

MASTER

Forecasting material requirement for suppliers

ten Berge, P.

Award date:
2004

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

FORECASTING MATERIAL REQUIREMENT FOR SUPPLIERS



AFSTUDEEROPDRACHT BIJ PHILIPS MEDICAL SYSTEMS
BUSINESS UNIT MAGNETIC RESONANCE

Pepijn ten Berge

FORECASTING MATERIAL REQUIREMENT FOR SUPPLIERS

AFSTUDEEROPDRACHT BIJ PHILIPS MEDICAL SYSTEMS
BUSINESS UNIT MAGNETIC RESONANCE

"Prediction is very difficult, especially if it's about the future"

– Nils Bohr –

Philips Medical Systems (PMS), Best
Business group Digital Imaging Systems (DIS)
Business unit Magnetic Resonance (MR)
Afdeling Procurement

Begeleiding vanuit PMS:

- 1° ir. Irma Buenk
- 2° ir. Paul Simons

Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)
Faculteit Technologie Management
Opleiding Technische Bedrijfskunde
Vakgroep Operations Planning Accounting & Control (OPAC)

Begeleiding vanuit TU/e:

- 1° dr. Karel van Donselaar
drs. Pim Ouwehand
- 2° prof.dr.ir. Jan Fransoo

Auteur:

Pepijn ten Berge

Plaats & Datum:

Eindhoven, 11 november 2004

ABSTRACT

To support suppliers with their material and capacity management, they receive a monthly updated *supplier forecast* for future material requirements, based on the *Master Production Schedule* (MPS). Both elements of supplier forecast accuracy, *variation* and *bias*, are measured. From the results can be concluded there is significant deviation between forecasted and actual values. Stability within the MPS is essential to improve supplier forecast accuracy and supply chain (material) coordination.

Keywords: *Supplier Forecasting – Forecasting Material Requirement – Forecast accuracy – Purchasing – Supply Chain Management – Material Requirement Planning (MRP-I)*

MANAGEMENT SUMMARY

Philips Medical Systems is one of the five divisions of Royal Philips Electronics with an annual turnover of 6 billion euro in 2003, which represents 21 percent of the total turnover. This research is conducted within one of the business units of Philips Medical Systems, namely Magnetic Resonance (MR). MR develops and manufactures MRI scanners and tools, which makes it possible to generate digital images of the human body for medical purposes. Their main competitors are General Electric (GE) and Siemens.

Assembly of the scanners and tools requires 2250 different materials, which are purchased from 130 suppliers. Because of long lead times, suppliers receive a forecast from *MR Logistics* (the logistic department of MR) about future material requirements (*supplier forecast* – Stadtler, 2000). Due to complaints from suppliers and buyers within MR Logistics about supplier forecast accuracy, an initial problem definition is set up for this research.

METHODOLOGY

The research is conducted in three phases, an *Orientation, Analysis & Design* and *Implementation* phase according to Kempen (2000). The purpose of the *Orientation* phase is to find the real problem within the business unit MR, which results in a final problem definition for this research. The activities in the *Analysis* phase start with an experiment to measure the actual performance of the forecast. When forecast accuracy is measured, the question is what the causes of variability are. Finally, this research finishes with the *Implementation* phase, which has the intention of reducing forecast variability and improving supply chain communications.

PROBLEM DEFINITION

After a broad orientation within the scope of the business line Magnetic Resonance, a few problem areas came up. The information supply from the sales organizations to the factory is a critical issue, so are stock levels of finished goods and the long material lead times. Because MR Logistics has already recognized these problem areas and the initiated projects to improve the situation have been started, the following problem definition is formulated.

“MR Logistics wants to reduce the average material lead times from ten weeks to four weeks or less, to create more flexibility. Because of this lead-time reduction, (most) suppliers will have to manage their manufacturing processes according to a forecast from MR Logistics about future component requirements instead of current purchase orders.

At this moment MR Logistics has no insight into the real performance of her supplier forecast for future component requirement. It is necessary for the supplier forecast to be accurate, because this forecast is leading in the logistic agreements with the suppliers for desired flexibility and material lead times.”

LOGISTIC COORDINATION

Two elements can be pointed out within factory logistics, *capacity* and *material* coordination. After analyses the factory capacity is judged to be sufficient for the expected customer demand. So the focus is aimed at the *material coordination*.

MR Logistics uses the *Material Requirement Planning* (MRP-I) algorithm (Bertrand, 1998) to coordinate their material flow. The material requirements are based on the *Master Production Schedule* (MPS). Also future material requirements are based on this MPS. On monthly basis these requirements are calculated and send to suppliers as a forecast.

FORECAST ACCURACY

For measurement of forecast accuracy, a literature research is conducted to generate an overview of performance indicators. To be able to compare the results for different material numbers, *relative* measurement methods are marked as preferred indicators. A major drawback of relative indicators arises when the actual value is equal to zero. In this situation it is not possible to calculate any results. An exception is formulated to overcome this problem.

To measure both elements within forecast accuracy, *variation* and *bias*, several indicators are selected and used. Finally, the *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) is used to measure the *variation* element. The *bias* element, which can be described as a structural deviation, is measured according to the *Mean Error* (ME).

To judge the attained results as 'good' or 'bad', the logistics agreements made with suppliers were used as criterion. In these agreements both MR Logistics and suppliers generally agree to a period without deviation, one with 30 percent and finally one period with 50 percent deviation. In figure 3.3 an overview of the general logistic agreement is displayed.

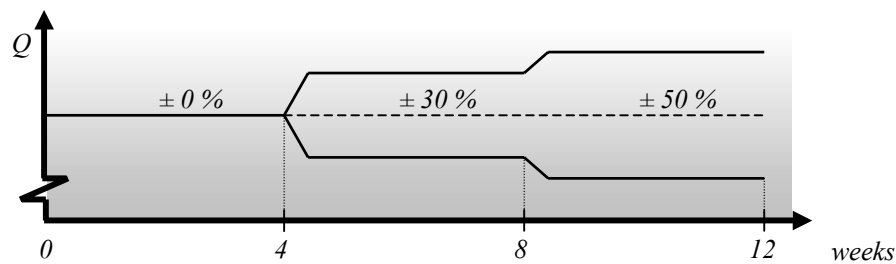


Figure 3.3 Desired flexibility in logistic agreements with suppliers

Only a sample size of material numbers is used to measure forecast accuracy. This sample size represents eleven percent of all different material numbers. Measurement is performed with historical data, from August 2003 until May 2004.

RESULTS

Based on the relative performance indicator *MAPE*, about 30 percent *variation* is measured in all periods, which is in contrast to the logistics agreements stated above. Because many customer orders are postponed, positive *bias* is expected. The results show *negative bias* in 23 percent, *positive* in 29 percent and finally *no bias* in 48 percent of all measured material code numbers.

ANALYSIS

The measured variation and bias are analyzed. Based on literature and the specific business environment for MR Logistics several causes can be identified. These causes are classified as variation due to the *MRP-I algorithm*, *Supply Chain Management*, *Data* and finally characteristics of *Material* and *Performed measurement*.

Unfortunately it is not possible to quantify the effects of the identified causes to indicate a (single) dominant cause. Based on literature, *instability* of the MPS in combination with *long material lead-times* is identified as the main cause of system nervousness.

PROPOSALS TO IMPROVE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Currently all received customer orders are linked *directly* to planned production orders in the MPS. The customer orders have a very dynamic character and the desire of MR Logistics to match customers demands, will disturb the material coordination. To eliminate system nervousness, MR Logistics should create stability within the MPS (Vollmann, 1997). This can be done by decoupling the customer orders from planned production orders in the MPS with an *Available-to-Promise (ATP)* interface. Also implementation of a *Final Assembly Schedule (FAS)* interface between the MPS and production will prevent the MPS to be disturbed by detailed (assembly) scheduling. Next to decoupling customer orders from planned production orders, the MPS will be less disturbed by minor issues when a *fixed fence* with three phases (*Water*, *Slush* and *Ice* phase) is implemented.

Besides elimination of some causes of variation within the material coordination, the communication of future material requirements to suppliers also needs extra attention. The current digital forecast isn't user friendly or survey-able. This requires a re-design of the forecast, with which all users involved are able to process the information much easier and faster. In this way the forecast can be send more frequently, instead of once a month.

Finally a measurement method is designed to monitor the quality of the forecast. This will provide a feedback loop to the Planning department, to manage the material coordination in the near future.

CONCLUSION

According to conducted forecast accuracy measurement, variation and bias are measured. To eliminate system nervousness, the MPS has to be stable. This can be obtained by decoupling the customer orders with the planned orders in the MPS and by introducing a three-phase MPS fixed fence.

Also an improved version of the forecast and a forecast accuracy measurement method will assist MR Logistics and suppliers with the material coordination within their supply chain.

VOORWOORD

Dit afstudeeronderzoek is de afsluiting van mijn studie Technische Bedrijfskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven. Deze studie heb ik met veel plezier doorlopen en als zeer leerzaam ervaren. Met name de methodiek om bedrijfsprocessen en -problemen te analyseren, beschouw ik als een aanvulling.

Middels dit rapport wil ik mijn afstudeeronderzoek afronden. Het onderzoek is uitgevoerd binnen de business unit Magnetic Resonance (MR) van Philips Medical Systems. De afdeling MR Logistics is binnen deze business unit verantwoordelijk voor de logistiek tussen klanten, fabriek en leveranciers. Het afstudeeronderzoek heeft zich geconcentreerd op de materiaalcoördinatie in de supply chain. Voor inhoudelijke zaken wordt verder verwezen naar het rapport.

Bij deze wil ik nog een algemene opmerking over het onderzoek maken. Eén van de redenen om *logistiek* als afstudeerrichting te kiezen binnen Technische Bedrijfskunde, was het kwantitatieve aspect van een dergelijk onderzoek. Tijdens het onderzoek heb ik echter geleerd dat door beperkte informatie beschikbaarheid, kwalitatieve aspecten minstens zo belangrijk zijn.

Verder wil ik het voorwoord graag aangrijpen als mogelijkheid om iedereen te bedanken die op enige manier (in-)direct heeft bijgedragen aan mijn onderzoek. Hierbij wil ik expliciet vermelden dat de medewerkers van Philips Medical Systems buitengewoon behulpzaam zijn. Waarschijnlijk heb ik vaak vragen gesteld op momenten dat het (net) niet uitkwam. Toch kwam ik nooit zonder de benodigde informatie bij mijn bureau terug.

Daarnaast wil ik nog een paar persoonlijke dankwoorden richten aan die personen die mij intensief begeleid hebben. Allereerst natuurlijk Irma Buenk en Paul Simons bedankt voor het bieden van de mogelijkheid om het onderzoek uit te voeren binnen Philips Medical Systems, jullie feedback op mijn rapportages en ondersteuning bij mijn speurtocht naar informatie. Ook wil ik Donald van Schuppen bedanken voor zijn ondersteuning bij Microsoft software en tot slot Kirsten Knaapen bedankt voor alle informatievoorziening en met name je vervulling als klankbord voor al mijn ideeën.

Voor de begeleiding vanuit de Technische Universiteit Eindhoven wil ik graag Karel van Donselaar en Pim Ouwehand bedanken voor alle discussies op het Paviljoen, jullie feedback op mijn rapportages en nadrukkelijk ook voor jullie tijd bij mijn onverwachte bezoeken. And at last but not least Jan Fransoo bedankt voor het herschikken van prioriteiten, waardoor je tijdens mijn onderzoek mij van inhoudelijk commentaar kon voorzien.

Pepijn ten Berge

INHOUDSOPGAVE

<i>ABSTRACT</i>	<i>I</i>
<i>MANAGEMENT SUMMARY</i>	<i>II</i>
<i>VOORWOORD</i>	<i>I</i>
1. INLEIDING	1
1.1 Koninklijke Philips Electronics N.V.	1
1.2 Philips Medical Systems.....	2
1.3 Aanleiding	4
2. MR LOGISTICS	5
2.1 Organisatie Business Unit MR	5
2.2 Goederenstroom MR	6
2.3 Logistieke besturing	7
2.4 Knelpunten binnen business unit MR.....	9
2.5 Huidige projecten ter verbetering	9
2.6 Probleemstelling	10
2.7 Opdrachtformulering	10
2.8 Onderzoeksopzet	11
3. BEHEERSING OP FABRIEKSNIVEAU	12
3.1 Fabriekslogistiek.....	12
3.1.1 Capaciteitscoördinatie	12
3.1.2 Materiaalcoördinatie	13
3.1.3 Materiaalbehoefte planning (MRP)	13
3.1.4 Conclusie.....	16
3.2 Overige elementen Material Requirement Planning.....	16
3.2.1 Verwerking van wijzigingen.....	16
3.2.2 BOM.....	17
3.2.3 Routing.....	17
3.2.4 Materiaalvoorspelling.....	17
3.3 Prestatiemeting	18
3.3.1 Beschikbare prestatie maten	18
3.3.2 Keuze prestatie maat voor MR Logistics.....	19
3.4 Opzet van de meting	20
3.5 Resultaten prestatie meting.....	23
3.5.1 Variatie	23
3.5.2 Bias	23
3.6 Conclusie	24
4. ANALYSE	25
4.1 Oorzaken van variatie gerelateerd aan het MRP-I algoritme	25
4.1.1 Lead-times.....	25

4.1.2	<i>Lot sizes</i>	25
4.1.3	<i>Safety Stock</i>	25
4.1.4	<i>Data input & output</i>	25
4.2	Oorzaken van variatie gerelateerd aan SCM.....	27
4.2.1	<i>Demand Forecast Updating</i>	27
4.2.2	<i>Order batching</i>	28
4.2.3	<i>Price fluctuations</i>	28
4.2.4	<i>Rationing and shortage gaming</i>	28
4.3	Validiteit van uitgevoerde meting.....	29
4.4	Variatie in de eerste periode.....	30
4.5	Materiaallevertijd.....	31
4.6	Ishikawa diagram.....	32
4.7	Conclusie.....	32
5.	<i>VOORSTELLEN TOT VERBETERING SCM</i>	34
5.1	Inleiding.....	34
5.2	Materiaalplanning.....	34
5.2.1	<i>Stabiliteit in het MPS</i>	35
5.2.2	<i>Herontwerp logistieke besturing</i>	37
5.3	Communicatie.....	40
6.	<i>CONCLUSIES & AANBEVELINGEN</i>	44
6.1	Conclusies.....	44
6.2	Aanbevelingen.....	45
	<i>REFERENTIES</i>	46
	<i>AFKORTINGEN</i>	48

APPENDICES

I	<i>Het MPS in 2004</i>
II	<i>Overzicht getoetste materiaalnummers</i>
III	<i>Resultaten per individueel materiaalnummer</i>
IV	<i>Resultaten MPE en CV</i>

1. INLEIDING

In dit hoofdstuk volgt een introductie van Koninklijke Philips Electronics N.V. en de divisie Philips Medical Systems, de context waarin de afstudeeropdracht is uitgevoerd. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de aanleiding voor het onderzoek.

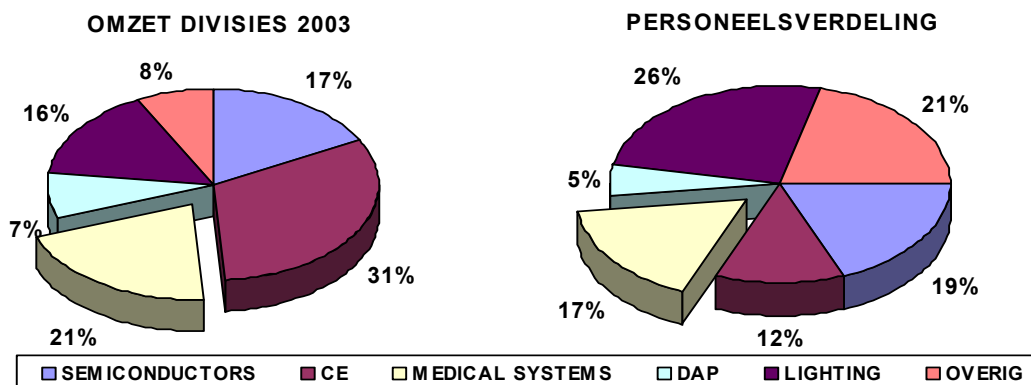
1.1 Koninklijke Philips Electronics N.V.

In 1891 werd door Gerard Philips een lampenfabriek opgericht in Eindhoven, waarmee de basis werd gelegd voor één van de grootste elektronica fabrikanten ter wereld anno 2004. Naast de ontwikkeling en productie van lampen, werden al snel andere producten op de markt gebracht, waaronder toepassingen voor röntgen straling, radio ontvangers, elektrische scheerapparatuur en televisies.

Het huidige Koninklijke Philips Electronics N.V. is uitgegroeid tot een multinationale onderneming met ruim 165.000 medewerkers. De onderneming is verdeeld in vijf divisies, die wereldwijd een omzet van 29 miljard Euro genereerden in 2003. Deze divisies zijn:

- *Lighting* www.lighting.philips.com
Deze divisie ontwikkelt en produceert lampen voor de consumentenmarkt en industriële toepassingen. Het productassortiment is te verdelen in vier categorieën, te weten Lampen, Luminaires, Automotive & Special Lighting en Lighting Electronics. In 2003 genereerde deze divisie een omzet van 4,8 miljard Euro.
- *Consumer Electronics, CE* www.ce.philips.com
De producten uit deze divisie bedienen een breder publiek. De producten zijn verdeeld in de categorieën TV, Video, Audio, Computer, Communicatie en Accessoires. Door sterke trendgevoeligheid wordt deze divisie gedwongen enkele malen per jaar nieuwe versies van haar producten op de markt te introduceren. De omzet bedroeg 9,2 miljard Euro in 2003.
- *Domestic Appliances & Personal care, DAP* www.homeandbody.philips.com
De producten van DAP zijn ook gericht op de consumentenmarkt en ontworpen voor de thuisgebruik. De productcategorieën zijn Shaving, Oral Health Care, Food & Beverage en Home Environment Care. De omzet van DAP bedroeg 2,1 miljard Euro in 2003.
- *Semiconductors* www.semiconductors.philips.com
De toepassingen van halfgeleiders lopen uiteen van Consumenten- en Communicatiemarkt, tot Automobiël- en Computerindustrie. De omzet bedroeg 5,0 miljard Euro in 2003.
- *Medical Systems* www.medical.philips.com
Deze divisie is gespecialiseerd in het produceren en verkopen van medische apparatuur. De divisie zal hieronder nader worden toegelicht, aangezien het onderzoek uitgevoerd is binnen een Business Line van Medical Systems. De omzet bedroeg 6 miljard Euro in 2003.

In figuur 1.1 staat een overzicht met daarin het aandeel van de divisies in de jaaromzet van Koninklijke Philips Electronics N.V. in 2003 en de verdeling van de medewerkers over deze divisies.



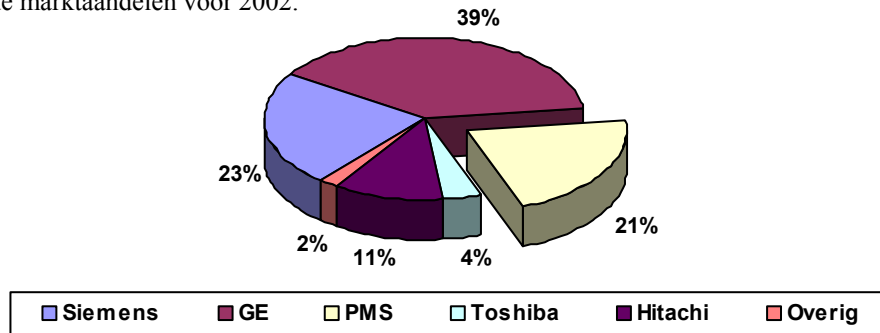
Figuur 1.1 Omzet- en Personeelsverdeling van Philips in 2003

Bron: www.philips.com

Naast deze divisies heeft Koninklijke Philips Electronics N.V. nog een aantal ondersteunende organisatieonderdelen, te weten *Philips Research*, *Philips Centre for Industrial Technology*, *Philips Design* en tot slot *Philips Intellectual Property and Standards*.

1.2 Philips Medical Systems

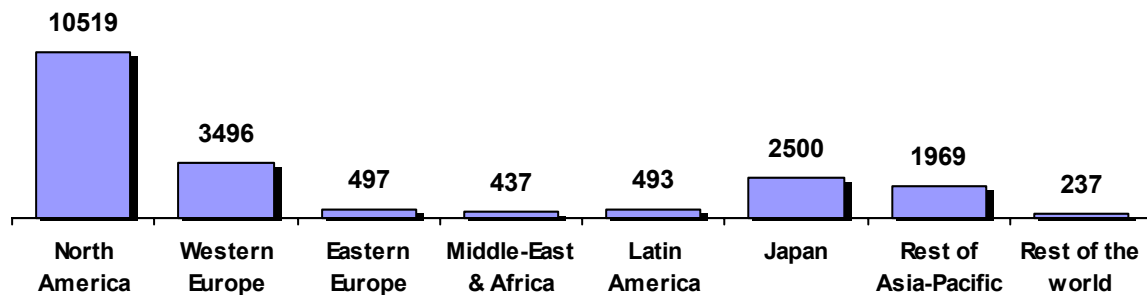
Philips Medical Systems (PMS) realiseerde in 2003 een omzet van 5,99 miljard Euro met ruim 28.000 werknemers. De producten van PMS worden wereldwijd verkocht. Op deze mondiale markt voor medische apparatuur heeft PMS te maken met een aantal concurrenten, waaronder Siemens, General Electric (GE), Toshiba en Hitachi. Samen met de concurrenten Siemens en General Electric bedient PMS ruim 80 procent van de mondiale markt voor medische (scan)apparatuur. Zie figuur 1.2 voor een verdeling van de marktaandelen voor 2002.



Figuur 1.2 Mondiale marktverdeling medische apparatuur in 2002 Bron: PMS intranet

De omzet van medische apparatuur op de mondiale markt betrof 20.149 miljoen Euro in 2002. In figuur 1.3 is deze markt verdeeld in acht geografische categorieën.

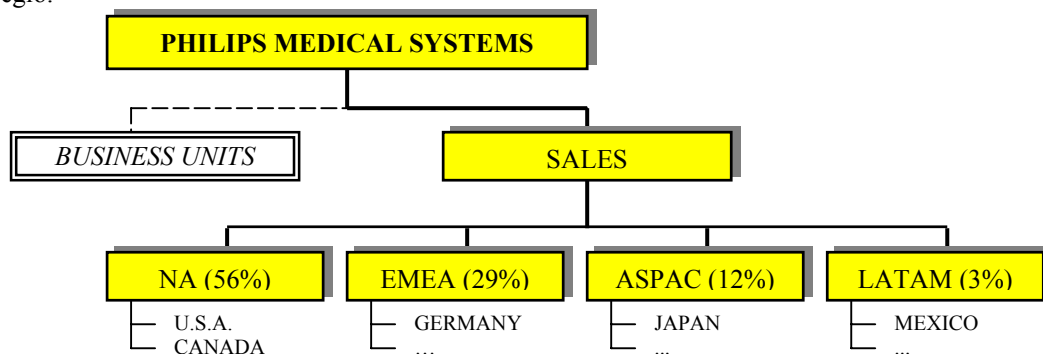
GEOGRAFISCH MARKTVERDELING : (miljoen Euro)



Figuur 1.3 Geografische verdeling van de omzet in 2002 Bron: PMS intranet

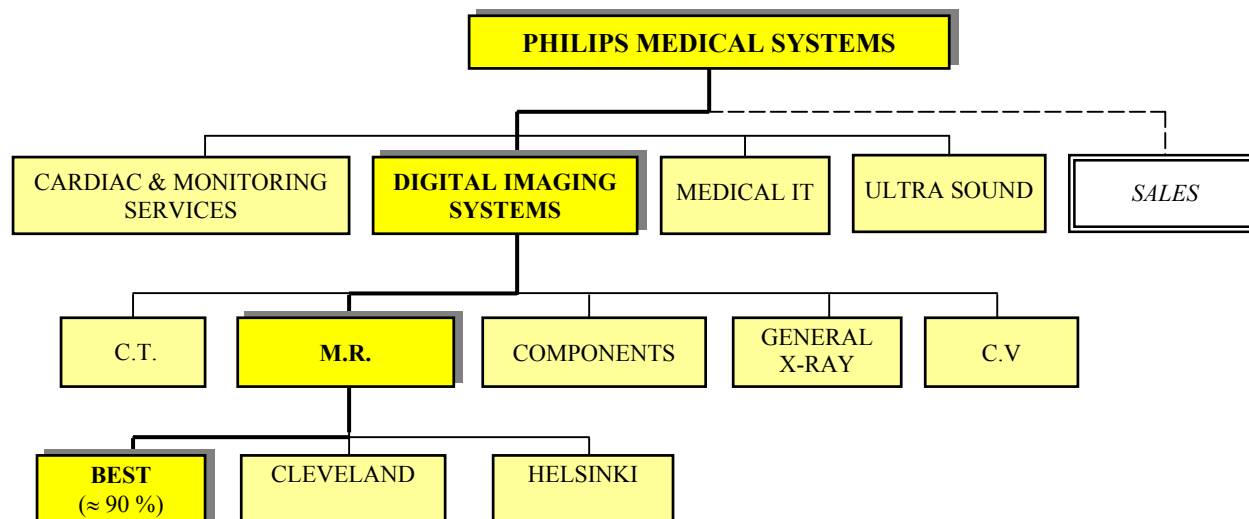
Uit figuur 1.3 is op te merken dat de afzet van medische apparatuur zich vooral concentreert in de meer welvarende werelddelen, zoals Noord Amerika, Europa en Japan.

De verkooporganisatie van PMS heeft de mondiale markt in vier regionen verdeeld, te weten North America (NA), Europe Middle East & Africa (EMEA), Asia Pacific (ASPAC) en Latin America (LATAM). Deze vier regio's vallen onder de verantwoordelijkheid van een gelijknamige Sales & Service Region (SSR). Een SSR is verder te verdelen in Districten (SSD), de 'landenorganisaties'. Zie figuur 1.4 voor de hiërarchische structuur van de verkooporganisatie en bijhorende omzetverdeling van PMS per regio.



Figuur 1.4 Structuur verkooporganisatie PMS Bron: PMS intranet

De producten die door de landenorganisaties aan de klanten worden verkocht, worden op verschillende locaties geproduceerd. Zo produceert PMS op diverse plaatsen in Amerika, Europa en het Midden Oosten. De organisatiestructuur is afgeleid van de functionaliteit van de diverse apparatuur, welke zijn verdeeld over Business Groups (BG). Binnen een BG is een aantal Business Units (BU) aan te wijzen. Zie figuur 1.5 voor de hiërarchische structuur van PMS tot aan de productielocaties.



Figuur 1.5 Organisatiestructuur business units PMS

Bron: PMS intranet

De BU waar het onderzoek plaats vindt, is Magnetic Resonance (MR). BU MR is gespecialiseerd in ontwikkeling en productie van medische apparatuur, welke met behulp van magnetische en radiografische straling, met name 'soft tissue' van een menselijk lichaam digitaal in beeld kan brengen. Deze beelden dienen ter ondersteuning van de diagnose bij patiënten in bijvoorbeeld een ziekenhuis of privé-kliniek. Momenteel brengt MR drie productlijnen op de markt. Binnen deze productlijnen worden de producten gecategoriseerd door de veldsterkte van de magneet (*Tesla*).

- *Intera* (1.0T, 1.5T, 3.0T)
- *Achieva* (1.5T, 3.0T)
- *Panorama* (0.23T, 0.6T)

Er worden nog meer variaties dan alleen de veldsterkte van de magneet aangeboden. Zo biedt BU MR ook de mogelijkheid voor bijvoorbeeld extra RF-versterkers, combinaties met andere apparatuur van PMS en diverse andere opties voor de systemen. Zie de website van MR voor uitgebreide beschrijvingen van bovenstaande aangeboden producten.

Uit bovenstaande figuur (1.5) komt naar voren dat de MR systemen hoofdzakelijk in Best (NL) worden voortgebracht. Vanuit Cleveland biedt men meer ondersteuning op het gebied van ontwikkeling. Ook vanuit Helsinki biedt men ondersteuning voor ontwikkeling én produceert men MR-scanners van de Panorama productlijn. De Intera en Achieva productlijnen worden in Best (NL) vervaardigd.

Tot slot wordt opgemerkt dat de *Achieva* productlijn een evolutie is van de *Intera* productlijn. De *Achieva* productlijn wordt momenteel op de markt geïntroduceerd en zal op termijn de *Intera* productlijn vervangen. De overdracht van de *Achieva* productlijn vanuit Ontwikkeling naar Productie, met bijhorende communicatie over de aangeboden functionaliteit naar de klant, creëert een dynamische omgeving. Omdat de productie van de productlijn *Achieva* nog niet in het reguliere productieproces opgenomen is en dagelijks nog wijzigingen vanuit ontwikkeling te verwerken heeft, wordt de *Achieva*-productlijn waar mogelijk buiten deze beschouwing gelaten.

Binnen de BU MR is de afdeling *MR Logistics* verantwoordelijk voor de productstromen van leverancier tot aan de klant. Zie hoofdstuk 2 voor nadere toelichting over de afdeling MR Logistics.

1.3 Aanleiding

De aanleiding voor het onderzoek komt vanuit de afdeling MR Logistics. Voor productie van componenten en assemblage van de MR apparatuur zijn materialen benodigd die extern worden verworven. Om de leveranciers te ondersteunen bij productieaansturing van deze materialen, geeft MR Logistics een voorspelling af voor de te verwachte materiaalbehoefte.

Enkele medewerkers binnen MR Logistics die betrokken zijn bij dit inkoopproces hebben samen met een aantal leveranciers het signaal afgegeven dat de voorspelling voor in te kopen materialen varieert. De *initiële* probleemstelling die hieruit is geformuleerd, luidt:

“De voorspelling voor de in te kopen materialen die MR Logistics maandelijks afgeeft aan haar leveranciers is niet betrouwbaar”

In hoofdstuk 2 volgt de uitwerking van nadere oriëntatie naar aanleiding van de hierboven vermelde initiële probleemstelling.

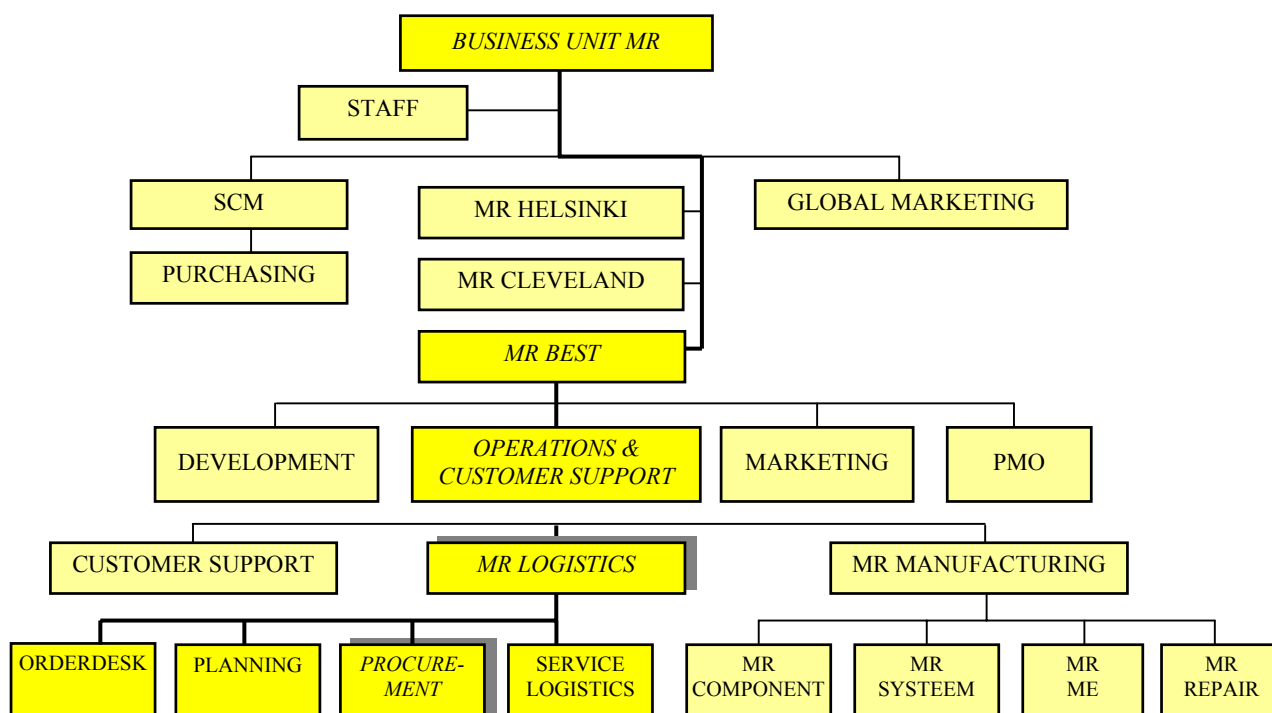
2. MR LOGISTICS

In dit hoofdstuk volgt een nadere toelichting van de afdeling MR Logistics, de goederenstroom en logistieke besturing, de definitieve probleemstelling, opdrachtomschrijving en tot slot de onderzoeksopzet.

Naar aanleiding van de initiële probleemstelling uit paragraaf 1.3 volgt hier een nadere oriëntatie van de business unit MR, waaronder de afdeling MR Logistics. Het doel van deze oriëntatie is de probleemsigalering nader te onderzoeken, ‘wat’ binnen MR Logistics het probleem is en ‘waarom’ (Verschuren, 2003). Hieruit volgt de *definitieve* probleemstelling voor het onderzoek, zie ook paragraaf 2.6. Deze oriëntatie is uitgevoerd met behulp van interviews, zoals gesteld in Kempen (2000), en beschikbare (digitale) informatiebronnen, zoals PMS intranet, SAP R3 en overige documentatie.

2.1 Organisatie Business Unit MR

Binnen de business unit MR zijn diverse afdelingen aan te wijzen, zie hiervoor het organogram in figuur 2.1, waaronder *MR Logistics*. Het werkterrein van MR Logistics heeft betrekking op de goederenstroom van leveranciers tot aan de klant, met als doelstelling om het *juiste* materiaal in de *juiste* hoeveelheid op het *juiste* moment ter beschikking te hebben tegen minimale integrale kosten. Om dit te realiseren, is de afdeling MR Logistics onderverdeeld in een viertal afdelingen.



Figuur 2.1 Organisatiestructuur business unit MR

Bron: PMS intranet

De afdelingen zullen hieronder van nadere toelichting voorzien worden, zie ook paragraaf 2.3 voor de positie van de afdelingen in de logistieke besturing binnen MR.

- *Orderdesk*

Deze afdeling is verantwoordelijk voor aanname, controle en afhandeling van klantorders uit de landenorganisaties (SSD's, zie paragraaf 1.2). Klantorders kunnen zowel bestaan uit een order voor een nieuw MR systeem, als orders voor *upgrades* of *opties* voor een reeds verkocht MR systeem.

Onder *upgrades* wordt verstaan een uitbreiding van de functionaliteit van het bestaande MR systeem bij de klant. Hierbij is te denken aan bijvoorbeeld software, maar ook computeruitbreiding of een extra RF-versterker behoren tot de mogelijkheden. *Opties* zijn producten die meer een aanvulling geven voor de klant. Hieronder vallen bijvoorbeeld losse spoelen (coils), waarmee extra focus mogelijk is op een bepaald lichaamsdeel tijdens het scannen. Het verschil in behandeling tussen *upgrades* en *opties* zit met name in de levertijd. *Opties* worden per direct aangeboden, terwijl *upgrades* steeds op termijn beschikbaar komen.

- *Planning*

De taak van deze afdeling is het omzetten van toekomstige en reeds geboekte klantorders in materiaalbehoeften voor productie en assemblage van MR systemen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het MRP raamwerk (Bertrand, 1998). Met behulp van het Master Production Schedule (MPS) wordt een productieschema opgesteld op systeemniveau. Om het MPS te realiseren zijn diverse materialen en componenten benodigd. Aan hand van de Bill of Material wordt berekend welke materialen in welke hoeveelheden hiervoor benodigd zijn. Voor berekeningen van materiaalbehoeften voor reeds geboekte orders, maakt men gebruik van de Commerciële BOM (C-BOM). Er is bekend wat de samenstelling van de scanner zal worden, waarmee de materiaalbehoefte exact berekend kan worden. Voor toekomstige orders die op voorraad geproduceerd worden is dit minder exact te berekenen. Hiervoor maakt men gebruik van de Plannings BOM (P-BOM). Hierbij wordt met behulp van *fracties* berekend wat ongeveer de samenstelling van het uiteindelijke systeem zal zijn. Het exploderen van het MPS aan de hand van de C-BOM en P-BOM levert de Material Requirement Planning (MRP).
- *Procurement*

Deze afdeling verzorgt de *operationele* inkoop van materialen die extern verworven worden. De input is afkomstig van de MRP berekeningen van afdeling Planning. Echter, een verandering in MRP leidt tot re-schedule signalen voor afdeling Procurement. Een re-schedule *in*-signaal geeft aan dat een geplande materiaallevering versneld moet worden, om te voorkomen dat de goederenstroom onderbroken wordt. Een re-schedule *out*-signaal geeft aan dat een materiaallevering vertraagd kan worden, zonder dat de continuïteit van de goederenstroom in gevaar komt. Deze *out*-signalen hebben tot doel de voorraad te verlagen. Momenteel reageert men binnen afdeling Procurement alleen op de *in*-signalen, deze maken het orderproces al dynamisch genoeg. Het initiële inkoopproces, waaronder leveranciersselectie en contracteren van leveranciers, wordt uitgevoerd door de afdeling *Purchasing*. Deze afdeling valt niet onder verantwoordelijkheid van MR Logistics en wordt derhalve hier buiten beschouwing gelaten.
- *Service Logistics*

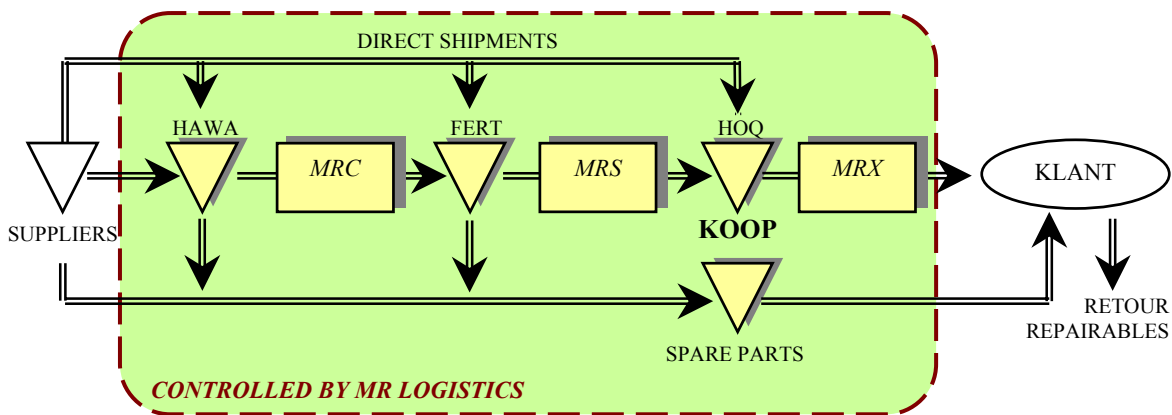
Afdeling Service heeft tot taak om de voorraad van reserve onderdelen te beheren. De levering van reserve onderdelen vindt momenteel centraal plaats vanuit een magazijn in Eindhoven. De behoefte voor reserve onderdelen, wordt ingegeven in het ERP systeem SAP R3. Afdeling Procurement bestelt de onderdelen bij de leveranciers, indien mogelijk consolideert SAP R3 de behoefte voor reserve onderdelen met de materiaalbehoefte voor de fabriek. Daarnaast beheert de afdeling Service ook de retourstroom van reserve onderdelen. Onderdelen met een inkoopwaarde van ongeveer 1.000 Euro of meer worden ter reparatie aangeboden, aan de leverancier of aan MR Repair. Dit maakt planning van materiaalbehoefte voor de Service doeleinden complex, omdat op voorhand *niet* bekend is of het onderdeel gerepareerd *kan* worden. Dit wordt pas na verloop van tijd bekend. Indien het materiaal niet gerepareerd kan worden, moet men alsnog een inkooporder voor nieuw materiaal genereren.

Voordat de knelpunten binnen MR Logistics behandeld worden, volgt eerst een overzicht van de goederenstroom en logistieke besturing van deze stroom. Aan de hand van deze beschouwing wordt de context in beeld gebracht waarbinnen de afdeling MR Logistics opereert.

2.2 Goederenstroom MR

Hieronder volgt een schematisch overzicht van de huidige goederenstroom, binnen BU MR, hoe de uiteindelijke MR apparatuur tot stand komt. Hierbij wordt opgemerkt dat de installatie pas bij de klant plaats vindt. Dit heeft te maken met de opbouw van het product. De MR scanner, inclusief magneet, staat fysiek in een andere ruimte dan bijvoorbeeld de diagnose of andere randapparatuur. Daarnaast dient het systeem lokaal te worden aangesloten op de infrastructuur van de klant. Hierdoor is het niet mogelijk de stap eindassemblage al in de fabriek uit te voeren.

Verder wordt de goederenstroom van de *magneten* buiten deze beschouwing gelaten. Ten eerste komt de productstroom niet overeen met de andere materialen. Een deel van de magneten wordt weliswaar ingekocht door MR, maar vanuit de leverancier direct naar de eindgebruiker (klant) verstuurd. Een ander deel van de magneten wordt tijdelijk door MR zelf gebruikt voor systeemtesten en pas in een later stadium naar de klant verstuurd. Het overige deel komt enigszins overeen met de reguliere goederenstroom.



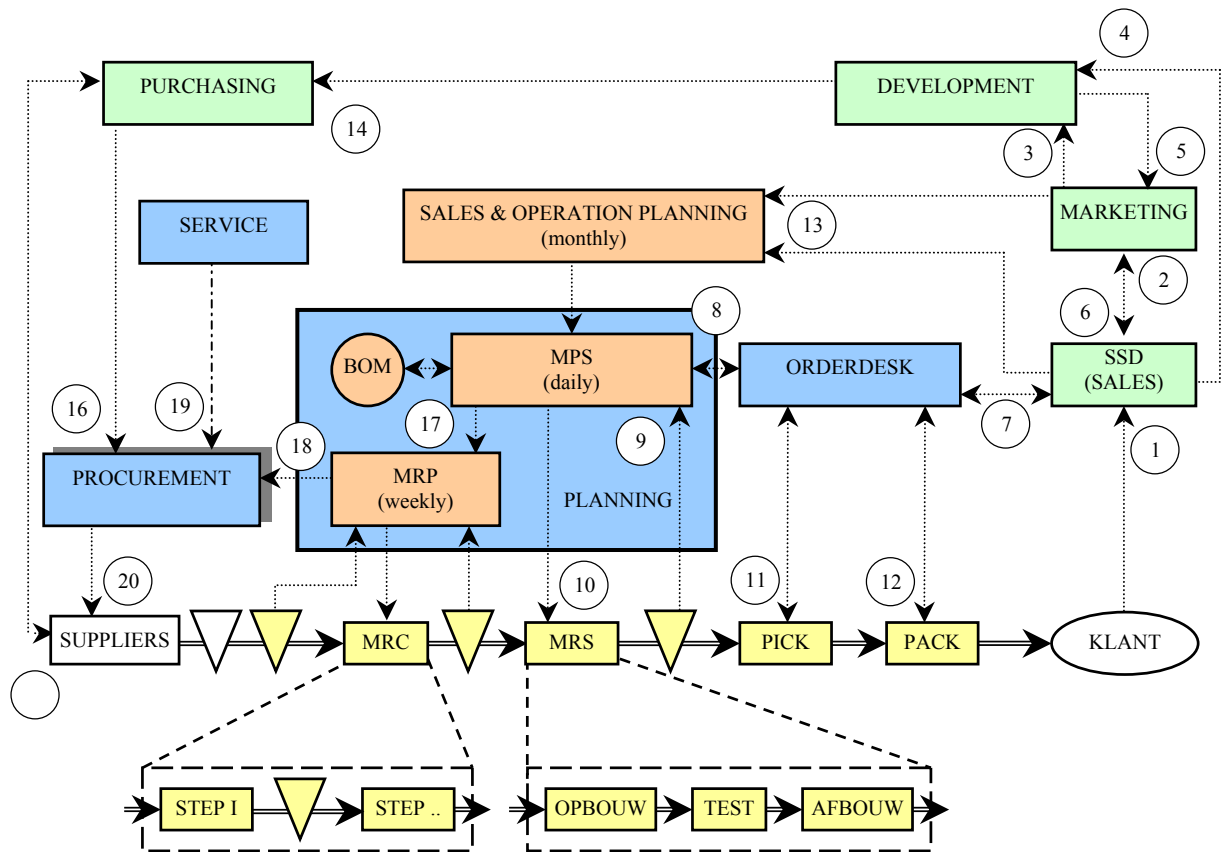
Figuur 2.2 Goederenstroom business unit MR

Bron: interviews met afdelingsfunctionarissen

- **HAWA**
Dit is een term uit SAP R3 en staat voor *Handels-Ware*. De term wordt gebruikt voor *ingekochte goederen* van leveranciers (*Suppliers*).
- **MRC**
Deze term duidt de productie-unit MR Componenten aan. Van de ingekochte materialen worden de benodigde componenten voor een MR systeem geproduceerd, dan wel geassembleerd. Het resultaat is een maak-item, door MR zelf vervaardigt uit één of meerdere Handels-Ware.
- **FERT**
Ook dit is een term uit SAP R3 en staat voor *Fertigungs-Ware*. Het duidt de voorraad maak-items aan, zie MRC hierboven.
- **MRS**
Dit staat voor de productie-unit MR Systemen, waarbij een MR systeem wordt opgebouwd in de fabriek, waarna een systeemtest volgt. Na deze test de-assembleert MR het systeem voor transport.
- **HOQ**
Dit is de naam voor het voorraadpunt gereed product, waar de systemen worden opgeslagen. De fysieke locatie van dit voorraadpunt is op industrieterrein Ekkersrijt, in Son (NL). Dit voorraadpunt is tevens het *Klant Order Ontkoppel Punt* (KOOP), zie Bertrand (1998).
- **MRX**
Met behulp van deze term duidt men de processtap voor order-picking en -verpakking aan. Nadat de order gereed is, volgt transport naar de klant.
- **SPARE PARTS**
De voorraad reserve onderdelen ligt fysiek in Eindhoven, Silver Forum. Aanvulling van nieuwe reserve onderdelen geschiedt direct of indirect vanaf de leverancier. Indirecte leveringen verlopen via *ingekochte materialen*, waarbij men na ontvangst een deel van de goederen doorstuurt naar Silver Forum. In geval van directe levering, verloopt het transport vanaf leverancier rechtstreeks naar Silver Forum. De retourstroom van reserve onderdelen wordt hier buiten beschouwing gelaten, aangezien dit in eerste instantie geen inkooporder genereert. Hiervoor wordt dus ook geen voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte afgegeven aan de leverancier.

2.3 Logistieke besturing

De fysieke goederenstroom die hierboven beschreven staat in paragraaf 2.2, wordt aangestuurd vanuit diverse afdelingen binnen de business unit MR. Hieronder staat in figuur 2.3 een schematisch overzicht van deze besturing, met daarbij zowel de goederenstroom als informatiestromen tussen diverse afdelingen binnen het realisatieproces. Zie ook paragraaf 2.1 voor toelichting bij de afdelingen van business unit MR en MR Logistics.



Figuur 2.3 Logistieke besturing BL MR Bron: interviews met afdelingsfunctionarissen

Om het figuur enigszins overzichtelijk te houden, volgt hieronder een toelichting van de verschillende informatiestromen. De nummers bij de pijlen in het figuur corresponderen met onderstaande nummers.

1. Het contact tussen klant en de verkooporganisatie. De klant plaatst een order voor een systeem, een upgrade of een optie bij de verkooporganisatie (SSD). Ook in geval van breuk, meldt de klant dit bij de SSD.
2. Afdeling Marketing ontvangt feedback van de SSD's, hoe de klanten het product beoordelen.
3. De feedback van de beoordelingen van klanten en specifieke wensen ten aanzien van de functionaliteit van een systeem, worden gecommuniceerd met afdeling Development.
4. De SSD's kunnen ook direct specifieke gebruikersinformatie van klanten terugkoppelen naar afdeling Development.
5. Bij een nieuwe release van een systeem of compleet nieuw systeem, stelt afdeling Development de afdeling Marketing hiervan op de hoogte.
6. Afdeling Marketing communiceert naar diverse SSD's de boodschap die de SSD aan de klant over dient te brengen, wat betreft de functionaliteit van een nieuw systeem of releases vanuit Development.
7. De klantorder (zie 1.) wordt door de SSD geboekt bij de afdeling Orderdesk. Hierbij geeft de SSD een Required Delivery Date (RDD) af.
8. Orderdesk stemt de RDD met afdeling Planning af en ontvangt hiervoor een Confirmed Delivery Date (CDD). Deze CDD wordt weer teruggekoppeld naar de SSD (zie 7).
9. Hierbij wordt de voorraadhoogte van gereed product opgevraagd met behulp van SAP R3 ten behoeve van productie planning op systeemniveau (MPS).
10. Het MPS wordt gecommuniceerd naar afdelingen in de fabriek, hoeveel systemen en randapparatuur in welke configuratie gebouwd en getest moeten worden.
11. Wanneer de CDD voor een order in zicht komt, geeft Orderdesk een pick-order aan het magazijn HOQ. Indien de order gepickt is, wordt dit gereed gemeld met behulp van SAP R3.
12. Nadat een order gepickt is, geeft afdeling Orderdesk de opdracht tot verpakken en labelen van de componenten in het magazijn. Als dit gereed is, wordt dit afgemeld in SAP R3.
13. De SSD's geven een voorspelling af aan de fabriek, hoeveel systemen men denkt de komende 18 maanden te kunnen verkopen, net als afdeling Marketing.

14. Wanneer Development materiaal wil inkopen voor ontwikkeling, wordt dit gecommuniceerd met afdeling Purchasing (initiële inkoop).
15. De inkoopbehoefte wordt met leveranciers gecommuniceerd. Hierna volgen de stappen leveranciersselectie en het contracteren.
16. Na de gemaakte afspraken met de leverancier, worden de contacten met leverancier overgedragen aan afdeling Procurement (operationele inkoop).
17. Wanneer het MPS bekend is, kan met behulp van de BOM berekend worden, welke materialen voor productie benodigd zijn.
18. MRP berekent aan de hand van de voorraadhoogte, welke materialen ingekocht moeten worden bij leveranciers.
19. Vanuit afdeling Service verzamelt men de behoefte voor in te kopen materialen en communiceert dit via SAP R3.
20. De materiaalbehoeften uit MRP en van afdeling Service worden omgezet in inkooporders en gecommuniceerd naar leveranciers. Naast de inkooporders, geeft men ook maandelijks een voorspelling af voor de te verwachte materiaalbehoefte.

2.4 Knelpunten binnen business unit MR

Naar aanleiding van de oriëntatie met betrekking tot de goederenstroom en logistieke besturing van MR is een aantal knelpunten naar voren gekomen.

- A. De informatievoorziening vanuit de SSD's en afdeling Marketing dient als input voor afdeling Planning. Het blijkt echter moeilijk te zijn toekomstige verkopen accuraat te voorspellen. Hierdoor is het ook voor afdeling Planning moeilijk om een stabiele planning aan de fabriek en afdeling Procurement af te geven. Deze kettingreactie werkt door tot aan de voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte naar leveranciers.
- B. De logistieke besturing is gericht op *Make-To-Stock*. In principe worden alle systemen vanuit voorraad geleverd aan de klant. Hierdoor beheert MR veel voorraad waardoor er sprake is van veel kapitaalbeslag en voorraadkosten de winst op jaarbasis nadelig beïnvloeden.
- C. De levertijd van materialen die extern van leveranciers verworven worden, bedraagt gemiddeld 10 weken. Sommige materialen hebben zelfs een levertijd van 14 weken of meer. Dit maakt besturing van de goederenstroom inflexibel, wat niet wenselijk is in een technologisch dynamische omgeving.

2.5 Huidige projecten ter verbetering

De knelpunten die uit de oriëntatie naar voren zijn gekomen, zijn reeds door BU MR erkend. Er zijn projecten opgezet, die in de nabije toekomst de genoemde knelpunten moeten verhelpen. Hieronder volgt een toelichting van de projecten.

- A. *P.S.I. Product Sales Inventory*
Dit project moet de informatiestroom vanaf de klant tot aan de fabriek stroomlijnen. Momenteel wordt alleen een klantorder aan de fabriek doorgegeven, terwijl op dat moment de verkopers ook met andere klanten in gesprek zijn. Tijdens deze verkoopactiviteiten komt meer informatie over klantwensen naar voren. Ook klanten die een offerte aanvragen hebben vaak al een specifieke wens wat betreft systeemeisen. Al deze informatie kan waardevol zijn bij het opstellen van de productieplanning.
Een PSI-manager zal per business unit deze informatiestroom met betrekking tot orderstatus, afgegeven offertes, specifieke klantinformatie en algemene marktinformatie in kaart brengen.
- B. *M.T.O. Make-To-Order*
Ook dit project bestaat uit een projectgroep die onderzoekt welke stappen ondernomen moeten worden, zodat na implementatie binnen MR de fabriek operationeel aangestuurd kan worden volgens het MTO-principe.
- C. *S.M.O.I. Supplier Managed & Owned Inventory*
Het doel van dit project is invoering van het principe Vendor Managed Inventory (Ballou, 1998). Hierbij wordt het fysieke voorraadpunt gereed product bij de leverancier verplaatst naar PMS. De leverancier zal deze voorraad beheersen, met een optie dat de leverancier eigenaar blijft van de producten tot het moment dat PMS het product uit deze voorraad neemt.

2.6 Probleemstelling

Uit nader onderzoek van de aanleiding en initiële probleemstelling uit paragraaf 1.3 is een aantal zaken naar voren gekomen omtrent de voorspelling van materiaalbehoefte vanuit MR Logistics naar leveranciers.

Van origine is PMS te karakteriseren als een ontwikkelingsorganisatie op het gebied van medische apparatuur. Daarnaast is door toenemende concurrentie op de mondiale markt, het voor de concurrentiepositie van PMS belangrijk om haar *Time-to-Market* te verkorten. Dit geeft de materiaalcoördinatie een extra dynamisch karakter. Verder is het voor PMS in de concurrentiestrijd noodzakelijk om de *integrale kosten* van haar productieproces te reduceren. Voor BU MR geeft dit extra aandacht aan afdeling MR Logistics.

Zoals in paragraaf 2.5 is vermeld, heeft men binnen PMS en specifiek voor BU MR een aantal projecten gestart om direct of indirect deze *Time-to-Market* en integrale kosten te verlagen. Voor realisatie van het *MTO*- en *SMOI*-project moet een accurate voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte van MR Logistics de leveranciers helpen bij het aansturen van eigen productie.

MR Logistics heeft naast bovenstaande doelen, ook het doel om haar realisatieproces van meer *flexibiliteit* te voorzien om de dynamiek in de klantvraag te kunnen volgen. Bovenstaande projecten zullen hier naar verwachting een significante bijdrage aan leveren. Echter, binnen MR wil men dit onder andere realiseren door de *materiaallevertijd* te reduceren. Deze materiaallevertijd bedraagt nu gemiddeld 10 weken en voor sommige materialen zelfs meer dan 14 weken. Deze zal door de leveranciers gereduceerd moeten worden tot 4 weken of minder.

Hiervoor zijn prestatiecontracten opgesteld die momenteel met leveranciers worden afgesloten. In deze contracten verplicht MR Logistics zich echter om een voorspelling van materiaalbehoefte aan de leverancier af te geven, een *supplier forecast* (Stadtler, 2000). Op basis van deze voorspelling voorziet het contract van een verbintenis, waarmee MR Logistics zelf wordt verplicht afname van de voorspelde hoeveelheid (binnen een gestelde bandbreedte).

Om te voorkomen dat MR Logistics te weinig materiaal kan afnemen óf door de leverancier verplicht wordt tot extra afname, is het noodzakelijk dat de voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte accuraat is.

Binnen MR Logistics heeft men echter geen inzicht in de feitelijke prestatie van haar voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte. Ook is niet bekend wat de variatie is op deze voorspelling en waardoor eventuele variatie wordt veroorzaakt. Uit al deze hierboven gestelde aanleidingen, volgt de *definitieve* probleemstelling voor het onderzoek:

“MR Logistics wil de gemiddelde materiaallevertijd van tien weken reduceren naar vier weken of minder om meer flexibiliteit te creëren. Hierdoor zullen de leveranciers van MR Logistics het eigen productieproces (deels) moeten gaan aansturen op basis van voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte van MR Logistics.

Momenteel heeft MR Logistics géén inzicht wat de feitelijke prestatie is van haar voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte. Het is echter wel noodzakelijk dat de voorspelling accuraat is, aangezien deze leidend is in de prestatiecontracten die worden afgesloten met leveranciers over gewenste flexibiliteit en materiaallevertijd.”

2.7 Opdrachtformulering

Naar aanleiding van de hiervoor gegeven aanleidingen en definitieve probleemstelling is de volgende *onderzoeksvraag* geformuleerd:

“Hoe kan MR Logistics in de toekomst een betrouwbare voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte opstellen en deze beheersen?”

Aan de hand van deze onderzoeksvraag zijn de navolgende stappen van de afstudeeropdracht geformuleerd. Deze opdracht sluit aan op de huidige doelstelling binnen MR Logistics om haar Supply Chain efficiënter en effectiever te organiseren.

1. Meet en analyseer de betrouwbaarheid van de voorspelling die MR Logistics afgeeft aan haar leveranciers voor haar toekomstige materiaalbehoefte.
2. Ontwerp een methodiek om de variatie in het voorspelproces te beheersen en monitoren, om een goede indicatie van toekomstige materiaalbehoefte te kunnen afgeven aan leveranciers.

2.8 Onderzoeksopzet

Om de hiervoor geformuleerde opdracht uit te voeren, is de volgende onderzoeksopzet opgesteld. Het onderzoek is te karakteriseren als ‘probleemgericht’. Hiervoor geeft de regulatieve cyclus vijf stappen aan de hand van gestelde *probleemkluwen* (Van Aken, 2001). Deze cyclus komt overeen met de aanpak van Kempen (2000), waarbij een onderzoek in drie fasen, de Oriëntatiefase, Onderzoek & Oplossingsfase en Invoeringsfase wordt verdeeld. Het gehele project (alle bijhorende fasen) worden uiteindelijk vastgelegd in een rapportage.

A. Oriëntatie fase (Hoofdstuk 1 & 2)

De leidraad tijdens de oriëntatiefase is het onderzoeken van de initiële probleemstelling, welke aan het begin van de afstudeeropdracht geformuleerd is, met als doel om een antwoord te vinden op de vraag “*wat is het werkelijke probleem voor MR Logistics?*”. Hierbij komt ook de interne en externe omgeving van MR Logistics aanbod. Onder *interne* omgeving vallen bijvoorbeeld afdelingen binnen BU MR en onder *externe* omgeving worden onder andere concurrenten en klanten verstaan. De oriëntatiefase wordt afgesloten met een definitieve probleemstelling en bijhorende opdrachtformulering.

B. Onderzoeks- & Oplossingsfase (Hoofdstuk 3 & 4)

Na afronding van de oriëntatie binnen MR Logistics, waarbij duidelijk is geworden wat de definitieve probleemstelling is, wordt het probleem geanalyseerd. Hierbij is het eerste deel van de opdracht verdeeld in een drietal *deelstappen*, te weten:

1. Breng het huidige *voorspelproces* voor het inkopen van materialen van leveranciers eenduidig in kaart.
2. Onderzoek in welke mate *variatie* aanwezig is in het voorspelproces van materiaalbehoeften naar leveranciers.
3. Geef aan waar de *oorzaken* liggen van deze variaties en in welke mate deze van invloed zijn op het voorspelproces.

C. Invoeringsfase (Hoofdstuk 5 & 6)

Als bekend is wat de oorzaken zijn van de waargenomen variatie, zullen *verbetervoorstellen* worden aangedragen om de beïnvloedbare oorzaken te elimineren. Hiervoor zal een model of methodiek ontworpen worden. Gezien de beperkte duur van de opdracht zullen *implementatie* van de voorstellen en bijhorende *evaluatie* hier achterwege blijven.

3. BEHEERSING OP FABRIEKSNIIVEAU

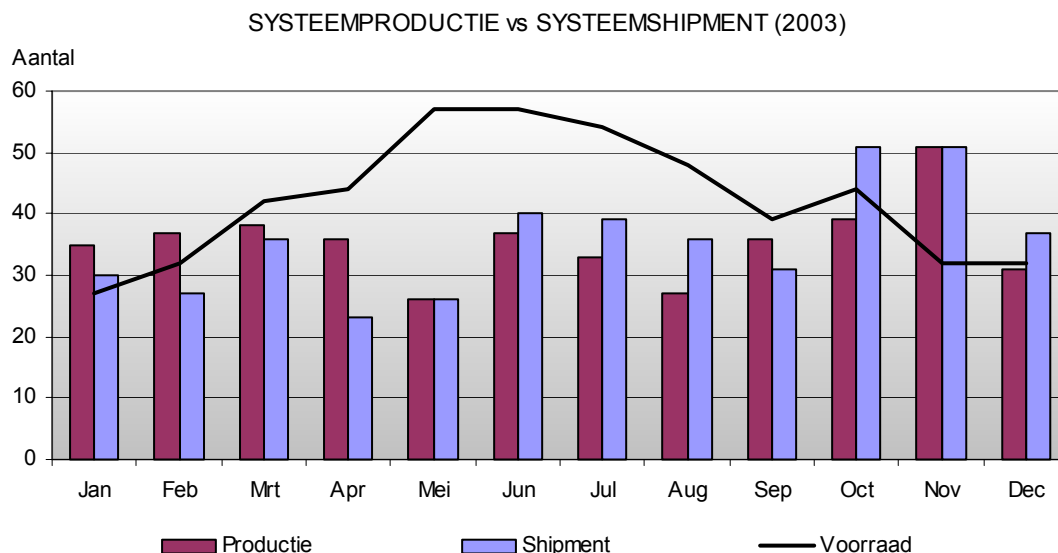
In dit hoofdstuk volgt een nadere omschrijving en analyse van het gestelde probleemgebied uit paragraaf 2.6, welke elementen in het logistieke systeem van invloed zijn op de voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte. Hierbij worden ook historische voorspellingen geëvalueerd aan de hand van een prestatiemeting, om inzicht te krijgen wat de feitelijke prestatie van de voorspellingen is.

3.1 Fabriekslogistiek

In deze paragraaf wordt de fabriekslogistiek besproken zoals deze ingezet wordt voor de besturing binnen MR. Hierbij wordt nader belicht *hoe* MR aan de marktvraag tracht te voldoen, met een gestelde servicegraad om 90 procent van alle klantorders op overeengekomen tijdstip *compleet* te leveren.

In paragraaf 2.2 is de positie van het KOOP al aangegeven, waaruit naar voren is gekomen dat het systeem van PMS in principe *Make – To – Stock* (MTS) produceert. Indien mogelijk wordt het systeem volgens de specificaties van de klant geproduceerd als de klantorder al bekend is voor aanvang van productie.

De klantvraag van MR systemen is te typeren als seizoensgebonden, aan het einde van het jaar neemt de vraag toe. Dit heeft te maken met budgetsystemen waarmee klanten (bijvoorbeeld ziekenhuizen) over het algemeen en ook PMS zelf, werken. Hieronder staat in figuur 3.1 een overzicht van 2003, waarbij 'Productie' aangeeft hoeveel systemen er geproduceerd zijn en 'Shipment' het aantal systemen dat verscheept is in een bepaalde maand.



Figuur 3.1 Productie en Shipment van MR systemen in 2003

Bron: SAP R3

Uit dit figuur komt naar voren dat er sprake is van voorraadopbouw om aan het einde van het jaar (oktober en november) aan de maximale vraag te kunnen voldoen.

Voor het vervaardigen van de MR systemen met (optionele) randapparatuur wordt onderscheid gemaakt tussen *capaciteit-* en *materiaalcoördinatie* (Bertrand, 1998). Voor inrichting van de logistieke beheersing wordt verder verwezen naar de *logistieke grondvorm* van MR Logistics, welke behandeld is in paragraaf 2.3 Logistieke besturing (zie ook figuur 2.3).

3.1.1 Capaciteitscoördinatie

Het *capaciteitsvraagstuk* is onder andere te verdelen in personele bezetting op de verschillende werkstations, het aantal werkstations en diverse beschikbare testapparatuur. Met behulp van de huidige inrichting en besturing kunnen maximaal 15 systemen per week getest worden in MRS en is de maximale productiecapaciteit voor MRC en MRX vastgesteld op 20 systemen per week.

De maximale capaciteit in een opstelling van flow-productie (zie figuur 2.2) wordt bepaald door het productieonderdeel met de laagste capaciteit (Bertrand, 1998). Voor MR Logistics is dus MRS momenteel met 15 systemen per week de beperkende factor in het proces.

Op basis van 40 werkuren per week en 48 productieweken per jaar, bedraagt de maximale capaciteit op jaarbasis ruim 700 systemen. Hierbij is het mogelijk om tijdens perioden van sterke toename in de vraag (piekbelasting), maximaal twee uur per dag overwerk te hanteren. Deze flexibiliteit is echter van tijdelijke aard. Een andere vorm van flexibiliteit is de inzet van breed opgeleid personeel. Middels het 'vlinder'-principe kan personeel ingezet worden op werkstations, die tijdelijk meer capaciteit vereisen dan regulier is gepland.

Voor 2004 is de klantvraag voorspeld voor ongeveer 500 systemen op jaarbasis. Omgerekend geeft dit een gemiddelde klantvraag van 10 systemen per week. Hieruit komt naar voren dat de gemiddeld gevraagde weekcapaciteit significant lager is dan de gemiddeld beschikbare capaciteit. De focus voor de logistieke beheersing binnen MR is hierdoor gericht op de materiaalcoördinatie.

3.1.2 *Materiaalcoördinatie*

Ter ondersteuning van de materiaalcoördinatie maakt MR Logistics gebruik van het Material Requirement Planning (MRP-I) raamwerk (Bertrand, 1998). In het Master Production Schedule (MPS) wordt een productieplan voor de komende 12 maanden ingelegd. Op maandelijks basis wordt in de Monthly Order Planning Schedule (MOPS) vergadering dit plan herzien en eventueel bijgesteld. Dit plan is gebaseerd op de voorspelling van toekomstige klantvraag.

Zoals eerder is aangegeven, is deze voorspelling van essentieel belang, maar moeilijk om accuraat op te stellen. Deelnemers aan deze MOPS vergadering zijn afgevaardigden van de afdelingen Purchasing, Supply Chain Management (SCM), Operations Management, Logistiek, Marketing, Project Management Office (PMO), Finance & Accounting (F&A), Development en de directeur van de business unit MR.

Ter voorbereiding op de MOPS vergadering, wordt een Pre-MOPS vergadering belegd. In de Pre-MOPS wordt een eerste opzet gemaakt, voor vertaling van de toekomstige klantvraag naar het MPS. Deelnemers aan deze vergadering zijn vertegenwoordigers van de afdelingen Purchasing, SCM, Operations Management, Logistiek, Productie, Orderdesk, PMO, F&A en Marketing.

Het productieplan dat uiteindelijk wordt ingelegd in het MPS, is gebaseerd op een 'rollend plan'-principe, waarbij een vaste horizon van vier weken (*fixed fence* – Bertrand, 1998) wordt gehanteerd.

Chase (2000) en Helms (2000) stellen dat het combineren van voorspellingen vanuit diverse disciplines kan leiden tot een toename van accuraatheid van de gemiddelde voorspelling. Dit kan zowel vanuit voorspelmethode als *'time series'* en *'judgmental'* forecasting.

Zoals hierboven beschreven staat, zijn diverse functionarissen vanuit verschillende disciplines binnen MR aanwezig bij de interpretatie van de vraagvoorspelling en de vertaling naar het MPS. Het combineren van inzichten vanuit diverse disciplines wordt dus toegepast binnen MR. Er kan gesteld worden dat binnen de business unit MR consensus is over het uit te voeren MPS.

3.1.3 *Materiaalbehoefte planning (MRP)*

Wanneer het productieplan ingelegd is in het MPS, wordt met behulp van de Bill of Material (BOM) de materiaalbehoefte (*Material Requirement*) berekend. Deze berekening aan de hand van het MRP algoritme wordt uitgevoerd door het softwareprogramma SAP Release 3™.

Naast ondersteuning voor de materiaalcoördinatie, biedt SAP R3 ook ondersteuning met betrekking tot bijvoorbeeld capaciteitsplanning en facturering. Voor uitgebreide informatie over dit ERP pakket, wordt verwezen naar de website, www.sap.com.

Master Production Schedule, MPS

Gegeven het feit dat maandelijks het MPS wordt vastgesteld in de MOPS, vinden er op *dagelijkse* basis wijzigingen plaats. Zo worden toekomstige geplande orders (*Open Slots*) alvast toegewezen aan een ontvangen klantorder. Een geplande open slot wordt dan een *Closed Slot*, een productieorder met klantorder. Dit heeft gevolgen voor de materiaalbehoefte in het onderliggende netwerk, aangezien de materiaalbehoefte voor een open slot gepland wordt aan de hand van de P-BOM (*forecasting bill* – Bertrand, 1998). In deze P-BOM staan schattingen (in de vorm van een *fracties*) voor diverse materiaalbehoeften, aangezien een aantal onderdelen optioneel aangeboden wordt bij een systeem.

Indien er een klantorder wordt gekoppeld aan een open slot, wordt bekend wat de klantenwensen zijn met betrekking tot de aangeboden opties. Het is dan niet meer nodig om de materiaalbehoefte voor de optionele onderdelen met schattingen te berekenen, maar direct op basis van de C-BOM.

Verder worden *closed slots* in de tijd verschoven, om aan te sluiten bij het project van de klant (een verbouwing van een ziekenhuis). Wanneer de einddatum (*due date*) van een slot wijzigt, verschuiven

ook de tijdstippen waarop componenten voor het systeem gereed dienen te zijn. Dit is karakteriserend voor *in-de-tijd gefaseerde* materiaalbehoefteplanning volgens het MRP algoritme (Bertrand, 1998).

Tot slot is aan de hand van historische data naar voren gekomen dat, ondanks de *fixed fence* van vier weken, het MPS toch op wekelijkse basis is gewijzigd. In bijlage 1 staat een overzicht van historische data, welke ingelegd zijn voor het MPS van 1,5 Tesla systemen. Dit probleem is inmiddels ondervangen, waardoor momenteel weer een *fixed fence* van vier weken gerespecteerd wordt.

Flexplanning

Naast de wijzigingen van de systeemplanning op MPS niveau, zijn er ook wijzigingen in de *Flexplanning*. Deze flexplanning wordt opgesteld voor artikelen die niet altijd met een systeem verkocht worden, maar ook los verkocht worden aan klanten die al een systeem hebben. De vraag naar deze artikelen is dus niet gelijk aan de vraag naar MR systemen.

Hierbij is te denken aan optionele artikelen, zoals *Coils* (additionele spoelen ter ondersteuning van de beeldvorming) en *Upgrades* (een nieuwe versie van een gradiënt-versterker of een nieuwe software release). De benodigde hoeveelheid van een bepaald product, wordt geschat op basis van historisch verbruik en marktinformatie. Dit is niet altijd mogelijk, bijvoorbeeld voor *Upgrades* is het moeilijk om te plannen aan de hand van historisch verbruik.

Wanneer de huidige vraag naar dit product niet overeen komt met de geplande hoeveelheid, zal de flexplanning worden bijgesteld. Dit is regelmatig het geval, omdat de geplande hoeveelheid voor een product in de flexplanning vaak hoger is dan de werkelijke vraag. Het naar beneden bijstellen van de flexplanning geeft *reschedule-out* signalen. Niet reageren op out-signalen heeft slechts een te hoge voorraad van diverse artikelen tot gevolg, maar leidt niet tot materiaaltekort.

Indien de werkelijke vraag de geplande hoeveelheid overschrijdt, zal er (vaak op korte termijn) meer materiaal verworven moeten worden. Het nauwkeurig opstellen van de flexplanning heeft dus voordeel voor de materiaalbehoefte op lager niveau in het netwerk.

Service

Ondanks dat afdeling Service een eigen versie van SAP R3 in gebruik heeft, is de materiaalbehoefte voor afdeling Service van invloed op de operationele materiaalstroom. De planner van afdeling Service plant zijn gewenste materiaalbehoefte, welke periodiek doorgezet wordt naar het SAP R3 systeem voor het reguliere proces. Een wijziging in de materiaalplanning van Service kan dus een *in* of *out* signaal voor afdeling Procurement genereren.

Echter, afdeling Service verstoort het proces van materiaalverwerving minimaal, aangezien van de gemiddeld 150 verschillende materiaalbehoeftes die wekelijks gepland worden, gemiddeld slechts twee materialenbehoeften per week met spoed verworven dienen te worden. De overige materiaalbehoeften worden met de gegeven leadtime gepland. Door deze beperkte verstoring wordt afdeling Service uitgesloten van verdere analyse.

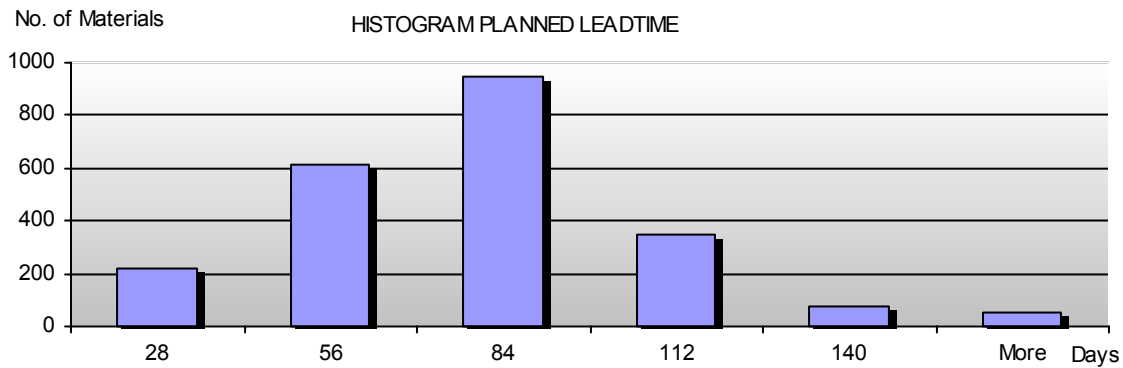
Voorraadmutaties

Naast deze wijzigingen op MPS niveau, vinden er ook dagelijks wijzigingen plaats op lagere niveaus van het netwerk. Wanneer inkoopartikelen (HAWA's) verwerkt zijn tot bijvoorbeeld halffabrikaten (FERT's), vindt er een voorraadmutatie plaats voor de betrokken inkoopartikelen en halffabrikaten. Deze mutaties worden meegenomen in de wekelijkse MRP run en bij eventuele tekorten genereert dit nieuwe materiaalbehoefte.

Leadtimes van materialen

Een van de oorzaken van nervositeit van een MRP systeem, is wanneer de langste cumulatieve levertijd van materialen, langer is dan de *fixed fence* van het MPS (Bertrand, 1998). Elke wijziging van het MPS buiten deze *fixed fence*, genereert een verstoring in de materiaalbehoefte op lagere niveaus in het netwerk.

De langste cumulatieve doorlooptijd van materialen voor MR Logistics (170 dagen van de leverancier plus de gemiddelde doorlooptijd door de fabriek van 28 dagen) is momenteel gelijk 198 dagen, wat overeenkomt met 28 weken. Voor de overige materialen is de gemiddelde levertijd van leveranciers gelijk aan 68 dagen, met een standaard deviatie van 34 dagen (*exclusief* de doorlooptijd in de fabriek).



Figuur 3.2 Planned Leadtime voor materialen volgens SAP R3, vanaf ordertijdstip tot aan fabriek

Om de nervositeit van het MRP algoritme op lagere niveaus tegen te gaan, kan MR Logistics haar huidige *fixed fence* van vier weken verlengen. Het is echter geen optie deze *fixed fence* te verlengen naar 28 weken, aangezien het niet mogelijk is om voor een half jaar vooruit een ‘passend’ productieplan op te stellen. Het eventueel oprekken van het *fixed fence* met enkele weken zou mogelijk zijn, maar vraagt om een afweging tussen beperking van flexibiliteit óf het deels reduceren van de nervositeit op lager niveau in het netwerk.

Een alternatief is het reduceren van levertijden. Dit heeft momenteel de focus binnen MR Logistics, maar is niet op korte termijn realiseerbaar. Het SMOI project (zie paragraaf 2.5) heeft *onder andere* als doelstelling om de levertijd te reduceren naar vier weken, of korter. De balans tussen de langste cumulatieve levertijd en het *fixed fence* van het MPS zou dan enigszins hersteld worden (met de kanttekening dat ná levering, nog vier weken doorlooptijd in fabriek volgt).

Leveringsprestatie van leveranciers

Aangezien de leveringbetrouwbaarheid van de leveranciers van invloed is op de prestatie van MR Logistics, is gekeken naar de levertijdoverschrijding (Tardiness – Bertrand, 1998) om in kaart te brengen hoeveel orderregels te laat geleverd worden. Deze is gedefinieerd als:

$$T_j = L_j, \text{ indien } C_j > d_j \text{ en } T_j = 0 \text{ indien } C_j \leq d_j \quad [3.1.1]$$

Waarbij,

T_j :	Tardiness van order j,	C_j :	Completion time van order j,
L_j :	Lateness (levertijdafwijking) van order j,	d_j :	due date van order j.

Uit berekeningen over 2003 is naar voren gekomen dat 34 procent van de orderregels te laat is geleverd. Indien een orderregel te laat wordt geleverd, blijkt de gemiddelde levertijdafwijking (*Lateness*) gelijk te zijn aan acht dagen.

Bij leveranciersbeoordeling in 2003 had een afwijking van zeven dagen van de *Completion time* (C_j) ten opzichte van de *due date* (d_j) geen nadelige gevolgen voor de beoordeling van de leverancier. De hiervoor uitgevoerde berekening van de tardiness is herhaald, aan de hand van het volgende criterium:

$$T_j = L_j, \text{ indien } C_j > d_j + 7 \text{ en } T_j = 0 \text{ indien } C_j \leq d_j + 7 \quad [3.1.2]$$

Het resultaat van deze berekening is een levertijdoverschrijding van *zeven* procent van alle orderregels, met een gemiddelde levertijdafwijking van 26 dagen.

Bij deze berekeningen is overigens de aanname gemaakt dat elke communicatie met betrekking tot aanpassing van levertijdstippen, tussen leverancier en MR Logistics, is verwerkt in SAP R3. Indien er bijvoorbeeld overeenstemming is geweest dat een (deel van een) order op een later tijdstip geleverd zou worden dan gepland, maar dit niet in SAP R3 is verwerkt, is dit hierboven als ‘te laat’ gemeten, maar in de praktijk toch als ‘op tijd’ ervaren.

Deze meting geeft aan, dat de leverprestatie van (enkele) leveranciers moet worden verbeterd om te voorkomen dat een onderbroken materiaalstroom het productieproces belemmert. Uit metingen over 2004 blijkt dat 30 procent van manco’s in de fabriek, te wijten is aan ‘te laat’ geleverde materialen. Overigens moet nadere analyse aangeven wat de oorzaken zijn van deze levertijdoverschrijdingen door leveranciers.

3.1.4 Conclusie

Samenvattend wordt gesteld dat de *capaciteitscoördinatie* binnen MR niet de primaire focus heeft, omdat deze voldoende is voor de voorspelde klantvraag. Extra aandacht gaat uit naar de *materiaalcoördinatie*, waarbij gebruik gemaakt wordt van het Material Requirement Planning (MRP-I) algoritme.

De insteek van een rollend MPS met een *fixed fence* van vier weken is goed, maar niet voldoende om de nervositeit op lager niveau in het netwerk te elimineren. Tussen de langste cumulatieve doorlooptijd (28 weken) en de *fixed fence* van het MPS bestaat echter geen enkele balans.

Daarnaast maakt het idee om aan de klantwensen te voldoen, de materiaalcoördinatie tot een dynamischer proces dan het hanteren van een MRP principe in een pure *Make-To-Stock* situatie. Hierbij wordt de kanttekening geplaatst dat materiaalleveringen van leveranciers over het algemeen matig zijn. MR Logistics heeft te maken met zeer lange levertijden, gemiddeld 10 weken. Ook heeft MR Logistics te maken met een *tardiness* (levertijdoverschrijding) voor materiaalleveringen van 34 procent van alle orderregels in 2003. Hierdoor heeft MR Logistics *niet* de gewenste flexibiliteit om de dynamiek in de klantvraag te volgen.

Aangezien materiaalcoördinatie al een kritieke factor is voor MR Logistics, verdient met name het proces van materiaalverwerving in de breedste zin extra aandacht. Hiervoor wordt verwezen naar het inkoopmodel van Van Weele (2001) waarbij het gehele inkoopproces (vanaf *selectie* tot en met *evaluatie*) is verdeeld in zes stappen.

3.2 Overige elementen Material Requirement Planning

In deze paragraaf wordt nog een aantal elementen van het MRP systeem van MR aangestipt, welke van invloed zijn op de dynamiek binnen de materiaalcoördinatie.

3.2.1 Verwerking van wijzigingen

De berekening van toekomstige materiaalbehoefte (MRP run) wordt één maal per week gedraaid. Ieder weekend wordt berekend wat de nieuwe materiaalbehoefte is, voor de wijzigingen die in het MPS hebben plaatsgevonden. Dit is de methode van 'Regeneration' (Silver, 1998) waarbij een time-bucket van één week wordt gehanteerd. De gevolgen van alle wijzigingen die tijdens een week plaatsvonden, worden pas op maandag zichtbaar. Hierdoor is het moeilijk om het overzicht te bewaren, welke operationele verandering in het systeem voor (significante) problemen zorgt met betrekking tot materiaalverwerving.

De tegenovergestelde variant van regeneratie is 'net change', waarbij elke wijziging direct verwerkt wordt voor de toekomstige materiaalbehoefte. Silver (1998) vindt het voor de hand liggend dat een up-to-date methode, zoals het 'net change' principe, meer wenselijk is. Daarnaast is de dataverwerking beter verdeeld over de tijd.

Echter, hierbij wordt een waarschuwing gegeven voor een aantal potentiële problemen bij het eventueel omschakelen van *regeneratie* naar *net change*. Ten eerste worden eerder gemaakte fouten sneller verspreid in het systeem. Omdat MR Logistics in een dynamische omgeving opereert, is er al verhoogde kans op (plannings-)fouten. Het verspreiden naar lagere niveaus geeft dan de nodige risico's. Daarnaast moet worden bepaald hoe snel geacteerd zal worden op de veranderingen, te frequente verwerking van veranderingen leidt tot onnodige instabiliteit. Bijvoorbeeld, wanneer de omvang van een order frequent verandert voor aanvang van productie, kan dit tot gevolg hebben dat werknemers in de fabriek het plan niet meer geloven.

Tot slot is *net change* minder efficiënt vanuit het perspectief van dataverwerking. Voor MR Logistics geldt dat de diepe BOM structuur (tot niveau tien) een significante rekencapaciteit vergt, bij slechts enkele veranderingen in de planning.

Krupp (1984) geeft aan dat in geval van een nerveus MRP systeem, waarbij sprake is van veel re-schedule boodschappen, *net change* niet wenselijk is voor de inkoopafdeling: "... a buyer can become so inundated with delivery change requests that he finds himself in a situation where he cannot feasibly meet the demands of the system. (pp. 19)". Gezien de huidige nervositeit is omschakeling voor MR Logistics naar *net change* niet aan de orde (zie ook paragraaf 3.1.2, de Leadtimes van materialen).

3.2.2 BOM

De *Bill of Material* geeft de hiërarchische productstructuur (tot met niveau tien) voor de diverse systeemconfiguraties. Naast deze diepe structuur, is ook een aantal divergente stromen aanwezig (één onderdeel met meerdere *parents*), waardoor de BOM als complex te typeren is.

Naast deze complexe structuur verandert de BOM ook in de tijd (vertoont dynamisch gedrag). Zo worden materialen vervangen door zowel een *evolutie* van het bestaande onderdeel (vaak met een puntnummer wijziging tot gevolg), als een *radicaal* herontwerp.

Deze aanpassingen worden verdeeld in mate van urgentie, waarbij de twee extremen zijn dat *a)* het oude materiaal nog gebruikt kan worden, maar op termijn vervangen zal worden en *b)* het oude materiaal niet meer bruikbaar is en per direct vervangen dient te worden.

Met name deze laatste eigenschap (dynamisch gedrag) geeft aan dat met betrekking tot materiaalcoördinatie niet alleen de gewenste *hoeveelheid* en *levertijd* gecommuniceerd moet worden naar leveranciers, maar ook de *meest recente specificaties* van het onderdeel. Het wijzigingsproces is *projectmatig* georganiseerd, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen wijzigingen in het reguliere en non-reguliere productieproces.

Dit wijzigingsproces zal gevolgen hebben voor de voorspelling van (enkele) toekomstige materiaalbehoeften, maar omdat het een niet regulier proces is, zal waar mogelijk de variatie in de voorspelling ten gevolge van wijzigingen niet worden meegenomen in de meting.

3.2.3 Routing

De huidige productiestructuur is afgeleid van de BOM waarbij gewerkt wordt met *shoporders*. Een shoporder wordt gegenereerd indien een onderdeel op een bepaald niveau in het netwerk benodigd is. Dit onderdeel wordt geproduceerd (geassembleerd) uit één of meerdere *subonderdelen*, met als gevolg dat ook materiaalbehoefte ontstaat voor onderliggende subonderdelen.

Deze materiaalbehoefte ontstaat indien de voorraad van het betreffende subonderdeel onvoldoende is voor assemblage van het benodigde bovenliggende onderdeel. Dit voorraadtekort genereert een shoporder voor het subonderdeel en dit proces wordt herhaald voor alle onderliggende subonderdelen. De voorraadpunten (buffers) ontkoppelen dus de materiaalstroom vanaf inkoopartikelen tot aan eindproduct.

Momenteel loopt een project om te assembleren zonder tussenvoorraden en met behulp van *phantom-orders*. Hierbij wordt een enkele shoporder gegenereerd voor een onderdeel op level 1. Dit genereert geen verdere shoporders voor benodigde subonderdelen, maar phantom-orders voor de benodigde subonderdelen, met als doel een meer continue materiaalstroom te creëren. Voorwaarde is echter dat extern verworven materialen (inkoopartikelen) voldoende voorradig zijn, zodat de start van assemblage niet gehinderd wordt. Hierdoor gaat wederom extra aandacht uit naar materiaalverwerving.

3.2.4 Materiaalvoorspelling

Om leveranciers te ondersteunen bij het plannen van eigen productie, geeft MR Logistics een voorspelling af van haar toekomstige materiaalbehoefte, *supplier forecast* (Stadtler, 2000). Van de 130 leveranciers zijn er 63 geselecteerd welke een significant aandeel van de inkoopwaarde hebben of een kritiek materiaal leveren. De voorspelling kan de leverancier helpen om te anticiperen op verandering (toe- of afname) van de vraag naar een bepaald materiaal. Hoe nauwkeuriger deze voorspelling is, hoe beter de leverancier geholpen wordt bij het plannen van productie.

Deze voorspelling is gebaseerd op het MPS en doorgerekend aan de hand van de BOM, welk materiaal met bepaalde hoeveelheid voor komende perioden benodigd is. Minimaal elke maand wordt er een voorspelling afgegeven door MR Logistics aan de geselecteerde leveranciers.

Echter, alle wijzigingen die dagelijks plaatsvinden op diverse niveaus in het MRP systeem, worden ieder weekend doorgerekend in de MRP run. Aangezien de wijzigingen die wekelijks plaats vinden, al grote gevolgen hebben voor materiaalverwerving (aantal reschedule in- & outsignalen), is een maand als interval tussen twee voorspellingen erg lang.

In de nabije toekomst zullen in het kader van het SMOI – project (zie paragraaf 2.5) de voorspellingen worden afgegeven met behulp van de software NoTurne, een *web-based* applicatie. Hierbij wordt op dagelijkse basis een download van het MPS uit SAP R3 gemaakt en gecommuniceerd naar de leveranciers. Hiermee zal het probleem van het grote interval tussen voorspellingen verholpen worden, maar blijft de vraag staan in welke mate de voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte varieert ten opzichte van het werkelijk verbruik (zie de probleemstelling in paragraaf 2.6). Deze variatie wordt verder behandeld in paragraaf 3.4.

Aangezien slechts een selectie van leveranciers in aanmerking komt voor het SMOI project, blijft overeind staan dat de communicatie (over toekomstige materiaalbehoefte) met overige leveranciers kan worden verbeterd.

3.3 Prestatiemeting

Om een oordeel te kunnen geven over de nauwkeurigheid van de toekomstige materiaalbehoefte, welke afgegeven wordt aan de leveranciers van MR, volgt hieronder allereerst een overzicht van beschikbare prestatie-maten, waarna een keuze wordt gemaakt hoe de nauwkeurigheid wordt gemeten.

3.3.1 Beschikbare prestatie-maten

Om de prestatie van een voorspelling te meten, is een aantal prestatie-maten beschikbaar. Over het algemeen zijn de prestatie-maten gebaseerd op de voorspelfout (e_t) van een voorspelling, welke gedefinieerd is als het verschil tussen voorspelde waarde (\hat{Y}_t) voor tijdstip t en werkelijke waarde (Y_t) op tijdstip t (Makridakis, 1998):

$$\text{Forecast Error} \quad e_t = \hat{Y}_t - Y_t \quad [3.3.1]$$

Grofweg kan een onderscheid gemaakt worden tussen *absolute* en *relatieve* prestatie-maten. Hieronder volgt een overzicht van een aantal veel gebruikte prestatie-maten, uit de totale verzameling van prestatie-maten. Voorbeelden van absolute maten, zijn:

$$\text{a) } ME \quad (\text{Mean Error}) \quad = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad [3.3.2]$$

$$\text{b) } MAD \quad (\text{Mean Absolute Deviation}) \quad = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad [3.3.3]$$

$$\text{c) } MSE \quad (\text{Mean Square Error}) \quad = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad [3.3.4]$$

$$\text{d) } RMS \quad (\text{Root Mean Square}) \quad = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n e_t^2 \right)} \quad [3.3.5]$$

Chatfield (2001) staat hier stil bij het kwadraat in de MSE en de RMS, dat tot een onevenredige toename van de voorspelfout leidt. Hierdoor wordt extra nadruk gelegd op uitschieters in de voorspelfout. Een alternatief dat geboden wordt, zijn prestatie-maten die de relatieve voorspelfout beoordelen.

$$\text{e) } PE \quad (\text{Percentage Error}) \quad = \left(\frac{\hat{Y}_t - Y_t}{Y_t} \right) * 100\% \quad [3.3.6]$$

$$\text{f) } MPE \quad (\text{Mean Percentage Error}) \quad = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t \quad [3.3.7]$$

$$\text{g) } MAPE \quad (\text{Mean Absolute Percentage Error}) \quad = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad [3.3.8]$$

O'Conner (1998) geeft nog een alternatief voor de MAPE, omdat deze de voorspelfout niet symmetrisch zou weergeven. Het aangedragen alternatief voor de MAPE is:

$$\text{h) } sMAPE \quad (\text{symmetric Mean Absolute Percentage Error}) \quad = \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{(Y_t + \hat{Y}_t)/2} * 100\% \quad [3.3.9]$$

De sMAPE biedt hier een oplossing voor relatieve prestatie-maten waarbij de werkelijke waarde nul bedraagt. Het is dan toch mogelijk om een indicatie te geven voor de afwijking, aangezien gedeeld wordt door het gemiddelde van de werkelijke én voorspelde waarde. Echter, volgens Goodwin (1999) is deze sMAPE weer asymmetrisch ten opzichte van de APE (Absolute Percentage Error) waardoor een vertekend beeld kan ontstaan ten opzichte van de originele MAPE.

Naast de hierboven vermelde absolute en relatieve maten, is er nog een aantal statistische prestatie-maten voorhanden, zoals:

$$\text{i) } SSE \quad (\text{Sum of Squared Errors}) \quad = \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad [3.3.10]$$

$$\text{j) } RSE \quad (\text{Residual Standard Error}) \quad = \sqrt{\sum_{t=1}^n e_t^2 / (n-1)} \quad [3.3.11]$$

Deze laatste prestatie-maat (RSE) komt overeen met de berekening voor de standaard deviatie, ofwel de 'sample standard deviation s ' (Montgomery, 1994). Het gebruik van de (sample) standard deviation komt ook terug in een relatieve maat, te weten:

$$\text{k) } CV \quad (\text{Coefficient of Variation}) \quad = \frac{s}{\bar{x}} \quad \text{óf} \quad \frac{\sigma}{\mu} \quad [3.3.12]$$

Verder is het mogelijk om twee of meerdere voorspellingsmethoden te vergelijken op basis van meer dan één dataset. Hiervoor merkt Chatfield (2001) op dat de foutmeting schaalonafhankelijk dient te zijn (pagina 155) en reikt technieken aan als:

- *Pairwise comparison*
- *Percentage errors*
- *Theil coefficients*

Aangezien binnen MR Logistics de voorspelling voor ieder artikel op dezelfde manier opgesteld wordt, als afgeleide van het MPS, met behulp van het MRP algoritme, zijn deze maten niet van toepassing. Het gebruik van relatieve foutmeting zou wel bruikbaar zijn, wanneer de variatie tussen artikelen uit verschillende categorieën (A,B of C) vergeleken wordt. Zie hiervoor de volgende paragraaf, 3.4.

Ook zijn er nog prestatie maten, welke niet worden berekend aan de hand de voorspelfout (e_t). Een voorbeeld hiervan is de relatieve maat:

$$l) \text{ 'Attainment' } = (\hat{Y}_t / Y_t) * 100\% \quad [3.3.13]$$

Toepassing van 'Attainment' als prestatie maat wordt soms aangeraden door de eenvoud en blijkt regelmatig te worden gebruikt voor financiële doeleinden. Deze maat is echter minder toepasbaar voor het verbeteren van een voorspelproces (Chase, 1995).

Tot slot wordt door Ritzman (1991) nog opgemerkt dat de voorspelfout verdeeld kan worden in twee elementen, de *Bias* en de *Variatie*. Bias is een structurele afwijking van de voorspelling, een positieve bias geeft aan dat er structureel teveel wordt voorspeld, bij een negatieve bias te weinig.

Silver (1998) adviseert een drietal maten voor het berekenen van de *bias*, te weten de *Cumulative Sum of Forecast Errors (CFE)*, *Smoothed Error Tracking Signal* en *Serial Correlation of Forecast Errors*. Naast deze structurele afwijking geeft een *variatie* aan hoe de werkelijkheid fluctueert ten opzichte van de voorspelling, waarvoor Silver (1998) de prestatie maten *MSE*, *MAD* en *MAPE* adviseert.

3.3.2 Keuze prestatie maat voor MR Logistics

Hieronder volgt de keuze van de prestatie maten, waarmee de prestatie van de voorspellingen van MR Logistics naar haar leveranciers kan worden beoordeeld. Om een overwogen keuze te maken, is literatuur geraadpleegd met betrekking tot de onderwerpen *Forecasting* en *Material Requirement Planning*. In een aantal artikelen maakt men gebruik van bepaalde prestatie maten, maar ontbreekt vaak de motivatie voor die specifieke prestatie maat. Dit wordt bevestigd door Ahlburg (1992), waarin wordt aangegeven dat het lastig is om de motivatie voor een bepaalde keuze te achterhalen.

Ten eerste wordt gekeken naar de elementen van de voorspelfout, *bias* en *variatie*. Om de bias te meten, wordt gebruik gemaakt van de *CFE*, welke gedefinieerd is als (Silver, 1998):

$$m) \text{ CFE (Cumulative Forecast Error) } \quad CFE_t = CFE_{t-1} + e_t \quad [3.3.14]$$

Wanneer het resultaat van de CFE grafisch wordt uitgezet tegen de tijd (t), geeft de *slope* van de grafiek de bias van de voorspelling. Wanneer *n* maal een voorspelling is opgesteld, volgt,

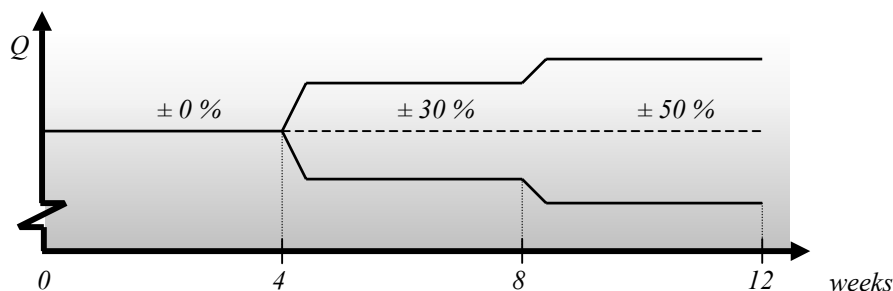
$$n) \text{ Bias } = CFE / n \quad [3.3.15]$$

Dit komt overeen met Enns (2002), waarin de bias omschreven wordt als de gemiddelde afwijking tussen de voorspelling en de werkelijke waarde. De bias is hiermee gelijk aan de *Mean Error*. Ook Chatfield (2001) draagt de *Mean Error* aan als prestatie maat voor het meten van *bias*.

De ME wordt berekend volgens formule [3.3.2], waarbij een *positieve* bias aangeeft dat er meer is voorspeld dan werkelijk is afgenomen, een *negatieve* bias dat er te weinig is voorspeld. Zie hiervoor de definitie van de voorspelfout, formule [3.3.1].

Om de variatie van de voorspelling te meten, wordt gekozen voor een relatieve prestatie maat om een vergelijking te kunnen maken tussen de prestatie van artikelen uit de drie categorieën (A, B en C). Om uiteindelijk een oordeel te kunnen geven over de nauwkeurigheid van de voorspelling voor toekomstige materiaalbehoeften, wordt het logistiek prestatie contract als maatstaf genomen. Dit contract wordt momenteel afgesloten met een aantal leveranciers. Tijdens onderhandelingen met leveranciers over de specifieke voorwaarden, kan op (enkele) punten worden afgeweken.

Met betrekking tot gewenste *flexibiliteit* is over het *algemeen* afgesproken dat vier weken voor levering, de totale orderhoeveelheid voor deze vier weken niet meer mag veranderen. De periode hierna (vijf tot acht weken) mag de totale orderhoeveelheid 30 procent afwijken van de totale voorspelde hoeveelheid. Tot slot mag in de derde periode de totale orderhoeveelheid 50 procent mag afwijken van de totale voorspelde hoeveelheid. Hieronder volgt in figuur 3.3 een schematisch overzicht van de situatie.



Figuur 3.3 Gevraagde flexibiliteit in logistiek prestatiecontract

Hierbij wordt expliciet vermeldt dat de eerste periode van nul procent los staat van het *fixed fence* van het MPS, zoals in paragraaf 3.1.2 is beschreven. Vanaf $t=0$ geldt dat het MPS voor geplande productieorders de komende vier weken niet gewijzigd zal worden. In de *Logistic Agreements* is echter afgesproken dat er géén variatie zal zijn in de *totale* materiaallevering tijdens de aankomende vier weken vanaf $t=0$.

De berekening in de logistieke contracten van deze waarden komt overeen met de definitie van de *Percentage Error, PE*. Om de PE voor meerdere voorspellingen te kunnen bereken, wordt gebruik gemaakt van de *Mean Percentage Error, MPE*. Het nadeel van de MPE is dat wanneer er wél sprake is van voorspelfouten, de uitkomst toch nul procent kan zijn. Om nu toch te kunnen meten wat de variatie is, wordt ook gebruik gemaakt van de *Mean Absolute Percentage Error, MAPE*.

De moeilijkheid bij gebruik van deze relatieve maten, is dat er perioden zijn waarvoor niets besteld wordt. Dit geldt met name voor C artikelen, waarbij voor enkele perioden achtereen niets wordt besteld. Bij berekening van de relatieve maat, zou de gemeten afwijking door nul gedeeld moeten worden. Omdat dit niet mogelijk is, maar het toch wenselijk is om de prestatie te meten tussen artikelen van de drie categorieën, is ook gekozen voor de *Coefficient of Variation, CV*. De maat wordt berekend aan de hand van formule [3.3.12] met als kanttekening dat de gemeten standaard afwijking van de voorspelfout (σ_e), gerelateerd wordt aan de gemiddelde vraag (μ_D) per periode, geformuleerd als:

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ Coefficient of Variation} &= \sigma_e / \mu_D & [3.3.16] \end{aligned}$$

3.4 Opzet van de meting

Om de betrouwbaarheid van de voorspellingen te meten, zijn oude voorspellingen opgevraagd bij leveranciers, omdat deze niet meer beschikbaar waren binnen MR Logistics. Deze werden slechts tijdelijk bewaard voor een periode van drie maanden.

Een aantal leveranciers heeft de oude voorspellingen (vanaf augustus 2003 tot en met mei 2004) geretourneerd voor het onderzoek naar de betrouwbaarheid. Niet alle informatie was bruikbaar, zo waren voorspellingen van Stork dusdanig gemodificeerd dat deze niet meer bruikbaar waren. De voorspellingen die meegenomen zijn in de meting, waren afkomstig van:

- Copley Controls Corporation
- Inno Metaal B.V.
- Inno Assembly B.V.
- Neways Heerlen B.V.
- Tesla Engineering Limited

In bijlage 2 staat een overzicht van alle getoetste materiaalnummers. De status van een toekomstige materiaalbehoefte in een voorspelling is *Order, Forecast of Repair*. Ten behoeve van de meting is status Repair niet meegenomen, omdat dit niet het reguliere proces vertegenwoordigt.

Om de voorspelfout (e_i) te bereken, zijn voorspelde hoeveelheden voor de diverse materialen vergeleken met de orderhoeveelheden die uiteindelijk gefactureerd zijn. Ook bij orderhoeveelheden bestaat onderscheid tussen status Return (Repair), Nieuwe Bestelling (NB), Automatic Order (AO), Migrated en Inter-plant (UB). Voor de meting zijn alleen de orderhoeveelheden met status NB, AO en UB meegenomen, aangezien deze het reguliere proces vertegenwoordigen.

In de voorspellingen is de hoeveelheid materiaal gekoppeld aan een datum. Met behulp van *Microsoft Access*™ is de hoeveelheid materiaal op verschillende data geaggregeerd naar maandniveau, om de meting volgens het logistiek prestatiecontract uit te voeren.

Het resultaat dat naar voren komt in *Microsoft Access*™ bij invoer van een materiaalnummer, is overgezet naar *Microsoft Excel*™ om de voorspelfout volgens bovengenoemde prestatiematen te kunnen berekenen.

Overigens is al opgemerkt dat het niet mogelijk is de *Percentage Error* te berekenen, zie formule [3.3.6], wanneer de werkelijke hoeveelheid nul bedraagt. Hiervoor is bij de berekening een uitzondering gemaakt. Indien de voorspelde hoeveelheid groter is dan nul en de werkelijke hoeveelheid nul bedraagt, geeft dit een maximale afwijking voor de leverancier, formeel volgens het criterium [3.4.1].

$$\text{Indien, } \hat{Y}_t > 0 \text{ en } Y_t = 0, \text{ dan } PE = 100 \% \quad [3.4.1]$$

Gegeven het idee van maximale afwijking voor de leverancier, is de hoogte van deze afwijking arbitrair op 100 procent gesteld.

Om het *eindresultaat* niet te laten verstoren door uitschieters, wordt een tweetal criteria gehanteerd. De resultaten van de twee gebruikte relatieve maten, *Mean Percentage Error* (MPE) en *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) zijn gelimiteerd volgens:

$$-100 \% \leq MPE \leq +100 \% \quad [3.4.2]$$

$$0 \% \leq MAPE \leq +100 \% \quad [3.4.3]$$

Een alternatief is om op een lager meetniveau de verworven resultaten te beperken volgens bovenstaande criteria. De waarden van de *PE* en *APE* zouden dan niet minder dan respectievelijk -100 en nul procent en niet meer dan 100 procent kunnen bedragen. Echter, indien in de praktijk sprake is van significante variatie, zal een vertekend beeld ontstaan wanneer deze variatie al in een vroeg stadium van de meting wordt begrensd.

Voor alle geteste materiaalnummers zijn uiteindelijk de volgende maten berekend. Hierbij staan de nummers achter de maten voor de periode waarin het gemeten is.

- 1. Periode 1, de eerste maand vanaf $t = 0$ tot $t = 1$;
- 2. Periode 2, de tweede maand ná $t = 0$, van $t = 1$ tot $t = 2$;
- 3. Periode 3, de derde maand ná $t = 0$, van $t = 2$ tot $t = 3$.

	MAAT	TOELICHTING
1.	$\sigma_e 1$	Standaard deviatie van de voorspelfout e voor periode 1
2.	$\sigma_e 2$	Standaard deviatie van de voorspelfout e voor periode 2
3.	$\sigma_e 3$	Standaard deviatie van de voorspelfout e voor periode 3
4.	μ_D	Gemiddelde vraag over de gemeten periode
5.	CV 1	Variatiecoëfficiënt voor periode 1
6.	CV 2	Variatiecoëfficiënt voor periode 2
7.	CV 3	Variatiecoëfficiënt voor periode 3
8.	BIAS	Structurele afwijking op basis van de voorspelfout in periode 1
9.	ME 1	Mean Error voor periode 1
10.	MPE 1	Mean Percentage Error voor periode 1
11.	MPE 2	Mean Percentage Error voor periode 2
12.	MPE 3	Mean Percentage Error voor periode 3
13.	MAPE 1	Mean Absolute Percentage Error voor periode 1
14.	MAPE 2	Mean Absolute Percentage Error voor periode 2
15.	MAPE 3	Mean Absolute Percentage Error voor periode 3

Tabel 3.1 Toelichting bij gebruikte prestatiematen

Classificatie van materiaalcodenummers

De resultaten per materiaalnummer zijn uiteindelijk toegekend aan een categorie (A, B of C). Hiervoor zijn alle inkoopmaterialen gegroepeerd naar omzet (*Quantity * standard Price*), waarbij de categorieën verdeeld zijn aan de hand van onderstaande intervallen. De grenzen van deze intervallen zijn vastgesteld binnen MR Logistics. Een materiaal behoort tot categorie

- A, indien de omzet meer is dan € 130.000,- per jaar;
- B, indien de omzet ligt tussen € 20.000,- en € 130.000,- per jaar;
- C, indien de omzet ligt tussen € 0,- en € 20.000,- per jaar.

Voor het afgelopen jaar was de *totale* waarde van ingekochte goederen gelijk aan € 258.698.501 miljoen euro voor 2.254 verschillende artikelen. Na groepering is de verdeling als volgt:

CATEGORIE	AANTAL ARTIKELEN	OMZET (Q * P)	AANDEEL (%)
A	160	€ 236.534.132	92 %
B	323	€ 16.718.753	6 %
C	1.771	€ 5.445.616	2 %
Totaal	2.254	€ 258.698.501	100 %

Tabel 3.2 *ABC classificatie voor alle materiaalcodenummers*

Indien de artikelen (26 stuks) van IGC Magnet Business Group naast analyse ook worden uitgesloten van deze classificatie, wordt de volgende verdeling verkregen:

CATEGORIE	AANTAL ARTIKELEN	OMZET (Q * P)	AANDEEL (%)
A	148	€ 106.233.595	83 %
B	318	€ 16.567.041	13 %
C	1.762	€ 5.416.107	4 %
Totaal	2.228	€ 128.216.743	100 %

Tabel 3.3 *ABC classificatie voor alle materiaalcodenummers, exclusief IGC Magnet group*

Opvallend is het aandeel van *50,4 procent* van IGC Business Magnet Group in de totale inkoopwaarde. Echter, zoals eerder aangegeven (zie paragraaf 2.2) wijkt deze productstroom sterk af van de reguliere stroom en wordt daarom uitgesloten van deze classificatie.

De artikelen waarvan de variatie gemeten is, vertegenwoordigen een deel van het totaal aantal artikelen. Uit elke groep is een aantal artikelen getoetst.

CATEGORIE	AANTAL ARTIKELEN	SAMPLE SIZE (#)	SAMPLE SIZE (%)
A	148	18	12 %
B	318	32	10 %
C	1.762	206	12 %
Totaal	2.228	256	11 %

Tabel 3.4 *Aantal getoetste materiaalcodenummers per categorie (A, B of C)*

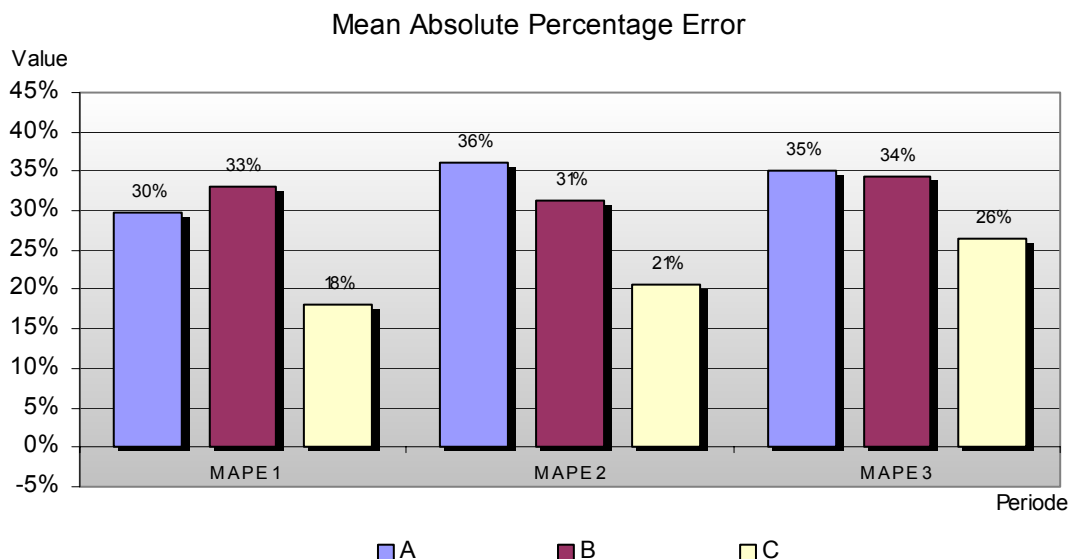
3.5 Resultaten prestatiemeting

De resultaten die verkregen zijn bij uitvoering van bovenstaande meting worden in deze paragraaf besproken. Om het overzichtelijk te houden, zijn de resultaten van de prestatiematen *gemiddeld* per categorie. Hierbij wordt dan ook de kanttekening gegeven dat een vertekend beeld kan ontstaan in vergelijking tot de resultaten per individueel materiaalcodenummer. In bijlage 3 is daarom een overzicht ingevoegd van alle verworven resultaten per gemeten materiaalcodenummer.

Aangezien in de logistieke contracten geen gebruik gemaakt wordt van de prestatiematen *Mean Percentage Error* (MPE) en de *Coefficient of Variation* (CV), kan uit deze resultaten niet geconcludeerd worden of MR Logistics voldoet aan de gestelde norm. In bijlage 4 is daarom een overzicht opgenomen van resultaten die verkregen zijn volgens de MPE en de CV.

3.5.1 Variatie

Het element *variatie* van de voorspellingen is gemeten aan de hand van de *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Uit figuur 3.4 komt naar voren dat er variatie gemeten is in elke periode volgens het logistieke contract. Dit is in tegenstelling tot de gemaakte afspraken, waarbij voor de eerste vier weken afgesproken is dat er géén variatie is. Daarnaast komt uit de meting naar voren dat er geen verschil is in variatie tussen de tweede (30 procent) en derde (50 procent) periode. In het logistieke contract wordt echter wél expliciet meer flexibiliteit (20 procent) van de leverancier gevraagd in de derde periode ten opzichte van de tweede periode.

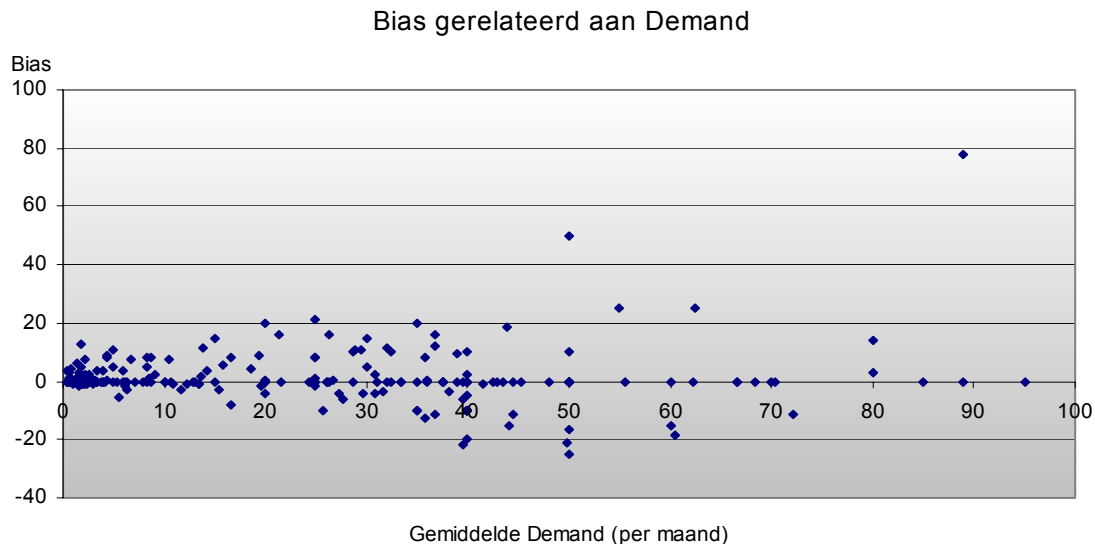


Figuur 3.4 Gemiddelde Mean Absolute Percentage Error per periode, per categorie

3.5.2 Bias

Doordat productieorders in het MPS regelmatig worden verschoven, wordt op voorhand verwacht dat er een structurele afwijking wordt gemeten. Het uitstellen van een productieorder welke niet gedekt is door een klantorder (*open slots*), zal *reschedule-out* signalen genereren. Aangezien afdeling Procurement normaliter niet op *out*-signalen reageert, wordt een positieve bias verwacht. Overigens geeft Lee (1986) aan dat een (lage) positieve bias de prestatie van een MRP systeem ten goede kan komen.

Voor weergave van de bias is niet gekozen om de waarden te middelen per categorie, maar een correlatie te onderzoeken tussen de gemiddelde vraag per maand en eventuele bias. Hierbij zijn enkele extreme waarden (*outliers*) uit het figuur weggelaten om de overige metingen toch overzichtelijk in beeld te krijgen.



Figuur 3.5 Gemiddelde Demand per maand met gemeten Bias

Uit figuur 3.5 komt naar voren dat zowel sprake is van *géén* (48%), *positieve* (29%) als *negatieve* (23%) bias voor alle gemeten materiaalcodenummers. Aan de hand van deze resultaten wordt geconcludeerd dat er sprake is van zowel positieve als negatieve bias. Echter, in tegenstelling tot bovenstaande verwachting is deze bias *niet* eenduidig positief.

3.6 Conclusie

Uit de meting is naar voren gekomen dat er bij voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte naar leveranciers afwijkingen gemeten zijn tussen voorspelde en werkelijke waarden. Aan de hand van de *MAPE* is te concluderen dat de *variatie* van de voorspellingen ongeveer gelijk is aan 30 procent, ongeacht de periode of productcategorie. Hierdoor wordt *niet* voldaan aan de voorwaarde uit de logistieke contracten met leveranciers over afgesproken flexibiliteit.

Daarnaast laat de *ME* zien dat er voor een aantal materiaalcodenummers (positieve of negatieve) *bias* gemeten is in de voorspellingen van toekomstige materiaalbehoefte. In tegenstelling tot eerdere verwachting is deze bias echter niet eenduidig positief.

4. ANALYSE

Nu er afwijkingen zijn gemeten tussen voorspelde en werkelijke waarden, rijst de vraag waar deze onnauwkeurigheid vandaan komt. In dit hoofdstuk volgt een nadere analyse naar de oorzaken van de gemeten variatie en bias in hoofdstuk 3. Aan de hand van literatuur zijn theoretische oorzaken van variatie bij gebruik van MRP in ketenlogistiek gezocht. Daarnaast zijn specifieke oorzaken voor MR Logistics achterhaald middels additionele interviews, observaties en kwantitatieve data.

4.1 Oorzaken van variatie gerelateerd aan het MRP-I algoritme

Aan de hand van literatuur is gezocht naar oorzaken van nervositeit. Door Bertrand (1998) en Silver (1998) wordt een aantal gebreken van *Material Requirement Planning (MRP - I)* gegeven met betrekking tot variatie van materiaalbehoeften.

4.1.1 Lead-times

Levertijden binnen MR worden bij gebruik van MRP niet beheerst, maar gegeven doorlooptijden worden aangenomen bij berekening van de planning. Dit hangt samen met het punt dat MRP - I geen rekening houdt met capaciteitsbronnen. In de praktijk is capaciteit beperkt beschikbaar waardoor levertijden zullen variëren. Hierdoor kan de berekende materiaalplanning niet altijd gerealiseerd worden. Het resultaat is een aantal signalen naar afdeling Planning, welke componenten of materialen urgent benodigd zijn.

Verder is in paragraaf 3.1.2 al gesteld dat nervositeit in een MRP systeem optreedt wanneer de duur van de *fixed fence* van het MPS (vier weken binnen MR Logistics) niet in verhouding is tot de duur van de (langste) cumulatieve materiaaldoorlooptijd (28 weken). Wijziging in het MPS ná deze *fixed fence* leidt dan tot wijziging in behoefte (voor het merendeel) van de materialen. Zie ook figuur 3.2 voor de verdeling van de materiaallevertijden binnen MR.

4.1.2 Lot sizes

Multi-item en Multi-level lot sizing wordt beschouwd als een moeilijk probleem, waarvoor optimale oplossingen niet voor de hand liggen. Hiervoor moet men gebruik maken van heuristieken, welke vaak niet toepasbaar zijn voor de specifieke situatie. Ook Vollmann (1997) geeft aan dat in een hiërarchische planning vaak verschillende lot-size technieken worden toegepast. Zie ook *Orderbatching* hieronder.

Daarnaast geeft Blackburn (1985) aan dat lot sizing een oorzaak is van variatie bij een nerveus MRP systeem indien de planningshorizon te krap gekozen is. Wanneer een periode later de horizon één periode opschuift, kan de berekende lot size uit de vorige periode ineens niet meer optimaal zijn en zal deze worden bijgesteld. Dit geeft een verandering in de toekomstige materiaalbehoefte naar leveranciers. Bij MR Logistics is deze oorzaak minder van toepassing, aangezien de planningshorizon minimaal 12 maanden bedraagt.

4.1.3 Safety Stock

De veiligheidsvoorraad is bedoeld om onzekerheid op te vangen. Echter, een MRP algoritme hanteert veiligheidsnormen rigide, waardoor de werking van deze buffer wordt gehinderd. Wanneer het (geplande) voorraadniveau daalt tot het niveau van *safety stock*, genereert dit bij de volgende regeneratie een nieuw signaal, terwijl deze *safety stock* bedoeld is om de dynamiek van het systeem op te vangen tot de volgende voorraadaanvulling.

Binnen MR Logistics wordt voor verwerving van enkele materialen gebruik gemaakt van zowel *safety stock* als *safety leadtime*. Indien materiaal eerder óf later benodigd is door een verandering in het systeem, genereert dit bij regeneratie een *in-* respectievelijk *out-signaal*. Door deze *extra* signalen, de materiaalstroom is nog niet onderbroken, kan onnodig de perceptie versterkt worden dat er sprake is van nervositeit in het MRP systeem.

4.1.4 Data input & output

Elke verandering in het MRP systeem, moet worden ingevoerd om het systeem op basis van actuele informatie te kunnen aansturen. Deze invoer maakt het gebruik vaak omslachtig, maar geeft ook het risico dat het systeem niet altijd actueel is wanneer gebruikers verzuimen om nieuwe informatie te verwerken. Verder is uit onderzoek naar voren gekomen dat invoer van diverse *operationele* data van invloed is op de planning van toekomstige materiaalbehoefte.

Orderallocatie

Ondanks dat MR Logistics volgens het *Make-To-Stock* principe produceert, worden reeds ontvangen klantorders al gealloceerd aan geplande productieorders. Een *open slot* verandert dan in een *closed slot*, een productieorder met bijhorende klantorder. De planning van materiaalbehoefte schakelt dan van P-BOM (welke met fracties schat hoeveel materiaal benodigd is) naar de C-BOM (waarbij berekend wordt of een materiaal wél of niet meegaat).

De duur tussen vraagdatum en datum voor geplande orderontvangst bij de klant is gemiddeld 79 dagen met een standaard deviatie van 53 dagen. Hieruit is op te maken dat orderallocatie zowel buiten als binnen de *fixed fence* plaatsvindt.

Move –in/ –out

Wanneer een klantorder eenmaal gealloceerd is aan een productieorder, wordt deze order nog wel eens verschoven in de tijd. De hoofdreden hiervoor is de wens om de productie *due date* af te stemmen op het project van de klant, de verbouwing van het ziekenhuis om de MRI scanner te installeren. Uit data over januari tot augustus 2004 is naar voren gekomen dat gemiddeld 61 procent van *alle* klantorders één of meerdere keren verschuift.

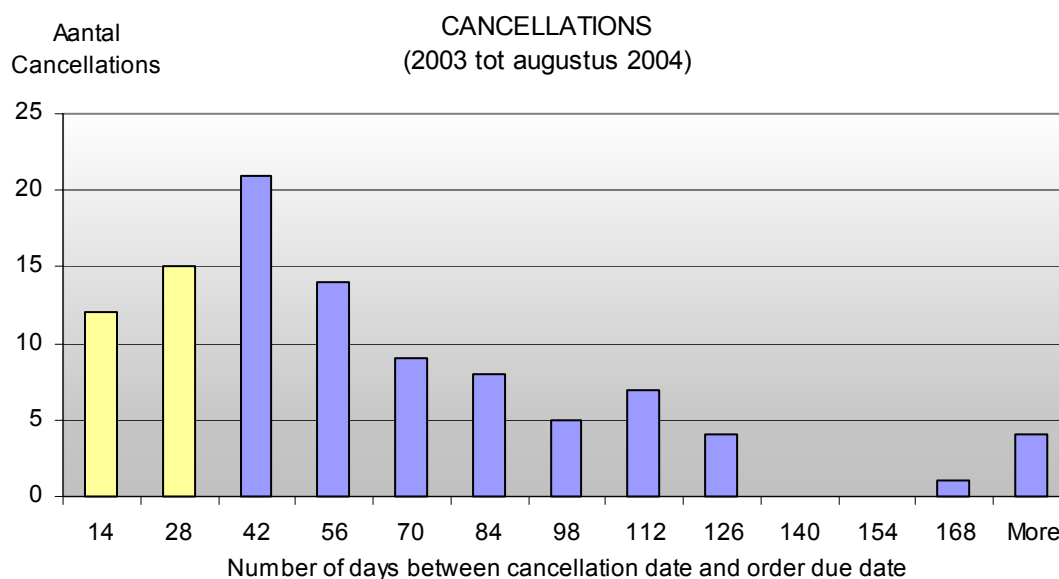
Van alle verschuivingen wordt 24 procent naar voren verplaatst met gemiddeld 4,7 weken, 62 procent naar achteren met gemiddeld 6,6 weken en tot slot verschuift 14 procent binnen de oorspronkelijke week van levering (\approx *fine tuning*). In absolute aantallen is gebleken dat per week gemiddeld 13 verschuivingen zijn, waarvan gemiddeld 3 orders zich reeds binnen de *fixed fence* bevinden.

Deze verschuivingen zijn van invloed op de onderliggende materiaalbehoefte van de orders, aangezien het MRP algoritme is opgebouwd aan de hand van een tijdsafhankelijke planning. Indien de *due date* verschuift, verschuiven ook alle onderliggende “*sub – due dates*” wanneer de benodigde componenten gereed moeten zijn. Hiervoor geldt echter één uitzondering binnen MR Logistics. Wanneer een order in de *fixed fence* verschoven wordt, blijft de productieorder voor de systeemtest (MRS) staan op de oorspronkelijke “*sub – due date*”, de “*sub – due dates*” van alle overige componenten en materialen die niet in MRS benodigd zijn, verschuiven wel mee.

Cancellations

Naast het schuiven van orders worden er ook orders afgezegd. In de periode van januari 2003 tot en met augustus 2004 zijn er 100 orders gecancelled, een gemiddelde van 5 orders per maand. Dit geeft een indicatie van *shortage gaming* door de klant zoals in paragraaf 4.1.7 is behandeld. Echter, het merendeel van deze afzeggingen heeft te maken met de omschakeling van de Intera naar Achieva productlijn en hebben plaatsgevonden in het voorjaar van 2004.

Hieronder is in figuur 4.1 een overzicht gegeven van het aantal dagen tussen de *order due date* en het moment waarop de order afgezegd is. Hieruit komt naar voren dat een aantal orders afgezegd is binnen de *fixed fence* (28 dagen) van MPS.



Figuur 4.1 Periode tussen order due date en tijdstip van cancellation

Deze *cancellations* hebben direct gevolgen voor de materiaalcoördinatie doordat materiaalcoördinatie na een afzegging weer gepland wordt volgens P-BOM in plaats van C-BOM, waardoor sommige materialen na omschakeling weer wél of niet benodigd zijn.

Overige mutaties

Naast deze wijzigingen met betrekking tot de planning van orders en bijhorende materiaalbehoefte, vinden er operationele wijzigingen plaats, zoals voorraadmutaties: afboeken van materiaal door afkeur of vervanging in geval van *puntnummer-wijziging* en overige wijzigingen. Hierdoor kan de toekomstige materiaalbehoefte veranderen. Bijvoorbeeld wanneer een batch bij aankomst afgekeurd wordt, heeft de leverancier vaak niet ineens nieuwe materialen beschikbaar. De volgende uitstaande order zal dan naar voren geschoven moeten worden om te voorkomen dat de materiaalstroom onderbroken wordt. De afgekeurde order wordt teruggestuurd ter reparatie en zal een aantal weken later opnieuw geleverd worden aan MR Logistics. Tot het moment van deze reparatielevering zullen alle uitstaande orders naar voren geschoven worden. In het geval van afkeur en reparatieorders zal er dus variatie gemeten worden in toekomstige materiaalbehoefte, omdat de geplande order hoeveelheid niet overeenkomt met de gefactureerde hoeveelheid.

Wijzigingen in het MPS binnen de fixed fence periode

Voor een gedeelte van de periode waarover de voorspellingen naar leveranciers gemeten zijn in hoofdstuk 3, is achterhaald dat de vier weken *fixed fence* van het MPS in de periode vanaf januari 2004 niet gerespecteerd is. Zie ook bijlage 1, waarin de diverse MPS plannen vanaf januari 2004 weergegeven zijn.

Zoals in paragraaf 4.1.4 is gesteld hebben deze wijzigingen binnen de *fixed fence* echter géén gevolgen voor de *sub – due dates* van componenten en materialen bij de systeemtest (MRS). Overige materiaalbenodigdheden schuiven wel mee in deze tijdsafhankelijke planning volgens het MRP algoritme. Ondanks dat het door beperkte beschikbaarheid van data niet mogelijk is om de relatie te berekenen tussen wijzigingen in het MPS en onderliggende materiaalbehoefte voor deze specifieke periode, heeft dit naar verwachting de voorspelling van materiaalbehoefte verstoord.

4.2 Oorzaken van variatie gerelateerd aan SCM

Naast deze gebreken van MRP met betrekking tot variatie in de materiaalcoördinatie worden er nog meer tekortkomingen van MRP gegeven. Hiervoor wordt verwezen naar Bertrand (1998) en Silver (1998). Daarnaast geeft Lee (1997) nog vier hoofdoorzaken van variatie in het perspectief van Supply Chain Management, ook wel benoemd als *'the bullwhip effect'*.

4.2.1 Demand Forecast Updating

De eerste oorzaak van de bullwhip effect is *demand forecast updating*. Voor diverse operationele processen bij een fabrikant, zoals production scheduling, inventory control, capacity planning, worden voorspellingen opgesteld voor de verwachte klantvraag. Ondanks dat voorspelling van klantvraag op zichzelf al een moeilijke exercitie is, wordt dit proces gehinderd door gedragsfactoren zoals persoonlijke percepties en wantrouwen. Dit kan leiden tot versterking van de vraagvariatie wanneer materialen worden besteld bij de leveranciers stroomopwaarts in de keten.

Eerder is al aangegeven dat het zeer moeilijk is om een accurate voorspelling op te stellen voor toekomstige klantvraag. Deze voorspelling is echter wel de basis voor het productieplan (MPS). Hieruit wordt met behulp van de BOM, gegeven leadtime en gewenste lot sizes de toekomstige materiaalbehoefte berekend. Onzekerheid bij voorspelling van eindvraag leidt tot variaties in het MPS en nervositeit in het onderliggende MRP systeem (Blackburn, 1985).

Binnen MR Logistics worden alle wijzigingen in het MRP systeem die gedurende een week plaatsvinden, verzameld en in het weekend verwerkt. Dit leidt tot een aantal (ongeveer 600) re-schedule boodschappen op maandagochtend voor uitstaande *Purchase Orders*. Regeneratie vindt dus plaats aan de hand van een *wekelijks* tijdsinterval.

De leveranciers worden echter na een *maandelijks* tijdsinterval voorzien van een nieuwe voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte van MR Logistics. Aangezien alle wijzigingen gedurende één week in het MRP systeem (ongeveer) 600 re-schedule boodschappen genereren op maandagochtend, is het niet verwonderlijk wanneer er sprake is van verschillen tussen voorspellingen van maand *i* en

maand j . Zie voor verschillen tussen maandelijksse voorspellingen de resultaten van de metingen in hoofdstuk 3. Ook Silver (1998) geeft aan dat bij gebruik van grote tijdsintervallen er sprake is van minder betrouwbare data voor materiaalbehoeften.

4.2.2 *Order batching*

Een tweede oorzaak is *order batching*. De eindproducten worden per stuk verkocht, terwijl voor bestellingen bij leveranciers de bestel- en transportkosten worden afgewogen tegen voorraadkosten. Dit samenvoegen van orders resulteert in lot sizes. Lee (1997) maakt nog verder onderscheid tussen periodieke bestellingen en push bestellingen. Hierbij wordt specifiek aangegeven dat een MRP systeem met tijdsintervallen voor regeneratie bijdraagt aan opslingereffecten in de keten, omdat de materiaalbehoefte gecumuleerd wordt over het betreffende tijdsinterval.

Verder is het type lot-size techniek ook van invloed op de gemeten variatie. Zo kunnen materialen besteld worden wanneer een vaste periode verstreken is. Deze bestelmethode staat ook bekend als de Period Order Quantity (POQ). Dure producten, bijvoorbeeld van Copley Controls Corporation, worden frequent besteld (iedere week). Andere producten worden besteld volgens een vaste ordergrootte, bijvoorbeeld aan de hand van *Economic Order Quantity* (EOQ). Voorbeelden hiervan zijn (goedkopere) producten met een gemiddeld constante vraag.

Binnen MR worden verschillende lot-size technieken gebruikt, wat opslinging in de supply chain niet ten goede komt.

4.2.3 *Price fluctuations*

Price fluctuations wordt door Lee (1997) aangewezen als een derde oorzaak. Wanneer fabrikant en distributeur periodiek promotieacties organiseren, is er veelal sprake van kortingen of promoties. Hierdoor zal er verandering optreden in vraagvolume ten opzichte van het vraagpatroon onder reguliere omstandigheden.

Binnen de supply chain van MR Logistics is er echter geen sprake van tijdelijke promotie acties. De klantenorganisaties krijgen periodiek een catalogus overhandigd, welke producten aan de klant worden aangeboden. Aan de inkoopzijde staan de prijzen voor materialen in de afgesloten contracten met leveranciers vermeld. Deze contracten worden ook periodiek herzien, maar er is geen sprake van promotieacties. Het negatieve effect van verandering in het vraagpatroon door prijsfluctuaties is dan ook niet van toepassing op de gemeten variatie bij MR Logistics.

4.2.4 *Rationing and shortage gaming*

De vierde oorzaak van opslinger effecten in een supply chain is volgens Lee (1997) *rationing and shortage gaming*. Een fabrikant kan soms slechts een deel van de bestelde klantorders produceren. Hierop reageert de klant door extra orders te plaatsen dan men nodig heeft. Op een later tijdstip verdwijnen vervolgens enkele orders door plotselinge cancellations.

Verkooporganisaties hebben inzicht in het productieplan, het MPS. Ook is de informatie over orderstatus (*Closed* en *Open* slots, zie paragraaf 3.1.3) beschikbaar, geaggregeerd naar maandniveau. Wanneer een verkooporganisatie contact heeft met een klant over een toekomstige order, kan de verkooporganisatie de order alvast inleggen indien aan de gestelde voorwaarden voldaan is. Deze voorwaarden, zoals betalingscondities, zijn ingesteld om reserveringen te voorkomen.

Het komt soms voor dat een verkooporganisatie een order inlegt met de intentie een geplande productieorder te reserveren. Deze klantorders worden echter gekenmerkt door de relatief simpele samenstelling van het MR systeem. Hierdoor worden deze klantorders vaak tijdig herkend als reservering en verwijderd door orderdesk medewerkers.

Hoewel enkele verkooporganisatie de neiging hebben een systeem te reserveren, heeft MR een bestelsysteem om reserveringen te voorkomen. Van *shortage gaming* is dus geen sprake binnen MR Logistics en wordt dan ook niet beschouwd als een oorzaak van de gemeten variatie voor toekomstige materiaalbehoefte.

4.3 Validiteit van uitgevoerde meting

In deze paragraaf wordt de *validiteit* van de uitgevoerde meting besproken. Validiteit verwijst naar de relatie tussen een uitspraak over de werkelijkheid en de manier waarop de uitspraak tot stand is gekomen (van Aken, 2001). Hierbij is uitspraak valide wanneer de uitspraak gerechtvaardigd is door de manier waarop deze tot stand is gekomen. Hieronder worden vier verschillende vormen van validiteit behandeld.

Constructvaliditeit

Constructvaliditeit is de mate van overeenkomst tussen een begrip en de manier waarop dat begrip wordt gemeten (van Aken, 2001). De voorspelnauwkeurigheid over toekomstige materiaalbehoefte is aan de hand van literatuur ontleed in twee elementen, *variatie* en *bias*. De *variatie* is gemeten met een relatieve maat (*MAPE*) en vergeleken met de norm die MR Logistics zelf heeft afgesproken met de leveranciers in de logistieke contracten. Ondanks dat deze normering per leverancier genuanceerd kan worden, is de norm dusdanig ruim gesteld dat (nagenoeg) alle contractuele afspraken binnen de getoetste norm vallen. Volgens geraadpleegde literatuur kan *bias* worden gemeten aan de hand van de absolute maat (*ME*), waarvoor echter geen norm is gesteld binnen MR Logistics. Er is dan ook alleen onderzocht of er *positieve*, *negatieve* of *geen* bias aanwezig is.

Aangezien de meting is uitgevoerd aan de hand van instrumenten uit beschikbare literatuur en (deels) getoetst is aan de hand van een gestelde norm, wordt een *hoge* constructvaliditeit verondersteld.

Interne validiteit

Binnen de regulatieve cyclus heeft interne validiteit vooral betrekking op de juistheid van en volledigheid in perspectieven waarmee naar het probleemgebied is gekeken (van Aken, 2001). Binnen het onderzoek is het probleemgebied benaderd vanuit twee centrale onderwerpen, *vraagvoorspelling* en *materiaalcoördinatie*. Met behulp van geraadpleegde literatuur zijn methoden aangereikt om voorspellingen te evalueren aan de hand van beschikbare prestatie-maten. Aan de hand van literatuur over materiaalcoördinatie met betrekking tot *MRP-I algoritme* en *Supply Chain Management* zijn de oorzaken van variatie geïdentificeerd. Hieruit kan worden opgemaakt dat er sprake is van een *hoge* mate van interne validiteit.

Externe validiteit

Generaliseerbaarheid is volgens Van Aken (2001) een synoniem voor externe validiteit. Door beperkte omvang van de sample size van de meting is de vraag of de resultaten te generaliseren zijn voor alle materiaalnummers. Zo reageren inkopers van afdeling Purchasing normaliter niet op reschedule-out signalen. Een enkele inkoper probeert echter inkooporders met *out*-signalen uit categorie A binnen de gestelde bandbreedte van de leverancier, naar een later tijdstip voor ontvangst te schuiven. Van de 18 gemeten materiaalnummers uit categorie A worden 6 codenummer 'actiever' bestuurd dan de overige. Hierdoor bestaat enige twijfel over de generaliseerbaarheid van de exacte hoogte van de gemeten variatie. Het middelen van alle resultaten naar drie categorieën kan een vertekend beeld geven. Per materiaalnummer is daarom het percentage voor variatie weergegeven in bijlage 3.

Herkenbaarheidvaliditeit

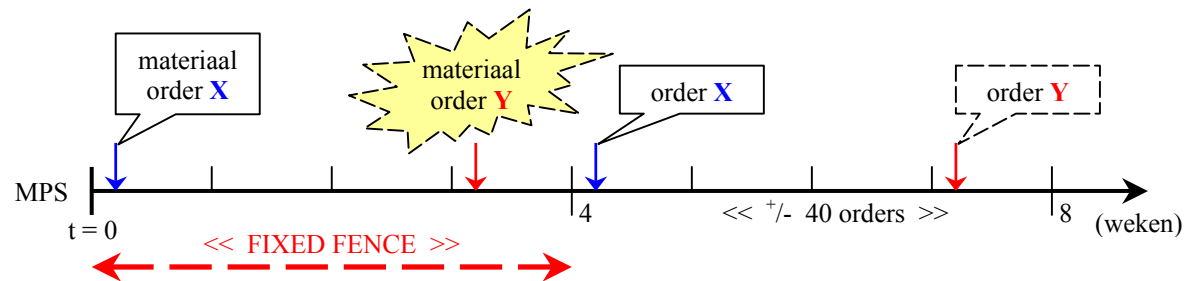
Met herkenbaarheidvaliditeit wordt verwezen naar de mate waarin betrokkenen zich herkennen in het beeld dat wordt opgeroepen door een onderzoek (van Aken, 2001). De resultaten komen niet geheel overeen met de gemaakte afspraken in de logistieke contracten, met name wat betreft de variatie in de eerste periode waarbij nul procent variatie is afgesproken. De gemeten variatie van de voorspellingen bevestigen wel de aanleiding (zie paragraaf 1.3) van het onderzoek. Er is dus sprake van hoge herkenbaarheidvaliditeit.

Conclusie

Uit bovenstaande evaluatie van de meting is te concluderen dat deze valide is wat betreft *construct*-, *interne* en *herkenbaarheidvaliditeit*. Wat betreft de generaliseerbaarheid van de resultaten zou een additionele meting aan de hand van andere materiaalcodenummers een meer nauwkeurige benadering van het percentage van variatie kunnen bieden. Echter, het feit blijft dat er significante onnauwkeurigheid gemeten is in de voorspellingen voor toekomstige materiaalbehoefte.

4.4 Variatie in de eerste periode

De meting in hoofdstuk 3 laat tegen verwachting in, zien dat in de eerste periode waarvoor in het contract vermeldt staat dat er géén variatie toegestaan is, toch variatie gemeten is. Om nu te kunnen achterhalen waardoor er toch variatie is in de eerste periode, volgt hieronder nadere analyse van het planningsproces in het MPS. Ter ondersteuning geeft figuur 4.2 een overzicht van de horizon vanaf $t=0$, het moment waarop een planning is opgesteld én een voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte naar leveranciers is verstuurd.



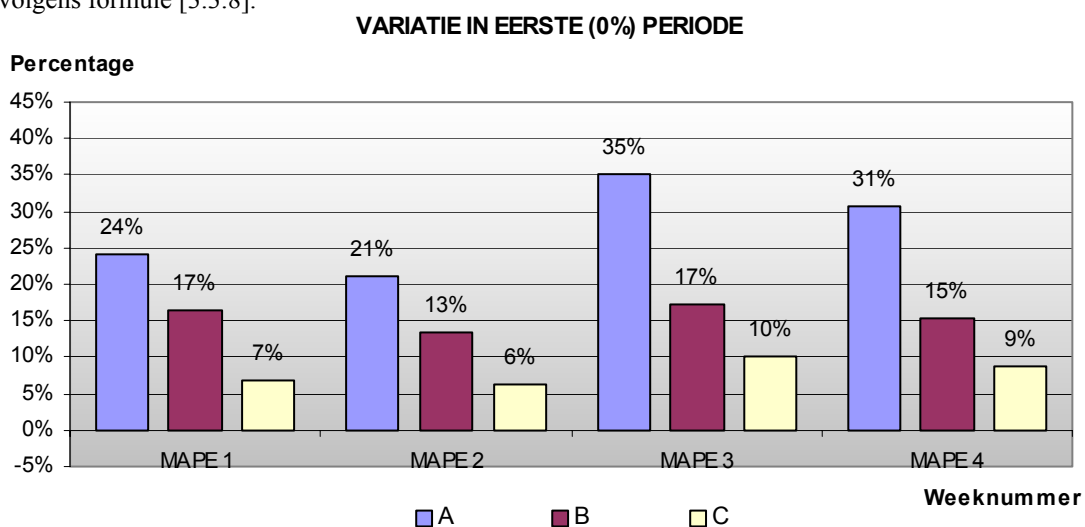
Figuur 4.2 Overzicht van MPS planning in perspectief tot de fixed fence

Met een doorlooptijd van ongeveer vier weken door de drie fabrieksonderdelen, MRC, MRS en MRX (zie figuur 2.2) zal het materiaal voor order X (zie week vier) al in de eerste week aanwezig moeten zijn in de fabriek. Ondanks dat order X buiten de *fixed fence* ligt, is het in de praktijk ‘redelijk’ zeker dat deze order door de klant afgenomen zal worden in de vierde week.

Voor de zevende week staat order Y gepland. Het materiaal voor order Y zal uiterlijk in de derde week aanwezig moeten zijn voor start van productie. Echter, over het levertijdstip van order Y ontstaat op $t=0$ nog veel onzekerheid. Toch is op $t=0$ een voorspelling van toekomstige materiaalbehoefte afgegeven aan de leveranciers, voor materialen van order X, order Y en alle overige tussenliggende orders van week vier tot week acht (ongeveer 40 stuks).

Daar komt nog bij dat vijf weken vóór start van productie een herinnering naar de verkooporganisatie wordt verstuurd, waarin de verkoper wordt verzocht om de specificaties van de geplaatste order (bijvoorbeeld order X) te controleren en vervolgens te confirmeren. Uit figuur 4.1 komt naar voren dat in geval van een afzegging dit ongeveer vier tot vijf weken voor productie plaatst vindt. Daarnaast is ook al aangegeven dat er wekelijks 13 orders worden verschoven (in / out), waarvan drie binnen de *fixed fence* van het MPS. Deze wijzigingen hebben direct gevolgen voor de geplande materiaalbehoefte en kan een verklaring geven van de gemeten variatie in de eerste periode.

Om de gemeten variatie in deze eerste vier weken (zie paragraaf 3.5) nader te onderzoeken, is de meting uit paragraaf 3.4 herhaald. Echter, nu is variatie niet op maandniveau, maar op weekniveau gemeten. In figuur 4.3 staat alleen het resultaat van de prestatie maat MAPE weergegeven, berekend volgens formule [3.3.8].



Figuur 4.3 Gemeten variatie op weekniveau aan de hand van MAPE

Opvallend is de relatief grote variatie van producten uit categorie A. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een aantal materialen van de genomen steekproef uit deze categorie actiever worden gestuurd, binnen de gestelde bandbreedte van de leverancier. De orders worden niet geannuleerd, maar indien mogelijk wordt het levertijdstop naar voren of naar achteren geschoven. Deze actievere besturing heeft met name te maken met de waarde van de producten, welke afkomstig zijn van de leveranciers *Copley Controls Corporation* en *Tesla Engineering Limited*.

Uit deze additionele meting op een lager aggregatie niveau (week) van de vraag is te concluderen dat de resultaten dus ook hier significant afwijken van de gestelde norm in de logistieke contracten, waarin nul procent variatie is afgesproken voor deze periode.

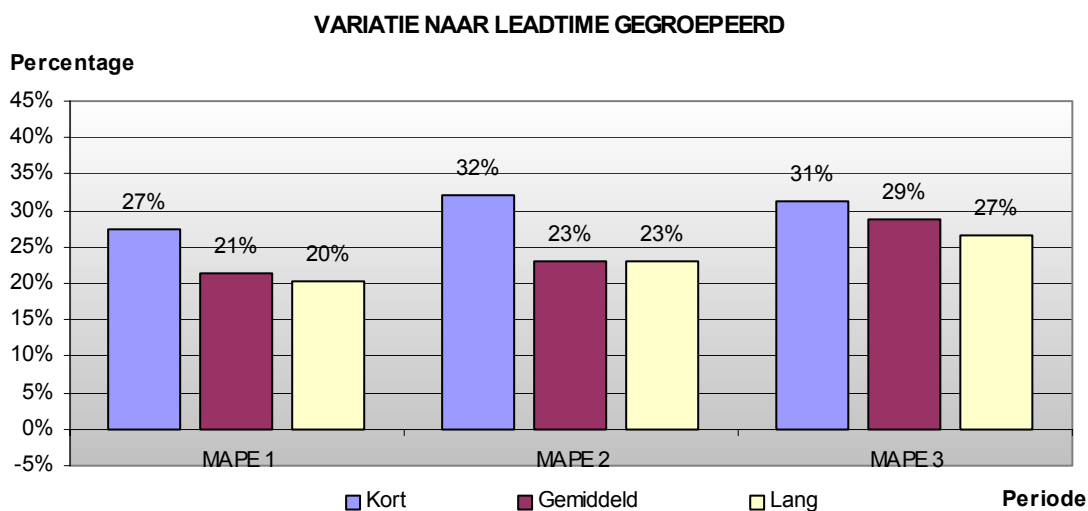
4.5 Materiaallevertijd

Een kritiek punt in de materiaalcoördinatie is de lange levertijden van materialen. Zo is al eerder aangegeven dat er sprake is van een scheve verhouding tussen *fixed fence* van het MPS en de gemiddelde levertijden, zie paragraaf 3.1.2. Hieruit komt de vraag naar voren hoe de gemeten variatie zich verhoudt tot de levertijd van materialen. De materialen uit de steekproef zijn gerangschikt naar levertijd, verdeeld over drie categorieën.

CATEGORIE	ONDERGRENS (dagen)	BOVENGRENS (dagen)
Kort	$0 \leq$	< 34
Gemiddeld	$34 \leq$	< 102
Lang	$102 \leq$	–

Tabel 4.1 Classificatie van materiaalcodenummers naar levertijd

De categorieën zijn gekozen op basis van de gemiddelde levertijd ($\mu = 68$ dagen) plus of min de standaard deviatie ($\sigma = 34$ dagen). Hieronder staat in figuur 4.4 een overzicht van de gemeten variatie volgens de prestatie maat *MAPE*.

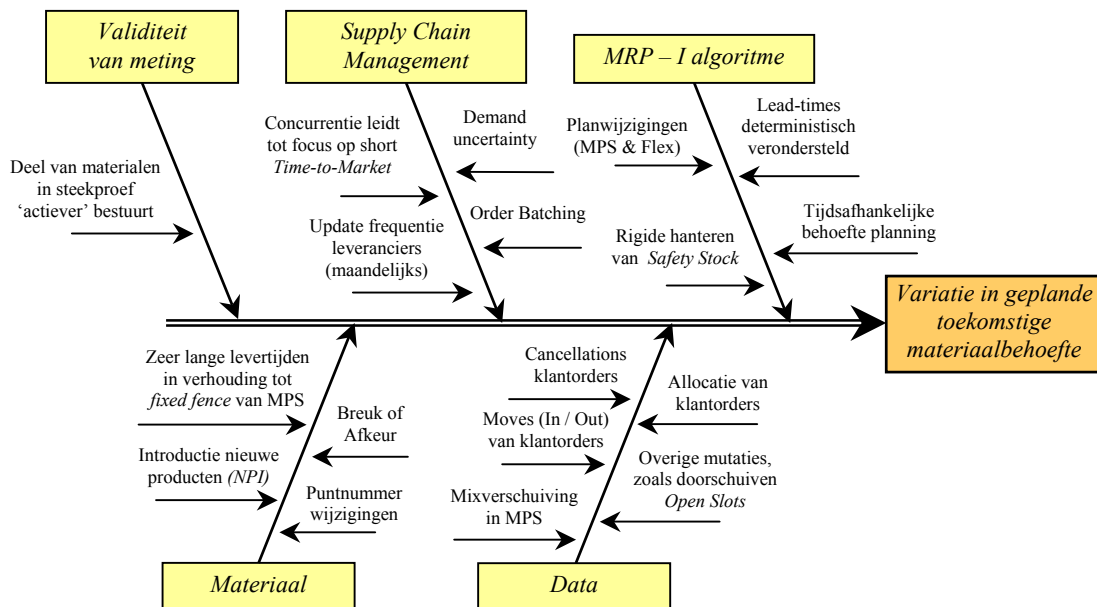


Figuur 4.4 Gemeten variatie aan de hand van MAPE naar leadtime gegroepeerd

Uit figuur 4.4 is te concluderen dat het voor materialen uit elke categorie (Kort, Gemiddeld en Lange leadtime) het even moeilijk is om te plannen, waarbij het voor materialen met korte levertijd (minder dan 32 dagen) er sprake is van meer variatie in de eerste en tweede periode.

4.6 Ishikawa diagram

Nu bekend wat de oorzaken zijn van de gemeten variatie, volgt hieronder nog een grafisch overzicht aan de hand van een Ishikawa diagram (van Aken, 2001). Hierin zijn de gevonden oorzaken die van invloed zijn op de variatie in de voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte naar leveranciers, gegroepeerd aan de hand van gegeven literatuur in voorgaande paragrafen. Deze categorieën zijn aangevuld met de categorieën *Materiaal* en *Data*, aangezien een aantal oorzaken van variatie direct te relateren is aan karakteristieken van verworven materialen en informatie verwerking.



Figuur 4.5 Ishikawa diagram: oorzaken van gemeten variatie

4.7 Conclusie

Uit nadere analyse van de eerder uitgevoerde metingen is een aantal oorzaken van de gemeten variatie naar voren gekomen. De oorzaken zijn gegroepeerd naar een vijftal categorieën. Hierbij wordt opgemerkt dat door gebrek aan (historische) data het niet mogelijk is om *kwantitatief* te onderbouwen welke oorzaken dominant zijn.

- *MRP - I algoritme*
Dit algoritme wordt gekenmerkt door een tijdsafhankelijke planning. De *due date* van een order wordt gepland in het MPS. Met behulp van de Bill of Material, actuele voorraadlevels, deterministisch veronderstelde lead times en lot sizes wordt periodiek berekend welke materialen wanneer benodigd zijn. Een verandering in het MPS leidt tot wijzigingen op onderliggende niveaus in de materiaalplanning.
- *Supply Chain Management*
MR Logistics is een schakel in een toeleveringsketen van MR scanners met bijhorende opties aan zorginstellingen wereldwijd. Aan de output zijde worden de producten aan de klanten geleverd, terwijl aan de input zijde de benodigde materialen voor productie en assemblage van leveranciers verworven worden. Kritieke punten hierbij zijn onzekerheid bij voorspelling van klantvraag naar MR systemen en opslingereffecten in de keten door onder andere *order batching* en *update frequentie* van de voorspellingen naar leveranciers.
- *Validiteit van meting*
Ondanks dat de meting een hoge mate kent van *construct-*, *interne* en *herkenbaarheidvaliditeit*, bestaan twijfels over de generaliseerbaarheid van de steekproef voor de variatiemeting in hoofdstuk 3. Van de vijf getoetste leveranciers worden vanwege materiaalkosten twee leveranciers 'actiever' gestuurd ten opzichte van de overige leveranciers. Hierdoor is het mogelijk dat *meer* variatie gemeten wordt dan bij overige materiaalcodenummers sprake is.

- *Materiaal*
De materiaalcoördinatie wordt verstoord door een aantal materiaal karakteristieken. Zo worden componenten bij slechte kwaliteit afgekeurd. Dit kan de materiaalstroom onderbreken doordat bij ontvangst een materiaaltekort ontstaat. Om dit te ondervangen worden uitstaande inkooporders naar een eerder leveringstijdstip geschoven, waardoor variatie gemeten wordt. Ook wijzigingen van puntnummers en lange levertijden maken de materiaalcoördinatie complex.
- *Data*
Tot slot wordt de materiaalcoördinatie verstoord door wijzigingen van klantorders, aangezien deze klantorders bij ontvangst direct gekoppeld worden aan geplande productieorders (*open slots*) in het MPS. De marktdynamiek, zoals verschuivingen (in/ uit) en afzeggingen, zal de materiaalcoördinatie direct verstoren.

Ondanks dat het niet mogelijk is om kwantitatief te onderbouwen wat de dominante oorzaak is, zal op basis van literatuur en verworven inzicht de hoofdoorzaak van variatie worden aangewezen. Vollman (1997) geeft aan dat variatie in de materiaalbehoefte ontstaat door *instabiliteit* in het MPS. Aangezien de *supplier forecast* afgeleid wordt van dit MPS (Stadtler, 2000), zal de gemeten variatie en bias in deze voorspellingen afkomstig zijn van een instabiel MPS.

Zoals eerder is aangegeven, wordt instabiliteit door diverse factoren veroorzaakt, maar hoofdzakelijk doordat ontvangen klantorders direct gekoppeld worden aan geplande productieorders in het MPS. Op basis van historisch data is namelijk naar voren gekomen dat deze klantorders een dynamisch karakter hebben.

Aangezien binnen MR Logistics géén evenwicht bestaat tussen het *fixed fence* van het MPS en de (langste) cumulatieve *materiaaldoorlooptijd*, zullen wijzigingen van deze ontvangen klantorders ook in de periode ná het *fixed fence* de planning van nagenoeg alle materiaalcodenummers verstoren. De wens om de klantvraag te kunnen volgen met deze beperkte flexibiliteit, leidt dus tot *nervositeit* in de materiaalbehoefte planning.

Samengevat wordt de variatie in de voorspellingen van toekomstige materiaalbehoefte dus primair veroorzaakt door *instabiliteit in het MPS*. Daarnaast belemmeren de *lange materiaallevtijden* MR Logistics om de dynamiek in de klantvraag te volgen.

5. VOORSTELLEN TOT VERBETERING SCM

In het vorige hoofdstuk is uit analyse naar voren gekomen wat de oorzaken zijn van de gemeten variatie bij voorspellingen voor toekomstige materiaalbehoefte. In dit hoofdstuk worden voorstellen aangereikt om de situatie binnen MR Logistics waar mogelijk te verbeteren.

5.1 Inleiding

Nu bekend is wat de oorzaken zijn van de gemeten variatie, zal een (her)ontwerp van de huidige situatie worden aangedragen. Hierbij wordt verwezen naar paragraaf 2.7 waar de onderzoeksvraag geformuleerd is.

“Hoe kan MR Logistics in de toekomst een betrouwbare voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte opstellen en deze beheersen?”

Hieruit is onder andere de opdracht afgeleid om een methodiek te ontwerpen om de variatie in het voorspelproces te beheersen en monitoren, met als doel een goede indicatie van toekomstige materiaalbehoefte te kunnen afgeven aan leveranciers.

Een ontwerp kan gedefinieerd worden als *een representatie van een te realiseren object of proces, gemaakt als instructie voor de volgende stap in ontwerp- of realisatieproces* (van Aken, 2001).

Als algemeen uitgangspunt geldt voor MR Logistics dat het leveren van systemen aan klanten leidend is in de dagelijkse bedrijfsvoering. Het herontwerp zal verder moeten voldoen aan een viertal typen specificaties.

- *Functionele eis*
Het ontwerp zal MR Logistics moeten ondersteunen bij de *coördinatie* van haar productieproces en waarmee de gemeten variatie in de supply chain kan worden gereduceerd.
- *Randvoorwaarde*
De realisatie van het ontwerp mag in geen geval de *logistieke doelstelling* van MR Logistics, om 90 procent van alle klantorders compleet en op tijd te leveren, ondermijnen.
- *Gebruikerseis*
Het ontwerp zal *eenvoudig* te hanteren moeten zijn door alle (aanverwante) gebruikers. Daarnaast is het wenselijk dat het ontwerp aansluit bij het huidige systeem en bijhorende procedures voor de coördinatie.
- *Ontwerpbeperking*
Het ontwerp zal de huidige *flexibiliteit* in het systeem niet mogen verminderen. Zo is het bijvoorbeeld geen optie om de huidige *fixed fence* (vier weken) van het MPS voor klantorders te verlengen.

Uit voorgaande analyses zijn twee aandachtsgebieden naar voren gekomen, te weten de *oorzaken* van gemeten variatie en de *communicatie* van de materiaalbehoefte naar leveranciers. Hieronder zal per aandachtsgebied een ontwerp aangedragen worden.

5.2 Materiaalplanning

Zoals in hoofdstuk 3 gesteld is ligt de focus binnen de fabriekslogistiek van MR Logistics voornamelijk op de *materiaalcoördinatie*, in tegenstelling tot de *capaciteitscoördinatie*. In feite volgt MR Logistics op het gebied van capaciteitscoördinatie een *level* strategie (Silver, 1998), waarbij de beschikbare capaciteit gedurende het jaar voldoende is voor de klantvraag (Vollmann, 1997: “...*level strategy calls for no hiring, firing or capacity adjustments.*”)

Wat betreft de materiaalcoördinatie wordt door MR Logistics in principe een *chase* strategie gevolgd, waarbij de materiaalplanning volgt uit het Master Production Schedule (MPS) en de Bill of Material (BOM). (Vollmann, 1997: “...*chase MPS requires adjustments to chase demand...*”)

Indien MR Logistics de *chase* strategie wenst te blijven hanteren voor haar materiaalcoördinatie, is het voor MR Logistics van belang dat nervositeit in het systeem en alle (overbodige) variatie in de supply chain wordt gereduceerd. Zo geeft Silver (1998) aan dat variatie in een supply chain vaak hoge kosten met zich meebrengt, zoals bijvoorbeeld inefficiënt gebruik van productie en warehouse capaciteit en/of hoge transport- en voorraadkosten.

Hieronder volgt de methodiek voor het *opstellen* en *wijzigen* van het MPS, welke deels overeenkomt met de huidige methodiek. Daarna zal in paragraaf 5.2.2. een *herontwerp* van de logistieke besturing worden aangedragen hoe toekomstige klantorders en wijzigingen behandeld moeten worden, zodat deze het MPS minder verstoren. De toekomstige materiaalbehoefte is hierdoor beter coördineerbaar, waardoor variatie in de supply chain kan worden gereduceerd.

5.2.1 Stabiliteit in het MPS

Vollmann (1997) geeft aan dat voor het reduceren van nervositeit in het systeem, onder andere het creëren van *stabiliteit* in het MPS noodzakelijk is. Het nadeel van een *te* stabiel MPS (met relatief weinig wijzigingen) is dat het kan leiden tot slechte prestaties van het customer service level en/of toenemende voorraden.

Om een stabiel MPS te hanteren, betekent dit voor MR Logistics dat de dynamiek van klantorders *ontkoppeld* moet worden van de materiaalplanning. Uit de analyse (zie paragraaf 4.1.4) is naar voren gekomen dat de dynamiek van de klantvraag bestaat uit het *verschuiven* van order due dates, *afzeggen* (cancellations) van orders en *aanpassen* van orderconfiguratie.

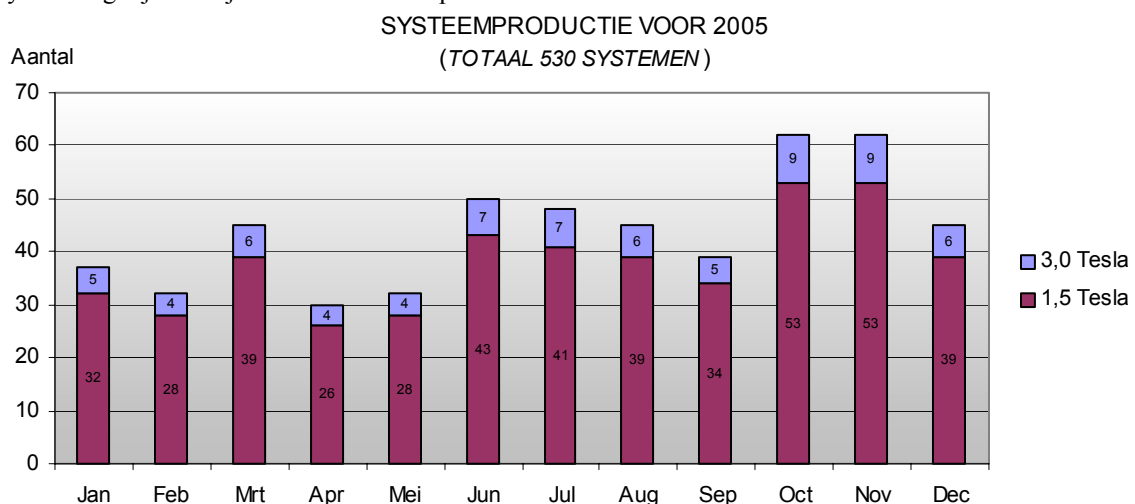
Opstellen MPS

Het hoofddoel van *Master Planning* is synchronisatie van de materiaalstroom over de gehele supply chain (Stadtler, 2000). Het MPS zal moeten voldoen aan zowel de voorspelde klantvraag als de capaciteits- en materiaalrestricties binnen MR en van leveranciers.

Om een indicatie te hebben van de benodigde productieaantallen voor het MPS, draagt Makridakis (1998) het principe van *Cumulative Forecasting* aan, waarbij in plaats van waarde voorspeld worden voor individuele opeenvolgende perioden van gelijke lengte, een cumulatieve voorspelling wordt gegeven voor het totaal over deze perioden. Ook Vollmann (1997) erkent deze methodiek en geeft aan dat de spreiding (standaard deviatie) op jaarbasis in verhouding tot gemiddelde vraag significant minder is dan op maandbasis.

Dit principe kan door MR Logistics toegepast worden voor het vaststellen van het MPS, aangezien de voorspelde totale jaarvraag nagenoeg constant is. Deze totale jaarvraag kan vervolgens worden vertaald naar productieaantallen per maand, rekening houdend met het gegeven *seizoenspatroon*.

Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat enige positieve bias de prestaties van het systeem ten goede komt volgens Lee (1986). Het positief afronden van de totale jaarvraag voor het productieplan (MPS) kan MR Logistics hier toepassen. Voor 2005 is de totale systeemverkoop voorspeld op 530 systemen. Aan de hand van het seizoenspatroon in de systeem-shipment in 2003 (zie figuur 3.1) wordt het volgende overzicht verkregen (zie figuur 5.1). Het shipment-patroon in 2004 zal hiervan afwijken, aangezien begin 2004 de *Achieva* productlijn geïntroduceerd is. Verder is uitgegaan van het idee dat MR Logistics zal overstappen op het *Make-To-Order* principe, waarbij het aantal geproduceerde systemen gelijk zal zijn aan het aantal shipments.



Figuur 5.1 MPS voor 2005

Mocht het noodzakelijk zijn om de verdeling van productieaantallen in het MPS bij te stellen, dan kan dit op *maandelijks* basis gewijzigd worden zoals nu reeds gebruikelijk is in de huidige MOPS procedure (zie paragraaf 3.1.2). Indien de cumulatief voorspelde jaarvraag (530 systemen voor 2005)

wijzigt, zal in de MOPS vergadering besloten worden het MPS bij te stellen. Deze bijstelling van de cumulatieve jaarvoorspelling dient dan ook *direct* te worden gecommuniceerd naar leveranciers door medewerkers van afdeling Procurement.

Rolling Schedule

Een *Rolling MPS* zal vervolgens gebruikt worden met de wetenschap dat het aantal systemen dat MR Logistics op jaarbasis verscheept, stabiel is. Wanneer een maand verlopen is, zal voor de 13^e maand een productieaantal ingegeven moeten worden in het MPS. Dit productieaantal kan dan berekend worden door [Totale jaarvraag] – [Som van productieaantallen voor de 2^e maand tot en met de 12^e maand], formeel geschreven als:

$$P_{13} = D - \sum_{i=2}^{12} P_i, \text{ waarbij} \quad [5.1]$$

P_i = het productieaantal in het MPS voor maand i , en

D = de totale klantvraag op jaarbasis (12 maanden).

Nadat het productieaantal vast is gesteld voor een bepaalde maand, zal dit aantal verdeeld moeten worden naar veldsterkte van de magneet (1,5 of 3,0 Tesla). Om een evenwichtige verdeling van gevraagde capaciteit en benodigd materiaal over de maand te realiseren, wordt het totale productieaantal per systeemtype (1,5 of 3,0 Tesla) evenredig over de weken verdeeld.

Indien de productieorders echter gealloceerd worden aan een week, zet SAP R/3 de *productie due date* automatisch op *maandag*. Om te voorkomen dat de *productie due date* op een later moment nog verschoven moet worden naar een “*final*” *due date* (wanneer de productieorder gekoppeld wordt aan een klantorder) zal het aantal productieorders ook evenredig verdeeld moeten worden over de dagen van de week.

Wijzigingen in het MPS

In de praktijk zullen diverse wijzigingen doorgevoerd moeten worden in de configuratie en productieplanning van systemen. Momenteel wordt een *fixed fence* van vier weken in het MPS gerespecteerd. Een wijziging vanaf de vijfde week mag ‘zonder bezwaar’ worden doorgevoerd. Daarnaast worden momenteel wijzigingen binnen de *fixed fence* doorgevoerd. Dit komt door het huidige systeem, waarbij ontvangen klantorders *direct* gekoppeld worden aan geplande productieorders in het MPS (waarbij in paragraaf 4.1.4 reeds gesteld is dat klantorders een *dynamisch* karakter hebben).

Om te voorkomen dat minder urgente wijzigingen de materiaalcoördinatie verstoren, draagt Vollmann (1997) een drie fasen *fixed fence* met een *Water*, *Slush* en *Ice* fase voor het MPS aan. Dit betekent voor MR Logistics dat tot 12 weken vóór de *due date* vanuit iedere afdeling nog een aanvraag voor wijziging van het MPS mag worden ingediend bij de MPS planner.

- *Water phase*
In de periode tot 12 weken vóór de *due date* mogen géén wijzigingen worden doorgevoerd in het MPS door afdeling *Marketing* over eventuele opties & upgrades en afdeling *Development* wat betreft wijzigingen in materiaalcodenummers. Alléén *urgente* materiaalwijzigingen kunnen nog ingevoerd worden. Zie hiervoor de wijzigingsprocedure binnen *Philips Medical Systems*, waarbij wordt aangegeven welke prioriteit de wijziging dient te hebben.
- *Slush phase*
In de periode tot 8 weken vóór de *due date* (\approx *Planning fence*) kunnen slechts bij *uitzondering* nog wijzigingen met betrekking tot planning van productie en benodigd materiaal worden doorgevoerd door afdeling *Planning*. Ook besluiten vanuit de *MOPS* vergadering (bijvoorbeeld over mixverschuivingen (1,5 of 3,0 Tesla) en/of bijstellen van productieaantallen) kunnen alleen bij *uitzondering* nog worden doorgevoerd.
- *Ice phase*
Tot 4 weken voor de *due date* (\approx *Demand fence*) worden ‘in principe’ géén wijzigingen meer geaccepteerd. De configuratie van de klantorder kan nog wel worden aangepast, de geplande *due date* zal niet meer worden verschoven, tenzij het een *uitzondering* betreft. Dit voorschrift komt overeen met de definitie van het huidige *fixed fence* van het MPS.

Hierbij wordt nog expliciet opgemerkt dat de MPS planner de *primaire* verantwoordelijkheid heeft bij het doorvoeren van elke aanpassing in het MPS, waarbij zeer goed overwogen moet worden welke impact de verandering in het MPS heeft voor de onderliggende materiaalbehoefte (Vollmann, 1997).

5.2.2 Herontwerp logistieke besturing

Wanneer het MPS opgesteld is en alle productieorders gepland zijn, zal het MRP-I algoritme aan de hand van de P-BOM, actuele voorraadniveaus, lot sizes en gegeven materiaal lead times, in de MRP run berekenen welk materiaal wanneer geleverd moet worden door de leveranciers. Deze berekening voor materiaalbehoefte is echter gebaseerd op *geplande* orders en zal moeten worden afgestemd met de ontvangen klantorders. Momenteel wordt *direct* een koppeling gemaakt tussen ontvangen klantorders en geplande productieorder in het MPS. Door uitstel van deze koppeling zal de materiaalcoördinatie minder worden verstoord door het dynamische karakter van deze klantorders.

Available to Promise

Vollmann (1997) draagt voor uitstel van deze koppeling een *Available-To-Promise* (ATP) interface aan. Alle geplande productieorders in het MPS en reeds ontvangen klantorder worden in een overzicht geplaatst. Wanneer een verkooporganisatie een klantorder wil boeken bij MR Logistics, wordt een *Requested Due Date* (RDD) afgegeven. Deze RDD is het moment waarop de klant het systeem wil ontvangen. Bij ontvangst van een RDD voor een type systeem, kan de Orderdesk medewerker zelf aan de hand van dit overzicht (ATP) zien of het mogelijk is om levering voor deze *due date* toe te zeggen. Hierdoor is het niet meer nodig om bij ontvangst van een klantorder (en RDD) de MPS planner te raadplegen voor afstemming.

Wanneer een klantorder (en RDD) ontvangen wordt voor een bepaald tijdstip (dag) waarin alle geplande productieorders in het ATP al gereserveerd zijn door eerder ontvangen klantorders, zal de Orderdesk medewerker *eerst* met de klant moeten proberen overeen te komen om de levering op een eerder of later tijdstip te laten plaats vinden.

Eventueel bezwaar voor deze procedure zou zijn dat *altijd* dient te worden voldaan aan de wensen van de klant. Het tijdstip van levering zal dus ook afgestemd moeten worden op het project van de aannemer voor verbouwing van het ziekenhuis of kliniek. Echter, een klantorder wordt gemiddeld 79 dagen voor levering ingelegd, waarbij met name klantorders met een lange periode tussen bestelling en levering, naar verwachting wél een dag later óf eerder geleverd kunnen worden.

Daarnaast kan MR Logistics nog steeds gebruik maken van haar huidige besturingsprincipe: *Make-To-Stock*. Indien het maximaal aantal klantorders voor dag *j* bereikt is en toch een klantorder gevraagd wordt voor dag *j*, maar een dag eerder (dag *i*) nog ruimte is, kan de medewerker van de Orderdesk ervoor kiezen om de order toe te wijzen aan dag *i* en pas in dag *j* uit te leveren. Hierbij wordt het systeem dus één of enkele dagen op voorraad geplaatst en toch uitgeleverd op de RDD.

Als deze methoden niet mogelijk zijn, kan een *tweede* stap zijn om toestemming aan de MPS planner te vragen om de RDD alsnog toe te zeggen. Deze MPS planner zal het MPS dan moeten aanpassen om meer productieorders te plannen voor deze periode. Een mogelijkheid is om productieorders te verschuiven in het MPS. Hiervoor is reeds opgemerkt dat de MPS planner goed moet afwegen wat dit betekent voor de planning van onderliggende materiaalbehoefte.

De ATP interface is een in tijd gefaseerd overzicht van alle geplande productieorders en ontvangen klantorders. Hieronder staat in tabel 5.1 een voorbeeld van het ATP principe per systeemtype.

1,5 Tesla	Week 44					Week 45					Week ..				
	Ma	Di	Wo	Do	Vr	Ma	Di	Wo	Do	Vr	Ma	Di	Wo	Do	Vr
Geplande productieorders	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2
Ontvangen klantorders	1	2	1	1	1	1					1				1
Beschikbaar	0	0	0	1	0	0	2	1	2	1	2	1	1	2	1

3,0 Tesla	Week 44					Week 45					Week ..				
	Ma	Di	Wo	Do	Vr	Ma	Di	Wo	Do	Vr	Ma	Di	Wo	Do	Vr
Geplande productieorders	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
Ontvangen klantorders	1		1			1		1					1		
Beschikbaar	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1

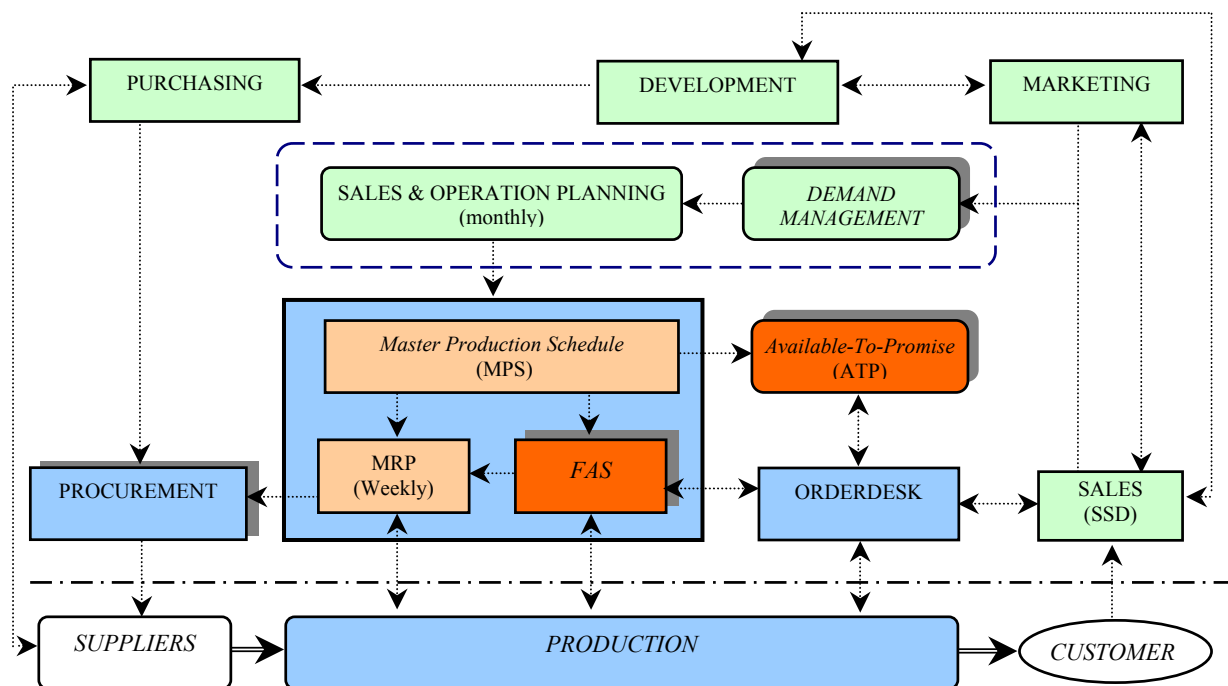
Tabel 5.1 Voorbeeld van ATP overzicht per systeemtype

Dit overzicht zal *niet* in een (*Microsoft Excel*TM) spreadsheet worden bijgehouden. Stadtler (2000) sommeert een aantal nadelen van planningsmethodieken aan de hand van spreadsheets, namelijk:

- Spreadsheets onderhouden informatie lokaal. Dit is nadelig voor consistentie en integriteit van informatie, waardoor het risico ontstaat dat verkeerde data gebruikt wordt.
- Spreadsheets zijn zeer flexibel. Hierdoor worden deze vaak snel aangepast waardoor continu wijzigingen optreden.
- Spreadsheets worden lokaal opgeslagen, waardoor integrale planning en besturing gehinderd wordt.

De ATP module zal dus gerealiseerd moeten worden in SAP R/3, waarbij de module dus *direct* gekoppeld is aan het MPS en dus altijd de meest recente informatie toont.

In figuur 5.2 staat een (vereenvoudigde) weergave van de logistieke besturing van MR Logistics naar aanleiding van figuur 2.3, met daarin de *ATP*-interface weergegeven. Hieruit komt naar voren dat in tegenstelling tot figuur 2.3 de informatiestroom tussen MPS en Orderdesk is ontkoppeld en de klantorders niet meer direct ingrijpen in het MPS (en daarop gebaseerde materiaalcoördinatie).



Figuur 5.2 Available-To-Promise interface binnen logistieke besturing

Final Assembly Schedule

Figuur 5.2 verschilt verder ten opzichte van de huidige logistieke besturing door toevoeging van het *Final Assembly Schedule* (FAS) tussen het MPS en Productie. Deze interface wordt ook door Vollmann (1997) aangedragen voor logistieke besturing aan de hand van het *Assemble-To-Order* (ATO) principe. Het ATO besturingsprincipe is bedoeld voor situaties waarin de basis van eindproducten grote gelijkenis vertoont en bij eindassemblage het product klantspecifiek wordt gemaakt.

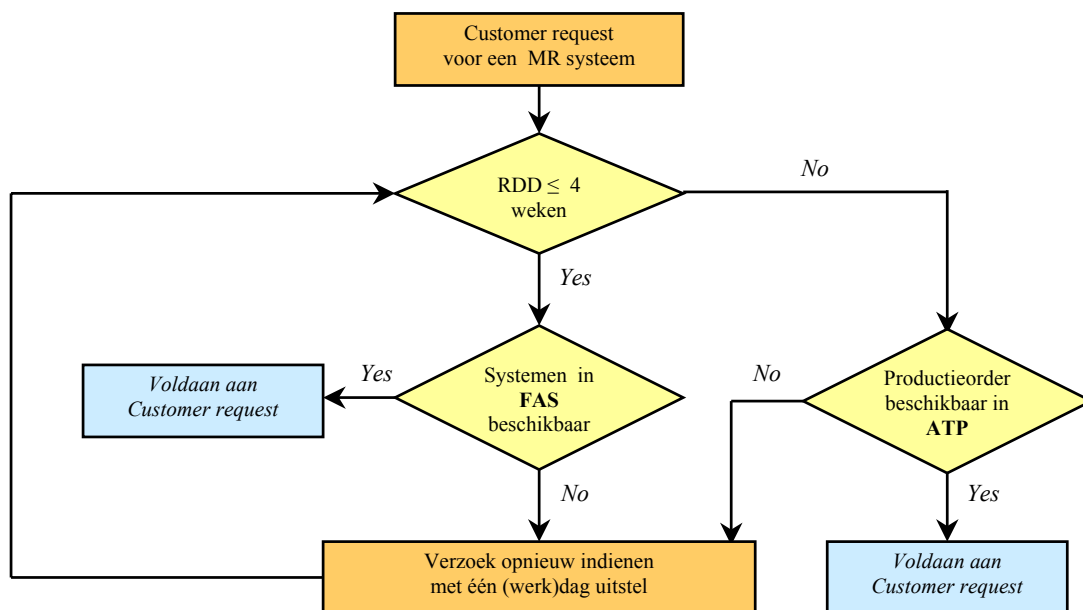
Binnen de systeemtypen (1,5 en 3,0 Tesla) van MR bestaat een hoge mate van *commonality*. De klantorders onderscheiden zich uiteindelijk door toevoeging van opties, zoals bijvoorbeeld een extra monitor, een versterker of spoelen (coils) ter ondersteuning van de beeldvorming.

Het FAS wordt omschreven als het exacte (eind)assemblage plan voor geplande productieorders uit het MPS. Dit zal het punt in de besturing zijn waarbij de geplande productieorder (*open slot*) gekoppeld wordt aan een ontvangen klantorder en verandert in een *closed slot* (een productieorder gedekt door een klantorder). Om deze koppeling zo lang mogelijk uit te stellen, maar toch een systeem te assembleren volgens klantwensen, zal het FAS een horizon van vier weken krijgen (tot aan de *Demand fence*), welke over de gehele periode *frozen* zal zijn en daarmee overeenkomt met de *Ice* fase hierboven.

Aangezien de MRP run met een time bucket van één week werkt, zal het FAS aangestuurd worden aan de hand van een *Rolling Schedule* van één week. Indien een productieweek verstreken is heeft het FAS nog maar een horizon van drie weken. De vierde week wordt in het weekend vóór de MRP run gevuld aan de hand van geplande productieorders in het MPS.

Bij het vullen van de vierde week in het FAS met productie- en klantorder wordt de *P-BOM* (*Bill Of Material* voor geplande productieorder) bij klantorders vervangen door de *C-BOM* (BOM voor een klantorder). Dit zal effect hebben op de materiaalcoördinatie, aangezien enkele materialen nu *wél* of juist *niet* meer benodigd zijn. Productieorders die niet gedekt zijn door klantorders kunnen uit de planning verwijderd worden als de eindvoorraad systemen te hoog is.

Hieronder wordt aan de hand van Vollmann (1997) nog een stroomschema (zie figuur 5.3) gegeven voor de interactie tussen het *Available-To-Promise* en *Final Assembly Schedule* principe wanneer een klantorder ontvangen wordt.



Figuur 5.3 *Available-To-Promise logica in combinatie met Final Assembly Schedule*

In de nieuwe situatie grijpt de klantorder dus op een later tijdstip (pas vier weken vóór de *due date*) in het planningsproces voor capaciteit en materiaal in, waardoor de dynamiek van deze klantorders het planningsproces minder kan verstoren.

Samenvatting

Het MPS dient *primair* te worden gebruikt om materiaal en capaciteit te plannen voor toekomstige klantvraag. Aan de hand van een cumulatief voorspelde klantvraag op jaarbasis kan met behulp van het gegeven seizoenspatroon, dit productieplan worden opgesteld.

Momenteel worden reeds ontvangen klantorders direct gekoppeld aan geplande productieorders in het MPS. Door het dynamische karakter van deze klantorders wordt de materiaalcoördinatie verstoord. Met behulp van een *Available-To-Promise* interface worden productieorders niet direct gekoppeld aan klantorders en kunnen *Required Due Dates* (RDD) van reeds ontvangen klantorders toch worden toegezegd. Daarnaast zal het *Final Assembly Schedule* met een horizon van 4 weken (welke geheel *frozen* is) het MPS ontlasten van detailplanning voor systeemtesten. Tot slot zal implementatie van een drie fasen *fixed fence*, met een *Water*, *Slush* en *Ice* fase, voor het MPS ook voorkomen dat minder urgente wijzigingen de (materiaal-)coördinatie verstoren.

Aan de hand van dit herontwerp van de bestaande logistieke besturing binnen MR Logistics zal naar verwachting de *nervositeit* in het systeem (*supply chain*) en met name de voor materiaalplanning worden gereduceerd.

A1	Philips plant number										
1	Philips plant number	Vendor	Vendor Material number	Material number (12NC)	Material description	Delivery date	Weeknummer	Required quantity	Order number	Status	Transport time
2	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	20-4-2004	www-ffff	0	-	O	2
3	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	15-5-2004	www-ffff	0	-	O	2
4	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	25-5-2004	www-ffff	1	-	O	2
5	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	25-5-2004	www-ffff	7	-	O	2
6	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	25-5-2004	www-ffff	1	-	O	2
7	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	1-6-2004	www-ffff	3	-	O	2
8	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	1-6-2004	www-ffff	6	-	O	2
9	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	15-6-2004	www-ffff	5	-	O	2
10	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	23-6-2004	www-ffff	1	-	O	2
11	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	2-6-2004	www-ffff	6	-	O	2
12	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	8-6-2004	www-ffff	8	-	O	2
13	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	15-6-2004	www-ffff	5	-	O	2
14	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	18-6-2004	www-ffff	6	-	O	2
15	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	21-6-2004	www-ffff	4	-	O	2
16	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	23-6-2004	www-ffff	6	-	O	2
17	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	30-6-2004	www-ffff	6	-	O	2
18	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	2-7-2004	www-ffff	6	-	O	2
19	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	9-7-2004	www-ffff	6	-	O	2
20	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	14-7-2004	www-ffff	6	-	O	2
21	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	19-7-2004	www-ffff	6	-	O	2
22	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	21-7-2004	www-ffff	10	-	O	2
23	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	21-7-2004	www-ffff	6	-	O	2
24	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	28-7-2004	www-ffff	6	-	O	2
25	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	2-8-2004	www-ffff	6	-	O	2
26	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	25-8-2004	www-ffff	10	-	F	0
27	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	3-8-2004	www-ffff	10	-	O	2
28	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	11-8-2004	www-ffff	6	-	O	2
29	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	25-8-2004	www-ffff	6	-	F	0
30	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	1-9-2004	www-ffff	6	-	F	0
31	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	8-9-2004	www-ffff	6	-	F	0
32	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	10-9-2004	www-ffff	6	-	F	0
33	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	10-9-2004	www-ffff	6	-	F	0
34	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	20-9-2004	www-ffff	9	-	F	0
35	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	24-9-2004	www-ffff	10	-	F	0
36	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	5-10-2004	www-ffff	7	-	F	0
37	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	8-10-2004	www-ffff	10	-	F	0
38	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	18-10-2004	www-ffff	6	-	F	0
39	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	18-10-2004	www-ffff	10	-	F	0
40	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	22-10-2004	www-ffff	9	-	F	0
41	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	2-11-2004	www-ffff	10	-	F	0
42	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	2-11-2004	www-ffff	6	-	F	0
43	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	10-11-2004	www-ffff	6	-	F	0
44	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	18-11-2004	www-ffff	6	-	F	0
45	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	24-11-2004	www-ffff	6	-	F	0
46	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	26-11-2004	www-ffff	8	-	F	0
47	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	3-12-2004	www-ffff	6	-	F	0
48	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	21-12-2004	www-ffff	6	-	F	0
49	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	31-12-2004	www-ffff	6	-	F	0
50	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	7-1-2005	www-ffff	6	-	F	0
51	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	14-1-2005	www-ffff	6	-	F	0
52	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	24-1-2005	www-ffff	6	-	F	0
53	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	29-1-2005	www-ffff	6	-	F	0
54	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	4-2-2005	www-ffff	6	-	F	0
55	NL SC	3842010	60005228	45221380021	GRADIENT COIL LC-TMF2	14-2-2005	www-ffff	6	-	F	0

Figuur 5.5 Voorbeeld van de nieuwe digitale voorspelling voor leveranciers

Belangrijke voordelen van de *nieuwe* digitale versie in tegenstelling tot de *huidige* digitale versie, zijn geformuleerd als:

- Door toevoeging van de koptekst boven de kolommen wordt een helder overzicht gecreëerd voor iedereen die met de voorspelling te maken heeft.
- De leverancier wordt nu niet meer verplicht om de 12NC materiaalcodering van Philips over te nemen, maar kan het eigen materiaalnummer hanteren.
- Naast de materiaalnummers zijn ook de materiaalomschrijvingen toegevoegd, waardoor gebruikers beter kunnen afleiden over welk materiaal het gaat.
- De toevoeging van *order lines* zal de communicatie tussen Philips inkopers en de leverancier over een bepaalde levering ondersteunen.
- De nieuwe versie kan nog steeds geprint worden als de voorkeur van een gebruiker uitgaat naar een hardcopy.
- Indien de voorkeur van een gebruiker uitgaat naar het oude formaat van de voorspelling (tekstbestand), kan deze gebruiker de optie “Save As” in *Microsoft Excel™* gebruiken om de voorspelling op te slaan als een tekstbestand.
- *Microsoft Excel™* biedt alle gebruikers het voordeel om nu snel selecties te maken met standaard functies als “Auto Filter” en “Advanced Filter”.
- Tot slot is het mogelijk om de voorspelling voor toekomstige materiaalbehoeften in een tijdsperspectief te plaatsen met behulp van de “Pivot Table” functie, waardoor de informatie overzichtelijk wordt getoond. Zie figuur 5.6 als voorbeeld op de volgende pagina.

Voor realisatie van dit ontwerp is een intern document geschreven volgens de richtlijnen die hiervoor binnen Philips Medical Systems gelden. Omdat dit voorstel niet alleen voor de business unit MR geïmplementeerd zal worden, is het voorstel reeds behandeld in *Purchasing Control Board*.

Material number (12NC)	Material description	Status	Weeknumber	17	20	21	22	23
452213180021	GRADIENT COIL LC-TNF2	F						
		O		0	0	0	9	
		R						
GRADIENT COIL LC-TNF2 Total				0	0	0	9	11
452213180021 Total				0	0	0	9	11
452213180063	TRITON GRADIENT SPOEL 3T	F						
		O						
TRITON GRADIENT SPOEL 3T Total								
452213180063 Total								
452213180064	TRITON GRADIENT COIL	F						
		O						
		R						
TRITON GRADIENT COIL Total								
452213180064 Total								
452213180102	ASSY HEAT EXCHANGER EW	F						
		O						
ASSY HEAT EXCHANGER EW Total								
452213180102 Total								
Grand Total				0	0	0	9	11

Figuur 5.6 Voorbeeld van materiaalbehoefte in tijdsperspectief

Tot slot wordt opgemerkt dat de nieuwe digitale versie van de voorspelling via het huidige communicatie medium verstuurd kan worden volgens de geconsulteerde leveranciers. De leveranciers die gebruik maken van *Electronic Data Interface* wensen dit graag te continueren. Overige leveranciers hebben te kennen gegeven voorkeur te hebben voor *Electronic mail*.

Frequentie

Naast het aanpassen van het formaat waarin de informatie verstuurd wordt, is uit paragraaf 3.2.4 naar voren gekomen dat de update frequentie van één maand naar leveranciers betrekkelijk lang is in verhouding tot de interne update frequentie van één week binnen MR Logistics.

Een aantal leveranciers heeft echter aangegeven minstens een week nodig te hebben voor verwerking van informatie in de huidige digitale voorspelling (het tekstbestand). Het nieuwe formaat van de voorspelling (Excel bestand) zal de leverancier helpen bij deze informatieverwerking. Hierdoor zal het mogelijk zijn om de voorspelling frequenter te versturen naar leveranciers.

Aangezien de MRP run ieder weekend wordt gedraaid, is het niet logisch om frequenter dan één maal per week de voorspelling te versturen, omdat de wijzigingen in het systeem dan nog niet zijn verwerkt. Er is gekozen om de voorspellingen iedere week te versturen. Leveranciers die toch minder frequent de voorspelling willen ontvangen, kunnen individueel de keuze maken de informatie niet te gebruiken.

Forecast accuracy

Tot slot is een voorstel opgesteld om de prestatie van de voorspellingen voor toekomstige materiaalbehoefte inzichtelijk te maken. Aan de hand van prestaties van *supplier forecasts* kan een terugkoppeling gemaakt worden naar de stabiliteit van het MPS (Stadtler, 2000).

De voorkeur voor prestatie maat gaat uit naar een *relatieve* maat, waardoor het mogelijk wordt om vergelijking te maken tussen de prestaties van verschillende materialen. Vaak is het nadeel van een relatieve maat een periode waarin niets verbruikt is, dan zou door *nul* gedeeld moeten worden (zie paragraaf 3.3).

Bij het ontwerp is gebruik gemaakt van de web-based applicatie Nocturne van Healex. Met behulp van Nocturne worden leveranciers aangestuurd volgens het *Vendor Managed (and Owned) Inventory* principe (Ballou, 1998), dat de basis vormt voor het SMOI project (paragraaf 2.5).

Nocturne biedt de optie om het voorspelde verbruik te vergelijken met de hoeveelheid die werkelijk uit voorraad is genomen, zie figuur 5.7. Nocturne maakt hiervoor gebruik van de Percentage Error (PE), zie formule [3.3.6], waarbij de voorspelfout e_t (in tegenstelling tot literatuur) niet gerelateerd wordt aan de werkelijke waarde (x_t), maar de voorspelde waarde (\hat{x}_t).

In eerdere samenwerking tussen Nocturne en een andere divisie van Philips is gekozen voor deze afwijking van de Percentage Error. Om verdere verwarring te voorkomen en synergie te creëren binnen de afdeling Procurement is gekozen om Nocturne en bijhorende prestatie maat te gebruiken als voorbeeld voor het ontwerp. De operationeel inkopers zullen hierdoor slechts één methode eigen moeten maken.

Week Beginning	Forecast Date 09/08/2004 (t-8 week)		Forecast Date 06/09/2004 (t-4 week)		Forecast Date 20/09/2004 (t-2 week)		Forecast Date 04/10/2004		Actual Usage
	Forecast Error(%)	Forecast Usage	Forecast Error(%)	Forecast Usage	Forecast Error(%)	Forecast Usage	Forecast Error(%)	Forecast Usage	
09/08/2004	-90.0	5							8
16/08/2004	50.0	8							4
23/08/2004	0.0	10							10
30/08/2004	100.0	12							0
06/09/2004	0.0	11	0.0	11					11
13/09/2004	-30.0	10	0.0	13					13
20/09/2004	-10.0	10	0.0	11	0.0	11			11
27/09/2004	46.5	11	40.0	10	25.0	8			6
04/10/2004	100.0	11	100.0	11	100.0	11	100.0	17	0
11/10/2004		10		10		10			11
18/10/2004		9		9		10			10
25/10/2004		8		9		9			11
01/11/2004		10		9		10			13
08/11/2004		10		8		9			13
15/11/2004		10		10		10			11
22/11/2004		7		6		7			9
29/11/2004		10		9		10			6
06/12/2004		10		8		10			6
13/12/2004		5		5		5			4
20/12/2004		0		0		0			0
27/12/2004		6		6		6			6
03/01/2005		7		8		8			8
10/01/2005		8		7		7			5
17/01/2005		8		8		8			7
24/01/2005		8		8		8			7

Figuur 5.7 Prestatiemeting van voorspellingen volgens Nocturne

Deze prestatiemeting komt niet overeen met de meting volgens de logistieke prestatiecontracten die afgesloten zijn met een aantal leveranciers. De reden hiervoor is onder meer dat de contracten niet standaard zijn, waardoor parameters geïntroduceerd moeten worden in de meting. Hierdoor neemt de complexiteit bij gebruik toe en wordt significant meer onderhoud aan het systeem gevraagd wanneer afspraken wijzigen.

Daarnaast is het ook niet mogelijk om de meting volgens het contract actueel te publiceren wanneer de voorspellingen op weekbasis worden verstuurd, aangezien de contracten voorschrijven dat werkelijke en voorspelde hoeveelheid gecumuleerd worden over een bepaalde periode (aantal weken). Het is dan alleen mogelijk de prestatie aan de hand van de logistieke contracten op basis van historische data te berekenen. Hierdoor zal een vertraging in de *feedback-loop* ontstaan naar afdeling Planning. De prestatiemeting zal dan van minder significant belang zijn, terwijl het een complexer systeem zal zijn in gebruik en meer onderhoud zal eisen dan de methode van Nocturne.

Voor het ontwerp van deze prestatiemeting is net als het ontwerp voor de digitale voorspelling een *realisatieontwerp* (van Aken, 2001) geschreven volgens de interne richtlijnen van Philips Medical Systems.

Samenvatting

Om leveranciers te ondersteunen bij het verkorten van de materiaallevertijden naar MR Logistics, zullen deze leveranciers de productie moeten gaan aansturen op basis van een voorspelling. De huidige digitale voorspelling is niet gebruiksvriendelijk noch overzichtelijk gebleken in de praktijk, wat de informatieverwerking niet ten goede komt.

Het voorstel voor een nieuwe digitale voorspelling zal zowel leveranciers als inkopers ondersteunen bij deze informatieverwerking, waardoor de voorspelling voor toekomstige materiaalbehoefte ook frequenter kan worden verstuurd.

Tot slot zal het voorstel voor een *supplier forecast* prestatiemeting op basis van Nocturne bijdrage aan de terugkoppeling naar afdeling Planning over de kwaliteit van het MPS.

6. CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

In het laatste hoofdstuk van dit rapport wordt een overzicht van de belangrijkste conclusies uit het onderzoek gegeven. Hieruit volgt een aantal aanbevelingen om de situatie binnen MR Logistics te verbeteren, zodat MR Logistics in de toekomst in staat is de variatie in haar supply chain te reduceren en daarnaast goed te communiceren met haar leveranciers.

6.1 Conclusies

Naar aanleiding van de *definitieve* probleemstelling van de afstudeeropdracht binnen MR Logistics (zie paragraaf 2.6) heeft aanvullend onderzoek met bijhorende analyse een aantal knelpunten en inzichten opgeleverd. In deze paragraaf volgt een opsomming van de hieruit voortgekomen conclusies.

Hierbij wordt opgemerkt dat de conclusies met betrekking tot de gemeten variatie in voorspellingen over toekomstige materiaalbehoefte, gebaseerd zijn op een steekproef van *11 procent* van alle materiaalcodenummers.

Ook kan nog worden vermeld dat bij aanvang van de opdracht, overall inzicht en kennis met betrekking tot het *Material Requirement Planning* (MRP-I) algoritme ontbrak bij enkele medewerkers van verschillende afdelingen binnen MR Logistics. Het effect van een beslissing op aanverwante processen in het systeem was vaak niet duidelijk, waardoor SAP R3 in ‘het kastje’ (de computer) regelmatig als niet gebruiksvriendelijk bestempeld is, terwijl de oorzaak van verkregen signalen elders lag.

Materiaalcoördinatie

Binnen de fabriekslogistiek van MR Logistics is naar voren gekomen dat de *materiaalcoördinatie* de primaire focus heeft, in tegenstelling tot de capaciteitscoördinatie. De capaciteit blijkt voldoende te zijn voor de gegeven klantvraag. De materiaalcoördinatie heeft daarentegen te maken met lange levertijden (gemiddeld 10 weken), waardoor het systeem *niet* de gewenste flexibiliteit heeft om de dynamiek van de klantvraag te kunnen volgen.

Voorspelnaauwkeurigheid van toekomstige materiaalbehoefte

Uit de metingen naar voorspelnaauwkeurigheid van toekomstige materiaalbehoefte is te concluderen dat er sprake is van variatie, uitgedrukt in een percentage. Hierbij is het *niet* mogelijk om één *exact* percentage te formuleren voor alle materiaalnummers, omdat deze waarde dan teveel is uitgemiddeld. In de bijlage 3 staat een overzicht van gemeten variatie per individueel materiaalnummer. Aan de hand van de relatieve prestatie maat *MAPE* kan gesteld worden dat de variatie in materiaalvoorspellingen ongeveer 30 procent bedraagt, ongeacht productcategorie of periode. Hieruit is te concluderen dat de variatie in de voorspellingen niet overeenkomt met de afgesproken normen in de logistieke contracten met leveranciers, met name voor de eerste (nul procent) periode.

Verder werd op voorhand verwacht dat er sprake zou zijn van een positieve bias, aangezien klantorders regelmatig uitgesteld worden. Uit de metingen is echter naar voren gekomen dat er niet eenduidig sprake is van positieve of negatieve bias.

Oorzaken van gemeten variatie

Uit nadere analyse van de gemeten variatie is een aantal oorzaken naar voren gekomen. Gemeten variatie wordt veroorzaakt door karakteristieken van het *MRP-I algoritme* en *Supply Chain Management*. Daarnaast zijn nog de drie categorieën aangewezen welke direct van invloed zijn op de gemeten variatie, te weten *Validiteit van Meting*, *Materiaal* en *Data*.

Hierbij is het niet mogelijk om een *kwantitatieve* onderbouwing te geven wat de dominante oorzaak van de gemeten variatie is. Op basis van literatuur en verworven inzicht is *instabiliteit* van het MPS in combinatie met *lange materiaallevertijden* aangewezen als primaire oorzaak van *nervositeit*.

6.2 Aanbevelingen

Tijdens het onderzoek is naar voren gekomen dat SAP R3 een centrale positie inneemt in de dagelijkse bedrijfsvoering. Veel medewerkers binnen MR weten aan de hand van cursussen en/of handleidingen hoe SAP R3 werkt. Echter, hierbij ontbreken regelmatig (basis)principes van het MRP-I algoritme. Daarom wordt geadviseerd om alle medewerkers binnen MR een cursus over het MRP-I algoritme aan te bieden, over de werking en restricties van MRP-I in de praktijk. De voorkeur gaat uit naar een cursus met een *integraal* perspectief, van klant tot leverancier. Indien inzicht verkregen wordt in de beperkingen van het dit algoritme kan dit bijdragen aan de materiaalcoördinatie.

Materiaalverwerving

Zoals eerder is geconcludeerd, is de materiaalcoördinatie de kritieke factor voor MR Logistics. Het proces van materiaalverwerving in de breedste zin verdient hierdoor extra aandacht, waarvoor wordt verwezen naar het inkoopmodel van Van Weele (2001). Hierbij is het gehele inkoopproces (vanaf *selectie* tot en met *evaluatie*) verdeeld in zes stappen, waarbij voor MR de focus niet alleen op *prijs* en *kwaliteit* gericht moet zijn, maar vanuit logistiek perspectief ook op *materiaallevertijd*.

Materiaal levertijd

Om aan de dynamiek van de klantvraag te kunnen volgen, zal de *gemiddelde* levertijd van 10 weken drastisch gereduceerd moeten worden. Bij aanvang van dit proces moet de focus liggen op materialen met extreem lange levertijden, meer dan 10 weken. Deze levertijd moet gereduceerd worden naar de huidige doelstelling voor materiaallevertijd, vier weken of minder. Wanneer dit gerealiseerd is en de langste materiaallevertijd 10 weken bedraagt, kan dit proces gecontinueerd worden waardoor stapsgewijs de materiaallevertijd gereduceerd wordt. Hierdoor zal meer *flexibiliteit* verkregen worden en de *nervositeit* in het systeem afnemen.

Materiaalplanning

Uit onderzoek is naar voren gekomen dat de focus binnen de fabriekslogistiek van MR Logistics ligt op de *materiaalcoördinatie*. Om variatie binnen deze coördinatie te reduceren, zal MR Logistics een stabiel MPS moeten hanteren. Aangezien een te stabiel MPS kan leiden tot een lager *customer service level* en hogere voorraden, wordt ten eerste een gefaseerd *fixed fence* met een *Water*, *Slush* en *Ice* fase aangereikt. Hierdoor is het toch mogelijk om wijzigingen door te voeren, maar zullen minder urgente wijzigingen het MPS minimaal verstoren.

Daarnaast dienen klantorders *niet* direct aan geplande productieorders in het MPS gekoppeld te worden. De dynamiek van de klantvraag zal dan niet (direct) doorwerken in de *capaciteit*- en *materiaalplanning*. Uitstel van deze koppeling kan gerealiseerd worden met behulp van een *Available-To-Promise* interface. Daarbij wordt nog expliciet het advies van Stadtler (2000) gegeven, dat het gebruik van *Spreadsheets* ter ondersteuning van het planningproces voorkomen moet worden.

Tot slot wordt een *Final Assembly Schedule* met een *rolling* horizon van 4 weken (geheel *frozen*) aangedragen als interface tussen het MPS en productie, om het MPS te ontlasten van detailplanning.

Communicatie

Om de leveranciers te ondersteunen bij het verkorten van de materiaallevertijd naar MR Logistics, zullen leveranciers op basis van een voorspelling het eigen productieproces moeten opstarten. Het *formaat* en de *frequentie* van de huidige digitale voorspelling is herzien, met als resultaat een herontwerp voor een nieuw formaat van de voorspellingen. Hierdoor kan de informatie efficiënter en effectiever verwerkt worden, zodat de voorspelling voortaan op *wekelijkse* basis verstuurd kan worden.

Dit voorstel is uitgebreid met een ontwerp voor een prestatiemeting om de kwaliteit van voorspellingen te kunnen meten. Om verwarring te voorkomen en synergie te creëren in afdeling *Procurement*, is dit ontwerp gebaseerd op de prestatiemeting volgens het model van Nocturne, dat gebruikt wordt voor leveranciers die leveren volgens het *Vendor Managed (and Owned) Inventory* principe.

Dit instrument meet de voorspellingen *niet* aan de hand van de logistieke contracten, omdat een dergelijk systeem in gebruik complex is en veel onderhoud vereist. Tot slot zal een meetinstrument aan de hand van afspraken uit het logistieke contract, niet *actueel* terugkoppeling kunnen geven aan afdeling Planning, waardoor de meerwaarde minimaal is.

Logistieke contracten

Mede door bovengenoemde reden én omdat het in de praktijk niet mogelijk is om nul procent variatie tijdens de eerste vier weken te realiseren, wordt geadviseerd om de afspraken in de logistieke contracten met betrekking tot de gestelde normen voor variatie, te herzien óf te schrappen.

REFERENTIES

- [1] Ahlburg, D.A. (1992) *Error measures and the choice of a forecast method*. International Journal of Forecasting, Vol. 8, pp. 99 – 111.
- [2] Aken, J.E. van, Bij, J.D. van der, Berends, J.J. (2001) *Bedrijfskundige methodologie*. Collegedictaat Technische Bedrijfskunde, TU/e.
- [3] Ballou, R.H. (1998) *Business logistics management*. Prentice Hall International London. Vierde druk.
- [4] Bertrand, J.W.M., Wortmann, J.C., Wijngaard, J. (1998) *Productiebeheersing en material management*. Wolters-Noordhoff, Groningen. Tweede druk.
- [5] Blackburn, J.D, Kropp, D.H, Millen, R.A. (1985) *MRP System nervousness: causes and cures*. Engineering Costs and Production Economics, Vol. 9, pp. 141 – 146.
- [6] Chase, C.W. (Fall 1995) *Measuring forecast accuracy*. The Journal of Business Forecasting Methods & Systems. Vol. 14, Iss. 3, pp. 2.
- [7] Chase, C.W. (Summer 2000) *Composite forecasting: combining forecasts for improved accuracy*. The journal of business forecasting methods & systems. Vol. 19, Iss. 2, pp. 2
- [8] Chatfield, C. (2001) *Time-series forecasting*. Chapman & Hall / Crc. Boca Raton.
- [9] Enns, S.T. (2002) *MRP performance effects due to forecast bias and demand uncertainty*. European Journal of Operational Research, Vol. 138, pp. 87 – 102.
- [10] Goodwin, P., Lawton, R. *On the asymmetry of the symmetric MAPE*. International Journal of Forecasting, Vol. 15, pp. 405 – 408.
- [11] Helms, M.M., Etkin, L.P., Chapman, S. (2000) *Supply chain forecasting: Collaborative forecasting supports supply chain management*. Business Process Management Journal, Vol. 6, Iss. 5, pp. 392 – 407.
- [12] Kempen, P.M., Keizer, J.A. (2000) *Advieskunde voor praktijkstages*. Wolters-Noordhof Groningen. Tweede druk.
- [13] Krupp, J.A.G. (Summer 1984) *MRP failures and the purchasing interface*. Journal of Purchasing and Materials Management, Vol. 20, Iss. 2, p 18.
- [14] Lee, H.L., Padmanabhan. V., Whang, S. (Spring 1997) *The bullwhip effect in supply chains*. Sloan Management Review, Vol. 38, Iss. 3, pp. 93.
- [15] Lee, T.S., Adam, E.E. (1986) *Forecasting error evaluation in material requirements planning (MRP) production inventory systems*. Management Science, Vol. 32, No. 9, pp. 1186 – 1205.
- [16] Makridakis, S., Wheelwright, S.C, Hyndman, R.J. (1998) *Forecasting: Methods and Applications*. John Wiley & Sons. New York. 3^e edition.
- [17] Montgomery, D.C., Runger, G.C. (1994) *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons, New York.
- [18] O’Conner, M., Lawrence, M. (1998) *Judgemental forecasting and the use of available information*. Forecasting with Judgement, Wiley, Chichester, pp. 65 – 90.

- [19] Ritzman, L., King, B. (1991) *The impact of forecast errors in multistage production systems*. Modern Production Concepts, Springer Berlin, pp. 178 – 194.
- [20] Silver, E.A., Pyke, D.F., Peterson, R. (1998) *Inventory Management and production planning and scheduling*. John Wiley & Sons, New York. Third edition.
- [21] Stadtler, H., Kilger, C. (2000) *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Springer-Verslag Berlin.
- [22] Verschuren, P. Doorewaard, H. (2003) *Het ontwerpen van een onderzoek*. Uitgeverij Lemma BV, Utrecht. Derde druk, vierde oplage.
- [23] Vollmann, T.E., Berry, W.L., Whybark, D.C. (1997) *Manufacturing Planning and Control Systems*. Irwin McGraw-Hill, Boston – Fourth Edition.
- [24] Weele, A.J. van (2001) *Inkoop in strategisch perspectief: analyse, planning en praktijk*. Kluwer, Alphen a/d Rijn, vierde druk.
- [25] Website Magnetic Resonance <http://www.mri.philips.com>
- [26] Website NocTurne <https://nocturne31.healex.com>
- [27] Website Philips <http://www.philips.com>
- [28] Website P.M.S. <http://www.medical.philips.com/nl>
- [29] Website S.A.P. <http://www.sap.com>

AFKORTINGEN

▪ ASPAC	Asia Pacific (SSR)
▪ BG	Business Group
▪ BU	Business Unit
▪ C-BOM	Commerciële – BOM
▪ CDD	Confirmed Delivery Date
▪ DIS	Digital Imaging Systems
▪ EMEA	Europe Middle East & Afrika (SSR)
▪ ERP	Enterprise Resource Planning
▪ F&A	Finance & Accounting
▪ FERT	Fertigungs Ware, halffabrikaten
▪ FMB	Facility Management Best
▪ HAWA	Handels Ware, inkoopartikelen
▪ HOQ	Magazijn voorraad gereed product (Industrieterrein Ekkersrijt)
▪ LATAM	Latin America (SSR)
▪ MCR	Multi Country Region
▪ MOPS	Monthly Order Planning Schedule
▪ MPS	Master Production Schedule
▪ MR	Magnetic Resonance
▪ MRC	Processtap voor productie van MR Componenten
▪ MRI	Magnetic Resonance Imaging
▪ MRP	Material Requirement Planning
▪ MRS	Processtap voor MR Systeemtesten
▪ MRX	Orderpicking en -packing in HOQ
▪ NA	North America (SSR)
▪ ODD	Order Due Date
▪ P-BOM	Planning – BOM / Forecasting Bill (Bertrand, 1998)
▪ PMO	Project Management Office
▪ PMS	Philips Medical Systems
▪ PMSN	Philips Medical Systems Nederland (locatie Best)
▪ Procurement	Afdeling <i>operationele</i> inkoop
▪ Purchasing	Afdeling <i>initiële</i> inkoop
▪ RDD	Requested Delivery Date
▪ SAP	Systems, Applications and Products: ERP software
▪ SCM	Supply Chain Management
▪ SSD	Sales & Service District
▪ SSR	Sales & Service Region

APPENDIX 1

MPS IN 2004

1,5 Tesla		jan		feb				mrt				apr				mei				juni							
Gepland voor:	(datum)	6-jan	12-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb	1-mrt	8-mrt	15-mrt	22-mrt	29-mrt	5-apr	12-apr	19-apr	26-apr	3-mei	10-mei	17-mei	24-mei	31-mei	7-jun	14-jun	21-jun	
	(weekno.)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Gepland op:	(datum)																										
	(weekno.)																										
	10-6																						1	6	2	11	9
	4-5																		3	8	11	6	11	9	10	10	9
	29-4																	3	11	9	6	11	9	10	10	9	
	19-4														1	1	1	1	7	9	9	6	11	9	10	10	9
	13-4													1	1	2	4	7	9	9	6	11	9	10	10	9	
	2-4												1	4	4	4	4	7	9	9	6	10	9	10	10	10	
	26-3										0	3	7	4	4	4	4	6	11	4	15	3	7	10	12		
	8-3									6	4	4	6	6	4	3	1	5	14	2	18	2	9	8	11		
	5-3							0	6	4	4	6	6	4	3	1	5	14	2	18	2	9	8	11			
	20-2					2	4	5	7	2	4	6	7	2	10	2	8	10	2	13	2	9	8	11			
	9-2				1	6	6	8	5	8	8	2	5	5	7	2	8	3	7	9	2	12	3	9	10		
	29-1			1	6	6	8	5	8	8	2	5	5	7	2	7	2	7	9	2	12	3	8	9	10		
	23-1		2	6	6	6	8	6	9	6	2	5	5	7	2	8	1	7	9	2	12	3	8	9	10		
	6-1	1	6	5	9	7	6	7	5	9	8	8	7	6	12	1	14	0	9	12	1	13	1	9	9	8	

Werkelijke productie	4	6	4	7	6	6	4	5	5	5	5	6	5	5	5	3	2	6	8	2	9	9	10	7	14
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----

1,5 Tesla		jan		feb				mrt				apr				mei				juni							
(datum)	(weekno.)	6-jan	12-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb	1-mrt	8-mrt	15-mrt	22-mrt	29-mrt	5-apr	12-apr	19-apr	26-apr	3-mei	10-mei	17-mei	24-mei	31-mei	7-jun	14-jun	21-jun	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
(datum)	(weekno.)																										
10-6	24																										
4-5	19																										
29-4	18																										
19-4	17																										
13-4	16																										
2-4	14																										
26-3	13																										
8-3	11																										
5-3	10																										
20-2	8																										
9-2	7																										
29-1	5																										
23-1	4																										
6-1	2	-3	0	1	2	1	0	3	0	4	3	3	1	1	7	-4	11	-2	3	4	-1	4	-8	-1	2	-6	

Delta = Planning - Werkelijke productie

CFE 17 Bias 1,2

APPENDIX 2

OVERZICHT GETOETSTE MATERIAALNUMMERS

No.	Materiaalnummer	Description	Vendor	Categorie
1	452213180102	ASSY HEAT EXCHANGER EW	9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	A
2	452213152934	ASSY.SNC CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	A
3	452213165362	GRADIENT AMPL.SYST.234P04	9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	A
4	452213165412	GRADIENT AMPL.SYST.271	9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	A
5	452213203141	GRADIENT AMPL.SYST.281	9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	A
6	452213180021	GRADIENT COIL LC-TNF2	9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	A
7	452213158083	MAINS CABLE USA	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	A
8	452213161052	PARTS FIRST INSTALL. MT	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
9	452213221001	PATIENT TABLE 1.0T/1.5T WE	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
10	452213161505	PATIENT TABLE NL	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
11	452213161602	PATIENT TABLE NL/3T	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
12	452213177802	PATIENT VENTILATIE UNIT	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
13	452213155765	SB.CONN.CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	A
14	452213160904	SFB MECHANICA	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
15	452213149443	SYN CONNECT CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	A
16	452213149462	SYN SAM FRAME+ANTENNES	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	A
17	452213187571	SYNCO CABLE SET	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	A
18	452213180042	TNF2S GRAD.SPOEL 3T	9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	A
19	452213174585	AIRDUCT NL & FOAM	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	B
20	452213123725	ASSY. CARDIAC CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
21	452213198394	CABLE KIT DUAL REACK 271/281	9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	B
22	452213175832	CABLE MMC-X1 -QBHIGHGRAD	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
23	452213180323	CABLE MME-X1 EN X2 -T5A	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
24	452213175351	CABLE PICU (TRANSMIT/REC)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
25	452213135973	CABLE SYNCO2 -MSF X10/X11	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
26	452213135963	CABLE SYNCO2 -MSF X12/X13	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
27	452213135962	CABLE SYNCO2-MSF X12/X13	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
28	452213152031	CARDIAC ANTENNE SET	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	B
29	452213115013	ENDO COIL ACS	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
30	452213168332	ENDO COIL SMALL 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
31	452213203061	ERDU BUTTON ASSEMBLY	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
32	452213196391	HE-EXHAUST JADE 3T	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	B
33	452213151611	HE-EXHAUST MT RF AFSCH.	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	B
34	452213175582	MAINS CABLE CONSOLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
35	452213175721	MAINS CABLE MDU- FR/RF-X8	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
36	452213226091	REINFORCEMENT KIT PIPES	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	B
37	452213166683	S.SH.BAZOOKA CABLE 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
38	452213196251	SAM.EXHAUST FEEDTROUGH	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	B
39	452213155785	SB BAZOOKA 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
40	452213168584	SB BAZOOKA CABLE 1T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
41	452213167053	SET CABLES ERDU 2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
42	452213126521	SET COVERS FILTERBOX CMN	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	B
43	452213226131	SET FIXING PARTS XW8000	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	B
44	452213114411	SET SEMI RIGID COAX CABLE	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	B
45	452213195211	SPLITTER SET 3T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
46	452213127753	SYN.CABLE INTERN ACS-NT	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
47	452213193742	SYN.FLEX-S/L CONN.CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
48	452213180311	SYNCO CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
49	452213180302	SYNCO CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
50	452213207031	T/R CABLE ASSY. 3T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	B
51	452213152042	CABLE INTERN	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
52	452213154591	HEAT EXCHANGER DUMMY	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
53	452213155431	KLEM-BEUGEL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
54	452213081762	ONDERLEGPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
55	452213155823	SB. TRAP COAXCABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
56	452213155812	SB.PREAMP CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
57	452213177652	SHIMPLATE NL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
58	452213184371	SLUITRING M2,5 EPOXY	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
59	452213114031	STRIP ONDER	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
60	452213089131	TUSSENPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
61	452213089121	VOORPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
62	452213089192	ZIJSTRIP	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
63	452213232401	6 PIN MINI DIN CABLE M-M	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
64	452213201143	64 NH COIL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
65	452213089102	ACHTERPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
66	452213180211	ADAPTOR KIT TNF2 FOR NT	9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	C
67	452213089152	AFDEKPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
68	452213174683	AIRDUCT BRACKET	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
69	452213121545	AIRDUCT LEFT/RIGHT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
70	452213157014	AIRDUCTS II	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
71	452213086722	ANTENNE SET BREASTCOIL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
72	452213152651	ANTENNEDEEL TOP	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
73	452213231261	ASSY. CARDIAC CABLE WE1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
74	452213231551	ASSY. SNC CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
75	452213231111	ASSY. SNC CABLE WE1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
76	452213177852	BACK TUBE	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
77	452213203412	BEUGEL-SPLITTER	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
78	452213089112	BODEMPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
79	452213139951	BORGPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
80	452213159271	BRACKET BE-BOX	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
81	452213197372	BRACKET LEFT PHD2	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
82	452213197382	BRACKET RIGHT PHD2	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
83	452210410591	CABLE 10X0.34 SC MUSHR	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
84	452213124685	CABLE BA-UNIT-BIAX4	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
85	452213118954	CABLE BC - BIAx8	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
86	452213175391	CABLE BEA-X7 - ZC-X2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C

87	452213173144	CABLE BEA-X9 - Z-X3	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
88	452213112924	CABLE BF - BE-X16	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
89	452213173123	CABLE BH-X1 - BEB-X2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
90	452213232131	CABLE BH-X10 - OCD	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
91	452213187672	CABLE BZ-X1 - BH-X23	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
92	452213173171	CABLE DIB-X53 - ZC-X5	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
93	452213224331	CABLE FDL/ZDL-X101 - AA-X1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
94	452213224473	CABLE FDM/ZDM-X1-FR-X9	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
95	452213226001	CABLE FDM/ZDM-X4 - FR-X1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
96	452213168972	CABLE FIXING PLATE	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
97	452213180252	CABLE FL-X9 - SERVICE PC	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
98	452213102631	CABLE FM-X10 DOOR	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
99	452213154301	CABLE FM-X13 - DI-B-X59	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
100	452213128883	CABLE FR/RF-X1 - FCH-X57	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
101	452213102386	CABLE FR/RF-X9 - FM-X3	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
102	452213167181	CABLE MC1K-X2 - MC1B-X20	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
103	452213213343	CABLE MC1-X30 (RX 1.5T)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
104	452213213463	CABLE MC1-X30 (RX 3T)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
105	452213222761	CABLE MC1-X31 (SPECTRO 1.5T)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
106	452213213451	CABLE MC1-X31 (SPECTRO 3T)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
107	452213213353	CABLE MC1-X32 (RX 1.5T)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
108	452213213473	CABLE MC1-X32 (RX 3T)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
109	452213119074	CABLE MC2-X1 - MDX30	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
110	452213180412	CABLE MCC-X1 - QBC	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
111	452213127104	CABLE MDI5X1 - AIR SUPPLY	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
112	452213127123	CABLE MD-X20 - M2L	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
113	452213127132	CABLE MD-X21 - M1L	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
114	452213175184	CABLE MD-X28 - Z-X65	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
115	452213175712	CABLE MMA-X5 - AIR SUPPLY	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
116	452213175842	CABLE MMC-X2 - MGB-X3/X4	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
117	452213175681	CABLE MM-X2 - MF-X2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
118	452213187801	CABLE MM-X2 - MF-X2 L=1.3	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
119	452213158442	CABLE MSF-X15 - (T5A)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
120	452213145013	CABLE MSG-X71-QBCHIGHGRAD	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
121	452213158481	CABLE MVM2-X1-MD-X29	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
122	452213167111	CABLE MVPX1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
123	452213175331	CABLE MVP-X1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
124	452213180461	CABLE MV-X1 - CLIXON	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
125	452213173241	CABLE MV-X1 - ZC-X105	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
126	452213192495	CABLE PICU MC1-X25	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
127	452213203281	CABLE PM-X4 - FOOTSWITCH	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
128	452213080325	CABLE QHC 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
129	452213132522	CABLE SERVICE PC-BIB-X4	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
130	452213203091	CABLE SET, ERDU	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
131	452213132544	CABLE SHUTDOWN - FMX11	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
132	452213135972	CABLE SYNCO1-MSF X10/X11	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
133	452213175511	CABLE ZC-X10 - PV-X3	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
134	452213192671	CABLE ZI-X4 - BA2-X2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
135	452213173072	CABLE Z-X52A/B - MRJ5	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
136	452213175202	CABLE Z-X53 - Z-X64	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
137	452213175092	CABLE Z-X55 - BALAMP BOX	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
138	452213167201	CABLE Z-X59A/B-BALAMP	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
139	452213127273	CABLEMSG-X72-MGB-X3/X4	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
140	452213232211	CABLES KEYB/MOUSE 3 MT	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
141	452213173155	CBL Z-X53 - MW1-X1/MW2-X2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
142	452213203571	CD-ROM CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
143	452213171191	COAX FM-X7 UPGR	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
144	452213118844	COAX MSE-X1 - MGB-X1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
145	452213175192	COAX Z-X15 - X10	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
146	452213174773	CONE FIXING BRACKET	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
147	452213127052	CONNECTOR FMX8	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
148	452213127172	CONNECTOREN FEPSU-2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
149	452213121334	COVER FRAME CMN	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	C
150	452213194531	CU ANTENNEDEEL 1	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
151	452213194541	CU ANTENNEDEEL 2	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
152	452213194551	CU ANTENNESTRIP	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
153	452213104024	CU SET QBC TNA	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
154	452213171162	DR B POW SUPPLY GR INTERF	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
155	452213174921	DRAADBEUGEL NL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
156	452213167083	DRAADBOOM + MAIN	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
157	452213129223	DRAADBOOM 1 FEPSU PZLN	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
158	452213112622	DRAADBOOM 2 FEPSU	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
159	452213128831	DRAADBOOM 3 FEPSU PZLN	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
160	452213129171	DRAADBOOM D CONN	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
161	452213111693	DRAADBOOM FAN BDAS	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
162	452213119054	DRADEN KEY BORD AUDIO	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
163	452213173471	DUMMY CONNECTOR LCC1X5	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
164	452213180362	EARTH CABLE MAINS - NTDAC	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
165	452213175801	EARTH CBL FLA-X1- FI-X8	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
166	452213175672	EARTH CBL MF-X3 - MM-X6	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
167	989603012131	EARTHQUAKE BRACKETS	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
168	452213158101	ECG SPLITTER ASSY	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
169	452213115003	ENDO COIL T5	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
170	452213131643	ENDO COIL T5B	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
171	242254942361	FO CBL ASSY HFBR-END35	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
172	452213125403	FRONT PANEEL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
173	452213102784	FRONT VOEDINGENUNIT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C

174	452213118811	GRAD. WFG WRAP AROUND 2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
175	452213180601	HORIZONTAL SENSOR INTER	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
176	452213196341	INSULATION FLANGE	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	C
177	452213196291	INSULATION RING	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	C
178	452213139572	INTER CONNECTION CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
179	452213029897	INTERCONNECTION CABLE QHC	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
180	452213065621	ISOLATIERING	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	C
181	452213065711	ISOLATIERING	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	C
182	452213127072	KABEL MV-X1 - CLIXON	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
183	452213158191	LOSSE DRADEN AM.	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
184	452213106202	LOSSE DRADEN ASSY FK UNIT	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
185	452213175592	LOSSE DRADEN CONSOLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
186	452213119062	LOSSE DRADEN POTMETER	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
187	452213187602	MAINS CABLE 5X 5,2 MM2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
188	452213187601	MAINS CABLE 5X 5,2 MM2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
189	452213187721	MAINS CABLE DG-X1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
190	452213173292	MAINS CABLE FILTERBOX	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
191	452213175481	MAINS CABLE PATIENT VENT.	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
192	452213175743	MAINS CBL PATIENT SUPPORT	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
193	452213159371	MAINS INLET BOX	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
194	452213112661	MAINSKABELS B DAS	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
195	452213135831	MALFUNCTION TEST	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
196	452215032621	MANIFOLD REPAIR KIT	9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	C
197	452213124674	MICROPHONE CABLE BA UNIT	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
198	452213146011	MICROPHONE CABLE HEAD INT	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
199	452213171101	MONT. PL POWER SUPPLY	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
200	452213209481	MOUNTING SET SHIM CABLE	9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	C
201	452213187831	OCD-3 DVI CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
202	452213213361	ODU ADAPTER 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
203	452213213481	ODU ADAPTER 3T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
204	452213213421	ODU ADAPTER SC 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
205	452213213491	ODU ADAPTER SC 3T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
206	452213213441	ODU ADAPTER TX/RX/1H 1.5T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
207	452213157053	PARTITION TOP II CMN	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
208	452213197391	PHD2 MOUNTING BOX	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
209	452213217213	PICU FRAME WE	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
210	452213174554	PICU NL FRAME	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
211	452213217202	PICU REAR BRACKET WE	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
212	452213174592	PICU3 BRACKET REAR	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
213	452213161041	POSITIONING JIG CMN	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
214	452213086382	QTL ECG STEUN T5	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
215	452213175451	RS 232 LOOPBACK (15P)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
216	452213175861	RS 232 LOOPBACK (9P)	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
217	452213132611	RS 232 LOOPBACK 9P	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
218	452213110293	RUIF	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
219	452213231521	S.B. CONN. CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
220	452213166462	S.SH.BAZOOKA CABLE 1.0T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
221	452213123705	SAM SPECTRO QHC CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
222	452213126052	SAM.FIXATIESTRIP P.U.CBL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
223	452213231021	SB.CONN. CABLE WE1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
224	452210412262	SCHROEF (SPEC) M3 X 11	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
225	452213231501	SENSE FLEX CONN. CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
226	452213158283	SET CABLES BDAS	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
227	452213162062	SET CABLES BRAIDS	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
228	452213136003	SET CABLES CCD/CAMERA	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
229	452213106071	SET LOSSE DRADEN	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
230	452213228581	SET MAINS + EARTH CABLES	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
231	452213192701	SET WIRES DOCCOM	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
232	452213147194	SLANG HE EXHAUST U-ACS	9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	C
233	452213133641	SPEAKER FRAME	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
234	452213101694	SPECTRO.DRIV/MIR.CABLE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
235	452213150331	SPLITER AUDIO NURSE	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
236	452213197313	STRIP NTDAC	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
237	452213219211	SYN. CONN. CABLE. 3T	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
238	452213231161	SYN. FLEX-S/L CONN.CABLE WE1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
239	452213127995	SYN.CABLE INTERN T5-B	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
240	452213193941	SYN.CONN.CABLE SFI	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
241	452213231231	SYN.CONNECT CABLE 1.5T-WE1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
242	452213219891	T/R CABLE 3.T-WE1	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
243	452213132672	TC 420 LOOPBACK	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
244	452213173112	TEST CABLE BEA-X7 - BEAX8	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
245	452213168962	TOPCOVER GUIDING ASSY	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
246	452213162971	UPGR. RF. FEEDTHROUGH II	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
247	452210280281	U-PROFIEL	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
248	452213089164	VENTILATORPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
249	452213212011	VERLOOPKABEL POWER SUPPLY	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
250	452213187781	VIDEO CABLE OCD-3 SOG	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
251	452213167071	VOEDINGENPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
252	452213110342	VOEDINGENPLAAT	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
253	452213173211	WIRES LOUDSPEAKER	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
254	452213136101	WRAP AROUND D-CONNECTOR 2	9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	C
255	452213089084	ZIJPLAAT L	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C
256	452213089073	ZIJPLAAT R	9396974 (INNO-METAAL B.V.)	C

APPENDIX 3

INDIVIDUELE RESULTATEN PER MATERIAALNUMMER

Name and description (Vendor)	Materiaalnummer	Material Description	Categorie	Demand	No of Forecasts	CV 1	CV 2	CV 3	MAD 1	BIAS	ME 1	MPE 1	MPE 2	MPE 3	MAPE 1	MAPE 2	MAPE 3
9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	452213180102	ASSY HEAT EXCHANGER EW	A	30	10	0,3	1,4	0,9	4	-4	-4	-10%	38%	24%	10%	42%	40%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213152934	ASSY.SNC CABLE	A	95	10	0,5	0,5	0,6	30	-1	-1	14%	20%	-11%	34%	44%	36%
9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	452213165362	GRADIENT AMPL.SYST.234P04	A	3	4	0,3	0,4	1,1	1	0	0	-17%	0%	56%	42%	50%	56%
9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	452213165412	GRADIENT AMPL.SYST.271	A	42	5	0,7	0,6	0,6	18	-1	-1	35%	-32%	-24%	63%	32%	28%
9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	452213203141	GRADIENT AMPL.SYST.281	A	6	5	1,4	1,9	0,8	5	3	3	28%	25%	-48%	47%	97%	48%
9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	452213180021	GRADIENT COIL LC-TNF2	A	28	10	0,3	0,2	0,4	6	-6	-6	-18%	-2%	10%	20%	14%	30%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213158083	MAINS CABLE USA	A	45	10	0,7	0,9	1,8	0	0	0	5%	17%	63%	35%	50%	88%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213161052	PARTS FIRST INSTALL. MT	A	27	9	0,3	0,0	0,2	4	-4	-4	-19%	0%	-8%	19%	0%	8%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213221001	PATIENT TABLE 1.0T/1.5T WE	A	4	7	1,7	2,0	2,2	3	3	3	38%	47%	56%	38%	47%	56%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213161505	PATIENT TABLE NL	A	26	9	0,4	0,3	0,3	5	0	0	10%	9%	-21%	23%	34%	21%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213161602	PATIENT TABLE NL/3T	A	26	9	0,4	0,3	0,3	5	0	0	10%	9%	-21%	23%	34%	21%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213177802	PATIENT VENTILATIE UNIT	A	31	9	0,3	0,0	0,2	4	-4	-4	-13%	0%	-18%	13%	0%	18%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213155765	SB.CONN.CABLE	A	150	10	0,5	0,3	0,4	53	7	7	8%	6%	0%	42%	17%	13%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213160904	SFB MECHANICA	A	31	9	0,3	0,2	0,3	4	0	0	7%	13%	-7%	15%	13%	7%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213149443	SYN CONNECT CABLE	A	85	10	0,8	0,8	0,8	40	0	0	5%	11%	0%	35%	33%	25%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213149462	SYN SAM FRAME+ANTENNES	A	44	9	0,3	0,3	0,3	6	0	0	6%	8%	-12%	17%	17%	12%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187571	SYNCO CABLE SET	A	32	10	1,2	1,1	1,0	27	12	12	90%	54%	40%	100%	100%	98%
9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	452213180042	TNF2S GRAD.SPOEL 3T	A	2	6	0,4	2,1	2,5	1	0	0	-35%	21%	100%	43%	99%	100%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213174585	AIRDUCT NL & FOAM	B	31	9	0,3	0,2	0,2	4	2	2	12%	10%	0%	18%	10%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213123725	ASSY. CARDIAC CABLE	B	20	10	1,2	0,9	0,9	10	0	0	0%	11%	13%	20%	11%	13%
9168149 (COPLEY CONTROLS CORP.)	452213198394	CABLE KIT DUAL REACK 271/281	B	19	5	1,1	0,8	0,8	11	4	4	11%	-36%	-10%	29%	36%	56%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175832	CABLE MMC-X1 -QBCHIGHGRAD	B	33	10	0,6	0,8	0,9	10	10	10	25%	11%	-13%	25%	33%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180323	CABLE MME-X1 EN X2 -T5A	B	20	10	1,9	2,0	1,9	24	0	0	3%	4%	17%	63%	70%	67%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175351	CABLE PICU (TRANSMIT/REC)	B	12	10	1,4	1,5	1,1	11	-1	-1	100%	100%	-24%	100%	100%	51%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213135973	CABLE SYNCO2 -MSF X10/X11	B	25	3	1,1	0,0		21	21	21	78%	0%	0%	78%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213135963	CABLE SYNCO2 -MSF X12/X13	B	25	3	0,7	1,0		8	8	8	33%	50%	0%	33%	50%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213135962	CABLE SYNCO2-MSF X12/X13	B	6	8	3,4	4,5	4,7	9	-3	-3	0%	13%	25%	25%	38%	50%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213152031	CARDIAC ANTENNE SET	B	20	9	0,5	0,3	0,1	5	-2	-2	-6%	-6%	2%	28%	6%	2%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213115013	ENDO COIL ACS	B	9	7	0,5	0,7	1,0	2	1	1	11%	7%	-7%	18%	21%	36%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213168332	ENDO COIL SMALL 1.5T	B	6	7	0,8	0,5	0,6	3	-2	-2	-13%	2%	-13%	41%	27%	41%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213203061	ERDU BUTTON ASSEMBLY	B	11	7	1,4	2,0	2,2	9	0	0	-4%	-8%	-10%	39%	75%	90%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213196391	HE-EXHAUST JADE 3T	B	4	9	0,6	0,7	0,5	1	0	0	0%	6%	-7%	22%	19%	7%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213151611	HE-EXHAUST MT RF AFSCH.	B	36	9	0,0	0,0	0,3	0	0	0	0%	0%	-7%	0%	0%	7%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175582	MAINS CABLE CONSOLE	B	40	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175721	MAINS CABLE MDU- FR/RFX-8	B	40	10	1,4	1,3	1,0	42	-22	-22	-32%	-67%	-46%	88%	67%	66%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213226091	REINFORCEMENT KIT PIPES	B	32	9	0,0	0,0	0,6	0	0	0	0%	0%	-14%	0%	0%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213166683	S.SH.BAZOOKA CABLE 1.5T	B	72	9	0,3	0,0	0,5	11	-11	-11	-11%	0%	13%	11%	0%	25%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213196251	SAM.EXHAUST FEEDTROUGH	B	4	9	0,4	0,6	0,6	1	1	1	11%	6%	-21%	11%	19%	21%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213155785	SB BAZOOKA 1.5T	B	80	10	0,4	0,6	0,8	14	14	14	21%	7%	11%	21%	29%	26%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213168584	SB.BAZOOKA CABLE 1T	B	25	9	0,5	0,6	0,8	6	0	0	-6%	6%	-31%	17%	28%	56%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213167053	SET CABLES ERDU 2	B	25	10	0,8	1,0	0,8	9	-2	-2	-3%	0%	-13%	17%	22%	13%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213126521	SET COVERS FILTERBOX CMN	B	30	9	0,7	0,5	0,3	10	5	5	27%	31%	-7%	50%	31%	22%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213226131	SET FIXING PARTS XW8000	B	40	9	0,4	0,6	0,9	6	3	3	0%	-3%	3%	22%	47%	75%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213114411	SET SEMI RIGID COAX CABLE	B	44	9	0,8	0,0	0,0	11	-11	-11	-11%	0%	0%	11%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213195211	SPLITTER SET 3T	B	8	6	1,2	1,3	1,3	5	5	5	100%	10%	10%	100%	76%	76%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127753	SYN CABLE INTERN ACS-NT	B	35	10	0,0	0,0	0,5	0	0	0	0%	0%	13%	0%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213193742	SYN.FLEX-S/L CONN.CABLE	B	15	10	2,9	1,7	5,3	25	15	15	20%	22%	50%	40%	22%	75%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180311	SYNCO CABLE	B	36	10	0,5	0,7	0,8	13	1	1	21%	17%	-18%	40%	51%	53%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180302	SYNCO CABLE	B	25	10	1,3	1,4	1,4	22	8	8	30%	33%	56%	70%	89%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213207031	T/R CABLE ASSY. 3T	B	7	8	3,2	4,4	3,1	9	8	8	26%	-29%	-50%	51%	57%	50%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213152042	CABLE INTERN	C	67	3	0,0	0,0	1,1	0	0	0	0%	0%	-33%	0%	0%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213154591	HEAT EXCHANGER DUMMY	C	3	10	1,1	0,0	22,7	1	-1	-1	-10%	0%	25%	10%	0%	25%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213155431	KLEM-BEUGEL	C	166	8	0,6	0,7	1,2	41	-41	-41	-17%	-5%	-67%	17%	33%	67%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213081762	ONDERLEGPLAAT	C	320	4	0,0	0,0	0,9	0	0	0	0%	0%	-33%	0%	0%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213155823	SB. TRAP COAXCABLE	C	140	5	0,9	0,6	1,3	50	-50	-50	-20%	19%	-25%	20%	19%	42%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213155812	SB.PREAMP CABLE	C	333	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213177652	SHIMPLATE NL	C	2553	8	0,3	0,4	1,3	260	-241	-241	-3%	1%	-33%	4%	9%	33%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213184371	SLUITRING M2,5 EPOXY	C	600	5	0,8	0,0	1,0	200	-200	-200	-20%	0%	-25%	20%	0%	25%

Name and description (Vendor)	Materiaalnummer	Material Description	Categorie	Demand	No of Forecasts	CV 1	CV 2	CV 3	MAD 1	BIAS	ME 1	MPE 1	MPE 2	MPE 3	MAPE 1	MAPE 2	MAPE 3
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213114031	STRIP ONDER	C	150	5	0,0	0,8	0,8	0	0	0	0%	-20%	20%	0%	20%	20%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089131	TUSSENPLAAT	C	44	6	1,3	1,9	1,9	23	19	19	15%	0%	0%	18%	33%	33%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089121	VOORPLAAT	C	55	5	1,1	1,6	2,1	25	25	25	20%	0%	-20%	20%	40%	60%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089192	ZIJSTRIP	C	89	6	1,8	1,9	1,4	89	78	78	31%	-33%	18%	35%	33%	22%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213232401	6 PIN MINI DIN CABLE M-M	C	61	4	1,6	1,8	1,2	56	-19	-19	0%	-33%	50%	50%	33%	50%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213201143	64 NH COIL	C	13	9	0,0	0,0	2,2	0	0	0	0%	0%	-14%	0%	0%	14%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089102	ACHTERPLAAT	C	26	8	1,2	0,3	0,4	10	-10	-10	-13%	5%	8%	13%	5%	8%
9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	452213180211	ADAPTOR KIT TNF2 FOR NT	C	3	9	3,2	18,9	2,5	5	0	0	100%	100%	-50%	100%	100%	50%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089152	AFDEKPLAAT	C	22	9	0,1	0,1	0,8	1	0	0	-2%	-2%	9%	3%	3%	20%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213174683	AIRDUCT BRACKET	C	39	9	0,0	0,0	0,5	0	0	0	0%	0%	14%	0%	0%	14%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213121545	AIRDUCT LEFT/RIGHT	C	1	5	0,0	1,7	0,0	0	0	0	0%	-20%	0%	0%	20%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213157014	AIRDUCTS II	C	2	6	0,0	1,7	2,3	0	0	0	0%	-33%	83%	0%	33%	100%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213086722	ANTENNE SET BREASTCOIL	C	12	9	0,8	0,0	0,0	3	-3	-3	-11%	0%	0%	11%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213152651	ANTENNEDEEL TOP	C	43	9	0,0	0,0	1,8	0	0	0	0%	0%	16%	0%	0%	16%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231261	ASSY. CARDIAC CABLE WE1	C	2	6	2,1	4,4	5,8	1	1	1	17%	17%	20%	17%	50%	60%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231551	ASSY. SNC CABLE	C	33	3	0,0	0,0		0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231111	ASSY. SNC CABLE WE1	C	2	7	5,7	9,5	15,4	3	3	3	14%	33%	40%	14%	33%	40%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213177852	BACK TUBE	C	2	3	0,6	0,6	0,6	1	-1	-1	-10%	-10%	-10%	10%	10%	10%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213203412	BEUGEL-SPLITTER	C	20	3	0,0	2,1	2,1	0	0	0	0%	-33%	-33%	0%	33%	33%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089112	BODEMPLAAT	C	27	8	0,0	0,2	0,2	0	0	0	0%	3%	3%	0%	3%	3%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213139951	BORGPLAAT	C	89	9	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213159271	BRACKET BE-BOX	C	50	9	3,2	3,4	3,5	50	50	50	11%	-13%	13%	11%	13%	15%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213197372	BRACKET LEFT PHD2	C	13	9	0,1	0,1	0,9	1	-1	-1	-2%	-3%	-16%	2%	3%	16%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213197382	BRACKET RIGHT PHD2	C	13	9	0,1	0,1	0,9	1	-1	-1	-2%	-3%	-16%	2%	3%	16%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452210410591	CABLE 10X0,34 SC MUSHR	C	56	9	0,0	0,0	5,4	0	0	0	0%	0%	20%	0%	0%	20%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213124685	CABLE BA-UNIT-BIAX4	C	60	10	1,2	1,3	1,3	30	0	0	0%	0%	0%	20%	22%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213118954	CABLE BC - BIAx8	C	40	10	1,2	1,3	1,4	27	0	0	-5%	-6%	-6%	35%	39%	44%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175391	CABLE BEA-X7 - ZC-X2	C	40	10	0,8	1,3	1,3	10	10	10	10%	0%	0%	10%	22%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173144	CABLE BEA-X9 - Z-X3	C	35	10	1,2	0,7	0,8	30	20	20	45%	6%	6%	55%	17%	19%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213112924	CABLE BF - BE-X16	C	1	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173123	CABLE BH-X1 - BEB-X2	C	35	10	1,0	1,1	0,9	20	-10	-10	-15%	17%	38%	35%	50%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213232131	CABLE BH-X10 - OCD	C	63	4	0,9	2,7	2,5	25	25	25	25%	25%	67%	25%	75%	67%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187672	CABLE BZ-X1 - BH-X23	C	13	5	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173171	CABLE DIB-X53 - ZC-X5	C	38	8	1,4	1,4	1,7	25	0	0	0%	0%	13%	25%	25%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213224331	CABLE FDL/ZDL-X101 - AA-X1	C	11	7	1,9	2,6	1,9	8	8	8	33%	50%	37%	33%	61%	56%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213224473	CABLE FDM/ZDM-X1-FR-X9	C	20	4	0,7	1,9	1,3	7	-5	-5	4%	100%	100%	46%	100%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213226001	CABLE FDM/ZDM-X4 - FR-X1	C	14	7	0,3	0,5	0,7	2	2	2	14%	-11%	-20%	14%	44%	60%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213168972	CABLE FIXING PLATE	C	32	9	0,4	0,4	0,4	4	-4	-4	-1%	-1%	-2%	1%	1%	2%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180252	CABLE FL-X9 - SERVICE PC	C	40	10	0,8	0,0	0,0	10	-10	-10	-10%	0%	0%	10%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213102631	CABLE FM-X10 DOOR	C	43	7	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213154301	CABLE FM-X13 - DI-B-X59	C	2	6	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213128883	CABLE FR/RF-X1 - FCH-X57	C	36	8	0,7	1,1	1,5	8	8	8	13%	0%	-17%	13%	29%	50%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213102386	CABLE FR/RF-X9 - FM-X3	C	38	8	1,4	1,5	1,7	25	0	0	0%	0%	-33%	25%	29%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213167181	CABLE MC1K-X2 - MC1B-X20	C	0	10	1,9	1,7	1,3	0	0	0	-10%	0%	-13%	30%	22%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213343	CABLE MC1-X30 (RX 1.5T)	C	4	4	3,1	5,9	6,9	10	9	9	100%	100%	100%	100%	100%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213463	CABLE MC1-X30 (RX 3T)	C	3	4	2,9	1,8	1,8	5	2	2	25%	6%	0%	75%	56%	67%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213222761	CABLE MC1-X31 (SPECTRO 1.5T)	C	2	6	2,7	3,3	3,7	2	2	2	17%	-17%	-20%	17%	50%	60%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213451	CABLE MC1-X31 (SPECTRO 3T)	C	2	6	1,2	1,7	1,9	1	1	1	14%	-3%	-3%	14%	31%	37%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213353	CABLE MC1-X32 (RX 1.5T)	C	4	4	2,8	4,0	4,7	10	8	8	100%	100%	72%	100%	100%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213473	CABLE MC1-X32 (RX 3T)	C	2	4	4,4	3,2	2,7	4	2	2	0%	0%	0%	50%	100%	67%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213119074	CABLE MC2-X1 - MDX30	C	2	5	0,0	0,0	50,8	0	0	0	0%	0%	50%	0%	0%	50%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180412	CABLE MCC-X1 - QBC	C	7	7	0,0	0,0	1,4	0	0	0	0%	0%	-14%	0%	0%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127104	CABLE MDI5X1 - AIR SUPPLY	C	2	6	0,9	0,9	1,1	1	1	1	17%	-33%	-40%	17%	33%	40%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127123	CABLE MD-X20 - M2L	C	2	6	2,0	2,3	2,6	2	1	1	10%	-33%	-40%	43%	67%	80%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127132	CABLE MD-X21 - M1L	C	3	4	1,2	1,2	1,4	1	1	1	25%	-33%	-33%	25%	25%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175184	CABLE MD-X28 - Z-X65	C	3	8	0,7	0,7	1,4	1	0	0	53%	49%	34%	78%	76%	91%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175712	CABLE MMA-X5 - AIR SUPPLY	C	40	10	1,4	1,3	1,3	30	-10	-10	-10%	0%	0%	30%	22%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175842	CABLE MMC-X2 - MGB-X3/X4	C	40	10	0,8	0,0	0,9	10	-10	-10	-10%	0%	-13%	10%	0%	13%

Name and description (Vendor)	Materiaalnummer	Material Description	Categorie	Demand	No of Forecasts	CV 1	CV 2	CV 3	MAD 1	BIAS	ME 1	MPE 1	MPE 2	MPE 3	MAPE 1	MAPE 2	MAPE 3
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175681	CABLE MM-X2 - MF-X2	C		10	10	0,0	0,0	1,9	0	0	0%	0%	-13%	0%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187801	CABLE MM-X2 - MF-X2 L=1.3	C		9	10	0,9	1,0	1,0	3	3	10%	-11%	-13%	10%	11%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213158442	CABLE MSF-X15 - (T5A)	C		14	8	2,1	0,3	1,8	19	12	12	27%	-40%	-31%	52%	60%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213145013	CABLE MSG-X71-QBCHIGHGRAD	C		3	4	2,3	3,3	3,3	3	3	3	25%	0%	0%	25%	50%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213158481	CABLE MVM2-X1-MD-X29	C		1	7	0,0	0,0	2,0	0	0	0	0%	0%	14%	0%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213167111	CABLE MVPX1	C		2	6	1,3	1,4	1,6	1	1	1	17%	-23%	-28%	17%	28%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175331	CABLE MVP-X1	C		50	10	1,4	0,3	1,9	21	-21	-21	-10%	-11%	-23%	10%	27%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180461	CABLE MV-X1 - CLIXON	C		37	4	0,8	0,8	0,0	12	12	12	100%	-25%	0%	100%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173241	CABLE MV-X1 - ZC-X105	C		50	10	0,7	1,0	1,3	10	10	10	10%	0%	13%	10%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213192495	CABLE PICU MC1-X25	C		8	3	2,1	2,1	0,0	8	8	8	33%	-33%	0%	33%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213203281	CABLE PM-X4 - FOOTSWITCH	C		1	8	0,9	1,4	1,6	0	0	0	8%	-6%	3%	8%	37%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213080325	CABLE QHC 1.5T	C		4	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213132522	CABLE SERVICE PC-BIB-X4	C		40	10	0,8	0,0	0,0	10	-10	-10	-10%	0%	0%	10%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213203091	CABLE SET, ERDU	C		2	3	0,0	0,0		0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213132544	CABLE SHUTDOWN - FMX11	C		38	8	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213135972	CABLE SYNC01-MSF X10/X11	C		5	8	4,0	4,0	5,2	11	11	11	65%	65%	100%	65%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175511	CABLE ZC-X10 - PV-X3	C		40	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213192671	CABLE ZI-X4 - BA2-X2	C		1	7	1,0	0,0	0,0	0	0	0	14%	0%	0%	14%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173072	CABLE Z-X52A/B - MRJ5	C		3	3	2,1	3,0	3,0	3	3	3	33%	0%	0%	33%	67%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175202	CABLE Z-X53 - Z-X64	C		2	7	1,0	0,0	1,0	1	-1	-1	-14%	0%	-6%	14%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175092	CABLE Z-X55 - BALAMP BOX	C		2	10	3,3	0,0	0,0	2	-2	-2	-10%	0%	0%	10%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213167201	CABLE Z-X59A/B-BALAMP	C		3	6	0,3	0,4	0,6	0	0	0	17%	0%	-20%	17%	53%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127273	CABLEMSG-X72-MGB-X3/X4	C		2	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213232211	CABLES KEYB/MOUSE 3 MT	C		70	5	0,9	1,5	0,0	40	0	0	7%	-42%	0%	33%	42%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173155	CBL Z-X53 - MW1-X1/MW2-X2	C		40	10	0,8	0,0	0,0	10	-10	-10	-10%	0%	0%	10%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213203571	CD-ROM CABLE	C		6	7	1,1	1,2	1,4	3	0	0	-1%	3%	-1%	27%	41%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213171191	COAX FM-X7 UPGR	C		10	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213118844	COAX MSE-X1 - MGB-X1	C		1	10	3,3	0,0	68,1	1	-1	-1	-10%	0%	25%	10%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175192	COAX Z-X15 - X10	C		2	9	1,3	1,3	1,2	1	-1	-1	-19%	8%	-14%	42%	39%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213174773	CONE FIXING BRACKET	C		139	9	0,0	0,0	0,6	3	-1	-1	-2%	-2%	38%	3%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127052	CONNECTOR FMX8	C		25	8	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127172	CONNECTOREN FEPSU-2	C		3	4	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213121334	COVER FRAME CMN	C		0	3	0,0	0,0	27,0	0	0	0	0%	0%	100%	0%	100%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213194531	CU ANTENNEDEEL 1	C		70	9	0,0	0,0	1,4	0	0	0	0%	0%	-29%	0%	29%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213194541	CU ANTENNEDEEL 2	C		68	9	0,0	0,0	1,3	0	0	0	0%	0%	-29%	0%	29%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213194551	CU ANTENNESTRIP	C		62	9	0,0	0,0	2,2	0	0	0	0%	0%	14%	0%	14%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213104024	CU SET QBC TNA	C		2	5	0,0	0,0	9,4	0	0	0	0%	0%	100%	0%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213171162	DR B POW SUPPLY GR INTERF	C		17	6	1,3	1,9	5,7	8	8	8	17%	0%	17%	17%	50%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213174921	DRAADBEUGEL NL	C		222	9	1,6	0,9	1,5	154	154	154	22%	-13%	-14%	22%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213167083	DRAADBOOM + MAIN	C		33	10	0,6	0,5	0,5	10	0	0	10%	6%	-6%	30%	31%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213129223	DRAADBOOM 1 FEPSU PZN	C		1	4	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213112622	DRAADBOOM 2 FEPSU	C		2	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213128831	DRAADBOOM 3 FEPSU PZN	C		3	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213129171	DRAADBOOM D CONN	C		2	4	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213111693	DRAADBOOM FAN BDAS	C		37	10	1,7	1,2	1,6	45	16	16	30%	2%	-11%	70%	64%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213119054	DRADEN KEY BORD AUDIO	C		5	10	4,7	5,0	8,5	10	0	0	0%	0%	0%	20%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173471	DUMMY CONNECTOR LCC1X5	C		50	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180362	EARTH CABLE MAINS - NTDAC	C		50	6	3,8	3,8	2,7	100	0	0	0%	0%	-17%	33%	17%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175801	EARTH CBL FLA-X1- FI-X8	C		80	10	1,1	1,3	1,3	37	3	3	2%	0%	-25%	19%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175672	EARTH CBL MF-X3 - MM-X6	C		6	8	3,0	3,3	0,0	6	-6	-6	-13%	-14%	0%	13%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	989603012131	EARTHQUAKE BRACKETS	C		1	5	10,7	12,7	0,0	6	6	6	20%	0%	0%	20%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213158101	ECG SPLITTER ASSY	C		0	10	16,9	10,5	9,3	4	4	4	95%	0%	-13%	95%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213115003	ENDO COIL T5	C		2	7	1,7	1,3	1,3	2	1	1	14%	0%	0%	43%	29%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213131643	ENDO COIL T5B	C		3	7	1,2	1,0	1,0	2	0	0	-14%	0%	0%	43%	29%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	242254942361	FO CBL ASSY HFBR-END35	C		2	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213125403	FRONT PANEEL	C		9	3	0,1	0,1	0,1	0	0	0	-1%	-1%	-2%	1%	2%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213102784	FRONT VOEDINGENUNIT	C		29	8	2,9	2,7	1,3	48	11	11	13%	-14%	-17%	38%	17%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213118811	GRAD. WFG WRAP AROUND 2	C		50	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%

Name and description (Vendor)	Materiaalnummer	Material Description	Categorie	Demand	No of Forecasts	CV 1	CV 2	CV 3	MAD 1	BIAS	ME 1	MPE 1	MPE 2	MPE 3	MAPE 1	MAPE 2	MAPE 3	
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213180601	HORIZONTAL SENSOR INTER	C		16	9	1,1	1,2	0,0	6	6	6	5%	6%	0%	5%	6%	0%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213196341	INSULATION FLANGE	C		4	9	0,0	0,0	1,2	0	0	0	0%	0%	-13%	0%	0%	15%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213196291	INSULATION RING	C		5	9	0,0	1,8	2,6	0	0	0	0%	-13%	0%	0%	13%	29%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213139572	INTER CONNECTION CABLE	C		40	10	0,6	0,0	0,0	10	-10	-10	-20%	0%	0%	20%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213029897	INTERCONNECTION CABLE QHC	C		8	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213065621	ISOLATIERING	C		43	9	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	-1%	0%	0%	1%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213065711	ISOLATIERING	C		39	9	0,5	0,7	0,6	6	-6	-6	-11%	0%	14%	11%	25%	15%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127072	KABEL MV-X1 - CLIXON	C		2	4	2,0	1,4	1,8	3	0	0	0%	-25%	-33%	50%	25%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213158191	LOSSE DRADEN AM.	C		50	10	1,7	0,0	1,9	25	-25	-25	-10%	0%	13%	10%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213106202	LOSSE DRADEN ASSY FK UNIT	C		1	4	2,3	3,3	2,3	1	1	1	25%	0%	-25%	25%	50%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175592	LOSSE DRADEN CONSOLE	C		50	10	0,0	0,0	1,9	0	0	0	0%	0%	-13%	0%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213119062	LOSSE DRADEN POTMETER	C		50	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187602	MAINS CABLE 5X 5,2 MM2	C		20	5	2,5	4,1	0,0	20	20	20	20%	50%	0%	20%	50%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187601	MAINS CABLE 5X 5,2 MM2	C		40	5	1,3	1,3	1,3	20	-20	-20	-20%	20%	19%	20%	20%	21%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187721	MAINS CABLE DG-X1	C		40	10	1,2	1,3	1,3	20	0	0	0%	0%	0%	20%	22%	25%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173292	MAINS CABLE FILTERBOX	C		40	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175481	MAINS CABLE PATIENT VENT.	C		38	8	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175743	MAINS CBL PATIENT SUPPORT	C		1	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213159371	MAINS INLET BOX	C		44	9	1,1	1,4	2,6	15	-15	-15	-11%	-15%	12%	11%	15%	45%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213112661	MAINSKABELS B DAS	C		50	6	0,9	0,0	0,0	17	-17	-17	-17%	0%	0%	17%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213135831	MALFUNCTION TEST	C		30	10	1,7	2,5	2,7	15	15	15	10%	0%	0%	10%	22%	25%
9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	452215032621	MANIFOLD REPAIR KIT	C		5	3	3,7	2,1	2,1	15	5	5	33%	-33%	-33%	100%	33%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213124674	MICROPHONE CABLE BA UNIT	C		60	10	0,8	1,3	1,3	15	-15	-15	-5%	6%	6%	5%	17%	19%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213146011	MICROPHONE CABLE HEAD INT	C		1	7	1,2	1,2	0,9	1	0	0	0%	0%	-17%	29%	29%	17%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213171101	MONT. PL POWER SUPPLY	C		16	4	0,4	0,4	0,0	3	-3	-3	-5%	-5%	0%	5%	5%	0%
9842010 (TESLA ENGINEERING LIMITED)	452213209481	MOUNTING SET SHIM CABLE	C		3	3	0,0	0,7	0,7	0	0	0	0%	33%	33%	0%	33%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187831	OCD-3 DVI CABLE	C		67	6	1,4	1,4	1,4	50	0	0	0%	0%	0%	33%	33%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213361	ODU ADAPTER 1.5T	C		2	5	7,8	13,1	20,0	8	8	8	37%	37%	37%	37%	77%	77%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213481	ODU ADAPTER 3T	C		2	5	2,5	3,9	2,5	2	2	2	20%	0%	20%	20%	40%	20%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213421	ODU ADAPTER SC 1.5T	C		2	7	4,3	14,5	42,7	4	3	3	100%	100%	17%	100%	100%	97%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213491	ODU ADAPTER SC 3T	C		2	5	0,0	3,9	4,3	0	0	0	0%	0%	20%	0%	40%	60%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213213441	ODU ADAPTER TX/RX/1H 1.5T	C		1	5	11,6	10,4	13,2	4	3	3	20%	20%	20%	60%	60%	60%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213157053	PARTITION TOP II CMN	C		8	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213197391	PHD2 MOUNTING BOX	C		11	9	0,2	0,2	1,5	1	-1	-1	-3%	-3%	-2%	3%	3%	30%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213217213	PICU FRAME WE	C		25	7	0,1	0,1	0,2	1	1	1	1%	1%	2%	1%	1%	2%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213174554	PICU NL FRAME	C		29	9	0,9	1,1	0,7	12	10	10	21%	-8%	-16%	24%	33%	16%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213217202	PICU REAR BRACKET WE	C		24	7	0,0	0,0	2,0	0	0	0	0%	0%	39%	0%	0%	39%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213174592	PICU3 BRACKET REAR	C		19	8	1,1	1,1	0,5	9	9	9	15%	17%	4%	15%	17%	4%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213161041	POSITIONING JIG CMN	C		38	9	0,5	0,0	0,6	11	-3	-3	-10%	0%	3%	26%	0%	29%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213086382	QTL ECG STEUN T5	C		26	9	1,9	2,1	2,2	16	16	16	11%	12%	14%	11%	13%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175451	RS 232 LOOPBACK (15P)	C		25	10	0,0	1,4	1,5	0	0	0	0%	-4%	-5%	0%	4%	5%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213175861	RS 232 LOOPBACK (9P)	C		50	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213132611	RS 232 LOOPBACK 9P	C		50	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213110293	RUIF	C		6	4	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231521	S.B. CONN. CABLE	C		33	3	0,0	0,0		0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213166462	S.SH.BAZOOKA CABLE 1.0T	C		17	6	1,3	0,0	0,0	8	-8	-8	-17%	0%	0%	17%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213123705	SAM SPECTRO QHC CABLE	C		2	10	3,3	3,5	5,3	2	2	2	10%	11%	25%	10%	11%	25%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213126052	SAM.FIXATIESTRIP P.U.CBL	C		1	8	0,5	0,5	10,3	0	0	0	-2%	-2%	45%	2%	2%	45%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231021	SB.CONN. CABLE WE1	C		2	6	6,0	10,1	11,2	5	5	5	87%	100%	100%	87%	100%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452210412262	SCHROEF (SPEC) M3 X 11	C		250	8	1,5	1,6	0,0	125	125	125	13%	-14%	0%	13%	14%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231501	SENSE FLEX CONN. CABLE	C		38	4	1,1	0,9	2,7	25	0	0	17%	-11%	-33%	33%	11%	33%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213158283	SET CABLES BDAS	C		39	9	0,7	0,9	0,8	13	9	9	18%	0%	-13%	26%	44%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213162062	SET CABLES BRAIDS	C		1	7	2,5	2,0	1,9	2	1	1	14%	-29%	-10%	43%	29%	43%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213136003	SET CABLES CCD/CAMERA	C		20	10	0,0	0,0	1,9	0	0	0	0%	0%	13%	0%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213106071	SET LOSSE DRADEN	C		2	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213228581	SET MAINS + EARTH CABLES	C		9	7	2,3	2,5	2,9	8	8	8	75%	71%	65%	75%	100%	100%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213192701	SET WIRES DOCCOM	C		1	8	2,5	3,3	3,4	1	1	1	13%	-14%	0%	38%	43%	33%
9444081 (INNO-ASSEMBLY B.V.)	452213147194	SLANG HE EXHAUST U-ACS	C		2	9	1,4	0,0	0,0	1	-1	-1	-11%	0%	0%	11%	0%	0%

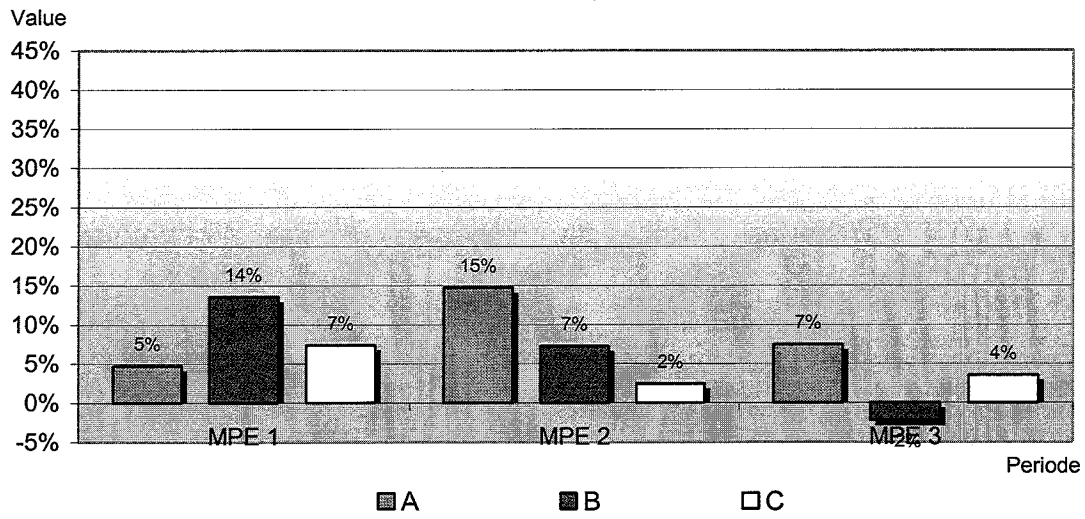
Name and description (Vendor)	Materiaalnummer	Material Description	Categorie	Demand	No of Forecasts	CV 1	CV 2	CV 3	MAD 1	BIAS	ME 1	MPE 1	MPE 2	MPE 3	MAPE 1	MAPE 2	MAPE 3	
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213133641	SPEAKER FRAME	C		39	9	0,0	0,0	3,7	0	0	0	0%	0%	-14%	0%	0%	14%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213101694	SPECTRO.DRIV/MIR.CABLE	C		6	10	0,0	0,0	1,9	0	0	0	0%	0%	13%	0%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213150331	SPLITER AUDIO NURSE	C		0	7	4,0	4,4	4,9	1	0	0	0%	0%	0%	29%	33%	40%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213197313	STRIP NTDAC	C		113	9	0,0	0,0	1,0	0	0	0	0%	0%	-15%	0%	0%	15%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213219211	SYN. CONN. CABLE. 3T	C		21	7	1,2	1,0	2,0	16	16	16	37%	-17%	-20%	37%	17%	60%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231161	SYN. FLEX-S/L CONN.CABLE WE1	C		2	6	12,8	7,1	7,8	15	13	13	41%	33%	20%	59%	67%	60%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213127995	SYN.CABLE INTERN T5-B	C		35	10	1,0	1,1	0,9	20	-10	-10	-15%	17%	38%	35%	50%	38%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213193941	SYN.CONN.CABLE SFI	C		2	8	1,7	1,9	1,9	2	1	1	13%	-14%	-17%	38%	43%	50%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213231231	SYN.CONNECT CABLE 1.5T-WE1	C		1	7	13,2	20,5	36,7	5	4	4	24%	44%	53%	52%	78%	93%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213219891	T/R CABLE 3.T-WE1	C		2	7	2,9	3,7	2,8	2	2	2	14%	14%	17%	14%	47%	57%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213132672	TC 420 LOOPBACK	C		40	10	0,7	0,6	0,5	15	-5	-5	-10%	6%	-6%	30%	17%	6%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173112	TEST CABLE BEA-X7 - BEAX8	C		40	10	0,8	0,0	0,0	10	-10	-10	-10%	0%	0%	10%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213168962	TOPCOVER GUIDING ASSY	C		36	7	1,0	1,9	2,1	13	-13	-13	-14%	-17%	20%	14%	50%	60%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213162971	UPGR. RF. FEEDTHROUGH II	C		48	9	0,0	0,0	0,2	0	0	0	0%	0%	-14%	0%	0%	14%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452210280281	U-PROFIEL	C		167	3	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089164	VENTILATORPLAAT	C		37	9	1,0	0,0	0,1	12	-12	-12	-11%	0%	1%	11%	0%	1%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213212011	VERLOOPKABEL POWER SUPPLY	C		1	3	0,0	0,0		0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213187781	VIDEO CABLE OCD-3 SOG	C		15	6	0,4	0,3	1,4	3	0	0	3%	-6%	-38%	11%	6%	38%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213167071	VOEDINGENPLAAT	C		26	8	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213110342	VOEDINGENPLAAT	C		4	3	0,2	0,2	0,3	0	0	0	-3%	-3%	-5%	3%	3%	5%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213173211	WIRES LOUDSPEAKER	C		50	10	0,0	0,0	3,8	0	0	0	0%	0%	13%	0%	0%	13%
9977390 (NEWAYS HEERLEN B.V.)	452213136101	WRAP AROUND D-CONNECTOR 2	C		50	10	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089084	ZIJPLAAT L	C		29	9	1,2	1,9	2,3	11	11	11	11%	0%	43%	11%	25%	71%
9396974 (INNO-METAAL B.V.)	452213089073	ZIJPLAAT R	C		29	7	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%

APPENDIX 4

RESULTATEN PRESTATIEMETING

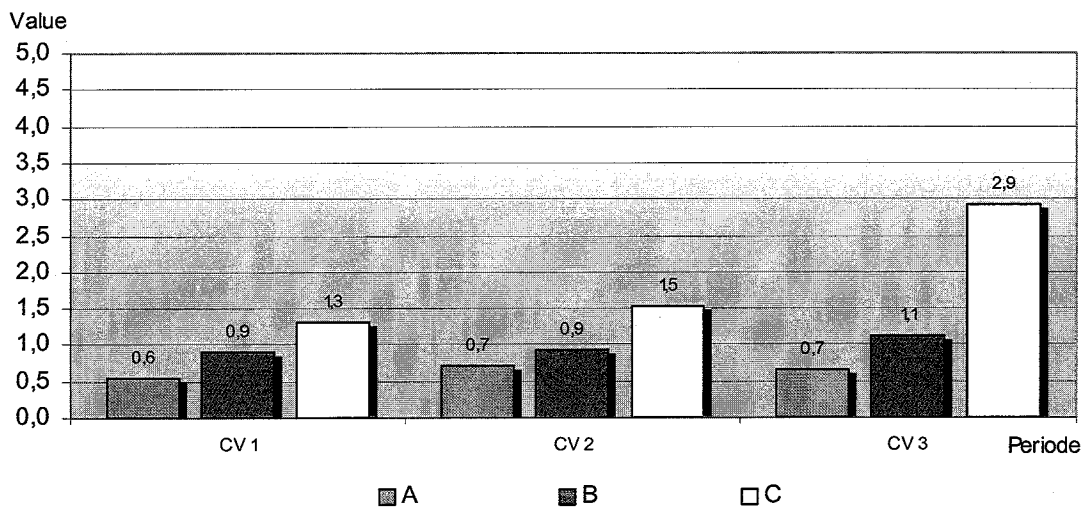
- MEAN ERROR (ME)
- COEFFICIENT OF VARIATION (CV)

Mean Percentage Error



Gemiddelde Mean Percentage Error per periode, per categorie

Coefficient of Variation



Gemiddelde Coefficient of Variation per periode, per categorie