

Openbare samenvatting bachelorthesis

Robert Noordhuis, juli 2016

Relatie KOOP en capaciteit

Inleiding

Dit onderzoek is uitgevoerd bij een productiebedrijf, waar kapitaalbeslag een probleem vormt. Het bedrijf levert uitsluitend aan andere bedrijven en er is sprake van batchproductie. Het kapitaalbeslag zit in de voorraden gereed product, er worden producten opgeslagen die nog niet betaald zijn. Naast kapitaalbeslag, heeft dit nog een aantal andere nadelen, zoals risico bij het faillissement van een klant. Om dit probleem op te lossen wordt eraan gedacht het klantorderontkoppelpunt te verschuiven.

Het klantorderontkoppelpunt (KOOP) is het punt in het productieproces, waarvandaan wordt gewerkt op klantspecificatie en niet op voorraad. Op dit moment ligt het KOOP voor de eerste productiestap, zogeheten *make to order*. Een nadeel hiervan is een lange levertijd, na het plaatsen van de order, moeten alle productiestappen nog doorlopen worden. Om de levertijden te verminderen, wordt er gereed product op voorraad gezet. Deze producten hebben alle productiestappen doorlopen en zijn reeds klantspecifiek. Het klantspecifiek maken van een product gebeurt in productiefase 2 en productiefase 3. Het op voorraad zetten gebeurt voor een deel van de orders, veelal de grotere klanten. Op het moment dat een klant producten nodig heeft, wordt er melding gemaakt om een deel uit te leveren.

Een ander deel van de voorraad gereed product komt door het gebundeld produceren van orderregels. Een enkele order kan bestaan uit meerdere orderregels, waarin hetzelfde product op meerdere momenten geleverd moet worden. In de huidige situatie worden alle regels tegelijkertijd geproduceerd. Het deel dat nog niet uitgeleverd wordt, wordt op voorraad gezet bij het gereed product. Dit wordt gedaan vanwege een gebrek aan capaciteit. Als de verschillende orderregels los geproduceerd worden, moet er vaker omgesteld worden. Als er wordt omgesteld, kan er niet worden geproduceerd. De omsteltijd per order is bij dit bedrijf redelijk hoog en hangt af van een aantal factoren. Ten eerste is er een deel vaste omsteltijd en daarnaast twee delen variabele omsteltijd. Deze variabele tijden hangen af van een producteigenschap. Een van de twee delen kan worden vermindert door goed te plannen, door producten met soortgelijke eigenschappen achter elkaar te produceren.

Om het kapitaalbeslag te verminderen wil het bedrijf twee handelingen doen, ten eerste het KOOP verleggen en daarnaast orderregels onafhankelijk van elkaar produceren. In de huidige situatie is dit niet mogelijk door een capaciteitstekort. In een mogelijke nieuwe situatie wordt de capaciteit groter en kan dit mogelijk wel. Voor dit onderzoek is de vraag gesteld of dit mogelijk is en dit te onderbouwen met een model. Er bleek al voorafgaand aan het onderzoek dat het niet voor alle producten gunstig is om het KOOP te verleggen. Uiteindelijk is volgende hoofdvraag tot stand gekomen:

Voor welke producten moet en kan het KOOP verlegd worden op basis van capaciteit en kosten, en wat zijn de gevolgen hiervan voor de productie en voorraad met een nieuwe machine?

Deze vraag wordt beantwoord met behulp van enkele onderzoeksvragen, deze luiden als volgt:

1. *Wat is de huidige situatie en wat is er al bekend?*
2. *Wat is er bekend in de literatuur over de relatie tussen KOOP en capaciteit?*
3. *Hoe kan het KOOP kwantitatief bepaald worden, rekening houdend met constraints?*
4. *Wat is een geschikte manier om het KOOP in toekomstige situaties te bepalen?*

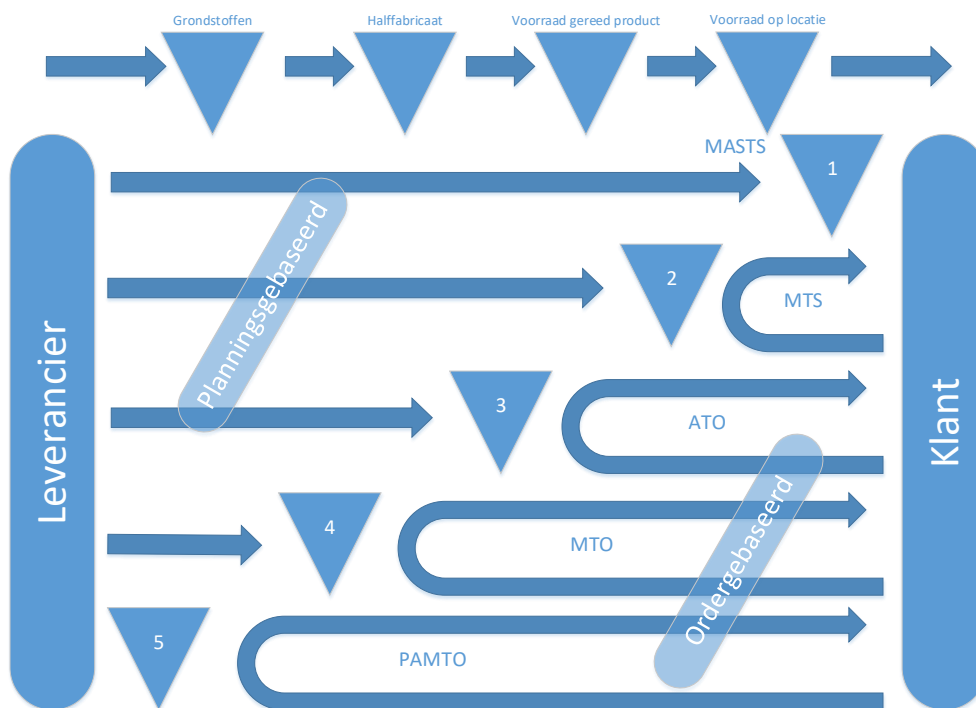
In deze samenvatting wordt omwille van de geheimhouding vooral ingegaan op onderzoeksvragen 2 & 3.

Literatuur

Het klantorderontkoppelpunt (KOOP) is het punt in de productie waarvandaan gewerkt wordt op basis van de order (Hoekstra & Romme, 1991). Activiteiten voor dit punt, vinden plaats zonder order, activiteiten erna pas na het binnenkomen van de order. Hoekstra & Romme onderscheiden vijf verschillende posities voor het KOOP.

1. *Make and ship to stock (MASTS)* – Producten worden eerst geproduceerd en vervolgens op voorraad gelegd bij of dichtbij de klant. Op het moment van de order worden de producten uit deze voorraad geleverd.
2. *Make to stock (MTS)* – Producten worden geproduceerd zonder dat er een order is en worden op voorraad gelegd bij de producent. Op het moment van de order worden de producten verzonden naar de klant.
3. *Assemble to order (ATO)* – Een gedeelte van de productie is reeds voltooid op het moment dat de order binnenkomt, de productie wordt afgerond na de order.
4. *Make to order (MTO)* – Op het moment van de order heeft de producent alleen grondstoffen op voorraad, na de order wordt de gehele productie uitgevoerd.
5. *Purchase and make to order (PAMTO)* – De producent heeft geen onderdelen of grondstoffen op voorraad en besteld deze na het binnenkomen van de order.

Deze posities zijn ook schematisch weergegeven in Figuur 1.



FIGUUR 1 KOOP NAAR HOEKSTRA & ROMME (1991)

Shidpour et al. hebben in 2014 een onderzoek gepubliceerd waarin rekening wordt gehouden met verschillende KOOP's voor verschillende producten of productgroepen. In de modellen die zij opstellen, worden zowel de winst als de *customer perceived value* gebruikt als te maximaliseren

objectives. Als constraint wordt de service time gebruikt. De service time wordt gezien als de tijd die besteed moet worden aan de fabricage van een product. In het model zit er een limiet op de tijd die beschikbaar is, wat overeenkomt met capaciteit. Als beslissingsvariabele wordt het KOOP voor een specifiek product of productgroep gebruikt.

In een numeriek voorbeeld in het artikel worden *perceived quality/price* en *used variety* gebruikt als meetwaarden voor de *customer perceived value*. De *perceived quality/price* wordt berekend aan de hand van het verwachte percentage non-conformiteit tussen de klantorders en de geleverde producten. *Used variety* wordt berekend op basis van het aantal verschillende varianten. Het model dat zij hebben opgesteld is hieronder te vinden.

| | |
|-------------------|---|
| $i = 1, \dots, I$ | Index of CODPs |
| $j = 1, \dots, J$ | Index of products |
| Parameter: | |
| p_j | Price of product j |
| d_j | Anticipated demand of product j |
| C_{ij}^h | Holding cost of work-in-process product j if position CODP i is selected |
| C_{ij}^p | Production cost of product j when CODP i is selected |
| d_j^{bac} | Anticipated back order demand of product j |
| C_{ij}^{bac} | Back order cost of product j per time unit if position CODP i is selected |
| δ_{ij} | Percent of non-conformance between customer order and delivered product j |
| T_{ij} | Production time of product j when CODP i is selected |
| γ | Maximum limit of service time (day) |
| F_1 | First performance indicator (PI ₁) of customer value |
| F_2 | Second performance indicator (PI ₂) of customer value |
| M | A big number |
| α | Weight of PI ₁ |
| β | Weight of PI ₂ |
| Decision variable | |
| x_{ij} | 1 if CODP i is selected to fulfil product j , 0 otherwise |

The objectives and constraints of model I are described as follows:

$$\begin{aligned} \text{Max } z_1 = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p_j d_j x_{ij} \\ & - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (d_j (C_{ij}^h + C_{ij}^p) + d_{ij}^{bac} C_{ij}^{bac}) x_{ij} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Max } z_2 = \alpha F_1 + \beta F_2 \quad (5)$$

$$F_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(1 - \delta_{ij})}{p_j} x_{ij} \quad (6)$$

$$F_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{d_j}{D} x_{ij} \quad (7)$$

$$D = \sum_{j=1}^J d_j \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left(\frac{1}{J}\right) x_{ij} T_{ij} \leq \gamma \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \quad (10)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (11)$$

Shidpour et al. (2015, pp. 671-672) schrijven het volgende als toelichting op hun model. De eerste objective (4) beschrijft de winst die een bedrijf kan behalen uit een bepaalde strategie. De tweede objective (5) beschrijft de klant tevredenheid die met twee indicatoren wordt beschreven. Deze prestatie indicatoren betreffen *perceived quality/price* (6) en *used variety* (7). F1 (6) wordt in hun paper berekend door middel van het percentage non-conformiteit tussen klantorders en de geleverde producten. F2 kan ook worden gezien als het percentage productvarianten, dat gemaakt kan worden wordt in het systeem. Regel (8) geeft de totale vraag weer. Constraint (9) geeft een maximale servicetijd aan, wat gezien kan worden als een capaciteitslimiet. Constraint (10) geeft weer dat een product maximaal 1 KOOP kan hebben, maar ook geen KOOP voor als het niet geproduceerd wordt. Constraint (11) geeft weer dat de beslissingsvariable binair is en dus alleen 0 of 1 als waarde kan hebben. De beslissingsvariabele x_{ij} geeft aan of product j KOOP i wel of niet heeft.

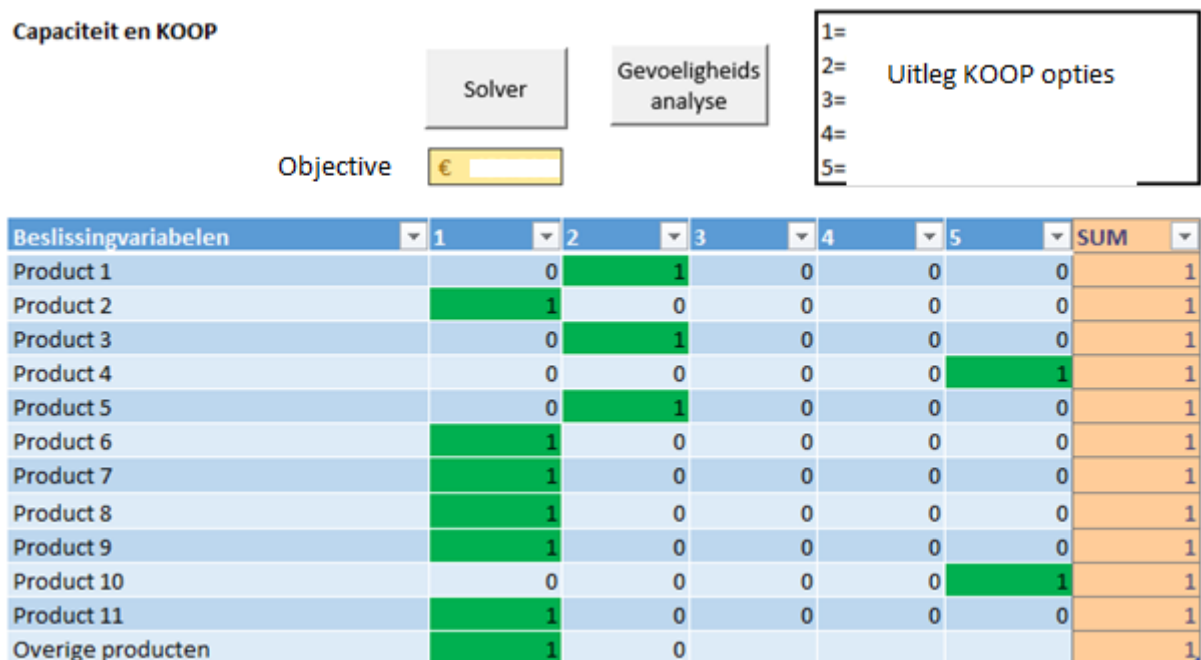
Model

Het model van Shidpour, zoals hierboven beschreven is niet direct toepasbaar op de situatie bij dit bedrijf. Er blijken bij dit bedrijf enkele constanten te zijn, ofwel zaken die niet veranderen. Daarnaast zijn er nog een aantal zaken die wel veranderen, maar niet op basis van de keuze van het KOOP en deze hebben daarop ook geen invloed. Op basis van deze zaken is het model aangepast aan situatie binnen het bedrijf. Het model is hierdoor aanzienlijk eenvoudiger geworden en heeft nog maar één objective over. Dit vereenvoudigt eveneens het oplossen van het model. Om het model op te lossen is gebruik gemaakt van Excel in combinatie met de *solver* functie. Hiervoor is een macro geschreven, zodat het model te gebruiken is door medewerkers van het bedrijf zonder kennis van lineair programmeren.

Er is voor gekozen een elftal producten/productgroepen te onderzoeken, waarvan wordt verwacht dat deze mogelijk geschikt zijn een verlegging van het KOOP. Verder zijn er een vijftal mogelijke KOOPs gemodelleerd, deze variëren van de huidige situatie met gebundeld produceren tot en met volledige overgang op halffabricaten met een veiligheidsvoorraad.

In Excel is een dashboard gemaakt, waarop alle belangrijke informatie is te zien. Daarnaast zijn er enkele zichtbare sheets met extra data en enkele onzichtbare met berekeningen.

Het centrale deel betreft de output. Zie afbeelding 2. Hierin wordt per product een KOOP geselecteerd en aangeduid met een "1" en een groene kleur. Op het moment dat er geen geldige oplossing wordt gevonden, kleurt een hokje rood. Het doel hiervan is om het model zo begrijpelijk en duidelijk mogelijk te maken. Verder zijn er twee knoppen, de eerste roept de solver aan en lost het model op. Daarnaast staat een knop voor een automatische gevoeligheidsanalyse. Na het indrukken wordt de gevoeligheid van diverse inputs weergegeven in een tabel en grafiek. De ruwe output wordt eveneens opgeslagen voor diepere analyse.



FIGUUR 2 CENTRAAL DEEL MODEL

Vervolgens is er het input deel van het model, deze is niet opgenomen wegens de informatie die daarin staat. In dit deel van het model staat in een tabel per rij welke input het, de waarde en een korte omschrijving. Als input zijn onder andere zaken als het aantal productiedagen, productiesnelheden en omsteltijden opgenomen. Ook prijzen, kosten en inputs voor de voorraden halffabricaten zijn hier opgenomen. Op het moment dat een input verandert wordt, worden de effecten automatisch doorgerekend op de situatie zoals die op dat moment beschreven staat in het centrale deel. Om de nieuwe optimale oplossing te vinden, zal er eerst op de solver knop gedrukt moeten worden.

Het derde deel op het dashboard, betreffen KPIs. Deze zijn eveneens niet opgenomen. Deze KPIs gaan onder andere in op de capaciteit en geven daar ook meer gedetailleerde informatie over. Andere zaken gaan over de hoogte van de voorraden, wat invloed heeft op het kapitaalbeslag. Ook worden enkele kosten gespecificeerd.

Een lastig bij het maken van het model, was dat het geen rekening houdt met schommelingen in de vraag op seizoen basis. Hier is bij dit bedrijf echter wel sprake van. Daarom is er voor gekozen om te

modelleren op het hoogseizoen. Binnen deze periode is de vraag redelijk constant en is er de hoogste capaciteit nodig. Als er binnen deze periode genoeg capaciteit beschikbaar is, is dat er ook buiten het hoogseizoen. Een nadeel van deze methode is dat, in het geval dat capaciteit een limiterende factor is, er een suboptimale oplossing is buiten het hoogseizoen.

Conclusies

De resultaten uit het model zijn geanalyseerd en er is een uitgebreide gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Zo is er gekeken naar groei, veranderingen van kosten en veranderende capaciteit. De relatie tot capaciteit wordt hier niet besproken.

In het basisscenario was er een duidelijke relatie te zien tussen de huidige voorraden en het verleggen van het KOOP, producten waarvan veel voorraden zijn, moeten eerder overgaan op een ander KOOP. Dit bleek slechts te gelden voor een klein deel van de onderzochte producten. Het wordt dan ook aanbevolen om meer producten te onderzoeken, die deze eigenschappen hebben.

Tijdens de gevoeligheidsanalyse, bleek dat veel van de gebruikte inputvariabelen invloed hadden op de beslissingen van het model en de objective. Sommige zaken, zoals productiekosten hadden directe invloed op objective, waar andere zaken, zoals de omsteltijden, meer invloed hadden op de beslissingen en indirect op de kosten. Opvallend hierbij was dat een aantal producten vaak werden veranderd. Dit bleken producten die in het basisscenario op het randje zaten en bij een kleine verandering werden overgezet op een ander KOOP. Als deze verandering zou worden toegepast in het basisscenario, bleek de invloed op de objective minimaal. Wel was er aanzienlijke invloed op de voorraad KPIs. Het bedrijf kan overwegen om tegen geringe kosten deze KOOPs te veranderen, om de voorraden en daarmee het kapitaalbeslag te verminderen.

Andere aanbevelingen betreffen interne informatievoorzieningen en achterliggende systemen, deze worden niet besproken.

Referenties

Niet alle referenties zijn besproken in deze samenvatting, maar ze zijn wel opgenomen om een breder beeld te geven van de gebruikte literatuur en het onderzoek.

Heerkens, H., & Winden, A. van. (2012). *Geen Probleem*. Nieuwegein: Van Winden Communicatie.

Hoekstra, S., & Romme, J. (1991). *Integral Logistic Structures*. New York: Industrial Press Inc.

Ji, J., Qi, L., & Gu, Q. (2007). Study on CODP Position of Process Industry Implemented Mass Customization. *Systems Engineering - Theory & Practice*, 27(12), 151-157. doi:10.1016/S1874-8651(08)60079-4

Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal Of Production Economics*, 85(3), 319-329. doi:10.1016/S0925-5273(03)00119-1

Olhager, J., Rudberg, M., & Wikner, J. (2001). Long-term capacity management: Linking the perspectives from manufacturing strategy and sales and operations planning. *Production Economics*, 69(2), 215-225. doi:10.1016/S0925-5273(99)00098-5

Poel, I. Van Der, & Royakkers, L. (2011). *Ethics, Technology and Engineering*. Chicester, UK: Wiley-Blackwell.

Shidpour, H., Cunha, C. Da, & Bernard, A. (2014). Analyzing Single and Multiple Customer Order Decoupling Point Positioning based on Customer Value: A Multi-objective Approach. *Procedia CIRP*, 17, 669-674. doi:10.1016/j.procir.2014.01.102

Sun, X. Y., Ji, P., Sun, L. Y., & Wang, Y. L. (2008). Positioning multiple decoupling points in a supply network. *International Journal of Production Economics*, 113(2), 943-956.
doi:10.1016/j.ijpe.2007.11.012

Uлага, W., & Chacour, S. (2001). Measuring Customer Perceived Value in Business Markets. *Industrial Marketing Management*, 30(6), 525-540. doi:10.1016/S0019-8501(99)00122-4

Winston, W. L. (2004). *Operations Research* (4e ed.). Belmont, USA: Brooks/Cole.