

# Stedelijke modelbouw: remmende voorsprong?

PROF. DR. P. NIJKAMP – DRS. J. ROUWENDAL\*

**Net als andere steden ter wereld kennen ook de Nederlandse steden veel problemen, onder meer op het gebied van de huisvesting, de verkeersinfrastructuur, de werkgelegenheid, de sociale structuur, de beschikbare ruimte e.d. Steden blijken nogal fragiele organismen te zijn, die sterk gevoelig zijn voor externe verstoringen en ruwe beleidsingrepen. Daarom is in het afgelopen decennium in verschillende Nederlandse steden of stedelijke gebieden de behoefte opgekomen om de effecten van bepaalde externe ontwikkelingen beter te kunnen traceren en na te gaan hoe daar met het stedelijke beleid op kan worden ingespeeld. Stedelijke economische modellen kunnen daarbij een hulpmiddel vormen. In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste stedelijke modellen die in de afgelopen tien jaar zijn ontwikkeld en toegepast. De auteur constateert dat de bruikbaarheid van de meeste stedelijke modellen nog tamelijk beperkt is. Er is wel vooruitgang geboekt bij het in kaart brengen van onderdelen van het stedelijke systeem, maar dit heeft nog niet geleid tot een integrale visie op de stedelijke ontwikkeling.**

## Inleiding

Bijna tien jaar geleden verscheen in *ESB* een artikel waarin aandacht werd besteed aan het gebruik van modellen in de Nederlandse stedelijke en regionale planning 1). In genoemd artikel werden een aantal in de praktijk gehanteerde technieken en modellen behandeld, zoals input-output-modellen, simulatiemodellen, ruimtelijke interactiemodellen en lineaire-programmeringsmodellen. De auteurs van dit artikel kwamen tot de conclusie dat veel modellen nog niet het stadium van volwassenheid hadden bereikt en dat veel modelresultaten teleurstellend waren, mede door technische, methodologische, sociale en organisatorische knelpunten.

Inmiddels zijn we bijna een decennium verder en dringt zich opnieuw de vraag op of er in de afgelopen periode wezenlijke vooruitgang is geboekt. Het kan niet ontkend worden dat een modelmatige benadering van allerhande complexe regionale en stedelijke verschijnselen een hoge vlucht heeft genomen. Zo blijkt uit een recent verricht internationaal vergelijkend onderzoek naar het gebruik van interregionale modellen dat er – over de gehele wereld genomen – zeker 50 operationele, complete en praktisch bruikbare multi-regionale modellen bestaan 2). Sommige van deze modellen zijn zeer omvangrijk en gebaseerd op geavanceerde econometrische en statistische methoden. Er zij hier aan toegevoegd dat 4 van deze 50 modellen uit Nederland afkomstig zijn en dat deze Nederlandse modellen bij een internationale vergelijking kwalitatief goed scoren.

Ook op andere terreinen blijkt Nederland een redelijke modelbouwtraditie te hebben opgebouwd. Uit een ander internationaal vergelijkend onderzoek naar het gebruik van geïntegreerde economie-milieu-modellen blijkt bijvoorbeeld dat uit een vrij complete en representatieve steekproef van honderd van zulke modellen er zes in Nederland zijn ontwikkeld 3). Ogenscheinlijk is er dus weinig reden voor pessimisme ten aanzien van de „state of the art” op het terrein van ruimtelijk-economische modelbouw en -toepassing.

Toch is het zinvol het gehalte en het gebruik van planningmodellen eens nader en kritisch onder de loep te nemen. Daartoe zal in het kader van dit artikel slechts een beperkte verzameling mo-

dellen in ogenschouw worden genomen, nl. de in Nederland ontwikkelde en toegepaste *stedelijke* modellen. In het bijzonder zal hierbij aandacht worden gevraagd voor de structuur van deze modellen en de wijze waarop sleutelfactoren (zoals technologische ontwikkelingen of beleidsinstrumenten) in de praktijk van het modelgebruik een rol spelen 4).

## Stedelijke modellen: prelude

Stedelijke modellen dienen om de complexe interacties en beïnvloedingsprocessen in het stedelijk gebeuren op systematische wijze zichtbaar te maken. Sinds Lowry 5) ongeveer twintig jaar geleden een eenvoudig model voor een metropool ontwikkelde is er een enorme belangstelling gegroeid voor het modelleren van stedelijke ontwikkelingen. Door gebrek aan gegevens bleek echter een operationalisering van zulke modellen uitermate moeilijk, zodat veelvuldig overgestapt moest worden op simulatie-experimenten. Met name sinds het gebruik van de „systems dynamics”-benadering hebben simulatiemodellen aan populari-

\* Resp. hoogleraar ruimtelijke economie en wetenschappelijk medewerker aan de Economische Faculteit van de Vrije Universiteit.

1) H. Beke-Vogelaar, K. Clement, N. de Groot en R. Maas, Modellen in de Nederlandse stedelijke en regionale planningpraktijk, *ESB*, 26 maart 1975, blz. 292-295.

2) Zie voor een uitgebreide beschrijving: B. Issaev, P. Nijkamp, P. Rietveld en F. Snickars (red.), *Multiregional economic modelling: practice and prospect*, North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1982.

3) Zie voor meer details L.C. Braat en W.F.J. van Lierop (red.), *Economic-ecological modelling*, North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1985 (te verschijnen).

4) Veel materiaal uit het onderhavige artikel is het resultaat van het onderzoekproject „Kwalitatieve analyse van sleutelfactoren van stedelijke ontwikkelingsprocessen”. Details hiervan zijn te vinden in een gelijknamige publikatie van J. Rouwendal, die als discussienota onderzoek 1984-5 (Economische Faculteit Vrije Universiteit) is verschenen.

5) Zie I.S. Lowry, *A model of Metropolis*, Rand Corporation, Santa Monica (Cal.), RM-4035, 1964.

teit gewonnen 6), vooral omdat bij zulke modellen de lastige empirie iets minder relevant was, terwijl via herhaalde simulaties wel een redelijk inzicht kon worden verkregen in stedelijke ontwikkelingsprocessen en in -beleidseffecten 7). Het empirisch gehalte van deze modellen was echter vaak beneden de maat, zij het dat een analyse van de formele structuur van dit soort modellen wel inzicht kon opleveren in de causaliteitspatronen van stedelijke systeemmodellen 8).

Het is met name Lee 9) geweest die in zijn bekende artikel „Requiem for large-scale models” een flinke dosis kritiek heeft uitgesproken over het gebruik van grote stedelijke systeemmodellen, die het werkelijk inzicht eerder versluierten dan bevorderden en die voor het stedelijk beleid weinig zinvol waren.

In de jaren zeventig werd de praktijk van stedelijke modelbouw in toenemende mate gebaseerd op een combinatie van empirisch ingevulde en op simulatie berustende modellen. Ondanks grote problemen op het terrein van de dataverwerking is men er in deze jaren toch vrij aardig in geslaagd operationele stedelijke modellen te ontwikkelen, sommige partieel van aard (b.v. stedelijke woningmarkt, stedelijk verkeer en vervoer), sommige meer geïntegreerd van aard (met verschillende modules).

Ook in Nederland is in de afgelopen tien jaar veel baanbrekend werk verzet op het terrein van stedelijk-economische modellering. Het vervolg van dit artikel zal dan ook met name gericht zijn op een bespreking van de resultaten die in dit opzicht bereikt zijn.

### Stedelijke modellen in Nederland

Net als andere steden ter wereld, kennen ook de Nederlandse steden verschillende problemen: discrepanties op de woningmarkt, een overdosis aan verkeersaanbod, werkloosheid, fricties in de winkelvoorzieningen enz. Steden blijken nogal fragiele organismen te zijn die zeer gevoelig zijn voor exogene verstoringen en ruwe beleidsingrepen. Daarom is in het afgelopen decennium in verschillende Nederlandse steden of stedelijke gebieden de behoefte ontstaan de effecten van externe omstandigheden en van stedelijk beleid beter te kunnen traceren. Verschillende van deze modellen zijn momenteel operationeel (of in het recente verleden operationeel geweest) en het is interessant de ervaringen hiermee onder de loep te nemen.

Daartoe is in eerste instantie een inventarisatie van Nederlandse stedelijke modellen gemaakt, met dien verstande dat het modellen moest betreffen die in de (vak)literatuur gepubliceerd waren en waarvan een volledige beschrijving beschikbaar was. Theoretische of nooit toegepaste modellen (b.v. modellen in een experimenteerfase) vielen eveneens af, alsmede modellen die wel toegepast zijn maar die een vrijwel letterlijke herhaling zijn van een reeds eerder gebruikt model (dit laatste kwam bij distributieplanologische en verkeersmodellen nogal eens voor). Na een screening van de modellen resteerden er nog vijftien die voor nader onderzoek in aanmerking kwamen 10) (zie tabel).

Integrale stedelijke modellen blijken een uitzondering te zijn: de meeste modellen zijn beperkt van aard en richten zich op één stedelijk probleemveld. Het blijkt dat verkeersmodellen veruit in de meerderheid zijn (1, 3, 7, 8, 9, 15). Dit zijn modellen die zich specifiek richten op verkeers- en vervoersstromen in en rond een stedelijke agglomeratie, waarbij zowel de omvang van interacties als de vervoerswijze aan de orde komen. Daarnaast zijn er ook verschillende woningmarkt- en winkelmodellen (6, 12, 13 resp. 10, 11). Er zijn twee modellen die een min of meer integraal karakter hebben (2, 5), terwijl er ook nog twee „overloop”-modellen zijn (4, 14).

De hierboven uiteengezette selectieprocedure heeft tot gevolg dat de geselecteerde modellen vooral de geavanceerde en recentste typen bevatten. Daarover wordt immers gepubliceerd in de vaktijdschriften en symposiaverslagen. Ook het feit dat een viertal modellen als proefschrift werd gepubliceerd wijst in deze richting. De vijftien modellen uit tabel 1 vormen daarom hoogstwaarschijnlijk niet een volledig representatief overzicht van het gebruik van kwantitatieve technieken bij regionale overheden en ruimtelijke ordenaars, maar veeleer van de nieuwe ontwikkelingen die daarin de afgelopen tien jaar zijn opgetreden. Dientenge-

volge zullen deze modellen niet voor alle (potentiële) gebruikers van belang zijn geweest.

In de praktijk van de beleidsvoorbereiding wordt veelal met eenvoudiger methoden gewerkt. De theoretische basis daarvan is doorgaans zwakker, maar daar staat tegenover dat deze technieken vaak meer op de praktijk zijn toegesneden, in die zin dat de benodigde cijfers gemakkelijker beschikbaar zijn. De betiteling „vuistregels” (of soms zelfs „natte-vingermethoden”) lijkt in deze gevallen meer van toepassing dan „model”.

Anderzijds dient men zich echter ook te realiseren dat de praktische bruikbaarheid van de geavanceerde modellen zwaar kan tegenvallen en dat de toepassing van onvoldoende getoetste theorieën en modellen tot slechtere resultaten kan leiden dan gebruik van op de praktijk gebaseerde vuistregels.

De hier geselecteerde vijftien modellen zijn alle operationeel in die zin dat ze ten minste éénmaal zijn toegepast in een praktische situatie met behulp van empirische gegevens. Dat betekent echter niet dat iedere instantie die dat wenst het voor haar van belang zijnde model tegen geringe kosten kan toepassen in de eigen specifieke situatie. Verkeers- en winkelmodellen bij voorbeeld vereisen een groot aantal gegevens omtrent interactiestromen en -motieven in verband met de schatting van parameters. Uitvoering van enquêtes is echter een kostbare zaak die veel potentiële gebruikers (b.v. middelgrote gemeenten) van constructie van zo'n model kan doen afzien. Wanneer een dergelijk model eenmaal beschikbaar is, brengt de toepassing in nieuwe concrete situaties soms nog hoge kosten met zich mee.

Desalniettemin heeft een hoorlijk aantal instanties in de afgelopen tien à vijftien jaar opdracht gegeven tot de ontwikkeling of toepassing van een model om bepaalde stedelijke problemen beter te kunnen analyseren. Dat duidt op een zeker vertrouwen in de resultaten die met dergelijke modellen kunnen worden bereikt, al was het alleen maar om via wetenschappelijke analyses een aantal te nemen maatregelen of te maken keuzen in het stedelijk beleid beter te kunnen onderbouwen c.q. rechtvaardigen.

De toegenomen omvang van de stedelijke problemen zal ook een belangrijke factor zijn geweest bij de groeiende belangstelling voor kwantitatieve technieken. De economische stagnatie en de daarmee samenhangende druk op de onderzoeksbudgetten hebben, tenminste in de jaren zeventig, deze ontwikkeling niet kunnen weerhouden.

De laatste jaren lijkt echter een zekere stagnatie op te treden in de ontwikkeling van nieuwe modellen voor stedelijk of stadsgewestelijk beleid. Het distributieplanologisch onderzoek is, na een hausse in de tweede helft van de jaren zeventig, in uitgesproken rustig vaarwater terechtgekomen. Ook het aantal nieuwe verkeersmodellen loopt terug, al zal hierbij de toegenomen bekendheid met de logit-modellen (zo'n tien jaar geleden volop in ontwikkeling en in de belangstelling van veel onderzoekers) een rol spelen. Voor grote modellen lijkt men, mede door de ervaringen met de Midden-Randstadstudie, wat huiverig te zijn geworden.

### Een analyse van sleutelfactoren

Voor een meer inhoudelijke analyse van de bestaande model-

6) Zie J.W. Forrester, *Urban dynamics*, MIT-Press, Cambridge (Mass.), 1969.

7) Overigens zij hier opgemerkt dat een verantwoorde validering van simulatiemodellen geen eenvoudige opgave is. Zo bleek uit een onderzoek met betrekking tot de ontwikkeling van Amsterdam vanaf het jaar 1900 dat de basisveronderstellingen en de theoretisch verwachte modelresultaten van het Forrester-model niet strookten met de feitelijke ontwikkeling van Amsterdam; zie A. Mouwen en P. Nijkamp, *Empirical tests on the relevance of dynamic urban models*, in: *Simulation and modelling, The Instrument Society of America*, Washington, 1985 (te verschijnen).

8) Zie bij voorbeeld: L. Beumer, A. van Gameren, B. van der Hee en J. Paelinck, A study of the formal structure of J.W. Forrester's urban dynamic model, *Urban Studies*, jg. 15, 1978, blz. 167-177.

9) D.B. Lee, Requiem for large-scale models, *Journal of the American Institute of Planners*, jg. 39, nr. 3, 1973, blz. 163-178.

10) Hoewel niet geclaimd kan worden dat deze modellen een uitputtende verzameling vormen, is naar de mening van de auteurs deze set een redelijk representatieve weergave van de Nederlandse stedelijke modellen.

Tabel. Gebruikte stedelijk-economische modellen a)

Omschrijving	Thema	Toepassingsgebied	Gebruikte modeltechniek	Behandeling sleutelfactoren								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Modal-split model, De Donnea (1970)	Modal split	Amsterdam Rotterdam	Logit				++					
2. „Planning for Decline“-model, Blokland e.a. (1972)	Attractiviteit voor wonen en werkgelegenheid	Den Haag	Lineaire differentiatie-vgl.	++	++	++	(+) <sup>c</sup>	+				+
3. Verkeersmodel, Richards en Ben-Akiva (1973)	Modal split, winkelverkeer	Eindhoven	Logit	+	+	+	++	+				
4. Midden-Randstad-studie, Buchanan and Partners (1976)	Woonlokatie	Randstad	Graviteitsmodel	++	+			+				
5. CADSS (Concentratiemodel), Van Est (1976/77)	Woonlokatie	Eindhoven	Graviteitsmodel	++	++	++		+				
6. Regionaal lokatiemodel Veldhuisen en Kapoen (1977)	Woonlokatie	Eindhoven	Woonvoorkeuren-onderzoek	++	++	+	(++) <sup>d</sup>	+			++	
7. Verkeersmodel (SIGMO), Diverse instituten (1977)	Verkeer	Amsterdam	Logit	+	+	+	++	+				
8. Verkeersmodel Apeldoorn, Van Essen en Ruijgrok (1979)	Verkeer	Apeldoorn	Logit	+	+	+	++	+				
9. Verkeersmodel (GENMOD) Le Clercq e.a. (1979)	Verkeer	Amsterdam	Logit	+	+	+	++	+				
10. Winkelmodel Verster e.a. (1979)	Winkelgedrag	het Gooi	Logit	+		++						
11. Winkelmodel Veldhuisen en Timmermans (1979)	Winkelgedrag	Eindhoven	Ruimtelijk keuze-model	+		++						
12. Woonallocatiemodel Floor en De Jong (1981)	Woonlokatie	Amersfoort	Entropiemodel	++	+			+				
13. Woningmarktmodel Botan (1981)	Woningmarkt	Eindhoven	Systems-dynamics	++	++	+		++			++	
14. Woon-werkmodel Verster (1982)	Interactie woon- en werklokatie	West Nederland	Entropie, components of change	++	++		++	+			+	
15. Zuidvleugelstudie Dienst Verkeerskunde Rijkswaterstaat (1982/1983)	Verkeer	Zuidvleugel Randstad	Logit	+	+	+	++	+				

a) Zie voor volledige literatuurverwijzingen de Appendix.

b) Bij de nummers horen de sleutelfactoren:

1: omvang en spreiding woonmogelijkheden;

2: omvang en spreiding werkgelegenheid;

3: omvang en spreiding voorzieningen;

4: verkeer;

5: overheid;

6: inkomen;

7: demografie;

8: technologie.

c) Het model bepaalt de omvang van de pendel.

d) Een verkeersmodel is in een appendix van de daarop betrekking hebbende publikatie opgenomen.

len is het met name van belang zicht te krijgen op de drijfveren van stedelijke dynamiek (de z.g. sleutelfactoren), zoals die in de genoemde modellen zijn opgenomen. In het kader van dit artikel is een uitgebreide beschrijving van elk van deze modellen onmogelijk. Daarom zal hier met een korte beschrijving volstaan worden, zij het dat eerst een nadere omschrijving van stedelijke sleutelfactoren zal worden gegeven.

In een recent verschenen publikatie 11) wordt door Van den Berg e.a. aangenomen dat veranderingen in de spreiding van de bevolking samenhangen met veranderingen in de welvaart, i.e. het nutsniveau dat per lokatie kan worden bereikt. Is dit niveau in de stad het hoogst, dan zal urbanisatie optreden; als de buitenwijken aantrekkelijker worden, treedt suburbanisatie op en als het leefklimaat in de gehele agglomeratie achteruitgaat, kan desurbanisatie verwacht worden. De auteurs nemen daarbij aan dat

de ervaren welvaart voornamelijk wordt bepaald door een drietal potentialen, die betrekking hebben op wonen, werken en voorzieningen. Veranderingen in de bevolkingsomvang zijn naar hun mening verbonden met veranderingen in deze drie potentialen. Deze theorie wordt door hen niet getoetst, maar dient voornamelijk als motivering van hun keuze van de bevolkingsomvang als indicator voor het wel en wee van de stad.

Wij zullen in het navolgende de suggestie van de auteurs volgen en als sleutelfactoren voor de stedelijke ontwikkeling beschouwen:

11) L. van den Berg, R. Drewett, L.H. Klaassen, A. Rossi en C.H.T. Vijverberg (red.), *Urban Europe; a study of growth and decline*, Pergamon, Oxford, 1982.

1. de omvang en spreiding van de woonvoorzieningen;
2. de omvang en spreiding van de werkgelegenheid;
3. de omvang en de spreiding van de overige voorzieningen (zowel commerciële als niet-commerciële).

Naast deze drie factoren speelt ook hun onderlinge bereikbaarheid een rol. Een hoog voorzieningenniveau bij voorbeeld is iemand minder waard wanneer het vanuit zijn woning slecht bereikbaar is. Dit verschijnsel speelt wel een rol bij de definitie van de potentiaal, maar niet in de drie bovenstaande omschrijvingen. Als vierde sleutfactor lijkt ons daarom van belang:

4. kwaliteit van de verkeersinfrastructuur en de omvang van de verkeersstromen.

Naast deze vier is opname van het overheidsbeleid zinvol. De invloed van zowel gemeentelijke als landelijke beleidsmaatregelen op het reilen en zeilen van steden lijkt dermate groot dat inderdaad van een belangrijke kracht achter de stedelijke ontwikkeling kan worden gesproken. Als vijfde sleutfactor nemen we dus op:

5. het overheidsbeleid.

Verder lijkt het algemene welvaartspeil, zoals dat tot uiting komt in bij voorbeeld het inkomen per hoofd van de bevolking, een belangrijke factor:

6. het algemene welvaartspeil

De ontwikkeling van het inkomen per hoofd is eerder een algemeen maatschappelijk proces dan dat het specifiek betrekking heeft op steden. In de WRR-studie *Greep op de stad?* definiëren Lambooy e.a. 12) het begrip sleutfactoren ook als zodanig. Naast het inkomen worden door deze auteurs ook nog genoemd:

7. de demografische ontwikkeling;
8. de technologische ontwikkeling.

De laatste aanduiding komt niet geheel overeen met die van de genoemde auteurs: zij spreken van de economisch-technologische ontwikkeling. Omdat hier als zesde sleutfactor al het algemene welvaartspeil werd opgenomen, wordt bij de achtste de nadruk gelegd op de technologische ontwikkeling. Verder spreken Lambooy e.a. nog van de institutionele structuur als sleutfactor. Voor een deel komt deze tot uiting in het overheidsbeleid (de vijfde sleutfactor). Verdere opname van deze factor is hier achterwege gelaten.

Hoewel men kan twisten over de exacte formulering lijkt het redelijk aan te nemen dat de stedelijke ontwikkeling goeddeels wordt bepaald door de bovengenoemde acht factoren, die daarom als sleutfactoren kunnen worden aangemerkt. Men kan dan ook met enige reden aannemen dat kennis van en inzicht in deze factoren van groot belang zijn om de stedelijke ontwikkeling te kunnen begrijpen en eventueel bij te sturen.

#### Sleutfactoren in Nederlandse stedelijk-economische modellen

In de tabel is aangegeven welke sleutfactoren voorkomen in de veertien hierboven besproken modellen. De gebruikte symbolen hebben de volgende betekenis:

- (blanco) : (vrijwel) geen raakvlakken met deze sleutfactor;  
 (+) : alleen op indirecte wijze verband;  
 + : de sleutfactor is opgenomen als exogene in het model;  
 ++ : behandeling van de sleutfactor binnen het model;  
 +++ : uitgebreide behandeling van de sleutfactor.

Ook bij deze classificatie valt per geval te twisten over de juiste indeling, maar de tabel geeft niettemin een bruikbare indicatie van de inhoud van de verschillende modellen.

Opvallend is de studie van Veldhuisen en Kapoen die de meeste plusjes verzamelt. Ook het NEI-model voor Den Haag en de CADSS-studie bestrijken een breed veld. Veel beperkter dan deze integrale modellen zijn de verkeers- en winkelmodellen. In de tabel is ook aangegeven op welk gebied de modellen zijn toege-

past. Daarbij blijkt dat de Eindhovense regio een geliefd studiegebied is. Op de tweede plaats komt Amsterdam. Utrecht blijkt, als enige van de vier grootste steden, niet éénmaal voor te komen; Rotterdam, evenals Den Haag, slechts één keer.

Van de gebruikte modeltechnieken blijkt het logit-model verreweg het populairst, voornamelijk door de vele toepassingen ervan in verkeerstudies. Op de tweede plaats komt de „sociale fysica” van de graviteits- en entropiemodellen. Als derde techniek komt de „systems-dynamics”-methode van Forrester voor. Ten slotte gebruiken Veldhuisen en Timmermans in hun studie naar het winkelgedrag een afwijkende techniek die hier aangeduid is als „revealed preference”, en wordt in het proefschrift van Veldhuisen en Kapoen eveneens een minder geijkte methode (woonvoorkeurenonderzoek) toegepast.

Een groot deel van de modellen is ontwikkeld in opdracht van een overheidsinstantie. In een aantal gevallen bleef die toepassing niet beperkt tot de in de tabel vermelde gebieden. Het „planning for decline”-model werd voor de gemeente Den Haag ontwikkeld op het NEI. Het verkeersmodel van Richards en Ben Akiva werd bij Cambridge Systematics geconstrueerd in opdracht van het Projectbureau voor Integrale Verkeers- en Vervoersstudies. Dat zelfde bureau speelde ook een belangrijke rol bij de tot standkoming van de SIGMO-studie voor de Amsterdamse regio en bij de ontwikkeling van Versters model voor woon- en werklokaties. Cambridge Systematics komen we als modelbouwer weer tegen bij de Zuidvleugelstudie, die in samenwerking met de Dienst Verkeerkunde van Rijkswaterstaat werd uitgevoerd. De gemeente Apeldoorn liet door onderzoekers van TNO een verkeersstudie uitvoeren; de gemeente Amsterdam ontwikkelde in eigen beheer het GENMOD. Ook andere gemeenten hebben, op doorgaans veel bescheidener schaal, onderzoek laten verrichten naar het stedelijke verkeer. Een van de meer uitgebreide studies werd door bureau Goudappel-Coffeng voor de gemeente Tilburg verricht. (Vanwege sterke gelijkenis met wel opgenomen modellen is deze studie, net als andere hier niet met name genoemde, buiten beschouwing gebleven.)

Ook voor winkelmodellen geldt dat veel meer onderzoek is verricht dan uit de tabel blijkt. Zo is het door Verster e.a. ontwikkelde model ook toegepast in Rotterdam-Oost en een deel van de Limburgse mijnstreek. Andere dan in de tabel opgenomen winkelmodellen werden ontwikkeld door (of in opdracht van) het Economisch Instituut voor het Midden- en Kleinbedrijf (EIM) en door het Centraal Instituut voor Midden- en Kleinbedrijf (CIMK). Over de gebruikte modellen is echter niet veel documentatie beschikbaar. Het model van het CIMK is een graviteitsmodel.

De woningmarktmodellen zijn wat minder in trek geweest bij beleidsvoerende instanties. Alleen van Botmans model is bekend dat het in een beleidsrelevant kader werd toegepast voor Twente. Timmermans heeft zich – al dan niet in samenwerking met Veldhuisen – uitgebreid beziggehouden met mathematische modellen voor winkelgedrag. Deze onderzoekingen dragen voor het merendeel een exploratief karakter en kunnen daarom niet tot de standaardtechnieken worden gerekend.

Na deze eerste en globale kennismaking met de in Nederland ontwikkelde modellen zal in de hiernavolgende paragrafen een beknopte bespreking van enige klassen van modellen en van de plaats van de verschillende sleutfactoren daarin plaatsvinden.

#### Verkeers- en winkelmodellen

Om de nu volgende, nadere bespreking van de vijftien modellen enigszins overzichtelijk te houden wordt gewerkt met een classificatie in drie min of meer homogene groepen. In deze paragraaf komen de verkeers- en winkelmodellen aan de orde. De volgende heeft betrekking op de woningmarkt- en „overloop”-modellen en ten slotte komen de integrale modellen aan de orde.

De verkeersmodellen (de nrs. 1, 3, 7, 8, 9 en 15 uit de tabel) passen alle binnen dezelfde algemene structuur, al komt deze niet in elk van de modellen volledig aan de orde. Startpunt wordt

12) J.G. Lambooy, P.C.M. Huigslot en R.E. van de Lustgraaf, *Greep op de stad*, WRR, Staatsuitgeverij, Den Haag, 1982.

gevormd door een onderverdeling van het stedelijke gebied in zones. Per zone wordt het aantal daar startende trips bepaald. Dit totale aantal verplaatsingen vanuit de zone wordt vervolgens verdeeld over de verschillende bestemmingen. Daarna vindt een verdeling plaats over de verschillende vervoerwijzen (auto, openbaar vervoer, fiets, enz.). Verschillende vormen van verkeer (woon-werk-, winkel-, sociaal verkeer) kunnen binnen deze structuur gevangen worden. In de loop der jaren valt een toename van het aantal door de modellen bestreken aspecten van het stedelijke verkeer te constateren: had het model van De Donnea alleen nog betrekking op de keuze van de vervoerwijze bij woon-werkverkeer, in de recentste studie worden zowel omvang, oorsprong en bestemming en gekozen vervoerwijze verklaard van woon-werk-, winkel- en sociaal verkeer. In de Apeldoornse studie wordt ook het woon-schoolverkeer van middelbare scholieren behandeld. De modellering van „multi-purpose“-trips blijft tot nu toe problemen opleveren, al zijn ook in dit opzicht wel verschillende pogingen ondernomen. Aan het zakelijke verkeer heeft men zich tot op heden nauwelijks gewaagd.

De winkelmodellen (10 en 11 uit de tabel) 13) passen ook binnen de bovenomschreven algemene structuur omdat zij zich doorgaans concentreren op de aantallen interacties tussen de verschillende woon- en winkelzones. De gebruikte technieken komen dan ook vaak overeen (Verster e.a. gebruiken bij voorbeeld logit, de populairste techniek bij verkeersmodellen). Men concentreert zich aldus voornamelijk op het woon-winkelverkeer en relateert de koopkrachtstromen aan de aantallen interacties. Voor zover de verkeersmodellen dus aandacht besteden aan het woon-winkelverkeer bevatten zij een nagenoeg compleet winkelmodel. De reden van de grote aandacht voor het aantal woon-winkelinteracties wordt gedeeltelijk verklaard door de moeilijkheid om gegevens te krijgen over bestedingen per winkelgebied. Het aantal interacties vanuit een bepaalde zone wordt, afhankelijk van het motief, doorgaans gerelateerd aan het aantal werkers per zone (woon-werkverkeer), het totale aantal inwoners (sociaal verkeer) of het aantal leerplichtigen (woon-schoolverkeer). Afhankelijk van de beschikbaarheid van gegevens en de inventiviteit van de onderzoekers kunnen meer of minder ingenieuze relaties gepostuleerd worden ter verklaring van het aantal uitgaande verplaatsingen.

De verdeling over de bestemmingszone's vindt doorgaans plaats met behulp van attractiviteitsvariabelen. Soms ligt de keuze van zo'n variabele voor de hand: voor het woon-werkverkeer werkt men met het aantal arbeidsplaatsen per zone. In andere gevallen is de keuze meer problematisch. Bij sociaal verkeer werkt men doorgaans met de bevolkingsomvang, bij winkelverkeer met het vloeroppervlak, soms in combinatie met een indicator voor de parkeermogelijkheden. In winkelmodellen besteedt men uiteraard veel aandacht aan de specificatie van deze variabele. In het model van Verster e.a., wordt bij voorbeeld ook rekening gehouden met de aanwezigheid van een „trekker“ in de vorm van een groot warenhuis. Timmermans en Veldhuis stellen zich op het standpunt dat de attractiviteit van een winkelcentrum eerst moet worden gemeten, en pas daarna verklaard met behulp van vloeroppervlak, parkeermogelijkheden enz. Zij doen een niet onverdienstelijke poging in deze richting.

Behalve over de bestemmingszone's moet het aantal uitgaande trips ook worden verdeeld over de verschillende vervoerwijzen. Daarbij speelt met name de reistijd (zowel „in vehicle“ als de voor- en natransporttijd) een belangrijke rol. Verder blijkt de beschikbaarheid van een auto van groot belang te zijn. Ook in dit opzicht zien we in de loop van de tijd een verschuiving in de richting van geavanceerdere formuleringen 14).

Samenvattend kan worden gesteld dat de verkeersmodellen in de jaren zeventig sterk in de belangstelling hebben gestaan en dat zowel in theoretisch als in praktisch opzicht duidelijke vorderingen zijn gemaakt. De laatste jaren echter lijkt de belangstelling voor dergelijke studies wat te verflauwen. Het is niet duidelijk of hier de economische stagnatie (verminderde onderzoeksbudgetten), al dan niet gecombineerd met een zekere onderzoeksmoeheid, voor aansprakelijk moet worden gesteld, of dat de oorzaak ligt in een wellicht tegenvallende praktische bruikbaarheid van de modellen.

## De woningmarkt

De modellen die specifiek op de woningmarkt betrekking hebben, vertonen een veel minder homogeen beeld dan de verkeers- en winkelmodellen. Het model van Veldhuis en Kapoen heeft de woningmarkt als centraal thema, maar besteedt daarnaast veel aandacht aan werkgelegenheid en bevolkingsontwikkeling. Hetzelfde geldt voor het model van Botman, zodat beide modellen eigenlijk meer een integraal karakter hebben. Overigens verschilt de behandeling van de woningmarkt nogal in beide studies. Veldhuis en Kapoen concentreren zich op de verspreiding van de bevolking binnen de stad en richten zich vooral op de vraagzijde. Zij gaan er daarbij van uit dat het, vanwege allerlei fricties en onvolkomenheden, niet goed mogelijk is de woonvoorkeuren van huishouders uit het waargenomen gedrag af te leiden. In plaats daarvan wordt met een woonvoorkeurenonderzoek gewerkt waarbij de preferenties van huishouders door middel van een enquête bepaald worden.

Botman richt zich meer op de aanbodzijde van de woningmarkt. Leefstijdsopbouw en kwaliteit van de woningvoorraad zijn bij hem belangrijke variabelen, terwijl zijn model expliciet rekening houdt met de tijd die verloopt eer een door de overheid gestart woningbouwbeleid ook daadwerkelijk invloed heeft op de woningvoorraad. De gebruikte methodiek is Forresters „system dynamics“.

Omdat zowel Veldhuis en Kapoen als Botman voorspellingen wilden maken hadden zij behoefte aan prognoses voor de ontwikkeling van de bevolking en van de werkgelegenheid. Beiden voorzagen hierin door hun basismodel uit te breiden met een demografisch blok en een werkgelegenheidsblok. Het eerste kreeg bij beiden de vorm van een „cohort-survival“-model. Voor het tweede gebruikten beiden extrapolatie-technieken, waarbij Botman rekening hield met de invloed van stedelijk beleid.

De benadering van Floor en De Jong is veel meer partieel van aard dan die van bovengenoemde auteurs. Uitgaande van de (als exogeen beschouwde) lokaties van arbeidsplaatsen proberen Floor en De Jong de woonlokaties van de werkenden binnen hun studiegebied te verklaren. De daarbij gebruikte techniek is die van entropiemaximalisatie. Zij ontwerpen verschillende varianten van hun model waarin rekening kan worden gehouden met het open karakter van het studiegebied en met het bestaan van verschillende deelmarkten.

Opmerkelijk is dat in de bovengenoemde modellen nauwelijks expliciet aandacht wordt geschonken aan het suburbanisatieverschijnsel. Dat gebeurt wel in twee modellen die zich specifiek op het „overloop“-verschijnsel richten (4 en 14 uit de tabel). De Midden-Randstadstudie is vooral opgezet uit zorg voor het „groene hart“. Door middel van een modellenstudie hoopte men meer inzicht te krijgen in de eventuele verenigbaarheid van een uitbreiding van de woonfunctie met het blijven bestaan van een open ruimte. De lokatie van de arbeidsplaatsen werd als exogeen beschouwd en uitgaande daarvan probeerde men met een zwaartekrachtmodel de vraag naar woningen per zone te bepalen. Het aanbod van woningen werd met een lineair programmeringsmodel benaderd, waarna een iteratieve procedure zorgde voor gelijkheid tussen vraag en aanbod. De gevolgde werkwijze voldeed niet goed en ontmoette kritiek van onder meer van Van Staalduine 15).

De Midden-Randstadstudie voldeed dus niet aan alle verwachtingen en dit is waarschijnlijk één van de oorzaken van de

13) De opname van slechts twee winkelmodellen doet eigenlijk geen recht aan de grote hoeveelheid distributieplanologisch onderzoek die de afgelopen jaren in Nederland is uitgevoerd. De voorwaarde dat de modellen gepubliceerd moesten zijn reduceert hun aantal echter drastisch. Verder komt het nogal eens voor dat hetzelfde model in verschillende onderzoeken wordt gebruikt.

14) Zie C.J. Ruijgrok en H.E.R. Meijer, A car availability model: development and application, in: G.R.M. Jansen e.a. (red.), *New developments in modelling travel demand and urban systems*, Saxon House, Westmead, 1979, hfst. 5, of deelrapport 9 van de Zuidvleugelstudie, *Models for car ownership and license holding* (door J. Geinzer en A. Daly).

15) J.A. van Staalduine, *Woonallocatiemodellen, ervaringen en mogelijkheden*, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1978.

sindsdien verminderde belangstelling van de overheid voor modelmatige studies over ruimtelijke aspecten van de woningmarkt. De drie hiervoor genoemde studies zijn dan ook overwegend als academische proefschriften tot stand gekomen en niet als resultaat van onderzoek in opdracht van een beleidsinstantie.

Recent is echter door Verster een model ontwikkeld dat betrekking heeft op de woon- en werklocaties van werkenden en deze simultaan verklaart. Het model is tot stand gekomen vanuit de analyse van woon-werkverkeer (pendelstromen in de Noordvleugel van de Randstad), maar lijkt goede aanknopingspunten te bieden voor verdere analyse van het suburbanisatieverschijnsel.

### Integrale modellen

We hebben nog twee modellen overgehouden (de nummers 2 en 5 uit de tabel) die overeenstemmen in hun streven een vereenvoudigd beeld te geven van de integrale stedelijke ontwikkeling. Het „Planning for decline”-model heeft betrekking op Den Haag en probeert de ontwikkeling van die stad in grote lijnen te beschrijven. Het model is min of meer gebaseerd op de „system-dynamics”-methode van Forrester en vormt onderdeel van een grootscheepse studie naar de ontwikkeling van de Haagse agglomeratie. De attractiviteit van de stad als woongebied en als vestigingsplaats voor bedrijven en instellingen staat centraal in het model. Van belang hiervoor zijn onder meer de toestand op de woningmarkt en die op de arbeidsmarkt. Het model wordt gebruikt om verschillende scenario's voor de ontwikkeling van de stad door te rekenen. Daarbij bleek dat onwaarschijnlijke waarden voor sommige variabelen niet te vermijden waren. De praktische waarde van het model is mede hierdoor betrekkelijk klein en het kan niet zonder meer gezien worden als een operationeel instrument ter ondersteuning van het stedelijk beleid.

Het CADSS-model heeft als basis het door Lowry ontwikkelde model voor een metropool. Om het bruikbaar te maken voor de Nederlandse situatie moesten echter verschillende aanpassingen worden doorgevoerd. De voornaamste hiervan is dat in de CADSS-versie expliciet rekening wordt gehouden met het ruimtelijke-ordeningsbeleid, dat in de Amerikaanse situatie nauwelijks van belang is. Het lag in de bedoeling in een vervolgfase een gedesaggregeerde versie van het model te ontwerpen, maar de opdrachtgever (de RPD) zag hiervan af. De slechte ervaringen met de Midden-Randstadstudie en de inmiddels (onder invloed van Lee's eerder genoemde artikel) gerezen scepsis ten aanzien van grote stedelijke modellen zullen daarbij ongetwijfeld een rol hebben gespeeld.

Uit het bovenstaande kan worden opgemaakt dat in Nederland nauwelijks ervaring is opgedaan met integrale stedelijke modellen. Weliswaar bestrijken ook de modellen van Veldhuisen en Kapoen en Botman een breed veld, maar het zwaartepunt blijft toch liggen op de woningmarkt.

Gezien de in het buitenland gerezen twijfels over de bruikbaarheid van grote modellen hoeft onze beperkte ervaring niet al te dramatisch opgevat te worden. Niettemin blijft het zowel vanuit wetenschappelijk oogpunt als voor de onderbouwing van het beleid van groot belang om een samenhangend beeld te hebben van de stedelijke ontwikkeling op wat langere termijn. In dat opzicht is het zeker als een gemis dat niet over een model beschikt wordt dat zulk inzicht kan leveren.

### Sleutelfactoren in stedelijk-economische modellen: evaluatie

Aan het einde gekomen van onze (korte) bespreking van Nederlandse stedelijke modellen worden we geconfronteerd met de vraag of alle verrichte inspanningen de moeite waard zijn gebleken. Is door deze modellen ons inzicht in het functioneren van stedelijke systemen toegenomen? Het is niet eenvoudig deze vraag afdoende te beantwoorden en we stellen ons in deze paragraaf dan ook tevreden met enkele indicaties. Zo doet het feit dat de meeste modellen partieel van opzet zijn vermoeden dat het nog steeds ontbreekt aan operationeel inzicht in de samenhang van het stedelijk systeem. Dit vermoeden wordt nog versterkt door het geringe succes van de weinige wel integraal bedoelde

modellen. Gezien de gevaren die een partiële aanpak in zich kan bergen is dat teleurstellend. Een andere indicatie van de bruikbaarheid van deze modellen kan worden verkregen door na te gaan in hoeverre de hiervoor genoemde sleutelfactoren van stedelijke dynamiek en de verbanden daartussen in de modellen aan de orde komen. We zullen daarbij dezelfde volgorde aanhouden als hiervoor werd gebruikt en beginnen dus met de woonfunctie van de stad.

Hiervoor bleek reeds dat verschillende modellen aandacht aan de woonfunctie hebben besteed. Ook de relatie tussen bevolkingsopbouw en werkgelegenheid enerzijds en de woonfunctie van de stad anderzijds komt in deze modellen aan de orde, terwijl ook de aandacht voor het overheidsbeleid niet ontbreekt. Onbevredigend is daarentegen de geringe aandacht voor het suburbanisatieverschijnsel, toch een van de belangrijkste recente stedelijke ontwikkelingen. Ook nu de trend wat lijkt omgebogen en er (althans van de zijde van de beleidsmakers) een zekere herwaardering voor de stad waar te nemen valt, is het van groot belang te weten wat de belangrijkste motieven waren voor de trek naar buiten.

Voor de werkfunctie van de stad is in de modellen veel meer aandacht. Alleen in het model voor Den Haag staat de bedrijvigheid (samen met de woonfunctie) centraal. In enkele woningmarktmodellen wordt wel vrij uitgebreid aandacht besteed aan de werkgelegenheid, maar de behandeling hiervan blijft ondergeschikt aan het centrale thema. Modellen die specifiek betrekking hebben op de stedelijke arbeidsmarkt werden niet ontwikkeld. Dit is opmerkelijk aangezien een groot deel van de huidige werkloosheid zich in de steden concentreert en zich daar specifieke problemen kunnen voordoen.

Aan het voorzieningenniveau, de derde sleutelfactor, wordt aandacht besteed in de winkelmodellen. Verder is in de CADSS-studie een poging gedaan ook de niet-commerciële voorzieningen in een model onder te brengen. De modellen hebben een partieel karakter: men beperkt zich tot het alloceren van de gebruikers naar de gegeven aanbodpunten; het aanbod zelf wordt exogeen geacht.

Zoals blijkt uit het grote aantal opgenomen studies werd uitgebreid aandacht besteed aan de rol van het verkeer in het stedelijke systeem. Ook hier valt de partiële aanpak op. Lokaties van bevolking, van arbeidsplaatsen, van voorzieningen worden alle als gegeven aanvaard. Met name wanneer men zich op de wat langere termijn richt (de Zuidvleugelstudie bij voorbeeld noemt 10 à 15 jaar) kan een dergelijke aanpak problematisch worden. Binnen genoemde beperkingen is in de verkeersmodellen grote vooruitgang geboekt in de gebruikte technieken.

Een groot deel van de hier behandelde modellen is tot stand gekomen op initiatief van de overheid en het wekt dan ook geen verbazing dat in vrijwel alle modellen wel op één of andere wijze rekening wordt gehouden met het gevoerde beleid. Verschillende modellen zijn ook daadwerkelijk gebruikt bij de beleidsvoorbereiding. Het partiële karakter van de meeste modellen legt in dezen echter wel beperkingen op.

Het algemene welvaartspeil speelt nauwelijks een expliciete rol in de modellen. Wel wordt in de verkeersmodellen het autobezit van belang geacht, maar de link met het inkomensniveau wordt niet gelegd. In de winkelmodellen wordt nauwelijks aandacht besteed aan de omvang van de bestedingspatronen, men beperkt zich vooral tot de ruimtelijke verdeling ervan. In de woningmarktmodellen wordt nauwelijks ingegaan op het belang van de (huur)prijs van een woning in relatie tot het inkomen van de bewoners. Over het algemeen wordt nauwelijks aandacht besteed aan de economische variabelen bij uitstek: prijzen en inkomens. Ook de hoogte van het stedelijke inkomen speelt in de modellen geen rol. Dat is te betreuren want hierin lijken alarmerende ontwikkelingen plaats te vinden (16).

De demografische ontwikkeling komt in twee woningmarktmodellen vrij uitgebreid aan de orde: beide werken met een „cohort-survival”-model. De laatste door ons onderscheiden sleutelfactor, de technische ontwikkeling, daarentegen speelt in geen enkel model een rol van betekenis. Hiermee hangt het ont-

16) Zie B. Kruijt, De stedelijke inkomensontwikkeling: een benauwend vooruitzicht, *ESB*, 28 september 1983, blz. 856-859.

breken van aandacht samen voor de broedplaatsfunctie die een grote stad kan vervullen bij de totstandkoming van nieuwe, innovatiegerichte werkgelegenheid.

Samenvattend kan worden gesteld dat de aandacht die de verschillende, sleutelfactoren ontvangen, nogal verschilt. Het verkeer wordt in veel modellen behandeld, maar altijd in een partiële aanpak. Ook de woonfunctie van de stad komt goed uit de verf, terwijl rekening wordt gehouden met de verbindingen met werkgelegenheid en demografie. Voor de overige sleutelfactoren is minder belangstelling geweest. Twee daarvan, het algemene welvaartspeil en de technologische ontwikkeling, komen zelfs nauwelijks aan de orde. Voor zover de hier besproken modellen bijdragen aan inzicht in het stedelijk systeem (en het gebruik ervan bij de beleidsvoorbereiding wijst daar duidelijk op!) moet toch geconcludeerd worden dat de vooruitgang zich op bepaalde punten heeft geconcentreerd en (nog) niet geleid heeft tot een integrale visie op de stad.

Bepaalde probleemvelden (suburbanisatie, arbeidsmarkt, inkomensontwikkeling, broedplaatsfunctie) zijn nauwelijks aan de orde gekomen, hoewel het beslist niet de minst belangrijke zijn. Mogelijk speelt echter bij deze conclusie de actualiteit een te grote rol. Hoe dit ook zij, vast staat dat het stedelijke gebeuren mogelijkheden voor kwantitatief onderzoek biedt die nog lang niet uitgeput zijn en waarvan de resultaten zeker van belang kunnen zijn voor de beleidsvoering.

**Peter Nijkamp  
Jan Rouwendal**

## Appendix

De gebruikte modellen:

1. Modal-split model: F.X. de Donnea, *The determinants of transport mode choice in Dutch cities*, Universitaire Pers Rotterdam, Rotterdam, 1971.
2. „Planning for decline”-model: H. Blokland e.a., *De ontwikkeling van de Haagse economie op lange termijn: „Planning for decline”*, deel 1, „Den Haag als Centrum”, NEI, Rotterdam, 1972.
3. Verkeersmodel: M.G. Richards en M.E. Ben-Akiva, *A disaggregate travel demand model*, Saxon House, Westmead, 1975.
4. Midden-Randstadstudie: Colin Buchanan and Partners, Adviesbureau Arnhem en Grontmy, *Midden Randstad Studie*, Part II, Final Report, vol. 1 t/m 5, 1976.
5. Concentratie­model (CADSS): J. van Est, *Het model CADSS-01*, interimrapporten 1 t/m 4 en 6, Planologisch Studiecentrum TNO, 1976-1977.
6. Regionaal lokatiemodel: K.J. Veldhuis en L.K. Kapoen, *Een regionaal lokatiemodel*, proefschrift, Utrecht, 1977.
7. Verkeersmodel (SIGMO): diverse instituten, *SIGMO-study*, rapporten 1 t/m 5 en 7, Projectbureau IVVS, 's-Gravenhage, 1977-1980.
8. Verkeersmodel (Apeldoorn): P.G. van Essen en C.J. Ruijgrok, *Algemeen verkeers- en vervoersonderzoek Apeldoorn*, 2 delen, IWIS-TNO, Delft, 1978.
9. Verkeersmodel (GENMOD): F. le Clercq, K.A. Brohm, J.J. van Capellen van Walsum en Y. van Veen, *Genmod: het Amsterdamse verkeers- en vervoersmodel*, in: F. le Clercq, Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 1979, Delft, 1979, hfst. 3.
10. Winkelmodel: A.C.P. Verster, J.L. van Leeuwen en M. de Langen, The effects of the location of a peripheral self-service store, in: G.R.M. Jansen e.a., *New developments in modelling travel demand and urban systems*, Saxon House, Westmead, 1979, hfst. 4.
11. Winkelmodel: H.J.P. Timmermans en K.J. Veldhuis, *Winkel­drag in Zuid-Oost Brabant*, Stichting Planologische Vooruitberekeningen en Prognoses, Eindhoven, 1979.
12. Woonallocatiemodel: H. Floor en T. de Jong, *Ontwikkeling en toetsing van een woonallocatiemodel*, proefschrift, Utrecht, 1981.
13. Woningmarktmodel: J.J. Botman, *Dynamics of housing and planning*, Delft University Press/Martinus Nijhoff, Delft/Den Haag, 1981.
14. Woon-werkmodel: A.C.P. Verster, *Een projectiemodel voor de interregionale woon- en werkveranderingen van werkenden*, Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, 1982.
15. Zuidvleugelstudie: Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat, *Zuidvleugelstudie*, rapporten 1 t/m 12, Den Haag, 1980-1982.