

FACULTY OF APPLIED ECONOMICS

DEPARTMENT OF TRANSPORT & REGIONAL ECONOMICS

De introductie van de ruimtelijke dimensie in de analyse van het verplaatsingsgedrag van personen: een gevalstudie voor het Antwerpse stadsgewest

Ann Verhetsel & Dries Van Hofstraeten

RESEARCH PAPER 2004-006
May 2004

University of Antwerp, Prinsstraat 13, B-2000 ANTWERP, Belgium
Research Administration – room B.213
phone: (32) 3 220 40 32
e-mail: joeri.nys@ua.ac.be

D/2004/1169/006

De introductie van de ruimtelijke dimensie in de analyse van het verplaatsingsgedrag van personen: een gevalstudie voor het Antwerpse stadsgewest.

Prof. Dr. Ann Verhetsel¹, Dries Van Hofstraeten²

Abstract

Deze onderzoekspaper tracht bij te dragen tot de ontwikkeling van een complete ruimtelijke analyse en modellering van het verplaatsingsgedrag in het Antwerpse stadsgewest. Naast recente gegevens over bodemgebruik, densiteit van activiteiten en bereikbaarheid in het Antwerpse stadsgewest, worden er in deze paper ook technieken geïntroduceerd die bijdragen tot de afbakening van bestemmingsgebieden. Deze ruimtelijk gezoneerde structuur is de noodzakelijke basis voor een multinomiaal logit model dat de bestemmingskeuze en verplaatsingspatronen in het Antwerpse stadsgewest wil verklaren. In het model wordt de belangrijkste stop in de keten opgenomen met uitzondering van de werkbesteding omwille van haar sterk deterministische karakter.

1. Inleiding

Huidige paper kadert in een onderzoek dat werd gevoerd in het kader van het federale onderzoeksproject SAMBA (*Spatial Analysis and Modelling Based on Activities*) als onderdeel van het tweede "Plan voor wetenschappelijke ondersteuning van een beleid gericht op duurzame ontwikkeling" (PODO II). Het heeft tot doel een bijdrage te leveren tot het analyseren en het modelleren van het verplaatsingsgedrag door expliciet de ruimtelijke dimensie toe te voegen aan de uit activiteiten voortvloeiende verplaatsingen. We gaan er met andere woorden van uit dat de verplaatsingen een gevolg zijn van de behoefte van mensen om te participeren in activiteiten op verschillende plaatsen. Om te kunnen participeren in activiteiten, zijn mensen meestal aangewezen om de plaats waar ze zich bevinden te verlaten omdat daar niet altijd de faciliteiten en functies zijn die aan de behoeften kunnen voldoen. Een verplaatsing wordt in deze benadering gezien als een afgeleide van de vraag naar activiteiten die verspreid zijn over tijd en ruimte. De ruimtelijke spreiding is een essentieel onderdeel in de analyse van het verplaatsingsgedrag. De kenmerken van de ruimte, de aanwezigheid (of de densiteit) van functies en de bereikbaarheid van functies en faciliteiten in andere gebieden zullen daarom hun impact hebben op het verplaatsingsgedrag en de bestemmingskeuze. Van Wee (1995, 2002) benadrukt naast de samenhang tussen ruimtelijke ontwikkelingen en ontwikkelingen op het gebied van verkeer en vervoer ook het belang van de introductie van ruimtelijke variabelen in analyses van het verplaatsingsgedrag. Net zoals Badoe en Miller (2000) en Stead (2001), beklemtoont Van Wee (1995, 2002) dat densiteit, bereikbaarheid en bodemgebruik drie belangrijke groepen van ruimtelijke informatie zijn die een verklaring kunnen bieden voor het verplaatsingsgedrag.

¹ Universiteit Antwerpen, Faculteit T.E.W., Departement Transport en Ruimtelijke Economie,
E-mail: ann.verhetsel@ua.ac.be

² Universiteit Antwerpen, Faculteit T.E.W., Departement Transport en Ruimtelijke Economie,
E-mail: dries.vanhofstraeten@ua.ac.be

Tot voor kort was het niet evident om gedetailleerde ruimtelijke data te introduceren in modellering en werd de ruimtelijke dimensie vaak ondergewaardeerd. Recent is het dankzij moderne technologische ontwikkelingen onder andere op het gebied van satellietfotografie mogelijk om de aarde in een steeds fijner detail waar te nemen en zo meer en betere ruimtelijke gegevens te verkrijgen. De zogeheten *Zeer Hoge Resolutie* (ZHR) satellietbeelden bieden een enorm potentieel voor het beheer van de menselijke leefomgeving. Jammer genoeg zijn sommige data nog eerder ondoorzichtig en mogelijk zelfs inconsistent (Van de Voorde en Canters, 2003). Met de beschikbare recente gedetailleerde ruimtelijke data kunnen we toch de aanwezige ruimtelijke structuur en haar kenmerken gebruiken in onze analyse van het verplaatsingsgedrag.

Het objectief van dit onderzoek is het bekomen van een volledig en ruimtelijk gedetailleerd bestemmingskeuzemodel voor het stadsgewest Antwerpen. Als methodologisch kader werd een multinomiaal logit model ontwikkeld. Dit model moet ons inzichten geven in de kans dat respondenten kiezen voor elk van de bestemmingsgebieden binnen het stadsgewest. Op die manier kan dit een instrument worden voor ruimtelijke planners om te analyseren wat de impact is van stedelijke ontwikkelingsprojecten op de toekomstige mobiliteit. We gebruiken hiervoor de verplaatsingsgegevens van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag uit 1999 gebaseerd op individuele ondervragingen in het stadsgewest Antwerpen. In de eerste fase van onze modellering, het afbakenen van de bestemmingsgebieden, willen we een zo goed mogelijk beeld krijgen van de ruimte in al haar facetten (bodemgebruik, densiteit, bereikbaarheid). De ruimtelijke informatie zal vervolgens worden gebruikt als input voor een factoranalyse, een clusteranalyse en tenslotte een Ruimtelijk Zoneringsalgoritme (RZA). In een laatste sectie zullen de eerste resultaten van het discrete keuzemodel en simulaties ter illustratie aan bod komen.

2. Methodologie

2.1. Discrete keuzemodellen

Bij discrete keuzemodellen wordt er verondersteld dat het nut van elke keuze of alternatief bestaat uit een vaste (zijnde een systematische of deterministische) nutswaarde en een stochastische (random) storingsterm. Naar gelang de gemaakte assumpties betreffende de verdeling van deze stochastische storingsterm, zijn verschillende discrete keuzemodellen ontwikkeld (Timmermans and Golledge, 1990). Het bekendste en ook het vaakst gebruikte discrete keuzemodel is het multinomiale logit model.

Het multinomiale logit (MNL) model is een discreet keuzemodel waar de stochastische storingstermen in de nutsfunctie worden verondersteld (i) onafhankelijk, (ii) identiek en (iii) Type 1 Gumbel verdeeld te zijn (McFadden, 1973, 1976). Onafhankelijke en identiek verdeelde (IID) storingstermen brengen enerzijds met zich mee dat de varianties van de random componenten in de nutsfunctie gelijk zijn (homoscedasticiteit) en anderzijds dat de co-varianties verondersteld worden gelijk te zijn aan nul. Als IID kan verdedigd worden, dan lijkt Type 1 de meest geschikte verdeling (Johnson and Kotz, 1970). Een meer gedetailleerde omschrijving van discrete keuzemodellen kan gevonden worden in Ben-Akiva en Lerman (1985), Ortuzar en Willumsen (1994); de basisideeën werden ontwikkeld door McFadden (1973).

Het MNL model voor de bestemmingskeuze in het Antwerpse stadsgewest kan als volgt omschreven worden. Veronderstel dat het nut U dat een individu i ($= 1, \dots, I$) afleidt uit een keuzealternatief j ($= 1, \dots, J$) geformuleerd wordt als:

$$U_{ij} = \beta_{jk} X_{ijk} + \varepsilon_{ij} \quad [1]$$

waar β_{jk} de parameter is voor attribuut k van alternatief j , X_{ijk} een vector van waarneembare attribuutvariabelen en ε_{ij} de stochastische storingsterm van de nutsfunctie voorstelt.

Individu i zal alternatief j kiezen als het verwachte nut van dit alternatief, U_{ij} , het verwachte nut overstijgt van alternatieven m , U_{im} , waarbij m een index is voor de elementen van de keuzeset. Hensher en Johnson (1981), Maddala (1983), Ben-Akiva en Lerman (1985), Train (1986) en Cramer (1991) toonden dat, als de stochastische storingstermen in formule [1] IID en volgens Type 1 verdeeld zijn, de kans dat individu i zal kiezen voor alternatief j of $P(j | C_i)$ kan weergegeven worden als:

$$P(j | C_i) = \frac{\exp(\beta_{jk} X_{ijk})}{\sum_{m \in C_i} \exp(\beta_{mk} X_{imk})} \quad [2]$$

Door gebruik te maken van bijvoorbeeld de Friedman-McFadden selectietechniek, kan formule [2] geschat worden. Deze techniek selecteert voor elke gerapporteerde keuzeset willekeurig negen bijkomende alternatieven uit de overblijvende keuzeset die niet werden gekozen. Het werd bewezen dat deze methode voldoende parameterschattingen van de nutsfunctie oplevert zo lang de storingstermen onafhankelijk zijn over de verschillende alternatieven (McFadden, 1978).

2.2. Structuur van de activiteitenketen en het intermediaire stop model

De eerste stap in het vormen van het bestemmingskeuzemodel is het definiëren en selecteren van de activiteitenpatronen. Er zijn heel veel verschillende structuren van activiteitenketens mogelijk. Eén van de beslissingen in elk op activiteiten gebaseerde model is het vereenvoudigen en aggregeren van de verschillende structuren tot een werkbaar en gelimiteerd aantal activiteitenketens. In ons model werd besloten om enkel de bestemming van de belangrijkste stop in de keten op te nemen. Werk is een verplichtende activiteit die vaak vast gelokaliseerd is in de ruimte. Door het deterministische karakter van de werkbestemming, werden enkel niet-werkverplaatsingen geselecteerd. Het is met andere woorden niet mogelijk om probabilistische modellen te gebruiken om verplichtende activiteiten te verklaren.

De vier mogelijke structuren voor activiteitenketens zijn:

- Thuisadres – Belangrijkste stop – Thuisadres
- Thuisadres – Intermediaire stop – Belangrijkste stop – Thuisadres
- Thuisadres – Belangrijkste stop – Intermediaire stop – Thuisadres
- Thuisadres – Intermediaire stop – Belangrijkste stop – Intermediaire stop – Thuisadres

De keuze van de belangrijkste bestemming in de activiteitenketen wordt onderzocht. De alternatieven in het bestemmingskeuzemodel bepalen de structuur van de activiteitenketen en van de stopplaatsen voor verschillende verplaatsingsmotieven. Ons model schat de kans dat een persoon, die een stop maakt in een activiteitenketen, een bepaalde zone uitkiest als zijn of haar bestemming. Tabel 1 toont de verdeling van de vier types van activiteitenketens.

Tabel 1: Verdeling van de types van activiteitenketens

Type activiteitenketen	Aantal	Percentage
Huis – Belangrijkste stop – Huis	2889	80,0%
Huis – Intermediaire stop – Belangrijkste stop – Huis	359	9,9%
Huis – Belangrijkste stop – Intermediaire stop – Huis	246	6,8%
Huis – Intermediaire stop – Belangrijkste stop – Intermediaire stop – Huis	115	3,3%
Total	3609	100,0%

Bron: OVG Stadsgewest Antwerpen (1999)

De definitie van de alternatieven is gebaseerd op de ruimtelijke kenmerken van het studiegebied. De gegenereerde ruimtelijke data rond bodemgebruik, densiteit en bereikbaarheid worden hiervoor gebruikt. Het studiegebied zal ingedeeld worden in 33 bestemmingsgebieden die verondersteld worden zo homogeen mogelijk te zijn. Om inzichten te geven in dit proces, werden de volgende secties uitgewerkt: het studiegebied en de data set met verplaatsingen (sectie 3), de ontwikkeling en de introductie van nieuwe ruimtelijke variabelen voor het studiegebied (sectie 4), en de afbakening van de bestemmingsgebieden gebruik makend van de ruimtelijke informatie (sectie 5).

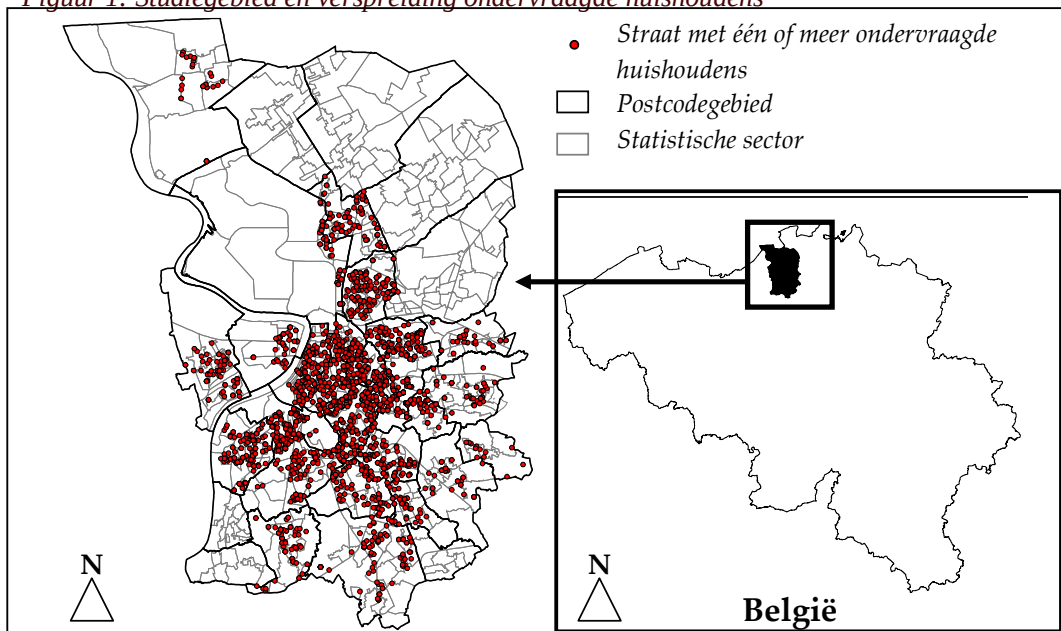
3. Studiegebied en datasets

Als dataset gebruiken we het resultaat van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG) van het Antwerpse stadsgewest uit 1999. Meer dan 2500 huishoudens uit het stadsgewest (samen meer dan 5000 gezinsleden) werden ondervraagd gedurende twee opeenvolgende dagen aan de hand van een dagboek. De respondenten maakten 30462 verplaatsingen op de twee opeenvolgende dagen. Elke verplaatsing heeft een oorsprong en een bestemming die gelokaliseerd kan worden in een gebied met bepaalde ruimtelijke kenmerken. Door middel van geocodering kunnen zowel de huisadressen (belangrijke vertrekpunten) alsook alle andere vertrekplaatsen en alle bestemmingen van verplaatsingen in kaart gebracht worden. De straatnaam van elke bestemming en van elke vertrekplaats (als die niet het huisadres was) die de respondenten ingevuld hadden, dienden daartoe wel eerst nagekeken en in sommige gevallen gecorrigeerd te worden. De verplaatsingsgegevens krijgen na de geocodering een X-Y coördinaat op het niveau van de straten (middelpunt van de straat binnen de opgegeven postcode). Op deze manier kunnen we ruimtelijke informatie gemakkelijk toevoegen aan de oorsprong en de bestemming. Om een beeld te krijgen van het studiegebied bekijken we enerzijds de verspreiding van de huisadressen en anderzijds de verspreiding van de bestemmingen.

De ruimtelijke data worden gegenereerd op het niveau van de statistische sectoren of buurten. Statistische sectoren worden door het Belgische Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS) gebruikt als het meest gedetailleerde geografische niveau waarvoor socio-economische statistieken worden gemaakt. Alle oorsprongen en bestemmingen van de verplaatsingen uit de data set krijgen de ruimtelijke informatie toegewezen van de statistische sector waarin ze gelegen zijn.

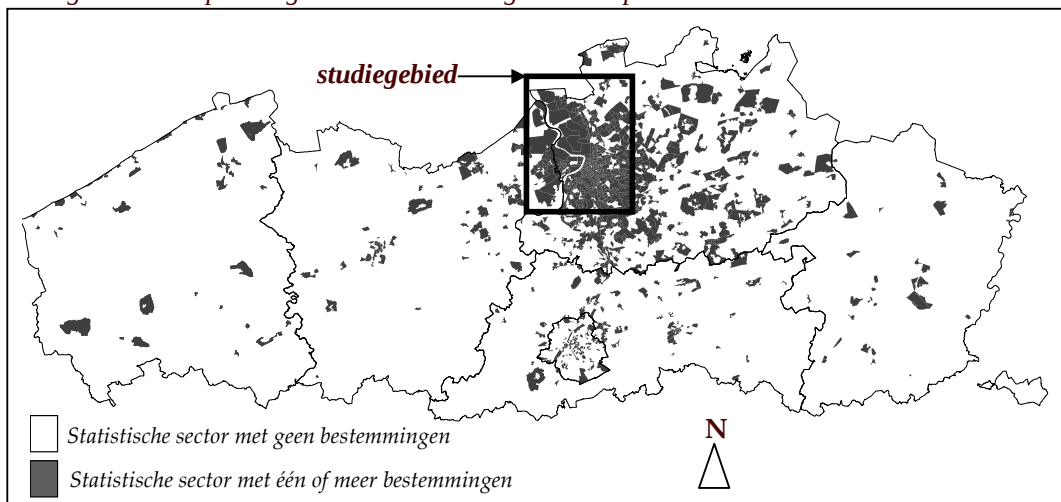
De ondervraagde personen wonen allen in het stadsgewest Antwerpen. In enkele gemeenten van het Antwerpse stadsgewest werden echter geen inwoners geënquêteerd. Daarom werd voor dit onderzoek een studiegebied afgebakend dat enkel die gemeenten uit het stadsgewest omvat waarbinnen het grootste deel van de verplaatsingen hun oorsprong en/of bestemming hebben. Meer specifiek hebben 26220 trips (of 86,1% van het totale aantal uitgevoerde verplaatsingen) hun eindbestemming in het studiegebied. De overige 4242 trips hebben een bestemming buiten het studiegebied of konden niet in kaart gebracht worden (omwille van o.a. onvolledige adresgegevens). Het studiegebied bestaat uit 608 statistische sectoren die samen 32 postcodes vormen; een weergave hiervan vindt men in figuur 1.

Figuur 1: Studiegebied en verspreiding ondervraagde huishoudens



Bron: eigen verwerking van OVG Stadsgewest Antwerpen 1999; Statistische sectoren: NIS

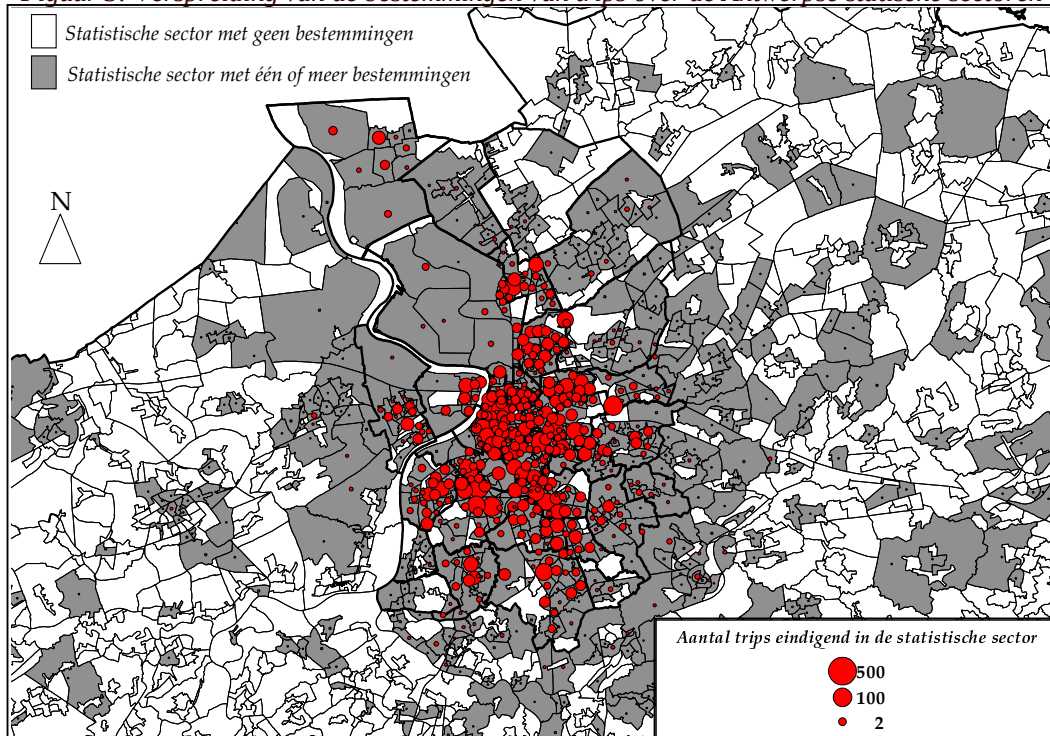
Figuur 2: Verspreiding van de bestemmingen van trips over de Vlaamse statische sectoren



Bron: eigen verwerking van OVG Stadsgewest Antwerpen 1999; Statistische sectoren: NIS

Op figuur 2 en figuur 3 kunnen we duidelijk aflezen dat het grijze gebied - dit zijn statistische sectoren met één of meer bestemmingen - grotendeels samenvalt met het studiegebied zoals afgebakend in figuur 1. Vooral de provincie Antwerpen (met naast Antwerpen ook de arrondissementen Mechelen en Turnhout) en het Waasland (in de provincie Oost-Vlaanderen) omvatten het grootste deel van de bestemmingen van de verplaatsingen in het OVG van het Antwerpse stadsgewest.

Figuur 3: Verspreiding van de bestemmingen van trips over de Antwerpse statistische sectoren



Bron: eigen verwerking van OVG Stadsgewest Antwerpen 1999; Statistische sectoren: NIS

Figuur 4: Stadsgewestzones van het studiegebied



Bron: Van der Haegen et al., 1996

Vervolgens kunnen we elke statistische sector of buurt uit het studiegebied toewijzen aan een stadsgewestzone. Gebruik makend van de classificatie van Van Der Haegen *et al.* (1996) kunnen we de statistische sectoren van het studiegebied opdelen in vier functionele zones (*figuur 4*): de stadskern (het hart van de stad), de 19^{de}-eeuwse gordel (residentieel/functioneel gebied in de kernstad), de stadsrand (eerder recentere uitbreidingen van de stad) en de banlieue (gesuburbaniseerde, residentiële groeizone). Deze classificatie geeft een goed beeld van de suburbanisatie van het studiegebied en van de verspreiding van stedelijke functies en bebouwing.

4. Introductie van ruimtelijke variabelen

Door gebruik te maken van datasets met ruimtelijke variabelen, wordt het mogelijk om een beter inzicht te krijgen in de link tussen verplaatsingsgedrag en de ruimtelijke kenmerken. Er zijn bewijzen dat de kenmerken van bijvoorbeeld het bodemgebruik een aanzienlijke impact hebben op het verplaatsingsgedrag (Srinivasan en Ferreira, 2002; Van Wee, 2002). Van Wee (2002) introduceert de stelling dat “gemengd bodemgebruik” (waarmee wordt bedoeld dat het bodemgebruik in een gebied een mix van types is) leidt tot kortere verplaatsingen en tot het attractiever worden van de trage modi. Volgens anderen zijn de verbanden tussen de ruimtelijke kenmerken van een gebied en het verplaatsingsgedrag echter te weinig onderzocht (Stead, 2001, p. 499). Sommigen zijn dan weer van mening dat het een illusie is (tenzij misschien op lange termijn) om het verplaatsingsgedrag te beïnvloeden door middel van ruimtelijke planning (Banister, 1999, Verhetsel, 2001). Onze doelstelling is te onderzoeken of er een verband kan gevonden worden tussen de ruimtelijke kenmerken van bestemmingsgebieden en de kans op het aantrekken van verplaatsingen.

Wij splitsen de ruimtelijke variabelen op in drie categorieën: (1) bodemgebruik, (2) de densiteit van bevolking, tewerkstelling, shopping en scholen en tenslotte (3) de bereikbaarheid. Voor elk deelaspect werden er specifieke datasets geïntroduceerd.

4.1. Bodemgebruik

In 1996 ontwikkelde het OC-GIS Vlaanderen haar eerste digitale bodemgebruikskaart voor Vlaanderen in het kader van het federale onderzoeksprogramma TELSTAT. De kaart werd geactualiseerd in 2001 met als hoofddoel de wijzigingen in bodemgebruik te analyseren. De data set van OC-GIS Vlaanderen bestaat uit drie delen: een LANDSTAT7 ETM+ satelliet beeld (mozaïek), een bodembedekkingskaart dat alle fysieke kenmerken van de bodem voorstelt en een bodemgebruikskaart die informatie geeft over het gebruik van de bodem door de mens. Door middel van een automatische classificatieprocedure wordt de bodembedekkingskaart rechtstreeks uit de satellietbeelden ontwikkeld. Deze kaart wordt vervolgens gelinkt aan de CORINE data set³ (versie 1995 van het NGI), bodeminformatie (VLM) en het wegennetwerk (NGI), waaruit dan tenslotte de dataset rond bodemgebruik voortvloeit. De dataset met de bodembedekking in Vlaanderen bevat 9 categorieën: ontwikkeld gebied, weide, landbouw, boomgaarden, loofbossen, naaldbossen, duinen, heide en water. De dataset met het bodemgebruik is gedetailleerder en kent 19 categorieën (OC-GIS Vlaanderen, 2002, p.4).

³ De CORINE data set is een gecomputeriseerde inventaris van de bodembedekking in EU-landen, gebruik makend van 44 klassen uit de CORINE nomenclatuur.

De 19 categorieën zijn weergegeven in tabel 2. De bodemgebruikkaart van het OC-GIS Vlaanderen kan geraadpleegd worden op de volgende website: <http://www.gisvlaanderen.be/geo-vlaanderen/bodemgebruik>.

Door de automatische classificatieprocedure vertoont de bodemgebruikkaart enkele inconsistenties. Sommige hospitalen bijvoorbeeld werden ondergebracht in de klasse “industrieel en commercieel gebied”, sommige haveninfrastructuur als “bebouwing en andere ontwikkeling”. Waar mogelijk werden correcties aangebracht. Van de Voorde en Canters (2003, p.63) wijzen duidelijk op de problemen die kunnen optreden bij het operationele gebruik van satellietgegevens in onderzoek, beheer en planning: de resolutie van de beelden blijft vaak ontoereikend. Vooral wanneer de beelden uit kleuren bestaan, daalt de resolutie sterk.

Tabel 2: Overzicht van de 19 categorieën in de bodemgebruikkaart van OC-GIS Vlaanderen

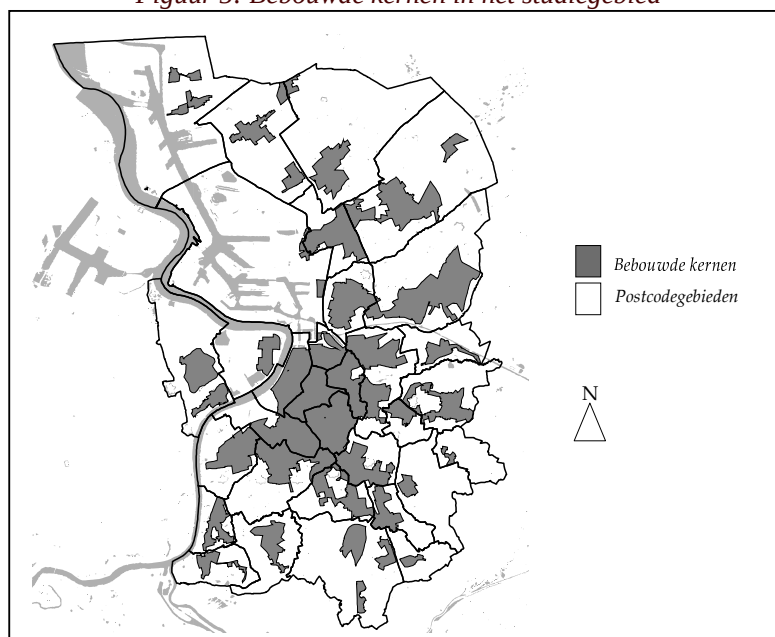
1	Weide, Landbouw, Boomgaarden	Landbouw en open ruimtes
2		Weiland
3		Alluvial weiland
4		Boomgaarden
5	Bossen en parken	Loofbossen
6		Naaldbossen
7		Gemengde bossen
8		Gemeentelijke parken
9	Bebouwing, Industrie	Dicht-bebouwde gebieden
10		Bebouwing en andere ontwikkeling
11		Industrieel en commercieel gebied
12	Infrastructuur	Autosnelwegen
13		Gewestwegen
14		Luchthaveninfrastructuur
15		Haveninfrastructuur
16		Andere infrastructuur (bv. treinen)
17	Heide en duinen	Heide
18		Duinen
19	Water	

Bron: Bodembedekkings- en bodemgebruikkaart, OC-GIS Vlaanderen, 2002

Een tweede bron met ruimtelijke variabelen die ons meer over het bodemgebruik vertelt is de MultiNet dataset (2001) die ons toegeleverd werd door TeleAtlas. Deze dataset bestaat uit drie delen: administratieve grenzen (statistische sectoren, postcodes, gemeentes,...), het wegennetwerk en specifieke bodemgebruiks-informatie. De meest interessante variabele uit deze laatste groep is “bebouwde kernen” (zie figuur 5).

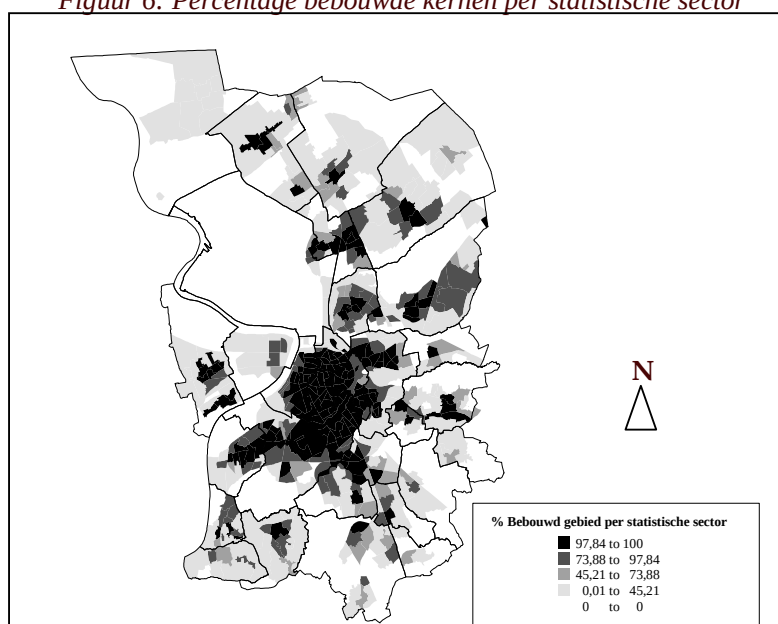
In de dataset van het OC-GIS Vlaanderen werd wel een onderscheid gemaakt tussen “dichtbebouwde gebieden” enerzijds en “bebouwing en andere ontwikkeling” anderzijds. Deze laatste categorie is echter vaag en moeilijk te interpreteren. Daarom is het interessant om de tussenliggende variabele “bebouwde kernen” uit de MultiNet dataset toe te voegen die (dorps)kernen weergeeft of met andere woorden gebieden waar de bebouwing niet verspreid is maar geconcentreerd (dicht-)bebouwd.

Figuur 5: Bebouwde kernen in het studiegebied



Bron: MultiNet Shapefile 4.0, TeleAtlas N.V. (2001)

Figuur 6: Percentage bebouwde kernen per statistische sector



Bron: eigen verwerking van MultiNet Shapefile 4.0, TeleAtlas N.V. (2001), Statistische sectoren: NIS

De bovengenoemde datasets bestaan uit vlakken volgens bodemgebruik met een zekere oppervlakte in vierkante meter. Deze informatie moet toegewezen worden aan de gegeocodeerde oorsprong en bestemming. Het volstaat om de oppervlakte van elk type bodemgebruik te berekenen per statistische sector (eerst in vierkante meter en vervolgens in percentage van de totale oppervlakte van de statistische sector). Elke sector krijgt dus een twintigtal percentages die onderling kunnen vergeleken worden en een goed beeld geven van het aanwezige ruimtegebruik. Deze informatie kan daarna worden overgedragen op de oorsprongen en de bestemmingen gelegen in de

sectoren van het studiegebied. Figuur 6 is een voorbeeld van de berekeningen van de percentages bodemgebruik. Het percentage bebouwde kernen wordt weergegeven voor elke statistische sector. Men kan dit vergelijken met figuur 5 die de bebouwde kernen in het studiegebied volgens de MultiNet databank illustreert.

4.2. Densiteit

Een tweede groep van ruimtelijke variabelen zijn de densiteitvariabelen. Zij geven een idee van de dichtheid van bevolking, tewerkstelling, onderwijs en handelszaken. Volgens Van Wee (2002) is densiteit “het aantal mensen, jobs, winkels, huishoudens,... per vierkante kilometer”. Het effect op verplaatsingen is duidelijk volgens hem: hoe hoger de dichtheid of densiteit, hoe meer bestemmingen binnen het bereik zijn, waardoor tijd en geld kunnen gespaard worden; of met andere woorden: door de hogere dichtheid kunnen mensen aan meer activiteiten deelnemen gedurende een gegeven tijdspanne. Schwanen *et al.* (2001) wijzen erop dat de gebieden met een hoge densiteit niet enkel centraal in het stadsgewest gelegen zijn: verscheidene centra met hoge tewerkstelling en/of sterk handelsaanbod zijn verspreid over het stadsgewest waardoor een policentrische structuur is ontstaan in sommige stadsgewesten.

Bevolking

Verschillende onderzoekers zijn het erover eens: een hoge bevolkingsdichtheid kan ertoe leiden dat onder andere de afstand van de verplaatsing verkleint en het gebruik en het bezit van de auto ontmoedigd wordt (Cervero, 1996; Cervero en Knockelman, 1997; Badoe en Miller, 2000). Daarom is het interessant om aan elke oorsprong en aan elke bestemming van de verplaatsing de bevolkingsdichtheid te koppelen van het gebied waar ze in gelegen zijn. De dataset die we hiervoor gebruiken is de bevolking van het Rijksregister van het Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS, 2001). Per statistische sector wordt er weergegeven wat het totale aantal inwoners van elke statistische sector is. Dit absolute aantal kan dan als dichtheid worden voorgesteld als ‘bevolking per km²’ bijvoorbeeld.

Tewerkstelling

In de literatuur werd veel meer de interactie tussen bevolking en verplaatsingsgedrag onderzocht dan de impact van tewerkstellingsdichtheid. Badoe en Miller zien wel een consistentie in de conclusies: een verhoogde concentratie van tewerkstelling heeft een significante impact op het verplaatsingsgedrag. Ze stellen dat de ruimtelijke verspreiding van tewerkstelling het verplaatsingsgedrag sterk kan bepalen en dat het een onderdeel moet zijn van de ruimtelijke planning (Badoe en Miller, 2000, p. 251).

De dataset die we gebruiken om de tewerkstellingsdichtheid te berekenen is de Bedrijvengids van de GOM (Gewestelijke Ontwikkelingsmaatschappij) uit 2001. Deze bevat alle bedrijven met meer dan 5 werknemers in Vlaanderen en hun gegevens over onder andere het adres, de sector en het tewerkstellingsaantal. Om de tewerkstellingsdichtheid te onderzoeken in het studiegebied werden eerst alle bedrijven uit dit gebied geselecteerd en gegeocodeerd. Vervolgens werd voor elke statistische sector gesommeerd hoeveel tewerkstelling aanwezig is in de bedrijven die in deze statistische sector gelokaliseerd zijn. Tenslotte werd dan opnieuw per vierkante kilometer berekend wat de tewerkstellingsdichtheid van elke statistische sector is. Een andere variabele die we uit de dataset kunnen afleiden is het aantal bedrijven per statistische sector.

Shopping

Een derde densiteitvariabele die we introduceren is de densiteit van het handelaanbod. Datasets die handelszaken en hun adres bevatten zijn moeilijk te vinden. Het gaat om een snel wijzigend aanbod en steden of overheden hebben vaak niet de middelen ter beschikking om zeer gedetailleerd het aanbod van winkels op te volgen. Nochtans is het een cruciale variabele voor onze analyse, aangezien de winkelverplaatsingen het frequentste voorkomen in onze dataset. De aanwezigheid van een sterk commercieel aanbod zal ertoe leiden dat respondenten voor de meeste winkelverplaatsingen geen grote afstanden zullen afleggen en hiervoor niet steeds de wagen gebruiken. De enige oplossing die restte was het raadplegen van de SCOOT databank op het internet (www.scoot.be) die voor verschillende categorieën van handelszaken in België de adressen en andere commerciële informatie bevat. De daaruit voortvloeiende dataset omvat meer dan 6000 handelszaken in het studiegebied verdeeld over een twintigtal categorieën van krantenwinkel tot hypermarkt. Deze werden gegeocodeerd, in kaart gebracht op straatniveau en toegewezen aan de statistische sectoren. Vervolgens werden de variabelen “aantal winkels per statistische sector” en “aantal winkels per km² per statistische sector” berekend.

Scholen

Een laatste densiteitvariabele is de dichtheid van scholen. De data set van het departement Onderwijs van de Vlaamse Gemeenschap bevat adressen van de alle Vlaamse scholen, zowel van kleuterscholen, lagere en middelbare scholen, hoge scholen als van universiteiten (<http://onderwijs.vlaanderen.be/onderwijsaanbod>). Na het geocoderen van deze adressen, werd het mogelijk te berekenen hoeveel scholen er per vierkante meter aanwezig waren in elke statistische sector. Hoewel we geen rekening kunnen houden met de grootte en het aanbod van de scholen zal een hogere densiteit van scholen in een sector zeker een impact hebben op de gemiddelde afstand afgelegd voor schoolverplaatsingen.

4.3. Bereikbaarheid

Na de introductie van de bodemgebruik- en densiteitvariabelen, richten we nu onze aandacht op de bereikbaarheidsvariabelen. Tussen elk van de centroiden van de 608 sectoren werd het kortste pad en het snelste pad via het wegennetwerk *StreetNet 2001* berekend gebruik makend van *ArcView Network Analyst*. Het *StreetNet* wegennetwerk bevat informatie over de verkeersregels, zoals doodlopende straten, eenrichtingsstraten, tunnels, bruggen en kosten van de verplaatsing. Bij de berekening kon echter geen rekening gehouden met congestie, wachttijd aan verkeerslichten etc. Om dit gedeeltelijk te compenseren, werden iets lagere snelheden toegewezen aan de straten dan de aangewezen maximum snelheden. Om de kortste route tussen elke centroid te berekenen, implementeert *ArcView Network Analyst* een aangepast Dijkstra algoritme (Sherlock *et al.*, 2002; Wise, 2002; ESRI, 2003).

Voor een soortgelijke berekening voor het openbaar vervoer werd beroep gedaan op de Vlaamse vervoersmaatschappij *De Lijn*, gebaseerd op hun dienstregelingen. De kost is berekend als de tijd nodig om een verplaatsing te maken tussen de centroiden van de sectoren in het studiegebied met inbegrip van de tijd om naar de halte te wandelen, de wachttijd en de tijd van de verplaatsing met bus of tram. Een tweede variabele rond openbaar vervoer geeft een beeld van de aanwezigheid en frequentie van het openbaar vervoer in het studiegebied. Gebruik makend van frequentietabellen en van het netwerk van stopplaatsen, bus- en tramlijnen van *De Lijn*, werd voor elke

sector in het studiegebied berekend wat de frequentie is (zowel per dag als per uur) van bus- en tramlijnen aan de stopplaatsen gelegen in de sector.

De ruimtelijke variabelen (bodemgebruik en densiteit) kunnen vervolgens gebruikt worden in een formule die de bereikbaarheid voor elke sector berekend als een gewogen gemiddelde kosteenheid (Thomas *et al.*, 2003). De gemiddelde kost van alle sectoren naar alle andere sectoren is berekend, gewogen volgens de attractie (b.v. het aantal winkels) in de bestemmingssectoren. De onderstaande formule 1 is een voorbeeld; ze geeft de bereikbaarheid tot handelszaken weer (A_i), waarbij K het aantal statistische sectoren is in de dataset, S_k het aantal winkels in zone k en t_{ik} de tijd langs de weg tussen zone i en k . Voor deze laatste variabele kunnen we beroep doen op het door ons berekende kortste pad of snelste pad (in tijd) tussen de sectoren.

$$A_s = 1/K \sum_k \log(S_k) / \sum_k \log(C_{sk}) \quad [3]$$

waar K het aantal sectoren in het studiegebied is, S_k het aantal winkels in sector k en C_{sk} de kost gebruik makend van de route tussen sector s and sector k met de minimale kosten. In de huidige paper zullen de gewogen bereikbaarheidsvariabelen en variabelen rond openbaar vervoer nog geen onderdeel van het model zijn. In ons verder onderzoek zullen deze variabelen echter wel toegevoegd worden.

5. Afbakening van bestemmingsgebieden in het studiegebied Antwerpen

Door middel van zoneringstechnieken willen we nu trachten te komen tot bestemmingsgebieden. Het is immers niet eenvoudig om de sectoren te gebruiken als bestemmingszones, gezien het hoge aantal statistische sectoren in het studiegebied. Het niveau van de postcodes, als administratieve grens en groepering van enkele statistische sectoren, houdt dikwijls geen rekening met de kenmerken van het aanwezige functieaanbod, ruimtelijke structuur etc. Daarom wordt in dit onderzoek een Ruimtelijk Zoneringsalgoritme (RZA) ontworpen om de bestemmingsgebieden af te bakenen.

Tabel 3: Ruimtelijke variabelen in de afbakening van bestemmingsgebieden

Bodemgebruik	Densiteit
Percentages – continu	continu
Dichtbebouwde bewoning	Aantal personen tewerkgesteld per km ²
Bebouwde kernen	Aantal bedrijven (absoluut aantal)
Bebouwing en andere ontwikkeling	Aantal winkels per km ²
Industrieel en commercieel gebied	Aantal winkels (absoluut aantal)
Agricultuur	Bevolking (absoluut aantal)
Weiland	Bevolking per km ²
Alluviaal weiland	Aantal scholen per km ²
Gemeentelijke parken	Aantal scholen (absoluut aantal)
Loofbossen	
Naaldbossen	Bereikbaarheid
Gemengde bossen	continu
Autosnelwegen	Kortste pad (weg, afstand)
Gewestwegen	Snelste pad (weg, tijd)
Luchthaveninfrastructuur	
Haveninfrastructuur	
Treininfrastructuur	

In tabel 3 is een lijst weergegeven van de ruimtelijke variabelen die in een eerste stap opgenomen worden in een factoranalyse (5.1). Een aantal variabelen werd niet in de analyse opgenomen omdat ze ofwel te sterk correleerden met andere variabelen ofwel niet interessant waren om op te nemen in de zonering. Een tweede selectie van de ruimtelijke variabelen zal vervolgens gebruikt worden in de clusteranalyse (5.2) waarvan het resultaat op haar beurt als basis zal dienen voor het algoritme en voor de afbakening van de bestemmingsgebieden in het studiegebied (5.3).

5.1. Factoranalyse

Factoranalyse is een statistische techniek die een grote set van variabelen (in ons geval de set van ruimtelijke variabelen) reduceert tot een set van factoren of componenten. De techniek is gebaseerd op de intercorrelatie in de set van variabelen. In dit onderzoek is geopteerd voor de Principale Componenten Analyse.

Het is niet altijd mogelijk om een factoranalyse uit te voeren. Volgens Tabachnick en Fidell (1996, p. 640) is een factoranalyse slechts interessant voor data sets met meer dan 300 cases. Onze data set van statistische sectoren bevat 608 cases en is dus geschikt volgens dat criterium. Een tweede manier om dit na te gaan is de analyse van de intercorrelaties tussen de geselecteerde variabelen. De correlatiematrix bevat coëfficiënten groter dan 0,30. Dit betekent eveneens dat factoranalyse mogelijk is. Tenslotte kan de statistische meting van Kaiser-Meylin-Olkin (KMO) gebruikt worden om de geschiktheid te testen (Kaiser, 1970, 1974). Een goede factoranalyse is mogelijk wanneer de KMO index ongeveer 0,6 bedraagt of meer (maximum 1). In onze studie bedraagt de KMO index 0,6 wat er op wijst dat we een factoranalyse kunnen uitvoeren (Tabachnick & Fidell, 1996).

Het bepalen van het aantal factoren is nog steeds de keuze van de onderzoeker. Hij moet echter met twee zaken rekening houden. Langs de ene kant moet het aantal factoren dat overblijft zo laag mogelijk zijn, aan de andere kant moeten de factoren de variantie in de originele data set zoveel mogelijk verklaren. Een interessante techniek die bij de bepaling van het aantal kan gebruikt worden is het criterium van Kaiser (Tabachnick & Fidell, 1996). Tabel 4 geeft het resultaat voor deze test.

Tabel 4: Het criterium van Kaiser (volgens de PCA-methode)

Kaiser's Criterium			
Component	Eigenwaarde	% Variantie	Cumulatief %
1	3,128	20,856	20,856
2	2,237	14,914	35,770
3	1,524	10,157	45,927
4	1,205	8,031	53,959
5	1,121	7,470	61,429
6	1,030	6,867	68,296
7	,953	6,356	74,652
8	,833	5,551	80,203
9	,761	5,075	85,278
10	,659	4,392	89,670
11	,557	3,711	93,380
12	,400	2,669	96,049
13	,275	1,836	97,886
14	,187	1,246	99,131
15	,130	,869	100,000

Volgens Kaiser (1970, 1974) zijn alle factoren met een eigenwaarde van 1,0 of meer interessant om te behouden voor verder onderzoek. In ons geval gaat het om zes factoren of componenten. Deze eigenwaarde wijst op de hoeveelheid van de totale variantie die door de factor verklaard wordt. De zes componenten die weerhouden worden verklaren cumulatief 68,3% van de totale variantie.

Rotatie van de factoren

Eens het aantal factoren bepaald is, kunnen de factoren in een volgende stap geroteerd. Dit geeft een patroon dat veel gemakkelijker te interpreteren is. Er zijn twee methoden mogelijk: de ongecorreleerde (orthogonale) of de gecorreleerde oplossing (oblique). De eerste is gemakkelijker te interpreteren dan de tweede maar beide resulteren vaak in soortgelijke oplossingen (Tabachnick & Fidell, 1996, p.666). De resultaten tonen welke variabelen op welke componenten hoog scoren of met andere woorden elke component wordt voorgesteld door middel van een aantal variabelen met een hoge lading voor de component. De orthogonale rotatietechniek Varimax is een veel gebruikte methode die we ook toepassen. Deze methode tracht het aantal variabelen met hoge ladingen op elke component te minimaliseren (Pallant, 2001, p.155). Tabel 5 geeft een beeld van de zes componenten. Op deze manier kunnen ze geïnterpreteerd worden.

Tabel 5: Interpretatie van de componenten

Component	Label
1	<i>Veel tewerkstelling, veel handelszaken, dichte bebouwing,... zoals in de stadskern</i>
2	<i>Kernbebouwing, veel bewoning, hoge bevolkingsdichtheid, weinig open ruimte</i>
3	<i>Industrie- en havengebieden</i>
4	<i>Groen (residentieel) gebied, natuurgebied</i>
5	<i>Parken</i>
6	<i>Autosnelwegen, spoorwegen en andere infrastructuur</i>

Elke statistische sector krijgt nu een score op elk van de zes componenten, de ‘*factorscores*’. Een zeer negatieve score op component 1 bijvoorbeeld betekent dat het gebied helemaal niet dichtbebouwd is, er zeer weinig handelszaken zijn,... Deze factorscores zijn gestandaardiseerd en kunnen in een clusteranalyse worden opgenomen.

5.2. Clusteranalyse

De clusteranalyse brengt de statistische sectoren met soortgelijke factorscores samen in een groep. We gebruiken de hiërarchische clustermethode van Ward om de nodige clusters te genereren op basis van de zes factorscores voor elke statistische sector. Negen clusters geven het best de ruimtelijke structuur weer van het stadsgewest Antwerpen. Om de clusters te kunnen interpreteren, berekenen we voor elke cluster de gemiddelde factorscore op elke component. Daaruit blijkt dat de eerste cluster getypeerd wordt als sectoren met veel infrastructuur en/of snelwegen. De tweede cluster is een typische stadskerncluster met hoge tewerkstelling, veel dicht bebouwde bewoning, veel handelszaken,... De derde cluster wordt dan weer getypeerd als industrie- en havengebied. Vervolgens bekomen we een cluster waar op alle componenten gemiddeld gezien negatief wordt gescoord wat wijst op afwezigheid van functies, bewoning, tewerkstelling,... en vooral gekenmerkt wordt door landbouw en weiland (negatieve score op de tweede component). De vijfde cluster is een cluster met vooral bewoning (dichtbebouwd, kernbebouwd en met hoge bevolkingsdichtheid) vaak gelegen langs belangrijke infrastructuur (autosnelwegen etc.). De zesde cluster

bevat groen- en natuurgebieden, de zevende parkgebieden en de negende zijn de groene residentiële gebieden (suburbane verspreide bewoning in groene zones). De achtste cluster tenslotte omvat vooral sectoren met verspreide bewoning.

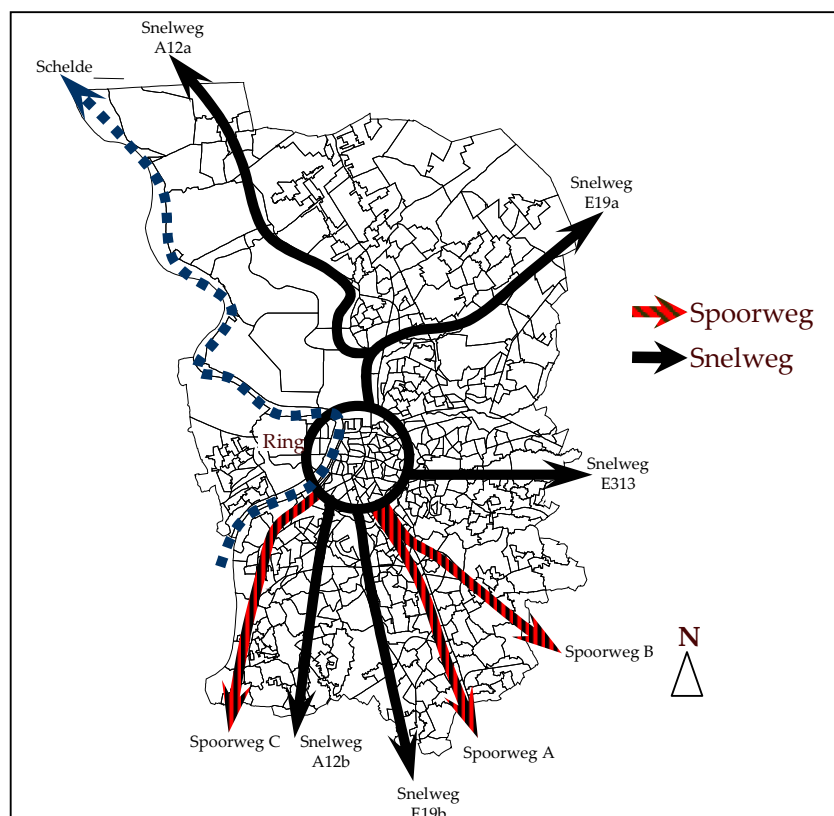
5.3. Ruimtelijk Zoneringsalgoritme

Het Ruimtelijk Zoneringsalgoritme (RZA) werkt vooral met de resultaten van de clusteranalyse gebaseerd op de geïntroduceerde ruimtelijke variabelen. Het tracht door middel van als-dan-regels statistische sectoren te bundelen tot homogene zones die wat betreft hun ruimtelijke kenmerken samen horen. Het RZA bestaat uit twee grote stappen: eerst en vooral wordt het studiegebied door middel van twee algoritmes opgedeeld in zeven grote grenszones waarna in een tweede fase nieuwe algoritmes zullen worden uitgevoerd die gebaseerd zijn op onder andere de clustering, de grenszones, de afbakening van het stadsgewest,... en die uiteindelijk tot de finale bestemmingsgebieden leiden.

Afbakening van de grenszones

In figuur 7 tonen we de belangrijkste infrastructurele en natuurlijke grenzen die werken binnen het studiegebied en waarvan enkele het studiegebied in zeven grote zones ('border zones') verdelen, namelijk: de snelweg A12 in noordelijke richting, de snelweg E19 in westelijke richting, de snelweg E313, de snelweg E19 in zuidelijke richting, de Schelde en tenslotte de ring rond Antwerpen. De andere grenzen aangeduid op figuur 7 zullen in de deelalgoritmes nog toegepast worden.

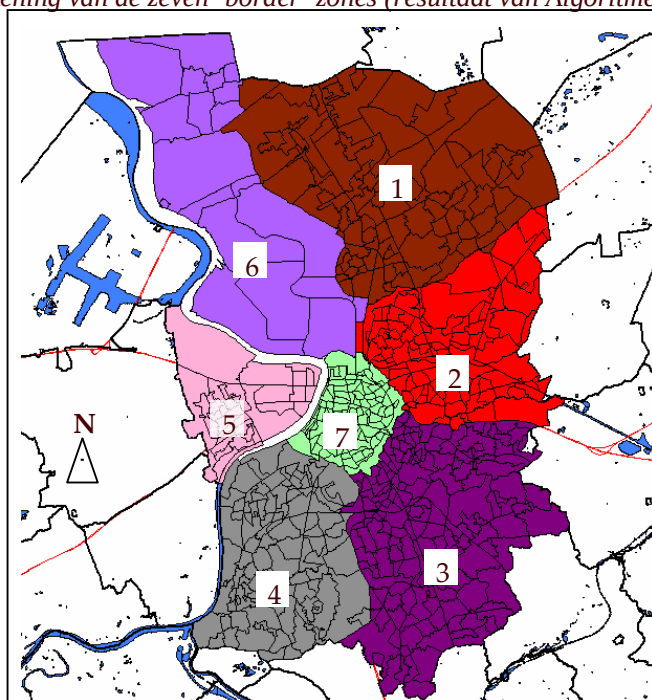
Figuur 7: Snelwegen, spoorwegen en de Schelde als grenzen



In Annex is het eerste deel van het algoritme (*Algoritme 1*) te vinden waarin met name de statistische sectoren worden toegewezen aan een grenszone. Startpositie is de groep van 608 statistische sectoren, waarbij SS_i statistische sectoren zijn met i gaande van 1 tot 608. Elke sector heeft voor elk van de zes grenzen een waarde 'Rechts' of 'Links' toegewezen gekregen. Zo is statistische sector met $i=4$ rechts van de snelweg A12 in noordelijke richting gelegen, dus: $SS_4(Border_{A12a})=Rechts$.

Tenslotte heeft elke statistische sector die een op- en/of afrit van een autosnelweg bevat voor de variabele *Exit* de waarde 1 gekregen. We wensen immers deze sectoren op een andere manier toe te wijzen aan een grensgebied (zie *Algoritme 2 in Annex*).

Figuur 8: Afbakening van de zeven 'border' zones (resultaat van Algoritme 1 en Algoritme 2)



In Algoritme 2 wordt elke statistische sector met een op- en/of afrit (dus met $SS_i(Borderzone)=0$) toegewezen aan een aangrenzende statistische sector SS_j of SS_k . Er wordt daarbij gekeken naar het resultaat van de clusteranalyse. Als de statistische sector met de op- en/of afrit gelegen is tussen twee statistische sectoren in elk een verschillende grenszone, dan wordt de grens niet in rekening gebracht (want er is een verbinding mogelijk langs de op- en/of afrit). De drie statistische sectoren worden dan (op voorwaarde dat ze alledrie tot dezelfde cluster behoren) aan de grenszone toegewezen waar de statistische sector met de op- en/of afrit in gelegen is. Algoritme 1 en 2 verdelen het gebied hierdoor op in zeven gebieden die voorgesteld zijn in *figuur 8*.

Afbakening van de bestemmingsgebieden

Het tweede onderdeel van het RZA is de afbakening van de bestemmingsgebieden op basis van het deelalgoritmen. Vertrekkende van 608 statistische sectoren, gaan we door middel van Algoritme 3 (Annex C) komen tot 196 zones k . Die zones k worden dan vervolgens in Algoritme 4 (Annex D) samengenomen tot 132 zones m . In een volgend algoritme (Annex E) worden de 132 zones m gegroepeerd tot 75 zones n ,

waarna tenslotte in Algoritme 6 (Annex F) de zones n samengenomen worden tot 33 bestemmingsgebieden.

In Algoritme 3 (zie Annex C) starten we van 608 statistische sectoren. Per grenszone ('*Border zone*') en naar gelang de stadsgewestzone ('*Metropolitan Area*') wordt er per sector gekeken of de daaraan grenzende statistische sectoren tot dezelfde cluster behoren. Indien dat zo is worden ze gegroepeerd tot één van de zones k . Wanneer dat niet het geval is wordt er overgegaan naar een volgende statistische sector tot alle statistische sector aan bod zijn gekomen. Naar gelang de sector verder van het stadscentrum verwijderd is, komen er extra beperkingen aan het samennemen van sectoren, zoals de voorwaarde dat de sectoren '*behoren tot de cluster industrie*' of '*behoren tot dezelfde postcode*'.

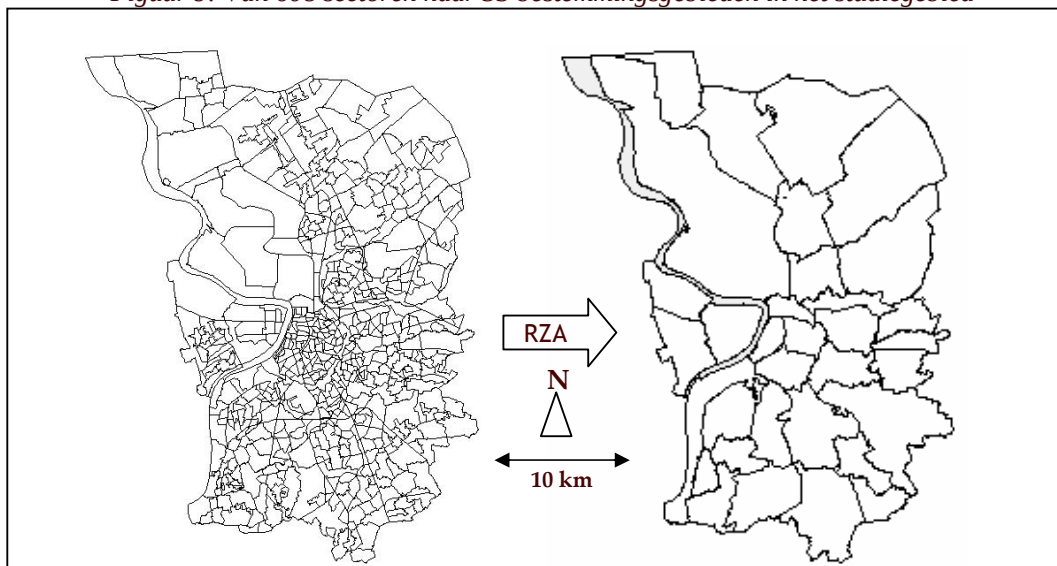
In Algoritme 4 (zie Annex D) starten we met de 196 zones k om uiteindelijk te eindigen met 132 zones m . In dit vierde algoritme wordt er opnieuw rekening gehouden met de grenszone ('*Border zone*') waartoe elke sector behoort, maar nu ook met twee spoorwegen en een autosnelweg (*autosnelweg A12b*, *spoorweg A* en *spoorweg B*; zie *figuur 7*) die ervoor zorgen dat sectoren die gescheiden worden door deze spoorwegen niet als aangrenzend worden beschouwd. Verder wordt in dit algoritme ook aandacht besteed aan zones k die slechts uit 1 statistische sector bestaan en die bovendien slechts begrensd worden door 1 andere zone k binnen de grenszone. In een derde stap worden zones k die slechts uit 1 statistische sector bestaan en tot de infrastructuurcluster behoren samengenomen met zones k die tot de industriecluster behoren. Tenslotte wordt er ook aandacht besteed aan zones k van het type 'industrie' die slechts bestaan uit één statistische sector en die daardoor toegewezen worden aan een zone k die tot de industriecluster of bewoningscluster behoort (zonder rekening te houden met stadsgewestzones zoals in Algoritme 3). Er moet bij dit algoritme wel opgemerkt worden dat de variabele *land use* (verwijzend naar het resultaat van de cluster) van sommige zones k aangepast wordt indien ze aan een groter gebied worden toegewezen dat een ander waarde heeft voor de variabele *land use*. Enkele grote gebieden zoals het havengebied hebben na dit algoritme hun finale vorm als bestemmingsgebied.

In Algoritme 5 (zie Annex E) starten we met de 132 zones m . Het is een uitgebreid algoritme dat in hoofdzaak tracht de kleinere gebieden met weinig bodemontwikkeling (zoals parken, open ruimte, groene gebieden,...) toe te wijzen aan grotere meer ontwikkelde zones. Opnieuw wordt er hierbij rekening gehouden met onder andere de grenzen van de *border zones*, de stadsgewestzones en de spoorwegen A, B en C (zie *figuur 7*) als scheiding tussen statistische sectoren. Ook worden postcodes in het algoritme geïntroduceerd dit om waar nodig ervoor te zorgen dat het algoritme niet tot te grote zones leidt. Voor sommige zones houdt dit algoritme ook in dat de variabele *land use* aangepast wordt. Na dit algoritme is een deel van de finale bestemmingsgebieden reeds gevormd.

In een laatste algoritme (zie Annex F), dat tot de finale bestemmingszones zal leiden, worden de laatste kleine gebieden (vooral enkele industriegebieden en zones met dichte bebouwing) aan een groter gebied toegewezen. Vervolgens worden de resterende infrastructuurzones onderdeel van een aangrenzend industriegebied. Tenslotte worden in de laatste twee stappen van het algoritme vooral de zones die gekenmerkt worden door dichte bebouwing toegewezen aan de grotere gebieden.

Uiteindelijk resulteert dit algoritme in 33 bestemmingsgebieden die weergegeven zijn in *figuur 9*. Deze 33 gebieden vormen de input voor het model; het zijn de alternatieven of keuzemogelijkheden voor het individu in ons discrete keuzemodel.

Figuur 9: Van 608 sectoren naar 33 bestemmingsgebieden in het studiegebied



6. Resultaten en simulaties van het bestemmingskeuzemodel

In tabel 3 toonden we de ruimtelijke variabelen die geselecteerd werden om opgenomen te worden in de afbakening van de bestemmingsgebieden. Daar tegenover staat tabel 6 die een overzicht geeft van de variabelen (zowel ruimtelijke als socio-economische variabelen) die de input zijn voor het bestemmingskeuzemodel. De tabel geeft bovendien het type variabele weer.

Tabel 6: Variabelen die geselecteerd werden om op te nemen in het bestemmingskeuzemodel

Data set	Niveau	Variabelen	Type
OVG data	Individu	Leeftijd	Continu
		Geslacht	Binair (2 categorieën)
	Huishouden	Inkomen	Discreet (5 categorieën)
		Locatie	Discreet (4 categorieën)
GIS		Type huishouden	Discreet (8 categorieën)
	Trip	Motief	Discreet (4 categorieën)
		Modus	Discreet (5 categorieën)
	Zone	Bodemgebruik:	Continu
		- Bebouwde kernen	Percentage
		- industrieel/commercieel gebied	
		- Landbouw en weiland	Percentage
		- Bewoning en andere ontwikkeling	
		Densiteit:	Continu
		- tewerkstelling	Geaggregeerd per zone
		- winkelaanbod	
	Trip	Duur van de verplaatsing	Continu
			Bereikbaarheidsvariabele

Verschillende combinaties van variabelen werden getest, steeds rekening houdend met multicolineariteit. Het wordt duidelijk hoe complex de data is: verschillende types variabelen worden gecombineerd op verschillende dataniveaus. Hierdoor zullen ruimtelijke planners in staat zijn de sensitiviteit op verschillende niveaus na te gaan. Het model kan eveneens simultaan het socio-economische gedrag en de effecten van ruimtelijk ontwikkeling nagaan.

6.1. Resultaten van bestemmingskeuzemodel

In tabel 7 is het resultaat van het model getoond dat verkregen werd door de variabelen te introduceren uit tabel 6. De bereikbaarheidsvariabele *Time* - de variabele die de tijd uitdrukt nodig om een bestemmingsgebied te bereiken (“snelste pad”) - heeft een hoge significantie vergeleken met andere variabelen in het model. Dit betekent dat de duur van de verplaatsing van oorsprong naar bestemming in staat is een groot deel van de variabiliteit in het model te verklaren. Bestemmingen die ver van het huishouden gelegen zijn, zijn duidelijk minder interessant dan deze die dichtbij gelegen zijn of met andere woorden, een hoge gevoeligheid ten opzichte van tijd en afstand (Hammadou *et al.*, 2003).

Tabel 7: Resultaten van het bestemmingskeuzemodel

	Value	Std err	t-test
Bereikbaarheid			
Duur van de verplaatsing	-0,52	0,00691	-75,67
Bodemgebruik			
Landbouw/weiland	-0,001	0,00388	-0,20*
Industrieel/commercieel gebied	-0,022	0,00426	-5,05
Bewoning en andere ontwikkeling	0,015	0,00113	12,90
Bebouwde kernen	-0,016	0,00256	-6,44
Dichtheid			
Tewerkstelling	0,00003	0,00001	4,15
Winkelaanbod	0,00263	0,00015	17,02
Socio-demografische variabelen			
Leeftijd	0,009	0,00445	2,13
Inkomen			
Inkomen < 500 euro	1,09	0,75692	1,44*
Type huishouden			
Eénoudergezin met twee of meer kinderen	0,76	0,38866	1,97
Koppel met twee of meer kinderen	1,60	0,60495	2,65
Locatie huishouden			
Suburbs	1,35	0,60240	2,25
Kenmerken van de verplaatsingsketen			
Motief			
Diensten (dokter, bank,...)	1,31	0,62549	2,09
Modus			
Fiets	-1,29	0,27050	-4,79
Aantal observaties (N)	3609		

* geen significante variabele

Naast de tijd nodig om de bestemmingsgebieden te bereiken, is de keuze van de bestemming ook beïnvloed door andere ruimtelijke variabelen (namelijk densiteit- en bodemgebruikvariabelen) enerzijds en socio-economische variabelen anderzijds.

Ruimtelijke variabelen met betrekking tot densiteit en bodemgebruik zijn bijvoorbeeld 'het aantal winkels' en 'de tewerkstelling in het gebied'. Beide hebben een positieve invloed. Dit kwam ook eerder in onderzoek van Van Wee (2002) naar voor. Hoe hoger het percentage bebouwing in een gebied, hoe hoger dat de kans om er een bestemming te kiezen. Daartegenover staat dat de bodemgebruikvariabelen percentage industrie een negatief effect hebben op de aantrekkelijkheid van een bestemming. Het percentage bebouwde kernen heeft eveneens een negatieve invloed, omdat deze variabele wijst op een gespecialiseerd en ongevarieerd bodemgebruik in een bestemmingsgebied, waardoor de aantrekkelijk van het gebied zal dalen als het percentage stijgt. Deze resultaten komen overeen met onze verwachtingen.

Socio-economische variabelen zoals leeftijd, inkomen en type huishouden hebben een effect op alle bestemmingen samen. Dezelfde socio-economische variabele komt voor in de nutsfuncties van alle bestemmingsgebieden, met als gevolg dat als de gemiddelde leeftijd van de bevolking in de zone van oorsprong stijgt, dit een effect heeft op de kans dat alle alternatieven verkozen worden, inclusief de zone van oorsprong. Met andere woorden, niet alleen heeft een stijging of daling een impact op één specifieke zone, de socio-economische variabelen kunnen eveneens de stroom tussen de zone van oorsprong en de bestemmingsgebieden verklaren.

In de toekomst zal door middel van diverse simulaties de gevoeligheid van het model voor veranderingen in de ruimtelijke structuur verder getest worden. Naast simulatietechnieken, kunnen eveneens elasticiteiten berekend worden, die meer informatie geven over de proportionele stijging of daling van de vraag veroorzaakt door een verandering van 1% in een variabele. De elasticiteiten zullen berekend worden voor zowel de ruimtelijke als de socio-economische variabelen.

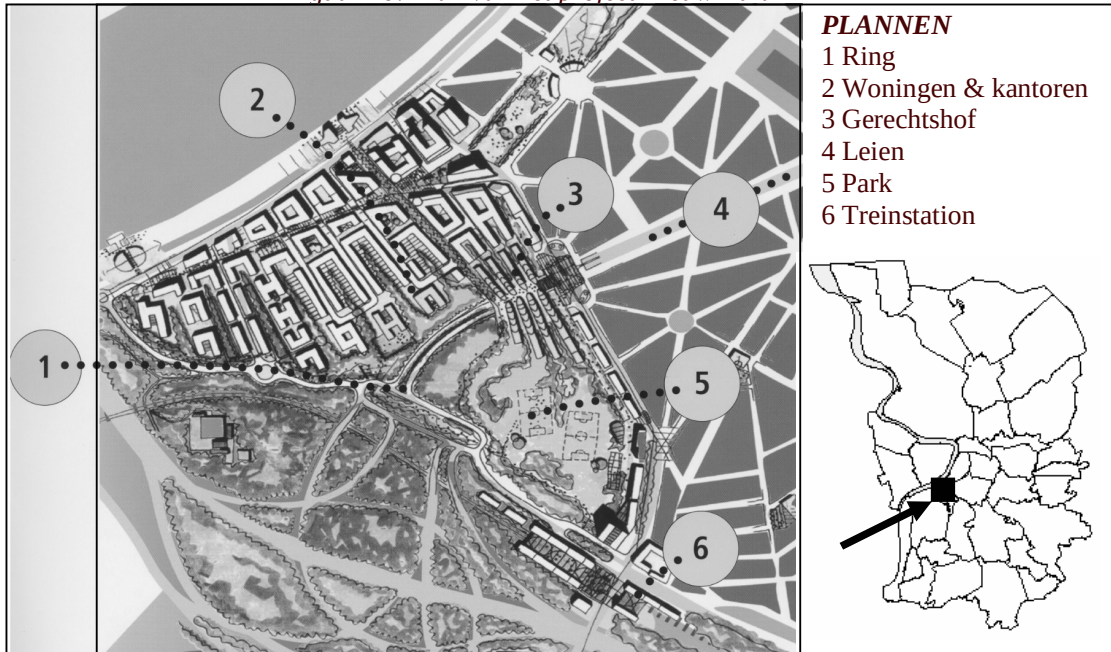
6.2. Simulaties

Na het analyseren van de resultaten van het multinomiaal keuzemodel, is het interessant om de impact van een specifieke ruimtelijke verandering op de keuze van een alternatief te bekijken. Zulke scenariostudies hebben als doel inzicht te geven in de mogelijke invloed van ruimtelijke ontwikkelingen op personenmobiliteit. Het ruimtelijk en mobiliteitsgedrag van individuen en huishoudens is immers afhankelijk van de locaties van nieuw te bouwen woon- en werkgebieden, van nieuw aan te leggen infrastructuur en van de evolutie van de kosten van mobiliteit (Van der Hoorn en Van Wee, 1997). Ter voorkoming van mobiliteitsproblemen is het bovendien aangewezen dat er in de ontwikkeling van nieuwe wijken met concentraties van woningen (of andere gebouwen die veel verkeer aantrekken) voldoende aandacht wordt besteed aan de verkeersafwikkeling via het wegstelsel en het openbaar vervoer (Van Wee, 1995).

Om dit soort simulatieprocessen te illustreren, wordt in deze paragraaf onderzocht wat de impact is van twee geplande stedelijke ontwikkelingsprojecten in het Antwerpse stadsgewest, het zogeheten Nieuw-Zuid en Petroleum-Zuid. Nieuw-Zuid is een project dat tot doel heeft de connectie maken tussen de zuidelijke stadsrand en de Antwerpse binnenstad. Dit prestigieus project omvat een nieuw gerechtshof, een nieuw residentieel gebied gecombineerd met kantoorruimte, een openbaar park en handelszaken. Het is gelegen naast de Schelde en het wordt vandaag de dag gekenmerkt door een verlaten haveninfrastructuur en weilanden. Om deze nieuwe ontwikkelingen goed bereikbaar te maken door openbaar vervoer, is er in de plannen

ook een expansie van het nabijgelegen station Antwerpen-Zuid voorzien gecombineerd met de ontwikkeling van extra tramlijnen en efficiënte op- en afritten aan de Antwerpse ring (Stad Antwerpen, 2002).

Figuur 10: Plan van het project Nieuw-Zuid



Bron: Stad Antwerpen (2002)

Tabel 8: Impact van het project Nieuw-Zuid op de ruimtelijke structuur

	LAND USE 2001	CHANGE	ESTIMATED LAND USE
Housing & development	0,19%	+33,63%	33,82%
Municipal Parks	0,00%	+13,68%	13,68%
Highway roads	7,45%	+2,63	10,08%
District roads	0,00%	+2,57%	2,57%
Alluvial Meadowland	0,01%	+0,01%	0,00%
Mixed Forests	0,41%	-0,18%	0,23%
Broad-Leaved Forests	13,05%	-1,30%	11,75%
Meadowland	7,59%	-6,47%	1,12%
Infrastructure	13,60%	-6,69%	6,91%
Port Infrastructure	28,69%	-18,80%	9,89%
Agriculture/open space	25,82%	-19,69%	6,13%
Densely Built Housing	0,24%	0	0,24%
Water	2,67%	0	2,67%
<i>Land use total</i>	<i>99,71%</i>		<i>99,04%</i>
	DENSITY	CHANGE	ESTIMATED DENSITY
Population	1	+2999	3000
Population density	1,02 / km ²	+2455,33 / km ²	2456,35 / km ²
Employment	7	+1993	2000
Employment density	7,12 / km ²	+1957,96 / km ²	1965,08 / km ²
Number of firms	1	+49	50
Number of shops	0	+40	40
Shopping density	0 / km ²	+39,30 / km ²	39,30 / km ²
Number of schools	0	0	0
School density	0 / km ²	0	0 / km ²
	ACCESSIBILITY	CHANGE	ESTIMATED ACCESSIBILITY
Accessibility to shopping	0,61	+0,59	1,20
Accessibility to industry	0,13	+0,07	0,20
Accessibility to housing	1,27	+0,13	1,40
Public transport freq/hour	44,19	+500	544,19

In deze simulatie worden de reeds berekende ruimtelijke variabelen van bodemgebruik, dichtheid en bereikbaarheid voor de sectoren waarin dit project zal gecreëerd worden aangepast volgens de plannen van de architecten. Volgens VESPA, het autonoom gemeentebedrijf dat het stadsproject Nieuw-Zuid beheert, zal het te ontwikkelen gebied 13 hectare woningen (of ongeveer 3000 nieuwe inwoners), 8 hectare kantoren (of een kantooroppervlakte van 200 000 m²) en 9 hectare stadspark omvatten. Tabel 8 toont de geschatte wijzigingen van de ruimtelijke variabelen na de introductie van het project Nieuw-Zuid.

Aan de andere kant van de snelweg rond Antwerpen is een tweede project gepland in de nabije toekomst: Petroleum-Zuid. Hoewel de meeste havenactiviteiten deze site al lange tijd verlaten hebben, behoort het gebied momenteel nog steeds toe aan de haven. Momenteel zijn nog slechts vijf bedrijven actief in deze zone. De algemene doelstelling van het project Petroleum-Zuid is het openen van de zuidelijke grens van het Antwerpse stadscentrum en het verbinden van de minder rijkere buurten nabij Petroleum-Zuid met de binnenstad. Het gewestplan voorziet voor dit gebied een mix van industrie en park- of groengebied. Het is echter nog niet duidelijk wat concreet wordt verstaan onder het begrip “park- of groengebied”. Er zouden plannen zijn om dit stedelijke gebied te ontwikkelen als stadsproject met economische activiteiten in een groene omgeving (Van Dyck, 2003).

Momenteel onderzoekt een studie de impact van de ontwikkeling van een industrieel gebied van 75 à 80 hectare. Het voorstel van het autonome gemeentebedrijf VESPA is ook om meer open ruimte te creëren in dit gebied ofwel in de vorm van een stadspark ofwel in de vorm van een plein; alles samen voor een oppervlakte van ongeveer 20 hectare. Tabel 9 toont de geschatte wijzigingen van de ruimtelijke variabelen na de introductie van het project Petroleum-Zuid.

Tabel 9: Impact van het project Petroleum-Zuid op de ruimtelijke structuur

	LAND USE 2001	CHANGE	ESTIMATED LAND USE
Industry	1,25%	+44,62%	45,87%
Municipal Parks	0%	+10%	10%
Alluvial Meadowland	0,63%	+0,19%	0,82%
Housing & development	0%	0	0%
Highway roads	0,46%	0	0,46%
District roads	0%	0	0%
Densely Built Housing	0%	0	0%
Water	4,23%	0	4,23%
Mixed Forests	0,04%	-0,04%	0%
Broad-Leaved Forests	10,92%	-2,53%	8,39%
Meadowland	11,51%	-6,41%	5,10%
Agriculture/open space	15,18%	-8,71%	7,01%
Infrastructure	16,91%	-11,13%	5,78%
Port Infrastructure	33,18%	-20,40%	12,78%
<i>Land use total</i>	<i>100%</i>		<i>100%</i>
	DENSITY	CHANGE	ESTIMATED DENSITY
Population	15	0	15
Population density	9,96 / km ²	0	9,96 / km ²
Employment	533	+521	1054
Employment density	354 / km ²	+346 / km ²	700 / km ²
Number of firms	10	+20	30
Number of shops	0	0	0
Shopping density	0 / km ²	0	0 / km ²
Number of schools	0	0	0
School density	0 / km ²	0	0 / km ²
	ACCESSIBILITY	CHANGE	ESTIMATED ACCESSIBILITY
Accessibility to shopping	0,53	+0,08	0,61
Accessibility to industry	0,12	+0,30	0,42
Accessibility to housing	1,14	+0,13	1,27
Public transport freq/hour	0	0	0

Beide stadsprojecten zijn gelegen in hetzelfde bestemmingsgebied. Hierdoor wordt het mogelijk om, naast het berekenen van de impact van één bepaald project op de aantrekkelijkheid van de sector of het bestemmingsgebied, ook het effect te onderzoeken van de introductie van beide projecten samen op de kans om voor dit bestemmingsgebied te kiezen. De resultaten zijn voorgesteld in tabel 9.

Tabel 9: Impact van de projecten op de aantrekkelijkheid van het bestemmingsgebied

	Sector		Bestemmingsgebied (dat Nieuw Zuid en Petroleum Zuid omvat)
	Nieuw Zuid	Petroleum Zuid	
Verandering in aantrekkelijkheid	+78.2%	-65.2%	+12.7%

Uit de resultaten van onze simulatie blijkt dat het project Nieuw-Zuid aantrekkelijker wordt voor inwoners van het Antwerpse stadsgewest en dat het project Petroleum-Zuid een negatieve invloed zal hebben op de aantrekkelijkheid van de sector. Dit heeft vooral te maken met het feit dat Nieuw-Zuid nieuwe handelsruimte zal bevatten, een stadspark, woningen en kantoren die logischerwijze heel wat meer mensen zal aantrekken dan het industriële project Petroleum-Zuid. Petroleum-Zuid wordt een groot deel van de aanwezige haveninfrastructuur vervangen door industrie, dat een negatieve impact heeft op de aantrekkelijkheid van een bestemmingsgebied (**tabel 7 het gaat om niet-werk bestemmingen – industriegebieden trekken geen personen aan**). Beide projecten samen hebben een positief effect op de kans om te kiezen voor het bestemmingsgebied dat deze twee projecten omvat.

7. Conclusies

Het modelleren van de bestemmingskeuze gebeurde tot op heden relatief weinig vergeleken met de eerder talrijke modellen rond modale keuze. De complexiteit van het modelleren van de bestemmingskeuze is ook veel groter, gezien het bijna oneindig aantal alternatieven. Een rem op het modelleren van de bestemmingskeuze is de beschikbaarheid van gegevens. Om een goede ruimtelijke analyse te maken zijn de geschikte datasets nodig, dankzij GIS kunnen vandaag de dag steeds betere ruimtelijke datasets gegenereerd worden. Een tweede reden is dat recente ontwikkelingen in econometrie en computertechnologie het mogelijk maken om modellen rond bestemmingskeuze te berekenen.

De keuze van de bestemming is een keuze tussen discrete alternatieven. In deze paper werd gekozen voor een veel gebruikte vorm van discrete keuze modellering, het MNL model. De resultaten van het model in deze paper geven al een goed idee van de verbanden tussen de variabelen die ontwikkeld werden (zoals bodemgebruik en densiteit) en de keuze van een bestemming. We kunnen ons de vraag stellen of er wordt voldaan aan alle voorwaarden. Meer specifiek wordt er verondersteld in dit soort modellering dat de gevoeligheid voor de kenmerken van de alternatieven over de individuen homogeen is (m.a.w. MNL modellen omvatten een assumptie van niet-geobserveerde respons homogeniteit). Deze assumptie is echter niet realistisch. Er zijn meerdere manieren om de IID-fout en/of de assumptie van de homogeniteit te verzwakken (Bhat en Guo, 2003). Een alternatief voor het MNL model is multinomial probit (MNP). De eerste assumptie kan verzwakt worden door bijvoorbeeld toe te staan dat de willekeurige componenten gecorreleerd zijn met behoud van de veronderstelling dat ze identiek verdeeld zijn. De laatste assumptie kan verzwakt

worden door bijvoorbeeld toe te staan dat de coëfficiënten van de attributen willekeurig variërend mogen zijn. Nieuwe modelleringstechnieken zullen worden uitgewerkt zoals nested logit, mixed logit etc.

Met de resultaten van het model kan men (i) inzichten krijgen in verbanden tussen ruimtelijke en socio-economische variabelen enerzijds en de bestemmingskeuze anderzijds; (ii) simulaties doorvoeren om te meten wat de impact is van grote stadsontwikkelingsprojecten op de bestemmingskeuze. Het huidige model wordt momenteel geoptimaliseerd door middel van: (i) de introductie van complexere modellen en (ii) het toevoegen van nieuwe variabelen. Deze variabelen zullen vooral betrekking hebben op het aanwezige openbaar vervoer. Op grootstedelijk niveau wordt er immers door de overheden vandaag de dag een hoge prioriteit toegekend aan het uitbreiden en verbeteren van hoogwaardig openbaar vervoer. Voor steden kan het openbaar vervoer een zeer aantrekkelijk alternatief zijn voor autoverplaatsingen. Ook zullen de technieken die ontwikkeld werden in deze paper (rond het genereren van ruimtelijke variabelen, het afbakenen van bestemmingsgebieden en discrete keuzemodellering) toegepast worden op andere Vlaamse stadsgewesten (zoals Gent, Mechelen etc.).

Dankwoord

Dit onderzoek werd uitgevoerd voor rekening van de Belgische Staat, Diensten van de Eerste Minister - Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden, ter uitvoering van het tweede "Plan voor wetenschappelijke ondersteuning van een beleid gericht op duurzame ontwikkeling" (PODO II). We bedanken de Vlaamse Gemeenschap, meer specifiek Eddy Peetermans voor de praktische bijstand met de GIS-toepassingen en Wilfried Goossens voor de OVG data.

Referenties

- Banister, D. (1999), 'Planning more to travel less: Land Use and Transport', *Town Planning Review*, Vol. 70 (3)
- Badoe, D.A. & Miller, E.J. (2000), 'Transportation-Land-Use Interaction: Empirical Findings in North America and their Implications for Modeling', *Transportation Research D*, Vol. 5, pp. 235-263.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S.R. (1985), *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, Cambridge (Mass.) and London, MIT Press.
- Bhat, C and Guo, J. (2003), 'A mixed Spatially Correlated Logit Model: Formulation and Application to Residential Choice Modeling', *2003 International Association for Travel Behavior Research*, Lucerne, Switzerland.
- Cervero, R. (1996), 'Mixed Land-Use and Commuting: Evidence from the American Housing Survey', *Transportation Research A*, Vol. 30(5), pp. 361-377.
- Cervero, R. & Knockelman, K. (1997), 'Travel Demand and the 3D's: Density, Diversity and Design', *Transportation Research D*, Vol. 2(3), pp. 199-219.
- Cramer, J.S. (1991), *The Logit Model*, London, Edward Arnold.
- ESRI (2003), *Technical Article, No. 18856*. Downloadable from website: <http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.techarticles.articleShow&d=18856>
- GOM (2001), *Bedrijvengids 2001*, CD-ROM
- Hammadou, H., Thomas, I., Van Hofstraeten, D. & Verhetsel, A. (2003), 'Distance Decay in activity chains analysis. A Belgian case study'; in Dullaert, W., Jourquin, B. & Polak, J. (eds), *Across the border: building upon a quarter century of transport research in the Benelux*, Antwerpen, De Boeck, pp 1-26.
- Hensher, D.A. and Johnson, L.W. (1981), *Applied Discrete-Choice Modeling*, Croon Helm,

- London.
- Johnson N.L. and Kotz, S. (1970), *Continuous Univariate Distributions-1*, New York, Houghton Mifflin Company.
- Kaiser, H. (1970), A Second Generation Little Jiffy, *Psychometrika*, Vol. 35, pp. 401-415.
- Kaiser, H. (1974), An index of factorial simplicity, *Psychometrika*, Vol. 39, pp. 31-36.
- Maddala, G.S. (1983), *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- McFadden, D. (1973), 'Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior', in P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York.
- McFadden, D. (1976), 'Quantal Choice Analysis: A Survey', *Annals of Economic and Social Measurement*, Vol. 5(4), pp.363-390.
- McFadden, D. (1978), 'Modelling the Choice of Residential Location', in: A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars and J.W. Weibull (Eds), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, pp. 75-96.
- NIS, (2001), *Bevolking van het Rijksregister op 1 januari 2001*, Databank NIS
- OC-GIS Vlaanderen (2003), *Bodembedekkings- en Bodemgebruiksbestand*. Downloadable from website: http://web.gisvlaanderen.be/gis/downloads/Fol_bdg_2001.pdf
- OC-GIS Vlaanderen (2002), *Bodembedekkings- en Bodemgebruiksbestand*, CD-ROM
- Ortuzar, J.D. and Willumsen, L.G. (1994), *Modeling Transport*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Pallant, J. (2001), *SPSS Survival Manual*, Open University Press, Buckingham, Philadelphia, 286 p.
- Schwanen, T., Dieleman, F.M. and Dijst, M. (2001), 'Travel Behaviour in Dutch Monocentric and Policentric Urban Systems', *Journal of Transport Geography*, Vol. 9, pp. 173-186.
- Sherlock, R., Mooney, P., Winstanley, A., Husdal, J. (2002), *Shortest Path Computation: A Comparative Analysis*, Paper presented at the GISRUUK 2002 Conference, University of Sheffield, Sheffield.
- Srinivasan, S. and Ferreira, J. (2002), 'Travel behavior at the household level: understanding linkages with residential choice', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 7 (3), pp. 225-242.
- Stad Antwerpen (2002), *Nieuw Zuid: De Nieuwe Place To Be*, Antwerpen
- Stead, D. (2001), 'Relationships between Land Use, Socio-Economic Factors and Travel Patterns in Britain', *Environment and Planning B*, Vol. 28(4), pp. 499-529.
- Tabachnick, B.G. and Fidell, L.S. (1996), 'Using multivariate statistics (3rd edition)', Harper Collins, New York.
- TeleAtlas (2001), *MutiNet dataset 2001*, CD-ROM
- Timmermans, H.J.P. and Golledge, R.G. (1990), 'Applications of Behavioural Research on Spatial Problems II: Preference and Choice', *Progress in Human Geography*, Vol. 14(3), pp. 311-354.
- Thomas I., Hermia J.P., Vanelslander T. & Verhetsel A. (2003), 'Accessibility to freight transport networks in Belgium: a geographical approach', *Journal of Economic and Social Geography (TESG)*, Vol 94, nr 4., pp 424-438.
- Train, K. (1986), *Qualitative Choice Analysis, Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand*, Cambridge (Mass.) and London, MIT Press.
- Van Dyck, B. (2003), *Brownfields Redevelopment: Governance and Partnerships*, Erasmus University Rotterdam/EURICUR, The Netherlands.
- Van der Haegen, H., Van Hecke, E., Juchtmans, G. (1996), *De Belgische Stadsgewesten, Statistische Studiën nr. 104*, 42 p.
- Van der Hoorn, T. & Van Wee, B. (1997), 'De invloed van ruimtelijke ordening op verkeer en vervoer: scenariostudies vergeleken', *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, Vol. 33/1, pp. 43-62.
- Van de Voorde, T. & Canters, F. (2003), 'Gebruik van zeer hoge resolutie satellietbeelden in stedelijk beheer, beleid en planning: potentiële toepassingen en knelpunten', *De Aardrijkskunde*, Vol. 1-2, pp. 57-64
- Van Wee, B. (1995), 'Verkeer en vervoer in de nota's over de ruimtelijke ordening',

Tijdschrift Vervoerswetenschap, Vol. 31/3, pp.279-294

Van Wee, B. (2002), 'Land Use and Transport: Research and Policy Challenges', *Journal of Transport Geography*, Vol. 10, pp. 259-271.

Verhetsel, A. (2001), 'The Impact of planning and infrastructure measures on rush hour congestion in Antwerp, Belgium'; in: *Journal of Transport Geography*, Vol. 9 (2), pp. 111-123.

Wise, S. (2002), *GIS Basics*, Taylor & Francis, London.

Zwerts, E., Nuyts, E. and Miermans, W. (1999), *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Stadsgewest Antwerpen 1999*.

Websites

SCOOT, internet zoekmachine: <http://www.scoot.be>

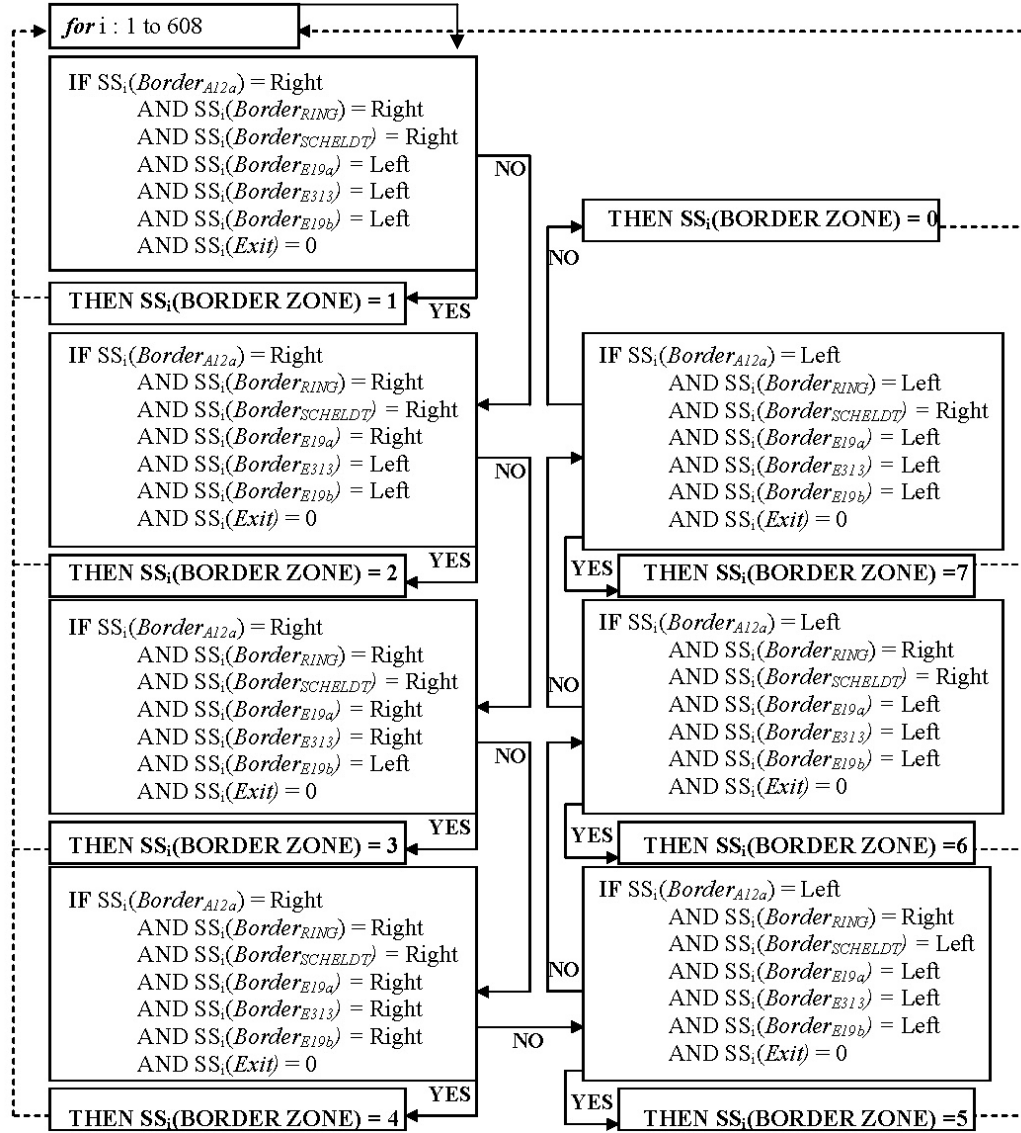
Onderwijs Vlaanderen, <http://onderwijs.vlaanderen.be/onderwijsaanbod>

Bodemgebruik Vlaanderen, <http://www.gisvlaanderen.be/geo-vlaanderen/bodemgebruik>

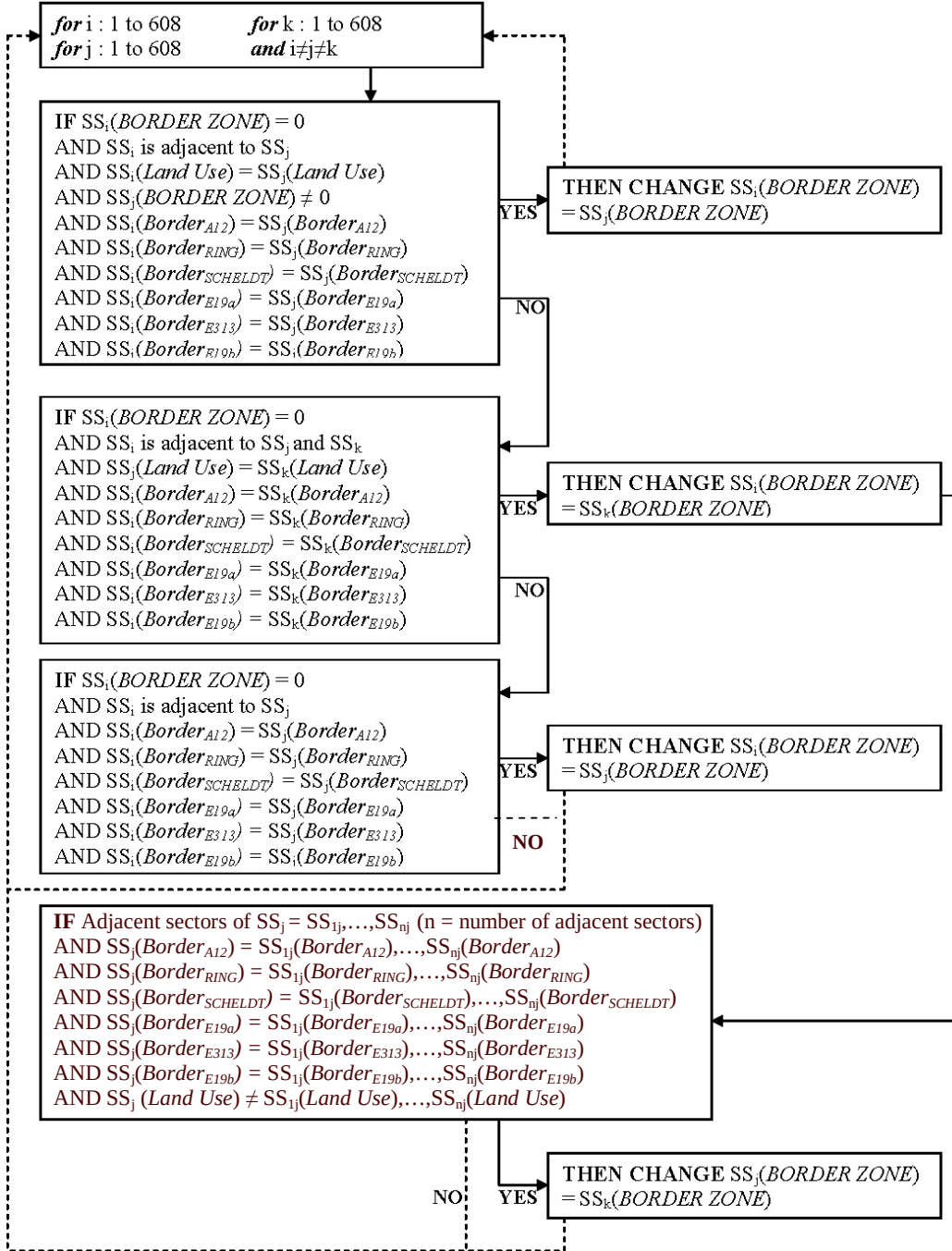
Andere bronnen

VESPA (Isabelle Van Achter, Koen Der Kinderen)

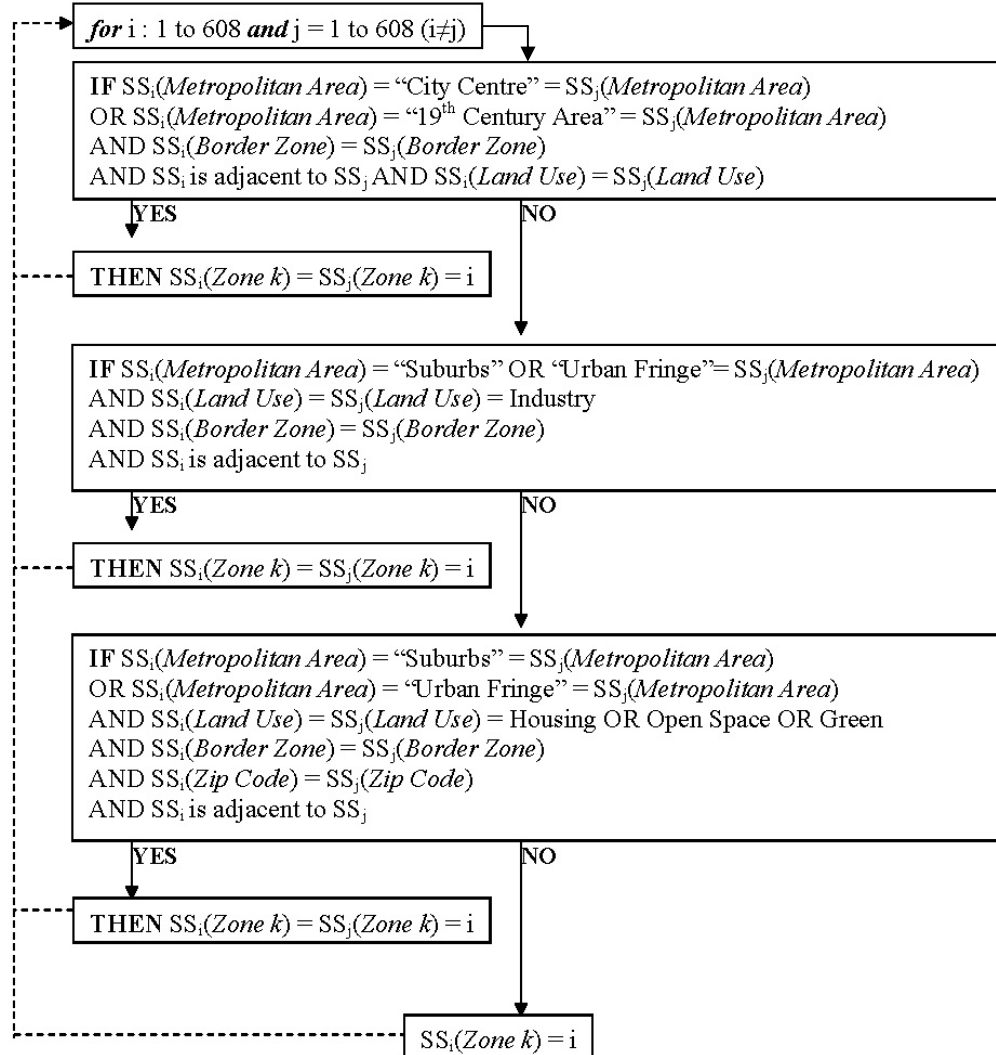
Annex A: Algoritme 1: Toewijzen van statistische sectoren aan grenszones



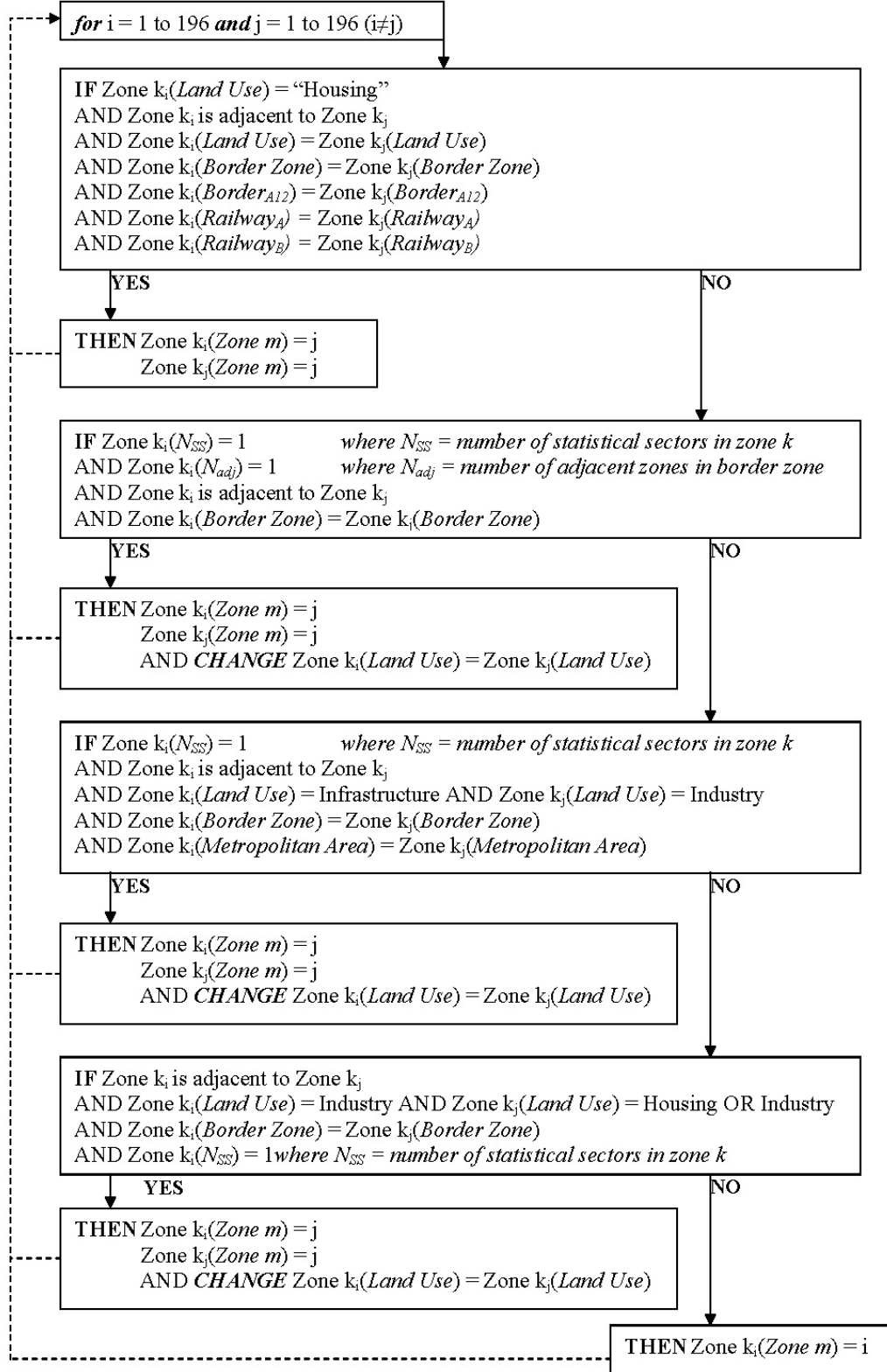
Annex B: Alogritme 2: Toewijzen van statistische sectoren met op-en/of afrit



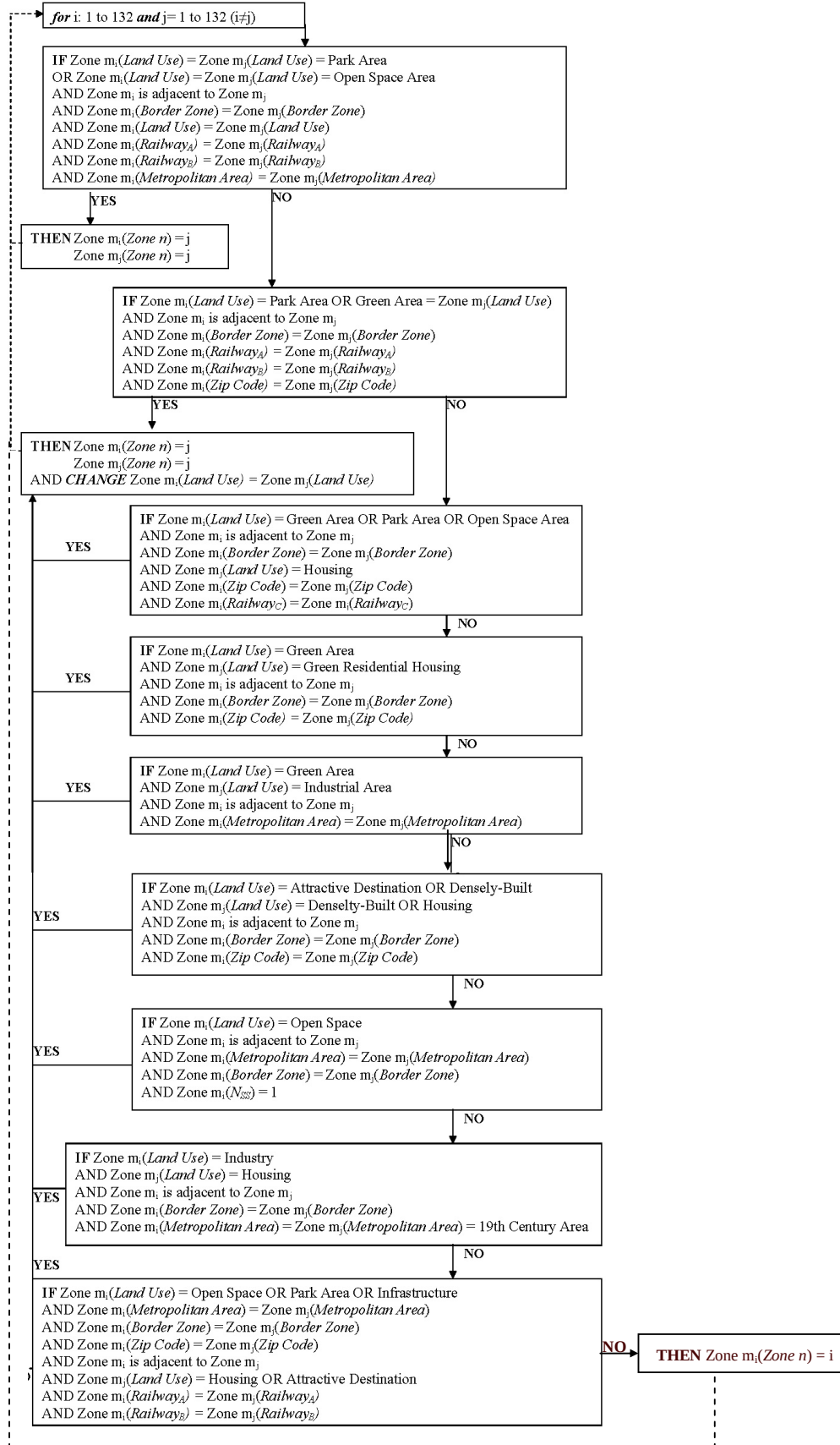
Annex C: Alogritme 3: Toewijzen van statistische sectoren aan zones k



Annex D: Alogritme 4: Toewijzen van zones k aan zones m



Annex E: Alogritme 5: Toewijzen van zones m aan zones n



Annex F: Alogritme 6: Toewijzen van zones n aan bestemmingsgebieden

