

## **Stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>)**

Stikstofdioxide is een gas dat voor het grootste gedeelte door de transportsector wordt geproduceerd, gevolgd door energieopwekking en industriële processen. Bij de huidige niveaus van NO<sub>2</sub> is het niet aannemelijk dat er gezondheidseffecten door NO<sub>2</sub> optreden. Maar omdat NO<sub>2</sub> zo sterk gerelateerd is aan het mengsel van verkeersgerelateerde verontreiniging en er ten gevolge van verkeersemissies wel degelijk negatieve gezondheidseffecten kunnen optreden, zijn aan de NO<sub>2</sub> niveaus normen gekoppeld.

In steeds meer Europese landen verwacht men problemen om tijdig aan de NO<sub>2</sub> norm te voldoen, vooral lokaal in sterk door het verkeer belaste situaties. Nederland is één van de weinige EU-lidstaten die van de Europese Commissie tot 2015 uitstel heeft gekregen om aan de EU-richtlijn te voldoen.

### ***Wat is NO<sub>2</sub>?***

NO<sub>2</sub> is een roodbruin gas met een doordringende en irriterende geur. Het wordt in de lucht omgezet tot gasvormig salpeterzuur en draagt bij aan de vorming van schadelijke organische nitraten.

### ***Aanwezigheid NO<sub>2</sub> in buitenlucht***

Alle verbrandingsprocessen met lucht produceren stikstofoxiden (NO<sub>x</sub> = voornamelijk NO + NO<sub>2</sub>), die uiteindelijk vooral als NO<sub>2</sub> in de lucht aanwezig zijn. NO<sub>2</sub> speelt een belangrijke rol in de atmosferische reacties waarbij ozon, een belangrijke component van zomersmog, op leefniveau wordt gevormd. Het is ook een voorloper van nitraten welke bijdraagt aan de fijnstof niveaus in de atmosfeer.

### ***Waar vinden de hoogste blootstellingen aan NO<sub>2</sub> plaats?***

NO<sub>2</sub>-concentraties in voertuigen en in de buurt van wegen zijn aanzienlijk hoger dan die gemeten door monitoren in het huidige netwerk. In feite kunnen in de auto 2-3 keer hogere concentraties worden bereikt dan in het nabijgelegen gebied. Vlak naast wegen (binnen ongeveer 50 meter) worden 30 tot 100% hogere concentraties van NO<sub>2</sub> gemeten dan de concentraties verder van wegen vandaan. Personen die veel tijd doorbrengen op of nabij belangrijke wegen verblijven worden dus aan hogere concentraties blootgesteld dan aan de gemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties in Nederland.

### ***Gezondheidseffecten***

Bij inademen van NO<sub>2</sub> kan longirritatie optreden en een verminderde weerstand tegen infecties van de luchtwegen. Mensen met astma en bronchitis reageren extra gevoelig, maar de vraag is wel of ook bij lage concentraties zoals die in de buitenlucht voorkomen daadwerkelijk relevante schadelijke effecten optreden ten gevolge van NO<sub>2</sub> zelf of door stoffen die vaak gelijktijdig in de lucht aanwezig zijn.

### ***Normstelling voor NO<sub>2</sub>***

#### **Normen voor de luchtkwaliteit**

De huidige normstelling voor NO<sub>2</sub> is gebaseerd op de Air Quality Guidelines (Luchtkwaliteit Richtwaarden) van de WHO (WHO, 2000). Deze Guidelines zijn in 2005 herzien (WHO, 2006; Krzyzanowski and Cohen, 2008).

De WHO-advieswaarden zijn gericht op het beperken van de effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid van de mens. In de EU-richtlijn voor de luchtkwaliteit zijn deze advieswaarden rechtstreeks door de EU als grenswaarden overgenomen: 200 µg/m<sup>3</sup> voor een 1-uurs gemiddelde concentratie (maximaal 18 keer per jaar overschrijding toegestaan) en 40 µg/m<sup>3</sup> voor de jaargemiddelde concentratie.

## Normen voor blootstelling op de werkplek

Om langdurige effecten van NO<sub>2</sub> te voorkomen adviseert de Gezondheidsraad (2004) voor blootstelling op de werkplek een 8-uurs waarde van 400 µg/m<sup>3</sup> (100 µg/m<sup>3</sup> lager dan geadviseerd in 1985). De geadviseerde 15 minutenwaarde is 2,5 keer hoger (1.0 mg/m<sup>3</sup>). De Gezondheidsraad meldt een tekort aan data over langdurige blootstelling, waarmee de onzekerheden worden onderschreven over de hoogte van de concentraties die bij chronische blootstelling nog tot gezondheidseffecten leiden.

- Krzyzanowski M and Cohen A. (2008) Update of WHO air quality guidelines. Air Qual Atmos Health 1:7-13.
- WHO (2000) Air quality guidelines for Europe; second edition Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.
- WHO (2006) Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair\\_aqg/en/index.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_aqg/en/index.html)
- Gezondheidsraad (2004) Nitrogen dioxide. Advies No. 2004/01OSH

## Waarom is de USA norm hoger dan EU norm?

In de USA wordt een aanzienlijk minder strenge norm gehanteerd voor langdurige blootstelling in vergelijking met de WHO-advieswaarde, terwijl de EU de WHO-advieswaarde heeft overgenomen. Er is nog geen solide wetenschappelijke basis voor de vaststelling van een jaarlijkse gemiddelde WHO-advieswaarde voor NO<sub>2</sub> op basis van directe toxische effecten. Epidemiologische studies hebben aangetoond dat bronchitis-symptomen van astmatische kinderen en verminderde longfunctie groei bij kinderen geassocieerd zijn met jaarlijkse blootstelling aan NO<sub>2</sub> in stedelijke omgevingen. Zowel de Amerikaanse als de EU en WHO NO<sub>2</sub> lange termijn waarden zijn gebaseerd op epidemiologische studies over astmasymptomen en longfunctie. Hiermee is de discrepantie tussen de twee waarden dus niet verklaard. Wel is bekend dat de WHO zich destijds ook heeft laten leiden door de gemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties in een reeks grote steden in de wereld en daarbij een concentratie heeft gekozen die onder dit gemiddelde lag. De motivatie was dat er voldoende evidentie was dat het mengsel waarvoor NO<sub>2</sub> als indicator wordt gezien, gezondheidseffecten kan induceren en er geen veilige drempelwaarde kan worden afgeleid. Onlangs heeft US EPA de Noord-Amerikaanse NO<sub>2</sub>-standaard geëvalueerd. Hun oordeel was dat het bewijs voor langdurige NO<sub>2</sub>-effecten voldoende is om de jaargemiddelde norm van 100 µg/m<sup>3</sup> vast te houden, maar niet sterk genoeg om deze naar beneden bij te stellen. De wijze waarop een norm tot stand komt is dan ook anders dan in de EU: in de VS gaat men veel meer uit van de causaliteit als bewijs dan in de EU. Overigens is recent in de VS een uurgemiddelde norm ingevoerd van 188 µg/m<sup>3</sup> (100 ppb) waarvan een overschrijding van 8 keer per jaar is toegestaan. Daarnaast valt op dat de NO<sub>2</sub>-jaargemiddelde norm in Californië slechts 56 µg/m<sup>3</sup> is. In Duitsland gaan stemmen op om een nog lagere norm voor NO<sub>2</sub> in te stellen waarbij uitgegaan wordt van het voorzorgsprincipe waarin gesteld wordt dat het wenselijk is om 20 µg/m<sup>3</sup> als jaarlijks gemiddelde na te streven (Kraft et al., 2005).

- US EPA - <http://www.epa.gov/airquality/nitrogenoxides/>
- Kraft et al., Int J Hyg & Environ Health, 2005; 208(4), 305-18)

## Effecten van kortdurende blootstelling aan NO<sub>2</sub>

Toxicologisch onderzoek laat zien dat NO<sub>2</sub> bij kortdurende blootstelling (1-2 uur) van mensen aan concentraties oplopend tot 500 µg/m<sup>3</sup> nagenoeg geen schadelijke effecten veroorzaakt. Astmatici reageren vanaf 200 µg/m<sup>3</sup> met een lichte toename van symptomen. Bij concentraties van enkele honderden microgrammen per kubieke meter NO<sub>2</sub> in combinatie met fijn stof zijn er aanwijzingen dat allergische reacties tegen pollen worden versterkt. Aandachtspunt hierbij is dat in het toxicologisch onderzoek de astmatici alleen aan NO<sub>2</sub> werden blootgesteld en dus niet aan een mengsel zoals dat in de buitenlucht voorkomt. Met andere woorden, hierbij weten we dat het NO<sub>2</sub> zelf is dat de effecten veroorzaakt.

## Relatie verhoogd risico myocart infarct en verkeersdeelname

In een Duitse studie (Peters et al, 2004) is een relatie gevonden tussen een verhoogd risico op een myocart infarct en verkeersdeelname gedurende een uur voorafgaand aan het infarct. Tijdens verkeersdeelname kan blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging twee keer zo hoog zijn als in stadsachtergrondlocaties of buiten de stad. De studie geeft echter geen informatie over de onderliggende rol van NO<sub>2</sub>, omdat er

geen specifieke stoffen gemeten zijn. Daarnaast is het aantonen van de rol van NO<sub>2</sub> niet gemakkelijk omdat de relatie tussen verkeersdeelname en ziekenhuisopname niet eenvoudig bewezen kan worden.

- Peters et al. New Eng J Med 2004; 351, 1721-1730
- [http://airnet.iras.uu.nl/products/pdf/airnet\\_wg3\\_toxicology\\_report.pdf](http://airnet.iras.uu.nl/products/pdf/airnet_wg3_toxicology_report.pdf)

## **Effecten van langdurige blootstelling aan lage NO<sub>2</sub> niveaus**

Er zijn geen toxicologische studies over langdurige blootstelling aan NO<sub>2</sub> bij mensen en dieren beschikbaar. Het lastige bij lange termijn studies is dat het nog veel moeilijker is dan bij korte termijn studies om de relatie van gezondheidseffecten door NO<sub>2</sub> te onderscheiden van die door andere verkeersgerelateerde verontreinigingen.

## **Relatie blootstelling en gezondheidseffecten**

NO<sub>2</sub> lijkt gezondheidseffecten te kunnen versterken, bijvoorbeeld bij immunologische reacties en longontsteking. Epidemiologische studies laten associaties zien tussen NO<sub>2</sub> en gezondheidseffecten zoals levensduurverkorting. Er zijn aanwijzingen dat het wonen in de nabijheid van drukke wegen gepaard gaat met een verhoogd aantal huisartsconsulten voor luchtwegsymptomen bij astmatische kinderen. In Nederland bleek ook dat luchtwegklachten vaker voorkwamen bij kinderen die woonden langs drukke wegen.

De belangrijkste gezondheidseffecten bij chronische blootstelling aan een mengsel van stoffen, afkomstig van verkeersemisies, zijn een toename van luchtwegklachten en verminderde groei van de longfunctie bij kinderen, naast een toename aan ziekenhuisopnames voor m.n. respiratoire aandoeningen en cardiovasculaire effecten. In de WHO Air Quality Guidelines (2005) staat de volgende formulering: "De huidige wetenschappelijke literatuur heeft niet voldoende bewijs opgeleverd om de WHO-richtlijn uit 2000, een jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie van 40 µg/m<sup>3</sup>, te veranderen." Experimentele en epidemiologische studies die werden uitgevoerd tussen 2002 en 2006 zijn recent door Latza et al. (2009) samengevat. Daarbij werd geconcludeerd dat er middelmatig bewijs is voor een relatie tussen langdurige blootstelling aan een jaarlijks gemiddelde van minder dan 40 µg/m<sup>3</sup> en nadelige effecten op de gezondheid (respiratoire symptomen/ziekten, ziekenhuisopnames, sterfte). Deze conclusie is gebaseerd op de consistente bevindingen van vijf goed uitgevoerde cohort- en case-control studies.

- Latza et al. (Int J Hyg & Environ Health 2009; 212(3), 271-87)

## **Relatie blootstelling en sterfte in Nederland**

Vroegtijdige sterfte is in Nederland in relatie gebracht tot verhoogde blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Deze effecten zijn echter niet te onderscheiden van de effecten van andere stoffen in het luchtverontreinigingsmengsel. NO<sub>2</sub> lijkt hier vooral te moeten worden gezien als een indicator voor een mengsel van stoffen, dat vooral afkomstig is van verkeersemisies.

## **Effecten van maatregelen die op NO<sub>2</sub> concentraties zelf ingrijpen?**

NO<sub>2</sub> wordt vooral gebruikt als een indicator voor het totale complexe mengsel van stoffen afkomstig van vooral het verkeer. Wanneer naar de schadelijkheid van alléén NO<sub>2</sub> wordt gekeken, zijn veel hogere concentraties nodig om schade in de longen te veroorzaken dan de niveaus die tegenwoordig in de buitenlucht voorkomen. Wat de bijdrage is van de lagere NO<sub>2</sub> concentratie aan de gezondheidseffecten van het complexe mengsel is onbekend.

Bij de aanscherping van de emissie-eisen voor voertuigen in de loop der jaren is niet alleen de NO<sub>x</sub>-emissie verminderd, maar is ook de uitstoot van andere aanwezige componenten afgenomen. Als specifiek alleen de NO<sub>2</sub>-concentratie wordt verlaagd, bijvoorbeeld met behulp van titaniumdioxide in het wegdek of op schermen langs de weg die NO<sub>2</sub> omzetten in nitraat, zal de samenstelling van de rest van het complexe mengsel (inclusief deeltjes en organische componenten) niet wezenlijk veranderen. Het effect op de volksgezondheid van de maatregel kan daarom gemakkelijk overschat worden aangezien de overige luchtverontreinigende stoffen niet omlaag worden gebracht.

Er zijn ook maatregelen waardoor de NO<sub>2</sub>-uitstoot enigszins kan toenemen zoals het aanbrengen van filters op diesels. Zo neemt bij de toepassing van deze roetfilters bij dieselloertuigen de uitstoot van roetdeeltjes af, maar kan de directe uitstoot van NO<sub>2</sub> stijgen. Op basis van de beschikbare kennis is geconcludeerd dat de potentiële nadelen van een lichte toename in alleen de NO<sub>2</sub>-concentratie niet opwegen tegen de gezondheidsvoordelen van de vermindering van roetdeeltjes in de lucht.