KM13 (1984)
pag 176-179

De formule van CAMP en flexibiliteit van produktiemachines

P. van Beek *

1. *Inleiding*

De laatste jaren wordt binnen het gebied van de logistiek veelvuldig het begrip *flexibiliteit* gehanteerd. Men bedoelt hier meestal het volgende mee. Men beoogt het produktiesysteem zódanig in te richten dat het snel en adequaat kan inspelen op veranderde omstandigheden in de markt.
Deze flexibiliteit kan door zowel *organisatorische* als *technische* maatregelen gerealiseerd worden. Met het laatste heeft men vooral investeringen in reduktie van set-up kosten of omsteltijden van produktie machines op het oog. In dit verband is de volgende vraag relevant: Op *welke* plaatsen in het produktiesysteem dienen deze investeringen in flexibiliteit gedaan te worden en hoe *hoog* moeten deze (gegeven een beperkt budget) zijn?
Om deze vragen te kunnen beantwoorden is een goed inzicht in de relatie tussen kosten, doorlooptijd in het produktiesysteem, veiligheidsvoorraden, servicegraad, seriegrootte en investeringsniveau betreffende flexibiliteit noodzakelijk. Tot dusver vindt men hierover weinig in de literatuur.
In deze notitie zal een zeer eenvoudig produktiemodel geanalyseerd worden. Hierin worden kosten, seriegrootte en investeringsniveau betreffende flexibiliteit in hun onderlinge samenhang bestudeerd.
Doel van deze notitie is om enerzijds aan de hand van een zeer eenvoudig produktie/voorraad model bovenstaande toe te lichten en anderzijds de mogelijkheid te krijgen om met personen en instanties die op dit terrein werkzaam zijn of belangstelling hebben in kontakt te komen.
In het volgende zal voor het genoemde eenvoudige model naast de optimale produktieserie tevens de optimale flexibiliteit berekend worden.
Het is duidelijk dat de volgende stap zal zijn om voor willekeurige produktie c.q. assemblage netwerken een dergelijke berekening op te zetten. Dit vormt een onderdeel van het onderzoeksprogramma van de sectie Operationele Analyse van de Landbouwhogeschool.

2. *Formule van CAMP*

De formule van CAMP ontstaat uit een minimalisering van de kosten betreffende voorraadhouden en set-up van een bepaald produkt.
Vanwege de grote bekendheid van deze formule wordt hier volstaan met een zeer summiere behandeling.

* Landbouwhogeschool, Vakgroep Wiskunde, De Dreijen 8, 6700 EB Wageningen, tel. 08370 - 84085

definities: D : = vraag per jaar (in stuks)

Q : = produktie seriegrootte (in stuks)

d : = afnamesnelheid (in stuks per dag)

p : = produktiesnelheid (in stuks per dag)

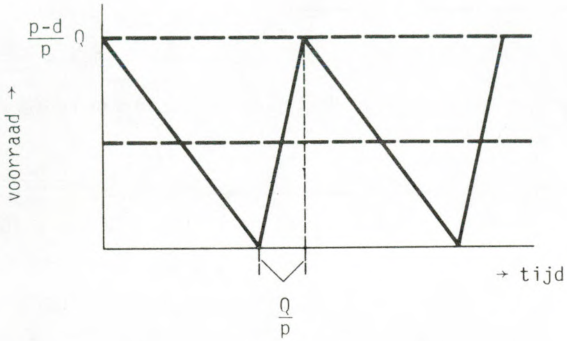
h : = kosten van voorraadhouden (per stuk per jaar)

F : = set-up kosten.

Natuurlijk geldt: D = 365 d.

Uitgaande van bovenstaande definities kunnen de gemiddelde kosten per jaar (C_{tot}) in afhankelijkheid van Q afgeleid worden (zie ook figuur 1):

$$C_{tot} = \frac{DF}{Q} + \frac{1}{2} h Q \left(\frac{p-d}{p}\right). \tag{1}$$



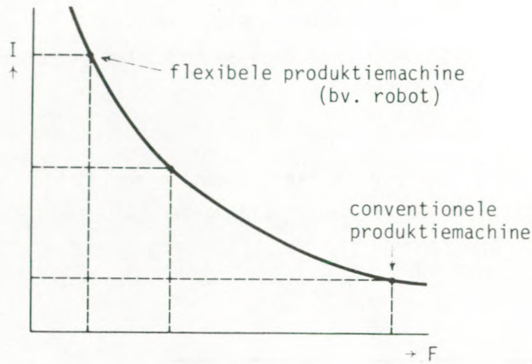
Figuur 1: Voorraadverloop in CAMP model.

Door differentiëren van C_{tot} naar Q en vervolgens de afgeleide nul te stellen krijgt men de optimale produktieserie van CAMP (Q^*):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DF}{h} \cdot \frac{p}{p-d}} \tag{2}$$

3. *Formule van CAMP rekening houdend met rente en afschrijving op het produktiemiddel*

Aan de kosten C_{tot} (formule 1) kan een component I betreffende jaarlijkse kosten van rente en afschrijving op het produktiemiddel worden toegevoegd. Zo'n component geeft de relatie aan tussen kosten van rente en afschrijving op het produktiemiddel I en de set-up kosten F. Zijn de set-up kosten *hoog* dan hebben we vaak met een conventionele produktiemachine te maken. Zijn daarentegen de set-up kosten *laag* (grotere flexibiliteit!) dan zijn de kosten van rente en afschrijving meestal hoog.



Figuur 2: Het verband tussen set-up kosten F en kosten van rente en afschrijving I.

Wij nemen nu aan (als illustratie) dat het verband in figuur 2 als volgt kan worden beschreven:

$$I = \frac{K}{F} \tag{3}$$

Hierin stelt K het jaarlijkse bedrag voor van rente en afschrijving wanneer een produktiemachine met set-up kosten f 1,-- gekozen wordt (opm.: de beschrijving in figuur 2 en in formule 3 van het verband tussen I en F is via een *continue* functie ($I = \frac{K}{F}$) tot stand gekomen. In de realiteit zal eerder met een *eindig* aantal waarden voor F gewerkt worden).

Door nu deze component I aan de kostenfunctie C_{tot} (zie (1)) toe te voegen krijgen we

$$C_{tot}(Q,F) = \frac{DF}{Q} + \frac{1}{2}\, h\, Q\, \left(\frac{p-d}{p}\right) + \frac{K}{F} \tag{4}$$

Differentiëren van C_{tot} naar Q en F en nulstellen van de partiële afgeleiden levert het volgende stelsel vergelijkingen in Q en F op:

$$\begin{cases} \frac{1}{2}\, h\, \left(\frac{p-d}{p}\right) - \frac{DF}{Q^2} = 0 \\ \frac{D}{Q} - \frac{K}{F^2} = 0 \end{cases} \tag{5}$$

Oplossen van Q en F uit (5) levert de volgende formules voor de optimale Q* en F* op:

$$\begin{cases} Q^* = \sqrt[3]{\dfrac{4\,KDp^2}{h^2(p-d)^2}} \\[2ex] F^* = \sqrt{\dfrac{K}{D}}\;\sqrt[6]{\dfrac{4\,KDp^2}{h^2(p-d)^2}} \end{cases} \qquad (6)$$

Uit F* volgt dan onder gebruikmaking van (3) het optimale investeringsniveau voor wat betreft flexibiliteit.

4. *Slotwoord*

Uit het voorgaande is gebleken hoe, in onderlinge samenhang, zowel een optimale produktieseriegrootte als ook het optimale investeringsniveau betreffende een produktiemachine berekend kunnen worden.
Deze gedachtengang kan eenvoudig uitgebreid worden naar produktie/assemblage netwerken zoals beschreven door P. van Beek, A. Bremer en C. van Putten (zie KM 10 pag. 159-176).
Op langere termijn worden resultaten beoogd die bestaan uit voorstellen voor een produktie- c.q. assemblage organisatie waarin inzicht bestaat in de relatie tussen totale kosten, voorraden, doorlooptijd, seriegrootte en investeringsniveau betreffende flexibiliteitsvergroting (bijvoorbeeld door inschakeling van robots in het produktie/assemblage proces).

Ontvangen: 20-1-1984