

DE INVLOED VAN BEVOLKINGSDICHTHEID OP DUURZAME MOBILITEIT

Erik Nuyts¹ en Enid Zwerts²

1: Provinciale Hogeschool Limburg, Universitaire Campus, gebouw E, B-3590 Diepenbeek,
erik.nuyts@phlimburg.be

2: IMOB, Universitaire Campus, gebouw D, B-3590 Diepenbeek, enid.zwerts@uhasselt.be

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2005,

25 en 26 november 2004, Antwerpen

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
2	Definities en dataverzameling.....	6
2.1	<i>Beperkingen van dit onderzoek.....</i>	6
2.2	<i>Persoons- en mobiliteitsgegevens.....</i>	7
2.3	<i>Emissies.....</i>	8
2.4	<i>Correctie voor Vlaamse bezettingsgraad van voertuigen.....</i>	8
3	Verbanden tussen de bevolkingsdichtheid en het aantal verplaatsingen en het aantal afgelegde kilometer	9
3.1	<i>Bevolkingsdichtheid verklaart enkel trends, geen individuele verplaatsingen</i>	9
3.2	<i>Resultaten.....</i>	11
4	Koppeling emissies en verplaatsingskilometers	12
4.1	<i>Berekening van de koppeling.....</i>	12
5	Discussie	15
5.1	<i>Verplaatsingen en kilometer per dag.....</i>	16
5.2	<i>Duurzame mobiliteit</i>	17
6	Bedanking.....	18
7	Referenties.....	19

Samenvatting

DE INVLOED VAN BEVOLKINGSDICHTHEID OP DUURZAME MOBILITEIT

Het concentreren van de bevolking in dichtbevolkte gebieden kan een vorm van duurzame mobiliteit zijn, indien de emissies ten gevolge van verplaatsingen per persoon per dag lager zijn dan die van inwoners uit minder stedelijke gebieden. In dit artikel gaan we na met behulp van de data uit het Vlaamse Onderzoek Verplaatsingsgedrag of er een verschillend verplaatsingsgedrag bestaat afhankelijk van de woonplaats van de respondent. De woonplaatsen worden opgesplitst in klassen met verschillende populatiedichtheden. Het aantal verplaatsingen per persoon per dag verschilt meer tussen de verschillende klassen van populatiedichtheden dan het aantal kilometer per persoon per dag. De meest uitgesproken verschillen worden gevonden voor verplaatsingen te voet en met BTM, die vaker voorkomen in de gebieden met de hoogste populatiedichtheid.

Als we de resultaten koppelen aan de bijbehorende emissies, dan zijn personen uit de klasse met de tweede grootste populatiedichtheid [1601 – 2250 inw./km²] de meest vervuilende. In eerste instantie lijkt het alsof personen uit de klasse met de grootste populatiedichtheid de minst vervuilende zijn. Maar bij een sensitiviteitsanalyse is dit resultaat minder stabiel.

Summary

THE INFLUENCE OF POPULATION DENSITY ON SUSTAINABLE TRANSPORTATION

Concentrating the population in areas with high population density might introduce a way of sustainable transportation, if emissions caused by travelling per person per day are lower for inhabitants of high density areas than of low density areas. In this paper we investigate with data of the Flemish Travel Survey if travel behaviour differs between inhabitants of different classes of population density areas. The number of trips per person per day differs more between the different classes than the number of kilometres travelled per person per day. The most pronounced differences between the classes are found for numbers of trips /kilometres travelled by foot and by local public transport (bus, tram, metro). These travel modes are more used in areas with high population density.

When these results are linked with the emissions of the transport modes used, it is found that the class with the second highest population density [1601 – 2250 inhabitants./km²] have the highest emissions per person per day. Initially, it seems as if the inhabitants of the highest density areas pollute the least. But this result is less stable when performing a sensitivity analysis.

1 Inleiding

Stedelijk vervoer levert een belangrijke bijdrage aan de emissie van broeikasgassen en stofdeeltjes in onze atmosfeer (Iris Consulting 1999, Weyers, & de Wilde 2003). Anderzijds streeft het beleid naar een verdichting van de stedelijke omgeving (zie bv. Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen). Doelstellingen daartoe zijn o.a. het niet meer aantasten van de open ruimte, een daling van het autogebruik, duurzamer gebruik van voorzieningen zoals openbaar vervoer, elektriciteitsvoorzieningen, postbedeling, ... Het idee hier achter is dat de belangrijke bijdrage van de steden aan de emissies het gevolg is van het grote aantal personen in een stad, maar dat één inwoner van een stad door zijn specifieke verplaatsingsgedrag gemiddeld minder vervuult dan één inwoner van een minder stedelijke gebied.

De verwachting is dat personen uit een stedelijk gebied minder kilometers afleggen. Schimek (1996) vindt een beperkte maar significante daling van het aantal kilometers per dag met stijgende bevolkingsdichtheid. Hubert (2003) vindt dat er in België gemiddeld minder kilometers per dag worden afgelegd door inwoners van de stad.

Er zijn argumenten zowel voor een hoger als voor een lager *autogebruik* in meer stedelijke gebieden. Met gegarandeerde parking gaat 90%-99% met de wagen naar het werk, zonder gegarandeerde parking 10%-55% (CERTU et al. 1998). Als er in steden gebrek is aan parkeerplaatsen (Iris Consulting 1999), dan verwachten we dus minder autogebruik in de stedelijke gebieden. In praktijk is de invloed van het parkeergebrek in de stad op het autogebruik echter beperkt (PIARC 1990), wat suggereert dat er voldoende parkeerruimte is. Daarnaast worden ontspanningsactiviteiten in steden steeds meer gespecialiseerd in ruimte en tijd. Men gaat niet zomaar in de buurt ontspannen, maar men gaat naar bewust gekozen locaties, die niet noodzakelijk vlakbij moeten zijn (PIARC 1990, Bovy 1999). Dit genereert een grote noodzaak aan transport. Omdat openbaar vervoer niet alle locaties op elke uur met elkaar verbindt, verhogen deze ontspanningsactiviteiten het autobezit (PIARC 1990, Bovy 1999). Hubert (2003) vindt dat Belgen uit de kernstad minder de auto gebruiken.

Verdichting zoals in steden concentreert een groot aantal functies (Iris Consulting 1999), waardoor *afstanden korter* zouden moeten worden. Dit is zo in Ile de France (Bovy 1999). In de Vlaamse onderzoeken voor verplaatsingsgedrag vinden we dat hoe korter de afgelegde afstand is, hoe meer men *te voet* gaat (zeker tot 500m), hoe vaker men *fietst* (tot 3km) en hoe minder men de auto neemt (Zwerts & Nuyts 2002). Hierdoor zou het wonen in een stad dus duurzame mobiliteit bevorderen.

Anderzijds kan het *fietsgebruik* zowel hoger als lager liggen in een stedelijke omgeving. In steden is er oververzadiging van het verkeer (Iris Consulting 1999), waardoor wandelen en fietsen relatief meer tijdswinst opleveren dan op het platteland. Men kan dus meer fietsen en wandelen verwachten voor fiets – en wandelbare afstanden. Anderzijds wordt fietsen in een stad vaak als levensgevaarlijk beschouwd (PIARC 1990, Iris Consulting 1999). Dus zouden er ook minder fietsers in de stad kunnen zijn. In Nederland vinden we de meeste fietsers in een weinig stedelijk gebied, en de minste in een zeer sterk stedelijk gebied. Niet stedelijk, matig stedelijk en zeer stedelijk liggen daar tussen in (AVV 2000). Er zijn aanwijzingen dat men in België het meeste de fiets neemt in de stedelijke rand (Hubert 2003).

Net zoals bij het fietsgebruik is de oververzadiging van het verkeer een reden om *te voet* te gaan (Iris Consulting 1999). Meer dan 50% van de stedelijke (buurt)verplaatsingen gebeurt te voet en bijna alle andere gebruiken ten dele deze vervoerswijze (van en naar de bushalte gaan, naar de parking gaan, ...) (Iris Consulting 1999). In België (Hubert 2003), Nederland (AVV 2000), Frankrijk (Bovy 1999) en USA (Giuliano 2003) vinden we hoe stedelijker, hoe groter het aandeel verplaatsingen te voet.

Het meer aantrekkelijk maken van *bus en tramlijnen* is een hoofdopdracht voor het stedelijk verkeersbeleid (Iris Consulting 1999). De verkeersdruk in de stad vertraagt het openbaar vervoer, maar vertraagt het autoverkeer eveneens. Door het effect van vrije busbanen, of specifieke banen voor trams, heeft het autovervoer relatief meer last van deze congestie dan het openbaar vervoer. Bovendien nemen steden vaak beperkende maatregelen naar het autoverkeer (enkelrichting, parkeerbeleid,...). Hierdoor zou de verplaatsingstijd van het openbaar vervoer binnen stedelijke gebieden meer vergelijkbaar moeten worden met die van de auto. Openbaar vervoer is inderdaad al sneller in een aantal steden (Wildervanck 1988). In andere steden is openbaar vervoer soms zo traag als stappen (PIARC 1990). Als algemene tendens vinden we dat openbaar vervoer meer gebruikt wordt in stedelijke gebieden (AWV 2000, Bovy 1999, Hubert 2003). In gebieden met een concentratie van werkgelegenheid en voorzieningen in Nederland wordt 18% van de verplaatsingen afgelegd met het openbaar vervoer, in andere gebieden is dat slechts 6% (Egeter et al. 1989). Anderzijds zouden Nederlandse plattelanders iets vaker gebruik maken van het openbaar vervoer dan stedelingen (van Dam & van Bommel 1998). Bij lage bevolkingsdichtheden wordt openbaar vervoer gebruikt in 5% tot 15% van de verplaatsingen, in steden met gemiddelde omvang 20%-40%, en 40%-70% in echte metropolen met goed ontwikkeld openbaar vervoer (o.a. eigen

busbanen) (Bovy 1999). Uit metingen blijkt dat het openbaar vervoergebruik in een aantal grote steden inderdaad kan oplopen alle waarden tussen 25% en 78% (CERTU et al. 1998, PIARC 1990, Bovy 1999, Iris Consulting 1999). Bemerkt dat dit het openbaar vervoer is dat intern in deze steden blijft. Er is dus geen verband tussen deze getallen, en bv. de files die 's morgens op de Ring rond Brussel staan. Want deze laatste zijn binnenkomend verkeer.

Al deze verwachtingen worden terug afgezwakt door van Dam & van Bommel (1998) en Hubert (2003). Ze stellen dat de verschillen die gevonden worden al bij al klein zijn, vaak zelfs niet significant, en dat het verplaatsingspatroon tussen steden en platteland in zijn geheel verrassend gelijklopend is.

In deze paper willen we op een eerste, nog eenvoudige manier nagaan in hoeverre de stedelijkheid van de woonplaats invloed heeft op het vervoermiddelengebruik en het aantal afgelegde kilometers per dag van de bewoner. Het gebruik van deze vervoermiddelen willen we vervolgens koppelen aan de milieuvervuiling die het gebruikte vervoermiddel veroorzaakt.

2 Definities en dataverzameling

2.1 Beperkingen van dit onderzoek

Stedelijkheid kan op een aantal verschillende manieren gemeten worden. Om pragmatische redenen hebben we stedelijkheid in dit onderzoek gedefinieerd als bevolkingsdichtheid (zie bv. Bovy, 1999).

Uit het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG) hebben we geen vaststaande feiten over het type wagen dat iemand gebruikt heeft voor een specifieke verplaatsing. Daarom gebruiken we voor alle auto's dezelfde emissiefactoren. Dit is een heel sterke vereenvoudiging, in werkelijkheid wordt de emissie van een auto bepaald door het type wagen, grootte van de motor, leeftijd van de wagen, bouwjaar, gewicht van de wagen, type brandstof, snelheid, rijgedrag (zie o.a. Gense 2000, Ntziachristos & Samaras, 2000). Indien enkel naar globale resultaten gezocht wordt, is dit probleem op te lossen door de emissiefactoren te bepalen op basis van de verhouding van het gebruikte wagenpark. Dit is een ruwe benadering, maar ze is reeds eerder gebruikt voor gelijkaardige problemen (Uitendaal & Fransen 2001).

Emissies per voertuigkilometer worden ook bepaald door de omgeving van de weg (stad, landelijk, snelweg) en het type bebouwing (Ntziachristos & Samaras 2000, Uitendaal &

Fransen 2001). Emissies per kilometer zijn soms lager, maar meestal hoger in de stad (Ntziachristos & Samaras 2000, Uitendaal & Fransen 2001). De data van een OVG geven echter geen informatie over de route van de verplaatsing.

Bij de verplaatsingen zijn alle afstanden toegekend aan het hoofdvervoermiddel. Dit wordt gedefinieerd als het vervoermiddel waarmee tijdens één verplaatsing de langste afstand is afgelegd. Het werken met hoofdvervoermiddel is een klassieke procedure bij onderzoek verplaatsingsgedrag (o.a. Nederland, Vlaanderen, België, Frankrijk)

Door deze beperkingen zijn de uiteindelijke resultaten over de emissies dan ook eerder richtinggevend dan ‘harde feiten’.

2.2 Persoons- en mobiliteitsgegevens.

Bevolkingsdichtheid van de woonplaats van de respondenten is bepaald als de bevolkingsdichtheid van de betrokken deelgemeente (o.b.v. postcode). We definiëren het volgende verband tussen stedelijkheid en bevolkingsdichtheid als:

Weinig stedelijk gebied	0 – 600 inw./km ²
matig stedelijk gebied tot verstedelijkt gebied	601 – 1600 inw./km ²
stedelijk gebied	1601 – 2250 inw./km ²
zeer stedelijk gebied	2251 en meer inw./km ²

Deze waarden zijn gekozen omdat uit de analyses bleek dat de verschillen in verplaatsingsgedrag door deze keuze het beste te voorschijn komen. De benamingen 'stedelijk', 'matig stedelijk', 'stedelijk' en 'zeer stedelijk' zijn toegevoegd omdat ze intuïtief beter verstaanbaar zijn dan uitdrukkingen als ‘601 –1600 inw./km²’.

De verplaatsingsgegevens zijn bekomen uit de Onderzoeken Verplaatsingsgedrag van Vlaanderen 2000, Gent 2000, Leuven 2001, Mechelen 2001, Aalst 2001 en een ruime rand rond Brussel 2001. We beschikken over de verplaatsingen van één dag van 40.213 Vlamingen ouder dan 6 jaar.

2.3 Emissies

Fietsen en te voet gaan worden geacht niet te vervuilen. We vinden ook geen referenties voor een mogelijke vervuiling.

Op het ogenblik van het uitvoeren van het onderzoek was het niet mogelijk om voor alle betrokken vervoermiddelen globale emissiecijfers te geven op basis van Vlaamse data. Zeker voor bus, tram en metro ontbraken belangrijke waarden.

Uitendaal & Franssen (2001) analyseerden echter 7 studies over de vervuiling van personenverkeer. Uit deze studies berekenden zij volgende emissiefactoren bij de standaardbezettingsgraad in Nederland.

Tabel 1 Typerende waarden voor emissiefactoren bij standaardbezettingsgraad in gram per reizigerkilometer Bron: Uitendaal & Franssen (2001), p. 106.

	CO ₂ g/rkm	NO _x g/rkm	VOS g/rkm	PM ₁₀ g/rkm
Auto gemiddeld	105	0.63	0.42	0.0315
Bus OV	70	1.12	0.28	0.0980
Tram / metro	50	0.05	0.001	0.0001
Elektrische trein (gemiddelde van stoptrein en intercity)	55	0.055	0.0011	0.0001

Uitendaal & Franssen merken echter op dat er, per vervoermiddel, grote verschillen zijn tussen de gepubliceerde emissies, en dat de gevonden typerende waarden met de nodige onzekerheid omgeven zijn. Dit komt o.a. door verschil in ouderdom van de data, verschil in toepassing van determinanten zoals omrijfactor, bezettingsgraad en fysische constanten als soortelijk gewicht en verbrandingswaarden van brandstoffen. De onzekerheidsmarge van de uitstoot uit Tabel 1 van CO₂ wordt geschat op 10%-20%, van NO_x op 10%-30%, van VOS op 10%, en van PM₁₀ op 10% -100%. Een vergelijking van de emissies van de diverse vervoermiddelen op basis van de typerende waarden is daarom erg grof en onzeker (Uitendaal & Franssen 2001).

2.4 Correctie voor Vlaamse bezettingsgraad van voertuigen

Voor de toekenning van de emissie aan een bepaalde verplaatsing, wordt niet steeds de volledige emissie van dat voertuig genomen. We hebben er voor gekozen om de emissie van een verplaatsing met een voertuig toe te kennen omgekeerd evenredig met de gemiddelde

bezettingsgraad van dat voertuig. Indien in een trein gemiddeld 100 passagiers zitten, wordt 1/100 van de emissies van een trein toegewezen aan één verplaatsing.

Tabel 2 Aantal personen per vervoersmiddel Bron: Vlaanderen: De Vlieger et al. (2002); Nederland: Uitendaal & Franssen (2001).

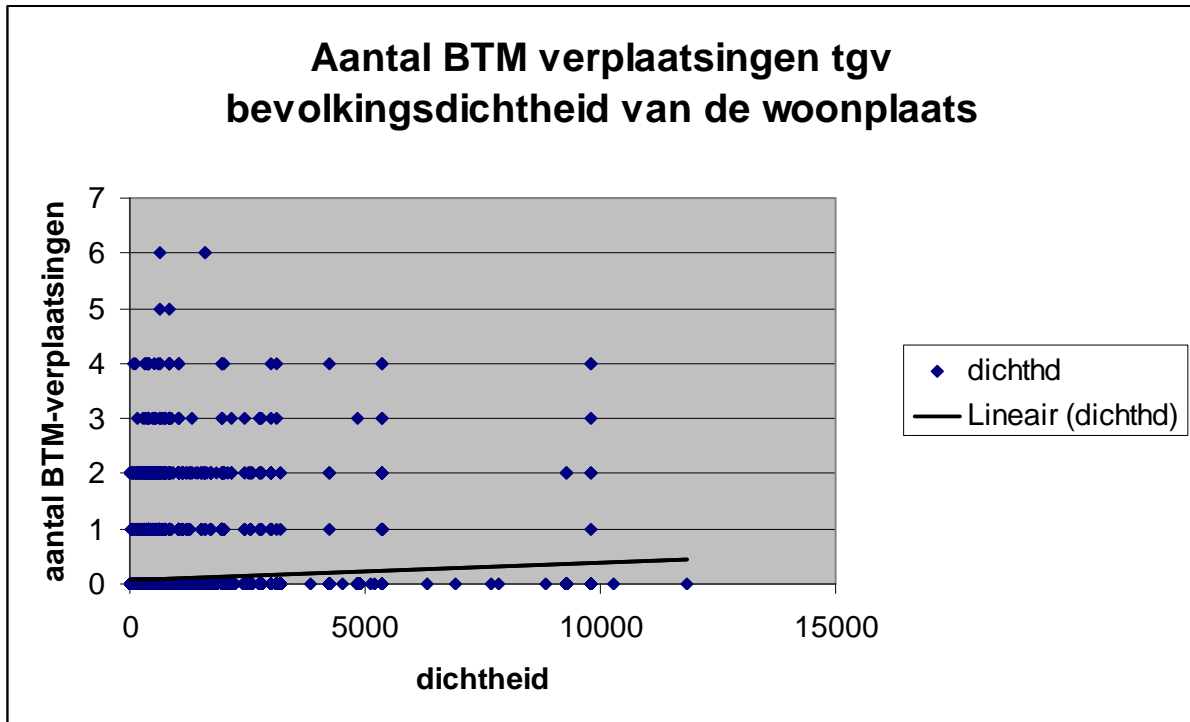
Vervoermiddel	Aantal personen Vlaanderen	Aantal personen Nederland
Auto	1.39	2
Lijnbus	14	14.4 – 15.2
Tram	-	28
Metro	-	35
Trein	100	131

3 Verbanden tussen de bevolkingsdichtheid en het aantal verplaatsingen en het aantal afgelegde kilometer

3.1 Bevolkingsdichtheid verklaart enkel trends, geen individuele verplaatsingen

De resultaten van de analyse van het verplaatsingsgedrag als functie van de bevolkingsdichtheid laten twee, op het eerste zicht tegenstrijdige conclusies toe. Enerzijds is er voor haast elk vervoermiddel een trend te vinden die overeenkomt met de verwachtingen. Maar anderzijds verklaren deze trends nooit meer dan 1% van de variatie van het aantal verplaatsing of het aantal afgelegde kilometers per dag. Men kan zich afvragen of er dan nog conclusies uit de data te trekken zijn, of niet.

Het antwoord verklaren we best aan de hand met een voorbeeld.



Figuur 1. Aantal verplaatsingen met Lijnbus, Tram of Metro per dag, als functie van de bevolkingsdichtheid van de woonplaats. Regressielijn: $P < 0.001$, $\text{Adj. } R^2 = 0.01$

De algemene trend wordt in Figuur 1 getoond via de regressielijn, met haar bijbehorende betrouwbaarheidsinterval. Uit de regressielijn zien we een duidelijk stijgend verband tussen de dichtheid en totaal aantal verplaatsingen per dag. We kunnen dus zeggen dat dichtheid, *gemiddeld gesproken en over alle individuele verschillen heen, een effect* heeft op het gebruik van BTM. Maar voor elke dichtheid is er een heel grote variatie in het aantal verplaatsingen per dag. Voor elke dichtheid varieert het aantal keer dat men de bus neemt tussen 0 en 4 keer per dag (soms zelfs 6 keer per dag). Dat wil zeggen dat dichtheid *nooit het individuele gebruik* van BTM kan voorspellen. Bovendien is de $R^2=0.01$, wat naar statistische normen erg klein is. Dit impliceert dat, als we het individuele BTM gebruik willen voorspellen, dat we dan naar andere variabelen op zoek moeten gaan. En als we enkele goede variabelen gevonden hebben, dan zou het best kunnen zijn dat dichtheid nog weinig meerwaarde heeft. Dit laatste moet onderzocht worden voor we daar zeker van kunnen zijn. Maar om te weten of een stad meer vervuult dan dorp gaan we op zoek naar het overkoepelende resultaat. We willen niet weten hoeveel een bepaalde persoon vervuult, maar hoeveel de gemiddelde persoon vervuult. En daarvoor is het zinvol om naar de trend te kijken.

Vergelijkbare resultaten hebben we gevonden voor het aantal verplaatsingen en het aantal afgelegde kilometer per dag, afhankelijk van de andere gebruikte vervoermiddelen.

Het verband tussen de bevolkingsdichtheid en het aantal verplaatsingen of het aantal afgelegde kilometer per dag is niet lineair. Daarom hebben we intervallen van de dichtheid gezocht waartussen verschillend gedrag het beste te voorschijn kwam. Als we dichtheid op deze wijze groeperen, komen trends beter tot uiting. Er wordt echter nog steeds slechts 1% van de individuele variatie verklaard.

3.2 Resultaten

In Tabel 3 geven we het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag tegenover de bevolkingsdichtheid van de woonplaats.

Tabel 3 Gemiddeld aantal verplaatsingen (gavpppd) en gemiddelde aantal kilometer (gakpppd) per persoon per dag, afhankelijk van gebruikt vervoermiddel, en bevolkingsdichtheid van de woonplaats.

Bron: Eigen berekeningen

Per gebruikt vervoermiddel geeft de index ernaast (a, b, c, of d) aan of waarden significant verschillen tussen de dichtheidsklassen.

Bv. bij auto verschilt de waarde van gavpppd 1.71 met index (a) significant van 1.55 met index (b).

De waarde 1.63 heeft twee indices: (a) en (b). 1.63 verschilt dus niet significant van 1.71, want beiden hebben index (a), maar verschilt ook niet significant van 1.55 want beide hebben index (b).

		Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
alle modi	Gavpppd	2,67 (a)	2,73 (a)	2,87 (b)	2,91 (b)
	Gakpppd	31,6 (a)	32 (a)	34,8 (a)	31,3 (a)
auto	Gavpppd	1,71 (a)	1,63 (a, b)	1,62 (a,b)	1,55 (b)
	Gakpppd	23,8 (a)	23,2 (a)	24,6 (a)	22,5 (a)
fiets	Gavpppd	0,33 (a)	0,32 (a)	0,40 (b)	0,37 (a, b)
	Gakpppd	1,3 (a,b)	1,25 (a)	1,68 (c)	1,61 (b,c)
te voet	Gavpppd	0,31 (a)	0,41 (b)	0,41 (b)	0,50 (c)
	Gakpppd	0,46 (a)	0,59 (b)	0,57 (b)	0,6 (b)
BTM	Gavpppd	0,05 (a)	0,09 (b)	0,13 (c)	0,19 (d)
	Gakpppd	0,64 (a)	0,68 (a)	1,02 (a,b)	1,16 (b)
bus	Gavpppd	0,05 (a)	0,07 (b)	0,11 (c)	0,12 (c)
	Gakpppd	0,57 (a)	0,55 (a)	0,81 (a)	0,85 (a)
tram	Gavpppd	0,01 (a)	0,01 (a, b)	0,01 (b)	0,07 (c)
	Gakpppd	0,05 (a)	0,08 (a)	0,1 (a)	0,29 (b)
metro	Gavpppd	0,00 (a)	0,00 (a)	0,01 (b)	0,00 (a)
	Gakpppd	0,02 (a)	0,05 (a)	0,12 (b)	0,02 (a)
trein	Gavpppd	0,06 (a)	0,09 (b)	0,09 (b)	0,04 (c)
	Gakpppd	2,46 (a)	3,81 (b)	3,94 (b)	2,04 (a)

Uit Tabel 3 blijkt dat het totaal aantal verplaatsingen stijgt met de dichtheid. Er is een duidelijke stijging voor een stedelijk gebied (bevolkingsdichtheid groter dan 1600 inwoners/km²). Het totaal aantal kilometer per persoon per dag hangt echter niet af van de

bevolkingsdichtheid van de woonplaats. De verschillen in afgelegde kilometers die we vinden, zijn statistisch niet meer significant (alle gebieden behoren tot dezelfde statistische groep, aangeduid met 'a' in de rij onder de getalwaarden). Dit komt omdat er tussen verschillende personen relatief (=spreiding/gemiddelde waarde) meer variatie zit op het aantal kilometers dan op het aantal verplaatsingen. Hoe groter deze relatieve spreiding, hoe minder gemakkelijk verschillen significant zijn.

Hoe stedelijker het gebied, hoe minder vaak de auto gebruikt wordt: Er is een duidelijk verschil tussen weinig stedelijk en zeer stedelijk gebied, en daartussen is er een overgangszone. Maar opnieuw is er het verschil niet meer significant in het aantal afgelegde kilometers.

Zowel in aantal verplaatsingen als in kilometers wordt de fietst het vaakst gebruikt in een stedelijk gebied, het zeer stedelijk gebied fungeert als overgangszone, en buiten het stedelijk gebied fietst men minder vaak en minder ver.

Hoe stedelijker, hoe vaker Vlamingen te voet gaan. Het aantal kilometer per persoon per dag stijgt ook, maar minder snel, waardoor de verschillen voor de meer stedelijke gebieden niet significant meer zijn. Beide resultaten zijn ongetwijfeld het gevolg van de afstanden van de verschillende functies.

Het meest uitgesproken verband krijgen we bij het gebruik van bus-tram-metro (BTM). Hoe stedelijker, hoe vaker men met BTM rijdt. Doordat de afstanden kleiner worden binnen de steden, wordt het verschil minder significant als men naar de afgelegde kilometers kijkt. Opgesplitst per type lokaal openbaar vervoer, zien we dat het busgebruik in stedelijk en zeer stedelijk gebied gelijk is, maar dat het tramgebruik veel hoger ligt in een zeer stedelijk gebied. De metro wordt voornamelijk gebruikt door inwoners van stedelijke gebieden.

De trein tenslotte wordt zowel in aantal verplaatsingen als in kilometers het vaakste genomen door inwoners van matig stedelijke en stedelijke gebieden en het minste door inwoners uit zeer stedelijke gebieden..

4 Koppeling emissies en verplaatsingskilometers

4.1 Berekening van de koppeling

Voor de berekening zijn de afgelegde kilometers gebruikt uit Tabel 3, de emissiefactoren uit Tabel 1 en de correctie voor verschillende bezetting uit Tabel 2.

Tabel 4 Gemiddelde emissie per persoon per dag, uitgedrukt in gram, afhankelijk van gebruikt vervoermiddel, en bevolkingsdichtheid van de woonplaats.
Bron: Eigen berekeningen

CO₂				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	3595,7	3505,0	3716,5	3399,3
Bus OV	42,8	41,3	60,8	63,8
Tram	2,7	4,3	5,4	15,5
Metro	1,1	2,7	6,4	1,1
Trein	177,2	274,5	283,9	147,0
Totaal	3819	3828	4073	3627

NO_x				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	21,6	21,0	22,3	20,4
Bus OV	0,7	0,7	1,0	1,0
Tram	0,0	0,0	0,0	0,0
Metro	0,0	0,0	0,0	0,0
Trein	0,2	0,3	0,3	0,1
Totaal	22,4	22,0	23,6	21,6

VOS				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	14,4	14,0	14,9	13,6
Bus OV	0,2	0,2	0,2	0,3
Tram	0,0	0,0	0,0	0,0
Metro	0,0	0,0	0,0	0,0
Trein	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	14,6	14,2	15,1	13,9

PM₁₀				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	1,1	1,1	1,1	1,0
Bus OV	0,1	0,1	0,1	0,1
Tram	0,0	0,0	0,0	0,0
Metro	0,0	0,0	0,0	0,0
Trein	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	1,1	1,1	1,2	1,1

De onzekerheidsmarges van de emissies liggen meestal tussen 10%-20%, maar kunnen oplopen tot 100% (Uitendaal & Fransen 2001). Door deze onzekerheid kunnen we van verschillen die we zien, niet meer berekenen of deze significant zijn. We moeten de resultaten uit Tabel 4 dan ook voorzichtig interpreteren. Bovendien is het grootste verschil in gemiddeld aantal afgelegde kilometer per persoon per dag tussen de verschillende gebieden 15%. Het verschil dat we onderzoeken, is dus even groot als de onnauwkeurigheid van de data waaraan we ze willen koppelen.

Het eerste dat opvalt is dat een persoon uit een **stedelijk gebied** (1601-2250 inwoners/km²) voor elk van de vier emissies het meeste vervuult. Op het eerste zicht is dat misschien verrassend, maar als we naar de cijfers van Tabel 3 kijken is het logisch. Inwoners uit een stedelijk gebied leggen met elk mogelijk vervuilend vervoermiddel gemiddeld meer kilometers af, al dan niet significant meer. Met welke emissiefactoren we deze kilometers ook vermenigvuldigen, het resultaat zal zijn dat de inwoners uit stedelijke gebieden het meeste vervuilen. De onzekerheidsmarge van de emissiefactoren zal dit resultaat kwantitatief beïnvloeden, maar niet kwalitatief.

Het tweede resultaat is dat een persoon uit een **zeer stedelijk gebied** het minste vervuult. Aangezien deze niet systematisch élk vervoermiddel minder ver gebruikt, is het in principe mogelijk dat door een andere berekening van de emissiefactoren mensen uit zeer stedelijke gebieden meer vervuilen dan uit matig stedelijke gebieden. In deze paragraaf willen we nagaan onder welke veronderstellingen inwoners uit de zeer stedelijke gebieden toch niet de grootste vervuilers zijn. Inwoners uit zeer stedelijke gebieden leggen enkel met bus en tram meer kilometers af dan inwoners uit weinig en matig stedelijke gebieden (Tabel 3). Dus moeten we aannemen dat de emissie van bus en tram onderschat is, en van auto overschat. Een sensitiviteitsanalyse¹ leert dat we voor NO_x moeten we aannemen dat de emissie door auto's 30% overschat is, en de emissie door de bus 40% onderschat. Dat is net niet meer binnen de onzekerheidsmarge gegeven in Uitendaal & Fransen (2001). Voor PM₁₀ volstaat het aan te nemen dat de emissie door auto's 20% overschat is, en de emissie door de bus 20% onderschat, wat ruim binnen de onzekerheidsmarge valt. Voor CO₂ en VOS moeten we

¹ Bij een sensitiviteitsanalyse gaat men na in hoeverre resultaten afhangen van bepaalde veronderstellingen die eerder gemaakt zijn. In dit onderzoek namen we bv. aan dat de emissie van NO_x voor auto's gelijk was aan 0.63 g/rkm. Maar we weten ook dat de onzekerheidsmarge 10% - 30% is. We kunnen de waarde van NO_x dus laten variëren van 0.44 tot 0.82 g/rkm. Alle waarden daartussen kunnen we invullen in de berekeningen, en zien welke invloed dat heeft op het uiteindelijke resultaat. Tegelijkertijd kunnen we ook andere waarden wijzigen, binnen de grenzen van hun onzekerheidsmarge. Uiteindelijk geeft dit een idee wat de marges zijn van het resultaat van de berekening.

aannemen dat de emissies van auto's met 70% overschat is en bovendien de emissies van bus met 70% onderschat. Twee veronderstellingen die ver buiten de onzekerheidsmarge vallen.

Rekening houdend met de onzekerheid van de emissiefactoren is de conclusie dat inwoners uit zeer stedelijke gebieden het minste vervuilen voor CO₂ en VOS robuust. Voor NO_x is deze nog redelijk robuust, maar voor PM₁₀ niet. Een andere schatting van de emissies van PM₁₀ leidt dan tot de conclusie dat inwoners uit zeer stedelijke gebieden evenveel vervuilen als inwoners uit weinig of matig stedelijke gebieden.

Daarnaast is er ook nog een correctie noodzakelijk voor het gebruik van een vervoermiddel binnen of buiten een stad. Hetzelfde vervoermiddel vervuilt niet evenveel binnen een stad als buiten een stad. Globaal is de vervuiling binnen de stad groter (zie bv. Uitendaal & Franssen 2001). Een exacte berekening heeft weinig zin, aangezien we opnieuw een foutenmarge zullen introduceren. We weten niet waar de personen zich juist verplaatst hebben, dus kunnen we niet zeggen of hun kilometers afgelegd zijn in een stad of niet. We weten echter dat de mensen 30%-70% van hun verplaatsingen in hun eigen (deel)gemeente afleggen (Nuyts & Zwerts 2001, Zwerts & Nuyts 2003). Als we deze correctie ook zouden toevoegen, dan zal de vervuiling bij inwoners van stedelijke en zeer stedelijke gebieden meer stijgen dan bij weinig en matig stedelijke gebieden. Inwoners uit een stedelijk gebied vervuilen reeds het meeste. Na deze correctie vervuilen ze dan zeker het meeste. Voor inwoners uit een zeer stedelijke gebied is het onduidelijk. Zonder correctie voor rijden-in-de-stad vervuilen ze het minste. We weten niet of deze correctie hun vervuiling boven het niveau van weinig en matig stedelijke gebieden zou brengen.

5 Discussie

Stedelijkheid, gemeten als bevolkingsdichtheid, heeft een impact op het verplaatsingsgedrag van de inwoners van het gebied. We hebben de dichtheid opgesplitst in vier gebieden: weinig stedelijk, matig stedelijk, stedelijk en zeer stedelijk. De gepresenteerde resultaten zijn statistische trends en zijn enkel waardevol als we kijken naar gemiddeldes voor volledige gebieden. De variatie van het gedrag van de verschillende inwoners binnen één gebied is echter telkens zo groot, dat bevolkingsdichtheid geen goede voorspeller is voor individueel gedrag.

5.1 Verplaatsingen en kilometer per dag

We proberen een aantal resultaten te duiden aan de hand van afstanden tussen functionaliteiten in de verschillende gebieden. Maar voor alle resultaten geldt dat ze ook het gevolg kunnen zijn van verschillende sociale profiel van de inwoners van de gebieden. Daar is binnen dit onderzoek geen uitspraak over te doen.

In de meer stedelijke gebieden worden *in totaal* meer verplaatsingen gedaan, maar tegen de verwachting in (Schimek, 1996; Hubert, 2003) is er geen verschil in totaal aantal kilometers. In een stedelijke omgeving liggen vele functies dichterbij, en men kan gemakkelijker nog ergens heen gaat om iets te halen, te kopen, te bespreken. In deze studie vinden we dat de afstanden in de stad echter niet zoveel kleiner zijn, dat dit ondanks het hoger aantal verplaatsingen toch nog zou leiden tot een kleiner aantal kilometers.

Inwoners van zeer stedelijke gebieden gebruiken de auto minder vaak, maar dit leidt tot een niet significant kleiner aantal autokilometers. Aangezien de functies in steden meestal dichterbij elkaar liggen, zou men ook minder kilometers verwachten. De auto is echter het vervoermiddel dat het minste gebonden is aan een bepaalde afstand. Vlamingen rijden auto voor alle afstanden tussen 100 m en 800 km (Nuyts & Zwerts 2001, Zwerts & Nuyts 2002, Zwerts & Nuyts 2003). Deze grote variatie in afstanden bij het autogebruik maakt dat verschillen tussen gemiddelde aantallen kilometers iets meer aan toeval te wijten zijn, en dus minder snel statistisch significant. Het is ook mogelijk dat de auto door stedelingen selectiever gebruikt wordt voor langere afstanden.

In overeenkomst met de literatuur (Iris Consulting 1999, Hubert 2003, AVV 2000, Bovy 1999, Giuliano 2003) vinden we ook voor Vlaanderen dat inwoners van steden vaker te voet gaan. Het aantal kilometer per persoon per dag stijgt ook, maar minder snel, waardoor de verschillen voor de meer stedelijke gebieden niet significant meer zijn. Beide resultaten zijn ongetwijfeld het gevolg van de afstanden van de verschillende functies. Op dit gebied verplaatsen stedelingen zich dus duurzamer dan niet-stedelingen.

Net zoals bij andere studies (AWV 2000, Bovy 1999, Hubert 2003) vinden we dat personen uit meer stedelijke gebieden vaker met BTM (Bus-Tram-Metro) rijden. In kilometers uitgedrukt is het verschil minder uitgesproken. Zoomen we dieper in op het specifieke gebruikte vervoersmiddel (bus of tram of metro), dan blijkt er van weinig tot zeer stedelijk gebied geen statistisch significant verschil meer te zijn tussen het aantal buskilometers. Enerzijds zijn daar statistische redenen voor (relatief meer variatie in kilometers dan in aantallen verplaatsingen), maar ook inhoudelijke. De afstand van een BTM-verplaatsing van

een stedeling is korter dan de afstand van BTM-verplaatsing van iemand in een weinig stedelijk gebied. Het verschil in tramgebruik tussen stedelijke en zeer stedelijke gebieden is grotendeels bepaald door het aanbod. In vergelijking met een stedelijk gebied is het tramaanbod veel groter in de zeer stedelijke gebieden. Bovendien is, daar waar er trams en bussen zijn, de frequentie van de trams vaak hoger.

De trein tenslotte wordt het vaakste genomen door inwoners van matig stedelijke en stedelijke gebieden. Waarschijnlijk omdat er minder goede verbindingen zijn in weinig stedelijke gebieden. De mensen moeten toch al de auto nemen om naar het station te rijden. Dan is de kans groot dat men dan ook verder rijdt. Een treinstation haalt 50% van zijn potentieel op 5 km van het station. Voor de inwoners van zeer stedelijke gebieden is het misschien minder hard nodig om de trein te nemen. De trein is een vervoermiddel voor lange afstand. Inwoners van een zeer stedelijk gebied hoeven de trein niet te nemen naar de stad. Ze wonen er al.

Dat fiets en trein het vaakste genomen worden in het 'tussen' gebied, kan enigszins verbazen. Maar ook Hubert (2003) vindt bv. dat, fiets en trein als vervoermiddel voor het werk of de school het meeste gebruikt worden in de stedelijke rand.

5.2 Duurzame mobiliteit

Koppelen we deze verplaatsingsgegevens aan emissies per afgelegde kilometer met een bepaald vervoermiddel, dan moeten we voorzichtig zijn met de interpretaties. Er is de onzekerheidsmarge van de emissies per kilometer per vervoermiddel, het probleem van verschillen in emissie van hetzelfde voertuig binnen en buiten de stad, en het feit dat we bij de verplaatsingen nooit zeker weten welke weg de inwoners genomen hebben. Binnen deze beperkingen zijn er twee conclusies.

Alle resultaten wijzen er op dat inwoners uit een weinig stedelijk gebied en een matig stedelijk gebied evenveel vervuilen.

Als er een groep is die meer vervuilt dan de andere, dan zijn dit de inwoners uit het stedelijk gebied. De kwantitatieve berekening geeft aan dat ze meer vervuilen, maar de gegevens laten op dat niveau van de berekening geen statistische testen meer toe. Dat is jammer, want concentratie reduceert de afstanden, en biedt hierdoor meer mogelijkheden voor het gebruik van duurzamere vervoermiddelen zoals fiets, tram en te voet gaan. Het gebruik van de bus, dat eveneens handiger is in stedelijke gebieden (o.a. omdat frequenties daar vaak hoger zijn) is niet voor alle emissies per reizigerkilometer milieuvriendelijker dan het gebruik van de auto

(zie Tabel 1). Zuiver de mogelijkheid bieden om de meer duurzame vervoermiddelen vaker te gebruiken is schijnbaar niet voldoende om te zorgen dat personen ook minder vervuilen.

Onduidelijker is de situatie van inwoners uit zeer stedelijk gebied. Een eerste berekening, enkel gebaseerd op gemiddeldes, suggereert dat ze het minste vervuilen. Maar een sensitiviteitsanalyse op basis van de onzekerheidsmarges van de emissiefactoren toont aan dat ze evenveel zouden kunnen vervuilen als personen uit een weinig of matig stedelijk gebied. Als we er dan ook nog rekening mee houden dat hetzelfde vervoermiddel in een stad meestal meer vervuult dan daarbuiten, dan is het helemaal niet meer zeker dat inwoners van zeer stedelijke gebieden het minste vervuilen.

Om de indicatieve resultaten van deze studie verder te onderbouwen, moet dit onderzoek uitgebreid worden op verschillende manieren. Een eerste verfijning kan er in bestaan om de dichtheid niet te bekijken per deelgemeente, maar op een kleinere schaal. Want in één deelgemeente bestaat vaak uit niet-homogene delen, zoals de kern van een gemeente en de ruimte daar rond. Een andere definitie van stedelijkheid kan ook zijn impact hebben op de resultaten. In plaats van te kijken naar bevolkingsdichtheid, zou men kunnen kijken naar bebouwingsdichtheid, aantal adressen per ha, het aandeel oppervlakte dat bebouwd is, de graad van handels-, onderwijs- en tewerkstellingsfunctie. Door eenzelfde begrip op twee manieren te operationaliseren, en dan de resultaten te vergelijken, kan men beter zien welk effect het gevolg is van het begrip, en welk van de operationalisatie. Ook dieper inzoomen op de socio-economische situatie van inwoners en de verbanden tussen hun woonplaats en hun verplaatsingsgedrag. Het zou kunnen dat de verbanden die we dan in dit onderzoek gevonden hebben, het gevolg zijn van een verschillende populatie in een stad, tegenover buiten een stad. Indien de data beschikbaar zijn, zou een minder globale koppeling tussen de gebruikte vervoermiddelen en de emissiefactoren de onzekerheidsmarge van het eindresultaat eveneens verkleinen.

6 Bedanking

De dataverzameling van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag en een aantal van de programma's die voor dit onderzoek gebruikt zijn, zijn gefinancierd door de Mobiliteitscel van het Vlaamse departement Leefmilieu en Infrastructuur. Het uitvoeren van de analyses in

2003 is gefinancierd door de Vlaamse Milieumaatschappij in opdracht van een MIRA-T project.

7 Referenties

- AVV (2000). *Feiten over het fietsen in Nederland*. Grafia Print en Media, Pijnacker, Nederland.
- Bovy, P.H. (1999). *Urban structure and modal distribution. Global trends and their impact on Public Transport*. Public Transport International: 1 / 99, pg 8-15.
- CERTU, ADEME, UITP (1998). *Les citadins face à l'automobilité*. Dossier CERTU n° 80, Lyon.
- De Vlieger, I., Cornelis, E., De Geest C., van Walsum, E. (2002). *Milieu- en Natuurrapport Vlaanderen, MIRA Achtergronddocument 2002, 1.5 Verkeer en vervoer*. Vlaamse Milieumaatschappij, Erembodegem
- Egeter, B, Onderwater, P.L.M. & Schoemaker T.J.H. (1989). *Stelselmatig beter. Structuurschets regionaal openbaar vervoer Zuid-Holland*. TU Delft, Delft. 103P.
- Gense, N.L.J. (2000). *Driving style, fuel consumption and tail pipe emissions*. TNO report 00.ORVM.021.1/NG, Delft
- Giuliano, G. (2003). Travel, location and race/ethnicity. *Transportation Research Part A* 37: 351-372
- Hubert, J.-P. (2003). *Mobilité des villes et mobilité des champs*. GRT-Info 2003: 14, p 1-3.
- Iris Consulting (1999). *Initiatieven op het vlak van duurzame mobiliteit in de grote Europese steden en de toepasbaarheid ervan in de Brusselse context*. Iris consulting, Brussel, België.
- Ntziachristos, L. & Samaras, Z. (2000). *COPERT III. Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1)*. European Environment Agency, Technical report N° 49, Copenhagen
- Nuyts, E., & Zwerts, E. (2001) *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Stadsgewest Gent (januari 2000-januari 2001). Deel 3A: Analyse personenvragenlijst*. Provinciale Hogeschool Limburg, Diepenbeek
- PIARC (1990). *Reduction of car traffic in city centres*. Pre-congres report for congres in Marrakesh, Svenska Kommunförbundet, Sweden.

- Schimek, P. (1996). Household motor vehicle ownership and use: how much does residential density matter ? *Transportation Research Record* 1552, 120-125
- Uitendaal, I. & Fransen, J.T.I. (2001). *Personenverkeer en Milieu, een vergelijking van verschillende vervoersvormen wat betreft luchtvervuiling en energiegebruik per reizigerkilometer*. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.
- van Dam, F, & van Bommel, D. (1998). Op zoek naar onvervulde vervoerbehoefte op het Nederlandse platteland. *Verkeerskunde*, 1998: 3 pg 54- 57.
- Vlaamse Milieu Maatschappij (2002). Lozingen in de lucht 1980 – 2001. Bijlagen. VMM-rapport D/2002/6871/025, Erembodegem.
- Weyers, E. & de Wilde H. (2003). Donkere wolken boven de stad. *Verkeerskunde* 2003: 3, pg. 34-39.
- Wildervanck, C. (1988). *Inleiding in de sociale verkeerskunde*. Coutinko, Muidenberg.
- Zwerts, E. & Nuyts, E. (2002). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (januari 2000-januari 2001). Deel 3A: Analyse personenvragenlijst*. Provinciale Hogeschool Limburg, Diepenbeek
- Zwerts, E. & Nuyts, E. (2003). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaams-Brabant (december 2000- december 2001). Deel 4: Analyse deelgebieden*. Provinciale Hogeschool Limburg, Diepenbeek