

Luchtvervuiling onderweg

E.P. Weijers
R. Rodink
G.P.A. Kos

Januari 2017
ECN-V--17-001



LUCHTVERVUILING ONDERWEG

DE MEESTE AANDACHT GAAT NAAR LUCHTVERVUILING LANGS DE WEGEN, MAAR HOE IS HET GESTELD MET DE KWALITEIT VAN DE LUCHT IN EEN (RIJDEND) VOERTUIG?

ERNIE WEIJERS, ROB RODINK EN GERARD KOS*

Inleiding

Het is al lang bekend: verkeer veroorzaakt hoge concentraties aan stikstof-oxiden (NO en NO₂) en fijn stof (PM) langs drukke wegen. Uit epidemiologische studies blijkt dat dit tot nadelige gevolgen voor de gezondheid leidt, zowel na korte- als langetermijnblootstelling. Maar hoe is het gesteld met de kwaliteit van de lucht binnenin een (rijdend) voertuig? Een dergelijke vraag is relevant voor mensen die beroepsmatig vele uren in voertuigen doorbrengen (zoals taxi en vrachtwagenchauffeurs). Op een enkele uitzondering na (Den Tonkelaar, 1983) is hier niet veel over bekend. Een recentere studie naar dit onderwerp werd gepresenteerd door Morin (2009). Hij concludeerde (kwantitatief) dat 'het filter in een auto de bestuurder maar weinig bescherming biedt'. Onze studie ging op zoek naar een meer kwantitatieve onderbouwing. Het hier beschreven onderzoek betrof één voertuig. Weliswaar kunnen resultaten anders zijn bij andere voertuigen maar vermeldenswaard is dat verschillende fabrikanten gebruikmaken van dezelfde of soortgelijke filters.

Experimentele opzet

Concentraties van NO_x en aantallen deeltjes in de lucht werden gelijktijdig gemeten op twee plaatsen. Met de eerste inlaat werd buitenlucht gemeten. Deze was vastgemaakt aan de grill aan de voorzijde van het voertuig (een kleine bestelwagen) en teruggebogen om verstopping te vermijden. De tweede

bevond zich ter hoogte van het hoofd van de bestuurder om een beeld te krijgen van de niveaus in de ingeademde lucht. In figuur 1 is te zien dat de twee NO_x-monitoren (en data loggers) werden gepositioneerd in de laadbak. De deeltjestellers waren op de bodem voor de passagiersstoel geplaatst (aangesloten op een laptop voor dataopslag).



Figuur 1: NO_x-monitoren met bijbehorende laptops achterin (afbeelding boven); deeltjestellers met laptop op passagiersstoel (onder).

Het ventilatiesysteem in het gebruikte voertuig is een zgn. HVAC-systeem: 'Integrated Heating, Ventilation and Air Conditioning system'. Het stoffilter (figuur 2) is eigenlijk een pollenfilter. De specificaties zijn niet bekend anders dan dat de fabrikant vermeldt: 'elimineert de meeste vervuulende deeltjes zoals rook, bacteriën, pollen en stof die in uw auto komen'. In figuur 2 is te zien dat het filter al tamelijk zwart is door het afvangen van roetdeeltjes. Dit zijn

vooral zeer kleine deeltjes met een karakteristieke diameter die kleiner is dan 0,1 µm (genaamd 'ultrafijn').

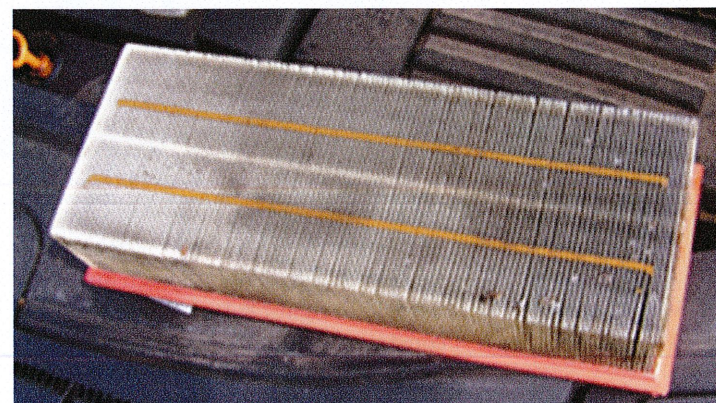
Het rendement van filters is in het algemeen het laagst tussen 0,1 en 1 µm (met een afname tot wel 50%) en neemt voor kleinere en grotere deeltjes weer toe. Naarmate deeltjes kleiner zijn (dan 0,1 µm) wordt de afvangst bepaald door zgn. 'diffusie': omdat de deeltjes zich steeds meer als gas(moleculen) gedragen wordt de botsingskans met het filter(-doek) groter. Voor grotere (dus boven 1 µm) is een ander mechanisme van belang: traagheid. Door hun toenemende massa kunnen deze deeltjes moeilijker met de luchtstroom meekomen en wordt de botsingskans met de vezels van het filterdoek steeds groter.

Resultaten

De meetcampagne besloeg verschillende dagen. De resultaten hier betreffen één dag en zijn representatief voor de andere dagen. Er is voornamelijk gereden op provinciale en snelwegen.

1. Aantallen stofdeeltjes

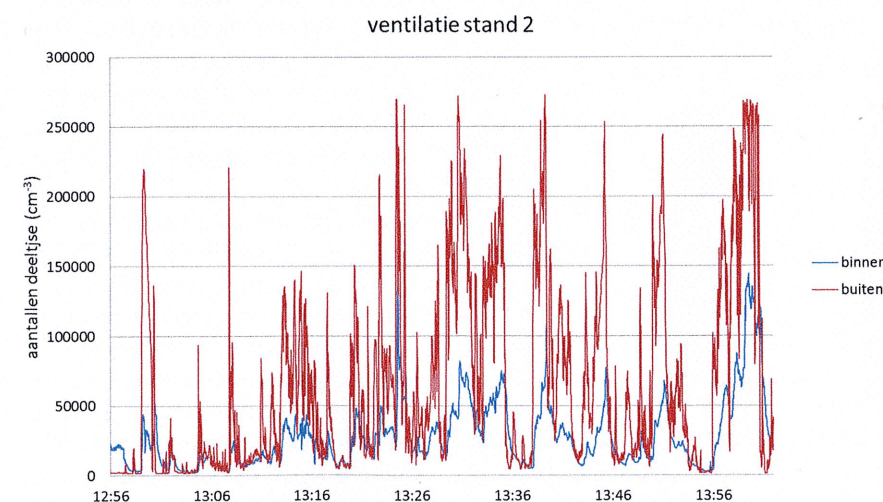
Figuren 3, 4 en 5 laten het totaal aantal deeltjes zien dat buiten en binnen het voertuig bij verschillende ventilatiestanden (stand 2 = veel; 1 = weinig; 0 = recirculatie) is gemeten. Direct valt op dat de aantallen deeltjes direct voor onze auto piekwaarden tot ca. 250.000 per cm³ bereiken. Dergelijke waarden zijn niet ongewoon vlak achter een ander voertuig, vooral tijdens wachten voor een stoplicht of in een file, en bij het optrekken na stilstand. Ter vergelijking: een gemiddeld stadsachtergrondniveau bedraagt 'maar' ca. 12.000 deeltjes per cm³.



Figuur 2: Het luchtfilter.

Er vallen verschillende zaken op. Zo is in figuur 3 (stand 2) zichtbaar dat de aantallen deeltjes binnen lager zijn dan buiten; het filter heeft kennelijk een effect! Ook is er een duidelijk verband in de tijd: de aantallen binnen gaan mee omhoog als ze buiten stijgen. Dit was te verwachten bij veel ventilatie waarbij relatief veel lucht van buiten naar binnen gezogen wordt. In afwezigheid van bronnen zijn de aantallen buiten en binnen vrijwel gelijk. Bij geringere ventilatie (stand 1) wordt (per tijdseenheid) minder lucht van buiten aangevoerd. Hoewel de aantallen nog hoog kunnen oplopen onder invloed van wat er buiten gebeurt, is er

sprake van een 'gefilterd' signaal. Opvallend is verder dat dit signaal 'achterloopt'. Deze vertraging komt doordat het langer duurt voordat de buitenlucht naar binnen is getransporteerd en de menging van de lucht meer tijd in beslag zal nemen. Wanneer het ventilatiesysteem is ingesteld op recirculeren komt er (vrijwel) geen lucht meer van buiten naar binnen. De binnenlucht passeert het filter nu herhaaldelijk en de aantallen dalen tot verhoudingsgewijs (zeer) lage waarden. Er is een ontkoppeling van binnen- en buitenlucht. Op enkele momenten is nog een (zeer) geringe toevoer van buiten zichtbaar, vermoedelijk door kieren



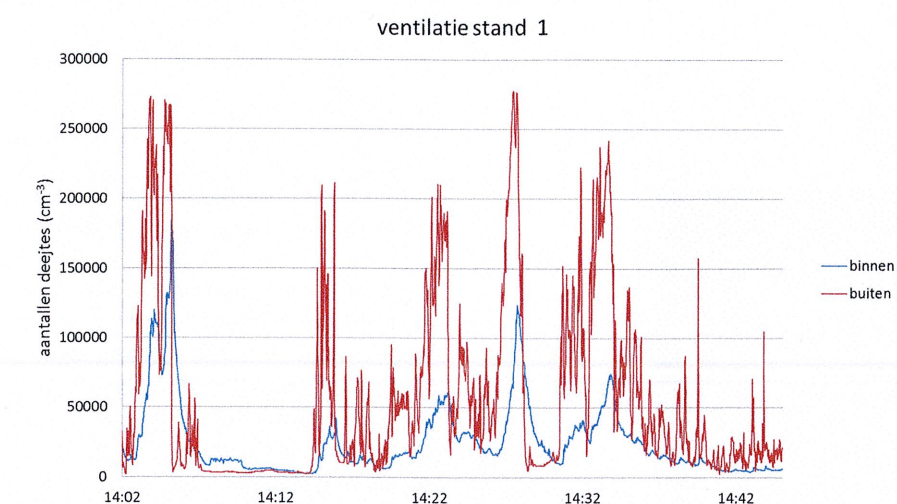
Figuur 3: Totaal aantal deeltjes (per cm³) buiten en binnen het voertuig bij veel ventilatie (stand 2).

bij ramen, niet volledig sluitende roosters, of andere kleine openingen elders.

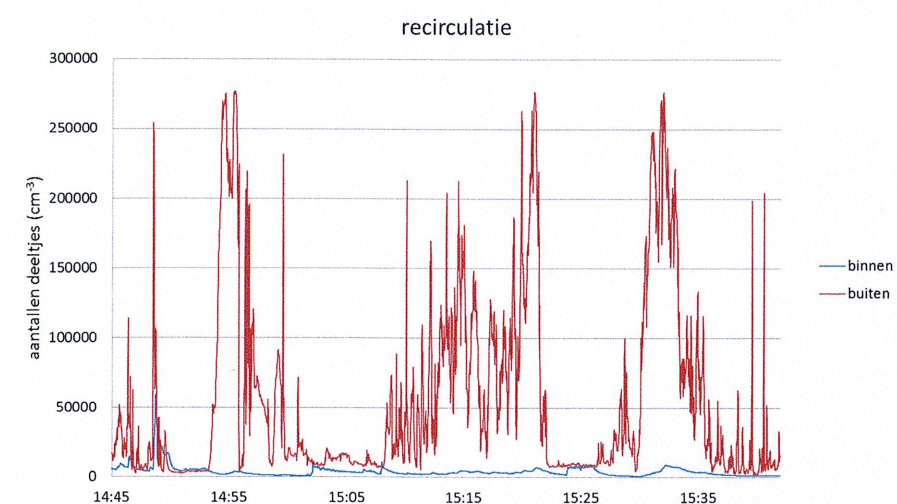
De gemiddelde resultaten zijn afgebeeld in figuur 6. Steeds geldt dat de deeltjesaantallen in het voertuig lager zijn dan buiten. In het geval van ventilatie is de afname in de orde van 50-60%. De reductie is zelfs boven de 90% als de ventilatie uitgezet wordt en lucht binnen circuleert. Uiteindelijk maakt het voor de blootstelling in de auto dus wel uit of er geventileerd wordt maar niet hoe hard er geventileerd wordt.

2. Stikstofoxiden (NO en NO₂)

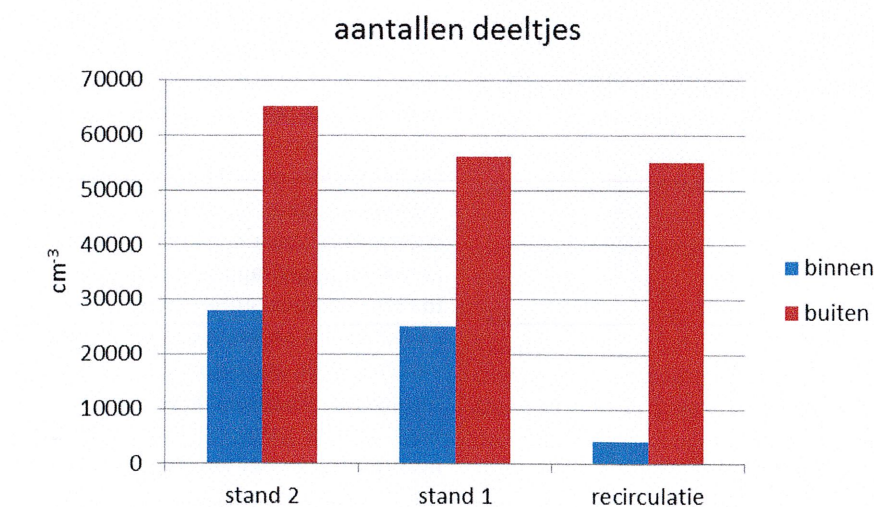
In figuur 7 zijn de resultaten voor NO en NO₂ afgebeeld voor ventilatiestand 2, 1 en de recirculatiestand. In het geval van NO-tijdreeksen is er vrijwel geen verschil tussen binnen en buiten. Het filter laat (volgens verwachting) het NO van buiten vrijwel onveranderd door. Wel lijkt er bij minder ventilatie (stand 1) opnieuw een geringe vertraging te zijn ten opzichte van de meting in de buitenlucht. In de recirculatiestand zijn de snelle veranderingen in het NO-signaal van buiten verdwenen. De basisniveaus komen redelijk overeen. Kennelijk geldt, net als in het geval van aantallen deeltjes, dat NO in de buitenlucht de binnenruimte slechts in (zeer) geringe mate beïnvloedt; ruwweg wordt de 'basislijn' van buiten gevolgd. De relatie tussen de beide NO₂-signalen is (veel) zwakker. Slechts in geval van veel ventilatie is nog sprake van overeenkomstig gedrag tussen de variaties in concentraties buiten en binnen. Zoals bekend ontstaat een groot deel van NO₂ in de atmosfeer door een chemische reactie tussen NO en ozon. Vermoedelijk gebeurt dit ook in de binnenruimte van het voertuig zodat bij minder of geen ventilatie er weinig relatie meer is met het gedrag van NO₂ in de buitenlucht. Bij recirculatie is de variatie in de binnenniveaus veel geringer.



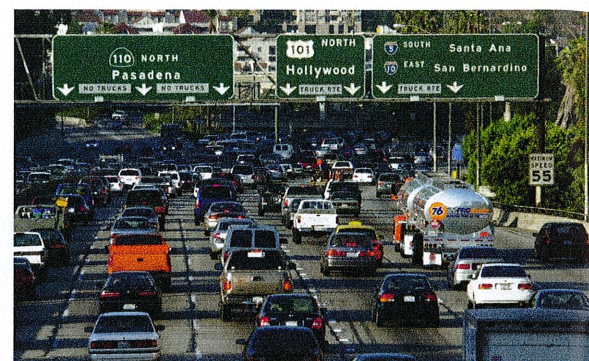
Figuur 4: Totaal aantal deeltjes (per cm³) buiten en binnen het voertuig bij een lagere ventilatie (stand 1).



Figuur 5: Totaal aantal deeltjes (per cm³) buiten (rood) en binnen (blauw) bij recirculatie van de binnenlucht (stand 0).



Figuur 6: Gemiddelde aantallen deeltjes (per cm³) buiten en binnen bij toepassing van de drie ventilatiestanden.



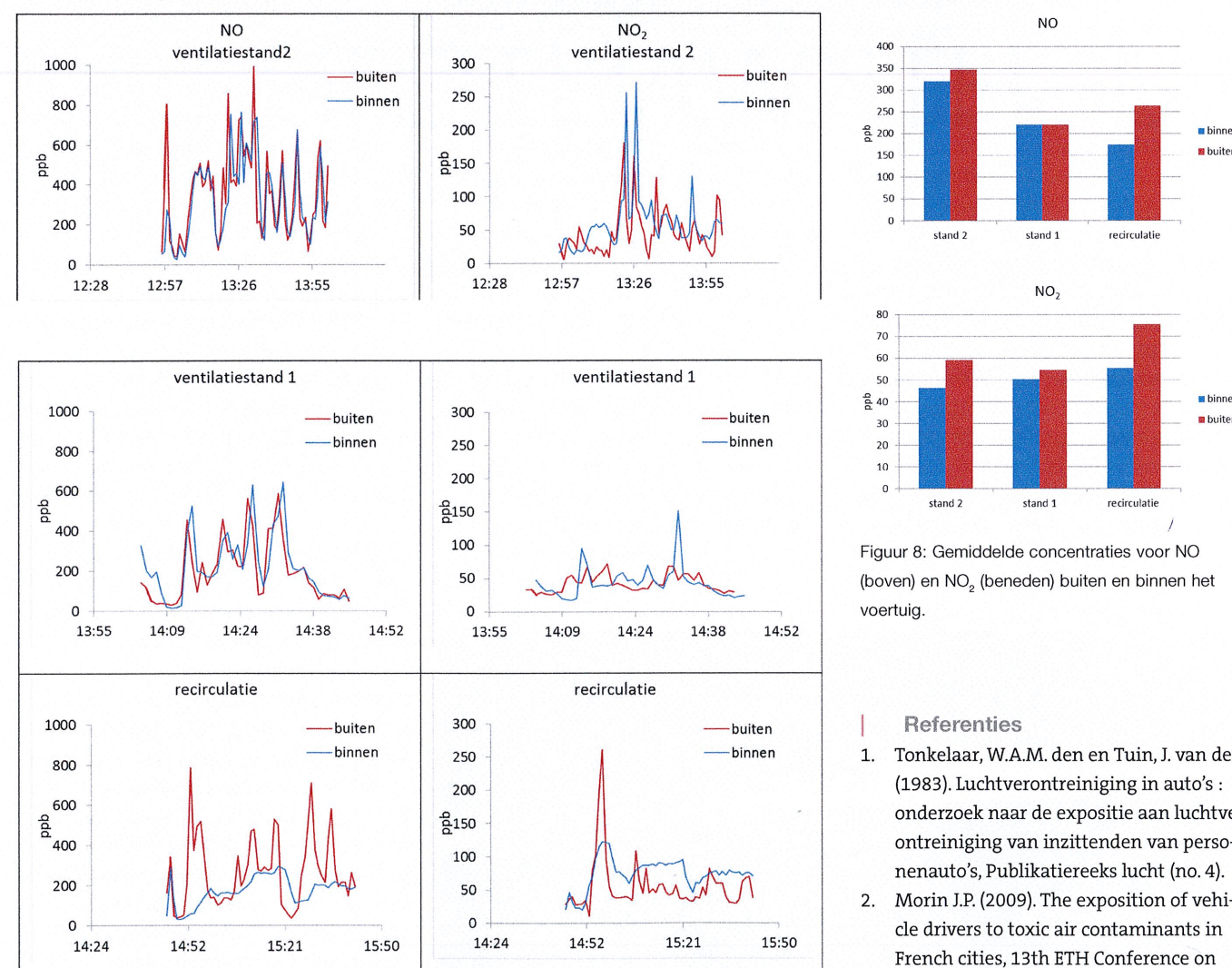
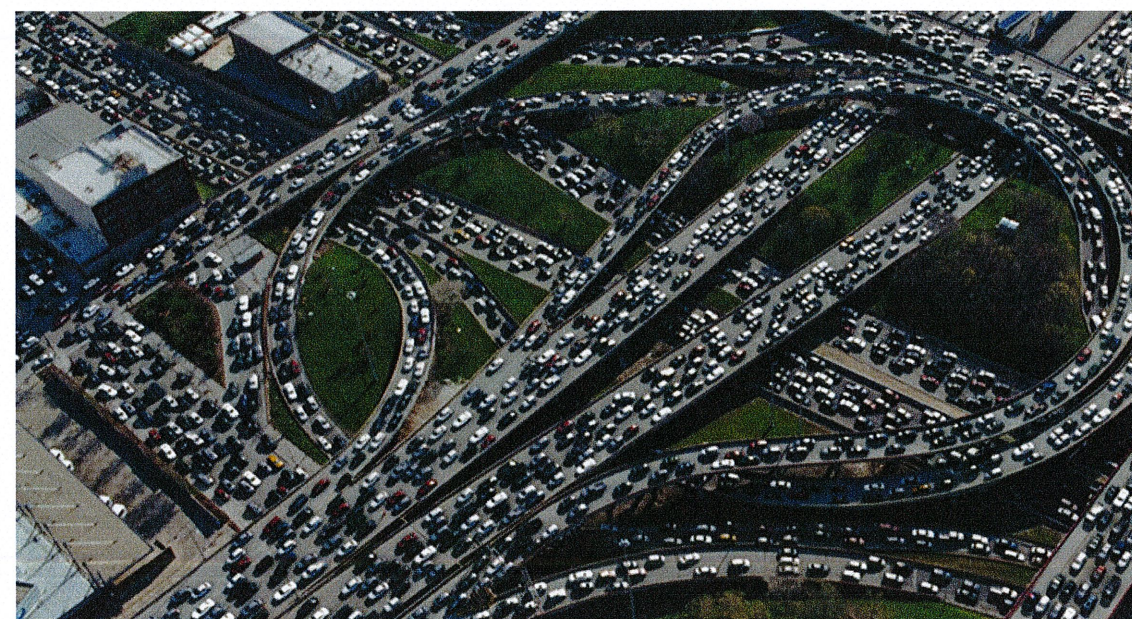
ger dan buiten door het wegvallen van aanvoer van buiten.

De gemiddelde resultaten zijn afgebeeld in figuur 8. De belangrijkste constatering is dat bij ventilatie van de verhouding 'binnen versus buitenlucht' voor NO (en NO₂) dicht bij 1 ligt (het filter heeft geen effect). Tijdens recirculatie zijn de NO en NO₂-niveaus in het voertuig ongeveer twee derde van wat buiten gemeten wordt en zijn tamelijk stabiel, dat wil zeggen, worden niet of weinig beïnvloed door piekwaarden in de nabije buitenlucht.

Samenvattende conclusies

De NO en NO₂-niveaus in een rijdend voertuig zijn, bij gebruik van het ventilatiesysteem, vergelijkbaar met die gemeten vlak voor het voertuig. Dit impliceert een vrijwel directe blootstelling aan de (verhoogde) concentraties afkomstig van wegverkeer. De aantallen deeltjes in een voertuig blijken 50 tot 60% lager bij gebruik van een goed werkend stoffilter; deze zijn nog wel ruim boven de gemiddelde stedelijke achtergrondniveaus. Het afsluiten van de verbinding met de buitenlucht bij recirculatie betekent 90% minder stofdeeltjes en 30-40% minder NO en NO₂ binnen het voertuig (ten opzichte van buiten).

De recirculatiestand blijkt dus de beste (zo niet enige) manier om de blootstelling van de bestuurder aan fijn stof afkomstig van wegverkeer te verminderen. Het is daarom dat in Californië wordt aangeraden deze stand te gebruiken in het geval van stilstaan in de file. Nadeel hiervan is natuurlijk dat de ramen na enige tijd zullen beslaan en de concentratie CO₂ in de auto toeneemt (wat kan leiden tot minder alert-



Figuur 7: NO (links) en NO₂ (rechts) binnen en buiten het voertuig bij toepassing van de drie ventilatiestanden.

heid). Het openen van de ramen is dan weer nodig voor een onbelemmerd uitzicht (en minder CO₂) zodat toch weer blootstelling aan sterk vervuilde lucht

optreedt. Onnodig te zeggen, dat het vermijden van files nog altijd de beste manier is om een dergelijke blootstelling te vermijden.

Referenties

1. Tonkelaar, W.A.M. den en Tuin, J. van der (1983). Luchtverontreiniging in auto's: onderzoek naar de expositie aan luchtverontreiniging van inzittenden van personenauto's, Publikatiereeks lucht (no. 4).
2. Morin J.P. (2009). The exposition of vehicle drivers to toxic air contaminants in French cities, 13th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich.

* Ernie Weijers, Rob Rodink en Gerard Kos zijn allen werkzaam bij Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 ZG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl

