

En wat als de olie op is?
De relatie tussen ruimte en energieverbruik voor vervoer

Kobe Boussauw
Universiteit Gent - Vakgroep Geografie
kobe.boussauw@ugent.be

Dirk Lauwers
Universiteit Gent - Afdeling Mobiliteit en Ruimtelijke Planning
dirk.lauwers@ugent.be

Frank Witlox
Universiteit Gent - Vakgroep Geografie
frank.witlox@ugent.be

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2008, Santpoort**

Samenvatting

Het is sinds lang duidelijk dat ongecontroleerde ruimtelijke ontwikkelingen hand in hand gaan met een toename van het autoverkeer. Nochtans wordt verplaatsingsgedrag niet enkel bepaald door de ruimtelijke structuur op zich. Ruimtelijke structuur kan echter wel faciliterend werken voor effecten van andere elementen die de mobiliteit beïnvloeden, zoals financiële factoren of beperkingen in het vervoersaanbod.

De stijgende brandstofprijzen zullen wellicht een stimulans vormen voor een reductie van het brandstofverbruik, die veel sterker zal zijn dan elk overheidsbeleid voorheen. Mensen die zich verplaatsen zullen niet enkel overstappen op zuinigere vervoermiddelen, maar zullen ook proberen de dagelijkse pendelafstanden te reduceren. De ruimtelijke dynamiek zal in toenemende mate het belang van het concept "nabijheid" weerspiegelen. Het ruimtelijk beleid zou erop gericht moeten zijn op deze dynamieken te anticiperen, en ze te faciliteren met het oog op een duurzame ontwikkeling.

In het algemeen zal het functioneren van de ene ruimtelijke structuur gevoeliger zijn voor een moeilijkere toegang tot brandstof dan de andere. Op verschillende schaalniveaus kan een typologie van de ruimte worden ontwikkeld op basis van olieafhankelijkheid. Vervolgens kan het potentieel voor een verdere verduurzaming van een wijk, stadsdeel, regio bepaald worden. Een combinatie van beide kenmerken kan een maat vormen voor de robuustheid van de wijk onder externe wijzingen in het aanbod van brandstof.

Om deze relaties te onderzoeken werd voor Vlaanderen en Brussel een kaart ontwikkeld die de regionale variatie in het energieverbruik voor het woon-werkverkeer weergeeft. De gebruikte data is afkomstig van de federale Sociaal-Economische Enquête uit 2001. De kaart toont een ruime variatie in niveaus van energieverbruik voor vervoer. Voor bepaalde regionale verschillen zijn de redenen duidelijk. In de grote steden, bijvoorbeeld, zijn de woon-werkafstanden kleiner en zijn voetgangers of openbaar-vervoergebruikers meer aanwezig. In andere gebieden merken we fenomenen op die minder evident zijn. In streken met een doorgedreven ruimtelijke mix van wonen en werken kan er in het algemeen gesproken worden van een lager energieverbruik. In landelijke gebieden met een beperkte werkgelegenheid zien we toenemende energieniveaus in de omgeving van opritten van het autosnelwegnet, te wijten aan geïnduceerd pendelverkeer.

Onder meer deze bevindingen bieden ons een kader waarbinnen achterliggende oorzaken diepgaander onderzocht kunnen worden. Dit onderzoek kan op haar beurt leiden tot beleidsaanbevelingen die anticiperen op een minder olie-afhankelijke ruimtelijk-economische structuur.

1. Inleiding

Duurzame ontwikkeling is de centrale doelstelling van zowat alle beleidsplannen voor ruimtelijke ordening en mobiliteit die het laatste decennium afgekondigd werden. Het ontwerp Mobiliteitsplan Vlaanderen (2001) bijvoorbeeld formuleert het ontwikkelen van een duurzame mobiliteit als het verbeteren van de bereikbaarheid, toegankelijkheid, verkeersveiligheid, verkeersleefbaarheid en milieu- en natuurkwaliteit.

Op de meetbaarheid van het begrip “duurzaamheid”, zowel met betrekking tot het vervoersysteem als tot de ruimtelijke structuur in haar geheel, wordt echter slechts zelden dieper ingegaan. Nochtans is het mogelijk meetbare indicatoren te selecteren. Het verbruikte energievolume voor vervoer, dat op dit ogenblik nagenoeg integraal uit aardolie wordt geput, is er daar één van. De voorraden fossiele brandstoffen zijn namelijk eindig, en de verbranding ervan is één van de hoofdoorzaken van het broeikas-effect en van de luchtvervuiling in verstedelijkte gebieden. Bovendien speelt de fragiele economische relatie met olieproducerende landen een rol in het globale plaatje, alsook de sociale ongelijkheid die door stijgende olieprijsen in de hand wordt gewerkt.

Reeds in de jaren 1980 verdedigden Newman en Kenworthy (1989) het gebruik van de indicator energieconsumptie als proxy voor de duurzaamheid van het vervoersysteem en bij uitbreiding van de hele ruimtelijke structuur van de stad. Het hoeft geen betoog dat deze indicator niet alle elementen van een duurzaam vervoersysteem kan vatten. De nadruk ligt sterk op de milieueffecten, en op de economische afhankelijkheid van geïmporteerde olie. Andere aspecten van duurzaamheid, zoals sociale gelijkheid, verkeersveiligheid en een betrouwbare bereikbaarheid vertonen niet steeds een even uitgesproken relatie met het energieverbruik. Niettemin is het verdedigbaar om het energieverbruik voor vervoer, per hoofd van de bevolking gemeten, als proxy voor duurzaamheid te nemen. Dit zal verder in deze tekst beargumenteerd worden.

De voorliggende tekst wil een aanzet zijn voor verder onderzoek dat de relatie tussen deze indicator en de ruimtelijke structuur van Vlaanderen in beeld brengt. De bedoelde indicator wordt dus niet enkel als proxy beschouwd voor de duurzaamheid van het vervoersysteem op zich, maar bij uitbreiding voor die van de ruimtelijk-economische structuur als geheel. Uiteindelijk zal het de bedoeling zijn een maat te vinden voor de robuustheid van ruimtelijke structuren in een klimaat van schaarser wordende motorbrandstof.

Daartoe brengen we het gemiddelde energieverbruik voor het woon-werkverkeer in Vlaanderen en Brussel in kaart. Op basis van de regionale verschillen kunnen een aantal hypothetische verbanden met de onderliggende ruimtelijk-economische structuren gelegd worden, die we kort zullen bespreken en die eveneens het voorwerp zullen vormen van verder onderzoek.

2. Energie en ruimtelijke structuur

Specifiek voor Vlaanderen en Brussel werd de relatie tussen energieverbruik voor vervoer en de ruimtelijk-economische structuur niet eerder onderzocht. We willen deze duurzaamheidsindicator introduceren omwille van de relatief eenvoudige meetbaarheid, en omwille van het groeiende energie- en broeikasdebat.

Het is mogelijk om op basis van klassieke transportsurveys een schatting te maken van het energieverbruik per capita voor personenvervoer. Afhankelijk van de beschikbare informatie kan deze schatting gemaakt worden op het niveau van een woonwijk of een werklocatie, of kan een opdeling gemaakt worden op basis van het type verplaatsing (werkpendel, schoolpendel, recreatieve verplaatsingen, ...) of transportmodus. Dit maakt deze indicator relatief eenvoudig kwantificeerbaar.

Het tweede argument voor het gebruik van de energie-indicator is het toenemende belang van de factor energie in het maatschappelijk debat. De groei van het draagvlak om de uitstoot van broeikasgassen en andere schadelijke stoffen systematisch terug te dringen gaat gepaard met instabiele maar onmiskenbaar sterk stijgende olieprijsen. De opwarming van de aarde wordt wereldwijd als een belangrijk ecologisch en sociaal-economisch probleem beschouwd. Ook het overschrijden van drempelwaarden voor gezondheidsbedreigende emissies, zoals het zogenaamde fijn stof, wordt door het beleid steeds vaker een aanleiding voor het nemen van maatregelen.

Daarnaast wordt steeds ernstiger rekening gehouden met een naderende peak-oilcrisis. "Peak oil" verwijst naar het tijdstip waarop de wereldwijde olie-extractie haar maximumvolume zal bereiken, om vervolgens weer in te krimpen. Aangezien de vraag naar olie zal blijven stijgen, worden exorbitante prijsstijgingen verwacht met ernstige economische gevolgen, in het bijzonder voor die economieën die het meest afhankelijk zijn van (geïmporteerde) olie. Wanneer we de productiepiek zullen bereiken, is vooralsnog onduidelijk. Het is echter wel duidelijk dat ze er zal komen. In de loop van de laatste jaren zijn de prijsstijgingen van de olie alvast niet welvaartsvast gebleken. Van 2002 tot 2007 is de prijs van de ruwe olie met zo'n 330% gestegen (inflatiecorrectie toegepast), terwijl de prijsstijging over de periode van 1997 tot 2002 tot 9% beperkt bleef (Historical Crude Oil Prices, 2008).

Fysisch gezien is het niet mogelijk om de enorme energiemassa die in de loop van miljoenen jaren opgeslagen werd in fossiele energielagen, te substitueren door de op dit ogenblik beschikbare zonne-energie, onder welke vorm dan ook (Chomat, 2004). Op wereldschaal bekeken hebben ook de meest veelbelovende alternatieve technologieën dus slechts zin als de toepassing ervan gepaard gaat met een ernstige reductie van het energieverbruik op zich, die wellicht door een prijsmechanisme in de hand gewerkt zal worden. Deze stelling wordt ondersteund door de vaststelling dat er anno 2008 geen significante verschuiving merkbaar is in de richting van hernieuwbare energiebronnen, en dit ondanks de sterk stijgende olieprijsen.

Over de relatie tussen ruimtelijke structuur en verplaatsingsgedrag is reeds heel wat inkt gevloeid. Verplaatsingspatronen kunnen sterk heterogeen zijn en variëren met de morfologie en het gebruik van de ruimte. Hoewel begrippen als dichtheid en diversiteit klassiek beschouwd worden als kenmerken van een ruimtelijke structuur met een potentieel voor duurzame verplaatsingen (Cervero en Kockelman, 1997), is het in feite erg moeilijk om ruimtelijke parameters te isoleren en causale verbanden aan te tonen. Een recent overzicht van de literatuur wordt onder meer gegeven door Van de Coevering en Schwanen (2006). Deze bestaande literatuur beschouwt bijna steeds duidelijk afgebakende stedelijke gebieden. Er is anderzijds weinig bekend over de relatie tussen de gesuburbaniseerde historisch-polycentrische ruimtelijke structuur waardoor Vlaanderen gekenmerkt wordt, en de verplaatsingspatronen van haar gebruikers.

Het verplaatsingsgedrag bepaalt in sterke mate het energieverbruik, waarbij de afgelegde afstanden en de gebruikte modus de belangrijkste parameters zijn. Daarnaast zal ook het autobezit en - voor autobezitters - het gekozen type wagen meespelen (Keppens, 2006).

3. Een pendel-energieprestatiekaart

De voorliggende paragraaf wil het concept van de pendel-energieprestatiekaart ontwikkelen. Dit is een eerste stap in het onderzoek naar het potentieel functioneren van ruimtelijke structuren op basis van een lager energieverbruik.

Omwille van de beperktheid van de beschikbare gegevens kan de kaart slechts gezien worden als een eerste benadering, die voornamelijk tot doel heeft voor Vlaanderen en Brussel de gradiënten met betrekking tot het energieverbruik voor woon-werkverkeer bloot te leggen. In een volgende fase kan dan de relatie gelegd worden met een aantal ruimtelijke karakteristieken.

De basisgegevens zijn betrokken uit de Algemene Socio-Economische Enquête 2001 (SEE 2001, zie: Verhetsel, Thomas, Van Hecke en Beelen, 2007). SEE 2001 is een exhaustieve bevraging van de Belgische bevolking (exclusief kinderen jonger dan zes jaar), die haar oorsprong vindt in de tienjaarlijkse volkstelling. De respons op de enquête bedraagt 95%. De vragenlijst van SEE 2001 bevat een aantal op mobiliteit betrokken vragen. Er wordt gepeild naar de afstand tussen de woning en het werk of de school. Daarnaast worden vragen gesteld over de gebruikte voermiddelen voor woon-werk- of woon-schoolverplaatsingen, het aantal al of niet gecombineerde dagelijkse verplaatsingen, het voertuigbezit en de perceptie van het aanbod aan openbaar vervoer in de buurt.

De gegevens over woon-werkafstanden worden geaggregeerd per buurt (statistische sector) en gedeeld door de werkende beroepsbevolking. Op die manier wordt voor het woon-werkverkeer een kaart opgemaakt die de gemiddelde woon-werkafstand per lid van de actieve beroepsbevolking weergeeft. Het is mogelijk een gelijkaardige kaart op te maken voor de woon-schoolafstanden.

De pendel-energieprestatiekaart wordt in eerste instantie enkel voor het woon-werkverkeer opgemaakt, aangezien het woon-werktraject in sterke mate determinerend is voor het volledige verplaatsingspatroon van het betrokken individu of huishouden. Bovendien is het woon-werkverkeer heel wat minder prijselastisch, en dus inertiër, dan andere verplaatsingen (Bogaert et al., 2006).

Om rekening te houden met de verschillen in energetische efficiëntie tussen de verschillende gebruikte transportmodi, worden de gegeven woon-werkafstanden op basis van SEE 2001 uitgesplitst per modus. SEE 2001 bevat geen directe informatie over het hoofdvervoermiddel voor het afgelegde traject. Om het verband tussen de modus en de afgelegde afstand te behouden, wordt op basis van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (OVG 2001) (Zwerts en Nuyts, 2004) voor elke modus een correctiefactor afgeleid uit de gemiddeld ritlengte (Tabel 1).

SEE 2001 beschouwt "bus, tram, metro" als één modus. Nochtans zijn er aanzienlijke verschillen in energie-efficiëntie tussen bussen, trams en metrotreinen. Daarom werd deze "modus" uitgesplitst op basis van de reizigersstatistieken van de stads- en streekvervoermaatschappijen in Vlaanderen (De Lijn) en Brussel (MIVB) voor het jaar 2006 (De Lijn, 2006; Maatschappij voor het Intercommunale Vervoer te Brussel, 2006) (Tabel 2). De modus "trein" wordt uitgesplitst in 78% elektrisch en 22% diesel, op basis van De Vlieger et al. (2006).

Het resulterende aantal persoonskilometers per modus wordt vermenigvuldigd met een gestandaardiseerde waarde voor het energieverbruik per modus (Tabel 3). Deze standaardwaarden werden gepubliceerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (De Vlieger et al., 2006). Het gaat om gemiddelden, voor een deel gebaseerd op buitenlands onderzoek. Binnen het bestek van deze tekst bleek een verfijning van deze data op basis van de Vlaamse context niet mogelijk.

Alle energetische waarden worden omgerekend naar kilowattuur per persoonskilometer (KWh/pkm). Daarbij wordt steeds het finaal energieverbruik door het voertuig beschouwd. Dit houdt in dat voor elektrische voertuigen geen rekening gehouden wordt met de verliezen die optreden bij de productie en transmissie van de gebruikte elektriciteit, die sterk afhangen van de wijze waarop deze wordt opgewekt. Voor de categorie "auto als medereiziger" wordt dezelfde waarde gebruikt als voor de categorie "auto als bestuurder", aangezien de standaardwaarde per persoon geldt en reeds rekening houdt met de gemiddelde bezettingsgraad van het voertuig. Er wordt geen rekening gehouden met meer specifieke variaties in het energieverbruik, zoals bijvoorbeeld het onderscheid tussen diesel- en benzineauto's, of regionale verschillen in de samenstelling van het wagenpark of de bezettingsgraad van bussen en treinen.

De uiteindelijke kaart (Kaart 1) wordt bekomen door het totale energievolume voor woon-werkverkeer per statistische sector te delen door de werkende beroepsbevolking die binnen de sector woont.

4. Ruimtelijke variatie

Regio's waar het energieverbruik voor het woon-werkverkeer bijzonder hoog ligt, zijn de Vlaamse Ardennen (A1) en het westelijke deel van het Pajottenland (A2), het Hageland (A3) en de meer perifere delen van zowel Limburg (A4) alsook de Kempen (A5), het Waasland (A6), het Meetjesland (A7) en de Westhoek (A8) (Kaart 1). Deze regio's hebben met elkaar gemeen dat ze een relatief landelijk karakter bezitten ten opzichte van de arbeidsmarkten waar ze zich op richten. Zo behoren de Vlaamse Ardennen en het Hageland nog tot de invloedssfeer van de arbeidsmarkten van Brussel, Gent en Leuven, zelfs al zijn deze relatief veraf gelegen (Van Nuffel, 2007). Bovendien zijn inwijkelingen in deze landelijke regio's vaak kapitaalcrachtigen die op zoek zijn naar een rustige woonomgeving en minder gevoelig zijn voor de financiële impact van de grote dagelijkse pendelafstand.

Verder komen bepaalde corridors langs de autosnelwegen sterk tot uiting het kaartbeeld. In het bijzonder de E40 ten westen van Gent (B1), de E17 door het Waasland (B2), de A8 ten zuiden van het Pajottenland (grotendeels gelegen in Walonië) (B3), en de snelwegcorridors in de Voorkempen (E19, E34, E313 onmiddellijk ten westen van Antwerpen) (B4) en het Hageland (E314, E40) (B5) vallen op. Het is duidelijk dat in deze gevallen de verhoogde bereikbaarheid door de aanwezigheid van een autosnelweg bijgedragen heeft tot het vergroten van de pendelafstanden en het toegenomen belang van de modus auto.

Het gebied bij uitstek waar het energieverbruik laag is, is het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (C1). De Vlaamse Rand sluit hierbij aan, maar scoort toch minder goed dan de Brusselse gemeenten. Deze uitkomst beantwoordt aan de verwachtingen, aangezien het Brussels Gewest niet enkel de grootste jobmarkt van het land vertegenwoordigt, maar ook de hoogste bevolkingsdichtheden kent. Het is dan ook logisch dat de "match" tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt op korte afstand gerealiseerd wordt. Bovendien is de grootstedelijke ruimtelijke structuur hier verantwoordelijk voor de relatief grote invloed van andere parameters zoals modal split en wagenbezit op het energieverbruik.

Gelijkaardige patronen doen zich voor in de twee andere grootstedelijke gebieden Antwerpen (C2) en Gent (C3), waarbij het effect van de stedelijke structuur in Antwerpen duidelijk verder reikt dan in Gent het geval is. De regionaalstedelijke gebieden kennen eveneens een lager energieverbruik dan gemiddeld. Dit is het geval in de stedelijke gebieden van Brugge (C4), Oostende (C5), Roeselare (C6), Kortrijk (C7), Aalst (C8), Sint-Niklaas (C9), Leuven (C10), Turnhout (C11), en Hasselt-Genk (C12).

Maar ook buiten de groot- en regionaalstedelijke gebieden zijn er een aantal regio's die eruit springen door hun beduidend lager energieverbruik. De meest aaneengesloten regio is de Leiestreek (D1) en de zuidelijke helft van de provincie West-Vlaanderen (D2). Een voor de hand liggende verklaring is dat de ruimtelijk-

economische structuur van deze gebieden gekenmerkt wordt door een sterke ruimtelijke uitspreiding van minder gespecialiseerde arbeid, en een sterk aanwezige ruimtelijke verweving van de arbeidsmarkt met de woonstructuur. Ook het belang van locatiegebonden bedrijvigheid, in het bijzonder in de landbouwsector, speelt hier wellicht een rol. De afstand tussen woon- en werkplaats blijft daardoor relatief beperkt.

Verder scoort ook de corridor Brussel-Mechelen-Antwerpen (D3) opvallend goed in het kaartbeeld, alsook de economische as van het Albertkanaal oostwaarts vanaf Herentals (D4). Deze economisch sterke gebieden kennen hoge concentraties aan werkgelegenheid en een - op schaal van Vlaanderen - relatief goede vermenging met de woonstructuur. Ook het noordelijke deel van het Waasland (D5), de hierop aansluitende regio van Dendermonde-Aalst (D6) en de centrale as van het Meetjesland (D7) lijken dit patroon te volgen.

Ook een aantal laagdynamische landelijke gebieden, zoals de Kustpolders (D8), de Westhoek (D9), het West-Vlaamse Heuvelland (D10) en de noordelijke Kempen (D11) kennen lage cijfers. Wellicht is de relatief slechte bereikbaarheid van deze regio's de reden dat slechts weinig lange-afstandspendelaars zich hier vestigen. Bovendien maken de lage bebouwingsgraad en bevolkingsdichtheid dat in deze regio's nog steeds een relatief groot aandeel van de bevolking in de lokale landbouw actief is.

5. Relatie met andere parameters inzake pendelgedrag

5.1 Ruimtelijke patronen en relatie met de woon-werkafstand

De pendel-energieprestatiekaart (Kaart 1) vertoont een opvallende overeenkomst met de kaart die de woon-werkafstand visualiseert (Kaart 2). Het is zelfs zo dat er geen enkele streek in Vlaanderen te vinden is waar een duidelijke discrepantie optreedt tussen Kaart 1 en Kaart 2, bijvoorbeeld op basis van een variatie in het aandeel van de duurzame modi.

De correlatiecoëfficiënt tussen beide reeksen indicatoren blijkt 0,95 te bedragen. We kunnen dan ook concluderen dat het energieverbruik voor het woon-werkverkeer in eerste instantie bepaald wordt door de afstand tussen woon- en werkplaats, en pas in tweede orde door de andere variabelen die we in beschouwing nemen. In tegenstelling tot wat in het algemeen aangenomen wordt, lijkt de gebruikte modus slechts een zeer beperkte rol te spelen. Dit kan ten dele verklaard worden door het feit dat de gemiddelde afstand die door treinpendelaars afgelegd wordt, heel wat groter is dan het gemiddelde traject dat per auto wordt afgelegd. Anderzijds is de fiets slechts een alternatief voor de korte verplaatsingen, waardoor deze modus slechts marginaal vertegenwoordigd is in het totale aantal afgelegde kilometers.

5.2 Relatie met het aandeel van de verschillende modi

Het grootste aandeel fietsers komt in eerste instantie daar voor waar de woon-werkafstanden het kleinst zijn, met het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en de Vlaamse Rand als grote uitzondering op deze regel. Volgens het OVG 2001 bedraagt de gemiddelde lengte van een fietstraject in het woon-werkverkeer 4,07 km. Dit cijfer is gebaseerd op een survey, waarvan bekend is dat de betrouwbaarheid van de gerapporteerde afstanden relatief klein is in de lagere afstandsklassen (Witlox, 2007). Toch kunnen we stellen dat de fiets enkel een belangrijke rol kan spelen in die streken waar de pendelafstanden in deze grootteorde liggen.

De invloed van het fietsgebruik op het totale energieverbruik voor het woon-werkverkeer lijkt erg beperkt. Zelfs in regio's met een relatief hoog fietsgebruik gaat het om minder dan 20% van het aantal verplaatsingen. Doordat met de andere modi per rit veel grotere afstanden overbrugd worden (zie Tabel 1), is de door fietsers geboekte energiewinst weinig significant. Het lage energieverbruik in streken met een groot aandeel fietsers is grotendeels op rekening te schrijven van de kleine absolute afstanden die er afgelegd worden, ongeacht de gebruikte modus. Het positieve effect van deze korte afstanden wordt in deze gebieden echter wel extra versterkt door het grotere aandeel fietsers, dat hier in vergelijking met andere streken het autogebruik op korte afstand substitueert.

Hoge concentraties aan treinpendelaars zijn te vinden langs enkele hoofdspoorassen, alsook in de Denderstreek en delen van de Vlaamse Ardennen. Opvallend is dat een belangrijk gedeelte van de concentratiegebieden van treinpendelaars gelegen is in die streken waar de pendelafstanden het grootst zijn en het corresponderende energieverbruik het hoogste ligt. Dit kan verklaard worden vanuit de bevinding uit het OVG 2001, dat de gemiddelde lengte van een treinrit in het woon-werkverkeer met haar 48,48 km erg hoog ligt (Tabel 1). De trein blijkt dus voornamelijk een alternatief te zijn voor lange autoritten. Bijgevolg is het logisch dat de trein populair is in regio's met grote pendelafstanden.

Er zijn geen éénduidige uitspraken mogelijk over de invloed van het treingebruik op het energieverbruik. Enerzijds is het zo dat de gemiddelde treinreiziger veel grotere afstanden aflegt dan de gemiddelde autobestuurder (48,48 km tegenover 20,33 km). Wanneer we per modus het gemiddelde energieverbruik per kilometer (0,14 kWh/pkm respectievelijk 0,48 kWh/pkm, zie Tabel 3) vermenigvuldigen met het gemiddelde aantal afgelegde kilometers per modus, dan blijkt dat in het woon-werkverkeer het energieverbruik van een treinrit per persoon slechts 30% lager ligt dan het energieverbruik van een autorit. Dit verschil is minder indrukwekkend dan de verwachtingen die geschapen worden door het duurzame imago van de trein. Een goed treinaanbod genereert overigens ook langeafstandsverplaatsingen, wat in termen van energieverbruik geen winst betekent. Tenslotte brengen de meeste treinritten voor- en natransport met zich mee, vaak onder de vorm van een extra autoverplaatsing.

Anderzijds substitueert de trein, waar dit aanbod aanwezig is, lange autoritten. Bovendien doet ze dit - per kilometer gerekend - op een energiezuinige manier. Niettemin blijft het aandeel treingebruikers, ook in de concentratiegebieden, beperkt tot maximaal zo'n 20%. In het algemeen kan gezegd worden dat er door het trein-gebruik slechts een positief effect op het energieverbruik optreedt in die regio's waar de gemiddelde woon-werkafstanden al groot zijn. Het effect is daar echter te klein om zichtbaar te worden op de energieprestatiekaart (Kaart 1).

Gezien het overzicht van Brussel in het gebruik van de modi tram, bus en metro (hier samenvattend als één modus beschouwd), kunnen we geen conclusies trekken over de gemiddelde ritafstand voor deze. De waarden uit Tabel 1 zijn namelijk bepaald op basis van een steekproef in Vlaanderen. Ook de impact op het energieverbruik is moeilijk in te schatten. Er is namelijk een belangrijke discrepantie tussen het energieverbruik van elektrisch spoorvervoer en dat van (diesel)bussen. Enkel in Brussel is een extensief metro- en tramnetwerk aanwezig.

Anderzijds is het zo dat die delen van Brussel en Antwerpen die zeer goed scoren op het vlak van energieverbruik, eveneens een hoog tot zeer hoog aandeel openbaar-vervoergebruikers kennen. Het is duidelijk dat de hoge dichtheid van bewoners en jobs in deze steden de positieve effecten van de nabijheid van functies combineert met een energie-efficiënt en goed benut stadsvervoersysteem. In termen van energieprestatie is het vooral de metro, aangevuld met de tram, die bijdraagt. De goede energetische efficiëntie en de hoge bezettingsgraad zijn hiervoor verantwoordelijk.

In de rest van Vlaanderen speelt het op dieselbussen gebaseerde stads- en streekvervoer nauwelijks een rol in de energieprestatie van de woon-werkpendel. Het in vergelijking met de grootstedelijke gebieden beperkte aanbod, en de weinig concurrentiële snelheid van deze vorm van openbaar vervoer zijn er mee de oorzaak van dat het stads- en streekvervoer hier weinig succes kent in het marktsegment van het woon-werkverkeer. Hoewel hier niet verder op ingegaan wordt, speelt de relatief lage bezettingsgraad van de voertuigen buiten de grootstedelijke gebieden eveneens in het nadeel van de energieprestatie van het openbaar vervoer.

6. Onderzoekshypothese: relatie met ruimtelijk-morfologische karakteristieken

Het kader waarbinnen deze tekst geschreven werd stelt het onderzoek naar de relatie tussen mobiliteit en ruimtelijke structuur centraal. Het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV, 1997/2004) stelt: "Ruimtelijke structuur is de samenhang tussen ruimtelijke elementen en activiteiten. Structuur heeft tegelijkertijd en in samenhang betrekking op het morfologische (...) en op het functioneren (...)."

Hierna willen we een eerste aanzet geven tot het leggen van verbanden tussen de ruimtelijke variatie van de energieprestatie voor het woon-werkverkeer (als bena-

derende indicator voor de duurzaamheid van het ruimtelijk-economisch systeem) en de morfologische karakteristieken van de ruimte.

De bedoelde morfologische karakteristieken kunnen zeer divers van aard zijn, waardoor het niet eenvoudig is om deze te definiëren. Cervero en Kockelman (1997) vatten de ruimtelijke dimensies die het verplaatsingsgedrag beïnvloeden samen in de "3 D's: density, diversity en design" (dichtheid, diversiteit en ontwerp). Voor elk van deze drie dimensies kunnen indicatoren ontwikkeld worden. Onder de noemer "dichtheid" kan onder meer de concentratie van bewoning of die van jobs worden verstaan, of ook de bereikbaarheid van een ruimtelijk gelokaliseerd aanbod aan werkgelegenheid. Voor het meten van diversiteit zijn verschillende methodes ontwikkeld, zoals een index voor variatie of voor ruimtelijke entropie. "Ontwerp" slaat op het meten en typeren van de morfologie van de infrastructuur.

Schwanen en Mokhtarian (2005) onderzochten de rol van persoonlijke voorkeuren in de keuze van de modus voor pendel, en stelden vast dat de morfologie van de omgeving wel degelijk als significante parameter kan worden geïsoleerd.

Zowel de analyses van Cervero en Kockelman (1997) als die van Schwanen en Mokhtarian (2005) zijn geïnspireerd op onderzoek in het typisch Noord-Amerikaanse stedelijke gebied van de San Francisco Bay Area, een regio die morfologisch weinig overeenkomsten vertoont met Vlaanderen en Brussel. Wellicht kan hun kader hier dan ook niet zomaar toegepast worden. Ter illustratie: een ruimtelijk-morfologische parameter die niet kan gevat worden binnen de theorie van Cervero en Kockelman (1997) is het reliëf. In Vlaanderen blijkt de topografie nochtans doorslaggevend te zijn voor het gebruik van de fiets in het woon-werkverkeer.

Behalve een kader om deze indicatoren te kunnen ontwikkelen, zijn ook ruimtelijk-morfologische gegevens nodig. Deze moeten beschikbaar zijn op een detailniveau dat verenigbaar is met de schaal waarop het onderzoek gebeurt. Hieronder geven we een eerste aanzet voor enkele mogelijke onderzoeksrichtingen, op basis van relatief eenvoudige ruimtelijke variabelen: de toegang tot het hoofd- en spoorwegennet en de bevolkingsdichtheid.

6.1 Relatie met de toegang tot het hoofdwegennet

Om inzicht te krijgen in mogelijke effecten van de aanwezige infrastructuur, werd het hoofdwegennet, alsook het spoorwegennet, reeds weergegeven op Kaart 1. Opvallend is dat sommige hoofdwegen zich duidelijk in het kaartbeeld aftekenen, terwijl andere dat helemaal niet doen. Afhankelijk van de ruimtelijke en economische context van plaats en tijd waarin de beschouwde hoofdweg werd gebouwd, lijkt het erop dat verschillende types van hoofdwegen kunnen worden onderscheiden. De ruimtelijk variërende patronen in het verplaatsingsgedrag kunnen in verder onderzoek gekwantificeerd worden op basis van bereikbaarheid van locaties, bijvoorbeeld zoals berekend door Vandenbulcke et al. (2007).

6.2 Relatie met de toegang tot het spoorwegnet

Ook een relatie met het spoorwegnet is zichtbaar in het kaartbeeld, zij het dat die er wellicht voornamelijk om historische redenen is. De stations bevinden zich namelijk steeds nabij de historische kernen, die de hoogste woondichtheid en vaak ook de grootste functiemix herbergen. Verder onderzoek zou kunnen aantonen in welke gevallen de aanwezigheid van de trein effectief een relatief laag energieverbruik met zich meebrengt.

6.3 Relatie met de bevolkingsdichtheid

Newman en Kenworthy (1989) toonden met hun onderzoek aan dat steden met een grotere bevolkingsdichtheid ook een betere energieprestatie kennen op het vlak van vervoer. Zij bestudeerden echter enkel duidelijk afgeijnde stedelijke gebieden. Ook Brussel was betrokken in hun onderzoek. Het studiegebied werd echter begrensd tot wat vandaag het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is. Externe pendelstromen werden dus niet beschouwd, terwijl deze pendelaars in de praktijk een belangrijk deel van de Brusselse jobs invullen.

Een eerste verkenning geeft aan dat er ook in delen van de gesuburbaniseerde historisch-polycentrische ruimtelijke structuur waardoor Vlaanderen gekenmerkt wordt kan gesproken worden van een verband tussen bevolkingsdichtheid en energieverbruik voor vervoer. Het verband is echter niet voor elke buurt even duidelijk. Ook hier ligt een onderzoeksveld braak.

7. Conclusie

Samenvattend kunnen we stellen dat de energieprestatie van het vervoer een belangrijke benaderende indicator is voor de duurzaamheid van een ruimtelijke structuur. In een tijdperk waarin het faciliteren van een "low carbon economy" steeds hoger op de agenda komt te staan, kan hier niet genoeg aandacht aan geschonken worden. Op basis van een beter inzicht in de mechanismen die aan de basis liggen van de belangrijke regionale variaties in energieprestatie die kunnen worden waargenomen, zou dit aspect opgenomen kunnen worden in het instrumentarium van de ruimtelijke planning.

Een concrete vaststelling die we in dit verband kunnen maken, is het uitgesproken belang van het concept "nabijheid". De afstand tussen woon- en werkplaats is in zeer sterke mate bepalend voor de energieprestatie van een ruimtelijk-economisch systeem. In tegenstelling tot de gangbare opvatting, en in het bijzonder buiten de grootstedelijke gebieden, is de gebruikte modus van veel minder groot belang. Deze wetenschap vindt slechts in beperkte mate weerslag in het overheidsbeleid, dat zeer sterk gericht is op het doen dalen van het aandeel autobestuurders, maar veel minder op het reduceren van het aantal afgelegde kilometers. Nochtans nam de gemiddelde woon-werkafstand tussen 1991 en 2001 nog steeds toe (Verhetsel et al., 2007).

De kans dat iemand in zijn woonomgeving een geschikte job vindt, of het gemak waarmee iemand in de buurt van zijn of haar werk kan gaan wonen zal in toenemende mate bepalend zijn voor de robuustheid van het ruimtelijk-economisch systeem in een klimaat van stijgende olieprijsen. Verplaatsingsgedrag blijft in sterke mate bepaald door de starheid van het woningpatrimonium, wat ingrijpen niet eenvoudig maakt.

Daarom is het belangrijk een diepgaander inzicht te ontwikkelen in de processen die tot de huidige situatie geleid hebben, en te evalueren welke beleidsbeslissingen hierin een rol hebben gespeeld of kunnen spelen.

8. Tabellen en kaarten

fiets	4,07 km
bromfiets, motor	10,85 km
vervoer georganiseerd door werkgever of de school	18,86 km
auto als bestuurder	20,33 km
auto als medereiziger	17,43 km
trein	48,48 km
bus, tram, metro	18,86 km
uitsluitend te voet	2,15 km

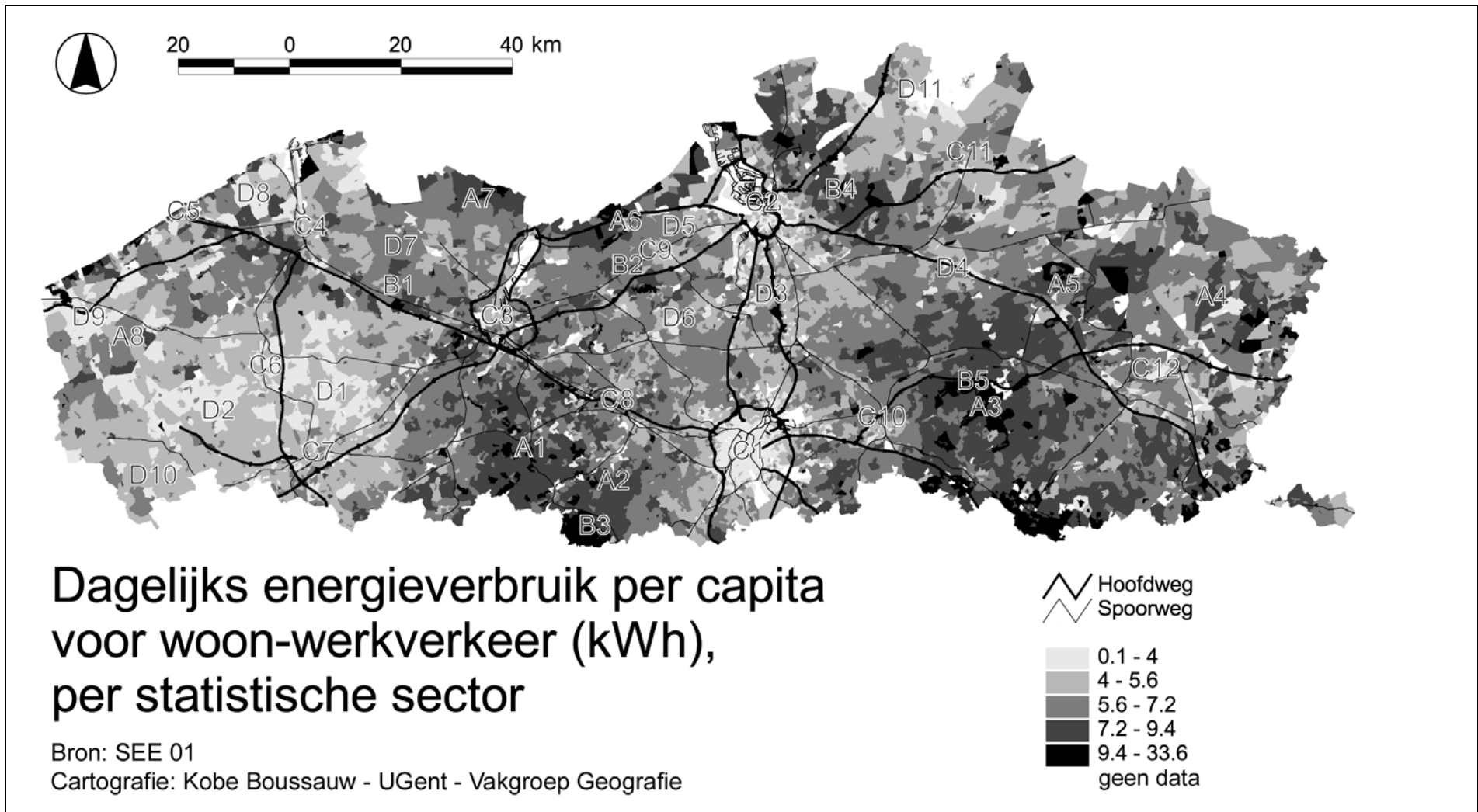
Tabel 1: Gemiddelde ritlengte voor woon-werkverkeer per modus, ten behoeve van de bepaling van de correctiefactor voor ritlengte (op basis van OVG 2001)

tram en trolleybus	11,3%
metro	2,0%
bus	86,7%

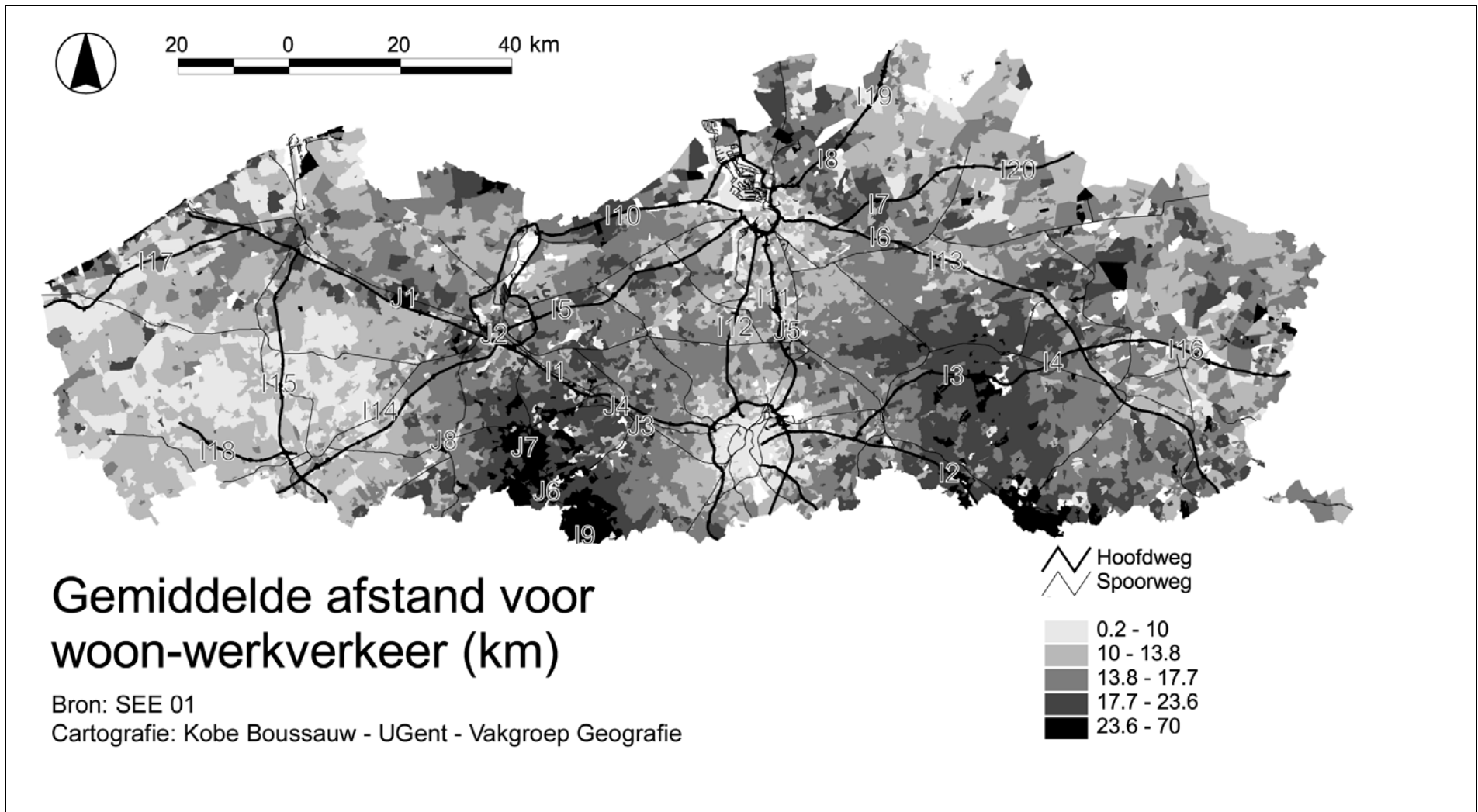
Tabel 2: Uitsplitsing aandeel passagierskilometers voor stads- en streekvervoer per modus, Vlaanderen en Brussel

tram	0,06 kWh/pkm
metro	0,08 kWh/pkm
stadbus	0,25 kWh/pkm
reisbus	0,32 kWh/pkm
geaggregeerd: stads- en streekvervoer	0,26 kWh/pkm
elektrische trein	0,13 kWh/pkm
dieseltrein	0,18 kWh/pkm
geaggregeerd: trein	0,14 kWh/pkm
stadswagen	0,43 kWh/pkm
familiewagen	0,53 kWh/pkm
geaggregeerd: wagen	0,48 kWh/pkm
fiets, te voet	0,00 kWh/pkm

Tabel 3: Standaardwaarden voor energieverbruik per persoonskilometer (bron: De Vlieger et al. (2006))



Kaart 1



Kaart 2

Referenties

- Bogaert, S., De Smet, L., Verdonck, F., Van Biervliet, K., Logghe, S., Franckx, L., Eyckmans, J., De Jaeger, S. (2006) *Verkennde studie naar prijs- en inkomens- elasticiteiten van milieugerelateerde goederen en diensten in Vlaanderen*. Aalst: Vlaams Milieumaatschappij.
- Cervero, R., Kockelman, K. (1997) "Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design." *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2(3), 199-219.
- Chomat, P. (2004) *Oil Addiction: The World In Peril*. Boca Raton: Universal Publishers.
- De Vlieger, I., Cornelis, E., Panis, L., Schrooten, L., Govaerts, L., Pelkmans, L., Logghe, S., Vanhove, F., De Ceuster, G., Macharis, C., Pekin, E., Van Mierlo, J., Timmermans, J.-M., Matheys, J., van Bladel, K., de Jong, M., De Geest, C., van Walsum, E. (2006) *MIRA (2006) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2006, Transport*. Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij.
- Keppens, M. (2006) *Modelling Private Road Transport of Flemish Households. The Mobility and Welfare Effects of Fuel Taxes versus Tradable Fuel Rights*. Hasselt: Universiteit Hasselt.
- N.N. (2006) *Activiteitenverslag 2006*. Brussel: Maatschappij voor het Intercommunale Vervoer te Brussel.
- N.N. (19 oktober 2007) *Historical Crude Oil Prices* from http://www.inflationdata.com/inflation/Inflation_Rate/Historical_Oil_Prices_Table.asp.
- N.N. (2006) *Jaarverslag 2006*. Mechelen: De Lijn - Vlaamse Vervoermaatschappij.
- N.N. (2001) *Mobiliteitsplan Vlaanderen - ontwerp*. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, LIN - Mobiliteitscel.
- N.N. (1997/2004) *Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen - gecoördineerde versie*. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AROHM - afdeling Ruimtelijke Planning.
- Newman, P., Kenworthy, J. (1989) *Cities and Automobile Dependence. A Sourcebook*. Aldershot: Gower.
- Schwanen, T., Mokhtarian, P. (2005) "What affects commute mode choice: neighborhood physical structure or preferences toward neighborhoods?" *Journal of Transport Geography*. 13(1), 83-99.
- van de Coevering, P., Schwanen, T. (2006) "Re-evaluating the impact of urban form on travel patterns in Europe and North-America." *Transport Policy*. 13(3), 229-239.
- Vandenbulcke, G., Steenberghen, T., Thomas, I. (2007) *Accessibility indicators to places and transports. Final Report*. Leuven / Louvain-la-Neuve: FOD Mobiliteit en Vervoer / Federaal Wetenschapsbeleid.
- Van Nuffel, N. (2007) "Determination of the number of significant flows in origin-destination specific analysis: The case of commuting in Flanders." *Regional Studies*. 41(4), 509-524.
- Verhetsel, A., Thomas, I., Van Hecke, E., Beelen, M. (2007) *Pendel in België. Deel I: de woon-werkverplaatsingen*. Brussel: Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie.
- Witlox, F. (2007) "Evaluating the reliability of reported distance data in urban travel behaviour analysis." *Journal of Transport Geography*. 15(3), 172-183.
- Zwerts, E., Nuyts, E. (2004) *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen 2000-2001*. Brussel-Diepenbeek: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.