



Academische Werkplaats
Gezonde Leefomgeving



GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid

Update blootstellingsreponsrelaties 2023

GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid – Update blootstellingsreponsrelaties 2023

November 2023

Auteurs:

Saskia van der Zee (GGD Amsterdam)

Rik van de Weerd (GGD Gelderland Midden)

Ulrike Gehring (IRAS/Universiteit Utrecht)

José Jacobs (RIVM)

Let op: Deze update is niet te gebruiken zonder de voorganger uit 2021, [GGD_Rekentool_Luchtkwaliteit_en_Gezondheid_2021 \(awgl.nl\)](https://awgl.nl) welke o.a. ook de handleiding bevat. In deze update zijn volgens de laatste wetenschappelijke inzichten de blootstellingsreponsrelaties herzien en geduid.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden (VGGM), GGD Amsterdam, Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS) Universiteit Utrecht en RIVM.

Speciale dank gaat uit naar de leden van de begeleidingscommissie die met hun kennis een waardevolle bijdrage aan deze update hebben geleverd: Gerard Hoek (IRAS/Universiteit Utrecht), Danny Houthuijs (RIVM-DMG) en Hanna Boogaard van het Health Effects Institute. Dank gaat ook uit naar Henk Hilderink (RIVM-VTV) voor het beschikbaar stellen van de incidentiecijfers.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk 1 Inleiding	4
Hoofdstuk 2 Veranderingen ten opzichte van de GGD rekentool 2021	5
Hoofdstuk 3 Vroegtijdige sterfte (levensduurverlies)	7
3.1 Levensduurverlies in relatie tot langdurige blootstelling aan fijn stof of NO ₂ (one-pollutant modellen)	7
3.2 Levensduurverlies in relatie tot gelijktijdige blootstelling aan fijn stof en NO ₂ (two-pollutant modellen)	8
3.3 Samenvatting van de 2021 en 2023 effectschatting voor langdurige blootstelling aan NO ₂ en PM _{2,5} in relatie tot levensduur	9
Hoofdstuk 4 Ziektebelasting: vervanging van de indicator hart- en vaatziekten door hartinfarct en beroerte	10
Hoofdstuk 5 Rekenen met PM ₁₀ of PM _{2,5} als blootstellingsindicator?	11
Referenties	13
Bijlage 1 Relatie tussen langdurige blootstelling aan PM _{2,5} en NO ₂ en kans op sterfte	15
Bijlage 2 Methodiek voor het vaststellen van two-pollutant schatters voor gelijktijdige blootstelling aan PM _{2,5} en NO ₂	16
Bijlage 3 Bewijskracht voor gezondheidseffecten van de fijne en grovere fractie van fijn stof	18

HOOFDSTUK 1 INLEIDING

Met de GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid kan de blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen vertaald worden in gezondheidseffecten binnen een populatie. Een eerste versie van de GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid is verschenen in 2016 (van der Zee et al., 2016). In december 2021 is het Academische Werkplaats project 'GGD Rekentool luchtkwaliteit en gezondheid: update' afgerond (van de Weerd et al., 2021). Daarin werd de in 2016 opgestelde GGD rekentool geactualiseerd en uitgebreid op basis van de toegenomen wetenschappelijke kennis.

Nu, in 2023, zijn de blootstellingsreponsrelaties in de tool opnieuw geactualiseerd.

Daarvoor waren meerdere aanleidingen:

- De publicatie van nieuwe cohortstudies die de relatie met blootstelling aan PM_{2,5} bij lage niveaus van blootstelling beschrijven
- De ontdekking van fouten in het review-artikel (Pranata et al., 2020) dat ten grondslag ligt aan de berekening van één van de gezondheidkundige eindpunten van de tool (incidentie hart- en vaatziekten)
- De wens tot synchronisatie met berekeningen die door het RIVM wordt gedaan ten behoeve van het Schone Lucht Akkoord (SLA) en de Volksgezondheidstoekomstverkenning (VTV)

Als gevolg van de update van de blootstellingsreponsrelaties worden de effecten van fijn stof vaker bepaald op basis van PM_{2,5}, waarvoor de bewijslast veel groter is, dan voor PM₁₀. Nadere duiding en beschouwing van deze verandering in de praktijk komt in het laatste hoofdstuk aan bod.

Deze update is opgesteld in overleg/samenwerking met collega's van de Universiteit Utrecht (IRAS) en met collega's van het RIVM die werken aan de thema's SLA en VTV.

Dit document beschrijft de aanpassingen ten opzichte van het rapport uit december 2021. Voor de werkwijze en achtergronden verwijzen we naar [GGD_Rekentool_Luchtkwaliteit_en_Gezondheid_2021 \(awgl.nl\)](https://www.awgl.nl/GGD_Rekentool_Luchtkwaliteit_en_Gezondheid_2021).

HOOFDSTUK 2 VERANDERINGEN TEN OPZICHTE VAN DE GGD REKENTOOL 2021

Tabel 1 geeft een overzicht van de gezondheidseffecten die kunnen worden doorgerekend met de GGD rekentool uit 2021 en met geactualiseerde GGD rekentool (update 2023). Ook is in tabel 1 te zien voor welke gezondheidseffecten de berekeningsmethode is gewijzigd en wat de aard is van deze wijziging.

Toelichting: one- en two-pollutantmodellen

De gezondheidseffecten die met de rekentool kunnen worden doorgerekend (zie tabel 1) zijn vrijwel allemaal one-pollutant effectschattingen, dat wil zeggen effectschattingen voor de blootstelling aan één component van luchtverontreiniging. Luchtverontreiniging is echter een mengsel van meerdere componenten (pollutants) die met elkaar gecorreleerd zijn. Het optellen van de resultaten van de effectschattingen van one-pollutant modellen leidt tot een overschatting van de totale gezondheidsimpact, omdat fijn stof en NO₂ positief gecorreleerd zijn en een deel van het gezondheidseffect van fijn stof kan worden toegeschreven aan de blootstelling aan NO₂ en vice versa. Maar vaak is men juist geïnteresseerd in de totale impact op de gezondheid van langdurige blootstelling aan zowel fijn stof als NO₂. Of in de impact van beleidsmaatregelen die zowel leiden tot een afname van de fijn stof concentratie als de NO₂ concentratie. Het gebruik van een zogenaamd two-pollutant model, waarin het effect van zowel blootstelling aan NO₂ als fijn stof in hetzelfde model wordt gecombineerd en voor elkaar gecorrigeerd, geniet dan de voorkeur.

Het aantal two- en multi-pollutant studies is echter zeer beperkt. Alleen voor sterfte kon een two-pollutantschatting worden opgesteld op basis van een in paragraaf 3.2 beschreven methode. De andere modellen gaan uit van one-pollutant met correctie voor de andere pollutants, de zogenaamde co-pollutants. In de meta-analyses die gebruikt zijn voor de effectschatting in de rekentool, is zo goed mogelijk gecorrigeerd voor deze co-pollutants. De bewijskracht van de studies voor een onafhankelijk effect van een specifieke component van luchtverontreiniging neemt daardoor toe. Maar omdat de correctie voor co-pollutants nooit volledig is, mogen de met single-pollutant berekende gezondheidseffecten van fijn stof en NO₂-concentraties niet bij elkaar worden opgeteld.

Tabel 1. Wijzigingen in GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid 2023 t.o.v. 2021

Gezondheidseffect	In relatie tot component(en):	Gewijzigd t.o.v. GGD tool 2021?	Aard van de wijziging
Vroegtijdige sterfte (levensduurverlies)			
Met one-pollutant model	PM10	Nee	-
	PM2,5	Ja	Effectschatting geactualiseerd
	NO ₂	Ja	Effectschatting geactualiseerd
Met two-pollutant model	PM10 + NO ₂	Ja	Componenten aangepast naar PM2,5 + NO ₂ op basis van aangepaste effectschattingen
Laag geboortegewicht	PM2,5	Nee	-
Incidentie astma bij kinderen 0-18 jaar	NO ₂	Nee	-
Incidentie hart- en vaatziekten 40+	PM2,5	Ja	Uit de tool gehaald. Nieuw in de tool, het doorrekenen van: Incidentie hartinfarct (35+) Incidentie beroerte (35+)
Incidentie hart- en vaatziekten 40+	NO ₂	Ja	Uit de tool gehaald. Nieuw in de tool, het doorrekenen van: Incidentie hartinfarct (35+) Incidentie beroerte (35+)
Longkanker (50+)	PM2,5	Nee	-
Ziekenhuisopnames astma (alle leeftijden)	PM2,5	Nee	-
Ziekenhuisopnames (alle leeftijden)	NO ₂	Nee	-
Ziekenhuisopnames COPD (alle leeftijden)	PM2,5	Nee	-
Ziekenhuisopnames ischemische hartziekten (40+)	NO ₂	Nee	-
Daling longcapaciteit (FEV1) bij kinderen 0-18 jaar	PM2,5	Nee	-
Daling longcapaciteit (FEV1) bij kinderen 0-18 jaar	NO ₂	Nee	-
Aantal meegerookte sigaretten per dag	PM2,5 + NO ₂	Nee	-

Voor de meeste gezondheidskundige eindpunten is er niets veranderd. Voor de gezondheidspunten die wel zijn aangepast wordt de reden en aard van de wijziging in de volgende hoofdstukken per eindpunt gemotiveerd.

HOOFDSTUK 3 VROEGTIJDIGE STERFTE (LEVENSDUURVERLIJES)

3.1 Levensduurverlies in relatie tot langdurige blootstelling aan fijn stof of NO₂ (one-pollutant modellen)

In de GGD rekentool uit 2021 zijn voor de one-pollutant schattingen voor PM10, PM2,5 en NO₂ de effectschattingen gebruikt die zijn gebaseerd op de in 2020 gepubliceerde systematische reviews (meta-analyses) die voor de WHO zijn uitgevoerd. De in 2021 aangescherpte WHO advieswaarden (WHO, 2021) zijn gebaseerd op deze systematische reviews, waarin de studies zijn samengevat die t/m september 2018 zijn gepubliceerd.

Sindsdien zijn meerdere nieuwe grote cohortstudies gepubliceerd, uitgevoerd in Europa en gebieden waar de niveaus van luchtverontreiniging vergelijkbaar zijn met Europa. In een statement door de European Respiratory Society (ERS) en de International Society of Environmental Epidemiology (ISEE) heeft een groep experts op gebied van luchtverontreiniging en gezondheid aanbevolen om voor de revisie van de luchtkwaliteitsnormen in Europa de meest recente studies te gebruiken, dus die zijn uitgekomen na de recente WHO-reviews. (Hoffmann et al., 2022a). Zij geven aan dat het belangrijk is om de gezondheidsschade te schatten op basis van epidemiologische studies die zijn uitgevoerd in Europa, aangezien die zijn gebaseerd op de bevolkingsopbouw, bevolkingssamenstelling, niveaus van luchtverontreiniging en sterfte- en ziektecijfers zoals die in Europa voorkomen.

De grootste en belangrijkste in Europa uitgevoerde luchtverontreinigingsstudie in Europa is het [ELAPSE Project](#) (Effects of Low-Level Air Pollution – a Study from Europe). Deze studie is gebaseerd op een omvangrijke gezamenlijke analyse van cohortstudies in zes Europese landen met meer dan 325.000 deelnemers, en een analyse waarin administratieve databestanden (zoals sterfte statistieken) in zeven Europese landen met informatie van ca. 28 miljoen deelnemers is meegenomen (Strak et al., 2021, Staffoglia et al., 2022).

In een publicatie uit 2022 (Hoffmann et al., 2022b) wordt voorgesteld om de berekening van de invloed van langdurige blootstelling aan PM2,5 en NO₂ op mortaliteit te baseren op de effectschattingen uit deze ELAPSE studie in plaats van op de WHO reviews. Deze aanbeveling nemen we over. Concreet betekent dit dat wordt voorgesteld om voor langdurige blootstelling aan NO₂ en PM2,5 uit te gaan van de volgende Hazard Ratio's:

- NO₂: 1,045 (1,026 – 1,065) per 10 µg/m³
- PM2,5: 1,118 (1,060-1,179) per 10 µg/m³

Gebaseerd op levenstafelanalyse en de bevolkingsopbouw van Nederland in 2021 komt dit overeen met een verlies in levensdagen van:

- NO₂: 145 dagen per 10 µg/m³
- PM2,5: 369 dagen per 10 µg/m³

Bovengenoemde effectschattingen zijn iets groter dan de effectschattingen uit de WHO reviews, wat deels verklaard kan worden door de supra-lineaire vorm van de blootstelling-respons functie (Hoffmann, 2022b). Dat wil zeggen dat de relatie tussen blootstelling en effect niet lineair is over de hele range van blootstelling, maar bij hoge niveaus afvlakt. Bij lage

niveaus zoals die (bijvoorbeeld) in Nederland voorkomen is het effect per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ toename in concentratie PM_{2,5} en NO₂ groter dan bij hogere niveaus. Zie bijlage 1.

In de ELAPSE studie is PM₁₀ niet opgenomen. PM₁₀ wordt wereldwijd veel minder gebruikt als blootstellingsmaat voor fijn stof dan PM_{2,5} en cohortstudies bij lage niveaus van blootstelling aan PM₁₀ zijn schaars. De reden dat de WHO advieswaarde voor PM₁₀ in 2021 maar weinig is aangescherpt ten opzichte van die in 2005 (van 20 naar 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, terwijl de advieswaarde voor PM_{2,5} is aangescherpt van 10 naar 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) is het gebrek aan studies bij zeer lage niveaus van blootstelling aan PM₁₀. Omdat nieuwe effectschattingen voor PM₁₀ ontbreken, is deze in de GGD rekentool 2023 niet aangepast.

3.2 Levensduurverlies in relatie tot gelijktijdige blootstelling aan fijn stof en NO₂ (two-pollutant modellen)

Voorheen werden, ook voor de berekeningen die voor het Schone Lucht Akkoord (SLA) werden uitgevoerd, de two-pollutant effectschattingen gebruikt uit de DUELS studie uit 2015 (Fischer et al., 2015). In deze cohort-studie onder ruim 7 miljoen Nederlanders is de invloed van blootstelling aan zowel PM₁₀ als NO₂ onderzocht. Inmiddels is er behoefte aan actualisatie, ook omdat er behoefte is aan het doorrekenen van PM_{2,5} – onder meer vanwege de bovenbeschreven toegenomen kennis over gezondheidseffecten van lage niveaus van blootstelling aan deze component van fijn stof.

Uit de wetenschappelijke literatuur zijn er op dit moment geen goede two-pollutant effectschattingen beschikbaar om het gezondheidseffect van blootstelling aan zowel PM_{2,5} als NO₂ voor de Nederlandse situatie te bepalen. Er is geen grootschalige cohortstudie (vergelijkbaar met DUELS) in Nederland uitgevoerd waarbij gekeken is naar het effect van blootstelling aan zowel PM_{2,5} als NO₂ op mortaliteit. Ook zijn er geen meta-analyses beschikbaar die hiervoor kunnen worden gebruikt.

Daarom is in overleg met het RIVM en na consultatie van experts van de Universiteit Utrecht (IRAS) en het Health Effects Institute (HEI) gekozen voor een alternatieve benadering, gebaseerd op de effectschattingen uit de ELAPSE studies (Hoffmann et al., 2022b) en een publicatie van het Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP). COMEAP is een groep experts in het Verenigd Koninkrijk die adviezen geeft over gezondheidseffecten in relatie tot luchtkwaliteit. In een publicatie uit 2018 vergelijken zij (o.a.) de effectschattingen van single en multipollutant modellen van NO₂ en fijn stof in de op dat moment beschikbare cohortstudies waarin beiden worden beschreven (COMEAP, 2018; Gowers et al., 2020). Hieruit blijkt dat de afname in de effectschatting voor NO₂ na correctie voor PM_{2,5} gemiddeld 30% bedraagt en de afname in de effectschatting voor PM_{2,5} na correctie voor NO₂ 45%. Deze gemiddelde reducties komen goed overeen met de reducties die zijn gevonden in het Nederlandse DUELS cohort (zie bijlage 2).

Daarom is uitgegaan van deze procentuele afnames in de one-pollutant schatters voor PM_{2,5} en NO₂, toegepast op de ELAPSE schattingen. Dit leidt tot de volgende effectschatters in two-pollutant modellen:

- NO₂: 1,031 (1,018 – 1,046) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM_{2,5}: 1,063 (1,033-1,095) per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gebaseerd op levenstafelanalyse en de bevolkingsopbouw van Nederland in 2021 komt dit overeen met een verlies in levensdagen van:

- NO₂: 100 dagen per 10 µg/m³
- PM_{2,5}: 201 dagen per 10 µg/m³

In bijlage 2 wordt in meer detail ingegaan op de publicatie van COMEAP en de cohortstudies waarop bovenstaande benadering is gebaseerd.

3.3 Samenvatting van de 2021 en 2023 effectschatting voor langdurige blootstelling aan NO₂ en PM_{2,5} in relatie tot levensduur

Tabel 2 geeft de 'oude' (2021, WHO) en nieuwe one-pollutant effectschattingen weer.

Tabel 2. 'Oude' en nieuwe one-pollutant effectschattingen voor langdurige blootstelling aan PM₁₀, PM_{2,5} en NO₂ per 10 µg/m³ toename (populatie 30 jaar en ouder)

Indicator	Effectschatting 'oud' (95% BI) per 10 µg/m ³	'Oude' referentie	Nieuwe effectschatting (95% BI) per 10 µg/m ³	Referentie
PM _{2,5}	1,08 (1,06-1,09)	Chen & Hoek, 2020 (WHO review)	1,118 (1,060-1,179)	Hoffmann et al., 2022 (ELAPSE studie)
PM ₁₀	1,04 (1,03-1,06)	Chen & Hoek, 2020 (WHO review)	Ongewijzigd	Ongewijzigd
NO ₂	1,02 (1,01-1,04)	Huangfu & Atkinson, 2020 (WHO review)	1,045 (1,026-1,065) b	Hoffmann et al., 2022 (ELAPSE studie)
PM ₁₀ + NO ₂	1,043 + 1,019	DUELS (Fischer, 2022)	Vervalt	-
PM _{2,5} + NO ₂	Niet afgeleid	-	1,063 + 1,031	Hoffmann et al., 2022 en COMEAP*

* Gebaseerd op de one-pollutant schattingen van ELAPSE (Hoffmann, 2022b) en expert judgement van two-pollutant studies samengevat in COMEAP die leiden tot 45% afname van de effectschatting voor PM_{2,5} en 30% afname voor NO₂

HOOFDSTUK 4 ZIEKTELAST: VERVANGING VAN DE INDICATOR HART- EN VAATZIEKTEN DOOR HARTINFARCT EN BEROERTE

Met de 2021 rekentool kan de incidentie van hart- en vaatziekten worden doorgerekend, gebaseerd op een in 2020 gepubliceerde meta-analyse (Pranata et al., 2020). In die meta-analyse blijkt echter een fout te zitten. De risicoschattingen in de individuele studies die door Pranata et al. (2020) zijn samengevat zijn niet gestandaardiseerd; ze zijn gebaseerd op verschillende toenames in PM_{2,5} en NO₂ concentratie. Deze loopt uiteen van 1 tot 10 µg/m³ voor PM_{2,5} en van 5 tot 35 µg/m³ voor NO₂. Bovendien is de toename in NO₂ concentratie in één van de studies gerapporteerd in ppb in plaats van µg/m³. Desondanks is in de meta-analyse uitgegaan van een toename van 10 µg/m³ voor alle studies in relatie tot zowel PM_{2,5} als NO₂. Dit geeft een verkeerde schatting voor beide componenten. Het zelf omrekenen van de effectschattingen in de individuele studies naar 10 µg/m³ en vervolgens zelf uitvoeren van de meta-analyse leidde tot een grote afwijking van wat in de publicatie is gerapporteerd en voor PM_{2,5} tot een onrealistisch grote schatting die werd gedreven door één studie. In overleg is ervoor gekozen om de meta-analyse van Pranata et al. (2020) en daarmee de gezondheidsindicator 'incidentie hart- en vaatziekten' uit de tool te schrappen en te vervangen door 'incidentie hartinfarct' en 'incidentie beroerte'. Voor beide aandoeningen zijn systematische reviews/meta-analyses beschikbaar in relatie tot PM_{2,5}. In beide gevallen gaat het om eenduidige en alom bekende (ernstige) aandoeningen, terwijl 'incidentie hart- en vaatziekten' een breed spectrum beslaat van milde risicofactoren tot ernstige aandoeningen. Voor een bestuurder of bewoner is de betekenis daarvan minder eenvoudig te duiden dan van hartinfarcten en beroertes.

De effectschattingen voor incidentie hartinfarct en incidentie beroerte, uitgedrukt voor een toename in concentratie van 10 µg/m³, zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. Overzicht van de voorgestelde blootstellingsindicator, gezondheidseffecten en effectschattingen t.b.v de update van de SLA-gezondheidsindicator

Indicator	Gezondheidseffect	Effectschatting (95% BI) per 10 µg/m ³	Referentie
PM _{2,5}	Incidentie beroerte <i>ICD-10: G45, I60 t/m I69</i>	1,23 (1,10-1,37)	Yuan, Env Res 2019
PM _{2,5}	Incidentie hartinfarct <i>ICD-10: I21</i>	1,10 (1,02-1,18)	Zhu, Chemosphere, 2021

HOOFDSTUK 5 REKENEN MET PM10 OF PM2,5 ALS BLOOTSTELLINGSINDICATOR?

De bewijskracht voor het optreden van gezondheidsschade als gevolg van blootstelling aan de fijne fractie van het fijn stof (<2,5 micrometer; PM_{2,5}) is beduidend groter dan voor het optreden van de grovere fractie (coarse): fijn stof met een diameter tussen 2,5 en 10 micrometer. De blootstellingsmaat PM₁₀ representeert zowel de fijne fractie als de grovere fractie. Net als in de vorige GGD rekentool (2021) kan in de nieuwe GGD rekentool (2023) het gezondheidseindpunt mortaliteit (als gevolg van langdurige blootstelling) worden doorgerekend met zowel PM₁₀ als PM_{2,5} (one-pollutant) als blootstellingsmaat.

Aanbevolen wordt om, wanneer blootstelling aan beide fracties (PM_{2,5} en PM₁₀) bekend is, te rekenen met PM_{2,5} als blootstellingsmaat.

Als alleen de PM₁₀ concentratie bekend is kan de PM_{2,5} concentratie hieruit worden afgeleid op basis van de voor Nederland geldende gemiddelde verhouding PM_{2,5}/PM₁₀ van 0,52. Deze verhouding varieert enigszins binnen Nederland, indien gewenst kan ook de gemiddelde ratio voor de provincie worden gebruikt. Daarmee kunnen ook de andere gezondheidsindicatoren worden doorgerekend, waarvoor alleen PM_{2,5} effectschattingen beschikbaar zijn.

Het kan voorkomen dat er een lokale bron van fijn stof is die vooral van invloed is op de grovere fractie. Denk daarbij aan de emissies van bepaalde industriële activiteiten en aan lokale fijn stof bronnen in de landbouw. In dat geval is maatwerk nodig, vraag daarbij advies aan je bovenregionale GGD.

Toelichting

In vergelijking met PM₁₀ is de evidentie voor het optreden van ziekte en sterfte als gevolg van langdurige blootstelling aan PM_{2,5} beduidend groter. In 2019 heeft de US-EPA een update uitgebracht van de Integrated Science Assessment (ISA) voor fijn stof (EPA, 2019). Daarin hebben zij de bewijskracht geëvalueerd voor het bestaan van oorzakelijke verbanden tussen blootstelling aan PM_{2,5}, PM_{coarse} (fractie tussen PM_{2,5} en PM₁₀) en het optreden van gezondheidseffecten. Uit deze evaluatie blijkt dat de bewijskracht voor de schadelijkheid van PM_{2,5} beduidend groter is dan van PM_{coarse}. Dat wil overigens niet zeggen dat de coarse fractie onschadelijk is; met name in relatie tot kortdurende blootstelling is er indicatief bewijs voor een causaal verband met een aantal gezondheidseindpunten. Maar de bewijskracht voor PM_{2,5} is groter, met name in relatie tot langdurige blootstelling. Zie bijlage 3, waarin de evidentie van de US-EPA wordt samengevat voor zowel korte als lange termijn blootstelling aan PM_{2,5} en PM_{coarse}.

De grotere bewijskracht voor een causale relatie met PM_{2,5} dan PM_{coarse} kan deels worden verklaard doordat deeltjes <2,5 micrometer dieper in de luchtwegen doordringen. Onderzoek naar de schadelijkheid van de coarse-fractie is echter ook veel schaarser dan onderzoek naar

PM2,5 en PM10. In de jaren sinds 2019 is dat niet veranderd. De blootstellingsmaat PM10 omvat zowel de coarse fractie als de fijne fractie van het fijn stof.

Wanneer alleen de PM10 concentratie bekend is kan de PM2,5 concentratie hieruit worden afgeleid op basis van de in 2022 (GCN ronde 2023) gemiddeld voor Nederland geldende ratio van 0,52. Bijvoorbeeld, een PM10 concentratie van 18 microgram/m³ kan worden herleid naar PM2,5 concentratie van 9,4 microgram/m³.

Overigens verschilt de gemiddelde ratio PM2,5/PM10 binnen Nederland iets, deze loopt uiteen van 0,48 in Friesland tot 0,55 in Gelderland en Noord-Brabant. Indien gewenst kan ook met de provincie-specifieke ratio worden gerekend, zie tabel 4.

Tabel 4. Ratio PM2,5/PM10 per provincie*

	Gemiddelde
Groningen	0,50
Friesland	0,48
Drenthe	0,51
Overijssel	0,54
Gelderland	0,55
Flevoland	0,52
Utrecht	0,54
Noord-Holland	0,49
Zuid-Holland	0,52
Zeeland	0,50
Noord-Brabant	0,55
Limburg	0,54

*Met dank aan Ronald Hoogerbrugge en Wilco de Vries (RIVM) voor het leveren van de geactualiseerde PM2,5/PM10 ratio's.

REFERENTIES

- Beelen R. et al. 2014 Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *The Lancet* 383,785–795.36.
- COMEAP. 2018 Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality. London, UK: Public Health England.
<https://www.gov.uk/government/collections/comeap-reports>.
- COMEAP. 2018 Statement on quantifying mortality associated with long-term average concentrations of fine particulate matter. London, UK: Public Health England.
<https://www.gov.uk/government/collections/comeap-reports>.
- Crouse D.L. et al. 2015 Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ exposures and associations with mortality over 16 years of follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environmental Health Perspectives* 123, 1180.
- EPA. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. Center for Public Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-19/188, 2019
- Fischer P.H. et al. 2015 Air Pollution and Mortality in Seven Million Adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). *Environmental Health Perspectives* 123, 697–704. (doi:10.1289/ehp.1408254)
- Fischer P.H., Marra M., Ameling C.B., Hoek G., Beelen R. et al. Air pollution and mortality in seven million adults: The Dutch environmental longitudinal study (DUELS). *Environmental Health Perspectives* 2015; 123(7): 697- 704. doi: 10.1289/ehp.1408254
- Gowers A.M., Walton H., Exley K.S., Hurley J.F.. Using epidemiology to estimate the impact and burden of exposure to air pollutants. *Phil. Trans. R. Soc. A* 2020;378: 20190321.
<http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0321>
- Hoffmann B., Boogaard H., Andersen Z., Forastiere F., Brunekreef B. Need for Updated Health Information in the Impact Assessment to inform the revision of the EU Ambient Air Quality Directives. Statement by ERS and ISEE, 2022a https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2022/04/Statement-HIA-by-ERS_ISEE_final-002.pdf
- Hoffmann B., Brunekreef B., Andersen Z., Forastiere F., Boogaard H. Benefits of future clean air policies in Europe: Proposed analyses of the mortality impacts of PM_{2.5} and NO₂. *Environmental Epidemiology* 2022b; 6: p e221 DOI: 10.1097/EE9.0000000000000221
- Jerrett M. et al. 2013 Spatial analysis of air pollution and mortality in California. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 188, 593–599.39.
- Pranata R., Vania R., Edo Tondas A. et al. A time-to-event analysis on air pollutants with the risk of cardiovascular disease and mortality: A systematic review and meta-analysis of 84 cohort studies. *Journal of Evidence Based Medicine* 2020; 13:102-115.

Stafoggia M., Oftedal B., Chen J., Rodopoulou S., Renzi M. et al. Long-term exposure to low ambient air pollution concentrations and mortality among 28 million people: results from seven large European cohorts within the ELAPSE project. *Lancet Planet Health*. 2022; 6(1):e9-e18. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00277-1. PMID: 34998464.

Strak M., Weinmayr G., Rodopoulou S., Chen J., de Hoogh K., Andersen Z.J. et al. Long term exposure to low level air pollution and mortality in eight European cohorts within the ELAPSE project: pooled analysis *British Medical Journal* 2021; 374:n1904 doi:10.1136/bmj.n1904

Weerdt R. van de, Gehring U., van der Zee S. GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid. Arnhem: Academische Werkplaats Gezonde Leefomgeving. 2021. [GGD Rekentool Luchtkwaliteit en Gezondheid \(update 2021\) - Academische Werkplaats Gezonde Leefomgeving \(awgl.nl\)](#)

WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. 2021. World Health Organization, Geneva

Yuan S.J., Wang Q., Jiang Z., He Y., Huang Z. et al. Long-term exposure to PM_{2.5} and stroke: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Environ Research* 2019;177, p 108587

Zee S. van der, Zuurbier M., van de Weerdt R., Fischer P. Kwantificeren van de gezondheidsschade door luchtverontreiniging voor GGDen. Achtergronddocument behorend bij de rekentool. 2016.

Zhu W., Cai J., Hu Y., Zhang H., Han X., Zheng H., Wu J. (2021) Long-term exposure to fine particulate matter relates with incident myocardial infarction (MI) risks and post-MI mortality: a meta-analysis. *Chemosphere* 2021; 267:128903. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128903.

BIJLAGE 1 RELATIE TUSSEN LANGDURIGE BLOOTSTELLING AAN PM_{2,5} EN NO₂ EN KANS OP STERFTE

Onderstaande figuur toont de blootstelling-respons functie tussen langdurige blootstelling aan PM_{2,5} en NO₂ en mortaliteit (hazard ratio) zoals die is gevonden in de Europese ELAPSE studie, uitgevoerd in landen met verschillende niveaus van blootstelling. De figuur laat zien dat de relatie tussen blootstelling en effect niet lineair is over de hele range van blootstelling, maar bij hogere niveaus afvlakt. Bij lage niveaus zoals die (bijvoorbeeld) in Nederland voorkomen is het effect per µg/m³ toename in concentratie PM_{2,5} en NO₂ groter dan bij hogere niveaus.

Hoffmann et al. • Environmental Epidemiology (2022) 6:e221

www.environmentalepidemiology.com

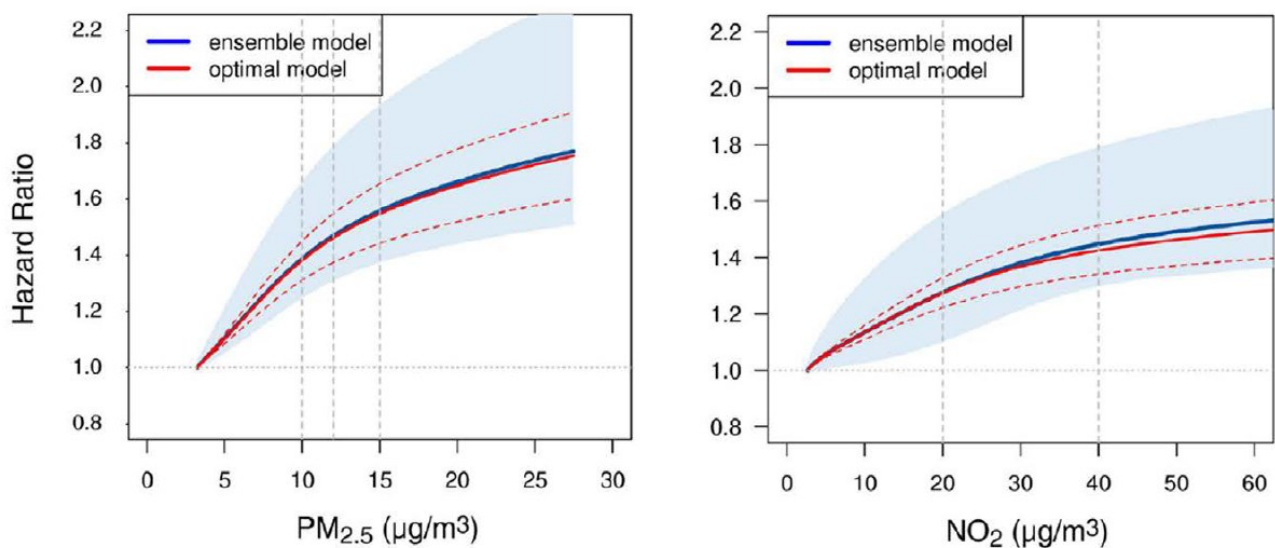


Figure 5. Exposure-response function for PM_{2,5} and NO₂ and total mortality from the ELAPSE pooled cohort.⁷

Uit: Hoffmann B, Brunekreef B, Andersen Z, Forastiere F, Boogaard H. Benefits of future clean air policies in Europe: Proposed analyses of the mortality impacts of PM_{2,5} and NO₂. Environmental Epidemiology 2022b; 6: p e221DOI: 10.1097/EE9.0000000000000221

BIJLAGE 2 METHODIEK VOOR HET VASTSTELLEN VAN TWO-POLLUTANT SCHATTERS VOOR GELIJKTIJDIGE BLOOTSTELLING AAN PM_{2,5} EN NO₂

In overleg met het RIVM en na consultatie van experts van de Universiteit Utrecht (IRAS) en het Health Effects Institute (HEI) is gekozen voor een alternatieve benadering, gebaseerd op de effectschattingen uit de ELAPSE studies (Hoffmann et al., 2022) en een publicatie van het Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP)

COMEAP geeft aan dat de mate van overlap tussen NO₂ en PM_{2,5} onbekend is, maar als substantieel kan worden beschouwd. Het optellen van beide one-pollutant effectschatters zal tot overschatting van het gezondheidseffect leiden. In plaats hiervan kan ervoor worden gekozen de sterkste one-pollutant component effect schatter te gebruiken. Dit zal echter leiden tot een onderschatting van de totale gezondheidsimpact. (COMEAP, 2020).

Het merendeel van COMEAP steunt een alternatieve benadering waarbij voor het bepalen van de gecorrigeerde effectschatters de reducties van de one t.o.v. two-pollutant effectschatters van bestaande cohortstudies als uitgangspunt wordt genomen. Hiervoor zijn de zeven beschikbare cohortstudies door COMEAP beoordeeld (zie de tabel hieronder). In overleg met het RIVM en na consultatie van experts van de Universiteit Utrecht (IRAS) en het Health Effects Institute (HEI) zijn vier cohortstudies geselecteerd waarvan de reducties na correctie kunnen worden gebruikt om de gezondheidsimpact te bepalen. Alleen studies waarin NO₂ en PM_{2,5} positief gecorreleerd waren en tevens met een correlatie lager dan 0,7 zijn geselecteerd, omdat die correlatie tussen PM_{2,5} en NO₂ vergelijkbaar is met wat in Nederland wordt gevonden. Van deze vier studies (Beelen et al., 2014; Fischer et al., 2015; Jerret et al., 2013; Crouse et al., 2015) is de gemiddelde afname in de one-pollutant schatter voor NO₂ berekend na correctie voor PM_{2,5} en vice versa. De gemiddelde reductie van de vier studies bedraagt 30% voor NO₂ en 45% voor PM_{2,5}. Zie tabel B1

Deze reducties zijn vervolgens toegepast op de schattingen voor PM_{2,5} en NO₂ uit ELAPSE van 1,118 (1,060-1,179) voor PM_{2,5} en 1,045 (1,026-1,065) voor NO₂, beiden uitgedrukt per 10 µg/m³ toename in concentratie.

Dit leidt tot de volgende effectschatters in two-pollutant modellen¹:

- PM_{2,5}: 1,063 (1,033-1,095) per 10 µg/m³ - 55% van 1,118 (1,060-1,179)
- NO₂: 1,031 (1,018 – 1,046) per 10 µg/m³ - 70% van 1,045 (1,026-1,065)

¹ Effectschatting voor PM_{2,5} (two-pollutant) = EXP(LN(1,118)*0,55) = 1,063 en voor NO₂ (two-pollutant) = EXP(LN(1,045)*0,70) = 1,031.

Tabel B1. Tabel uit de COMEAP rapportage met daarin de geselecteerde studies waarop de reductie van de effectschatters zijn gebaseerd (groene cirkels)

Table 3.1 Hazard ratios (HRs) from single and two/multi pollutant models for NO₂ and PM_{2.5}/PM₁₀ (HRs are expressed per IQR¹)

Study	Cohort	Correlation NO ₂ /PM _{2.5} exposure metrics	NO ₂ IQR (µg/m ³)	NO ₂	NO ₂ adjusted for PM _{2.5} / PM ₁₀	% ²	PM _{2.5} / PM ₁₀ IQR (µg/m ³)	PM _{2.5} / PM ₁₀	PM _{2.5} / PM ₁₀ Adjusted for NO ₂	% ²	Combined NO ₂ adj/ PM adj HR
Cesaroni et al. (2013)	Rome	0.79	10.7	1.029 (1.022, 1.036)	1.026 (1.015, 1.037)	10	5.7	1.023 (1.016, 1.031)	1.004 (0.994, 1.015)	82	1.030
Corey et al. (2013)	CPRD	0.85	10.7	1.022 (0.995, 1.049)	1.001 (0.959, 1.044)	95	1.9	1.023 (1.000, 1.046)	1.023 (0.989, 1.060)	0	1.024
Beelen et al. (2014) ⁴	ESCAPE	0.2-<0.7	10.0	1.015 (0.993, 1.036)	1.007 (0.967, 1.049)	53	5.0	1.070 (1.016, 1.127)	1.060 (0.977, 1.150)	14	1.067
Fischer et al. (2015) ⁵	DUELS	0.58	10.0	1.027 (1.023, 1.030)	1.019 (1.015, 1.023)	29	2.4	1.019 (1.016, 1.022)	1.010 (1.007, 1.013)	46	1.029
HE (2000)	ACS CPS II	-0.08	81.4	0.95 (0.89, 1.01)	0.90 (0.84, 0.96)	105	24.5	1.15 (1.05, 1.25)	1.22 (1.11, 1.33)	-42	1.09
Jerrett et al. (2013)	ACS CPS II	0.55	7.7	1.031 (1.008, 1.056)	1.025 (0.997, 1.054)	19	5.3	1.032 (1.002, 1.062)	1.015 (0.980, 1.050)	53	1.040
Crouse et al. (2015a) ⁷	CanCHEC	0.40	15.2	1.052 (1.045, 1.059)	1.045 (1.037, 1.052)	13	5	1.035 (1.013, 1.049)	1.011 (1.003, 1.020)	68	

¹ Except for Crouse et al. (2015a), which used per mean minus 5th percentile rather than IQR, and Beelen et al. (2014), which used per 10 µg/m³ NO₂ and 5 µg/m³ PM_{2.5}

² The percentage reduction in HR after adjustment for the other pollutant

³ PM_{2.5} results –personal communication

⁴ Based on 14 cohorts in which correlation between NO₂ and PM_{2.5} was less than 0.7 (figures to 3 decimal places provided by personal communication)

⁵ PM₁₀

⁶ HR (95% CI) for min-max range of average concentrations in fine particulate cohort (41 cities)

⁷ NO₂ adjusted for PM_{2.5} and O₃. PM_{2.5} adjusted for NO₂ and O₃.

BIJLAGE 3 BEWIJSKRACHT VOOR GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN DE FIJNE EN GROVERE FRACTIE VAN FIJN STOF

Bewijs voor gezondheidseffecten van PM bij lange en korte termijn blootstelling (US-EPA, 2019).

Niet alle gezondheidseffecten komen in aanmerking voor de effectschatting in de GGD Rekentool L&G, zie voor onderbouwing het 2021 rapport.

Bron: tabel 1-4 op pagina I-66 in het ISA-EPA 2019 rapport.

Gezondheidseffect	PM	Lange termijn blootstelling	Korte termijn blootstelling
Mortaliteit	PM2,5	Causaal	Causaal
	PMcoarse	Indicatief	Indicatief
Respiratoire effecten	PM2,5	Waarschijnlijk causaal	Waarschijnlijk causaal
	PMcoarse	Onvoldoende	Indicatief
Cardiovasculaire effecten	PM2,5	Causaal	Causaal
	PMcoarse	Indicatief	Indicatief
Kanker	PM2,5	Waarschijnlijk causaal	n.v.t.
	PMcoarse	Indicatief	n.v.t.
Metabole effecten	PM2,5	Indicatief	Indicatief
	PMcoarse	Indicatief	Onvoldoende
Zenuwstelsel effecten	PM2,5	Waarschijnlijk causaal	Indicatief
	PMcoarse	Indicatief	Onvoldoende
Reproductie en fertiliteit	PM2,5	Indicatief	n.v.t.
	PMcoarse	Onvoldoende	n.v.t.
Zwangerschap en geboorte uitkomsten	PM2,5	Indicatief	n.v.t.
	PMcoarse	Onvoldoende	n.v.t.