

# HOE VERLAAG JE DE BLOOTSTELLING AAN LUCHTVERONTREINIGING IN HET VERKEER?

De blootstelling aan luchtverontreiniging in het verkeer is hoog, met name tijdens de spits. Uit onderzoek van de GGD van Hulpverlening Gelderland Midden in samenwerking met het Institute voor Risk Assessment Sciences van de Universiteit Utrecht blijkt dat het verschil maakt of je op de fiets, met de bus of met de auto rijdt. Ook is het van belang waar je fietst en of je gebruikmaakt van een trolleybus of van een dieselbus. Blootstelling aan luchtverontreiniging in het verkeer veroorzaakt acute effecten op de longfunctie. Het onderzoek komt met concrete aanbevelingen om blootstelling aan luchtverontreiniging te verminderen.

IR. MONIEK ZUURBIER, DRS. PETER VAN DEN HAZEL, DR. IR. GERARD HOEK, DR. IR. BERT BRUNEKREEF\*

**Hoge blootstelling in het verkeer**  
Mensen brengen een aanzienlijk deel van hun tijd door in het verkeer. Daarbij worden mensen blootgesteld aan hoge concentraties luchtverontreiniging. Met name concentraties van ultrafijn stof en roet zijn hoog; concentraties van deze stoffen nemen snel af met toenemende afstand tot het verkeer.<sup>1,2</sup> Ook de blootstelling aan fijn stof ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ) is verhoogd ten opzichte van de achtergrondconcentraties, mede door opwervend bodemstof en slijtsel van banden en remvoering.<sup>3</sup> Hoeveel de blootstelling in het verkeer verschilt tussen verschillende vervoersmiddelen is niet duidelijk. Luchtverontreiniging veroorzaakt op de lange en korte termijn gezondheidseffecten, waaronder hart- en vaatziekten en longziekten. Er

is nog niet veel bekend over de acute effecten (binnen enkele uren) van een korte blootstelling in het verkeer.

**TRAVEL-onderzoek**  
Het onderzoek TRAVEL (Traffic Related Air pollution, Variance in commuting, Exposure and Lung function) geeft antwoord op de vragen: Wat is het verschil in blootstelling aan luchtverontreiniging tussen reizen per fiets, auto en bus? Is er een verschil tussen het gebruikmaken van een rustige of drukke fietsroute, een benzine of dieselauto, en een elektrische bus of dieselbus? Wat zijn de acute effecten op de longfunctie en op hart- en bloedvaten bij kortdurende blootstelling aan luchtverontreiniging in het verkeer?

**Metingen in het verkeer**  
Tussen juni 2007 en juni 2008 hebben we in Arnhem metingen gedaan van ultrafijne deeltjes, fijn stof ( $PM_{2,5}$  en

$PM_{10}$ ) en roet (zwarte rook), tijdens de ochtendspits (tussen 8 en 10 uur). We hebben metingen gedaan in diesel- en in trolleybussen, in diesel- en in benzineauto's, en op twee fietsroutes: één met weinig verkeer en één met veel verkeer. Daarnaast is gemeten hoeveel lucht per minuut ingeademd werd door vrijwilligers in de bus, in de auto en op de fiets, om de ingeademde dosis luchtverontreiniging te kunnen berekenen. Op alle 47 meetdagen hebben we ook metingen gedaan op een stadsachtergrondlocatie, met dezelfde meetapparatuur als in het verkeer. Om acute gezondheidseffecten te onderzoeken zijn bij de vrijwilligers die meededen aan het onderzoek verschillende gezondheidsmetingen gedaan, zoals het meten van de longfunctie en de ontstekingsreacties in de longen, en er is bloed afgenomen waarin onder andere markers voor bloedstolling en ontstekingen zijn gemeten. Deze metin-

## BLOOTSTELLING AAN ULTRAFIJNE DEELTJES IS HET HOOGST IN DE DIESELBUS EN OP DE DRUKKE FIETSRUTE, EN HET LAAGST IN DE TROLLEYBUS

De concentraties luchtverontreiniging die fietsers inademen, zijn gemiddeld iets lager dan bij automobilisten en buspassagiers. Doordat fietsers meer lucht inademen, is de dosis luchtverontreiniging die zij inademen wel hoger. In een recente berekening van Universiteit Utrecht blijken de voordelen van fietsen door fysieke activiteit echter ruimschoots op te wegen tegen de nadelen van de blootstelling aan luchtverontreiniging.<sup>14</sup>

gen zijn voor en na de twee uur durende verkeersrit per auto, bus en fiets uitgevoerd, om de verandering in de gezondheid te kunnen onderzoeken.

### Verschillen door brandstof en route

De blootstelling aan luchtverontreiniging in dieselbussen is 25 tot 45% hoger dan in trolleybussen.<sup>4</sup> De verschillen zijn het grootst voor ultrafijn stof en roet, en kleiner voor fijn stof.

Uitlaatgassen van de dieselbus komen naar binnen doordat de deuren van bussen op bushaltes vaak enkele minuten geopend zijn, terwijl de motor draait. Er is voor zover bekend niet eerder onderzoek gedaan naar verschillen tussen dieselbussen en elektrische bussen. Wel is bekend dat de hoeveelheid uitlaatgassen van dieselbussen die de eigen bus inkomen aanzienlijk kan zijn.<sup>5</sup>

Er zijn slechts geringe verschillen in blootstelling tussen diesel- en benzineauto's. In het onderzoek zijn nieuwe dieselauto's gebruikt. Oudere dieselauto's hebben hogere emissies, waardoor concentraties luchtverontreiniging in oude dieselauto's groter zouden kunnen zijn. In auto's komen echter niet zo veel eigen uitlaatgassen de auto in als bij bussen, omdat de deuren van auto's gesloten blijven tijdens het rijden. De blootstelling op de drukke fietsroute is 25% hoger dan op de fietsroute met minder verkeer. Het verschil tussen beide fietsroutes was echter kleiner dan verwacht. Een gedeelte van de rustigere fietsroute blijkt tijdens de ochtendspits gebruikt te worden als sluiproute door

autoverkeer. In voorgaande studies zijn grotere verschillen gevonden tussen drukke en rustige fiets- en wandelroutes.<sup>6,7</sup> Op enkele fietsdagen is langskomend verkeer genoteerd. Hieruit blijkt dat hoge pieken meestal worden veroorzaakt door passerende brommers, dieselbussen en vrachtwagens, zie figuur 1. Ook tijdens het wachten bij kruispunten zijn piekblootstellingen waargenomen.<sup>8</sup>

### Verschillen tussen bus, auto en fiets

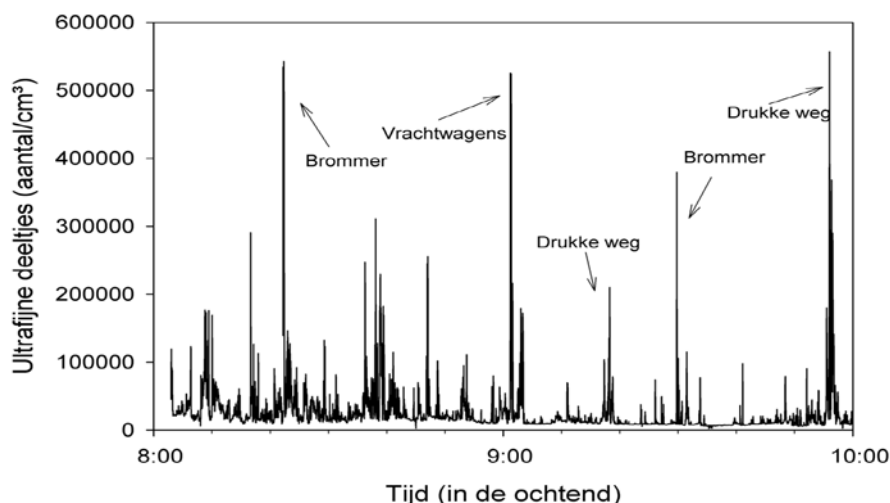
Blootstelling aan ultrafijne deeltjes is het hoogst in de dieselbus en op de drukke fietsroute, en het laagst in de trolleybus. Blootstelling aan fijn stof ( $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$ ) was het laagst op beide fietsroutes. Blootstelling aan roet was het laagst op de rustige fietsroute en in

de trolleybus. Ook voorgaand buitenlands onderzoek heeft aangetoond dat de blootstelling in de bus doorgaans hoger is dan in de auto, en dat fietsers en voetgangers doorgaans de laagste blootstelling hebben.<sup>9</sup>

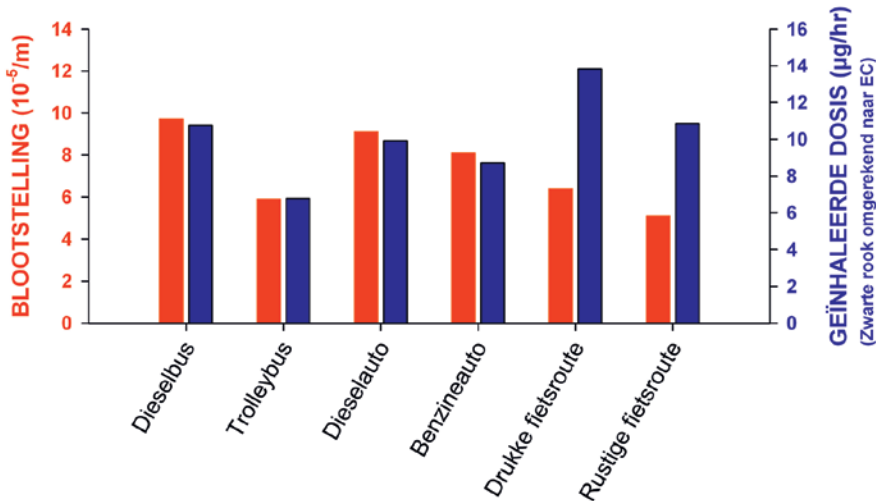
Wanneer de vrijwilligers fietsten, bleken ze gemiddeld ruim twee keer zoveel lucht in te ademen, dan wanneer zij in de auto of de bus zaten.<sup>10</sup> Hierdoor zijn de ingeademde hoeveelheden luchtverontreiniging voor fietsers hoger dan voor automobilisten en buspassagiers. De ingeademde dosis luchtverontreiniging was het laagst in de trolleybus, zie figuur 2.

### Korte blootstelling heeft effect op de luchtwegen

Het onderzoek heeft effecten aangetoond op de longfunctie. Hoge blootstellingen aan ultrafijne deeltjes, zwarte rook en fijn stof verslechteren de piek flow direct na de blootstelling. De piek flow is een maat voor het functioneren van de longen. De verandering is na zes uur weer verdwenen. Hoge blootstelling aan ultrafijne deeltjes zorgt voor een nadelige verhoging van



Figuur 1: Blootstelling van fietsers aan ultrafijne deeltjes op 10 juni 2008.



Figuur 2: Blootstelling en geïnhaleerde dosis roet (zwarte rook).

TWEE UUR BLOOTSTELLING IN HET VERKEER HEEFT EFFECTEN OP DE LONGFUNCTIE

de luchtwegweerstand. Ook deze verandering is na zes uur weer verdwenen. Fietsers hebben een hogere geïnhaleerde dosis luchtverontreiniging. Dit lijkt echter niet te leiden tot meer effecten op de luchtwegen. Er zijn geen effecten aangetoond van de twee uur durende blootstelling op veranderingen binnen enkele uren op biomarkers van bloedstolling en ontstekingen in het bloed. De waargenomen effecten hebben voor gezonde mensen beperkte betekenis, maar kunnen bij mensen met al bestaande luchtweg- en/of hartvaatziekten mogelijk tot ernstigere effecten leiden.

**Bijdrage verkeersblootstelling aan totale blootstelling**

In 2009 was de gemiddelde woon-werkverkeertijd in Nederland 54 minuten per dag.<sup>11</sup> Voor fietsers was dit 32

minuten, voor automobilisten 54 minuten en voor openbaar vervoer (bus, trein, tram, metro) was dit 102 minuten per dag. In tabel 1 is weergegeven hoeveel de blootstelling tijdens woon-werkverkeer de totale blootstelling aan roet verhoogt. Dagelijks 54 minuten in het verkeer verhoogt de dagelijkse inademing van roet met 7% in een trolleybus tot 15% op een drukke fietsroute. Minder dan een uur in het verkeer draagt dus aanzienlijk bij aan de totale blootstelling aan luchtverontreiniging.

**Beleidsaanbevelingen**

De hoge concentraties luchtverontreiniging in het verkeer en de gezondheidseffecten daarvan geven voldoende aanleiding om blootstelling van verkeersdeelnemers aan luchtverontreiniging te verminderen. Het verminderen van de blootstelling kan gerealiseerd worden

door generiek beleid ten aanzien van het gemotoriseerd verkeer, zoals emissie-eisen aan voertuigen, stimulering van actief transport, openbaar vervoer. Daarnaast zijn er mogelijkheden om de blootstelling van specifieke verkeersdeelnemers te verlagen. Overheden kunnen de volgende maatregelen nemen om de blootstelling te verminderen.

*Aanbevelingen voor schoner openbaar vervoer*

Gemeenten en stadsregio's kunnen de invoering van schoon openbaar vervoer stimuleren. De inzet van elektrische bussen (trolleybussen, maar ook brandstofcellbussen zoals waterstofbussen) verlaagt niet alleen de concentraties luchtverontreiniging in de omgeving, maar ook in de bus zelf. Ook in elektrische trams is de blootstelling naar verwachting lager dan in dieselbussen. Het

Tabel 1: Verhoging van totale dagelijkse blootstelling en ingeademde dosis van roet (zwarte rook) door woon-werkverkeer.

	Tijdsduur woon-werkverkeer (min)	% van dagelijkse blootstelling	% van dagelijkse ingeademde dosis#	Tijdsduur woon-werkverkeer (min)	% van dagelijkse blootstelling	% van dagelijkse ingeademde dosis#
Dieselbus	40*	7,4%	7,4%	54	10%	10%
Trolleybus	40*	5,2%	5,2%	54	7,0%	7,0%
Nieuwe dieselauto	54	7,1%	7,1%	54	7,1%	7,1%
Nieuwe benzineauto	54	7,2%	7,2%	54	7,2%	7,2%
Fietsen op route met veel verkeer	32	3,2%	8,8%	54	5,3%	15%
Fietsen op route met weinig verkeer	32	2,2%	6,9%	54	3,8%	12%

Berekend met mediane ratio's van concentraties roet in vervoersmiddelen ten opzichte van stadsachtergrondconcentraties.<sup>4</sup> Aangenomen dat men de rest van de dag is blootgesteld aan stadsachtergrondconcentraties.

#) Aangenomen dat de ingeademde lucht per minuut in bus en auto gelijk is aan de inademing de rest van de dag, en dat de ingeademde lucht per minuut van fietsers 2,05 keer zo hoog is.<sup>10</sup>

\*) De gemiddelde tijd in de bus is geschat op 40 minuten. Dit is gebaseerd op een gemiddelde woon-werkafstand van 15 km in 2001 voor mensen die per bus, metro of tram redden.<sup>15</sup>

## LOKALE MAATREGELEN KUNNEN BLOOTSTELLING AAN LUCHT- VERONTREINIGING IN HET VERKEER VERLAGEN

Het onderzoek is onderdeel van het programma 'Academische Werkplaats Medische Milieukunde'. Dit programma beoogt een brug te slaan tussen beleid, onderzoek en praktijk op het gebied van milieu en gezondheid. GGD'en en universiteiten werken hierin samen om vragen van lokale overheden te beantwoorden en om wetenschappelijke kennis te vertalen naar de lokale praktijk. Meer informatie: [www.academischewerkplaatsmmk.nl](http://www.academischewerkplaatsmmk.nl).

instrueren van buschauffeurs tot schonere (zuiniger) rijgedrag en minder stilstaan met open deuren en een draaiende motor zal de luchtverontreiniging in de bus verlagen.

### *Aanbevelingen voor auto's en automobilisten*

Door het promoten van schonere auto's, brommers en scooters kunnen (lokale) overheden de blootstelling van de bestuurders van deze voertuigen, als ook van de medeweggebruikers, verlagen. Buitenlands onderzoek heeft aangetoond dat de blootstelling van automobilisten aanzienlijk lager wordt bij een grotere afstand tot de voorganger.<sup>12</sup> Blootstelling van automobilisten kan ook worden verlaagd door het sluiten van ramen en het inschakelen van recirculatie van lucht in bepaalde situaties, zoals in tunnels of in de file.

### *Aanbevelingen voor fietsers*

Fietsers zouden gestimuleerd kunnen worden om gebruik te maken van fietsroutes met minder gemotoriseerd verkeer of op grotere afstand van verkeer. Gemeenten kunnen met hun ruimtelijke planning hieraan bijdragen door de aan-

leg van doorgaande fietsroutes niet dicht langs grote autowegen te realiseren. Fietsrouteplanners die fietsroutes met lage luchtverontreiniging aangeven zouden gecreëerd kunnen worden.

Passerende voertuigen met hoge uitstoot, zoals (tweetakt)brommers, vrachtwagens, bussen en oude auto's, veroorzaken piekblootstellingen van fietsers. Door subsidieregelingen en aanpak van het wagenpark van de overheden zelf, kunnen er meer schone voertuigen op de weg komen.

Het wachten bij drukke kruispunten draagt aanzienlijk bij aan de totale blootstelling aan luchtverontreiniging van fietsers. De blootstelling van fietsers wordt verlaagd door de doorstroming voor fietsers in het verkeer te vergroten, bijvoorbeeld door een groene golf voor fietsers of tweemaal groen per cyclus bij verkeerslichten.

Het stimuleren van fietsgebruik in het algemeen zal de blootstelling aan luchtverontreiniging voor alle verkeersdeelnemers verlagen, aangezien fietsers zelf geen bron van luchtverontreiniging zijn.

### *Reacties op beleidsaanbevelingen*

In een symposium gehouden in oktober



Figuur 3: Trolleybus in Arnhem.

2010, zijn de hiervoor genoemde maatregelen bediscussieerd met negentig vertegenwoordigers van gemeenten, provincies en GGD'en. Enkele gemeenten blijken actief bezig te zijn met gezondheid en verkeer. Zo hebben de gemeenten Arnhem en Nijmegen extra eisen gesteld aan emissies van bussen in OV-concessies. Daarnaast zijn er nu enkele initiatieven van consortia van bedrijfsleven, overheden en onderzoeksinstituten om nieuwe brandstoffen in te zetten in openbaar vervoer, zoals waterstof en biogas. Gemeenten vervullen een belangrijke rol bij het stimuleren van nieuwe, schone brandstoffen.

De aandacht voor de gezondheid van fietsers in verkeersinrichting is bij gemeenten en provincies nog niet groot. De lokale overheden vragen een actieve rol van de GGD'en om informatie te geven over een gezonde verkeersinrichting, onder andere met gegevens van het TRAVEL-onderzoek. GGD'en geven echter aan dat gemeenten hen dan ook in een vroeg stadium moeten betrekken bij nieuwe plannen. Ook is ter sprake gekomen of er een norm moet komen voor blootstelling aan luchtverontreiniging in het verkeer. Zo'n norm lijkt niet haalbaar en niet wenselijk. Wel moet er meer aandacht komen voor de hoge blootstellingen in het verkeer.

Het onderzoek is uitgevoerd door Moniek Zuurbier van de GGD van Hulpverlening Gelderland Midden, in samenwerking met het Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS) van de Universiteit Utrecht. Gemeente Arnhem, Provincie Gelderland en Connexion hebben medewerking aan het onderzoek verleend. Het onderzoek is mogelijk gemaakt door financiering van ZonMw, de Nederlandse organisatie voor gezondheidsonderzoek en zorginnovatie, en het ministerie van VROM.



De inzet van groen wordt vaak genoemd als maatregel om luchtverontreiniging te verlagen. Uit onderzoek blijkt dat groen echter niet altijd effectief is voor de verlaging van luchtverontreiniging; in sommige situaties kan het juist een negatief effect hebben.<sup>13</sup> Het aanbrengen van een obstakel tussen autoweg en naastliggend fietspad in een open landschap kan wel gunstig zijn voor de blootstelling van fietsers. Het obstakel kan bijvoorbeeld gevormd worden door een bomenrij of door een scherm.

Een andere mogelijke maatregel is versmalling van de autorijstroken in steden. Hierdoor rijden de auto's minder hard en de ruimte kan gebruikt worden voor het verbreden van de fietsstroken of om de fietsstroken op iets grotere afstand van de autorijstrook aan te leggen.

Tot slot wordt genoemd dat verkeersblootstelling een multidisciplinaire aanpak vergt. Veel genoemde maatregelen hebben ook een gunstig effect op geluidblootstelling van weggebruikers en omwonenden. Meer fietsen heeft ook gezondheidsvoordelen door verlaging van overgewicht en een verlaagd risico op hart- en vaatziekten.

#### Noten

1. Roorda-Knape, M.C., N.A.H. Janssen, J. de Hartog, P. van Vliet, H. Harssema, B. Brunekreef (1998). 'Air pollution from traffic in city districts near major motorways'. *Atmospheric Environment* 32:1921-1930.
2. Zhu Y., W.C. Hinds, S. Kim, C. Sioutas (2002). 'Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway'. *Journal of Air and Waste Management Association* 52:1032-1042.
3. De Wilde, C. (2006). 'Verhoogde aandacht voor fijn stof door slijtage'. *Tijdschrift Lucht* 2:30-33 (2006).
4. Zuurbier M., G. Hoek,

M. Oldenwening, V. Lenters, K. Meliefste, P. van den Hazel, B. Brunekreef (2010). 'Commuters' exposure to particulate matter air pollution is affected by mode of transport, fuel type, and route'. *Environmental Health Perspectives* 118:783-789.

5. Adar, S.D., M. Davey, J.R. Sullivan, M. Compber, A. Szpiro, L.J. Liu (2008). 'Predicting Airborne Particle Levels Aboard Washington State School Buses'. *Atmospheric Environment* 42:7590-7599 (2008).
6. McCreanor, J., P. Cullinan, M.J. Nieuwenhuijsen, J. Stewart-Evans, E. Malliarou, L. Jarup, R. Harrington, M. Svartengren, I.K. Han, P. Ohman-Strickland, K.F. Chung, J. Zhang (2007). 'Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma'. *New England Journal of Medicine* 357:2348-2358.
7. Strak, M., H. Boogaard, K. Meliefste, M. Oldenwening, M. Zuurbier, B. Brunekreef, G. Hoek (2010). 'Respiratory health effects of ultrafine and fine particle exposure in cyclists'. *Occupational and Environmental Medicine* 67:118-124.
8. Borgman, F., J. Kamminga, H. Boogaard, G. Hoek (2009). 'Onderzoek naar blootstelling fietsers: nieuwe inzichten vragen nieuw beleid'. *Tijdschrift Lucht* 3:23-29.
9. Kaur, S., M.J. Nieuwenhuijsen, R.N. Colville (2007). 'Fine particulate matter and carbon monoxide exposure concentrations in urban street transport micro environments'. *Atmospheric Environment* 41:4781-4810.
10. Zuurbier, M., G. Hoek, P. van den Hazel, B. Brunekreef (2009). 'Minute ventilation of cyclists, car and bus passengers: an experimental study'. *Environmental Health* 8:48.

11. TNS-NIPO (2009). Nederland onderweg. Het mobiliteitsgedrag van Nederlanders in kaart met het TNS-NIPO mobiliteitspanel.
12. McNabola, A., B.M. Broderick, L.W. Gill (2009). 'The impacts of inter-vehicle spacing on in-vehicle air pollution concentrations in idling urban traffic conditions'. *Transportation Research Part D – Transport and Environment* 14:567-575.
13. Van der Zee, S.C., I.C. Walda, M.B.A. Dijkema, J. Kwekkeboom, N.F. van Riet, M. Zuurbier (2008). GGD Richtlijn luchtkwaliteit en gezondheid. 609330008. Bilthoven: RIVM.
14. De Hartog, J.J., H. Boogaard, H. Nijland, G. Hoek (2010). 'Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks?' *Environmental Health Perspectives* 118:1109-1116.
15. CBS (2002). Dagelijks 35 kilometer op pad. Persbericht Onderzoek Verplaatsingsgedrag.

\* Ir. Moniek Zuurbier<sup>1,2</sup>, drs. Peter van den Hazel<sup>1</sup>, dr. ir. Gerard Hoek<sup>2</sup>, dr. ir. Bert Brunekreef<sup>2</sup>

1. GGD van Hulpverlening Gelderland Midden, Arnhem.
2. Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht.

Met dank aan alle vrijwilligers voor medewerking aan het onderzoek en dank aan Joris van Loenhout, Marieke Oldenwening, Virissa Lenters en Kees Meliefste voor medewerking aan het veldwerk. Chris Zwerver bedankt voor commentaar op het artikel.