

Bachelor scriptie

Effectiviteit van de milieuzonering in Amsterdam

Een onderzoek naar het effect van de milieuzone
op het NO₂-gehalte in de lucht bij Amsterdam

Auteur:

Bente Janssens

Studentennummer: 2677266

BSc Aarde, Economie en Duurzaamheid

Vrije Universiteit Amsterdam

Begeleider:

Dr. Eric Koomen

Vrije Universiteit Amsterdam

24 juni 2022

Abstract

Luchtverontreiniging veroorzaakt door wegverkeer is een groot milieuprobleem en daarom zijn er Europese grenswaardes opgesteld. In 2020 voldeed Nederland voor het eerst aan de Europese grenswaarde van stikstofdioxide voor wegverkeer van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, doordat in dit jaar in heel Nederland op alle toetspunten de concentraties onder de grenswaarde lagen. Dat de NO₂-concentraties in 2020 lager waren, is volgens het RIVM te verklaren door de maatregelen vanwege de Coronapandemie. Het effect van de verminderde uitstoot door verminderd verkeer en economische activiteit is waarschijnlijk tijdelijk. Er zullen dus maatregelen getroffen moeten worden om in de toekomst onder de grenswaarde te blijven. Een al geïmplementeerde beleidsmaatregel betreft verschillende milieuzones in het land. Alhoewel ze al breed ingezet worden is de effectiviteit ervan onzeker. De combinatie met dat het een erg ingrijpende beleidsmaatregelen is, maakt de toepasbaarheid ervan betwistbaar. In Amsterdam is er in 2008 een milieuzone geïmplementeerd en er zijn vele plannen om deze uit te bereiden tot een uitstootvrije zone in 2030. In deze bachelorscriptie wordt de effectiviteit van de milieuzone in Amsterdam onderzocht om een voorspelling te kunnen doen over de effectiviteit van de geplande aanscherpingen. Dit is uitgevoerd door de NO₂-concentraties bij de wegen in kaart te brengen en die te vergelijken met NO₂-concentraties buiten de milieuzone en bij stadsachtergrondstations, waar de luchtkwaliteit niet voor een groot deel door wegverkeer bepaald wordt. De relatief grote daling van de NO₂-concentratie tussen 2012-2021 bij de verkeerstations, versterkte dalingen in jaren van implementatie en aanscherping van de milieuzone en een verschil in de ontwikkeling van de NO₂-concentratie binnen en buiten de milieuzone, duiden erop dat de milieuzone effectief is. Het is dan ook waarschijnlijk dat de geplande aanscherpingen tot een uitstootvrije zone in 2030 effectief zullen zijn. Om dit nog sterker te bewijzen is het nuttig om de ontwikkeling in NO₂-concentratie in 2020 te onderzoeken. In dit jaar is namelijk een opvallend grote daling te zien waarvan het moeilijk te zeggen is in welke mate deze door de vele aanscherpingen van de milieuzone die in dit jaar plaatsgevonden hebben veroorzaakt is, doordat er in dit jaar ook veel maatregelen omtrent de Coronapandemie waren.

Inhoud

Abstract	1
1. Introductie	3
2. Methode	5
2.1 Data bruikbaar maken	6
2.2 Jaargemiddeldes groeperen	6
2.3 Grafieken vormen.....	7
3. Resultaten.....	9
3.1 NO ₂ -concentraties	9
3.2 Indexcijfers	11
3.3 Trendlijnen en significantie	11
4. Discussie	13
4.1 Gevonden resultaten.....	13
4.2 Gebruikte methode	14
5. Conclusie	16
Literatuur	17
Bijlagen	19
Bijlage 1: Meetstations.....	19
Bijlage 2: Jaargemiddelde NO ₂ -concentraties	22
Bijlage 3: Indexcijfers.....	23
Bijlage 4: Jaarlijkse NO ₂ -concentratie per meetstation.....	0

1. Introductie

Luchtverontreiniging veroorzaakt door wegverkeer is een groot milieuprobleem en daarom zijn er Europese grenswaarden opgesteld voor onder andere stikstofdioxide (NO₂) en fijnstof (PM_{2.5} en PM₁₀). Voor stikstofdioxide en PM₁₀ geldt sinds 1 januari 2015 een jaargemiddelde grenswaarde van 40 µg/m³ voor Nederland en voor PM_{2.5} bedraagt deze 25 µg/m³ (RIVM, 2022a). In 2020 voldeed Nederland voor het eerst aan de Europese grenswaarde van stikstofdioxide voor wegverkeer. Dat komt doordat de concentraties stikstofdioxide bij de verkeerswegen in 2020 in heel Nederland op alle toetspunten onder deze grenswaarden liggen (RIVM, 2021). Voorheen waren er altijd een paar locaties waarop de grenswaarde nog wel overschreden werd. Wat betreft fijnstof zijn er volgens het RIVM nog wel overschrijdingen op een aantal toetspunten gevonden. Dat de concentraties in 2020 lager waren, is volgens het RIVM te verklaren door de maatregelen vanwege de Coronapandemie. Het effect van de verminderde uitstoot door verminderd verkeer en economische activiteit is waarschijnlijk tijdelijk (RIVM, 2021). Er zullen dus maatregelen getroffen moeten worden om de grenswaarden in de toekomst niet te overschrijden.

Een al geïmplementeerde beleidsmaatregel betreft verschillende milieuzones in het land. Een milieuzone is een gebied in een stad waar alleen voertuigen mogen rijden met een uitstoot van verontreinigde stoffen die lager is dan een bepaald limiet (Panteliadis et al., 2014). In Europa zijn al 200 milieuzones geïmplementeerd. Hoewel de beleidsmaatregel al breed ingezet wordt, is er volgens Panteliadis et al (2014) geen sterk bewijs van de effectiviteit ervan. Milieuzones worden regelmatig uitgevoerd in combinatie met andere maatregelen en dit maakt het onderzoek naar de effectiviteit ervan complexer. De onzekerheid over de effectiviteit van de milieuzone maakt de toepassing van de beleidsmaatregelen betwistbaar (Panteliadis et al., 2014).

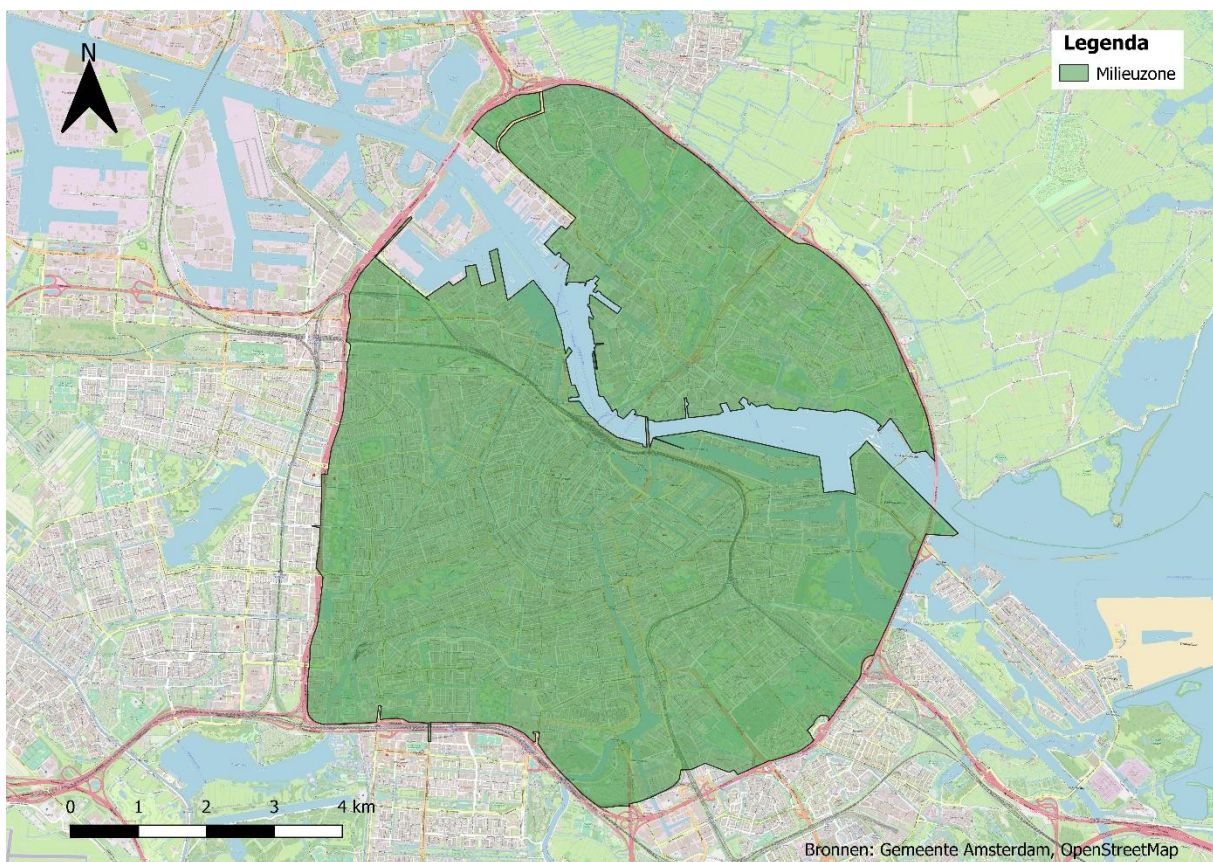
Verscheidende studies tonen een lage of geen effectiviteit van de milieuzone aan. Zo concludeerde Rapaport (2002) dat de NO₂- en PM_{2.5}-concentraties vergelijkbaar zijn in een scenario met en een scenario zonder milieuzone in Stockholm. Carslaw en Beevers (2002) kwamen tot vergelijkbare conclusies met een studie ter evaluatie van de milieuzone in Londen met NO₂ als indicator voor luchtverontreiniging (Panteliadis et al., 2014). Echter zijn er ook studies die de effectiviteit van een milieuzone wel weten aan te tonen. Zo toonden Invernizzi et al. (2011) een afname van roet aan in een milieuzone in Milaan, in vergelijking met een niet-beperkingsgebied. Cesaroni et al. (2012) suggereerden dat een milieuzone in Rome gunstig zou zijn vanuit het oogpunt van de volksgezondheid. Ze vonden in een op modellen gebaseerde studie namelijk dalingen in PM₁₀ en NO₂ (Panteliadis et al., 2014).

Nederland kent 15 milieuzones voor vrachtauto's en autobussen en 4 milieuzones voor personen- en bestelauto's (Milieuzones, 2022). De milieuzone van Amsterdam werd in 2008 geïmplementeerd voor oudere vervuilende dieselvrachtwagens (Gemeente Amsterdam, 2019). Hierna zijn er in fasen aanscherpingen aan de milieuzone van Amsterdam gedaan voor vrachtwagens, bestelwagens, taxi's, ov-bussen/touringcars en brom- en snorfietsen (Gemeente Amsterdam, 2019). De meest ingrijpende aanscherpingen van de milieuzone werden onder andere in 2016 aangekondigd. Toen kwam namelijk het plan om de milieuzone geografisch uit te bereiden tot het hele gebied binnen de Ring A10. De geografische uitbreiding is in 2020 uitgevoerd (Gemeente Amsterdam 2020). Daarbij mogen sinds 2020 alleen nog personen- en bestelauto's met een emissieklasse van 4 of hoger het gebied in en sinds 2022 alleen nog vrachtauto's en autobussen met emissieklasse 6 (Gemeente Amsterdam, 2022). Plannen tot verdere uitbreiding staan al vast (Gemeente Amsterdam 2022; Milieuzones, 2022). Zo zullen er in 2025 alleen nog elektrische brom- en snotfietsen binnen de bebouwde kom van Amsterdam mogen rijden. Vracht- en bestelauto's, taxi's, OV-bussen, touringcars, passagiers- en pleziervaart en GVB-veren mogen dan alleen de Ring A10 binnen als ze uitstootvrij zijn. In 2030 is de

hele bebouwde kom uitstootvrij voor alle soorten verkeer (Gemeente Amsterdam 2022; Milieuzones, 2022).

Panteliadis et al. evalueerden in 2014 de milieuzone van Amsterdam en toonden significante dalingen aan in verkeersgerelateerde luchtverontreinigingsconcentraties bij een meetstation langs de weg na de invoering van de milieuzone. Met oog op de toekomstige ingrijpende uitbereidingen van de milieuzone en de algemene betwistbaarheid van de toepassing van milieuzones is het interessant om de effectiviteit van de milieuzone verder te onderzoeken. Daarbij is het interessant om te onderzoeken wat het effect van de intussen plaatsgevonden aanscherpingen is op de luchtkwaliteit van de stad. Zo kan er bepaald worden of de plannen tot uitbereiding effectief zullen zijn.

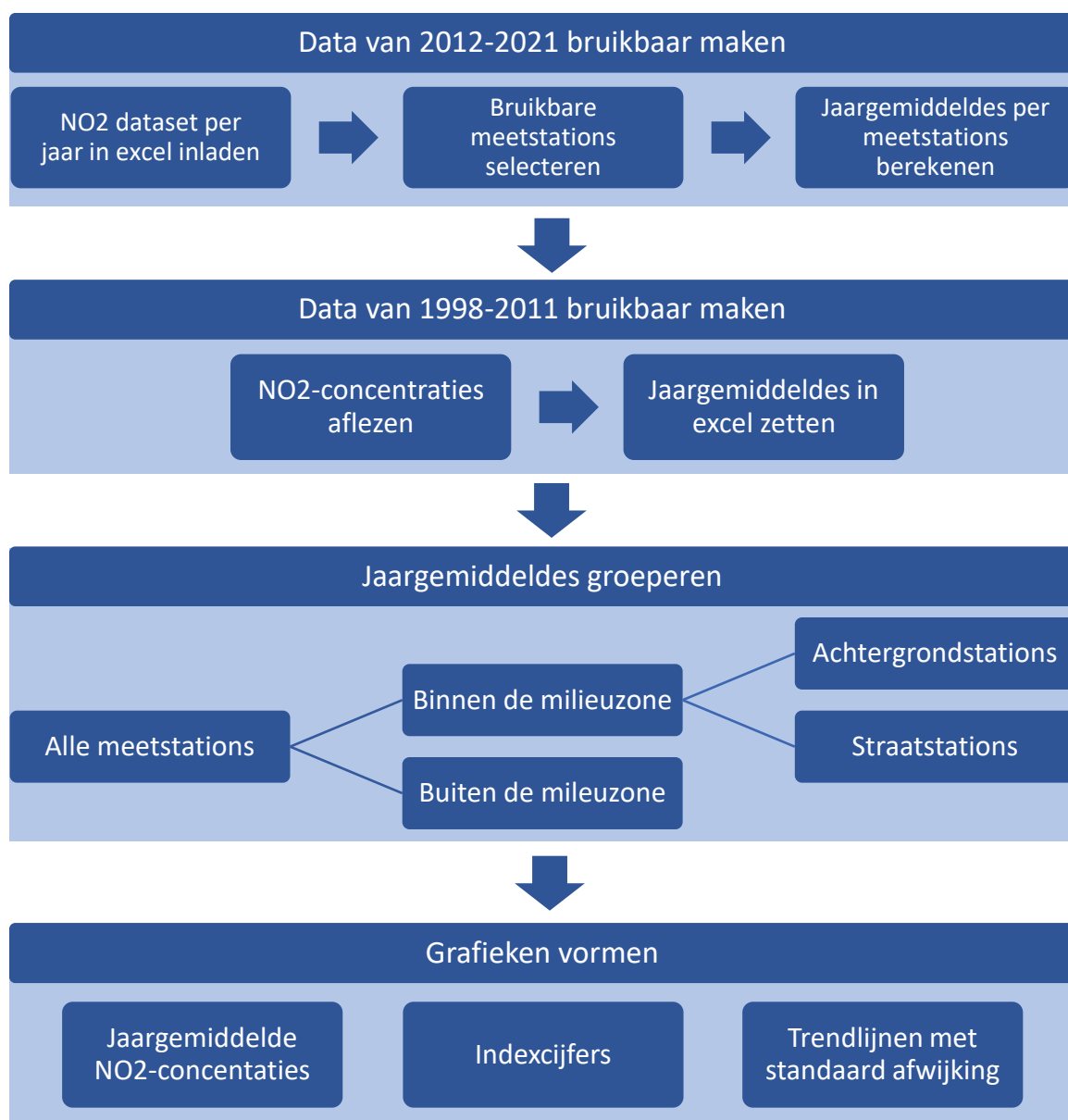
De hoofdvraag van deze bachelorscriptie is: Wat is het effect van de milieuzone op de luchtkwaliteit in Amsterdam en is het waarschijnlijk dat de huidige plannen tot uitbereiding effectief zullen zijn?



Figuur 1: Onderzoeksgebied; de huidige milieuzone van Amsterdam

2. Methode

Om de effectiviteit van de milieuzone van Amsterdam te onderzoeken, wordt de verandering in luchtkwaliteit van de stad in kaart gebracht. Hiervoor wordt het NO₂-gehalte in de lucht door de jaren heen onderzocht. De milieuzone is een beleidsmaatregel die wegverkeer als bron van luchtvervuiling aanpakt en NO₂ is een goede indicator voor te uitstoot van wegverkeer. De nodige data is te verkrijgen via Luchtmeetnet. Op de site van Luchtmeetnet is data vanaf 2012 beschikbaar van meetstations verspreid over heel Nederland die luchtverontreinigende stoffen meten die van invloed zijn op de volksgezondheid (Luchtmeetnet 2022a; Luchtmeetnet, 2022b). De NO₂-gehalten worden gemeten met een Thermo model 42i NO/Nox analyser (Luchtmeetnet 2022a). De meetwaardes zijn per jaar te downloaden via het dataportaal van het RIVM (RIVM, 2022b). Dit zijn CSV-bestanden met NO₂ uurwaardes in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per meetstation. In figuur 2 is weergegeven hoe de data gebruikt wordt om de ontwikkeling NO₂-gehalte in en rondom de milieuzone door de jaren heen te kunnen onderzoeken.



Figuur 2: Uitgevoerd onderzoeksplan

2.1 Data bruikbaar maken

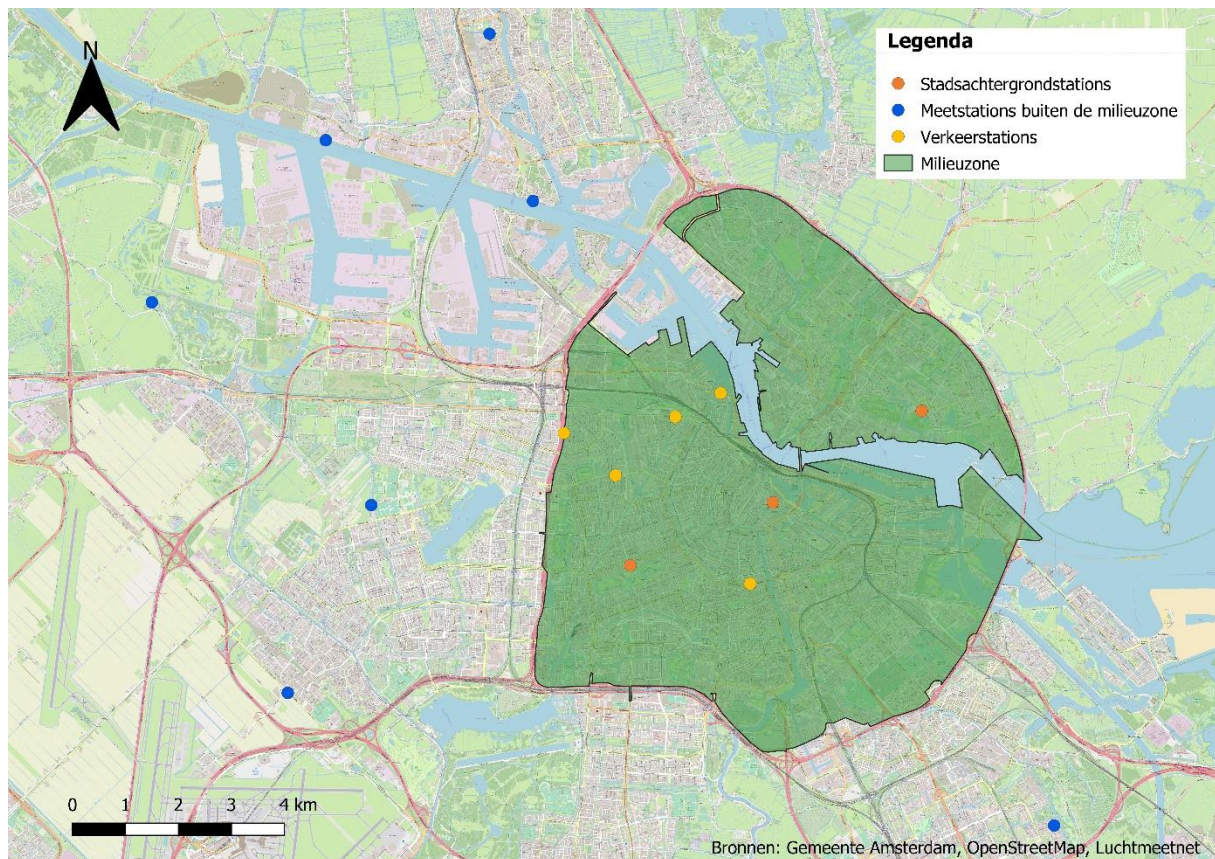
De CSV-bestanden met NO₂-waardes worden per jaar in Microsoft Excel ingeladen. Aangezien de CSV-bestanden data van alle meetstations van Nederland bevatten, moeten de meetstations in en rondom Amsterdam geselecteerd worden. In figuur 3 is een kaart met de meetstations te zien die gebruikt worden voor dit onderzoek en in bijlage 1 staat informatie over elk geschikt meetstation. Dit zijn alle meetstations binnen de milieuzone en een aantal meetstations rondom de milieuzone. Zo kan de trend in luchtkwaliteit van binnen en buiten de milieuzone met elkaar vergeleken worden. De data van de overige meetstations wordt verwijderd. Vervolgens wordt er per meetstation vanuit de uurwaardes een jaargemiddelde berekend. Op deze manier wordt het werken met de grote hoeveelheid data vergemakkelijkt en wordt de seizoenschommeling eruit gefilterd. De ontwikkeling in NO₂-concentratie door de jaren heen kan op deze manier visueel duidelijk weergegeven worden. Deze stappen herhalen zich tot alle beschikbare jaren verwerkt zijn.

Aangezien de data van Luchtmeetnet slechts teruggaat tot 2012 en de milieuzone al in 2008 is geïmplementeerd zal er uit een andere bron data van voor 2012 gezocht worden. Via de mail kunnen aan de afdeling Leefomgeving van de GGD Amsterdam jaarlijkse datarapporten met meetresultaten van Luchtverontreiniging Amsterdam opgevraagd worden. Het jaarverslag van 2011 bevat grafieken met jaargemiddelde NO₂-concentraties van de meetstations in Amsterdam van 1998 tot en met 2011. De waardes worden uit de grafieken afgelezen en ook in Excel gezet. Aangezien deze data minder gedetailleerd is en data van minder meetstations bevat, zal vooral de data van Luchtmeetnet gebruikt worden om conclusies te trekken. Echter is de data van voor 2011 een mooie toevoeging, omdat dit het jaar bevat waarin de milieuzone geïmplementeerd werd inzicht en geeft in een langere tijdreeks.

2.2 Jaargemiddeldes groeperen

Wanneer alle jaargemiddeldes van de gewenste meetstations bepaald zijn, worden de waardes gegroepeerd zoals weergegeven in het onderzoeksplan (figuur 2) en de kaart (figuur 3). De meetstations worden opgesplitst in meetstations binnen de milieuzone en meetstations buiten de milieuzone. Binnen de milieuzone wordt er nog onderscheid gemaakt in stadsachtergrond- en verkeerstations. Verkeerstations zijn meetstations op plekken waar veel verkeer passeert en zijn dus vlak bij wegen of drukke straten geplaatst. Op deze locaties wordt de luchtkwaliteit dan ook voor een belangrijk deel bepaald door de uitstoot van het wegverkeer (Luchtmeetnet 2022a). Stadsachtergrondstations zijn daarentegen meetstations op locaties waar geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt zijn en waar de luchtkwaliteit dus niet voor een groot deel door wegverkeer bepaald wordt (Luchtmeetnet 2022a).

Aan de hand van de data van verkeerstations kan onderzocht worden wat het effect van de milieuzone op de NO₂-concentratie is. Deze meetstations meten de NO₂-concentraties namelijk dicht bij bron die aangepakt wordt door de milieuzone; het wegverkeer. De meetstations buiten de milieuzone dienen als eerste controlegroep. Door de NO₂-concentraties te vergelijken, kan er namelijk gekeken worden of de milieuzone daadwerkelijk een invloed heeft op de NO₂-concentratie. De stadsachtergrondstations dienen als tweede controlegroep. Hiermee kan namelijk onderzocht worden of de NO₂-concentratie vlak bij het wegverkeer afwijkt dan die verder van de wegen. Zo kan er gecontroleerd worden of een eventueel anders verlopende trend van de luchtkwaliteit bij de wegen vergeleken met buiten de milieuzone, daadwerkelijk te linken valt aan een vermindering in uitstoot van wegverkeer als gevolg van de milieuzone.



Figuur 3: Gebruikte meetstations in en rondom de milieuzone van Amsterdam

2.3 Grafieken vormen

Per groep meetstations wordt een gemiddelde ontwikkeling van het jaargemiddelde NO₂-gehalte van de daaronder vallende meetstations gezocht. Deze worden weergegeven in lijndiagrammen. Er zullen twee losse diagrammen gevormd worden voor de periodes 1998-2011 en 2011-2021, aangezien de data van deze periodes uit verschillende bronnen afkomstig is en de data ook niet even gedetailleerd is. Aangezien het om jaargemiddeldes gaat, is de seizoenschommeling in de grafieken niet te zien. Er wordt echter toch voor gekozen om de resultaten in lijndiagrammen weer te geven, omdat dit de trends visueel makkelijker vergelijkbaar maakt.

De NO₂-concentraties van de verschillende groepen zullen met elkaar vergeleken worden. Er wordt gekeken naar de hoogte van de concentraties en het verloop door de jaren heen. De concentraties worden ook vergeleken met de Europese grenswaarde. Daarbij zullen ontwikkelingen in de NO₂-concentraties vergeleken worden met de jaren waarin de milieuzone geïmplementeerd en aangescherpt werd. Ook zal er gekeken worden of opvallende ontwikkelingen in de concentratie door ander beleid veroorzaakt kan zijn.

Om de ontwikkeling van de NO₂-concentratie bij verkeerstations duidelijker in beeld te brengen zal er een grafiek met indexcijfers gecreëerd worden. Ook NO₂-concentraties van buiten de milieuzone zullen uitgedrukt worden in indexcijfers om te controleren wat het effect van de milieuzone is op de NO₂-concentratie bij de wegen. Om de jaargemiddeldes om te zetten in indexcijfers wordt de ruwe data met uurwaardes in Stata ingeladen. Hiervoor wordt alleen de data van Luchtmeetnet van 2012-2021 gebruikt, aangezien deze data nauwkeuriger is. De uurwaardes worden per jaar gesorteerd om de indexcijfers op te kunnen vragen. Met de verkregen indexcijfers wordt een grafiek gevormd. Voor

de verkeerstations is de NO₂-concentratie in 2012 van deze meetstations de uitgangskoncentratie. Voor de meetstations buiten de milieuzone is het ook de eigen concentratie in 2012.

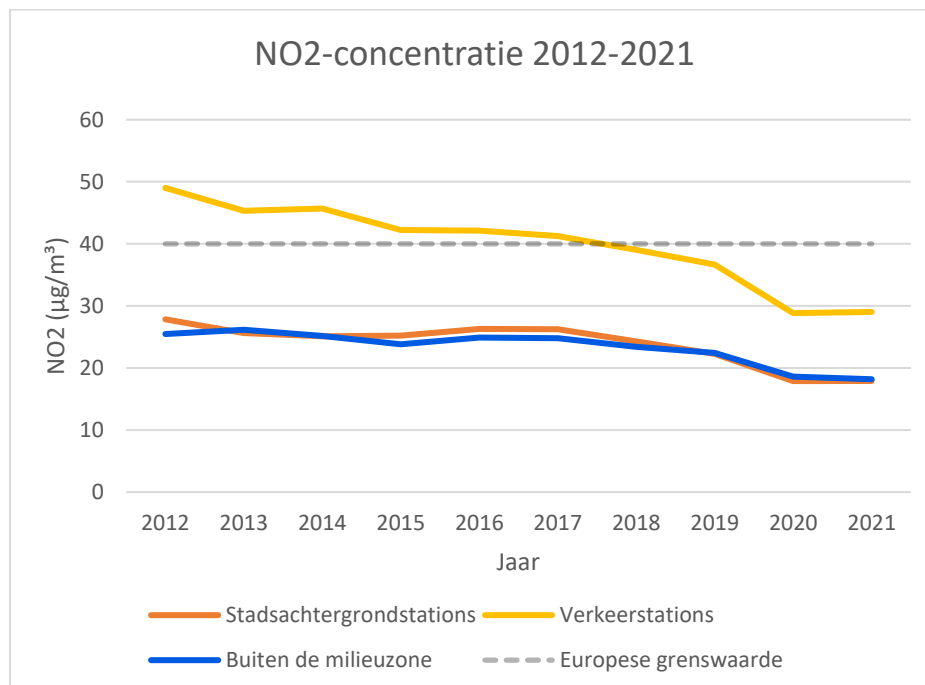
Tot slot zal er nog een grafiek gevormd worden met de trendlijnen van de verkeerstations, stadsachtergrondstations en meetstations buiten de milieuzone. Uit de jaargemiddeldes van 2012-2021 worden de trendlijnen en standaardafwijkingen berekend. Deze worden samen in een grafiek geplot. Zo kunnen ten eerste de trends met elkaar vergeleken worden. Aan de hand van de richtingscoëfficiënten worden de gemiddelde jaarlijkse afnames bepaald. Ten tweede kan er bepaald worden welke reeksen significant hetzelfde zijn of verschillen.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk zal als eerst gekeken worden naar de NO₂-concentraties van stadsachtergrond- en verkeersstations binnen de milieuzone en van meetstations buiten de milieuzone van 1998-2021. Hierna zal er gekeken worden naar de indexcijfers van de ontwikkeling van de NO₂-concentratie van de verkeersstations en de meetstations buiten de milieuzone. Tot slot worden de trendlijnen en standaardafwijkingen getoond van alle drie de NO₂-concentraties van 2012-2021.

3.1 NO₂-concentraties

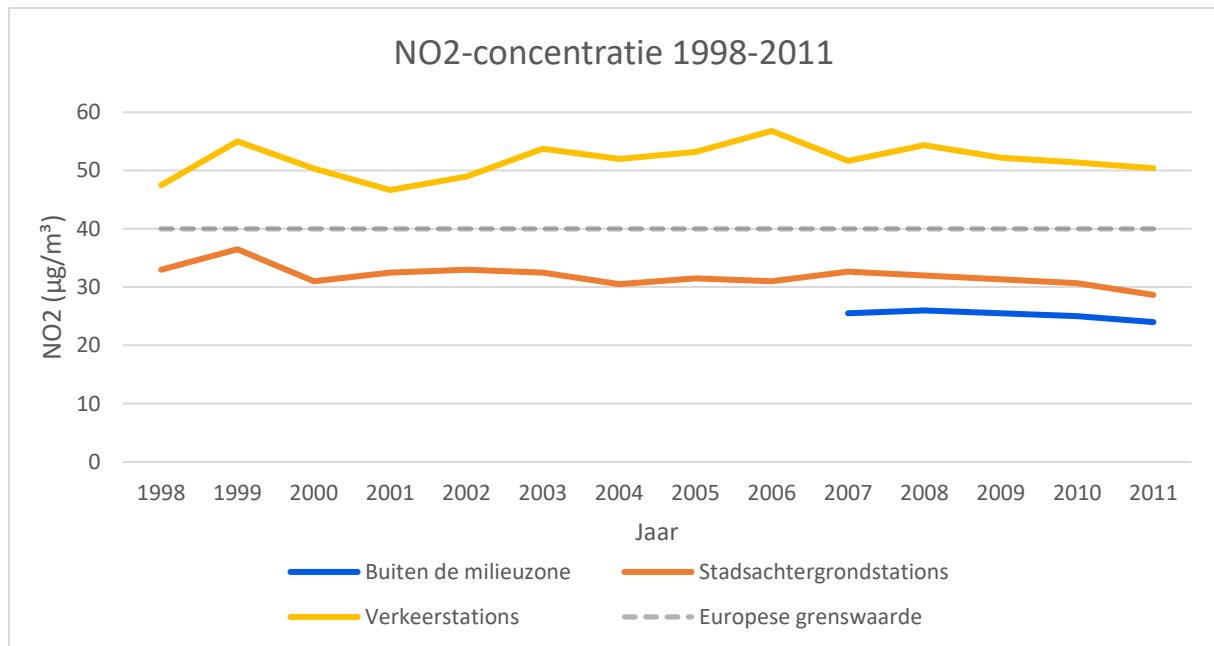
In figuur 3.1 zijn de NO₂-concentraties van binnen en buiten de milieuzone van Amsterdam te zien van 2012 tot en met 2021. Wat allereerst opvalt, is dat verkeersstations binnen de milieuzone elk jaar een relatief erg hoog NO₂-gehalte hebben gemeten. Bij de stadsachtergrondstations en meetstations buiten de milieuzone is de NO₂-concentratie elk jaar relatief lager. Opvallend is dat de gemeten NO₂-concentraties buiten de milieuzone ongeveer even hoog zijn als die van de stadsachtergrondstations binnen de milieuzone. Met uitzondering van 2012 wijken de concentraties afgrond maximaal 1 mg/m³ NO₂ af.



(Bron: aangepast van Luchtmeetnet, 2022b)

Figuur 4: De NO₂-concentraties (µg/m³) van 2012 tot en met 2021 van de meetstations buiten de milieuzone en van de stadsachtergrond- en verkeersstations binnen de milieuzone.

In figuur 5 op de volgende pagina is de gemiddelde NO₂-concentratie van de verschillende meetstationgroepen van voor 2012 te zien. Ook in deze jaren ligt de NO₂-concentratie bij de verkeersstations structureel hoger dan bij de stadsachtergrondstations. Van 1998 tot 2008 is een schommelende NO₂-concentratie van zowel de standsachtergrondstations als de verkeersstations binnen de milieuzone te zien. Rond 2008 stopt de schommeling en volgt er een daling. Vanaf 2007 is additioneel de NO₂-concentratie buiten de milieuzone te zien. Deze laat een lichte daling zien en ligt wat lager dan de concentraties van de stadsachtergrondstations.



(Bron: aangepast van GGD Amsterdam, 2012)

Figuur 5: De NO₂-concentraties (µg/m³) van 1998 tot en met 2011 van de meetstations buiten de milieuzone en van de achtergrondstations en verkeersstations binnen de milieuzone.

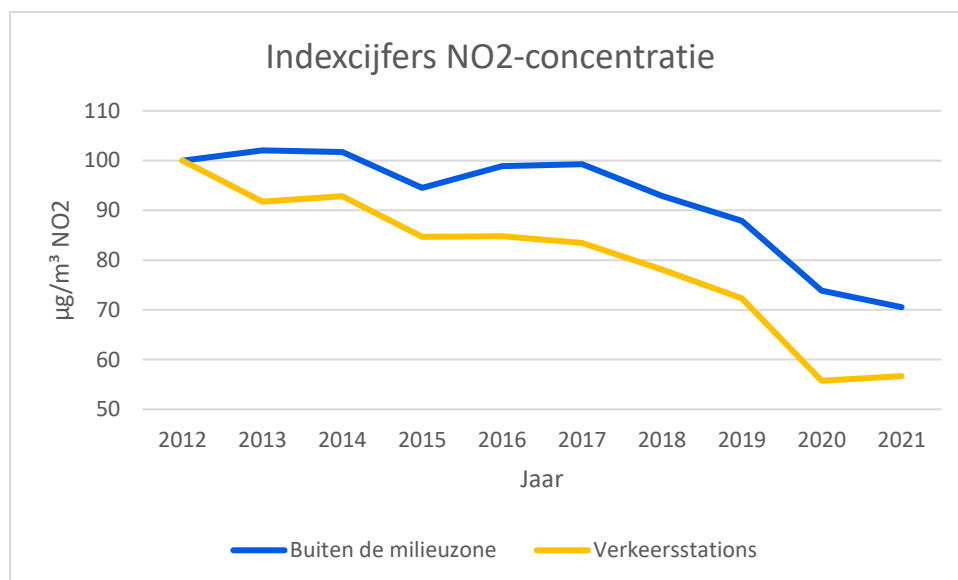
Ook na 2011 laten alle drie de NO₂-concentraties een daling zien (figuur 4). Bij de verkeersstations is er tussen 2012 en 2019 een vrij constante daling te zien met uitzondering van het jaar 2014, waarin de NO₂-concentratie licht toeneemt. De concentraties bij de stadsachtergrondstations en de meetstations buiten de milieuzone laten tussen 2012 en 2019 ook een daling zien. Deze lijken echter minder sterk met tussendoor periodes van lichte stijging of een constante concentratie. Alle drie de concentraties laten in 2020 een forse daling zien. Waarna de concentraties in 2021 constant blijven of zelfs licht stijgen.

Absoluut gezien liggen de concentraties bij de achtergrondstations en buiten de milieuzone tussen 1998 en 2021 altijd onder de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ NO₂. De concentratie buiten de milieuzone daalt van 25 µg/m³ NO₂ in 2012 naar 18 µg/m³ NO₂ in 2021. Die van de achtergrondstations binnen de milieuzone daalt van 28 µg/m³ NO₂ in 2012 naar eenzelfde concentratie van 18 µg/m³ NO₂ in 2021. De gemiddelde concentratie van de verkeersstations buiten de milieuzone schommelt tot 2012 tussen 47 en 57 µg/m³ NO₂ en daalt tussen 2012 en 2021 van 49 µg/m³ NO₂ naar 29 µg/m³ NO₂. Vanaf 2018 ligt de gemiddelde concentratie onder de Europese grenswaarde.

3.2 Indexcijfers

In figuur 6 zijn de NO₂-concentraties van buiten de milieuzone en van de verkeersstations binnen de milieuzone uitgedrukt in indexcijfers met 2012 als basisjaar. Ook hier is tussen 2012 en 2021 een daling in beide concentraties te zien. In deze grafiek is duidelijker te zien dat de NO₂-concentratie buiten de milieuzone tot 2018 blijft schommelen rond de concentratie die in 2012 is gemeten. Vanaf 2018 is er een duidelijke daling zichtbaar. De NO₂-concentratie bij de verkeersstations laat over het algemeen een sterkere daling zien. Deze daling is dan ook al vanaf 2012 te zien met uitzondering van het jaar 2014 waar een lichte stijging te zien is. Ook bij deze concentratie is vanaf 2018 een sterkere daling zichtbaar.

Ook in deze grafiek is bij beide concentraties de opvallend grote daling in 2020 te zien, waarna de concentratie in 2021 een stuk minder sterk afneemt buiten de milieuzone en bij de verkeersstations zelfs licht toeneemt. De NO₂-concentratie buiten de milieuzone eindigt met een indexcijfer van 71 in 2021 en de NO₂-concentratie van de verkeersstations binnen de milieuzone met een indexcijfer van 57. Dit duidt op een respectievelijke daling van 29% en 43% ten opzichte van 2012.



Figuur 6: De ontwikkeling van de NO₂-concentraties uitgedrukt in indexcijfers met in beide gevallen 2012 als basisjaar. Voor beide meetstationgroepen is de eigen NO₂-concentratie in 2012 als basis genomen.

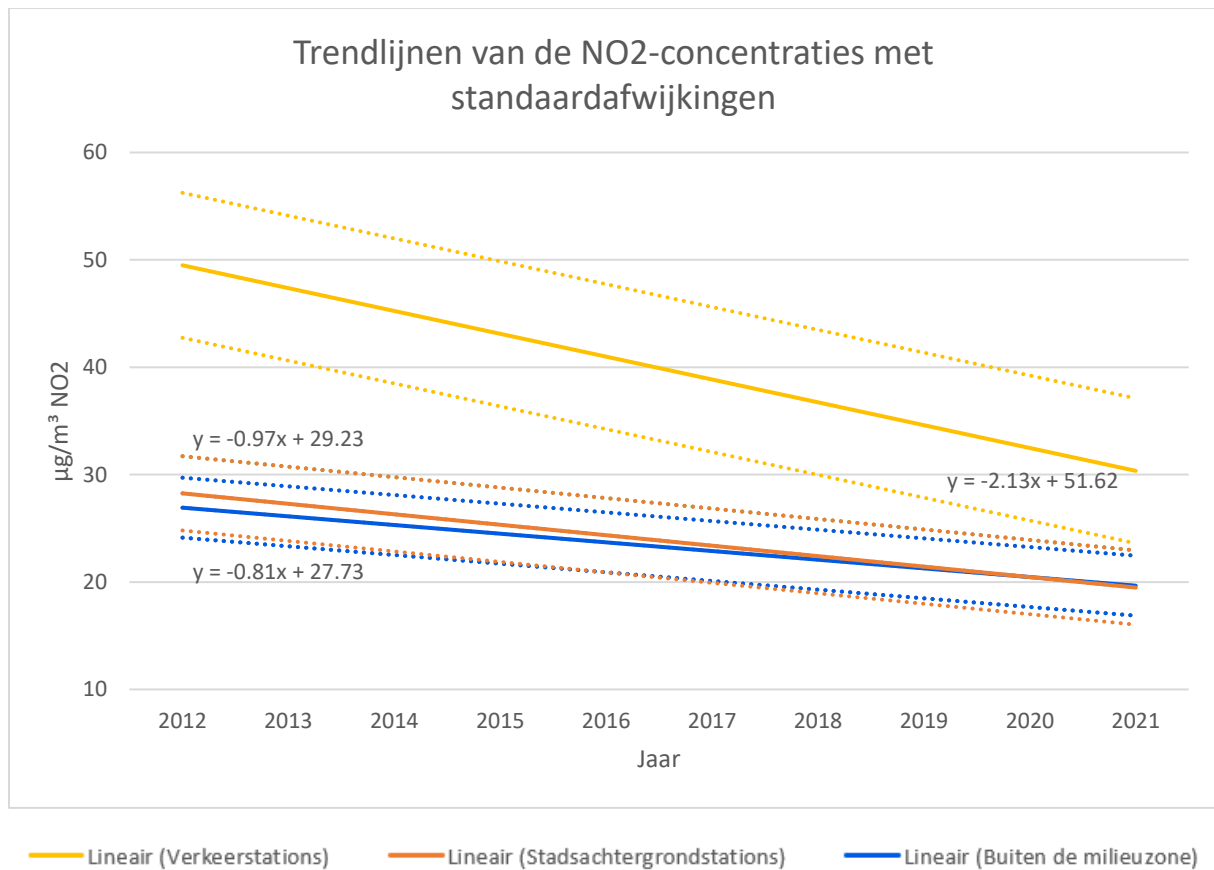
3.3 Trendlijnen en significantie

In figuur 7 zijn de trendlijnen van de NO₂-concentraties van buiten de milieuzone en van de verkeers- en stadsachtergrondstations binnen de milieuzone te zien. Ook hier is te zien dat de concentratie bij de verkeersstations relatief erg hoog is en de concentraties buiten de milieuzone en bij de stadsachtergrondstations ongeveer gelijk zijn. Echter komt de concentratie bij de verkeersstations elk jaar dicht bij de andere concentraties te liggen door een relatief sterke daling. Deze concentratie neemt elk jaar namelijk gemiddeld meer dan twee keer zo veel af dan de concentratie buiten de milieuzone en bij de achtergrondstations. Respectievelijk met ongeveer 2.13 µg/m³ NO₂ ten opzichte van een daling van 0.81 en 0.97 µg/m³ NO₂.

De trendlijn van de stadsachtergrondstations begint iets hoger (1.5 µg/m³ NO₂) dan die van de meetstations buiten de milieuzone, maar door de net iets sterkere daling komen de trendlijnen dicht bij elkaar te liggen. De standaardafwijkingen van deze twee datareeksen liggen relatief dicht bij elkaar, namelijk 2.79 µg/m³ NO₂ voor de concentratie buiten de milieuzone en 3.46 µg/m³ NO₂.

voor die van de stadsachtergrondstations. Door deze overeenkomsten overlappen de trendlijnen met standaardafwijkingen grotendeels.

De standaardafwijking van de datareeks die de concentratie bij de verkeerstations bevat is relatief groter, namelijk $7.52 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$. Doordat deze trendlijn relatief erg hoog begint, overlapt deze trendlijn met standaardafwijking echter niet met de andere trendlijnen met standaardafwijkingen.



Figuur 7: Trendlijnen van de NO₂-concentraties van 2012 tot en met 2021 van stadsachtergrond- en verkeerstations binnen de milieuzone en meetstations buiten de milieuzones. De standaardafwijkingen zijn ook zichtbaar.

4. Discussie

4.1 Gevonden resultaten

Binnen de milieuzone van Amsterdam is de NO₂-concentratie tussen 1998 en 2021 bij verkeersstations structureel hoger dan bij stadsachtergrondstations (figuur 4 en 5). Dit is te verklaren doordat bij verkeersstations veel wegverkeer rijdt en de luchtkwaliteit op deze locaties dan ook voor een belangrijk deel bepaald wordt door de uitstoot van wegverkeer (Luchtmeetnet, 2022a). Bij de stadsachtergrondstations wonen veel mensen en zijn geen drukke wegen in de buurt (Luchtmeetnet, 2022a). In tegenstelling tot bij de verkeersstations wordt de luchtkwaliteit hier dus niet voor een groot deel bepaald door de uitstoot van wegverkeer en dit is ook terug te zien in het verschil in hoogte van de NO₂-concentraties. De afstand tot de weg doet er dus toe wanneer je naar een verhoogde NO₂-concentratie kijkt met wegverkeer als bron van luchtverontreiniging. De NO₂-concentratie buiten de milieuzone wijkt tussen 2013 en 2021 altijd maximaal maar 1 µg/m³ NO₂ af van die bij de stadsachtergrondstations (figuur 4). Dat de concentraties van deze twee groepen ongeveer gelijk zijn, indiceert ook dat de afstand tot de weg er toe doet als je kijkt naar NO₂-uitstoot vanuit wegverkeer in het stedelijk gebied.

Dat de ontwikkelingen in NO₂-gehalte buiten de milieuzone en bij stadsachtergrondstations binnen de milieuzone vergelijkbaar zijn, blijkt ook uit de absolute afname van beide concentraties (figuur 4). Van 2012 tot 2021 dalen ze respectievelijk 7 en 10 µg/m³ NO₂, waarna ze in 2021 allebei op een concentratie van 18 µg/m³ NO₂ uitkomen. Ook in de trendlijnen is de vergelijkbare ontwikkeling in NO₂-concentratie te zien (figuur 7). De trendlijn van de stadsachtergrondstations start iets hoger dan die van buiten de milieuzone, maar door een iets sterkere gemiddelde daling van 0.97 µg/m³ NO₂ per jaar tegenover een gemiddelde daling van respectievelijk 0.81 µg/m³ NO₂ per jaar komen ze dicht bij elkaar te liggen. De standaardafwijkingen van de trendlijnen meegenomen, overlappen de trendlijnen grotendeels. Er kan gesteld worden dat de NO₂-reeksen significant niet verschillend zijn.

De trendlijn van de NO₂-concentratie bij de verkeersstations binnen de milieuzone start echter een stuk hoger. De NO₂-concentratie neemt hier ongeveer twee keer zo snel af, namelijk gemiddeld 2.13 µg/m³ NO₂ per jaar. Ondanks de relatief grote standaardafwijking en daling overlapt deze niet met de andere trendlijnen. Dit maakt dat de NO₂-reeks van de verkeersstations significant verschilt van de andere twee. De relatief grote standaardafwijking van 7.52 µg/m³ NO₂ is waarschijnlijk te verklaren doordat de metingen van deze datareeks dicht bij de bron van de NO₂-uitstoot gemeten worden; het wegverkeer. Hierdoor worden meer en grotere uitschieters gemeten, veroorzaakt door bijvoorbeeld files, spitsuren en windstille momenten. De andere meetstations, verder van de verontreinigingsbron, meten een meer verspreide, verdunde concentratie. Hierdoor zitten er bij deze meetstations minder uitschieters tussen en is de standaardafwijking kleiner. Het zou interessant zijn om te onderzoeken of deze hypothese klopt door uitschieters bij de verkeersstations te analyseren en te vergelijken met data over verkeersintensiteit.

Dat de NO₂-concentratie bij de verkeersstations relatief sterk daalt blijkt ook uit de absolute daling en de indexcijfers (figuur 4 en 6). Tussen 2012 en 2021 daalt de concentratie namelijk van 49 µg/m³ NO₂ naar 29 µg/m³ NO₂ (figuur 4). Dit is een daling van 20 µg/m³ NO₂ ten opzichte van een daling van 7 µg/m³ NO₂ buiten de milieuzone en van 10 µg/m³ NO₂ bij stadsachtergrondstations. Absoluut gezien is de daling dus ongeveer twee keer zo groot bij de verkeersstations. De concentraties buiten de milieuzone en van de achtergrondstations liggen tussen 1998 en 2021 onder de grenswaarde van 40 µg/m³ NO₂. Die van de verkeersstations begint er ver boven, maar komt door de sterke daling in 2018 voor het eerst ook onder de grenswaarde terecht. Kijkend naar de indexcijfers zijn deze in 2012 voor de verkeersstations 57 en voor de meetstations buiten de milieuzone 71 (figuur 6). Dit duidt op een daling van respectievelijk 43% en 29% ten opzichte van 2012.

Om te bepalen of de relatief sterke daling in NO₂-concentratie bij verkeerstations daadwerkelijk door de milieuzone veroorzaakt is, wordt er met meer detail gekeken naar de ontwikkeling in NO₂-concentratie bij de verkeerstations door de jaren heen. Tussen 1998 en 2008 schommelt de NO₂-concentratie tussen 47 en 57 µg/m³ NO₂. In 2008 stopt de schommeling en in de jaren erna is een daling te zien. Dit valt gelijk met de implementatie van de milieuzone in 2008 (Gemeente Amsterdam, 2019). De daling zet met uitzondering van 2014 door. Het is onduidelijk waardoor er in 2014 een tijdelijke lichte stijging te zien is. Om dit te verklaren zou de data van de NO₂-concentraties vergeleken kunnen worden met data over verkeersintensiteit. In 2019 neemt de NO₂-concentratie sterker af. Dit lijkt samen te vallen met de aanscherping van de milieuzone voor taxi's. Vanaf 29 juni 2018 werden taxi's van voor 2009 namelijk geweerd (GGD Amsterdam, 2022). Het is aannemelijk dat het effect hiervan pas in 2019 terug is te zien in de versterkte daling, doordat de aanscherping pas halverwege het jaar geïmplementeerd werd. De extreme daling in 2020 is te verklaren door verschillende dingen. Grotendeels zal deze veroorzaakt zijn door de maatregelen vanwege de Coronapandemie en de daardoor verminderde uitstoot door verminderde economische activiteit en verkeer (RIVM, 2021). Daarbij hebben er in dit jaar meerdere aanscherpingen van de milieuzone plaatsgevonden. Allereerst is de milieuzone geografisch uitgebreid tot het hele gebied binnen de Ring A10 (Gemeente Amsterdam, 2020). Daarbij mogen sinds 2020 alleen nog personen- en bestelauto's met een emissieklasse van 4 of hoger het gebied in. Tot slot is in maart 2020 de maximumsnelheid tussen 06.00 en 19.00 uur op alle snelwegen teruggebracht naar 100 kilometer per uur (ANWB, 2020). Door deze combinatie van verschillende maatregelen is het moeilijk te zeggen wat het effect van de aanscherpingen van de milieuzone in dit jaar op de NO₂-concentratie waren. In 2021 neemt de NO₂-concentratie bij de verkeerstations in de milieuzone weer licht toe, maar is deze nog steeds aanzienlijk lager dan voor de Coronapandemie. In dit jaar waren er ook nog maatregelen vanwege de pandemie. In een vervolgonderzoek zou er onderzocht kunnen worden wat het effect van de aanscherpingen van de milieuzone in 2020 waren op de luchtkwaliteit. Er kan onderzocht worden in elke mate de daling in NO₂-concentratie te verklaren is door de verschillende maatregelen omtrent de Coronapandemie, de aanscherpingen van de milieuzone en de verlaging van de maximumsnelheid. Dit kan onderzocht worden door de gemeten NO₂-concentraties te vergelijken met data over de verkeersintensiteit. Daarbij is het interessant hoe de NO₂-concentratie zich in 2022 heeft ontwikkeld aangezien er in dit jaar tot nu toe nog geen maatregelen vanwege de Coronapandemie zijn. Data van 2022 is bij luchtmeetnet van de eerste maanden al openbaar voor bepaalde meetstations, maar nog niet voor die in en rondom Amsterdam. Deze data zou opgevraagd kunnen worden om de NO₂-concentratie van de eerste helft van 2022 in kaart te brengen.

De NO₂-concentraties buiten de milieuzone en van de achtergrondstations laten vergelijkbare ontwikkelingen zien als die van de verkeerstations, maar in mindere mate (figuur 4 en 5). Dit is te verklaren door een uitstralingseffect van de milieuzone. Wanneer binnen de milieuzone meer zuinigere voertuigen rijden, zullen die ook in het gebied eromheen rijden (GGD Amsterdam, 2020). Daarbij wordt de NO₂ afkomstig van wegverkeer verspreid over het hele gebied. Meetstations verder van de weg meten deze verspreide NO₂.

4.2 Gebruikte methode

Uit de trendlijnen met standaardafwijking (figuur 7) is af te leiden dat de datareeks van de NO₂-concentraties van de verkeerstations significant verschillend is dan die van de stadsachtergrondstations en meetstations buiten de milieuzone die significant hetzelfde. De gekozen controlegroepen van het onderzoek zijn dus goed samengesteld. De vergelijkingen tussen de verkeerstations en de meetstations buiten de milieuzone tonen op een correcte manier aan dat de milieuzone een effect heeft op de NO₂-concentratie. De vergelijkingen tussen de verkeer- en de stadsachtergrondstations tonen op een correcte manier aan wat het effect van de afstand tot de weg is voor de NO₂-concentratie met wegverkeer als bron van verontreiniging. De afstand tot de weg

doet er toe en hieruit kan gesteld worden dat het een goede methode is om de NO₂-concentratie van de verkeerstations te onderzoeken, om effectiviteit van de milieuzone te bepalen.

De data van Luchtmeetnet is zeer gedetailleerd, aangezien deze uurwaarden van de NO₂-concentraties bevat. Echter zijn hier jaarlijkse gemiddeldes van genomen om het werken met de grote hoeveelheid data te vereenvoudigen. Daarbij zijn in de verschillende meetstationgroepen ook de hieronder vallende meetstations samengenomen. Hierdoor zijn uitschieters niet onderzocht. In een vervolgonderzoek zou het interessant zijn om uitschieters wel te analyseren. Daarbij zouden de meetstations ook individueel onderzocht kunnen worden om de ruimtelijke spreiding van de NO₂-concentraties te onderzoeken. Daarbij zou de seizoenschommeling ook nog geanalyseerd kunnen worden. In dit onderzoek zijn deze analyses nu niet meegenomen. Het onderzoek zou completer zijn als dit er wel aan toegevoegd was.

De data van de NO₂-concentraties van voor 2012 uit het jaarverslag van de GGD is minder gedetailleerd. De jaargemiddelde NO₂-concentraties moesten hierdoor met het blote oog afgelezen worden uit een grafiek. Hier kunnen foutjes in gemaakt zijn. Daarbij bevat deze data minder meetstations. In bijlage 4 is te zien dat sommige meetstationgroepen hierdoor in sommige jaren maar slechts uit één of enkele meetstations bestaan. Hierdoor zijn de jaargemiddelde NO₂-concentraties minder representatief voor het hele gebied. Daarbij wisselt het per jaar vaak van welke meetstations er data beschikbaar is. De grote schommeling in NO₂-concentratie die van 1998-2011 te zien is (figuur 5), kan hierdoor groter lijken dan hij daadwerkelijk is.

5. Conclusie

De NO₂-concentratie bij verkeerstations binnen de milieuzone van Amsterdam laat tussen 2012-2021 een relatief sterke daling zien. Deze is namelijk twee keer zo groot dan die buiten de milieuzone en bij achtergrondstations binnen de milieuzone. Dit wijst erop dat de afstand tot de weg doet er toe wanneer je naar een verhoogde NO₂-concentratie kijkt met wegverkeer als bron van luchtverontreiniging en dat de milieuzone een effect heeft op de NO₂-concentratie. Een aantal opvallende waarnemingen zijn gedaan in de ontwikkeling van de NO₂-concentratie door de jaren heen. Allereerst is er een start van de daling van de NO₂-concentratie te zien in 2008, het jaar waarin de milieuzone geïmplementeerd werd. Ook is er een versterkte daling in 2019 zien nadat er een aanscherping plaats heeft gevonden waardoor taxi's van voor 2009 niet meer in de milieuzone mogen rijden. Ook in 2020 is er een sterkere daling in de NO₂-concentratie te zien, terwijl ook in dit jaar aanscherpingen plaats hebben gevonden. Deze keer omtrent de toegestane emissieklassen van auto's en vrachtwagens en een geografische uitbereiding van de zone. Echter is het voor dit jaar moeilijk de stellen in welke maten de aanscherpingen bijgedragen hebben aan de versterkte daling in NO₂-gehalte, doordat er in dit jaar ook minder verkeer op de weg was in verband met de maatregelen omtrent de Coronapandemie.

De relatief grote daling van de NO₂-concentratie tussen 2012-2021 bij de verkeerstations, versterkte dalingen in jaren van implementatie en aanscherping van de milieuzone en een verschil in de ontwikkeling van de NO₂-concentratie binnen en buiten de milieuzone, duiden erop dat de milieuzone effectief is. Het is waarschijnlijk dat de ingrijpende, geplande aanscherpingen in de toekomst ook effectief zullen zijn. Deze pakken de luchtverontreiniging vanuit wegverkeer namelijk bij de bron aan. Hierdoor is het waarschijnlijk dat de NO₂-concentraties bij Amsterdam onder de Europese grenswaarde zullen blijven. Daarbij zal de uitstootvrije milieuzone een gunstig uitstralingseffect hebben naar het gebied eromheen, doordat hier ook meer uitstootvrije voertuigen zullen rijden. Wanneer Amsterdam de stap zet naar een uitstootvrije zone zullen andere steden in Nederland misschien volgen. Op deze manier draagt de beleidsmaatregelen breed bij aan een verlaagde NO₂-concentratie vanuit wegverkeer in heel Nederland.

In een vervolgonderzoek is het interessant om de data van de NO₂-concentraties te vergelijken met data van de verkeersintensiteit. Daarbij kan er nader onderzocht worden in welke mate de maatregelen omtrent de Coronapandemie een effect hadden op de NO₂-concentratie. Zo kan er beter geconcludeerd worden wat de effectiviteit van de aanscherpingen van de milieuzone in 2020 waren.

Literatuur

ANWB. (2020, 3 maart). *Ingangsdatum maximale snelheid naar 100 km*. Geraadpleegd op 24 juni 2022, van <https://www.anwb.nl/experts/auto/126/ingangsdatum-maximale-snelheid-naar-100-km>

Carslaw, D. C., & Beevers, S. D. (2002). The efficacy of low emission zones in central London as a means of reducing nitrogen dioxide concentrations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(1), 49–64. [https://doi.org/10.1016/s1361-9209\(01\)00008-6](https://doi.org/10.1016/s1361-9209(01)00008-6)

Cesaroni, G., Boogaard, H., Jonkers, S., Porta, D., Badaloni, C., Cattani, G., Forastiere, F., & Hoek, G. (2012). Health benefits of traffic-related air pollution reduction in different socioeconomic groups: the effect of low-emission zoning in Rome. *Occupational and Environmental Medicine*, 69(2), 133–139. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.063750>

Gemeente Amsterdam. (2019, oktober). *Actieplan Schone Lucht - Uitstootvrij Amsterdam*. Gemeente Amsterdam, Ruimte en Duurzaamheid, Team Luchtkwaliteit. <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/duurzaamheid/schone-lucht/>

Gemeente Amsterdam. (2022). *Volg het beleid: schone lucht*. Amsterdam.nl. Geraadpleegd op 9 juni 2022, van <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/duurzaamheid/schone-lucht/>

GGD Amsterdam. (2012). *Luchtverontreiniging Amsterdam: Datarapport meetresultaten 2011*. GGD Amsterdam Cluster leefomgeving afdeling luchtkwaliteit.

GGD Amsterdam. (2020, april). *Nota van Beantwoording Milieuzone Amsterdam 2020*. Nota van Beantwoording is een uitgave van de Gemeente Amsterdam. Ruimte en Duurzaamheid, programma Luchtkwaliteit. <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2020-31192/1/bijlage/exb-2020-31192.pdf>

Invernizzi, G., Ruprecht, A., Mazza, R., De Marco, C., Močnik, G., Sioutas, C., & Westerdahl, D. (2011). Measurement of black carbon concentration as an indicator of air quality benefits of traffic restriction policies within the ecopass zone in Milan, Italy. *Atmospheric Environment*, 45(21), 3522–3527. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.04.008>

Luchtmeetnet. (2022a). *Meetpunten*. Retrieved May 9, 2022, from <https://www.luchtmeetnet.nl/meetpunten>

Luchtmeetnet. (2022b). *Rapportages*. Retrieved May 11, 2022, from <https://www.luchtmeetnet.nl/rapportages>

Milieuzones. (2022). *Locaties milieuzones | Milieuzones in Nederland*. Retrieved May 9, 2022, from <https://milieuzones.nl/locaties-milieuzones>

Panteliadis, P., Strak, M., Hoek, G., Weijers, E., Van der Zee, S., & Dijkema, M. (2014). Implementation of a low emission zone and evaluation of effects on air quality by long-term monitoring. *Atmospheric Environment*, 86, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.12.035>

Rapaport, E. (2002). The Stockholm environmental zone, a method to curb air pollution from bus and truck traffic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(3), 213–224. [https://doi.org/10.1016/s1361-9209\(01\)00020-7](https://doi.org/10.1016/s1361-9209(01)00020-7)

Carslaw, D. C., & Beevers, S. D. (2002). The efficacy of low emission zones in central London as a means of reducing nitrogen dioxide concentrations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(1), 49–64. [https://doi.org/10.1016/s1361-9209\(01\)00008-6](https://doi.org/10.1016/s1361-9209(01)00008-6)

RIVM. (2021, December). *Monitoringsrapportage NSL 2021 Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit* (No. 2021–0018). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2021-0018>

RIVM. (2022a). *Europese wetgeving luchtverontreiniging*. Geraadpleegd op 5 juni 2022, van <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/wet-en-regelgeving-luchtkwaliteit/europese-wetgeving-luchtverontreiniging#:~:text=Er%20zijn%20in%20Nederland%20voor,keer%20per%20jaar%20worden%20overschreden>

RIVM. (2022b). *Luchtmeetnet dataset*. Data RIVM. Retrieved May 11, 2022, from <https://data.rivm.nl/data/luchtmeetnet/Vastgesteld-jaar/>

Bijlagen

Bijlage 1: Meetstations

Tabel 1: Stadsachtergrondstations binnen de milieuzone

<i>Stationsnaam en -code</i>	<i>Omschrijving van Luchtmeetnet (Luchtmeetnet, 2022a)</i>	<i>Coördinaten</i>	<i>Gemeten stoffen</i>
Amsterdam-Nieuwendammerdijk NL49003	Meetstation Nieuwendammerdijk in Amsterdam-Noord is een stadsachtergrondstation. Op deze locatie wonen veel mensen en er zijn geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.389314,4.943822)	NO ₂ , NO, O ₃ , Roet
Amsterdam-Oude Schans NL49019	Meetstation Oude Schans, in het oude centrum van Amsterdam, is een stadsachtergrondstation. Op deze locatie wonen veel mensen en er zijn geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.372056,4.9044)	NO ₂ , NO
Amsterdam-Vondelpark NL49014	Meetstation Vondelpark, aan de noordrand van het Vondelpark, is een stadsachtergrondstation. Op deze locatie wonen veel mensen en er zijn geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt. De Overtoom ligt op ongeveer 64 meter met gemiddeld ongeveer 15000 voertuigen per dag. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.359714,4.866208)	NO ₂ , NO, O ₃ , PM ₁₀ , PM ₂₅ , Roet, CO

(Bron: aangepast van Luchtmeetnet, 2022a)

Tabel 2: Verkeersstations binnen de milieuzone

<i>Meetstation</i>	<i>Omschrijving van Luchtmeetnet (Luchtmeetnet, 2022a)</i>	<i>Coördinaten</i>	<i>Gemeten stoffen</i>
Amsterdam-Van Diemenstraat NL49012	Meetstation Van Diemenstraat is een straatstation met grofweg 15000 voertuigen per dag. Op deze locatie wordt de luchtkwaliteit voor een belangrijk deel bepaald door de uitstoot van het wegverkeer. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit. Op deze locatie is een tellus voor het wegverkeer aanwezig.	(52.389983,4.887811)	NO ₂ , NO, O ₃ , PM ₁₀ , PM ₂₅ , Roet, CO
Amsterdam-Haarlemmerweg NL49002	Meetstation Haarlemmerweg is een straatstation. Op deze locatie wonen veel mensen aan een drukke weg met ongeveer 15000 voertuigen per dag. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit. Bijzonder aan dit meetstation is de exacte plaats waar de bemonstering plaats vindt. Dit is via een buis direct aan de rand van de parkeerplaatsen, waarna de aanzuigleiding via de grond naar een kelder met de meetapparatuur gaat. De aanzuighoogte is 2m40. Op deze locatie is een tellus voor het wegverkeer aanwezig.	(52.385422,4.87575)	NO ₂ , NO

Amsterdam-Einsteinweg NL49007	Meetstation Einsteinweg aan de snelweg A10 west is een straatstation. Op deze locatie wordt de luchtkwaliteit voor een belangrijk deel bepaald door de uitstoot van het wegverkeer op de snelweg A10. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.381331,4.845233)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , PM ₂₅ , Roet, CO
Amsterdam-Van Galenstraat NL49020	Meetstation Jan van Galenstraat is een straatstation met grofweg 15000 voertuigen per dag. Op deze locatie wordt de luchtkwaliteit voor een belangrijk deel bepaald door de uitstoot van het wegverkeer en vrachtverkeer. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit. Op deze locatie is een tellus voor het wegverkeer aanwezig.	(52.374786,4.860319)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , Roet
Amsterdam-Standshouderkade NL49017	Meetstation Stadhouderskade is een straatstation met grofweg 22000 voertuigen per dag. Op deze locatie wordt de luchtkwaliteit voor een belangrijk deel bepaald door de uitstoot van het wegverkeer. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit. Op deze locatie is een tellus voor het wegverkeer aanwezig.	(52.358039,4.8997)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , PM ₂₅ , Roet, C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈ , C ₈ H ₁₀
Ring A10	Verkeersstation in gebruik van 2004 tot en met 2008	Onbekend	Onbekend, maar in ieder geval NO ₂

(Bron: aangepast van Luchtmeetnet, 2022a)

Tabel 3: Meetstations buiten de milieuzone

<i>Meetstation</i>	<i>Omschrijving van Luchtmeetnet</i>	<i>Coördinaten</i>	<i>Gemeten stoffen</i>
Zaandam Wagenschotpad NL49701	Meetstation Zaandam is een stadsachtergrondstation. Op deze locatie wonen veel mensen en er zijn geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt. In opdracht van de gemeente Zaanstad meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.448011,4.816706)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , PM ₂₅ , Roet
Zaandam Hemkade NL49546	Meetstation Hemkade is een industriestation. Op deze locatie wordt de luchtkwaliteit voor een belangrijk deel bepaald door de uitstoot van de industrie in de haven van Amsterdam. In opdracht van de provincie Noord-Holland en de omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.42023,4.83206)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈ , C ₈ H ₁₀
Zaandam Hoogtij NL49704	Meetstation Hoogtij is een industriestation. Op deze locatie wonen geen mensen en wordt de luchtkwaliteit bepaald door de uitstoot van de industrie in de haven van Amsterdam. In opdracht van het Havenbedrijf Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.428017,4.773478)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , PM ₂₅ , C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈ , C ₈ H ₁₀ , SO ₂
Spaarnwoude Machineweg NL49703	Meetstation Spaarnwoude is een achtergrondstation. Op deze locatie wonen geen mensen en wordt de luchtkwaliteit	(52.398437,4.728581)	NO ₂ , NO, PM ₁₀ , PM ₂₅ ,

	voor een deel bepaald door de uitstoot van de industrie in de haven van Amsterdam. In opdracht van het Havenbedrijf Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.		C6H6, C7H8, C8H10
Amsterdam Ookmeer NL49022	Meetstation Sportpark-Ookmeer, in het westen van Amsterdam aan het Ma Braunpad, is een stadsachtergrondstation. Op deze locatie wonen veel mensen en er zijn geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.366811,4.793344)	NO2, NO, UFP
Badhoevendorp Sloterweg NL49561	Meetstation Badhoevendorp is een door het RIVM ongedefinieerd type meetlocatie. Op deze locatie wonen mensen en er zijn een aantal drukke wegen en de luchthaven Schiphol in de buurt. In opdracht van de provincie Noord-Holland en de omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.334003,4.774006)	NO2, NO, PM10, PM25, CO
Amsterdam Kantershof NL49021	Meetstation Kantershof, in Amsterdam zuidoost, is een stadsachtergrondstation. Op deze locatie wonen veel mensen en er zijn geen drukke wegen, havens of industriegebieden in de buurt. In opdracht van de gemeente Amsterdam meet de GGD Amsterdam hier de luchtkwaliteit.	(52.320692,4.988397)	NO2, NO

(Bron: aangepast van Luchtmeetnet, 2022a)

Bijlage 2: Jaargemiddelde NO₂-concentraties**Tabel 4: Jaargemiddelde NO₂-concentraties van 1998 tot en met 2011 van stadsachtergrond- en verkeerstations binnen de milieuzone en meetstations buiten de milieuzone.**

<i>Jaar</i>	<i>Stadsachtergrondstations (µg/m³ NO₂)</i>	<i>Verkeerstations (µg/m³ NO₂)</i>	<i>Buiten de milieuzone (µg/m³ NO₂)</i>
1998	33	48	-
1999	37	55	-
2000	31	50	-
2001	33	47	-
2002	33	49	-
2003	33	54	-
2004	31	52	-
2005	32	53	-
2006	31	57	-
2007	33	52	26
2008	32	54	34
2009	31	52	37
2010	31	51	34
2011	29	50	33

(Bron: aangepast van GGD Amsterdam, 2012)

Tabel 5: Jaargemiddelde NO₂-concentraties van 2012 tot en met 2021 van stadsachtergrond- en verkeerstations binnen de milieuzone en meetstations buiten de milieuzone.

<i>Jaar</i>	<i>Stadsachtergrondstations (µg/m³ NO₂)</i>	<i>Verkeerstations (µg/m³ NO₂)</i>	<i>Buiten de milieuzone (µg/m³ NO₂)</i>
2012	28	49	25
2013	26	45	26
2014	25	46	25
2015	25	42	24
2016	26	42	25
2017	26	41	25
2018	24	39	23
2019	22	37	22
2020	18	29	19
2021	18	29	18

(Bron: aangepast van Luchtmeetnet, 2022b)

Bijlage 3: Indexcijfers

Tabel 6: Indexcijfers van de NO₂-concentratie bij meetstations buiten de milieuzone en bij verkeerstations binnen de milieuzone. Per groep meetstations is de eigen NO₂-concentratie in het jaar 2012 als basis genomen.

<i>Jaar</i>	<i>Buiten de milieuzone</i>	<i>Verkeerstations</i>
2012	100.00	100.00
2013	102.06	91.75
2014	101.74	92.82
2015	94.51	84.69
2016	98.89	84.82
2017	99.31	83.45
2018	92.89	78.13
2019	87.87	72.34
2020	73.86	55.75
2021	70.53	56.66

Bijlage 4: Jaarlijkse NO₂-concentratie per meetstation

Tabel 7: Jaargemiddelde NO₂-concentratie in µg/m³ per meetstation van 1998 tot en met 2011

Jaar	NL49002	NL49003	NL49007	NL49012	NL49014	NL49017	NL49019	NL49020	NL49021	NL49022	Ring A10
1998	50	33	-	45	-	-	-	-	-	-	-
1999	50	34	56	59	39	-	-	-	-	-	-
2000	51	33	54	-	29	46	-	-	-	-	-
2001	42	31	51	-	34	47	-	-	-	-	-
2002	-	31	52	-	35	46	-	-	-	-	-
2003	54	31	59	53	34	49	-	-	-	-	-
2004	55	29	56	54	32	47	-	-	-	-	48
2005	56	30	60	56	33	47	-	-	-	-	47
2006	65	30	60	63	32	48	-	-	-	-	48
2007	58	28	59	51	33	46	37	50	26	25	46
2008	61	31	64	51	31	44	34	57	27	25	49
2009	60	29	58	48	31	43	34	52	26	25	-
2010	59	27	58	45	31	45	34	50	25	25	-
2011	63	26	55	43	28	43	32	48	24	24	-

(Bron: aangepast van GGD Amsterdam, 2012)

Tabel 8: Jaargemiddelde NO₂-concentratie in µg/m³ per meetstation van 2012 tot en met 2021

Meetstation	2012	2013*	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
NL49002	59.1	53	55.8	49.0	48.5	48.4	40.3	37.3	30.9	32.4
NL49003	25.3	21	22.0	22.0	23.9	24.0	21.5	19.6	16.7	16.1
NL49007	55.0	53	51.5	45.7	48.1	43.9	45.1	41.0	33.8	34.0
NL49012	41.5	37	38.1	36.5	36.6	35.4	35.6	36.5	26.9	25..9
NL49014	27.5	26	23.4	24.5	25.1	25.2	23.2	21.9	17.1	17.4
NL49017	41.4	40	37.5	37.2	36.2	35.2	33.8	31.6	24.5	24.4
NL49019	30.7	30	30.0	29.2	29.9	29.5	28.1	25.3	19.9	20.3
NL49020	48.1	44	45.5	42.9	41.3	43.5	40.6	36.9	28.1	28.3
NL49021	23.2	20	22.0	21.2	22.0	22.5	20.0	18.7	15.1	14.7
NL49022	23.9	22	23.0	21.2	21.9	21.6	20.9	18.8	15.3	16.3
NL49546	26.7	29	29.3	29.8	29.8	30.4	28.6	28.4	25.1	23.3
NL49561	31.8	46	30.8	29.0	29.4	30.5	26.9	25.8	20.1	20.9
NL49701	25.6	23	24.1	21.7	23.5	22.3	21.5	21.3	18.2	16.6
NL49703	21.4	21	20.8	19.3	20.3	19.8	20.3	18.8	15.2	14.9
NL49704	25.6	23	26.3	24.5	27.4	26.4	25.5	25.4	21.4	20.6

(Bron: aangepast van Luchtmeetnet, 2022b)

* De data van 2013 heeft een lagere significantie dan die van de andere jaren.