

# Een personeelsplanningssysteem gebaseerd op Markov-modellen

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

Verhoeven, C. J. (1977). *Een personeelsplanningssysteem gebaseerd op Markov-modellen*. (Manpower planning reports; Vol. 2). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1977

**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.

TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

Department of Industrial Engineering

Department of Mathematics

Manpower Planning Reports no. 2

Een personeelsplanningssysteem gebaseerd

op Markov-modellen

door

C.J. Verhoeven

Eindhoven, maart 1977

Nederland

## FORMASY:

### Een Personeelsplanningssysteem gebaseerd op Markov-modellen

door

C.J. Verhoeven

#### 0. Korte samenvatting

In alle organisaties spelen vraagstukken m.b.t. personeelsplanning een belangrijke rol. Essentieel is daarbij de ontwikkeling van de huidige personeelsbezetting in de komende jaren en hoe een aanpassing aan een gewenste bezetting kan worden bereikt. Door het gebruik van Markov-modellen kunnen een aantal problemen duidelijker gesteld worden en mogelijke oplossingen zichtbaar worden. Op basis van deze modellen is een systeem t.b.v. personeelsplanning geprogrammeerd, waarvan wij hier een beschrijving zullen geven en een toepassing in een praktijksituatie. Dit systeem is, hoewel nog in ontwikkeling, operationeel via de B-7700 computer van de T.H. Eindhoven. Het ligt in onze bedoeling dit personeelsplanningprogramma m.b.v. opgedane ervaringen verder uit te breiden.

#### 1. Inleiding

Een scala van ontwikkelingen in organisaties heeft een steeds grotere behoefte aan personeelsplanning doen ontstaan. Een onderdeel hiervan is het bepalen van het aantal personeelsleden met een bepaald kwalificatieniveau dat in de komende jaren nodig is (zie: J.L.G. Havet [5] en [6]). Verder dient onderzocht te worden hoe de huidige bezetting zich waarschijnlijk zal ontwikkelen en hoe eventuele lacunes tussen benodigde en beschikbare aantallen personeelsleden kunnen verdwijnen. Vele grote en middelgrote bedrijven stellen voor de eerstvolgende drie tot vijf jaren een activiteitenprogramma op: de middellange termijnplanning. Hieruit volgt de behoefte aan personeel in de verschillende categorieën voor de vervulling van de functies. Anderzijds zal men in het algemeen streven naar continuering van het loopbaanbeleid. Uit de huidige personeelsbezetting en het toegepaste promotiebeleid volgt dan de te verwachten beschikbaarheid van personeel in de toekomst in de verschillende categorieën. Een en ander is schematisch toegelicht in figuur 1.

Nu kunnen in het algemeen discrepanties optreden tussen de verwachte behoefte en de voorspelde beschikbaarheid van personeel. Afhankelijk van de aard van de discrepanties (er kan een teveel of een tekort aan personeel optreden) heeft men een aantal mogelijkheden om de verschillen te doen verdwijnen, bijvoorbeeld:

Markov-modellen gaan uit van een indeling van het totale personeelsbestand in een aantal categorieën en beschrijven met behulp van promotie- en verlooppercentages de wijze waarop de bezetting van de verschillende klassen in de toekomst verandert (zie voor een uitgebreide beschrijving: J.L.G. Havet [7] en [8]).

De waarde van deze modellen is gelegen in:

- 1) Snel en eenvoudig onderkennen van onevenwichtigheden tussen behoefte aan en beschikbaarheid van personeel in de toekomst.
- 2) Verifiëren van de effecten van wijzigingen in het verloop of maatregelen om de discrepanties op te heffen zoals recruiteringen, veranderingen in het promotiebeleid etc.

Een andere categorie van systemen die gebruikt worden bij personeelsplanning zijn gebaseerd op zgn. Renewal-modellen. Hierbij worden de beschikbare arbeidsplaatsen voor de toekomst als gegeven aangenomen en zowel promotiepercentages als de recruiteringen worden daarop afgestemd. Het promotiebeleid is hier eerder een gevolg van de toekomstige ontwikkeling dan een uitgangspunt, zoals bij Markov-modellen. Schematisch kan men een vergelijking tussen Markov- en Renewal-modellen als volgt weergeven (vgl. ook figuur 1.):

Markov-modellen: uit promotiebeleid en verlooppercentages volgt de beschikbaarheid van personeel

Renewal-modellen: uit activiteitenprogramma en verlooppercentages volgt de behoefte aan personeel c.q. de mogelijke promotiepercentages.

Overigens kunnen met beide modellen in het algemeen dezelfde resultaten verkregen worden. Bij Markov-modellen bijvoorbeeld kan men door aanpassing van verloop- en promotiepercentages inzicht verkrijgen in de mogelijkheden m.b.t. het promotiebeleid. Ditzelfde geldt voor Renewal-modellen door wijzigingen aan te brengen in de beschikbare personeelsplaatsen. Voor een meer uitgebreide beschrijving van Renewal-modellen verwijzen wij naar: D.J. Bartholomew [3], pag. 209-294.

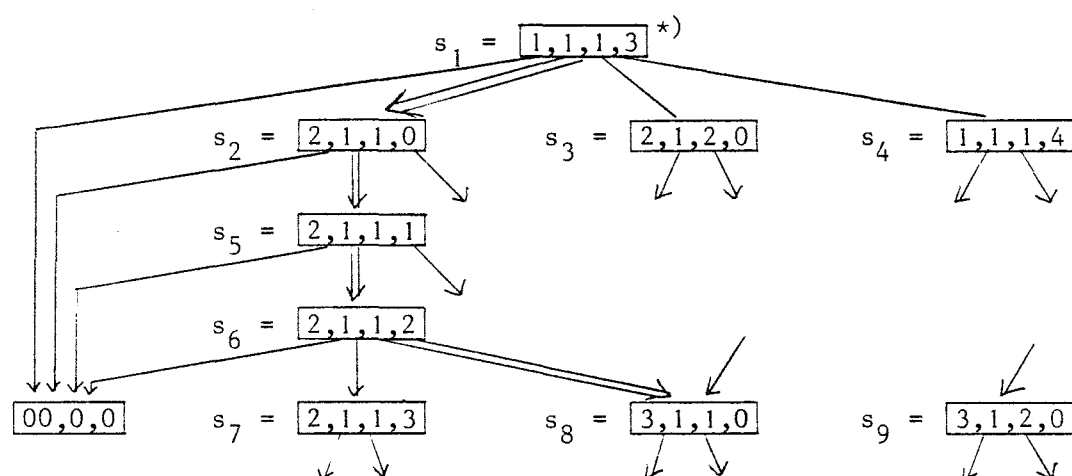
Wij zullen ons hier verder beperken tot het op Markov-modellen gebaseerde computersysteem FORMASY dat speciaal voor personeelsplanningsproblemen is ontwikkeld. Voor een meer wiskundig-technische beschrijving van de opbouw van dit programma, zie: J. Wessels en J.A.E.E. van Nunen [9].

In § 2 volgt een beschrijving van het Markov-model en in § 3 een voorbeeld van toepassing van het personeelsplanningssysteem in een concrete situatie. In § 4 worden enige opmerkingen gemaakt over de betrouwbaarheid van de voorspellingen. Tenslotte worden in § 5 enige conclusies weergegeven over de bruikbaarheid van het planningssysteem.

## 2. Het Markov-model

Voor het gebruik van het Markov-model worden de personeelsleden naar een aantal kenmerken ingedeeld in klassen of categorieën. Zo'n categorie wordt gekenmerkt door bijvoorbeeld  $(r,q,a,l)$  met:  $r$  = rang,  $q$  = opleidingsnivo,  $a$  = leeftijdsgroep,  $l$  = looptijd (d.w.z. het aantal jaren dat iemand in de rang verblijft, ofwel anciënniteit). Het is niet noodzakelijk om strikt deze kenmerken op te nemen, maar wij zullen op de keuze van de kenmerken later terugkomen.

Tussen de klassen zijn overgangen mogelijk tengevolge van promoties en verloop (zie figuur 2).



figuur 2. Voorbeeld van overgangen tussen categorieën

Hierbij is de categorie  $(00,0,0)$  het verloop (de medewerkers die het systeem hebben verlaten).

↓ geeft de mogelijke carrière aan van een personeelslid. In dit geval iemand die zich in een bepaald jaar in categorie  $(1,1,1,3)$  bevond en het volgende jaar promoveerde naar rang twee (en nu dus looptijd 0 kreeg). Na twee jaren in rang twee maakt hij vervolgens een overgang naar rang drie. In deze perioden behoorde hij steeds tot dezelfde leeftijdsgroep en veranderde ook zijn opleidingsnivo niet.

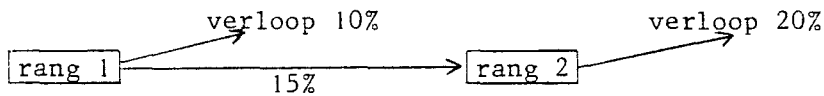
\*) Deze klasse wordt dus gekenmerkt door: rang 1, leeftijdsgroep 1, opleidingsnivo 1 en looptijd 3. Een hoger nummer van de leeftijdsgroep duidt op een andere leeftijdscategorie.

Zo ontstaat een keten van overgangen tussen categorieën.

De overgangen worden hier eens per jaar geconstateerd; er treedt dus steeds een verandering van klasse op: hetzij de looptijd wordt met 1 vermeerderd, hetzij een promotie heeft plaatsgevonden of de betreffende medewerker heeft het systeem verlaten (verloop).

Uitgaande van de huidige bezetting en de percentages die overgaan tussen de categorieën, wordt nu de verwachte bezetting per klasse in de toekomst berekend.

Stel bijvoorbeeld een tweetal rangen waarvoor de volgende overgangpercentages gelden:



Neem verder aan dat zich op tijdstip 0 in rang 1 vierhonderd en in rang 2 tweehonderd personen bevinden. In dit voorbeeld maken wij geen onderscheid in leeftijdsgroepen, opleidingsnivo's of looptijden; hier wordt een categorie dus uitsluitend bepaald door de rang. Wanneer er geen recruteringen plaatsvinden dan ontwikkelt het systeem zich in de volgende jaren als weergegeven in tabel 1 (mits de overgangpercentages in de toekomst blijven gelden).

	rang 1	rang 2
t = 0	400	200
t = 1	300	220
t = 2	225	221
t = 3	169	211
t = 4	127	194
t = 5	95	174

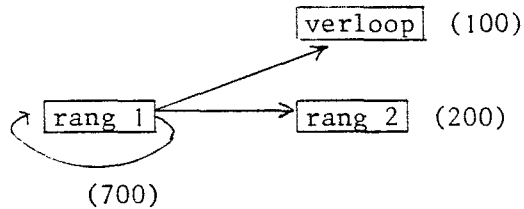
tabel 1

Wij onderscheiden m.b.t. het invoeren van de overgangpercentages een tweetal mogelijkheden:

- 1) De voorspelde ontwikkeling van het personeelsbestand baseren we op de promotie- en verlooppercentages uit het verleden als we verwachten dat deze de volgende jaren niet zullen veranderen.
- 2) We maken gebruik van nieuwe promotie- en verlooppercentages om de gevolgen daarvan voor de personeelsontwikkeling na te gaan.

Ad 1. De overgangpercentages kunnen nu uit een periode van bijvoorbeeld vijf jaren uit het recente verleden bepaald worden:

Stel dat zich in de loop van deze periode in totaal 1000 personen in rang 1 met een looptijd 2 bevonden, waarbij 200 een promotie maakten naar rang 2, 100 medewerkers het systeem verlieten en de overige 700 ook het volgende jaar nog in rang 1 zaten.



Het promotie- en verlooppercentage voor medewerkers in rang 1 met looptijd 2 is dan in de afgelopen periode 20 resp. 10% geweest. Dit wil overigens niet zeggen dat deze percentages steeds exact twintig resp. tien bedragen; het zijn slechts geconstateerde gemiddelden die dan voor het voorspellen van de toekomstige situatie gebruikt kunnen worden.

Ad 2. Bij het hanteren van nieuwe overgangpercentages kan men bijvoorbeeld nagaan wat de effecten zijn van het invoeren van minimale en maximale looptijden waartussen promoties kunnen plaatsvinden. In het promotiebeleid handelt men soms deze minimale en maximale looptijden. Een minimale looptijd in een bepaalde rang van drie jaren wil dan zeggen dat men nooit wordt bevorderd voordat men drie jaren in deze rang heeft doorgebracht. Een maximale looptijd van zes jaren betekent dat men nooit later wordt bevorderd dan na zes jaren. Een dergelijk promotiebeleid kan nu vertaald worden in overgangpercentages en m.b.v. het voorspellingsgedeelte van het computerprogramma kunnen de effecten van wijzigingen in het promotiebeleid geëvalueerd worden.

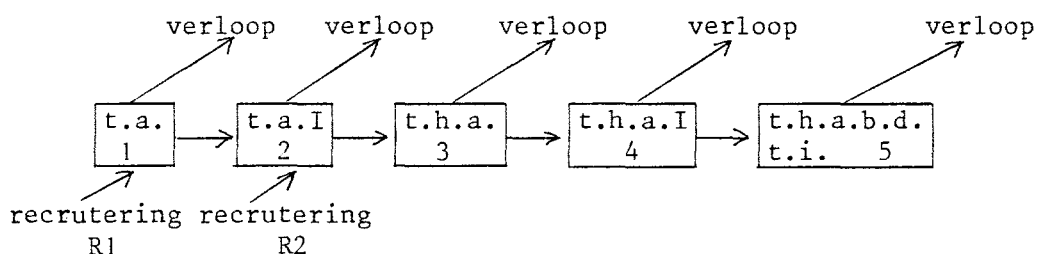
Met behulp van de overgangpercentages worden nu de verwachte aantallen personeelsleden in de rangen voor de komende jaren berekend. Wanneer een teveel aan personeel optreedt, heeft men natuurlijk niets aan werving en men zou dan kleine wijzigingen in het loopbaanbeleid kunnen overwegen. Met behulp van het voorspellingsgedeelte uit het computerprogramma kan men dan weer de effecten van verschillende wijzigingen bepalen. We zullen hier in par. 3 nader op ingaan. De eventuele tekorten die ontstaan bij de voorspellingen t.o.v. de benodigde aantallen personeel volgens de activiteitenplanning kunnen worden opgevuld door recruteringen.

Deze recruteringsplanning is gebaseerd op een dynamische programmeringsmethode waarmee de benodigde recruteringsaantallen berekend worden (zie J. Wessels en J.A.E.E. van Nunen [9]). Hierbij wordt steeds gestreefd naar het bereiken van de gewenste bezetting in een bepaald jaar in de toekomst. De recruteringsvinden zo laat mogelijk plaats in de tijd en zoveel mogelijk in dezelfde rang, een en ander rekening houdend met de gestelde ondergrenzen van de bezetting.

Op grond van de verkregen resultaten zou men dan (voorzichtige) conclusies kunnen trekken omtrent plannings, promotiebeleid, etc.

### 3. Toepassing van het systeem

Wij willen hier een voorbeeld geven van toepassing van het personeelsplanningssysteem bij een overheidsorganisatie. Doel is het onderzoeken van de ontwikkeling van de personeelsbezetting van het korps technische ambtenaren binnen de betreffende organisatie. De technische ambtenaren zijn ingedeeld in een vijftal rangen: technisch ambtenaar (t.a. = 1), technisch ambtenaar 1<sup>e</sup> klasse (t.a.I = 2), technisch hoofdamtenaar (t.h.a. = 3), technisch hoofdamtenaar 1<sup>e</sup> klasse (t.h.a.I = 4), technisch hoofdamtenaar voor bijzondere diensten of technisch inspecteur<sup>\*)</sup> (t.h.a.b.d. resp. t.i. = 5). Het loopbaanschema is weergegeven in figuur 3.



figuur 3.

In dit voorbeeld betreft het personen met eenzelfde of een gelijkwaardige opleiding (op H.T.S.-nivo); het is hier dus niet noodzakelijk een onderscheid naar opleidingsnivo te maken. Wij maken in dit geval ook geen indeling in leeftijdsgroepen; de rang gekoppeld aan de looptijd in die rang geeft voldoende informatie voor voorspellingen. Zo zal iemand die al een aantal jaren in de hoogste rang verblijft tot een andere leeftijdscategorie behoren dan iemand die nog maar kort in de rang technisch ambtenaar is opgenomen.

---

\*) Deze rangen zijn bij elkaar genomen vanwege de kleine aantallen personeelsleden in de afzonderlijke rangen.

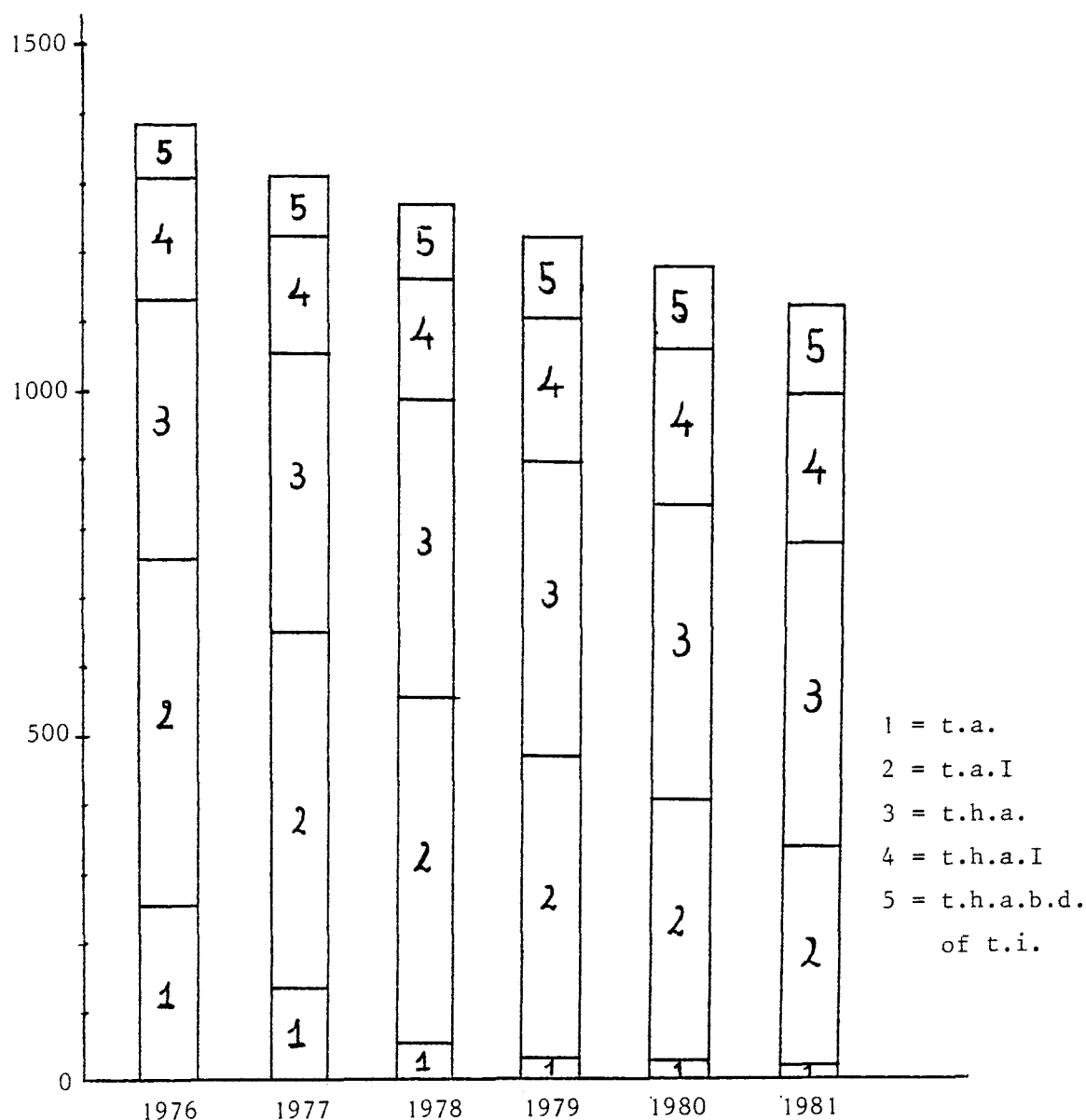


De klassen worden hier dus gekenmerkt door de rang en de looptijd in de rang (anciënniteit). De promotie- en verlooppercentages zijn berekend uit de historie van de afgelopen vier jaren. Een voorbeeld hiervan voor de overgangen uit rang 3 is gegeven in tabel 2. Hierbij is de gemiddelde looptijd waarbij promotie plaatvindt 6,8 jaren.

looptijd	promotieperc.	verloopperc.
1 jaar	0,0	0,4
2 jaren	0,8	0,4
3 jaren	8,2	1,6
4 jaren	8,7	6,4
5 jaren	9,8	2,4
6 jaren	18,2	4,5
7 jaren	12,5	4,2
8 jaren	11,1	2,2
9 jaren	31,0	3,4
10 jaren	19,0	14,3
11 jaren	4,0	5,0
12 jaren	4,0	5,0
≥ 13 jaren	4,0	5,0

Tabel 2. Promotie- en verlooppercentages uit rang 3.

We gaan uit van de gegeven bezetting per 1 januari 1976 en willen in eerste instantie bekijken hoe hiervan de verwachte ontwikkeling is in de komende vijf jaren, wanneer de gehanteerde overgangpercentages gehandhaafd zouden blijven en er geen recruteringen zouden plaatsvinden. Deze resultaten zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Voorspelde bezetting per rang zonder rekruteringen (per 1 jan.)

Uit figuur 4 blijkt de sterke afname van de rangen 1 en 2 en een grote toename van de rangen 3 t/m 5 (rang 5 in 1976: 74 personeelsleden, in 1981: 129). Een en ander kan in dit geval als een gevolg gezien worden van de relatief grote aantallen promoties in het recente verleden, zodat ook voor de voorspellingen met een betrekkelijk grote promotiesnelheid gerekend is. Stel nu dat de gewenste bezetting voor 1981 is als weergegeven in tabel 3.

rang jaar	t.a.	t.a.I	t.h.a.	t.h.a.I	t.a.b.d.+t.i.	totaal
1976	255	530	359	171	74	1389
1981(gew)	200	400	390	200	80	1270

Tabel 3. Huidige bezetting (1976) en gewenste bezetting voor 1981 (per 1 januari).

Onderstel verder ondergrenzen voor de tussenliggende jaren en maximale recruiteringsaantallen van 100 per jaar in rang 1 en 20 per jaar in rang 2 (in de hogere rangen sluiten we recruiteringen hier uit). De berekende recruiteringsaantallen worden dan:

rang jaar	t.a.	t.a.I
1976	95	0
1977	68	0
1978	39	0
1979	70	0
1980	82	2

Tabel 4. Recruiteringsaantallen.

De verwachte bezettingsaantallen in de voorspelperiode inclusief deze recruiteringen zijn dan gegeven in tabel 5.

rang jaar	t.a.	t.a.I	t.h.a.	t.h.a.I	t.h.a.b.d+t.i.	totaal
1976	225	530	359	171	74	1389
1977	220	538	388	183	88	1417
1978	200	508	413	197	99	1417
1979	180	460	430	213	110	1393
1980	180	429	443	230	120	1402
1981	200	400	451	244	129	1424

Tabel 5. Voorspelde bezetting per rang incl. recruiteringen (per 1 jan.)

Tabel 5 laat zien dat de tekorten in de rangen 1 en 2 nu zijn opgeheven, maar de overschotten in de hogere rangen blijven bestaan. Om een teveel aan personeel in die rangen te voorkomen zal het promotiebeleid en/of het verloop moeten veranderen. Wij willen dat hier demonstreren door het invoeren van minima-

le en maximale looptijden waartussen de bevorderingen zullen plaatsvinden en de verlooppercentages ongewijzigd laten. Nu worden de promotiepercentages voor rang 3 bijvoorbeeld (vgl. tabel 2):

looptijd	promotieperc.
1 jaar	0,0
2 jaren	0,0
3 jaren	0,0
4 jaren	0,0
5 jaren	0,0
6 jaren	0,0
7 jaren	10,0
8 jaren	20,0
9 jaren	20,0
10 jaren	30,0
11 jaren	20,0
12 jaren	10,0
≥13 jaren	0,0

Tabel 6. Gewijzigde promotiepercentages uit rang 3

De minimale looptijd waarbij promotie kan plaats hebben is hier zeven, de maximale looptijd twaalf jaren. De gemiddelde looptijd (van degenen die promotie maken), waarbij de promotie plaats vindt, is hier 8,9 jaren (vgl. 6,8 jaren bij tabel 2). Als wij streven naar dezelfde gewenste bezetting voor 1981 (zie tabel 3) en ook de ondergrenzen van de bezetting in de komende jaren niet wijzigen, dan worden de recruiteringsaantallen:

rang jaar	t.a.	t.a.I
1976	0	0
1977	20	0
1978	36	0
1979	66	0
1980	74	0

Tabel 7. Recruiteringsaantallen.

De resulterende verwachte bezettingsaantallen inclusief recruteringen die bij dit promotiebeleid behoren zijn gegeven in tabel 8.

rang jaar	t.a.	t.a.I	t.h.a.	t.h.a.I	t.h.a.b.d.+t.i.	totaal
1976	255	530	359	171	74	1389
1977	221	501	349	179	73	1323
1978	200	467	351	187	74	1279
1979	180	445	360	196	76	1257
1980	180	429	377	203	79	1268
1981	200	403	391	209	83	1286

Tabel 8. Verwachte bezetting per rang incl. recruteringen (per 1 jan.)

De verwachte bezetting voor 1981 blijkt nu overeen te komen met de gewenste bezetting als weergegeven in tabel 3. Uit een vergelijking van de tabellen vijf en acht volgen duidelijk de effecten van wijzigingen in het promotiebeleid.

#### 4. Betrouwbaarheid van de voorspellingen

Bij het gebruik van personeelsplanningssystemen voor voorspellingsdoeleinden kunnen een drietal fouten optreden (vgl. D.J. Bartholomew [1]):

- 1) Fouten t.g.v. het stochastische karakter van het proces: de promotie- en verlooppercentages zullen in de toekomst niet steeds exact gelijk zijn aan de gehanteerde percentages.

Deze onnauwkeurigheden kunnen worden berekend met formules die o.a. worden beschreven in D.J. Bartholomew [3], pag. 28 en in J. Wessels en J.A.E.E. van Nunen [9]. Bij de voorbeelden van par. 3 variëren deze fouten in de voorspellingen tussen twee en zeven procent onderschatting of overschatting. Hierbij geldt dat hoe kleiner de aantallen in een rang zijn (hoogste rang), hoe (relatief) groter de onnauwkeurigheid is.

- 2) Onnauwkeurigheden als gevolg van het schatten van de overgangpercentages uit de historie: de berekende percentages zijn een geconstateerd gemiddelde over een aantal jaren.

Bij het bepalen van de overgangpercentages uit het verleden kent men soms gewichten toe aan de verschillende jaren: het afgelopen jaar telt dan bijvoorbeeld zwaarder aan dan de voorgaande jaren. Als vuistregel geldt dat het bij een redelijk stabiel systeem voldoende is deze percentages uit bijvoorbeeld drie à vijf jaren uit de historie te bepalen.

3) Fouten door het toepassen van een model waarbij niet precies aan de modelonderstellingen is voldaan.

Tegen deze achtergrond moet men ook de keuze van de systeemgrenzen zien: beschouwt men een afdeling, een bedrijf of een bedrijfstak etc. Deze keuze hangt af van de vragen die men aan het model stelt. Ook de indeling van het personeel naar kenmerken kan van geval tot geval verschillen. Men kan i.p.v. de genoemde kenmerken in par. 2 bijvoorbeeld de bereidheid tot geografische mobiliteit opnemen als dit een wezenlijke rol bij promoties speelt. Bij het indelen van het personeel in categorieën moet verder rekening worden gehouden met beschikbare gegevens, de informatiewaarde daarvan en de statistische eigenschappen: de indeling van verschillende groepen personen in één categorie betekent een (relatief) grotere nauwkeurigheid bij de voorspellingen maar tevens een verlies aan informatie over de individuele personen.

## 5. Conclusies

In deze beschouwing hebben wij getracht de bruikbaarheid van personeelsplanningssystemen gebaseerd op Markov-modellen aan te tonen. Met zo'n systeem worden de gevolgen op middellange termijn van verloop en het gevoerde promotiebeleid in het verleden zichtbaar gemaakt. Bovendien kan op snelle en betrouwbare wijze worden nagegaan wat de effecten zijn van veranderingen in verloop en promotiebeleid. Deze resultaten kunnen met name dienstig zijn als discussiestof bij overleg tussen management en personeelszaken. Het in voorgaande beschreven personeelsplanningssysteem FORMASY moet dan ook duidelijk gezien worden als een beleidsinstrument voor de middellange termijn. Op langere termijn (men kan dan denken aan voorspellingen voor meer dan vijf jaren vooruit) zullen onzekere factoren de uitkomsten vaak te zeer beïnvloeden. Zoals vaak bij het toepassen van kwantitatieve modellen geldt ook hier dat de resultaten niet beschouwd moeten worden als "harde" cijfers, maar meer als indicatoren voor de gevolgen van diverse beleidsvarianten.

### Geraadpleegde literatuur

- [1] D.J. Bartholomew: Errors of Prediction for Markov Chain Models, Journal of the Royal Statistical Society 37, no. 3, pag. 444-456 (1975).
- [2] D.J. Bartholomew: Statistiek toegepast op de planning van de personeelsbezetting, Synopsis, pag. 67-83 (sept.-okt. 1972).

- [3] D.J. Bartholomew: Stochastic models for social processes (2<sup>nd</sup> edition), John Wiley & Sons (1973).
- [4] D.J. Clough, C.C. Lewis and A.L. Oliver ed.: Manpower planning models, English University Press (1974).
- [5] J.L.G. Havet: Het personeelsplanningsproces, *Personeelbeleid* 11, no. 2, pag. 66-70 (1975).
- [6] J.L.G. Havet: Methoden en technieken voor het voorspellen van de toekomstige personeelsbehoeften, *Personeelbeleid* 11, no. 3, pag. 136-143 (1975).
- [7] J.L.G. Havet: Een analyse van de interne arbeidsmarkt met behulp van het Markov-model 1, *Personeelbeleid* 11, no. 4, pag. 203-209 (1975).
- [8] J.L.G. Havet: Een analyse van de interne arbeidsmarkt met behulp van het Markov-model 2, *Personeelbeleid* 11, no. 6, pag. 254-259 (1975).
- [9] J. Wessels en J.A.E.E. van Nunen: FORMASY, FOREcasting and REcruitment in MANpower SYStems, *Statistica Neerlandica* 30, no. 4, pag. 173-193 (1976).