	0:00	0:08	1:10	0:05

- Gemiddelde **wachttijden** exclusief nachturen (hh:mm):

Type MHM	Voorbeh.	Tact	Batch	Verplaatsen	Assembl	Verpakken	Autoclaaf	Beladen	Vertrek
Sets	0:13	0:05	0:55	0:05	1:16	0:17	0:17	0:17	2:06
Los materiaal	0:18	0:07	0:44	0:04	0:30	0:03	0:41	0:15	3:49

## Productiekosten en bezettingsgraad

### Productiekosten:

	Totaal	Transport	MW	Machines
Kosten per dag	4312	161	3856	295

### Bezettingsgraad:

Bezettingsgraad per resource per dag:

	MW 'DV'	Tact	Batch	MW 'DS'	MW 'AR'	Autoclaaf 1	Autoclaaf 2	MW 'DR'
Bezettingsgraad	32%	26%	70%	42%	79%	42%	29%	18%

Bezettingsgraad medewerkers per fase:

Fase	Begintijd	Eindtijd	Totaal	DV'	DS'	AR'	DR'
1	7:00:00	8:00:00	40%	99%	6%	21%	54%
2	8:00:00	9:00:00	40%	52%	33%	46%	0%
3	9:00:00	10:00:00	86%	76%	44%	109%	0%
4	10:00:00	11:00:00	60%	0%	43%	79%	23%
5	11:00:00	12:00:00	22%	47%	21%	20%	14%
6	12:00:00	13:00:00	51%	41%	81%	52%	35%
7	13:00:00	14:00:00	62%	35%	43%	84%	1%
8	14:00:00	15:00:00	82%	47%	80%	109%	20%
9	15:00:00	16:00:00	85%	85%	62%	102%	10%
10	16:00:00	17:00:00	78%	25%	60%	98%	19%
11	17:00:00	18:00:00	74%	28%	60%	94%	33%
12	18:00:00	19:00:00	72%	17%	45%	99%	22%
13	19:00:00	20:00:00	72%	0%	65%	102%	19%
14	20:00:00	21:00:00	70%	12%	35%	98%	23%
15	21:00:00	22:00:00	73%	0%	38%	97%	15%
16	22:00:00	23:00:00	59%	11%	22%	76%	27%
17	23:00:00	0:00:00	48%	0%	21%	60%	0%
18	0:00:00	1:00:00	22%	0%	3%	29%	0%
19	1:00:00	2:00:00	18%	0%	0%	18%	0%

## ***CC.2 Observaties & Analyses***

### **Observaties:**

De volgende observaties zijn gemaakt op basis van de outputs van dit experiment en de outputs van het default scenario (bijlage S).

- De totale doorlooptijd neemt voor sets van alle klanten toe: OC sets (10 minuten), ODBC sets (1 uur en 15 minuten) en Poli's (2 uur en 30 minuten). De interne doorlooptijd neemt voor OC sets eveneens 10 minuten toe. Voor sets van het ODBC is de interne doorlooptijd 15 minuten en voor sets van de Poli's zelfs 40 minuten korter.
  - De doorlooptijden door 'Desinfectie Vuil' en 'Desinfectie Schoon' veranderen zo goed als niet.
    - De wachttijd op reiniging in de batchmachines neemt voor OC sets met bijna 20 minuten toe en voor sets van het ODBC en de Poli's met bijna 20 minuten af.
  - De wachttijd op assemblage is voor sets van het ODBC en de Poli's met 30 minuten afgenomen.
  - De wachttijd op beladen is voor sets van het OC en ODBC 15 minuten langer.
  - Op transport moeten sets van het ODBC 1 uur en 30 minuten langer wachten en sets van de Poli's bijna 3 uur langer.
  - Voor alle overige activiteiten zijn de wachttijden gemiddeld 1 tot 2 minuten korter.
- Bij het losse materiaal is de totale doorlooptijd voor sets van het OC en ODBC respectievelijk 30 en 50 minuten langer en voor de Poli's 40 minuten korter. De interne doorlooptijd is voor OC materiaal 40 minuten en voor ODBC materiaal 40 minuten langer. Los materiaal van de Poli's heeft een 30 minuten kortere interne doorlooptijd.
  - De doorlooptijd door 'Desinfectie Vuil' verandert voor los materiaal van het OC en het ODBC, omdat de wachttijd op de batchmachine respectievelijk 20 minuten langer dan wel korter duurt.
  - De wachttijd op assemblage verandert niet voor los materiaal van het OC en ODBC en wordt voor los materiaal van de Poli's 15 minuten korter.
  - Op de sterilisatie in de autoclaaf moeten losse materialen van het OC 10 minuten langer, van het ODBC 20 minuten langer en van de Poli's 20 minuten korter wachten.
  - De wachttijd op beladen is voor los materiaal van het OC en ODBC 20 minuten langer.
  - De wachttijden op transport worden voor het ODBC 25 minuten langer en voor de Poli's 10 minuten korter.
  - Voor alle overige activiteiten zijn de wachttijden gemiddeld 1 tot 2 minuten korter.
- De productiekosten per dag stijgen met 19 euro.
- De bezettingsgraad van de machines is lager.

### **Analyse:**

De oorzaken voor de veranderingen van de outputs als gevolg van het nieuwe transport- en medewerkerrooster zijn in experiment 3 en 9 behandeld. Deze oorzaken zullen tijdens deze analyse niet

worden herhaald. Er zal worden aangegeven in hoeverre het nieuwe transportrooster dan wel medewerkerrooster verantwoordelijk zijn voor bovenstaande observaties.

- De veranderingen van de wachttijden op de batchmachines zijn volledig te wijten aan het nieuwe transportrooster. Het medewerkerrooster heeft geen gevolgen voor de doorlooptijden door de ruimten 'Desinfectie Vuil' en de 'Desinfectie Schoon'.
- De wachttijden op assemblage worden gereduceerd door de spreiding van het werkaanbod. Tegelijkertijd is gebleken dat het nieuwe medewerkerrooster langere wachttijden op assemblage oplevert voor sommige MHM.
  - Voor sets en los materiaal van het OC en voor los materiaal van het ODBC compenseren deze effecten elkaar, zodat de wachttijd op assemblage niet veranderd.
  - Op sets van het ODBC en MHM van de Poli's heeft het medewerkerrooster minder invloed, zodat kortere wachttijden ontstaan.
- De toename van de wachttijden op sterilisatie in de autoclaven van los materiaal van het OC en ODBC is te wijten aan het nieuwe medewerkerrooster.
- Op de wachttijden van los materiaal van de Poli's op sterilisatie in de autoclaven heeft het medewerkerrooster geen invloed. De reductie van de wachttijd van 20 minuten als gevolg van het nieuwe transportrooster komt volledig tot zijn recht.
- Langere wachttijden op beladen voor MHM van het OC en ODBC zijn het gevolg van het nieuwe medewerkerrooster.
- De wachttijden op transport blijken te worden gevormd door de effecten van beide experimentele factoren bij elkaar op te tellen, bijvoorbeeld:
  - Sets van het ODBC zouden op basis van het transportrooster een half uur minder lang wachten en op basis van het medewerkerrooster 2 uur langer. Dit levert 1:30 uur langere wachttijden op.
- De toename van de productiekosten volgen uit het nieuwe transportrooster:
  - Extra twee ritten: 14 euro
  - Meer charges reinigingsmachines: 5 euro.
- De lagere bezettingsgraad van de machines is het gevolg van de wiskundige berekening op basis van de openingstijden van de CSA (zie experiment 9).

## NOTEN

---

- <sup>1</sup> College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 'Bouwmaatstaven voor nieuwbouw', *Algemeen ziekenhuis*, 7 november 2002, <http://www.bouwcollege.nl/Pdf/CBZ%20Website/Publicaties/Bouwmaatstaven/Ziekenhuizen/bm107a.pdf> (30 maart 2006), p. 3.
- <sup>2</sup> Goudswaard, P., *Plan van uitvoering reorganisatie*, Groningen 1 juni 2005 (Verordening, Operatieve Zorg Organisatie – Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 2.
- <sup>3</sup> Goudswaard, P., *Plan van uitvoering reorganisatie*, Groningen 1 juni 2005 (Verordening, Operatieve Zorg Organisatie – Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 2.
- <sup>4</sup> Goudswaard, P., *Formatie Centrale Sterilisatie Afdeling & Logistiek Versie 1.1*, Groningen, februari 2005 (Verordening Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 2.
- <sup>5</sup> Goudswaard, P., *Jaarplan 2006 UMCG* (Voordracht gepresenteerd aan CSA p 20 februari 2006 op het Universitair Medisch Centrum Groningen in Groningen) sheet 14.
- <sup>6</sup> AZG, *Organisatie Atlas*, Groningen, mei 2003 (Intern Rapport, Academisch Ziekenhuis Groningen) p. 3.
- <sup>7</sup> AZG., *Organisatie Atlas*, Groningen, mei 2003 (Intern Rapport, Academisch Ziekenhuis Groningen) p. 3.
- <sup>8</sup> Goudswaard, P., *Plan van uitvoering reorganisatie*, Groningen 1 juni 2005 (Verordening, Operatieve Zorg Organisatie – Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 2.
- <sup>9</sup> van der Eijk, J. en J.W. Hoorn, J.W., *Simulatie als learning tool bij hardnekkige logistieke problemen*, Baarn, 'z.j.', VreelandGroep, p. 1.
- <sup>10</sup> Goudswaard, P., *Plan van uitvoering reorganisatie*, Groningen 1 juni 2005 (Verordening, Operatieve Zorg Organisatie – Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 4.
- <sup>11</sup> Renes, W. e.a., *Projectmatig werken*, 20.druk, Het Spectrum BV, Utrecht, 2004, p 76.
- <sup>12</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 4-6.
- <sup>13</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 9-10.
- <sup>14</sup> Veenema, J., *Handleiding algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen, april 2004 ( Handleiding Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 5.
- <sup>15</sup> <http://www.sterilisatie.info/start.htm> (15 maart 2006)
- <sup>16</sup> College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 'Bouwmaatstaven voor nieuwbouw', *Algemeen ziekenhuis*, 7 november 2002, <http://www.bouwcollege.nl/Pdf/CBZ%20Website/Publicaties/Bouwmaatstaven/Ziekenhuizen/bm107a.pdf> (30 maart 2006), p. 3.
- <sup>17</sup> Magnus, H.E., *RFID als remedie?*, Groningen, 23 augustus 2005 (doctoraalscriptie Rijksuniversiteit Groningen) Figuur 2-15
- <sup>18</sup> <http://www.sterilisatie.info/start.htm> (15 maart 2006)
- <sup>19</sup> Werkgroep Infectiepreventie, *Ziekenhuizen; Beleid reiniging, desinfectie en sterilisatie*, z.pl., juli 2004, p. 36.
- <sup>20</sup> Goudswaard, P., *Formatie Centrale Sterilisatie Afdeling & Logistiek Versie 1.1*, Groningen, februari 2005 (Verordening Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 2.
- <sup>21</sup> College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 'Bouwmaatstaven voor nieuwbouw', *Algemeen ziekenhuis*, 7 november 2002, <http://www.bouwcollege.nl/Pdf/CBZ%20Website/Publicaties/Bouwmaatstaven/Ziekenhuizen/bm107a.pdf> (30 maart 2006).
- <sup>22</sup> Mevrouw J. de Priester-Urbanus, mevrouw F. de Kreeft en mevrouw M. Jousma, medewerkers Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen, gesprek over gebruik medische hulpmiddelen op het Operatie Centrum. (*gesproken maart 2006*)
- <sup>23</sup> Mevrouw J. de Priester-Urbanu, mevrouw F. de Kreeft en mevrouw M. Jousma, bedrijfsvoerenden Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen, gesprek over gebruik medische hulpmiddelen op het Operatie Centrum. (*gesproken maart 2006*)
- <sup>24</sup> De Heer H. Stap, (*gesproken op 27 maart 2006*), De Heer D. Rus (*gesproken op 3 april 2006*), de Heer j. Klune (*gesproken op 6 april 2006*)
- <sup>25</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 97.
- <sup>26</sup> Van de Ploeg, G., medewerker Instrumentele Zaken *Berekening chargekosten*, (1 juni 2006)

- 
- <sup>27</sup> De heer J.A. Pool, Notulen 5<sup>de</sup> projectbijeenkomst *Simulatie CSA-UMCG* (aanwezig: P. Goudswaard, J.J. van Walsum, D.J. van der Zee en A. Pool (21 juli 2006)
- <sup>28</sup> De Heer P. Goudswaard, Interim Manager, Centrale Sterilisatie Afdeling, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 20 maart 2006*)
- <sup>29</sup> De Heer W. Hummel, medewerker Instrumentele Zaken, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 29 maart 2006*)
- <sup>30</sup> De Heer W. Hummel, medewerker Instrumentele Zaken, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 29 maart 2006*)
- <sup>31</sup> De Heer W. Hummel, medewerker Instrumentele Zaken, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 29 maart 2006*)
- <sup>32</sup> Mevrouw J. de Priester-Urbano, mevrouw F. de Kreeft en mevrouw M. Jousma, bedrijfsvoerende Operatieve Zorg Organisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen, gesprek over gebruik medische hulpmiddelen op het Operatie Centrum. (*gesproken maart 2006*)
- <sup>33</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 52.
- <sup>34</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 65.
- <sup>35</sup> UGS Corporation, 'Plant Simulation', *Plant, line and process simulation and optimization*, <http://www.emplant.com/> (17 januari 2007)
- <sup>36</sup> Mevrouw J. Veenema, Stafmedewerker Sterilisatie, Universitair Medisch Centrum Groningen (*gesproken op 2 oktober, 10 november en 18 december 2006*)
- <sup>37</sup> De Heer van Walsum, Clustermanager facilitaire dienst – cluster logistiek, (*gesproken op 9 december 2006*)
- <sup>38</sup> van der Eijk, J. en J.W. Hoorn, J.W., *Simulatie als learning tool bij hardnekkige logistieke problemen*, Baarn, 'z.j.', VreelandGroep, p. 10.
- <sup>39</sup> Veenema, J., *Handleiding algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen, april 2004 ( Handleiding Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 9.
- <sup>40</sup> Werkgroep Infectiepreventie, *Ziekenhuizen; Beleid reiniging, desinfectie en sterilisatie*, z.pl., juli 2004, p. 28.
- <sup>41</sup> Werkgroep Infectiepreventie, *Ziekenhuizen; Beleid reiniging, desinfectie en sterilisatie*, z.pl., juli 2004, p. 28.
- <sup>42</sup> Werkgroep Infectiepreventie, *Ziekenhuizen; Beleid reiniging, desinfectie en sterilisatie*, z.pl., juli 2004, p. 30.
- <sup>43</sup> Veenema, J., *Handleiding algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen, april 2004 ( Handleiding Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 5.
- <sup>44</sup> <http://www.sterilisatie.info/start.htm> (15 maart 2006)
- <sup>45</sup> Van Klundert, J., 'Hogervorst optimaliseringsprobleem', *STATOR* 6 (2005), nr.1-2, p. 11-12.
- <sup>46</sup> Veenema, J., *Handleiding algemeen; Verklarende woordenlijst Versie 1*, Groningen, april 2004 ( Handleiding Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 9.
- <sup>47</sup> Barton, J., en Kimsey, J., 'The Sterile Processing Factory Goal: 100 Percent<sup>3</sup>', *Infection Control Today*, vol. 9 (2005), nr. 4, p. 1.
- <sup>48</sup> Goudswaard, P., *Plan van uitvoering reorganisatie*, Groningen juni 2005 (Verordening, Operatieve Zorg Organisatie – Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 5.
- <sup>49</sup> <http://www.sterilisatie.info/start.htm> (15 maart 2006)
- <sup>50</sup> Echapter Provider Unit, 'Sterilization and Disinfection: Getting it Right', <http://www.echapter.org/spry-online.pdf> (8 februari 2006) p. 1.
- <sup>51</sup> De Heer H. Stap, de Heer D. Rus, (*gesproken op 3 april 2006*)
- <sup>52</sup> Mevrouw J. Huisman, Bedrijfsvoerende Operatie Centrum sector 1 (*gesproken op 27 maart 2006 en 28 april 2006*)
- <sup>53</sup> Goudswaard, P., *Formatie Centrale Sterilisatie Afdeling & Logistiek Versie 1.1*, Groningen, februari 2005 (Verordening Centrale Sterilisatie Afdeling Universitair Medisch Centrum Groningen) p. 2.
- <sup>54</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 138.
- <sup>55</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 140.
- <sup>56</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 146.
- <sup>57</sup> Robinson, S., *Simulation; The Practice of Model Development and Use*, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004, p. 154.



---

<sup>58</sup> Robinson, S., ‘Welch’s method for determining the warm-up period - section 9.5.1’, *Warmup*, <http://eu.wiley.com//legacy/wileychi/robinson/supp/Warmup.xls> (18 december 2006)

<sup>59</sup> Robinson, S., ‘Reports confidence intervals for independent replications - section 9.6.1’, *Replications*, <http://eu.wiley.com//legacy/wileychi/robinson/supp/Replications.xls> (18 december 2006)

<sup>60</sup> Mevrouw B. Dagelet en de heer H. Stap (*gesproken op 16 augustus 2006*)