

De besturingsproblematiek in engineer-to-order bedrijven

Citation for published version (APA):

Bertrand, J. W. M., Muntslag, D. R., & Wakker, van de, A. M. (1992). De besturingsproblematiek in engineer-to-order bedrijven. *Bedrijfskunde : Tijdschrift voor Modern Management*, 64(3), 212-222.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1992

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

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
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Prof. dr. ir. J.W.M. Bertrand, ir. D.R. Muntslag en ir. A.M. van de Wakker*

De besturingsproblematiek in engineer-to-order bedrijven

1. Inleiding

Gedurende het laatste decennium hebben veel engineer-to-order productiebedrijven geprobeerd MRP-II-systemen toe te passen als productiebesturingsconcept. Dit had echter in de meeste gevallen geen succes. De keuze van een MRP-II-systeem was gebaseerd op de grote beschikbaarheid van MRP-II-software. Daarnaast blijkt niet algemeen bekend te zijn waarom MRP II als productiebesturingsconcept in deze bedrijven niet toepasbaar is. Het mislukken van deze toepassingen is echter allerminst verrassend.

Belangrijke karakteristieken van engineer-to-order productie zijn: de belangrijke rol van de klantorder, de klantspecifieke produktspecificaties en de produkt- en procesonzekerheid gedurende het produktietraject. Deze karakteristieken van de engineer-to-order situatie verschillen zeer sterk van de basis-uitgangspunten van het MRP-II-concept.

In dit artikel zullen we aantonen waarom een standaard MRP-II-systeem in engineer-to-order produktiesituaties niet toepasbaar is. In paragraaf 2 wordt allereerst een typologie van productiebedrijven gegeven waarin

de engineer-to-order situatie wordt geplaatst. In paragraaf 3 en 4 worden achtervolgens de algemene karakteristieken en de besturingskarakteristieken van engineer-to-order productie beschreven. In paragraaf 5 wordt ingegaan op de ongeschiktheid van MRP-II in engineer-to-order bedrijven. In paragraaf 6 wordt afgesloten met een aantal conclusies. In het volgende artikel in deze special zullen we een productiebesturingsraamwerk voor engineer-to-order presenteren dat wel tegemoet komt aan de eisen die volgen uit de specifieke besturingskarakteristieken.

2. Typologie van productiebedrijven

De karakteristieken van het productiebesturingssysteem hangen sterk samen met de karakteristieken van de te besturen produktiesituatie (Wild 1977, Bertrand e.a. 1990a). Vanuit dit oogpunt is een groot aantal typologieën gemaakt met als doel verschillende produktiesituaties te onderscheiden. Elk type vraagt om een specifiek productiebesturingssysteem. We noemen in dit verband de typologieën van Wild (1977), New (1977) en Sari (1981). Deze drie typologieën hebben de volgende overeenkomstige uitgangspunten:

- De doelstelling van de typologie is het onderscheiden van verschillende productiebesturingssituaties.
- Verschillen in het productiebesturingssysteem kunnen worden verklaard via de karakteristieken van de produktiesituatie in relatie tot de marktsituatie.

* Prof. dr. ir. J.W.M. Bertrand is hoogleraar in de productiebeheersing aan de faculteit Technische Bedrijfskunde van de Technische Universiteit Eindhoven. Ir. D.R. Muntslag en ir. A.M. van de Wakker zijn beiden werkzaam als senior consultant bij Moret Ernst & Young management consultants, binnen de groep Logistiek en Informatieverzorging. Zij zijn daarnaast als wetenschappelijk onderzoeksmedewerker parttime verbonden aan de faculteit Technische Bedrijfskunde van de Technische Universiteit Eindhoven.

- Het onderscheid is voornamelijk gebaseerd op de aard van de klantorders en de rol die zij spelen in het productieproces.

Voor het doel van dit artikel zullen we gebruik maken van de typologie van Sari (1981). We zullen daarnaast de mogelijke productiesituaties beperken tot complexe, samengestelde discrete producten. Sari maakt onderscheid tussen:

- *make-to-stock*: productie van eindproducten uit grondstoffen en halffabrikaten op voorraad, dat wil zeggen onafhankelijk van klantorders;
- *assemble-to-order*: productie van vooraf gedefinieerde halffabrikaten uit grondstoffen en onderdelen op voorraad en de assemblage daarvan tot eindproducten na ontvangst van een klantorder;
- *make-to-order*: het eventueel inkopen en produceren van eindproducten na ontvangst van de klantorder;
- *engineer-to-order*: het ontwikkelen en produceren van klantspecifieke producten op basis van een klantorder.

Het Manufacturing Resources Planning (MRP II) productiebesturingsconcept is specifiek ontwikkeld voor de *make-to-stock* en (in specifieke situaties) voor de *assemble-to-order* situatie (zie Wight and Landvater 1983, Berry e.a. 1988). MRP II is gericht op seriematige productie van bekende standaardproducten, bestaande uit veel verschillende onderdelen en halffabrikaten.

De *make-to-stock* en ook de *assemble-to-order* productiesituatie verschillen sterk van de *make-to-order* en *engineer-to-order* productiesituatie met betrekking tot de rol van de klantorder. In de laatste twee situaties speelt de klantorder een centrale rol in het productiesysteem en het productiebesturingsysteem. Een groot gedeelte van de productieactiviteiten is klantorder-gedreven. Daarnaast zijn in een *engineer-to-order* pro-

duktiesituatie de produktontwikkelactiviteiten onderdeel van de levertijd van een klantorder. In deze situatie wordt immers op klantspecificatie het produkt in meerdere of mindere mate nog ontworpen. Dit betekent dat naast fysieke transformatieprocessen ook niet-fysieke transformatieprocessen onderwerp zijn van productiebesturing. De productiebesturingskarakteristieken van de *make-to-order* en in het bijzonder van de *engineer-to-order* situatie wijken dus sterk af van de *assemble-to-order* en *make-to-stock* situatie. Hier zal worden aangetoond dat dit betekent dat het productiebesturingsconcept dat ten grondslag ligt aan MRP II niet toepasbaar is in de eerstgenoemde productiesituaties.

3. Karakteristieken van *engineer-to-order* productie

Een groot aantal productiebedrijven kan worden gekarakteriseerd als *engineer-to-order*. Deze bedrijven kunnen echter sterk van elkaar verschillen met betrekking tot:

- de complexiteit van het produkt;
- de klantspecificiteit van het produkt;
- de inrichting en complexiteit van de productieprocessen;
- de karakteristieken van markt en concurrentie.

Denk hierbij bijvoorbeeld aan het verschil tussen een bedrijf dat op klantspecificatie kartonnen displays produceert en een bedrijf dat op klantspecificatie een complexe verpakkingsmachine produceert. Voor het doel van dit artikel zal echter één specifieke *engineer-to-order* situatie als uitgangspunt worden genomen, die besturingstechnisch kan worden beschouwd als een zeer complexe. We zullen deze situatie aan de hand van de volgende karakteristieken kort beschrijven:

- het produkt;
- de markt en concurrentie;
- de productieorganisatie.

De karakteristieken van het produkt

De gekozen produktieorganisatie produceert complexe en complex samengestelde machines, bestaande uit duizenden onderdelen. Er is aanzienlijk geïnvesteerd in produktontwikkeling, onafhankelijk van klantorders. De klant kan echter via klantspecifieke produktwensen een aanzienlijk deel van de onderdelen in het produkt en de functionaliteit van het produkt beïnvloeden.

De markt en concurrentie

Het produkt betreft investeringsmiddelen die geleverd worden aan industriële afnemers. De vraag naar deze produkten is conjunctuurgevoelig. Dit betekent dat de afzet van periode tot periode sterk kan verschillen. Daar de produkten voor een deel klantspecifiek zijn, is een vraagvoorspelling zelfs op produkttypeniveau erg moeilijk te maken. Er is sprake van aanzienlijke concurrentie, zowel op prijs als op kwaliteit. Die uit zich daarin dat het aantal uitgebrachte offertes aanzienlijk groter is dan het aantal klantorders dat daadwerkelijk binnenkomt.

De produktieorganisatie

Elke klantorder kan worden beschouwd als een project met een netwerk van uit te voeren activiteiten, zoals produktontwikkeling, werkvoorbereiding, onderdelenfabricage en assemblage. Er zijn op elk moment meerdere projecten onderhanden. Gezien de heersende onzekerheid en het klantspecifieke karakter van het produkt is de organisatie functioneel ingericht met universele produktiemachines. Personen binnen de functionele organisatie kunnen tegelijkertijd activiteiten aan meer dan een project onderhanden hebben. De te besturen primaire produktieketen bestaat uit twee hoofdtrajecten, namelijk een niet-fysiek en een fysiek traject. Het niet-fysiek traject betreft de offertefase, het klantspecifiek ontwerpen van het produkt en het uitvoeren van de werkvoorbereiding. Binnen elk van deze hoofdtrajecten kan een

aantal deeltrajecten worden onderscheiden, die uitgevoerd worden in verschillende zelfstandige produktieafdelingen. Het niet-fysiek hoofdtraject bestaat uit de produktieafdelingen:

- Produktontwikkeling; hier worden de klantspecifieke delen van het produkt ontworpen en worden tekeningen en stuklijsten van het complete produkt opgesteld;
- Werkvoorbereiding; hier worden de bewerkingsvoorschriften voor elk onderdeel en elke samenstelling opgesteld.

Het fysieke traject van de primaire produktieketen bestaat uit:

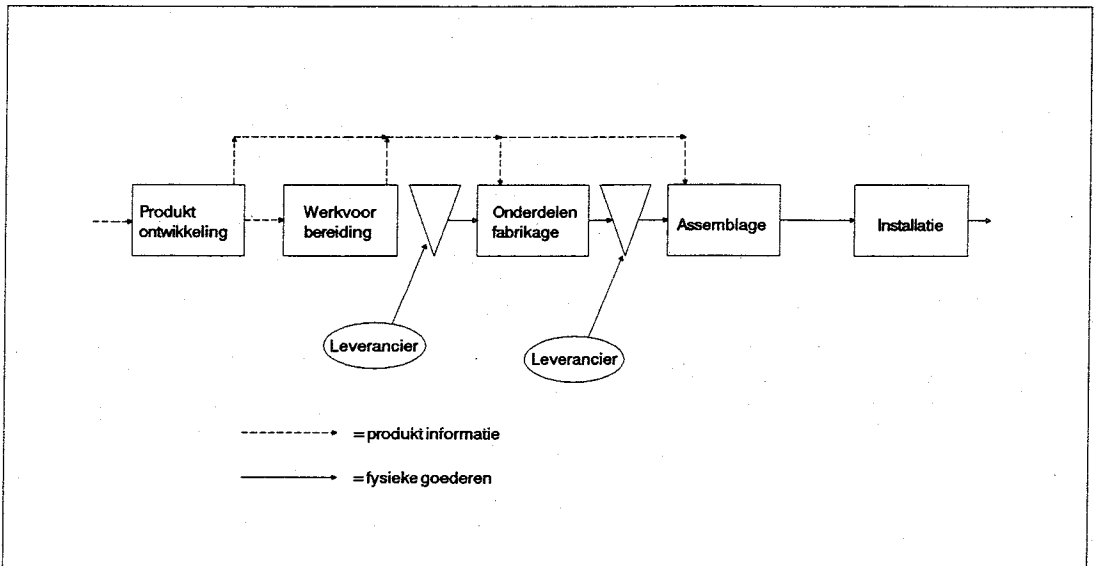
- één of meer produktieafdelingen voor de onderdelenfabricage, waar de verschillende onderdelen worden geproduceerd; voor de eenvoud zal in het vervolg van dit artikel worden uitgegaan van één produktieafdeling voor onderdelenfabricage;
- één of meer produktieafdelingen voor de assemblage, waar de verschillende onderdelen worden samengevoegd tot samenstellingen en waar de eindassemblage plaatsvindt; voor de eenvoud zal in het vervolg worden uitgegaan van één produktieafdeling voor de assemblage.

Delen van de assemblage-know-how zijn vaak van strategisch belang en worden niet uitbesteed. In dergelijke ondernemingen is bij de inrichting van de onderdelenfabricage rekening gehouden met een zekere ondercapaciteit. Gezien de heersende vraagonzekerheid in mix en volume is de interne produktiecapaciteit zodanig afgestemd dat ook in minder drukke perioden een voldoende bezetting kan worden gerealiseerd. Daarbij is rekening gehouden met voldoende volumeflexibiliteit om ook in drukke perioden aan de vraag te kunnen voldoen. Voor de onderdelenfabricage wordt volumeflexibiliteit gevonden via externe uitbesteding van produkten en bewerkingen. Voor de assemblage wordt volumeflexibiliteit gevonden via

het (tijdelijk) inhuren van assemblagepersoneel.

De globale goederenstroom van een engineer-to-order productiebedrijf is weergegeven in figuur 1. Voor een uitgebreide beschrijving van een dergelijk engineer-to-order bedrijf verwijzen wij naar Bertrand, Wortmann en Wijngaard (1990b), hoofdstuk 5, 13 en 19.

aanzienlijke fluctuaties, bijvoorbeeld in verkoopvolume. In de hier beschreven productiesituatie vertoont de vraag een sterk dynamisch karakter. Er is sprake van een sterke fluctuatie zowel op de korte als op de middellange termijn. Dit is een kenmerk van de markt waar de meeste engineer-to-order bedrijven mee te maken hebben (zie ook Kingzman e.a., 1989). Daar er sprake is van



Figuur 1. Globale goederenstroom bij engineer-to-order productie

4. Besturingskarakteristieken van engineer-to-order

De typische besturingskarakteristieken van de engineer-to-order situatie kunnen worden beschreven aan de hand van de aspecten dynamica, onzekerheid en complexiteit.

4.1 Dynamica

Een productiesituatie kan dynamisch worden genoemd als moet worden geanticipeerd op

klantordergestuurde productie met concurrerende levertijden is het niet mogelijk de dynamische vraag af te vlakken via de op- en afbouw van bijvoorbeeld capaciteitsvoorraden (zie Wortmann en Wijngaard, 1985). Naast het totale verkoopvolume is ook de mix van producttypes binnen dit volume sterk wisselend. Dit kan een steeds wisselende belading van specifieke capaciteitssoorten tot gevolg hebben. Een dergelijke dynamica vraagt een grote flexibiliteit van de onderneming.

4.2 Onzekerheid

Volgens Galbraith (1973) kan onzekerheid worden gedefinieerd als het verschil tussen de vereiste hoeveelheid informatie om een taak uit te voeren en de aanwezige hoeveelheid informatie binnen een organisatie. In de termen van Galbraith kunnen drie onzekerheidsfactoren worden onderscheiden. De eerste onzekerheidsfactor (macro-onzekerheid) betreft de onzekerheid wat de *mix en volume van de toekomstige vraag* zal zijn. Gezien het klantspecifieke karakter van de producten en de verschillende uitvoeringsvormen (produktlijnen) is het opstellen van een vraagprognose in detail erg moeilijk uitvoerbaar. Een belangrijk extra onzekerheidselement is hier het tijdstip waarop de klantorder binnenkomt. Gezien de aanzienlijke concurrentie en de relatief lage scoringskans heeft de onderneming altijd meer offertes uitstaan dan er klantorders zullen binnenkomen. Er bestaat echter grote onzekerheid of en zo ja wanneer, de klant de offerte accepteert. Dit maakt de reservering van capaciteit erg onzeker.

De tweede onzekerheidsfactor betreft de onzekerheid in *produktspecificaties*. Met name in het eerste, niet-fysieke traject van de logistieke keten zijn (delen van) de produktspecificaties niet bekend. Dit betekent dat beslissingen over met name capaciteit, levertijd en prijs moeten worden genomen met een zekere mate van onzekerheid. Gaandeweg het produktontwerpproces komt meer specifieke detailinformatie over het produkt beschikbaar. Een machine waarvan bijvoorbeeld in eerste instantie werd aangenomen dat het binnen het bestaande spectrum van standaards zou vallen, kan blijken daar net buiten te vallen. Dit kan aanzienlijke consequenties hebben voor het aantal uren constructie en dus voor de kosten en doorlooptijd van de klantorder. Dit betekent dat de structuur van het productiebesturingssysteem hierop zal moeten anticiperen. Evalua-

tie van eerder genomen beslissingen en inspelen op nieuwe situaties op basis van nadere detailinformatie dient een belangrijke karakteristiek van het besturingssysteem te zijn.

De derde onzekerheidsfactor betreft de *procesonzekerheid*. Omdat delen van de machine gedurende een zekere tijd onbekend zijn, is het erg moeilijk een schatting te maken van de hoeveelheid en soort capaciteit die de specifieke klantorder vraagt. Met name de *soort capaciteit* is hier een onzekere factor. Er blijkt in de praktijk een zeer grote variatie te zijn in de aard en de hoeveelheid bewerkingssoorten die nodig zijn in de onderdelenfabricage. Dit kan tot gevolg hebben dat het totaal aantal gevraagde en beschikbare uren aardig overeenkomt, maar dat dit per bewerkingssoort absoluut niet klopt. Gegeven deze optredende onbalans in capaciteit is een aanzienlijke externe productieflexibiliteit op korte termijn een belangrijke vereiste. Het relatief laat bekend worden van produktspecificaties van met name klantspecifieke onderdelen levert ook een probleem op bij de verwerving van gereedschappen. Dit betekent dat specifieke gereedschappen op korte termijn moeten kunnen worden verworven.

4.3 Complexiteit

De productiebesturing in deze productiesituatie kan worden gekarakteriseerd als complex vanwege drie factoren.

De eerste complexiteitsfactor is de *samenstelling van de logistieke keten*. Naast een fysiek traject bestaat de logistieke keten in dit type onderneming ook uit een niet-fysiek traject, de ordervoorbereiding, dat eveneens (voor een deel) doorlooptijdbepalend is. Gezien de deels creatieve processen is het moeilijk hier analoog aan de fysieke productie fabricagestappen en bewerkingen te onderscheiden. Dit betekent dat het soms erg moeilijk vast te stellen is wat de voortgang

van een hoeveelheid onderhanden werk is binnen bijvoorbeeld de produktieafdeling Produktontwikkeling. Binnen deze produktieafdeling dient bovendien rekening te worden gehouden met capaciteit die nodig is voor de uitwerking van offertes. Dit betekent een voortdurende afweging bij de inzet van capaciteit tussen offerte- en orderactiviteiten. Dit conflict tussen korte-termijndoelstellingen (realisatie van klantorders) en lange-termijndoelstellingen (verkrijgen van nieuwe orders) is kenmerkend voor deze situatie. Ook het fysieke gedeelte van het logistiek traject is relatief complex. Zowel de onderdelenfabricage als de assemblage heeft een complexe interne structuur. In termen van de typologie van Bertrand (1989) van produktiesituaties kan de onderdelenfabricage getypeerd worden als 'enkelstuks- en kleinserie-fabricage'. Dit betekent dat sprake is van een complexe capaciteitscoördinatie met vele wisselende produktroutingen en wisselende bewerkingstijden. De assemblage kan worden getypeerd als 'projectmatige assemblage'. Gezien het dok-achtige karakter van de assemblage en de samengesteldheid van het produkt is zowel de capaciteits- als materiaalcoördinatie complex. Assemblageactiviteiten vinden plaats op speciaal daarvoor uitgeruste assemblagelokaties. Deze lokaties zijn min of meer machinetype-afhankelijk en vormen een complex planningsprobleem. Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de besturing van de verschillende produktieafdelingen ingewikkeld is.

De tweede complexiteitsfactor betreft het *multiproject-karakter* van de produktiesituatie. Elke klantorder bestaat uit een netwerk van activiteiten, waarvan een deel nog niet in detail bekend is. De complexiteit wordt echter met name bepaald door het feit dat op ieder moment een aantal klantorders in verschillende fasen van voltooiing onderhanden is binnen dezelfde logistieke keten. Knelpunten die ontstaan onder invloed van

optredende onzekerheid bij één klantorder kunnen andere klantorders ook negatief beïnvloeden. De juiste coördinatie van al deze activiteiten is een complexe taak. De derde complexiteitsfactor betreft de *samengesteldheid* van het produkt. Naast een grote hoeveelheid standaard-onderdelen (complexe materiaalcoördinatie) bestaat een specifieke machine uit een (groot) aantal klantspecifieke en in principe eenmalige onderdelen. Materialen hiervoor dienen speciaal voor die klantorder te worden ingekocht. Gezien de lange levertijd van sommige materialen (denk aan gietstukken) dient soms al in het offertestadium of vroeg in het orderstadium te worden overlegd met Inkoop over prijs en levertijd van deze materialen, zonder dat de machine in detail bekend is.

Een effectieve logistieke besturingsstructuur voor een engineer-to-order produktiesituatie dient in te spelen op de hierboven beschreven specifieke besturingskarakteristieken.

5. MRP II in engineer-to-order produktie

Gedurende het laatste decennium hebben veel engineer-to-order produktiebedrijven geprobeerd MRP-II-systemen toe te passen. Dit had echter in de meeste gevallen geen succes. De keuze van een MRP-II-systeem was gebaseerd op de grote beschikbaarheid van MRP-II-software. Daarnaast blijkt niet algemeen bekend te zijn waarom MRP II als produktiebesturingssysteem in deze bedrijven niet toepasbaar is. Het mislukken van deze implementaties is echter allerm minst verrassend. De ongeschiktheid van MRP II kan worden aangetoond door de karakteristieken van een MRP-II-systeem te confronteren met de karakteristieken van de engineer-to-order situatie.

5.1 Karakteristieken van het MRP-II-systeem

De essentie van het MRP-II-concept kan het

best als volgt worden omschreven (Wight en Landvater, 1983; Berry e.a. 1988):

- Bepaal voor eindprodukten of equivalenten van eindprodukten welke hoeveelheden moeten worden geproduceerd op welk tijdstip (het *hoofdproductieprogramma*, HPP), rekening houdend met de marktvrage en de capaciteitsbeperkingen.
- Bereken de benodigde hoeveelheden te produceren of in te kopen halffabrikaten, onderdelen en grondstoffen, gebaseerd op de produktstuklijsten, beschikbare voorraden en onderhanden werk, de seriegroottes en de produktiedoorlooptijden en levertijden van leveranciers.

Figuur 2 illustreert het rekenmechanisme van de materiaalbehoefteberekening, dat het hart van MRP vormt. Er wordt van uitgegaan dat de lezer bekend is met het rekenmechanisme van MRP.

Uitgaande van de karakteristieken en het rekenmechanisme, kunnen de basis-uitgangs-

punten die ten grondslag liggen aan een standaard MRP-II-systeem worden afgeleid. Er wordt uitgegaan van de productie van standaardprodukten met een bekende en stabiele stuklijst en produktierouting. Om een MRP-II-systeem te kunnen gebruiken dient alle informatie over produkten en het produktieproces van tevoren bekend te zijn. Het MRP-II-systeem gaat uit van de beschikbaarheid van deze informatie. In termen van Galbraith (1973) gaat MRP II ervan uit dat elke vorm van onzekerheid ontbreekt. In feite is een standaard MRP-II-systeem een deterministisch planningsysteem dat niet of nauwelijks om kan gaan met enige vorm van onzekerheid (zie Wortmann en Wijngaard, 1985; Van Donselaar 1989, voor een uitgebreide beschrijving van MRP en onzekerheid). MRP veronderstelt verder de mogelijkheid de toekomstige vrage (naar standaardprodukten) te voorspellen als de basis voor het hoofdproductieprogramma (HPP). Omdat het HPP met name wordt opgesteld op basis van

Item A, niveau 1, doorlooptijd=2

		Periode								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bruto behoefte		10		15	10	20	5		10	15
Geplande ontvangsten				14						
Voorraadbilans	12	2	2	1	-9	-29	-34	-34	-44	-59
Geplande ordervrijgave			9	20	5		10	15		

Item B, niveau 2, doorlooptijd=2

Bruto behoefte			9	20	5		10	15		
Geplande ontvangsten										
Voorraadbilans	28	28	19	-1	-6	-6	-16	-31	-31	-31
Geplande ordervrijgave		1	5		10	15				

Item C, niveau 3, doorlooptijd=2

Bruto behoefte		1	5		10	15				
Geplande ontvangsten										
Voorraadbilans	8	7	2	2	-8	-23	-23	-23	-23	-23
Geplande ordervrijgave			8	15						

Figuur 2. Rekenmechanisme van MRP

deze vraagvoorspelling, kan de productie niet anders worden gekarakteriseerd dan als anonieme seriematige of massafabricage. Hierbij bestaat er geen directe relatie tussen klantorders en de productie van de producten tijdens de uitvoering van de productie.

5.2 De ongeschiktheid van MRP II

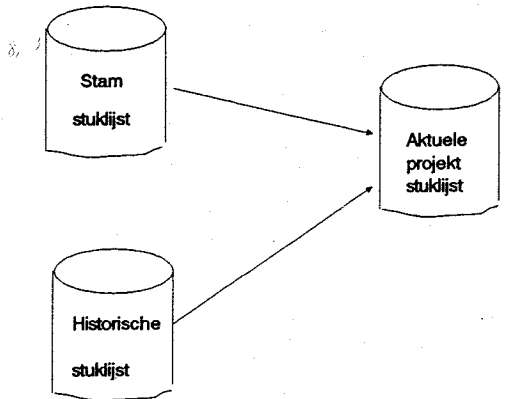
Wanneer we de besturingskarakteristieken van de engineer-to-order situatie confronteren met de basis-uitgangspunten van een standaard MRP-II-systeem kan de ongeschiktheid van MRP II worden aangetoond aan de hand van de volgende aspecten van productiebesturing:

- het gebruik van stuklijsten;
- de relatie tussen klantorders en productieorders;
- de besturing van niet-fysieke processen;
- de detailgraad van informatie;
- vergelijking van voor- en nacalculatie per klantorder.

Het gebruik van stuklijsten

Daar sprake is van een klantspecifiek product is bij orderacceptatie het product deels nog onbekend. Een gedeelte van de ontwikkeling en het ontwerp van het product is klantspecifiek en moet nog in detail plaatsvinden. De stuklijst wordt gedurende het proces geleidelijk gecompleteerd. Elke klantorder heeft dus een eigen unieke stuklijst en voor elke klantorder wordt een nieuwe stuklijst aangemaakt. Hierbij wordt veelal gebruik gemaakt van zogenaamde stamstuklijsten. Dit betreft stuklijsten van eerder ontwikkelde en geproduceerde standaardproducten of productmodules. Daarnaast wordt vaak gebruik gemaakt van zogenaamde historische stuklijsten. Dit betreft in het verleden geproduceerde klantspecifieke stuklijsten. Het onderscheid tussen actuele klantspecifieke stuklijsten, stamstuklijsten en historische stuklijsten is erg belangrijk en vraagt om een specifieke ondersteuning. De

samenhang tussen de verschillende stuklijstbestanden is weergegeven in figuur 3. Een standaard MRP-II-systeem ondersteunt een dergelijk onderscheid niet. MRP II gaat uit van het gebruik van standaard produktstuklijsten voor het coördineren van de goederenstroom, gericht op het vervaardigen van een beperkte verzameling eindproducten met een hoge herhalingsgraad per product. Een standaard MRP-II-systeem bevat dan ook maar één stuklijstbestand waarin stuklijsten kunnen worden vastgelegd. Het gebruik van een MRP-II-systeem in een engineer-to-order situatie levert dan ook een zeer groot en vervuild stuklijstbestand op, dat slecht beheersbaar is met alle fouten en problemen van dien.



Figuur 3. De samenhang tussen verschillende typen stuklijsten

De relatie tussen klantorders en productieorders

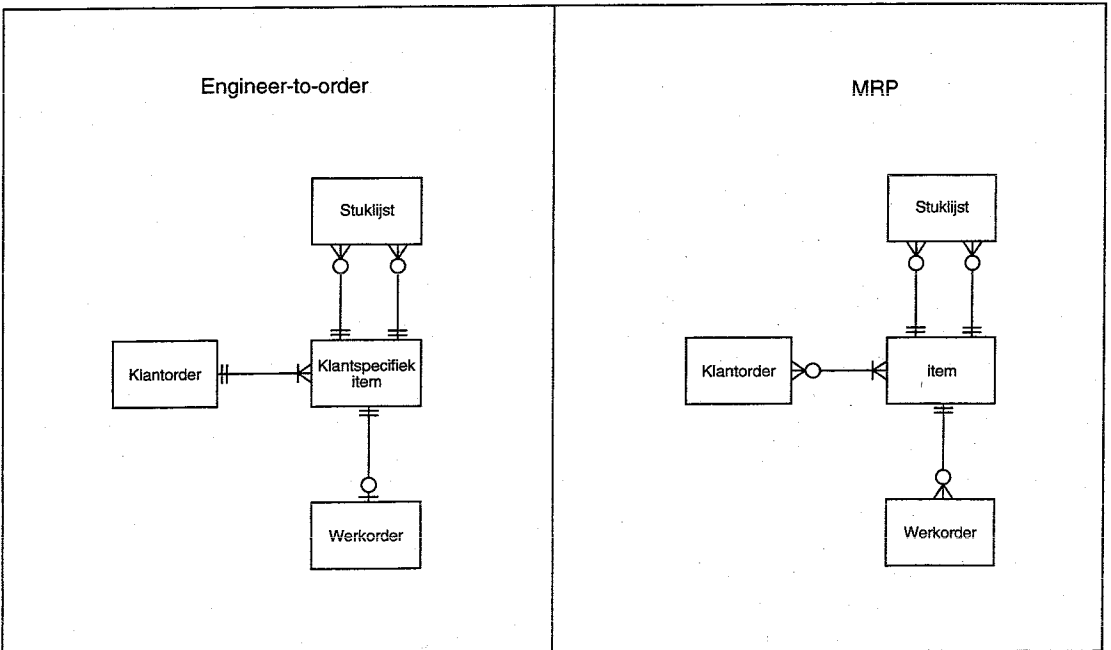
Gezien het feit dat elk geproduceerd product klantspecifiek en uniek is, dient de voortgang op de productievloer per klantorder gevolgd te kunnen worden. Dit betekent dat in termen van voortgangscntrole een relatie tussen de klantorder en de corresponderende productieorders in de verschillende productieafdelingen moet kunnen worden

gelegd. Dit is echter in een standaard MRP-II-systeem niet mogelijk. MRP II gaat uit van seriematige productie van standaardproducten. Een productieorder is anoniem en heeft vaak betrekking op meer dan één (toekomstige) klantorder. Productieorders kunnen binnen een MRP-II-systeem alleen bestaan ten behoeve van de productie van een bepaalde hoeveelheid van een standaardproduct. Dit standaardproduct dient anoniem te zijn gedefinieerd, dat wil zeggen onafhankelijk van een klantorder, in de stuklijst-database. De klantorder als zodanig speelt dan ook niet of nauwelijks een rol in de productievoortgang. Productieorders in een engineer-to-order productiesituatie kunnen alleen bestaan omdat een bepaalde klantorder de producten die hierbij geproduceerd worden, nodig heeft. Het kenmerkende verschil tussen de engineer-to-order situatie en de MRP-II-situatie met betrekking tot de relatie tussen

productieorders en klantorders is weergegeven in figuur 4. De grafische notatie voor de representatie van datastructuren is afgeleid van Martin (1987).

De besturing van niet-fysieke processen

Zoals in paragraaf 3 is aangegeven, bestaat een deel van de primaire keten uit niet-fysieke transformatieprocessen. Deze processen moeten net als de fysieke productieprocessen bestuurd worden in het kader van de levertijd van de klantorder. Deze processen produceren ook 'produkten' in de vorm van produktspecificaties. Gewoonlijk heeft het ontwikkel- en tekentraject een projectmatig karakter en kenmerkt de besturing zich als capaciteitsgeoriënteerde multiprojectbesturing. Een standaard MRP-II-systeem biedt geen faciliteiten om deze processen te plannen en te besturen.



Figuur 4. De relatie tussen productieorders en klantorders

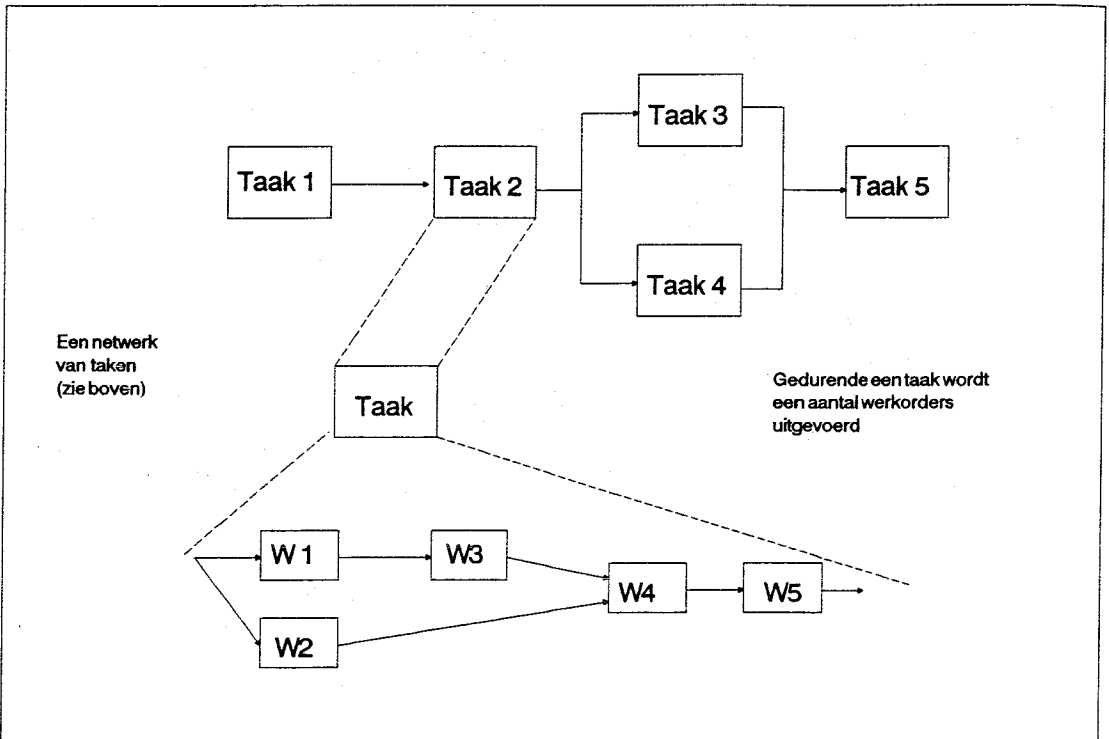
De detailgraad van informatie

Een belangrijke karakteristiek van de engineer-to-order situatie is de onbekendheid met de precieze productiespecificaties gedurende de eerste productiefasen. Deze worden pas gedurende het productietraject bekend. Dit betekent dat in het begin van het ordertraject alleen op basis van globale geaggregeerde informatie kan worden gestuurd. Naarmate het traject vordert komen meer gedetailleerde gegevens beschikbaar, die de globale gegevens kunnen vervangen. Een standaard MRP-II-systeem kan geen onderscheid maken tussen globale onzekere gegevens en gedetailleerde gegevens. Daar het systeem gericht is op seriematige productie van standaardproducten, wordt ervan uitgegaan dat het product en de productiewijze op voorhand tot in detail bekend zijn. Besturing en informatievoorziening van globaal

naar detail wordt hierin niet ondersteund. De relatie tussen geaggregeerde en gedetailleerde informatie is weergegeven in figuur 5. Er bestaat ook binnen MRP II een vorm van aggregaatbesturing, namelijk de globale capaciteitscontrole (*rough cut capacity check*) op het HPP. De hierbij gebruikte procedures houden echter in dat de 'aggregate bill of capacity', die gebruikt wordt voor deze capaciteitscontrole, is ontworpen voor standaardproducten en wordt afgeleid van de standaard productstructuren en de standaard routings voor productieorders.

Voor- en nacalculatie per klantorder

Klantorders in een engineer-to-order situatie zijn klantspecifieke projecten en zijn in principe eenmalig en uniek. Dit betekent dat productprijzen specifiek zijn en worden bepaald via onderhandeling met de individuele klant.



Figuur 5. Relatie tussen geaggregeerde en gedetailleerde informatie (Bron: Bertrand e.a. 1990a)

Gedurende het offertetraject wordt voor elke klantorder een kosten-vooralculatie gemaakt, als basis voor prijsbepaling. Vanuit het oogpunt van financiële beheersing is het zinvol na voltooiing van de klantorder een nacalculatie per klantorder te maken en dit te vergelijken met de voorcalculatie. Een belangrijke voorwaarde om een nacalculatie per klantorder te kunnen maken is de mogelijkheid om productie-uren, gebruikte materialen, klantordergebonden inkoop en cetera te relateren aan de betreffende klantorder. In een standaard MRP-II-systeem is dit onmogelijk, omdat de relatie tussen individuele productie- en inkooporders en de klantorder ontbreekt.

6. Conclusie

Uit bovenstaande analyse kan worden geconcludeerd dat het MRP-II-concept in het geheel niet aansluit op de specifieke besturingskarakteristieken van een engineer-to-order productiesituatie. Onze conclusie is dat een standaard MRP-II-systeem ongeschikt is voor toepassing in een engineer-to-order productiesituatie. Geforceerde toepassing van een MRP-II-softwarepakket leidt alleen tot hoge kosten en frustratie en een slechte logistieke bestuurbaarheid en prestatie. Wat hier nodig is is een productiebesturingssysteem dat beter aansluit op de eisen die volgen uit de specifieke besturingskarakteristieken van de situatie. In het volgende artikel in deze special zullen we een raamwerk voor een dergelijk productiebesturingssysteem presenteren.

Literatuur

- Berry, W.L., T.E. Vollmann en D.C. Whybark, (1988), *Manufacturing Planning and Control Systems*, Dow Jones-Irwin.
- Bertrand, J.W.M., (1989), *Productiebeheersing: groei naar volwassenheid*, intreedere Technische Universiteit Eindhoven.
- Bertrand, J.W.M., J.C. Wortmann en J. Wijngaard, (1990a), *Production Control, A Structural and Design Oriented Approach*, Elsevier.
- Bertrand, J.W.M., J.C. Wortmann en J. Wijngaard, (1990b), *Productiebeheersing en material management*, Stenfert Kroese.
- Van Donselaar, K.H., (1989), *Material Coordination under uncertainty*, proefschrift, Technische Universiteit Eindhoven.
- Galbraith, J.R., (1973), *Designing complex organizations*, Addison-Wesley.
- Kingsman, B.G., I.P. Tatsiopoulos en L.C. Hendry, (1989), 'A structural methodology for managing manufacturing lead times in make-to-order companies', *European Journal of Operational Research*, vol. 40, pp. 196–209.
- Martin, J., 1987, *Recommended Diagramming Standards for Analysis and programmes*, Prentice-Hall.
- New, C.C., (1977), *Managing the manufacturing of complex products-coordinating multi-component assembly*, Business Books/Communications-Europa.
- Sari, J.F., (1981), *The Master Production Schedule and the Bill-Of-Material go Hand-in-Hand*, Richard C. Ling, Inc.
- Wight, O.W., en D. Landvater, (1983), *The standard system*, Manufacturing Software Inc.
- Wild, R., (1977), *Concepts of Operations management*, John Wiley and Sons, Ltd.
- Wortmann, J.C., en J. Wijngaard, (1985), 'MRP and inventories', *European Journal of Operational research*, vol. 20, pp. 281–293