

Associatie tussen omgevingsluchtvervuiling, groene ruimte en huisartsbezoeken en spoedopnames

Een cross-sectionele studie bij jongeren en volwassenen
in België

Een uitgave van de Onafhankelijke Ziekenfondsen
Lenniksebaan 788A - 1070 Brussel
T 02 778 92 11
commu@mloz.be

—

Redactie > Luk BRUYNEEL, Esmée BIJNENS, Christian HOREMANS, Agnès LECLERCQ,
Wies KESTENS, Güngör KARAKAYA, Ludo VANDENTHOREN,
Elke TRIMPENEERS, Charlotte VANPOUCKE, Frans FIERENS,
Tim NAWROT, Bianca COX, Arthur VRANKEN

www.mloz.be

(©) Onafhankelijke Ziekenfondsen / Brussel, september 2023
(Ondernemingsnummer 411 766 483)

Associatie tussen omgevingsluchtvervuiling, groene ruimte en huisartsbezoeken en spoedopnames

Een cross-sectionele studie bij jongeren en volwassenen
in België

Inleiding	3
01 Rationale en doel.....	3
02 Methodologie	4
2.1 Studiepopulatie	4
2.2 Fijn stof en groene omgeving	4
2.3 Gezondheidszorgconsumptie	5
2.4 Potentiële beïnvloedende variabelen	5
2.5 Statistische analyse	6
03 Resultaten.....	7
3.1 Beschrijvende gegevens	7
3.2 Associatie tussen gezondheidszorgconsumptie en PM _{2,5} , boombedekking en grasbedekking	7
3.3 Economische analyse	11
04 Discussie.....	13
4.1 Vergelijking met eerdere bevindingen	13
4.2 Causale mechanismen.....	14
4.3 Sterktes en beperkingen van het onderzoek	15
05 Conclusie.....	16
06 Referenties	16
07 Notes	21

Inleiding

Dit is een synthese van de studie 'Association of air pollution and green space with all-cause general practitioner and emergency room visits: A cross-sectional study of young people and adults living in Belgium'. De studie werd gepubliceerd in het internationale tijdschrift *Environmental Research* en is vrij beschikbaar. Het is de tweede milieu-epidemiologische studie die de Onafhankelijke Ziekenfondsen publiceren in samenwerking met onderzoekers verbonden aan KU Leuven, UHasselt en IRCEL. De eerste studie ging in op de associatie tussen kortstondige blootstelling aan omgevingsluchtverontreiniging en intrede in arbeidsongeschiktheid. Deze studie werd gepubliceerd in het internationale tijdschrift *Environment International* en is eveneens vrij beschikbaar.

01 Rationale en doel

Wonen in gebieden met minder luchtvervuiling en meer groene ruimte is gunstig voor de lichamelijke en geestelijke gezondheid. Luchtverontreiniging, en met name fijn stof ($PM_{2,5}$), wordt in verband gebracht met heel wat nadelige gevolgen voor de gezondheid, zoals cardiovasculaire, cerebrovasculaire, stofwisselings- en ademhalingsziekten, evenals sterfte, geestelijke gezondheidsproblemen en ongunstige geboorteresultaten [1-4]. De beschikbaarheid aan groene ruimte is daarentegen geassocieerd met een aantal voordelen voor de geestelijke en lichamelijke gezondheid, met name op het gebied van hart- en vaatziekten, aandoeningen van de luchtwegen en diabetes [5,6]. Overigens lijken mensen die wonen in stedelijke gebieden meer baat te hebben bij groene ruimte in vergelijking met landelijke gebieden [7].

Behalve bovenstaande gezondheidsuitkomsten is ook gezondheidszorgconsumptie geassocieerd met luchtvervuiling en groene ruimte. Een hogere $PM_{2,5}$ -concentratie is geassocieerd met meer huisartsbezoeken omwille van astma [8] en aandoeningen van de luchtwegen [9], alsook meer opnames op de dienst spoedgevallen omwille van gelijkaardige gezondheidsproblemen [10,11]. Daarnaast zijn indicatoren van groene ruimte, zoals boombedekking en nabijheid van groene ruimte, geassocieerd met opnames op de dienst spoedgevallen omwille van astma en geestelijke gezondheidsproblemen [12-14]. Er zijn echter erg weinig studies die de associatie tussen luchtvervuiling, groene ruimte en gezondheidszorgconsumptie, en zeker huisartsbezoeken, in een gezamenlijk statistisch model hebben onderzocht.

In deze milieu-epidemiologische studie bieden de onderzoekers nieuwe inzichten in de associatie tussen enerzijds $PM_{2,5}$, boombedekking en grasbedekking, en anderzijds niet-dringende en dringende zorgconsumptie

onder jongeren en volwassenen. In tegenstelling tot heel wat eerdere studies worden de associaties met luchtvervuiling en groene ruimte gezamenlijk beoordeeld, en modelleren we niet-lineaire blootstelling-responsassociaties. Bovendien maakten heel wat eerder studies, zeker in België, gebruik van een ecologisch onderzoeksdesign, waarbij gezondheidsuitkomsten zoals bijvoorbeeld medicatiegebruik werden geaggregeerd op het niveau van wijken. Deze nieuwe studie onderzoekt de zorgconsumptie daarentegen op het individuele niveau. Ook hebben we in onze analyse aandacht voor verschillen tussen stedelijke en landelijke gebieden. Ten slotte is een belangrijke toegevoegde waarde van deze studie dat we een inschatting maken van de directe kosten van de blootstelling aan luchtverontreiniging in termen van eigen uitgaven door de patiënt en kosten voor de verplichte ziekteverzekering.

02 Methodologie

2.1 Studiepopulatie

De onderzoekspopulatie bestaat uit leden van de Onafhankelijke Ziekenfondsen. Als een van de zeven ziekenfondsen in België vertegenwoordigen de Onafhankelijke Ziekenfondsen ongeveer twee miljoen leden, of 19 % van de Belgische bevolking. Onze analyse omvat leden met een Belgische verblijfplaats die in dezelfde wijk (d.i. statistische sector) wonen gedurende de studieperiode (1 januari 2019 tot en met 31 december 2019). Onze focus ligt op jongeren van 10 tot 24 jaar (volgens de definitie van de Wereldgezondheidsorganisatie) en volwassenen van 25 tot 64 jaar. De analyse omvat 315.041 jongeren en 885.663 volwassenen. Deze woonden respectievelijk in 16.103 en 17.913 wijken.

2.2 Fijn stof en groene omgeving

De gemiddelde $PM_{2,5}$ -concentraties voor het jaar 2019 werden berekend op het niveau van de wijk. De berekening gebeurde op basis van gemodelleerde gegevens van de Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL). IRCEL staat in voor het beheer van een gemeenschappelijke gegevensbank inzake de luchtvervuiling, die onder meer de gegevens bevat die door de verschillende meetnetwerken geleverd worden. Drieënzeventig meetstations hebben in 2019 continu de $PM_{2,5}$ -concentraties gemeten. De gemodelleerde gegevens die in deze studie worden gebruikt, zijn afkomstig van ATMO-Street [15].

Informatie over groene ruimte werd afgeleid van hoge resolutielagen van de Copernicus Land Monitoring Service. Percentages van boombedekking en grasbedekking werden voor het jaar 2018 berekend voor elke wijk aan de hand van de 10x10 meter rastergegevens Dominant Leaf Type en Grassland, met behulp van ArcGIS 10.7.1 [16].

Luchtvervuiling en groene ruimte worden in de statistische analyse gehanteerd als categorische predictoren. Voor $PM_{2,5}$ werden als volgt vier gelijke groepen gecreëerd: min-Q1, Q1-mediaan, mediaan-Q3 en Q3-max. Voor gras- en boombedekking werden categorieën geconstrueerd als volgt: min-9,99 %, 10 %-19,99 %, 20 %-29,99 %, 30 %-max, waarbij 10 %, 20 % en 30 % respectievelijk nauw overeenkomen met Q1, de mediaan en Q3.

2.3 Gezondheidszorgconsumptie

Gezondheidszorgconsumptie werd gemeten aan de hand van routinematig verzamelde gegevens over uitgaven aan gezondheidszorg in het jaar 2019, beschikbaar voor de leden van de Onafhankelijke Ziekenfondsen. De database bevat administratieve en boekhoudkundige gegevens op individueel niveau betreffende terugbetaalde zorg die op een bepaalde datum aan een persoon werd verstrekt. Deze gegevens omvatten het bedrag dat wordt gedekt door de verplichte zorgverzekering en, indien van toepassing, de eigen bijdrage door de patiënt. Aan de hand van deze gegevens werden drie uitkomstmaten gecreëerd. Ten eerste werd voor elk weerhouden lid het aantal huisartsbezoeken binnen de kantooruren berekend. Ten tweede werd het aantal huisartsbezoeken buiten de kantooruren berekend. Deze vinden 's avonds (na 18.00 uur), 's nachts (tussen 21.00 en 08.00 uur) of in het weekend plaats. Ten derde werd het aantal opnames op de dienst spoedgevallen berekend.

2.4 Potentiële beïnvloedende variabelen

Kenmerken op individueel niveau die in de analyse zijn opgenomen zijn leeftijd en geslacht (man, vrouw). Deze kenmerken van leden zijn routinematig beschikbaar in de databanken van de Onafhankelijke Ziekenfondsen.

Op het niveau van de wijk corrigeerden we voor verschillen tussen stedelijke en landelijke gebieden, gecategoriseerd als een bevolkingsdichtheid (in het jaar 2019) van respectievelijk meer of minder dan 600 inwoners/km². We corrigeerden ook voor indicatoren betreffende sociaaleconomische status die eerder werden gebruikt in studies naar de associatie tussen luchtvervuiling, groene ruimte en medicatieverkoop in België: het percentage in het buitenland geboren inwoners uit lage- en middeninkomenlanden, het werkloosheidspercentage en het percentage laagopgeleiden [17,18]. Deze zijn afgeleid van de Belgische volkstelling van 2011.

Ten slotte hebben we de administratieve arrondissementen opgenomen in de analyse. De 43 administratieve arrondissementen vormen een administratief niveau tussen de gemeenten en provincies.

2.5 Statistische analyse

Het voornaamste gehanteerde statistische model is een negatief binomiaal generalized linear mixed model met een random intercept voor wijken om de associaties tussen $PM_{2,5}$, grasbedekking, boombedekking en de drie uitkomsten te evalueren. Dit model werd geconstrueerd voor elke uitkomst afzonderlijk. De keuze voor dit model alsook de uitgebreide sensitiviteitsanalyses die werden uitgevoerd worden toegelicht in het volledige artikel.

Om de resultaten op een bevattelijke manier weer te geven, berekenen we de Least Squares Means (LS Means). In ons statistisch model vertegenwoordigen deze de mediaan voor de uitkomst op elk niveau van de categorische voorspeller, gecorrigeerd voor andere voorspellers in het model. In de berekening van de LS Means handhaafden we, voor alle variabelen die werden opgenomen in het statistisch model, de verhoudingen uit de oorspronkelijke gegevensset. Om de associaties goed te begrijpen voerden we een analyse uit van alle paarsgewijze vergelijkingen tussen de LS Means. Gecorrigeerde betrouwbaarheidsintervallen voor meervoudige vergelijkingen werden berekend met de Tukey-Kramer methode.

Aan de hand van de LS Means maakten we een inschatting van het aantal huisartsbezoeken en de hieraan verbonden directe kosten die kunnen worden vermeden indien de $PM_{2,5}$ -concentratie overal 4,91 tot 7,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (i.e. de gemiddelde jaarconcentratie in het laagste kwartiel) zou bedragen. We concentreerden ons op de kosten van luchtvervuiling op huisartsbezoeken binnen en buiten de kantooruren omdat deze associaties consistent bleken in de voorgaande analyse en omdat luchtvervuiling een modificeerbare factor is die door diverse beleidsmaatregelen kan worden aangepakt. De kosten van bezoeken aan de dienst spoedgevallen zijn moeilijker volledig in te schatten.

03 Resultaten

3.1 Beschrijvende gegevens

De gemiddelde leeftijd van de bestudeerde groep jongeren was 16,7 (SD = 4,2) jaar. Ongeveer de helft (49,4 %) van deze jongeren was een vrouw. De gemiddelde leeftijd van de bestudeerde groep volwassenen was 45,3 (SD = 11,0) jaar. Iets meer dan de helft (52,1 %) van deze volwassenen was een vrouw.

Groene ruimte en luchtvervuiling varieerden sterk tussen de wijken (Tabel 1). De hoogste Pearson-correlatie werd waargenomen tussen grasbedekking en PM_{2,5} ($r = -0,41$).

Tabel 1. Variatie tussen wijken en correlatie tussen PM_{2,5}, boombedekking en grasbedekking

	Variatie tussen wijken								Pearson-correlatiecoëfficiënt		
	Gem.	SD	IQR	Min	Q1	Q2	Q3	Max	PM _{2,5}	Boombedekking	Grasbedekking
PM _{2,5} , µg/m ³	9,8	2,5	4,6	4,9	7,5	10,1	12,1	14,6	1		
Boombedekking, %	23,2	16,9	19,2	0,0	11,2	18,9	30,4	99,5	-0,21	1	
Grasbedekking, %	20,0	15,4	21,9	0,0	7,6	17,5	29,4	85,0	-0,41	-0,12	1

SD=Standaarddeviatie, IQR=Interkwartielafstand

Het aantal huisartsbezoeken binnen de kantooruren in 2019 bedroeg 656.174 (gemiddelde = 2,08) voor jongeren en 2.918.005 (gemiddelde = 3,29) voor volwassenen. Het aantal huisartsbezoeken buiten de kantooruren bedroeg 128.551 (gemiddelde = 0,41) voor jongeren en 398.557 (gemiddelde = 0,45) voor volwassenen. Het aantal opnames op de dienst spoedgevallen bedroeg 118.470 (gemiddelde = 0,38) voor jongeren en 410.799 (gemiddelde = 0,46) voor volwassenen.

3.2 Associatie tussen gezondheidszorgconsumptie en PM_{2,5}, boombedekking en grasbedekking

Figuren 1 (huisartsbezoeken binnen de kantooruren), 2 (huisartsbezoeken buiten de kantooruren) en 3 (opnames op de dienst spoedgevallen) geven de associatie weer tussen gezondheidszorgconsumptie en PM_{2,5}, boombedekking en grasbedekking.

Vergeleken met wijken met een PM_{2,5}-concentratie variërend van 4,91 tot 7,49 µg/m³, waren er statistisch significant meer huisartsbezoeken binnen en buiten de kantooruren en opnames op de dienst spoedgevallen in wijken met een hogere PM_{2,5}-concentratie. Dit was zowel onder jongeren als volwassenen het geval, met uitzondering van opnames op de dienst spoedgevallen onder volwassenen.

Er waren statistisch significant meer opnames op de dienst spoedgevallen bij jongeren, meer huisartsbezoeken binnen de kantooruren bij volwassenen en meer huisartsbezoeken buiten de kantooruren bij volwassenen en jongeren in wijken met een boombedekking van minder dan 30,00 %. Huisartsbezoeken binnen de kantooruren kwamen ook statistisch significant vaker voor bij jongeren die woonden in gebieden met de laagste boombedekking (0-9,99 %), vergeleken met gebieden met de hoogste boombedekking (>30,00 %).

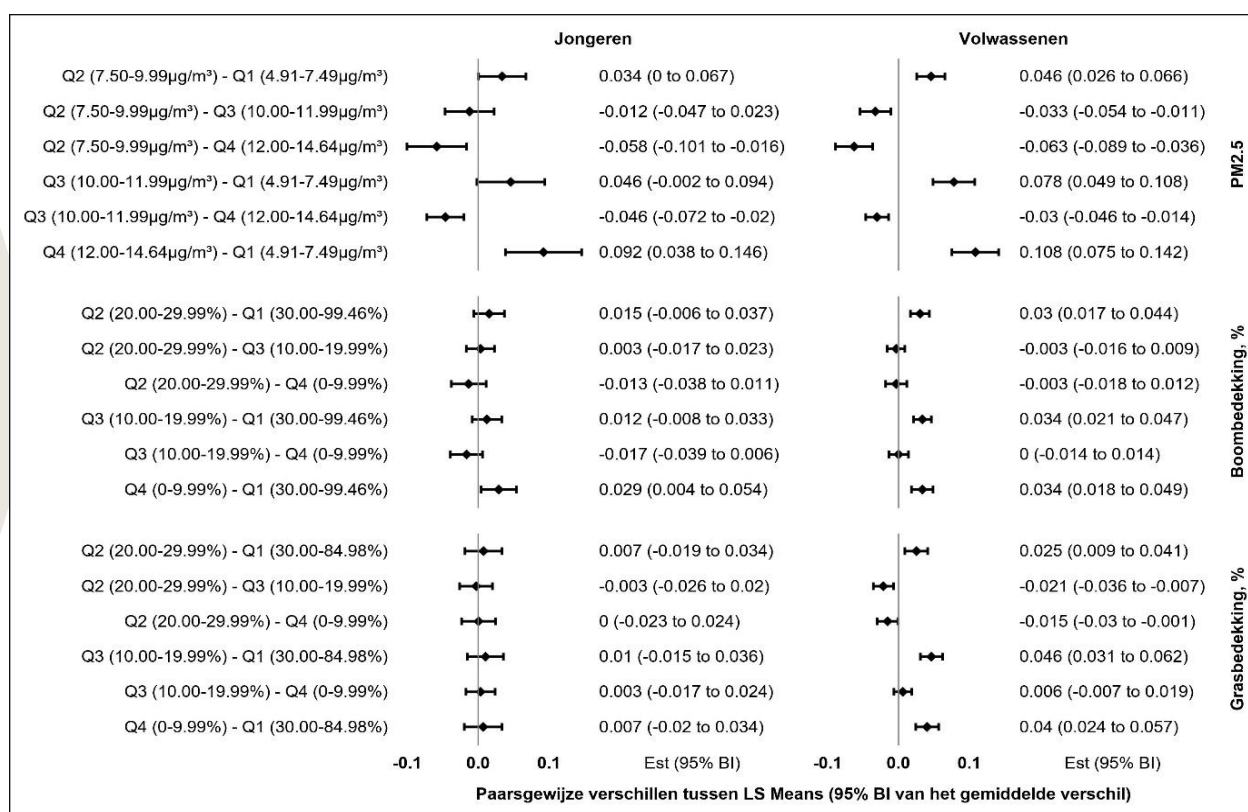
Bij volwassenen was een lagere grasbedekking statistisch significant geassocieerd met meer huisartsbezoeken en opnames op de dienst spoedgevallen.

De associaties tussen $PM_{2,5}$ en huisartsbezoeken binnen de kantooruren bij jongeren en volwassenen, en tussen $PM_{2,5}$ en huisartsbezoeken buiten de kantooruren bij jongeren en volwassenen, waren statistisch significant en consistent over meerdere kwartielen van blootstellingsmetingen op het niveau van de wijken. Dit kan worden geconcludeerd aan de hand van de paarsgewijze verschillen tussen kwartielen, dewelke suggereerden dat er toenemende gunstige effecten zijn telkenmale $PM_{2,5}$ lager is. Bijvoorbeeld, bij volwassenen kwamen huisartsbezoeken binnen de kantooruren vaker voor in wijken met $PM_{2,5}$ variërend tussen 7,50 en 9,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tussen 10,00 en 11,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en tussen 12,00 en 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vergeleken met wijken met $PM_{2,5}$ variërend van 4,91 tot 7,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bovendien kwamen huisartsbezoeken vaker voor in wijken met $PM_{2,5}$ tussen 10,00 en 11,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en tussen 12,00 en 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vergeleken met wijken met $PM_{2,5}$ tussen 7,50 en 9,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En huisartsbezoeken binnen de kantooruren kwamen vaker voor in wijken met een $PM_{2,5}$ tussen 12,00 en 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vergeleken met wijken met een $PM_{2,5}$ tussen 10,00 en 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De LS Means vergemakkelijken de interpretatie van het grote voordeel van het wonen in wijken met lagere $PM_{2,5}$ -concentraties. Het mediane aantal huisartsbezoeken binnen de kantooruren bedroeg 2,96 in wijken met $PM_{2,5}$ tussen 4,91 en 7,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3,10 in wijken met $PM_{2,5}$ tussen 7,50 en 9,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3,20 in wijken met $PM_{2,5}$ tussen 10,00 en 11,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 3,30 in wijken met $PM_{2,5}$ tussen 12,00 en 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Analyses gestratificeerd volgens stedelijke en landelijke gebieden toonden aan dat bij jongeren het verband tussen $PM_{2,5}$ en huisartsbezoeken binnen de kantooruren aanhield in stedelijke wijken. Niettemin waren er ook in landelijke wijken met de hoogste $PM_{2,5}$ -concentratie meer huisartsbezoeken binnen de kantooruren in vergelijking met wijken met de laagste $PM_{2,5}$ -concentratie. Een soortgelijke conclusie kan worden gemaakt voor de associatie tussen boombedekking en huisartsbezoeken binnen de kantooruren bij volwassenen. Nog bij volwassenen zette de associatie tussen $PM_{2,5}$ en huisartsbezoeken binnen de kantooruren zich door in zowel landelijke als stedelijke gebieden. De eerdere observatie uit het hoofdmodel dat huisartsbezoeken binnen de kantooruren vaker voorkwamen bij jongeren die woonden in wijken met de laagste boombedekking, werd bevestigd in stedelijke gebieden. Voor volwassenen bleef de associatie tussen grasbedekking en huisartsbezoeken binnen de kantooruren enkel aanwezig

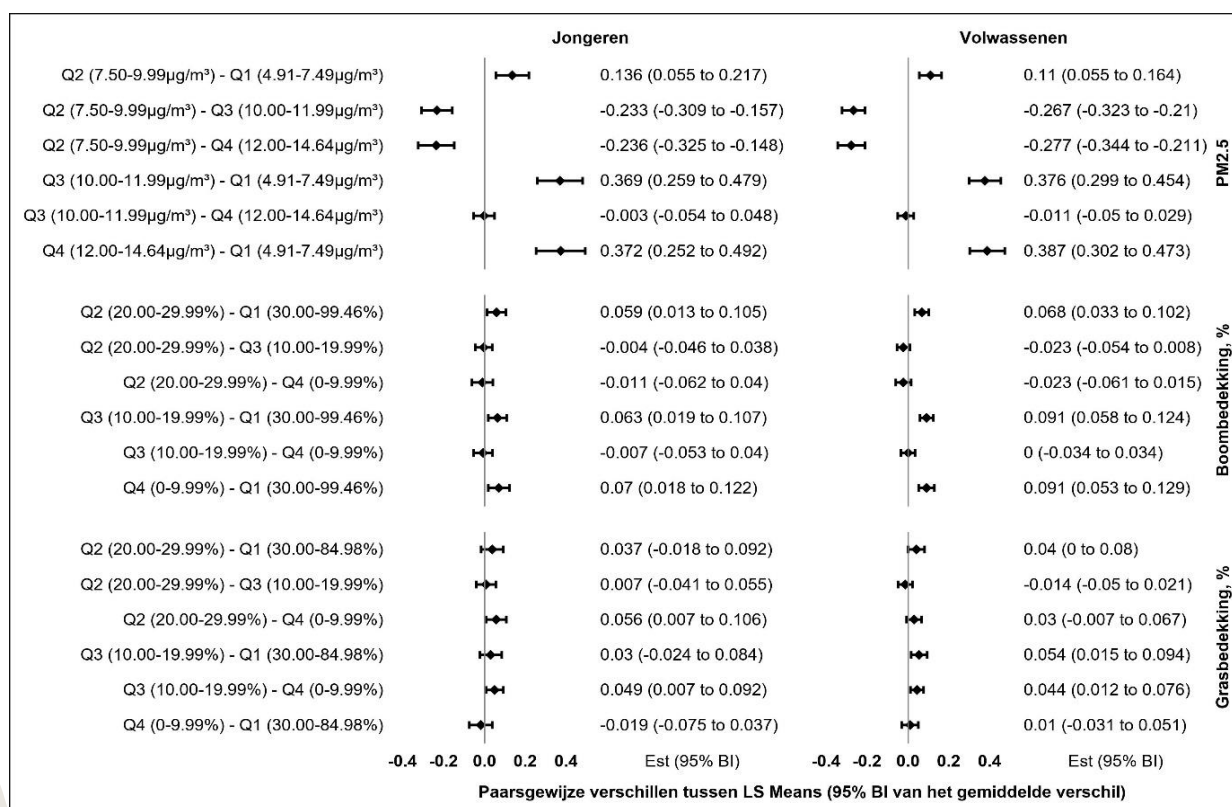
in stedelijke gebieden. De associaties tussen PM_{2,5} en huisartsbezoeken buiten de kantooruren zetten zich door in stedelijke en landelijke gebieden voor zowel jongeren als volwassenen. Hetzelfde kan gezegd worden van de associatie tussen boombedekking en huisartsbezoeken buiten de kantooruren bij volwassenen. Voor jongeren was deze associatie minder consistent voor wijken met meer dan 10 % boombedekking, maar ze werd wel consistent waargenomen binnen stedelijke en landelijke wijken met de laagste boombedekking versus de hoogste boombedekking. Voor grasbedekking was het verband met huisartsbezoeken buiten de kantooruren niet eenduidig. Wat opnames op de dienst spoedgevallen betreft bleven de verbanden met PM_{2,5} en boombedekking aanwezig bij jongeren die in stedelijke wijken woonden, terwijl voor volwassenen alleen consistente verbanden werden waargenomen met grasbedekking in stedelijke wijken.

Figuur 1. Negatief binomiale generalized linear mixed modellen om de associatie te schatten tussen fijn stof, boombedekking, grasbedekking en huisartsbezoeken binnen de kantooruren



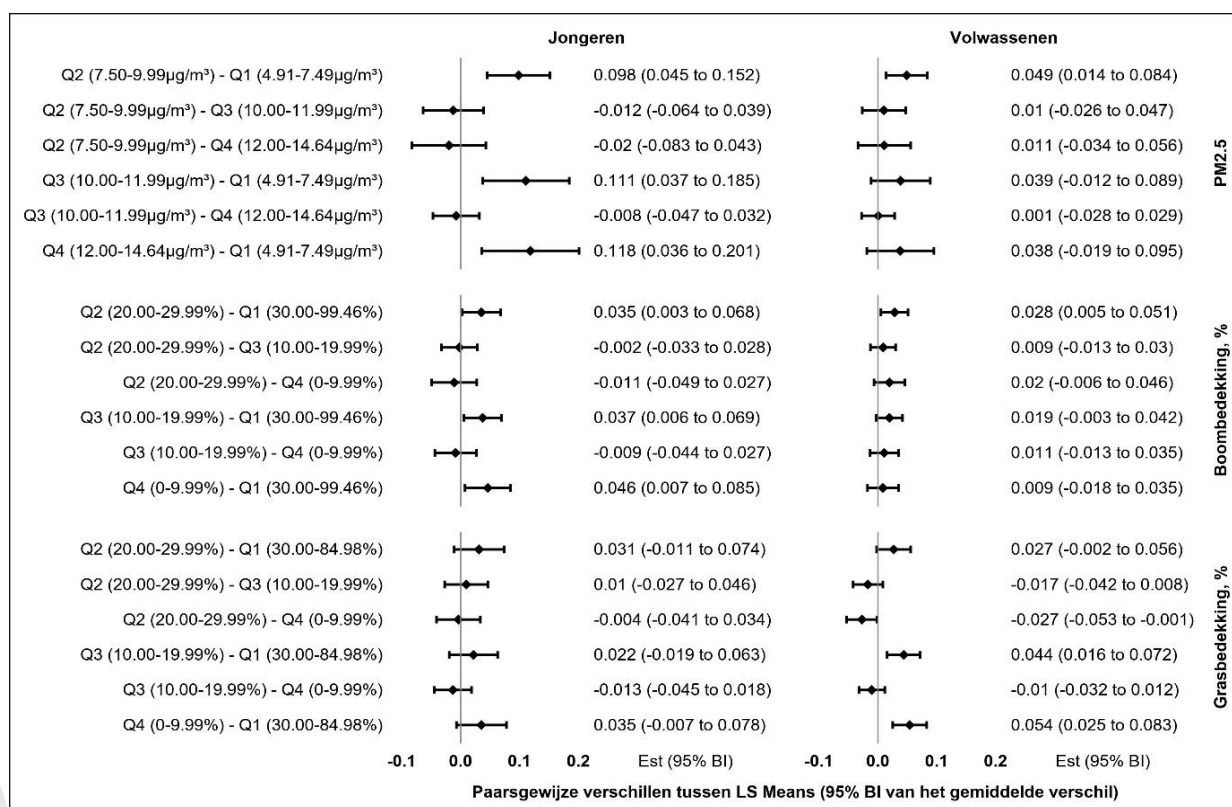
Noot: Modellen zijn voor PM_{2,5}, boombedekking en grasbedekking gezamenlijk. Alle modellen omvatten een random intercept voor wijken en zijn gecorrigeerd voor leeftijd en geslacht op individueel niveau, verschillen tussen stad en platteland en indicatoren van socio-economische status (het percentage in het buitenland geboren inwoners uit lagere- en middeninkomenlanden, het percentage werkloosheid en het percentage laagopgeleide personen) op het niveau van wijken, en het administratieve arrondissement. De betrouwbaarheidsintervallen zijn gecorrigeerd op basis van de Tukey-Kramer methode.

Figuur 2. Negatief binomiale generalized linear mixed modellen om de associatie te schatten tussen fijn stof, boombedekking, grasbedekking en huisartsbezoeken buiten de kantooruren



Noot: Modellen zijn voor PM_{2.5}, boombedekking en grasbedekking gezamenlijk. Alle modellen omvatten een random intercept voor wijken en zijn gecorrigeerd voor leeftijd en geslacht op individueel niveau, verschillen tussen stad en platteland en indicatoren van socio-economische status (het percentage in het buitenland geboren inwoners uit lagere- en middeninkomenslanden, het percentage werkloosheid en het percentage laagopgeleide personen) op het niveau van wijken, en het administratieve arrondissement. De betrouwbaarheidsintervallen zijn gecorrigeerd op basis van de Tukey-Kramer methode.

Figuur 3. Negatief binomiale generalized linear mixed modellen om de associatie te schatten tussen fijn stof, boombedekking, grasbedekking en opnames op de dienst spoedgevallen



Noot: Modellen zijn voor PM_{2,5}, boombedekking en grasbedekking gezamenlijk. Alle modellen omvatten een random intercept voor wijken en zijn gecorrigeerd voor leeftijd en geslacht op individueel niveau, verschillen tussen stad en platteland en indicatoren van socio-economische status (het percentage in het buitenland geboren inwoners uit lagere- en middeninkomenslanden, het percentage werkloosheid en het percentage laagopgeleide personen) op het niveau van wijken, en het administratieve arrondissement. De betrouwbaarheidsintervallen zijn gecorrigeerd op basis van de Tukey-Kramer methode.

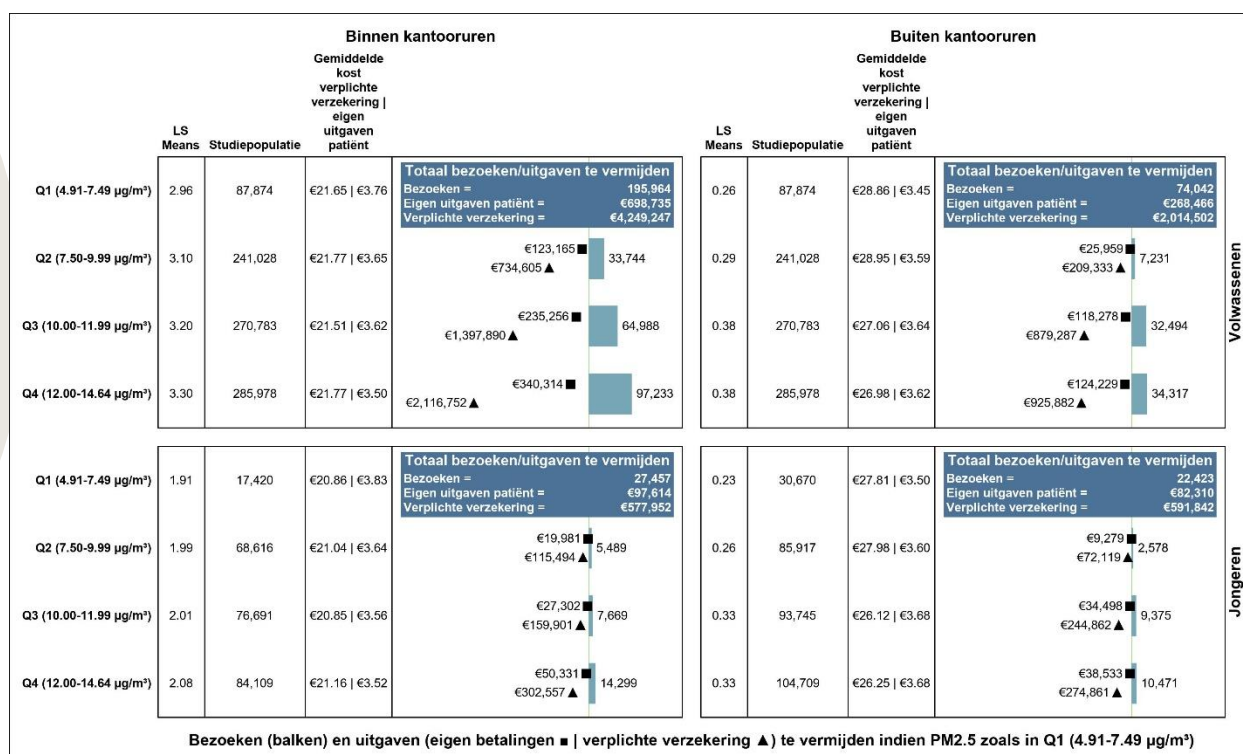
3.3 Economische analyse

Tot slot maken we een inschatting van het te vermijden aantal huisartsbezoeken binnen en buiten de kantooruren, en de hieraan verbonden kosten, indien in alle wijken het laagst geobserveerde kwartiel van PM_{2,5}-concentraties (4,91 tot 7,49 µg/m³) van toepassing zou zijn (Figuur 4). Met andere woorden, dat de luchtkwaliteit van de wijken die momenteel een PM_{2,5}-concentratie hoger hebben dan 7,49 µg/m³, zou verbeteren naar 4,91 tot 7,49 µg/m³.

Bij volwassenen zouden 195.964 huisartsbezoeken binnen de kantooruren en 74.042 huisartsbezoeken buiten de kantooruren kunnen worden vermeden. Het aantal vermeden huisartsbezoeken binnen de kantooruren vertegenwoordigt een potentiële besparing van € 4.249.247 aan de verplichte verzekering en € 698.735 aan eigen bijdragen door de patiënt. Het aantal vermeden huisartsbezoeken buiten de kantooruren vertegenwoordigt een potentiële besparing van € 2.014.502 aan de verplichte verzekering en € 268.466 aan eigen bijdragen door de patiënt. Bij jongeren zouden 27.457 huisartsbezoeken binnen de kantooruren (alleen in stedelijke gebieden, cf.

de resultaten in 3.2) en 22.423 bezoeken buiten de kantooruren kunnen worden vermeden. Het aantal vermeden huisartsbezoeken binnen de kantooruren vertegenwoordigt een potentiële besparing van € 577.952 aan de verplichte verzekering en € 97.614 aan eigen bijdragen door de patiënt. Het aantal vermeden huisartsbezoeken buiten de kantooruren vertegenwoordigt een potentiële besparing van € 59.842 aan de verplichte verzekering en € 82.310 aan eigen bijdragen door de patiënt. Jaarlijks zou dus bijna € 8,6 miljoen aan gezondheidsuitgaven kunnen worden bespaard (€ 1.147.125 miljoen aan eigen bijdragen door de patiënt en € 7.433.543 miljoen aan de verplichte verzekering). Als we deze bevinding extrapoleren naar de Belgische bevolking, zou jaarlijks bijna € 43 miljoen kunnen worden bespaard (€ 5.735.625 miljoen aan eigen bijdragen door de patiënt en € 37.167.715 miljoen aan de verplichte verzekering).

Figuur 4. Aantal potentieel te vermijden huisartsbezoeken binnen en buiten de kantooruren, en de hieraan geassocieerde gezondheidsuitgaven, indien de concentratie fijn stof in alle wijken 4,91-7,49 µg/m³ zou bedragen



04 Discussie

4.1 Vergelijking met eerdere bevindingen

Consistent met onze bevindingen toonde een onderzoek naar het verband tussen luchtverontreinigende stoffen en eerstelijnsgezondheidszorggegevens op individueel niveau een associatie aan tussen $PM_{2,5}$ en huisartsbezoeken omwille van astma, COPD en infecties van de bovenste luchtwegen [9]. Yamazaki et al. [8] observeerden alleen een significante associatie tussen $PM_{2,5}$ en huisartsbezoeken voor astma bij kinderen tijdens de winter. In een Canadese case-crossoverstudie werden kortetermijnassociaties van $PM_{2,5}$ met opnames op de dienst spoedgevallen omwille van respiratoire aandoeningen geobserveerd [10]. Naast huisartsbezoeken en opnames op de dienst spoedgevallen werden herhaaldelijk associaties geobserveerd tussen $PM_{2,5}$, ziekenhuisopnames en respiratoire, cardiovasculaire en mentale gezondheidsproblemen [1–3,19–22].

Ook onze bevindingen voor groene ruimte zijn in lijn met resultaten van eerdere studies naar huisartsbezoeken of opnames op de dienst spoedgevallen, al maakten de meeste van deze studies geen gebruik van gegevens op individueel niveau en richtten ze zich meestal op een specifieke ziektegroep. Uit een studie in Los Angeles County op het niveau van wijken bleek dat meer openbare parken en open ruimte en minder blootstelling aan fijn stof uit diesel geassocieerd waren met een lager aantal opnames op de dienst spoedgevallen omwille van astma [13]. In dezelfde setting bleken vooral boombedekking, de gemiddelde grootte van het boomgebied en, in mindere mate, particuliere groene ruimte omgekeerd geassocieerd met opnames op de dienst spoedgevallen omwille van astma [12]. In New York City bleken opnames op de dienst spoedgevallen omwille van mentale gezondheidsproblemen omgekeerd evenredig met de nabijheid en zichtbaarheid van groen, maar alleen in buurten met een hoge sociale kwetsbaarheid [14]. Ook andere gezondheidsuitkomsten [5,23] en de verkoop van medicatie [24,25] bleken geassocieerd met de aanwezigheid van bomen.

In lijn met onze resultaten werd effectmodificatie door verstedelijking ook aangetoond in studies naar ziekenhuisopnames gerelateerd aan luchtvervuiling in de VS en China [26,27]. In een studie binnen 968 Amerikaanse counties werd opgemerkt dat counties met een hoge mate van verstedelijking een hoger risico hebben op respiratoire en cardiovasculaire ziekenhuisopnames in verband met $PM_{2,5}$ in vergelijking met counties met een lage mate van verstedelijking [26]. Het ontbreken van een verband tussen $PM_{2,5}$ en opnames op de dienst spoedgevallen in landelijke gebieden kan te wijten zijn aan verschillen in de samenstelling van $PM_{2,5}$ tussen stedelijke en landelijke gebieden, of interacties met bevolkingskenmerken en gezondheidsgedragingen die niet werden meegenomen in de analyses [26,27]. Onze bevinding omtrent sterkere associaties voor boombedekking in

stedelijke gebieden is in lijn met een recente systematische review over verschillen tussen stad en platteland in associaties van groene ruimte met lichamelijke gezondheid [7], en met een recente Belgische studie naar voorschriften met betrekking tot geestelijke gezondheid [28]. Er wordt verondersteld dat deze verschillen verband houden met de verschillende paden tussen groen en gezondheid. Stedelijke gebieden hebben mogelijk meer te winnen bij groene ruimte, omdat groene ruimte specifieke problemen binnen stedelijke gebieden zoals hogere blootstelling aan bepaalde schadelijke stoffen, extreme temperaturen en psychologische stressoren kan verlichten [7].

Onze bevindingen over de beschermende effecten van groene ruimte waren consistentere voor boombedekking dan voor grasbedekking. In eerdere studies werden zowel gunstige als ongunstige associaties van grasbedekking met gezondheid of zorggebruik gerapporteerd [21,23,28–30]. Grasbedekking is mogelijk minder gunstig dan boombedekking omdat het minder schaduw biedt, in mindere mate geluid en luchtvervuiling reduceert en minder psychologisch herstel biedt [31,32]. Graspollen kunnen ook sterkere nadelige effecten hebben op astma en pollenallergieën dan boompollen, waardoor potentiële gunstige associaties voor specifiek jonge mensen teniet worden gedaan [21,25,33,34]. De sterkere associaties van grasbedekking met opnames op de dienst spoedgevallen bij volwassenen die in stedelijke gebieden wonen in vergelijking met degenen die in landelijke gebieden wonen, zijn in lijn met stedelijke-landelijke verschillen die zijn gerapporteerd in de systematische review van Browning et al. [7].

De resultaten bij jongeren en volwassenen waren zeer vergelijkbaar, behalve voor de associatie van boombedekking met huisartsbezoeken binnen de kantooruren en grasbedekking met alle soorten bezoeken, die alleen significant waren voor volwassenen. Er werden geen eerdere studies gevonden over grasbedekking en huisartsbezoeken, gestratificeerd volgens leeftijd. In een eerdere Belgische studie werd echter geobserveerd dat een hogere grasbedekking geassocieerd is met een hogere medicatieverkoop voor astma bij kinderen [25].

4.2 Causale mechanismen

De associaties tussen luchtvervuiling en cardiovasculaire en respiratoire morbiditeit en mortaliteit worden over het algemeen toegeschreven aan biochemische reacties op vervuilende stoffen in het lichaam, resulterend in oxidatieve stress en systemische ontsteking [3]. Deze routes zijn voornamelijk waargenomen in toxicologische studies van kortdurende blootstelling bij dieren en mensen, maar zijn moeilijker te bestuderen voor langdurige blootstelling [3]. In tegenstelling tot de biologische routes van gezondheidseffecten van luchtvervuiling, zijn de veronderstelde effecten van groene ruimte vooral te wijten aan gedrags- en psychologische mechanismen [35,36]. In een overzicht van Nieuwenhuijsen et al. [37] werden zes causale

routes geïdentificeerd: verhoogde fysieke activiteit, psychologisch herstel door vermindering van stressoren zoals lawaai en behoud van een mooi landschap en symbolische kwaliteiten, verhoogde sociale cohesie, vermindering van schadelijke blootstellingen zoals luchtvervuiling en extreme temperaturen, verhoogde microbiële diversiteit, en tot slot de potentiële biochemische eigenschappen van bepaalde natuurlijke verbindingen. Van deze routes blijken fysieke activiteit en psychologische effecten de grootste voordelen op te leveren, gevolgd door sociale cohesie. Sommige studies hebben het luchtfilterend vermogen van groene ruimte onderzocht, maar de vermindering van luchtvervuiling door groene ruimte is meestal klein [38]. Wat betreft biodiversiteit en de effecten van bepaalde natuurlijke verbindingen, is de evidentie nog steeds zeer beperkt.

4.3 Sterktes en beperkingen van het onderzoek

Dit is een populatiebrede studie met een analyse van objectieve blootstellings- en uitkomstgegevens op individueel niveau. Bijkomende sterke punten van onze studie zijn de inclusie van metingen van zowel boombedekking als grasbedekking, en stratificatie voor jongeren versus volwassenen en stedelijke versus landelijke gebieden. Het gebruik van blootstellingskwantiteiten in de analyse bood de mogelijkheid om potentiële niet-lineariteit van de associaties te beoordelen. Een ander sterk punt is het gebruik van huisartsbezoeken als uitkomst, waardoor minder ernstige gevolgen van luchtvervuiling en gebrek aan groene ruimte kunnen worden vastgelegd in vergelijking met traditionele uitkomsten zoals ziekenhuisopname, door artsen gediagnosticeerde ziekte-incidentie en sterfte.

Onze bevindingen moeten ook gezien worden in het licht van enkele beperkingen. Ten eerste betreft het een observationele cross-sectionele analyse, waardoor de bevindingen niet causaal geïnterpreteerd kunnen worden. Hoewel we rekening hebben gehouden met leeftijd, geslacht en verschillende aspecten van socio-economische status, is het waarschijnlijk dat er andere verklarende variabelen zijn die niet werden opgenomen in deze studie. Variabelen waar we in onze analyses geen rekening mee konden houden, zijn individueel gezondheidsgedrag en andere risicofactoren voor ziekten. Aan de andere kant kunnen bepaalde gedragingen, zoals lichaamsbeweging, ook een mediator zijn in de associatie tussen groen en gezondheid, in welk geval deze niet simpelweg als covariaat moeten worden toegevoegd omdat dit zou leiden tot een onderschatting van de gezondheidseffecten van groene ruimte [37]. Associaties tussen luchtvervuiling, groene ruimte en gezondheidsuitkomsten kunnen ook worden beïnvloed door de keuze van mensen om ergens te gaan wonen. Mensen met gezondheidsproblemen kunnen ervoor kiezen om in stedelijke gebieden te wonen die gemakkelijker toegang bieden tot goederen en diensten, maar die ook minder groen en meer vervuild zijn, waardoor onze resultaten een overschatting van de associaties bieden. Aan de andere kant

kunnen mensen met gezondheidsproblemen er ook bewust voor kiezen om in groenere, minder vervuilde gebieden te gaan wonen, in welk geval onze bevindingen resulteren in een onderschatting van de associaties. Ten tweede werden $PM_{2,5}$, boom- en grasbedekking gemeten op het niveau van de wijken. De werkelijke individuele blootstelling kan verschillen van deze geaggregeerde metingen, omdat $PM_{2,5}$, boom- en grasbedekking kunnen variëren binnen wijken en omdat mensen veel tijd buiten deze wijken kunnen doorbrengen omwille van werk, studies of andere redenen. Bovendien kunnen de gunstige effecten van groene ruimte afhangen van bepaalde specifieke kwaliteiten waarmee in onze studie geen rekening kon worden gehouden, zoals de grootte van het gebied of de beloopbaarheid [30,39]. Ten derde hebben we onze analyses niet aangepast voor andere luchtverontreinigende stoffen. Een van de redenen hiervoor is het vermijden van multicollineariteitsproblemen. Bovendien verspreidt NO_2 zich niet zo ver van de emissiebronnen, waardoor er een grote variatie in blootstelling op kleinere schaal binnen de wijken ontstaat. Als gevolg hiervan kan het opnemen van gemiddelden van NO_2 in wijken onbetrouwbare resultaten opleveren [40,41].

05 Conclusie

In wijken met een hogere $PM_{2,5}$ -concentratie en een lager percentage boombedekking observeren we een hogere mate van niet-dringende en dringende zorgconsumptie. Deze bevindingen bevestigen de noodzaak om de luchtvervuiling te blijven terugdringen met een ambitieus plan, namelijk om de WHO-richtlijnen omtrent $PM_{2,5}$ (i.e. een jaargemiddelde van $5 \mu g/m^3$) voor 2030 te implementeren. Onze resultaten ondersteunen ook het belang van groene zones voor de volksgezondheid en de noodzaak om deze waar nodig te beschermen of te ontwikkelen. De resultaten ondersteunen met name het belang van '30 % bladbedekking in elke buurt' in de 3-30-300 regel (3 bomen zichtbaar vanuit elk huis, 30 % bladerdek in elke buurt, maximaal 300 meter van het dichtstbijzijnde park of groene ruimte). De relevantie voor de volksgezondheid wordt verder bevestigd door de impact op de financiële duurzaamheid van de verplichte zorgverzekering.

06 Referenties

1. Orellano P, Reynoso J, Quaranta N, Bardach A, Ciapponi A. Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* Elsevier Ltd; 2020.

2. Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2022;164.
3. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project Technical Report [Internet]. 2013. Available from: <http://www.euro.who.int/pubrequest>
4. Abed Al Ahad M, Sullivan F, Demšar U, Melhem M, Kulu H. The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. *PLoS One. Public Library of Science;* 2020.
5. Nguyen PY, Astell-Burt T, Rahimi-Ardabili H, Feng X. Green space quality and health: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* MDPI; 2021.
6. Geneshka M, Coventry P, Cruz J, Gilbody S. Relationship between green and blue spaces with mental and physical health: A systematic review of longitudinal observational studies. *Int J Environ Res Public Health.* MDPI; 2021.
7. Browning MHEM, Rigolon A, McAnirlin O, Yoon H (Violet). Where greenspace matters most: A systematic review of urbanicity, greenspace, and physical health. *Landsc Urban Plan.* Elsevier B.V.; 2022.
8. Yamazaki S, Shima M, Yoda Y, Oka K, Kurosaka F, Shimizu S, et al. Exposure to air pollution and meteorological factors associated with children's primary care visits at night due to asthma attack: case-crossover design for 3-year pooled patients. *BMJ Open.* 2015;5.
9. Ashworth M, Analitis A, Whitney D, Samoli E, Zafeiratou S, Atkinson R, et al. Spatio-temporal associations of air pollutant concentrations, GP respiratory consultations and respiratory inhaler prescriptions: a 5-year study of primary care in the borough of Lambeth, South London. *Environ Health.* 2021;20.
10. Szyszkowicz M, Kousha T, Castner J, Dales R. Air pollution and emergency department visits for respiratory diseases: A multi-city case crossover study. *Environ Res.* 2018;163:263–9.
11. Anenberg SC, Henze DK, Tinney V, Kinney PL, Raich W, Fann N, et al. Estimates of the Global Burden of Ambient [Formula: see text], Ozone, and [Formula: see text] on Asthma Incidence and Emergency Room Visits. *Environ Health Perspect [Internet].* 2018;126:107004. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30392403>
12. Kim D, Ahn Y. The Contribution of Neighborhood Tree and Greenspace to Asthma Emergency Room Visits: An Application of Advanced Spatial Data in Los Angeles County. *Int J Environ Res Public Health [Internet].* 2021;18:3487. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph1807>
13. Douglas JA, Archer RS, Alexander SE. Ecological determinants of respiratory health: Examining associations between asthma emergency department visits, diesel particulate matter, and public parks and open space in Los Angeles, California. *Prev Med Rep.* 2019;14.

14. Yoo EH, Roberts JE, Eum Y, Li X, Konty K. Exposure to urban green space may both promote and harm mental health in socially vulnerable neighborhoods: A neighborhood-scale analysis in New York City. *Environ Res.* 2022;204.
15. Lefebvre W, Van Poppel M, Maiheu B, Janssen S, Dons E. Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmos Environ.* 2013;77:325–37.
16. Copernicus Land Monitoring Service. High Resolution Layers [Internet]. 2023 [cited 2023 Mar 10]. Available from: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>
17. Chi D, Aerts R, Van Nieuwenhuysse A, Bauwelinck M, Demoury C, Plusquin M, et al. Residential Exposure to Urban Trees and Medication Sales for Mood Disorders and Cardiovascular Disease in Brussels, Belgium: An Ecological Study. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 9];130. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35543508/>
18. Aerts R, Nemery B, Bauwelinck M, Trabelsi S, Deboosere P, Van Nieuwenhuysse A, et al. Residential green space, air pollution, socioeconomic deprivation and cardiovascular medication sales in Belgium: A nationwide ecological study. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 [cited 2022 Oct 13];712. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31945528/>
19. Klomp maker JO, Janssen NAH, Bloemsma LD, Gehring U, Wijga AH, Brink C Vanden, et al. Associations of combined exposures to surrounding green, air pollution, and road traffic noise with cardiometabolic diseases. *Environ Health Perspect.* 2019;127.
20. Klomp maker JO, Hoek G, Bloemsma LD, Wijga AH, van den Brink C, Brunekreef B, et al. Associations of combined exposures to surrounding green, air pollution and traffic noise on mental health. *Environ Int.* 2019;129:525–37.
21. Alcock I, White M, Cherrie M, Wheeler B, Taylor J, McInnes R, et al. Land cover and air pollution are associated with asthma hospitalisations: A cross-sectional study. *Environ Int.* 2017;109:29–41.
22. Niu Z, Liu F, Yu H, Wu S, Xiang H. Association between exposure to ambient air pollution and hospital admission, incidence, and mortality of stroke: an updated systematic review and meta-analysis of more than 23 million participants. *Environ Health Prev Med.* BioMed Central Ltd; 2021.
23. Astell-Burt T, Feng X. Urban green space, tree canopy and prevention of cardiometabolic diseases: A multilevel longitudinal study of 46 786 Australians. *Int J Epidemiol.* 2020;49:926–33.
24. Chi D, Aerts R, Van Nieuwenhuysse A, Bauwelinck M, Demoury C, Plusquin M, et al. Residential Exposure to Urban Trees and Medication Sales for Mood Disorders and Cardiovascular Disease in Brussels, Belgium: An Ecological Study. *Environ Health Perspect.* 2022;130:57003.
25. Aerts R, Dujardin S, Nemery B, Van Nieuwenhuysse A, Van Orshoven J, Aerts JM, et al. Residential green space and medication sales for childhood asthma: A longitudinal ecological study in Belgium. *Environ Res.* 2020;189.

26. Chen C, Chan A, Dominici F, Peng RD, Sabath B, Di Q, et al. Do temporal trends of associations between short-term exposure to fine particulate matter (PM2.5) and risk of hospitalizations differ by sub-populations and urbanicity—a study of 968 U.S. counties and the Medicare population. *Environ Res.* 2022;206.
27. Zhang G, Liu X, Zhai S, Song G, Song H, Liang L, et al. Rural-urban differences in associations between air pollution and cardiovascular hospital admissions in Guangxi, southwest China. *Environmental Science and Pollution Research.* 2022;29:40711–23.
28. Aerts R, Vanlessen N, Dujardin S, Nemery B, Van Nieuwenhuysse A, Bauwelinck M, et al. Residential green space and mental health-related prescription medication sales: An ecological study in Belgium. *Environ Res.* 2022;211.
29. Aerts R, Stas M, Vanlessen N, Hendrickx M, Bruffaerts N, Hoebeke L, et al. Residential green space and seasonal distress in a cohort of tree pollen allergy patients. *Int J Hyg Environ Health.* 2020;223:71–9.
30. Astell-Burt T, Navakatikyan M, Eckermann S, Hackett M, Feng X. Is urban green space associated with lower mental healthcare expenditure? *Soc Sci Med.* 2022;292.
31. Reid CE, Clougherty JE, Shmool JLC, Kubzansky LD. Is all urban green space the same? A comparison of the health benefits of trees and grass in New York city. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14.
32. Fowler D. Pollutant deposition and uptake by vegetation. 2nd ed. Bell JNB, Treshow M, editors. New York: Wiley; 2002.
33. Todkill D, De Jesus Colon Gonzalez F, Morbey R, Charlett A, Hajat S, Kovats S, et al. Environmental factors associated with general practitioner consultations for allergic rhinitis in London, England: A retrospective time series analysis. *BMJ Open.* 2020;10.
34. García-Mozo H. Poaceae pollen as the leading aeroallergen worldwide: A review. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology.* Blackwell Publishing Ltd; 2017. p. 1849–58.
35. Markevych I, Schoierer J, Hartig T, Chudnovsky A, Hystad P, Dzhambov AM, et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ Res.* Academic Press Inc.; 2017. p. 301–17.
36. Hartig T, Mitchell R, De Vries S, Frumkin H. Nature and health. *Annu Rev Public Health.* Annual Reviews Inc.; 2014. p. 207–28.
37. Nieuwenhuijsen MJ, Khreis H, Triguero-Mas M, Gascon M, Dadvand P. Fifty shades of green. *Epidemiology.* Lippincott Williams and Wilkins; 2017. p. 63–71.
38. Tallis M, Taylor G, Sinnott D, Freer-Smith P. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Landsc Urban Plan.* 2011;103:129–38.
39. Rollings KA, Wells NM, Evans GW. Measuring physical neighborhood quality related to health. *Behavioral Sciences.* MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2015. p. 190–202.

40. Fierens F. Dalende NOx emissies-stagnerende NO2 concentraties in stedelijke omgeving: wat is er aan de hand? 2008.

41. Lefebvre W, Hooyberghs H, De Craemer S, Maiheu B, Deutsch F. Vergelijking Model-CurieuzeNeuzen. 2019.



Lenniksebaan 788A - 1070 Brussel
T 02 778 92 11 – F 02 778 94 04

Onze studies op www.mloz.be

(©) Onafhankelijke Ziekenfondsen / Brussel, september 2023
(Ondernemingsnummer 411 766 483)

De Onafhankelijke Ziekenfondsen groeperen:

helan  Onafhankelijk ziekenfonds

 freie
krankenkasse

part&namut
Mutualité Libre