

Invloed van de afstand tot een drukke verkeersweg op de lokale luchtkwaliteit en de gezondheid: een quick scan

In opdracht van: Directoraat-generaal Milieu van het Ministerie VROM
Door Paul H. Fischer, Marten Marra, Joost Wesseling en Flemming R. Cassee

Door het Directoraat-generaal Milieu van het Ministerie VROM (directie Lokale Milieukwaliteit en Verkeer (LMV)) is het verzoek gedaan om op korte termijn inzicht te geven in het verloop van de luchtverontreinigingsniveaus rondom snelwegen en te beoordelen vanaf welke afstand tot snelwegen de aanwezigheid van of het bouwen van gevoelige locaties (scholen, medische- en kinderdagverblijven, verzorgings- en verpleegthuizen) als 'acceptabel' kan worden aangemerkt.

In dit briefrapport wordt ingegaan op de resultaten van meetcampagnes en modelberekeningen rondom (snel)wegen in Nederland. Hierbij wordt inzichtelijk gemaakt dat de bijdrage van de snelweg aan het verkeersgerelateerde luchtverontreinigingsmengsel afhankelijk is van het soort component die gemeten is. De bijdrage van fijn stof gemeten als PM10 en PM2.5 is relatief beperkt, terwijl de bijdrage van componenten als roet, elementair koolstof, stikstofdioxide en ultrafijne deeltjes aanmerkelijk groter is. Daarnaast beperkt de invloed van het verkeer zich niet tot de eerste honderd meters, hoewel daar wel de sterkste afname in de bijdrage plaats vindt, maar is tot op ca. 1000 meter een bijdrage waarneembaar.

Vervolgens wordt ingegaan op een beschrijving van de wetenschappelijke literatuur gericht op de relatie gezondheid en verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Hieruit blijkt dat er voldoende basis is om een verband te veronderstellen tussen het blootgesteld zijn aan verkeersemissies en negatieve gezondheidseffecten. Op basis van deze studies kan er echter geen afstand worden aangegeven waarbinnen wel en waarbuiten geen gezondheidseffecten zijn gevonden.

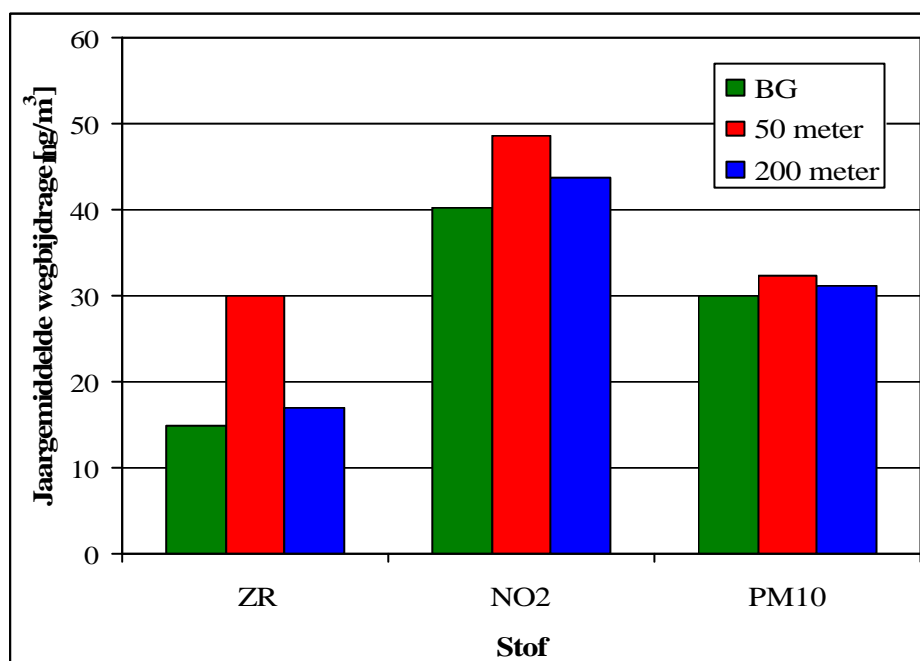
- De concentratiebijdragen van de emissies¹ van het (snel)wegverkeer nemen snel af bij toenemende afstand tot de weg. De mate waarin is afhankelijk van het soort component: de bijdrage van fijn stof gemeten als PM10 en PM2.5 is relatief beperkt. De bijdrage van componenten als roet, elementair koolstof, stikstofdioxide en ultrafijne deeltjes is aanmerkelijk groter. Tussen 0 en 100 meter van de weg neemt de bijdrage sterk af; afhankelijk van de lokale omstandigheden (weer, verkeersintensiteit en -samenstelling) en het aantal bijdragende wegen is de invloed van drukke verkeerswegen tot op enkele honderden meters of meer aantoonbaar.
- Er zijn verbanden gelegd tussen verkeersgerelateerde luchtverontreiniging en levensduurverkorting, longfunctiedaling, verergering van hart- en vaatziekten en van luchtwegklachten
- Er is wetenschappelijke onderbouwing om te concluderen dat het wonen in de buurt van drukke verkeerswegen of het verblijf op scholen in de nabijheid van drukke wegen tot negatieve gezondheidseffecten leidt;
- Er is geen wetenschappelijke informatie op basis waarvan kan worden afgeleid dat een afstand groter dan 100 meter kan worden aangemerkt als een afstand waarbij de gezondheidseffecten door verkeersgerelateerde luchtverontreiniging verwaarloosbaar klein zijn
- Toetsing aan de PM10 norm op door verkeersemissies gedomineerde locaties kan een inadequaat beeld geven van de werkelijke gezondheidsrisico's

¹ Met emissies wordt in dit verband de verontreinigende stoffen die door wegverkeer in de lucht worden gebracht. Geluid valt hier buiten.

Niveaus van luchtverontreiniging in relatie tot de afstand van een snelweg

Door het wegverkeer worden allerlei luchtverontreinigende stoffen uitgestoten. Om deze luchtverontreiniging te kunnen scheiden van andere bronnen van luchtverontreiniging wordt ook wel de term verkeersgerelateerde luchtverontreiniging gebruikt. De voornaamste stoffen die voor de gezondheid van belang zijn, zijn de deeltjes en met name de roetdeeltjes, koolmonoxide, stikstofdioxide, benzeen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Ter hoogte van de weg zullen de concentraties van deze stoffen het hoogst zijn en met toenemende afstand tot de weg zullen de niveaus dalen.

Enkele studies hebben met metingen onderzocht hoe de relatie is tussen de niveaus van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging en de afstand tot de weg. In de periode 2000-2003 zijn door TNO en de DCMR in het kader van verschillende projecten (van den Elshout) metingen uitgevoerd langs de A13, eerst in het open veld tussen Delft en Overschie en later in de wijk Overschie. De meetpunten zijn ook gebruikt om het effect van een snelheidsbeperking tot 80 km/uur op de lokale luchtkwaliteit te schatten, met name de NO₂ en PM₁₀ concentraties (Wesseling et al., 2003). Tevens zijn metingen aan elementair koolstof, organisch koolstof en zwarte rook uitgevoerd. De jaargemiddelde concentraties voor de stoffen NO₂, PM₁₀ en zwarte rook (ZR) in het jaar ná de invoering van de 80 km/uur maatregel (mei 2002 t/m maart 2003) zijn in Figuur 1 weergegeven.

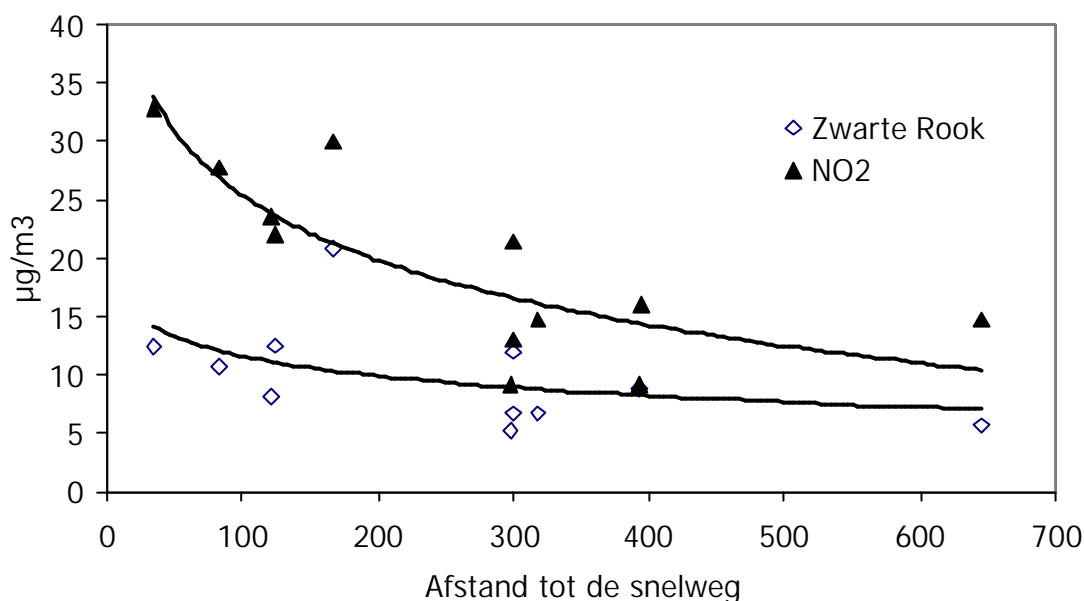


Figuur 1. Relatie tussen de concentratie PM₁₀, NO₂ en Zwarte Rook in de buitenlucht en de afstand tot de snelweg. De met "BG" aangegeven concentratie is de gemeten achtergrondconcentratie.

Uit het verloop van de concentraties is duidelijk dat de wegbijdragen tussen 50 en 200 meter van de as van de weg sterk afnemen. De figuur toont verder duidelijk aan dat NO₂ en Zwarte Rook betere indicatoren voor het verkeersgerelateerde luchtverontreinigingmengsel zijn dan PM₁₀. De bijdrage van het wegverkeer is ten opzichte van de achtergrondconcentratie aanmerkelijk groter dan voor PM₁₀ het geval is. De NO₂ en Zwarte Rook concentraties nemen sterk af met toenemende afstand tot de weg. De totale PM₁₀ niveaus worden daarentegen minder beïnvloed door de nabijheid van een snelweg aangezien de bijdrage van de weg

relatief klein is. Op 200 meter van de snelweg zijn de geschatte jaargemiddelde concentratiebijdragen van het wegverkeer voor Zwarte Rook, NO₂ en PM₁₀ nog respectievelijk 2.0, 3.7 en 1.3 µg/m³. Uit verschillende gravimetrische bepalingen gedurende de totale meetperiode is geconstateerd dat PM₁₀ voor 60-70% uit PM_{2.5} bestond.

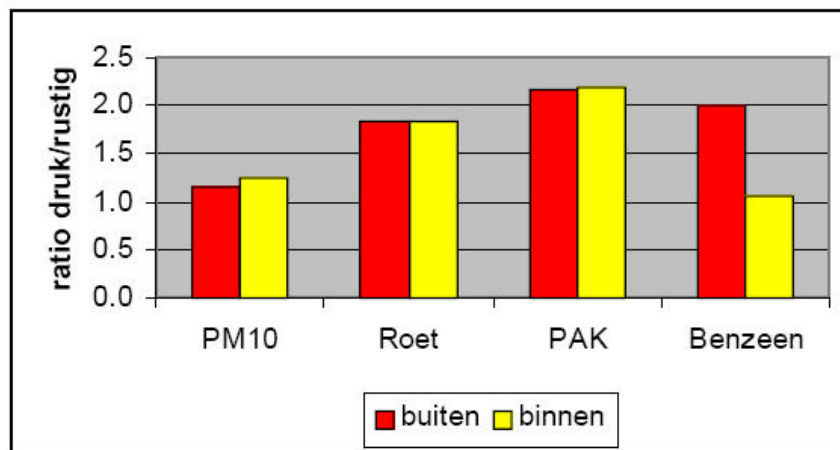
In een studie van Roorda-Knape in 1998 toonden metingen in klaslokalen langs de A13 aan dat, in combinatie met de intensiteit van het verkeer op de snelweg en windrichting, zwarte rook en NO₂ concentraties in de binnenlucht ook afhankelijk zijn van de afstand. Dit is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Niveaus NO₂ en Zwarte Rook in scholen in relatie tot de afstand van de school tot de snelweg.

Op basis van deze meetresultaten kan dus geconcludeerd worden dat tot op minimaal 400 meter een invloed van de snelwegen merkbaar is in de binnenlucht van de scholen.

In Fischer et al (2000) worden gegevens gepresenteerd van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging in Amsterdam waarbij binnen en buiten woningen die aan drukke of juist aan rustige straten gelegen waren is gemeten. De resultaten hiervan staan vermeld in figuur 3.



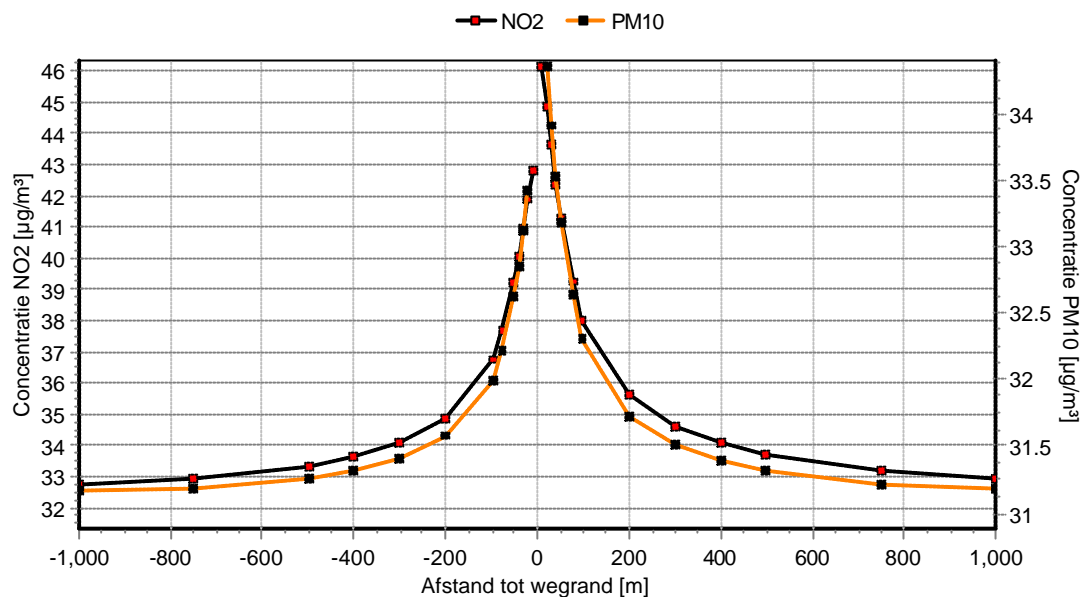
Figuur 3. Ratio tussen de concentraties verkeersgerelateerde luchtverontreiniging in de binnen- en buitenlucht van woningen aan drukke wegen ten opzichte van woningen aan rustige wegen in Amsterdam.

De ratio geeft aan wat de verhouding is in de niveaus in drukke straten in vergelijking met rustige straten. Een ratio van 2 geeft dus aan dat de niveaus in drukke straten 2 keer hoger waren dan die in rustige straten. Uit de figuur blijkt dat aan drukke straten alle componenten zowel buiten als binnen in de woning verhoogd waren. Wat opvalt is het verschil in relatieve verhoging tussen de afzonderlijke componenten. Vooral de componenten roet, benzeen (buiten) en PAK's waren sterk verhoogd op de verkeersbelaste locaties, terwijl dat voor PM10 beduidend minder het geval was. De conclusie die op basis van deze resultaten getrokken kan worden is dat PM10 een slechte indicator is voor het verkeersgerelateerde luchtverontreinigingsmengsel. Op verkeersdrukte locaties zal het luchtverontreinigingsmengsel dus anders van samenstelling zijn dan op verkeersluwe achtergrondlocaties. Toetsing aan de PM10 norm, waarbij uitsluitend naar de massa (concentratie) wordt gekeken en niet naar de samenstelling zou in dat geval vanuit gezondheidskundig oogpunt een inadequate beoordeling van de lokale situatie kunnen opleveren en dient daarom dat ook te worden afgeraden. Inachtneming van de kennis dat er rondom snelwegen tot op 1000 meter nog een bijdrage van verkeersemissies kan worden waargenomen, is vanuit gezondheids oogpunt een betere raadgever.

Aangezien slechts voor enkele locaties en perioden gedetailleerde metingen beschikbaar zijn wordt over het algemeen gebruik gemaakt van berekeningen om de concentratiebijdragen van een willekeurige weg vast te stellen. Rijkswaterstaat stelt elk jaar rekenresultaten beschikbaar voor de inventarisatie van de luchtkwaliteit. Onderstaande figuur 4 toont de NO₂ en PM₁₀ concentraties zoals berekend voor Overschie in 2006.

Blk 2006. Jaargemiddelde concentratie. Weg: 13 hm: 17.1

*Aantal voertuigen 149701/etmaal; Fractie vracht: 9.8%
NO₂ achtergrond: 31.5 µg/m³ PM₁₀ achtergrond: 30.9 µg/m³*

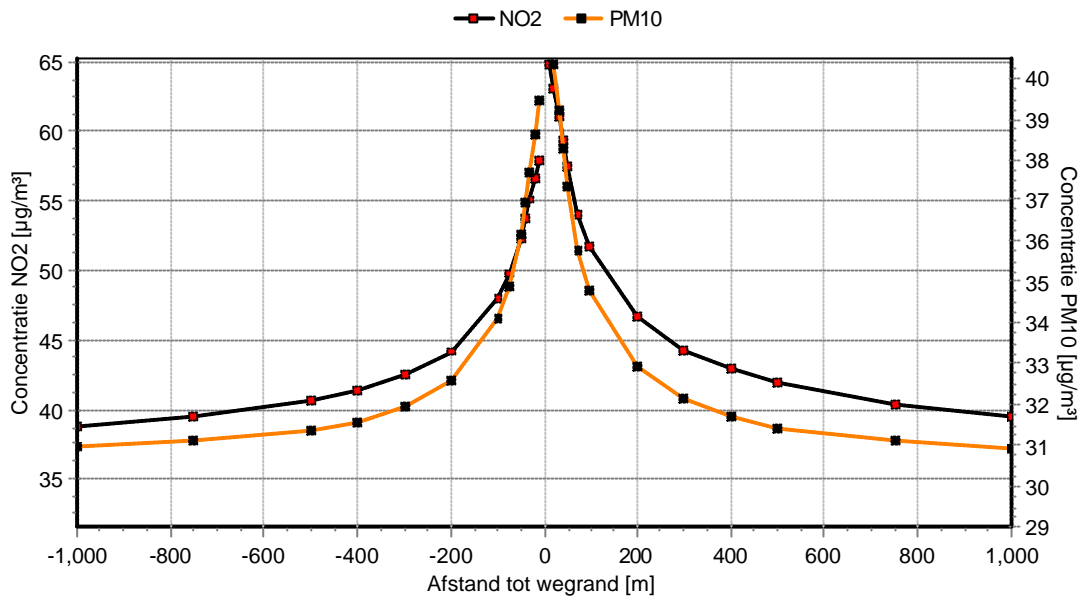


Figuur 4. Door Rijkswaterstaat berekende concentratieniveaus voor Overschie in 2006.

Op 100 meter oostelijk van de A13 bedraagt de berekende PM₁₀ bijdrage van de snelweg nog circa 1.4 µg/m³, praktisch gelijk aan de meting uit 2002-2003. Voor locaties in de omgeving van drukke verkeersknooppunten is de bijdrage op grotere afstand tot de wegen hoger. Onderstaande figuur 5 toont de NO₂ en PM₁₀ concentraties zoals berekend voor een locatie noordoost van het kruispunt van de A12 en de A2 in 2006.

Blk 2006. Jaargemiddelde concentratie. Weg: 2 hm: 62.9

*Aantal voertuigen 151354/etmaal; Fractie vracht: 11.5%
NO2 achtergrond: 32.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 achtergrond: 29.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$*



Figuur 5. Door Rijkswaterstaat berekende concentratieniveaus voor Utrecht in 2006.

Op 100 meter oostelijk van de kruising bedraagt de berekende PM_{10} bijdrage van de snelweg circa $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op 1000 meter van de kruising bedraagt de berekende PM_{10} bijdrage van de snelweg nog steeds circa $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Van deeltjes als PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$ wordt voornamelijk aangenomen dat er geen drempelwaarde kan worden aangegeven waaronder er geen effecten meer zullen optreden. Met andere woorden: elke toename in de niveaus zal gepaard gaan met een toename in de gezondheidseffecten. Het is aannemelijk dat dit ook het geval zal zijn voor de verkeersgerelateerde roetdeeltjes. Dit maakt een keuze voor een 'acceptabele' afstand tussen school of woonlocatie en (snel)wegen een keuze die niet gebaseerd is op wel of niet gezond, maar gebaseerd is op wat maatschappelijk acceptabel wordt bevonden. Hierin onderscheidt de problematiek rondom (snel)wegen zich niet van de vaststelling van algemene normen voor stoffen als PM_{10} en, in de toekomst, $\text{PM}_{2.5}$. Ook hierbij is de keuze voor een norm gebaseerd op de wetenschap dat elke toename in de niveaus gepaard gaat met een toename in schadelijke gezondheidseffecten.

Epidemiologische studies naar de gezondheidseffecten van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging

Studies gericht op kinderen

Zowel in Nederland als in het buitenland is een aantal studies uitgevoerd waarbij is onderzocht hoe het wonen (of op school zitten) in de buurt van drukke verkeerswegen gerelateerd is met de gezondheid van de bewoners of van schoolkinderen. In de publicatie van

de Wereld Gezondheids Organisatie “Health effects of transport related air pollution” (WHO, 2005) wordt een uitgebreid overzicht gegeven van stand van kennis op dit gebied. Daarnaast is in 2002 het rapport “Verkeersgerelateerde luchtverontreiniging en gezondheid – een kennisoverzicht” (Janssen et al., 2002) verschenen waarin de rol van het verkeer meer gericht op de Nederlandse situatie is beschreven. In dit briefrapport zullen enkele, voornamelijk Nederlandse studies kort worden beschreven.

Nederland

De eerste studie naar de mogelijke nadelige gezondheidseffecten van het wonen aan drukke verkeerswegen werd in Nederland verricht in 1996 door Oosterlee et al. De studie beschreef de relatie tussen door de bewoners gerapporteerde luchtwegklachten en de verkeersintensiteit op de wegen waar de deelnemers woonden. Er werd een toename in het aantal luchtwegklachten gevonden bij toenemende verkeersintensiteit. Omdat hier sprake is van door de bewoners zelf gerapporteerde luchtwegklachten, en dus niet op basis van lichamelijk onderzoek, dient enige terughoudendheid bij de interpretatie van de resultaten in acht te worden genomen.

Eind negentiger jaren verschenen nog meer publicaties van Nederlandse onderzoeken naar de invloed van het wegverkeer op de gezondheid van kinderen die woonden nabij drukke autosnelwegen. Deze onderzoeken toonden een relatie aan tussen de nabijheid van een verkeersweg (waarbij onderscheid is gemaakt tussen < 300 meter en > 300 meter) en chronische luchtwegklachten (van Vliet et al., 1997; de Hartog et al., 1997) en een verminderde longfunctie (de Hartog et al., 1997; Brunekreef et al., 1997). Op de scholen van de kinderen werd gedurende 2 maanden de luchtkwaliteit gemeten (PM10, zwarte rook en NO₂). De sterkste verbanden werden gevonden tussen de gezondheidsmaten en de intensiteit van het vrachtverkeer en de gemeten zwarte rookconcentraties in de onderzochte scholen. Zwarte rook is bij verkeerbelaste locaties voornamelijk afkomstig van dieseluitletgasen die in het bijzonder worden uitgestoten door vrachtverkeer. Een verdere opdeling in afstanden van minder dan 100 meter van een snelweg en meer dan 100 meter (tot 1000 meter) liet zien dat symptomen als chronisch hoesten, piepen op de borst en neusklachten frequenter werden gerapporteerd wanneer kinderen op minder dan 100 meter afstand van de snelweg woonden dan op een grotere afstand. (de Hartog et al., 1997; van Vliet et al., 1997). Er kan op basis van deze publicaties geen uitspraak worden gedaan of de verschillen in het voorkomen van luchtwegklachten tussen < 300 meter en > 300 meter uitsluitend werden bepaald door de kinderen die woonachtig waren op adressen die binnen 100 meter van een snelweg gelegen waren omdat geen informatie is verstrekt over luchtwegklachten bij kinderen die tussen de 100 meter en 300 meter van een snelweg wonen.

In het kader van de gestelde Kamervragen zijn de bevindingen van een Nederlands onderzoek naar de relatie tussen de respiratoire gezondheid van kinderen en de afstand tot de snelweg van hun basisschool interessant. In 2001 rapporteerden Janssen et al. dat luchtverontreiniging binnen en buiten klaslokalen van 24 onderzochte scholen nabij autosnelwegen (alle binnen 400 meter) geassocieerd was met de afstand van de school tot de snelweg, met de verkeersdichtheid op de snelweg en met het percentage van de tijd dat de school benedenwinds van de snelweg lag.

In 2003 rapporteerde Janssen et al. dat kinderen, die op scholen zaten die dicht bij (<400 meter) een autosnelweg met een hoge intensiteit aan vrachtverkeer gelegen waren, meer luchtwegklachten vertoonden dan kinderen die op scholen zaten dichtbij autosnelwegen met een lagere intensiteit aan vrachtverkeer. Er kan op basis van de informatie in de publicaties geen uitspraak worden gedaan of er een “veilige” afstand kan worden afgeleid waarbuiten de invloed van de snelweg uitgesloten kan worden. Hierbij speelt ook mee dat de bijdrage van het wegverkeer door meer factoren dan alleen de wegafstand bepaald worden. Samenstelling en intensiteit van de verkeersstroom, en ligging van het wegvlak ten opzichte van de

bebouwing spelen hierbij ook een rol. Dit maakt afleiden van een generieke “veilige” afstandsmaat tot een complexe en discutabele zaak.

Buitenland

Ook in het buitenland zijn relaties aangetoond tussen het wonen nabij drukke verkeerswegen en de respiratoire gezondheid van kinderen.

Studies in Duitsland (Duhme et al, 1996; Weiland et al., 1994, Hirsch et al., 1999), Italië (Ciccone et al., 1998), Amerika (Kim et al., 2004), Japan (Shima et al., 2003) tonen aan dat luchtwegklachten vaker voorkwamen bij kinderen die woonden aan drukke verkeerswegen dan bij kinderen die woonden aan rustige straten. Een Engelse (Edwards et al., 1994) en een Amerikaanse studie (English et al., 1999) laten een relatie zien tussen het wonen aan drukke verkeerswegen en ziekenhuisopnames door astma-aanvallen bij kinderen.

Hoewel er dus ook vanuit het buitenland veel bekend is over de relatie tussen het wonen aan drukke verkeerswegen en de respiratoire gezondheid van kinderen, heeft slechts een beperkt aantal studies de relatie met de woonafstand tot drukke verkeerswegen onderzocht. In een onderzoek onder 2 jarigen, woonachtig in München, bleek dat kinderen die woonden binnen 50 meter van drukke wegen een verhoogd risico hadden op astma klachten. In het Verenigd Koninkrijk laat Venn et al. (2001) zien dat tot op een afstand van 150 meter van een drukke weg er een relatie tussen de afstand en het voorkomen van astmatische klachten is. Helaas is in deze studie niet naar de invloed op grotere afstanden gekeken. In Amerika hebben Lin et al. (2002) laten zien dat blanke kinderen in gebieden met hoge verkeersintensiteit of hoge vrachtverkeersintensiteit en wonend op een afstand van 200 meter of minder een toenemend risico op astma opnamen hebben. Verminderde longfunctie bleek beter gerelateerd aan de intensiteit van het vrachtverkeer dan aan de intensiteit van het personenverkeer.

Dit jaar is een Amerikaanse studie gepubliceerd over de relatie tussen het wonen in de buurt van drukke snelwegen en de ontwikkeling van de longfunctie bij kinderen (leeftijd aan het begin van de studie ca. 10 jaar) over een periode van 8 jaar (Gauderman et al., 2007).

Kinderen die opgroeiden binnen 500 meter van een snelweg bleken een verminderde ontwikkeling van hun luchtwegen te hebben. Dit bleek zowel voor astmatische als niet-astmatische kinderen het geval te zijn, hetgeen suggereert dat blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging nadelige gezondheidseffecten kan veroorzaken bij anderszins gezonde kinderen

De auteurs wijzen er in hun beschouwing op dat in menig urbaan gebied, door toename in de populatie-omvang, men er toe gedwongen wordt om steeds dichter in de buurt van drukke wegen woningen en scholen te bouwen met als gevolg dat veel kinderen in de nabijheid van belangrijke bronnen van luchtverontreiniging wonen en/of naar school gaan. Gezien de bevindingen in deze studie en het belang van longfunctie als determinant voor morbiditeit en mortaliteit op volwassen leeftijd, kan volgens de auteurs een reductie van blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging leiden tot een substantiële verbetering van de volksgezondheid.

Studies gericht op volwassenen

Nederland

Behalve dat er studies onder groepen kinderen zijn gedaan, is zowel in Nederland als in het buitenland onderzoek uitgevoerd naar de gezondheid of sterfte onder groepen volwassenen en ouderen in relatie tot het wonen langs drukke verkeerswegen. Een onderzoek in Nederland uit 2002 liet een verhoogde kans op vroegtijdige sterfte zien onder relatief oudere volwassenen (in 1986 minstens 55 jaar oud) en het wonen aan drukke verkeerswegen. In het onderzoek

werd onderscheid gemaakt tussen woonafstanden binnen 50 meter van drukke doorgaande wegen dan wel binnen 100 meter van snelwegen (Hoek et al., 2002)..

Buitenland

Enkele recente studies uit Duitsland lijken deze bevindingen te ondersteunen. In een groep vrouwen, woonachtig in de deelstaat Noord-Rijn Westfalen, bleek dat de kans om vroegtijdig te overlijden verhoogd was voor vrouwen die woonden binnen 50 meter van een drukke weg (Gehring, 2006). Door een andere Duitse onderzoeksgroep is een relatie aangetoond tussen het wonen binnen 150 meter van een drukke weg en het voorkomen van coronaire hartziekten (Hoffmann et al., 2006) en het wonen binnen 200 meter van drukke verkeerswegen en de ernst van coronaire atherosclerose. Wederom is in deze onderzoeken niet verder dan de genoemde afstanden gekeken, waardoor ook nu geen inschatting kan worden gemaakt tot hoe ver de invloed van de drukke weg reikt.

Tot slot

De conclusie die op basis van bovenstaande studies getrokken kan worden is dat er voldoende wetenschappelijke basis is om het wonen langs drukke verkeerswegen of het zitten op scholen die in de nabijheid van snelwegen gelegen zijn ongezonder te karakteriseren dan situaties waarin er een grotere afstand is tussen woon- en schoollocatie en drukke verkeerswegen. Hierbij lijkt de slechtere luchtkwaliteit een grote rol te spelen. Op basis van bovenstaande studies kan echter geen wiskundig verband afgeleid waarmee met behulp van de afstand tot een drukker weg het effect op de gezondheid kan worden voorspeld. Er zijn op dit moment geen studies bekend op basis waarvan een 'acceptabele' afstand kan worden afgeleid.

Referenties

- Brunekreef B, Janssen NAH, de Hartog J, Harssema H, Knape M, van Vliet P. Air Pollution from truck traffic and Lung Function in Children Living near Motorways. *Epidemiology*, 1997; 8: 298-303.
- Ciccone G, Forestiere F, Agabiti N, Buggeri A, Bisanti L, Chellini E, Corbo G, Dell'Orco V, Dal masso P, Iante TF, Galassi C, Piffer S, Tenzoni E, Rusconi F, Sestini P, Viegi G. Road traffic and adverse respiratory effects in children. SIDRIA Collaborative Group. *Occup Environ Med*; 1998; 55(11):771-8.
- Duhme H, Weiland SK, Keil U, Kraemer B, Schmid M, Stender M, Chambless L. The association between self-reported symptoms of asthma and allergic rhinitis and self-reported traffic density on street of residence in adolescents. *Epidemiology*, 1996; 7(6): 578-582
- Edwards J, Walters S, Griffiths RK. Hospital admissions for asthma in preschool children: relationship to major roads in Birmingham, United Kingdom. *Arch Environ Health*, 1994; 49(4):223-7.
- Elshout van den J. Validation of the HEAVEN DSS dispersion model. DCMR. <http://heaven.rec.org>.
- English P, Neutra R, Scalf R, Sullivan M, Waller L, Zhu L. Examining associations between childhood asthma and traffic flow using a geographic information system. *Environ Health Perspect*, 1999; 107:761-767.
- Fischer PH, Hoek G, van Reeuwijk H, Briggs DJ, Lebet E, van Wijnen JH, Kingham S, Elliott PE. Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. *Atmos Environ* 2000; 34: . 3713-3722
- Gauderman W, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, Lurmann F, Avol E, Kunzli N, Jerrett M. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *The Lancet*, 2007; 369(9561): 571-577
- Gehring U, Hienrich J, Krämer U, Grote V, Hochadel M, Kraft M, Rauchfuss K, Eberwein HG, Wichmann HE. Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women. *Epidemiology*, 2006; 17(5): 545-51.
- Hartog de JJ, van Vliet PHN, Brunekreef B, Knape MC, Janssen NAH, Harssema H. Samenhang tussen luchtverontreiniging door verkeer, vermindering van longfunctie en luchtwegsymptomen bij kinderen. *Ned Tijdschr Geneesk*, 1997; 141: 1814-1818.
- Hirsch T, Weiland SK, von Mutius E, Safeca AF, Grafe H, Scaplovics E, Duhme H, Keil U, Leupold W. Inner city air pollution and respiratory health and atopy in children. *Eur Respir J*; 1999; 14(3):669-77.
- Hoek G; Brunekreef B, Goldbohm S; Fischer P; van den Brandt PA. Associations between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet*, 2002; 360:1203-1209.
- Hoffmann B, Moebus S, Stang A, Beck EM, Dragano N, Möhlenkamp S, Schmermund A, Memmesheimer M, Mann K, Erbel R, Jöckel KH on behalf of the Heinz Nixdorf RECALL Study Investigative Group. Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. *Europ Heart J*, 2006; 27(22): 2696-2702; doi:10.1093/eurheartj/ehl278
- Hoffmann B, Moebus S, Möhlenkamp S, Stang A, Lehmann N, Dragano N, Schmermund A, Memmesheimer M, Mann K, Erbel R, Jöckel KH, for the Heinz Nixdorf Recall Study Investigative Group. Residential Exposure to Traffic Is Associated With Coronary Atherosclerosis. *Circulation*, 2007; 116: 489-496.
- Janssen NAH, van Vliet PHN, Aarts F., Harssema H., Brunekreef B. Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways. *Atmos Environ*, 2001; 35: 3875-3884.
- Janssen NAH, Brunekreef B, Hoek G, Keuken MP. Verkeersgerelateerde luchtverontreiniging en gezondheid. – een kennisoverzicht. Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht, 2002.

- Janssen NAH, Brunekreef B, van Vliet P, Aarts F, Melliefste K, Harssema H, Fischer P. The relationship between Air Pollution from Heavy Traffic and Allergic Sensitization, Bronchial Hyperresponsiveness, and respiratory Symptoms in Dutch Schoolchildren. *Environ Health Perspect*, 2003; 111: 1512-1518.
- Kim JJ, Smorodinsky S, Lipsett M, Singer BC, Hodgson AT, Ostro B. Traffic-related Air Pollution Near Busy Roads: The East Bay Children's Respiratory Health Study. *Am J Respir Crit Care Med*, 2004; 170(5): 520-526.
- Lin S, Munsie JP, Hwang SA, Fitzgerald E, Cayo MR. Childhood asthma hospitalization and residential exposure to state route traffic. *Environ Res*, 2002; 88 (2): 73-81.
- Oosterlee A, Drijver M, Lebret E, Brunekreef B. Chronic respiratory symptoms in children and adults living along streets with high traffic density. *Occup Environ Med*; 1996; 53: 241-247.
- Rijkswaterstaat.<http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/dww/home/html/menu5/luchtkwaliteit/download2006.htm?xx3>
- Roorda-Knape M, Janssen NAH, de Hartog JJ, van Vliet PHN, Harssema H, Brunekreef B. Air pollution from traffic in city districts near major motorways. *Atmos Environ* 1998; 32: 1921-1930.
- Shima M, Nitta Y, Adachi M. Traffic-related air pollution and respiratory symptoms in children living along trunk roads in Chiba Prefecture, Japan. *J Epidemiol*, 2003;13(2):108-119
- Venn AJ, Lewis SA, Cooper M, Hubbard R, Britton J. Living near a main road and the risk of wheezing illness in children. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001; 164(12): 2177-2180.
- Vliet van, P, Knape M, de Hartog J, Janssen N, Harssema H, Brunekreef B. Motor Vehicle Exhaust and Chronic Respiratory Symptoms in Children Living near Freeways. *Environ Res*, 1997; 74: 122-132.
- Weiland SK, Mundt KA, Rückmann A, Keil U. Self-reported wheezing and allergic rhinitis in children and traffic density on street of residence. *Ann Epidemiol*, 1994; 4(3):243-7.
- Wesseling JP, Hollander K, Teeuwisse S, Keuken MP, Spoelstra H, Gense R, van de Burgwal E, Hermans LThM, Voerman JWT, Kummru PJ, van den Elshout JHH. Onderzoek naar effecten van de 80 km/u maatregel voor de A13 op de luchtkwaliteit in Overschie. TNO rapport 2003/258, 2003.
- World Health Organisation (2005). Health effects of transport-related air pollution. WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark