

# Een op lineaire programmering gebaseerd decision support system voor locatie-allocatie planning

**Citation for published version (APA):**

Benders, J. F., Keulemans, W. K. M., van Nunen, J. A. E. E., & Stolk, G. (1982). *Een op lineaire programmering gebaseerd decision support system voor locatie-allocatie planning*. (Memorandum COSOR; Vol. 8207). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1982

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Memorandum 82-07

EEN OP LINEAIRE PROGRAMMERING GEBASEERD

DECISION SUPPORT SYSTEM

VOOR LOCATIE-ALLOCATIE PLANNING

door :

J.F. Benders \*

W.K.M. Keulemans \*

J.A.E.E. van Nunen \*\*

G. Stolk \*\*\*

\* Technische Hogeschool Eindhoven  
Onderafdeling der Wiskunde en Informatica

\*\* Interfaculteit Bedrijfskunde, Delft

\*\*\* Heineken N.V., Amsterdam

Mei 1982

# IWTDP

- 1 -

Interuniversitaire Werkgroep  
Toepassingen Dynamische Programmering

Correspondentie-adres :  
Prof. Dr. J. Wessels  
Onderafdeling der Wiskunde en Informatica  
Technische Hogeschool Eindhoven  
Postbus 513  
5600 MB Eindhoven

De Interuniversitaire Werkgroep Toepassingen Dynamische Programmering (IWTDP) is ingesteld tussen een aantal vakgroepen van de wis- en bedrijfskunde afdelingen van de Technische Hogeschool Eindhoven en de Interuniversitaire Interfaculteit Bedrijfskunde te Delft.

De werkgroep heeft een 8-tal medewerkers en houdt zich bezig met praktische toepassingen van O.R.-technieken.

Zo zijn leden van de werkgroep in de afgelopen jaren betrokken geweest bij het ontwikkelen van decision support systemen voor voorraadbeheersing, productie-besturing en personeelplanning. Sinds medio 1978 is men betrokken bij het in dit artikel beschreven onderzoek.

## HEINEKEN N.V.

Correspondentie-adres:  
Postbus 28  
1000 AA Amsterdam  
Telegramadres Heinekenbier Amsterdam  
Telefoon (020) 709111  
Telex 10501

Heineken N.V. is een sinds 1864 bestaand internationaal drankenconcern dat vooraanstaande merkartikelen produceert en distribueert, waarbij de nadruk ligt op bier.

De afzet vindt plaats in ruim 145 landen, verdeeld over de 5 continenten. De totale personeelsbezetting in 1981 bedroeg 21.141, waarvan 14.455 in het buitenland.

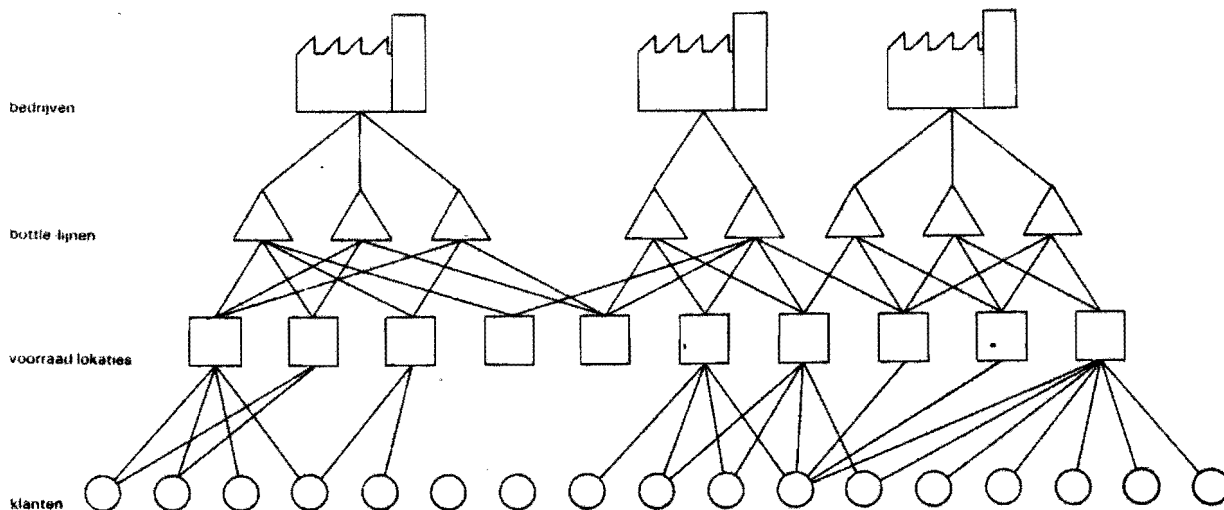
|                                      |   |              |
|--------------------------------------|---|--------------|
| De omzet (inclusief accijns) bedroeg | : | 3.613,2 mln. |
| Het bedrijfsresultaat was            | : | 260,- mln.   |
| De netto winst bedroeg               | : | 120,4 mln.   |
| Aan dividend werd uitgekeerd         | : | 50,6 mln.    |

0-0-0-0-0

1) INLEIDING.

In dit artikel wordt de ontwikkelingsgang beschreven, met al zijn ups en downs, van een decision support system. Dit systeem wordt thans gebruikt bij de concernstafdienst Fysieke Distributie van Heineken N.V. voor de lange en middellange termijn planning : het analyseren en bepalen van de productie- en distributiestructuur, zodanig dat een optimale (al)locatie ontstaat van productie, voorraden, voorraadlocaties en afnemers.

De samenhang tussen productie, voorraden, depôts en afnemers wordt globaal beschreven door het in figuur 1 weergegeven distributienetwerk.



Figuur 1 : Distributienetwerk voor het locatie-allocatie probleem.

De lineaire programmering wordt bij Heineken reeds sedert het begin van de zeventiger jaren gebruikt, zowel bij de productie- als bij de distributieplanning.

Het operationeel gebruik hiervan heeft echter ook het pakket vragen doen uitgroeien, waarop men bij de planning graag antwoord wil hebben.

Enkele jaren geleden bleken in het bijzonder in de distributiesfeer de bestaande modellen en computerprogramma's niet meer toereikend om de vele vragen met betrekking tot de consequenties van de kosten van produceren, opslag en vervoer en van het openen, uitbreiden of sluiten van productielijnen en voorraadlocaties, te beantwoorden.

Een onderzoek werd toen op gang gebracht om te komen tot meer aan de huidige problematiek aangepaste modellen en programmatuur.

## 2) VOORONDERZOEK.

In het kader van een bedrijfskundig afstudeerproject [2], werd een voorstudie verricht met de volgende vraagstelling :  
omdat de opslag- en afvoercapaciteiten van de brouwerijen niet groot zijn, moet men beschikken over een aantal opslagplaatsen van waaruit afnemers beleverd kunnen worden. Gevraagd wordt een model te ontwikkelen, waarmee een optimale locatie van opslagruimte mogelijk is en tevens aangegeven wordt vanuit welke opslagplaats iedere afnemer beleverd moet worden (allocatie van afnemers aan opslagplaatsen).

Het model moet geschikt zijn om de consequenties te analyseren van :

- wijziging van de capaciteit van een brouwerij of productielijn;
- verandering van de vraag;
- verandering van de transportkosten;
- verandering van aantal, plaats en capaciteit van de opslagplaatsen.

Tevens moet het niet alleen toepasbaar zijn op de Nederlandse, maar ook op buitenlandse situaties.

Om een idee te geven van de probleemomvang : gedacht moet worden aan een tiental producten (naast bieren in verschillende soorten en verpakkingen komen ook frisdranken voor), 20 productielijnen, 50 bestaande of potentiële depôts en 1.000 afnemers.

Een gemengd geheeltallig lineair programmeringsmodel werd ontwikkeld, waarin de continue variabelen betrekking hadden op het vervoer van producten van productielijnen naar depôts en vandaar naar afnemers en de discrete 0-1 variabelen op het openen, uitbreiden of sluiten van depôts.

Onbevredigend was echter, dat het als zeer essentieel beschouwde aspect : 'de allocatie van een afnemer aan een depôt moet zodanig zijn, dat hij alle door hem gevraagde producten vanuit dat depôt geleverd kan krijgen', niet in het model kon worden opgenomen. Dit zou immers een zeer groot aantal 0-1 toewijzingsvariabelen vereisen (in principe gelijk aan het aantal depôts x het aantal afnemers, in praktische situaties mogelijk 50.000), hetgeen geacht werd buiten het bereik te vallen van de gemengd geheeltallige lineaire programmeringstechniek.

Niettemin werd getracht de praktische bruikbaarheid van het model te onderzoeken, hierbij uitgaande van beschikbare capaciteits-, kosten- en vraaggegevens, passend bij de distributiestructuur van de jaren 1977/1978.

Voor de formele modelbeschrijving en de datamanipulatie werd gebruik gemaakt van de matrix- en rapportgenerator 'Modeler', behorend bij het lineaire programmeringssysteem 'Tempo', beschikbaar bij de Burroughs 6700 van de Technische Hogeschool Eindhoven. Een nieuwe moeilijkheid daagde nu op in de vorm van een extreem hoge computertijd voor de matrix- en rapportgeneratie; voor het testprobleem kwam dit neer op 3 uren CPU en 14 uren I/O.

Zulke tijden zijn prohibitief voor een praktische modelanalyse, welke oplossing vereist van een groot aantal probleemvarianten.

Op dit moment werd het project feitelijk als mislukt beschouwd.

In het eindverslag [2] werd echter gewezen op de mogelijkheid uit de impasse te geraken door gebruik van meer geavanceerde methoden voor modelvorming en modelanalyse, welke grotere deskundigheid vereiste, zowel op het gebied van de wiskundige optimalisering als van de systeembouw, dan van de toenmalige bedrijfskundige onderzoeker verwacht mocht worden.

Om dit te onderzoeken werd contact gezocht met de Interfaculteit Bedrijfskunde te Delft en met de Onderafdeling der Wiskunde en Informatica van de Technische Hogeschool Eindhoven.

Ervan uitgaande dat de ervaring maar moet leren of een zeer groot aantal discrete beslissingsvariabelen de modelanalyse inderdaad onmogelijk maakt, werd het ontwikkelde model zodanig gemodificeerd dat ook de binding van elke afnemer voor alle door hem gevraagde producten aan eenzelfde depôt daarin werd opgenomen. Anderzijds werden de beslissingsvariabelen die betrekking hadden op het openen, uitbreiden of sluiten van depôts, uit het model verwijderd. Overweging hierbij was dat zulke studies, zeker in de Heineken-situatie, steeds betrekking zouden hebben op een beperkt aantal depôts en productielijnen, in welk geval meer inzicht in de situatie verkregen zou worden door de relevante mogelijkheden apart door te rekenen.

De modelbeschrijving omvat twee activiteitsgroepen en vier restrictiegroepen.

De activiteitsgroepen beschrijven :

- het transport van producten van productielijnen naar depôts;
- de toewijzing van afnemers aan depôts.

De restrictie-groepen beschrijven :

- per depôt en product de balans tussen de aanvoer van dat product vanuit de productielijnen naar dat depôt en de totale vraag naar dat product van alle aan dat depôt toegewezen afnemers;
- de capaciteitsrestricties voor de productielijnen;
- de capaciteitsrestricties voor de depôts, te onderscheiden in een fysieke bovcapaciteit en een gewenste ondercapaciteit;
- de toewijzingsrestricties, die moeten bewerkstelligen dat elke afnemer slechts aan een depôt wordt toegewezen.

De coëfficiënten, voorkomend in de capaciteitsrestricties voor de productielijnen en voor de depôts, bevatten een aantal parameters die het mogelijk maken op een heuristische wijze in te spelen op kortere termijnaspecten als productie-omstellingen en op de eis dat bier niet langer dan drie weken in een depôt mag verblijven.

De kosten van de vervoersactiviteiten zijn samengesteld uit de productiekosten, welke verschillen per product en productielijn, de vervoerskosten van productielijnen naar depôts en de afhandelingskosten bij de depôts. De kosten van de toewijzingsactiviteiten bestaan uit de vervoerskosten van de depôts naar de afnemers.

De structuur van de technologie-matrix van dit model, in het bijzonder het feit dat in principe elke productielijn kan leveren aan elk depôt, dat elk depôt elk product voert en dat elke afnemer aan elk depôt gebonden kan worden, maakte het mogelijk een eenvoudig, doch uiterst efficiënt decision support systeem te ontwikkelen.

Globaal gesproken, bestaat zo'n systeem uit een gegevenssysteem (data-base), een matrixgenerator die uit dit gegevenssysteem het gewenste probleem formuleert, een gemengd geheeltallig lineair programmeringssysteem voor de probleemoplossing, een rapportage-systeem voor de verkregen resultaten en een besturingssysteem waarmee de telkens opnieuw gewenste data-, model- en rapportagemodificaties op een gebruikersvriendelijke manier kunnen worden uitgevoerd. De basis voor dit alles wordt gevormd door een systematisch coderingssysteem, zowel voor de data als voor de lijsten en tabellen waarin deze zijn opgenomen, benevens voor de naamgeving van activiteiten en voor de restricties welke aan de activiteiten worden opgelegd. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van het ontwikkelde systeem wordt verwezen naar [1].

De op deze specifieke technologische structuur gebaseerde matrix-generator bleek bij toepassing op concrete problemen zeer efficiënt. De invoertijd, ook voor de grootste problemen met ongeveer 1.500 restricties en 50.000 activiteiten, was slechts een kwestie van seconden. De eerder opgetreden invoermoeilijkheden kunnen derhalve volledig toegeschreven worden aan in-adequaatheid van de toen gebruikte matrix-generator.

De laatste stap in het vooronderzoek betrof de rekentechnische aspecten met betrekking tot het grote aantal discrete 0-1 variabelen van het model.



Zoals gebruikelijk, werd in eerste instantie gerekend met de lineaire-programmeringsrelaxatie waarbij de discrete variabelen vervangen waren door continu variëerbare in het interval (0,1). Toen bleek - en dat herhaalde zich bij alle volgende probleemvarianten - dat in de optimale oplossing van dit gerelaxeerde probleem alle toewijzingsvariabelen op zeer weinigen na, een waarde van 0 of 1 aannamen. Toen bovendien aangetoond kon worden dat :

- voor de onderhavige modelstructuur, aannemend dat elk depôt steeds elk product voert, het aantal gebroken toewijzingen van afnemers aan depôts niet groter kan zijn dan het aantal op volle capaciteit benutte productielijnen en depôts,
- dit aantal steeds erg-klein zou zijn,
- langs heuristische weg uit de verkregen gerelaxeerde oplossing heel eenvoudig toegelaten oplossingen voor het gemengd geheel-tallige probleem gevonden konden worden die in objectwaarde nauwelijks verschillen van de gerelaxeerde waarde,

was een goed mathematisch fundament gelegd voor de modelanalyse.

Verdere experimenten hebben geleerd dat de voorkomende problemen, ondanks het grote aantal geheeltallige variabelen, ook exact kunnen worden opgelost door gebruik te maken van de techniek van 'special ordered sets', zij het met aanzienlijk meer rekentijd. Hierbij bleek de optimale waarde van de objectfunctie nauwelijks te verschillen van die voor het gerelaxeerde probleem en van de daaruit langs heuristische weg verkregen gemengd geheeltallige oplossing. Het is dus duidelijk dat de verkregen extra informatie niet in verhouding staat tot de meerkosten voor het verkrijgen van deze exacte optimale oplossing.

### 3) INVOERING IN HET BEDRIJF.

Toen eenmaal dit stadium bereikt was, kon de feitelijke analyse van locatie-allocatie en distributie-problemen beginnen. Dit ging in eerste instantie hand-in-hand met de verdere uitbouw van een experimenteel decision support systeem, werkend op de Burrough's 6700 computer van de Technische Hogeschool Eindhoven.

Een unieke gelegenheid om de operationele bruikbaarheid van dit decision support systeem aan te tonen, deed zich voor toen in Italië, in verband met de overname van een brouwerij, een reorganisatie moest worden doorgevoerd van de productie- en depotlocaties en van de distributiestructuur.

Mede door de beschikbaarheid van het decision support systeem, werd een uitstekende samenwerking verkregen tussen diegenen die deze reorganisatie moesten voorbereiden en uitvoeren en de concernstaf-dienst Fysieke Distributie. Deze laatste was in staat snel en adequaat een groot aantal alternatieve situaties te evalueren en veel vragen van het 'wat ... als' type te beantwoorden.

Intussen werd gewerkt aan het ontwerp en de bouw van een soortgelijk decision support systeem voor de IBM-computer van het Heineken reken-centrum. Van bijzonder belang hierbij is de gebruiksvriendelijkheid van het systeem, die zich vooral uit in de faciliteiten met betrekking tot de model-modificatie en de rapportage van verkregen resultaten. De ervaringen met het experimentele systeem leerden dat model-modificatie grotendeels bestond in modificaties van de data, welke met de gebruikelijke rekencentrum-procedures gemakkelijk uitvoerbaar zijn. Af en toe echter kwam ook modificatie voor van de modelformulering, bijvoorbeeld bij de analyse van het effect van aggregatie van afnemers. Dit type modificatie hield echter programmawijzigingen, welke voor het rekencentrum, dat praktisch uitsluitend administratief ge-oriënteerde programma's verwerkt, die bij uitzondering en dan nog alleen door eigen specialisten veranderd mogen worden, een nieuw, moeilijk te plaatsen aspect bleek. De hoge veiligheidseisen die zij aan programmawijziging, dus ook aan verandering in modelformulering, moesten stellen, maakten deze ietwat moeilijker dan verwacht werd. De operationele problemen kunnen voorkomen door gebruik te maken van een zogenaamde matrix-generator, die speciale programmatuur vereist welke voor het Heineken computersysteem echter niet beschikbaar was. Om zulke problemen toch zoveel mogelijk te vermijden, zijn de meest voorkomende modificaties van de modelformulering standaard in het decision support systeem opgenomen.

## 5) CONCLUSIES.

De voortdurende samenwerking tussen een industrieel bedrijf en twee universitaire instellingen, waardoor het samenspel verkregen werd tussen deskundigheid op bedrijfsgebied en op het gebied van wiskundige methoden en computersystemen, heeft in belangrijke mate bijgedragen tot het uiteindelijke succes van de beschreven toepassing. Uiteraard is met de voltooiing van dit decision support systeem het laatste woord niet gezegd. Vragen rijzen over de vereenvoudiging in de vraagstelling waarvan het model is uitgegaan, over de betekenis van deze middellange termijn planning, voor de korte termijn planning en over de relatie tussen de planning voor de Fysieke Distributie en die voor de productie, die thans nog elk via afzonderlijke modellen gebeurt. Deze vragen geven aanleiding tot verder operationeel onderzoek en voeren wellicht naar betere planningsmethoden.

o-o-o

## LITERATUUR.

- [1] J.A.E.E. van Nunen en J.F. Benders, Een decision support systeem voor locatie en allocatie problemen bij een drankenconcern. Informatie 23 (1981) 693 - 708.
- [2] J.W.I. Schouten, De ontwikkelingen van een depôt locatie en klanten allocatie model. Afstudeerverslag, afdeling Bedrijfskunde, Technische Hogeschool Eindhoven, augustus 1978.

o-o-o