

Fijnstofconcentraties in woonwijken Rosmalen aan de A59



Bryan Viveen
Eindrapport fijnstofonderzoek Rosmalen
Juli 2022
's-Hertogenbosch

Fijnstofconcentraties in woonwijken Rosmalen aan de A59

Auteur: Bryan Viveen

E-mailadres: B.Viveen@student.has.nl

Eindrapport

Opleiding: Milieukunde

Organisatie: HAS-Hogeschool

Eerste begeleider: Dimitri Lamers, HAS-Hogeschool

Tweede begeleider: Roland van Doormalen, IoT-Stadslab

Derde begeleider: Bas Janssen, Gemeente 's-Hertogenbosch

Onderzoekperiode: Februari tot en met Juli 2022

's-Hertogenbosch, 1 Juli 2022

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport 'Fijnstofconcentraties in woonwijken Rosmalen aan de A59'.

Dit rapport is geschreven in het kader van vraagstukken met betrekking tot luchtkwaliteit tussen de Gemeente 's-Hertogenbosch en Werkgroep A59-Oost.

Als student van de opleiding Milieukunde aan de HAS Hogeschool in 's-Hertogenbosch is dit onderzoeksrapport van 7 Februari 2022 tot en met 1 Juli 2022 uitgevoerd.

Onder begeleiding van Constant Botter, Roland van Doormalen, Bas Janssen en Dimitri Lamers is dit project tot stand gekomen. Bij deze wil ik graag mijn begeleiders bedanken voor de ondersteuning tijdens dit onderzoek.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Bryan Viveen

's-Hertogenbosch, 1 Juli 2021

Samenvatting

Burgers zijn steeds actiever betrokken met vraagstukken over de omgevingskwaliteit waarin ze leven. Zo ook de burgers in Rosmalen in de gemeente 's-Hertogenbosch. Nadat in 2021 het onderhoud van snelweg A59 tussen Rosmalen en Nuland in handen is gekomen van Rijkswaterstaat, hebben de inwoners van Rosmalen besloten zich te verenigen in Werkgroep A59-Oost. Het doel van de werkgroep: verbetering van de duurzaamheid en omgevingskwaliteit rondom de A59-Oost in relatie tot aangrenzende woonwijken. Vanuit de werkgroep is hierbij interesse ontstaan over de luchtkwaliteit. De werkgroep vraagt zich hierbij af wat het fijnstofniveau ($PM_{2,5}$ en PM_{10}) in de woonwijken rondom de A59 is en welke invloed het verkeer op het fijnstofniveau heeft. Daarbij vraagt de werkgroep zich ook af of het fijnstofniveau binnen de EU-normen voor $PM_{2,5}$ ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM_{10} ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ligt, of eventueel zelfs binnen de WHO-richtlijnen van $PM_{2,5}$ ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM_{10} ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Om hier antwoord op te krijgen heeft de werkgroep samen met de Gemeente 's-Hertogenbosch zich ingeschreven bij het project 'Meetstations luchtkwaliteit' van de provincie Noord-Brabant. Dit heeft vanuit de provincie als doel om voor de luchtkwaliteit een representatief beeld te geven op locaties waar vragen en/of zorgen zijn. Dit project is onderdeel van het Schone Lucht Akkoord. Vanuit dit project heeft een meetstation, van Januari tot Juli 2022, de luchtkwaliteit in de woonwijk Molenhoek gemeten. Daarnaast heeft de werkgroep de beschikking over een drietal losse Dylos fijnstofmeters. Met deze losse fijnstofmeters zijn metingen verricht in de woonwijken Molenhoek en Maliskamp met het doel om in beeld te brengen hoe het fijnstofniveau in de woonwijken is. Hiervoor zijn de Dylos fijnstofmeters gekalibreerd aan de hand van het meetstation waarna vervolgens op dertien locaties in Molenhoek in totaal voor 273 uur aan metingen verricht zijn. Daarbij zijn in Maliskamp voor 108 uur aan metingen verricht op drie locaties.

In Molenhoek zijn de volgende gemiddelde fijnstofconcentraties gemeten:

- Meetstation
 - $PM_{2,5}$ concentratie van $12,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met een standaarddeviatie van 7,85.
 - PM_{10} concentratie van $18,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met een standaarddeviatie van 9,51.
- Dylos fijnstofmeters
 - $PM_{2,5}$ concentratie van $14,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met een standaarddeviatie van 13,7.
 - PM_{10} concentratie van 18,01 met een standaarddeviatie van 13,6.

Als de wind waait vanaf de snelweg voor Molenhoek, oftewel uit zuidelijke windrichtingen, dan is de door meetstation gemeten $PM_{2,5}$ concentraties $11,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met een standaarddeviatie (SD) van 6,69. Voor PM_{10} is de concentratie $16,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD=7,77). Deze concentraties zijn lager dan het gemeten gemiddelden bij alle windrichtingen.

Voor NO , NO_2 en NO_x , gassen die worden uitgestoten door voertuigen, is wel een duidelijke verhoging te zien in de door het meetstation gemeten concentraties bij een wind vanaf de snelweg ten opzichte van de andere windrichtingen. Uit de metingen blijkt een zwakke correlatie tussen $PM_{2,5}$ en $NO/NO_2/NO_x$ (P-values van $<0,001$; 0,023; $<0,005$ en Pearson's r van 0,396; 0,136; 0,341). Bij PM_{10} en $NO/NO_2/NO_x$ is geen correlatie (P-values van 0,05; 0,258; 0,139). Ook tussen de verkeersintensiteit op de A59 en de gemeten concentraties is geen correlatie te zien (P-values $\geq 0,192$).

De door Dylos fijnstofmeters gemeten gemiddelde fijnstofconcentratie in Maliskamp voor $PM_{2,5}$ is $10,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD=3,79), voor PM_{10} is dit $14,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD=6,08). Bij de metingen in Maliskamp, verricht onder omstandigheden met een noordelijke windrichting, is voor PM_{10} sprake van een

significant fijnstofconcentratieverschil (P-value van 0,002) met de concentratie in Molenhoek. Bij de metingen binnen Molenhoek is geen sprake van een significant verschil (P-values ≥ 0.518) in fijnstofconcentraties tussen metingen vlak bij de A59 en metingen verder van de A59 af.

De door het meetstation gemeten fijnstofconcentratie voor $PM_{2.5}$ ($12,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$) komt ongeveer $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ boven de gemodelleerde concentraties van het RIVM uit. De gemeten $PM_{2.5}$ concentratie komt wel bijna overeen met de achtergrondconcentratie in Nederland van $11-12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De door het meetstation gemeten PM_{10} concentratie ($18,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ligt maar $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ boven de gemodelleerde concentratie van het RIVM. De verschillen tussen de gemeten en gemodelleerde concentraties kunnen verklaard worden doordat de modellen van het RIVM gebaseerd zijn op langjarige luchtkwaliteitsmetingen terwijl de bij dit onderzoek gemeten concentraties maar van een periode van een half jaar of korter zijn.

Dat de hoogste fijnstofconcentraties gemeten worden bij een oostelijke windrichting wordt ondersteund door literatuur die aangeeft dat bij oostelijke windrichting veel fijnstof uit Duitsland meegebracht wordt. Ook de verhoging bij zuidelijke windrichtingen voor NO_x , NO_2 en NO -concentraties wordt ondersteund door literatuur. De NO_x , NO_2 en NO komt vrij bij verbrandingsprocessen in voertuigen en kan dus duidelijk aan de invloed van de snelweg toegekend worden, op het moment dat hogere concentraties gemeten worden bij zuidelijke windrichtingen. Dat de $PM_{2.5}$ en PM_{10} concentraties bij de zuidelijke windrichtingen niet hoger liggen dan bij andere windrichtingen kan verklaard worden doordat de uitgestoten NO_x nog niet is omgevormd tot fijnstof en dit pas op een grotere afstand gebeurt.

Uit de metingen in dit onderzoek blijkt dat de gemeten fijnstofconcentraties voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} in Molenhoek en Maliskamp met de losse Dylos fijnstofmeters en het meetstation allemaal ruim onder de gestelde Europese normeringen liggen. In Maliskamp ligt de gemeten PM_{10} concentratie zelfs onder de WHO-advieswaarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De Europese normeringen en WHO-advieswaarden zijn echter gebaseerd op jaargemiddelden waardoor de vergelijking tussen de gemeten concentraties in dit onderzoek en de normeringen een indicatie geeft. De invloed van de snelweg A59 is te zien in de gemeten NO , NO_2 en NO_x waarden. Echter zijn bij de windrichtingen vanaf de snelweg geen verhoging te zien in de $PM_{2.5}$ en PM_{10} concentraties in Molenhoek. Die fijnstofconcentraties zijn vaak zelfs lager dan bij de andere windrichtingen. Daarnaast is geen correlatie te zien tussen de fijnstofconcentraties en de verkeersintensiteit van de A59. Doordat de gemeten fijnstofconcentraties in Molenhoek en Maliskamp ruim onder de Europese normeringen liggen, geeft dit een indicatie dat de fijnstofconcentratie geen aanleiding geeft tot zorgen en dat eventueel verder onderzoek niet nodig lijkt te zijn.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	
1. Inleiding.....	1
2. Vooronderzoek.....	3
2.1 Organisaties.....	3
2.2 Fijnstof.....	3
2.3 Normering fijnstof EU/Nederland en WHO-richtlijnen.....	5
2.4 Stikstofoxiden.....	6
2.5 Onderzoeklocatie Rosmalen.....	6
2.6 Meetstation.....	8
3. Methode.....	10
3.1 Dylos DC 1700-PM.....	10
3.2 Kalibratie fijnstofmeters.....	11
3.3 Metingen met fijnstofmeters in het onderzoeksgebied.....	11
3.3.1 Plaatsing van de Dylos fijnstofmeter.....	12
3.4 Opdeling onderzoeksgebied.....	13
3.4.1 Onderzoekgebied Molenhoek.....	13
3.4.2 Onderzoekgebied Maliskamp.....	14
3.5 Verwerking data uit het onderzoeksgebied.....	15
4. Resultaten.....	17
4.1 Resultaten meetstation Molenhoek.....	17
4.1.1 Fijnstofconcentraties bij de verschillende windrichtingen.....	18
4.1.2 Verkeerintensiteit A59 en luchtkwaliteit.....	19
4.2 Resultaten Dylos fijnstofmeters Molenhoek.....	21
4.3 Resultaten Dylos fijnstofmeters Maliskamp.....	25
4.4 Gemeten fijnstofconcentraties en wettelijke normen.....	26
5. Discussie.....	29
6. Conclusie.....	33
7. Aanbevelingen.....	34
Literatuurlijst.....	35
Bijlage.....	40
Bijlage 1. Figuren en tabellen rapportage.....	40
Bijlage 2. Materialen.....	47
Bijlage 3. Kalibratie fijnstofmeters.....	48
Bijlage 4. Vooronderzoek PVA.....	51
Bijlage 5 Logboek metingen.....	60

Bijlage 6 Statistiek	65
Bijlage 7 Excel bestand Molenhoek.....	67
Bijlage 8 Excel bestand Maliskamp	68

1. Inleiding

Het laatste decennium is steeds meer aandacht gegeven aan klimaatverandering, waarbij de burger bewuster is geworden van klimaatverandering (Kloosterman, 2021). Hierdoor zijn burgers zich ook bewuster geworden van de impact van processen op het milieu waardoor grotere belangstelling voor de kwaliteit van de leefomgeving is ontstaan. Burgers willen vaker weten hoe het eigenlijk gesteld is met de omgevingskwaliteit in de buurt waarin ze leven. Met deze omgevingskwaliteit wordt de leefbaarheid van onze fysieke omgeving bedoeld. Een van de aspecten die de omgevingskwaliteit beïnvloedt, is de luchtkwaliteit. De luchtkwaliteit geeft aan hoe schoon of hoe verontreinigd de lucht is. Bronnen die invloed hebben op de luchtkwaliteit zijn onder andere de industrie, landbouw en verkeer (Milieu Centraal, z.d.-b).

Het feit dat verkeer invloed heeft op de luchtkwaliteit en dat de burger meer geïnteresseerd raakt in de omgevingskwaliteit is bijvoorbeeld goed terug te zien in Rosmalen, gelegen in de Gemeente 's-Hertogenbosch. Sinds 1 Januari 2021 is het onderhoud van de A59 tussen Rosmalen en Nuland in handen van Rijkswaterstaat. Hiervoor was het 15 jaar in particuliere handen van het consortium Poort van den Bosch. Deze overdracht van het beheer van de A59 Oost was voor werkgroep A59-Oost reden om zorgen te uiten over de onderhoudssituatie maar tegelijkertijd ook om mogelijkheden te zien in verbetering van de duurzaamheid en de omgevingskwaliteit rondom de A59-Oost in relatie tot aangrenzende woonwijken.

Op het gebied van omgevingskwaliteit richt de werkgroep A59-Oost zich op vergroening, geluidkwaliteit en luchtkwaliteit in de woonwijken rondom de snelweg. Voor de werkgroep is het momenteel onduidelijk wat het fijnstofniveau in de woonwijken is. Het RIVM meet met regionale en stedelijke stations het fijnstofniveau in Nederland waarbij ook gebruik gemaakt wordt van modelberekeningen (RIVM, 2013-a). Hierdoor kan het RIVM voornamelijk een globaal beeld geven van het fijnstofniveau voor Nederland, echter kan aan de hand van modelberekeningen niet exact worden weergegeven wat het fijnstofniveau op wijkniveau is. Uit deze modellen van het RIVM in 2020 blijkt voor de woonwijken in Rosmalen dat het fijnstofgehalte voor PM_{10} tussen de 16,12 en 20,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt (Atlasleefomgeving, 2020-a). Voor het fijnstofgehalte van $PM_{2.5}$ liggen de waarden tussen 9,18 en 10,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Atlasnatuurlijk kapitaal, 2019).

Doordat de modelberekeningen van het RIVM geen exacte gegevens weergeven wil de werkgroep A59-Oost voor de luchtkwaliteit graag in beeld krijgen wat het fijnstofniveau is in de woonwijken rondom de snelweg en welke invloed het verkeer van de A59 heeft op dit fijnstofniveau. Hiervoor heeft de werkgroep zich in het najaar 2021 ingeschreven bij een project van de provincie Noord-Brabant waarbij gedurende 5 jaar, elk half jaar 2 meetstations luchtkwaliteit ter beschikking worden gesteld. Voor de periode Januari t/m Juni 2022 is een van de twee meetstations toegewezen aan de werkgroep A59-Oost, waarbij deze in overleg en samenwerking met de gemeente 's-Hertogenbosch in de Rosmalens wijk Molenhoek geplaatst is. Dit project is onderdeel van het Schone Lucht Akkoord, dit akkoord tussen het Rijk, provincies en gemeenten heeft als doel de luchtkwaliteit in Nederland permanent te verbeteren (Schone lucht akkoord, z.d.).

Werkgroep A59-Oost heeft naast beschikking over het vaste meetstation ook beschikking over 3 fijnstofmeters die verkregen zijn in samenwerking met de gemeente 's-Hertogenbosch. Aan de hand van deze verschillende meetapparatuur wil de werkgroep inzicht krijgen op de hoofdvraag: “Wat is het fijnstofniveau in de woonwijk Molenhoek bij Rosmalen en wat is de bijdrage van het verkeer op de A59 hieraan?”.

Om dit onderzoek uit te voeren en de hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Is er sprake van een significant hoger fijnstofniveau direct aan de A59 ten opzichte van een toenemende afstand, tot 316 meter (afstand tussen snelweg en parallelweg), van de A59, voor de wijk Molenhoek?
- Is er een significant verschil in fijnstofniveau aan weerszijden van de A59, ter hoogte van Molenhoek en Maliskamp?
- Hoe verhoudt het gemeten fijnstofniveau zich ten opzichte van Europese normen en WHO-advieswaarden voor fijnstof?
- Wat is de bijdrage van het verkeer van de A59 op het gemeten fijnstofniveau in de woonwijken.
- Hoeveel invloed kan op het gemeten fijnstofniveau toegewezen worden aan de A59?

Daarnaast is de werkgroep A59-Oost benieuwd wat het effect van een groene buffer, dat wil zeggen een strook met beplanting en bebossing, op het fijnstofniveau is. Om deze vraag te beantwoorden is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

- Heeft een groene buffer tussen de A59 en Sparrenburg effect op het fijnstofniveau in vergelijking met Molenhoek waar deze groene buffer niet aanwezig is?

Door een beperkt aantal meetdagen bij de benodigde omstandigheden is deze deelvraag niet uitgevoerd en zal in dit rapport verder ook niet beantwoord worden.

Om de hoofdvraag en daarbij behorende deelvragen te beantwoorden is gebruik gemaakt van het vaste meetstation als referentiepunt en zijn op meerdere locaties in Molenhoek met drie losse Dylos DC 1700-PM Air Quality Monitor fijnstofmeters metingen verricht in de onderzoekgebieden. Hiervoor zijn de fijnstofmeters eerst gekalibreerd voor temperatuur en druk, waarna een correctiefactor bepaald is aan de hand van data uit het vaste meetstation. Na kalibratie van de fijnstofmeters zijn fijnstofmetingen verricht in de woonwijken Molenhoek en Maliskamp. De fijnstofmeters zijn op locatie op een hoogte van 3+ meter geplaatst aan straatlantaarns. Daarnaast voorziet het vaste meetstation ook in informatie met betrekking tot gemeten NO, NO₂ en NO_x concentraties, waardoor bekeken is wat het verkeer van de A59 op het fijnstofniveau doet.

2. Vooronderzoek

In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de betrokken organisaties. Daarnaast wordt uitgelegd wat fijnstof is, wordt ingegaan op de samenstelling en verblijftijd van fijnstof. Ook wordt toegelicht wat de Europese-/ Nederlandse normen en WHO-richtlijnen zijn voor PM_{2.5} en PM₁₀. Als laatste wordt ingegaan op de onderzoeklocaties in Rosmalen en welke fijnstofconcentraties daar volgens het RIVM verwacht worden.

In bijlage 4 wordt uitgebreider ingegaan op bovengenoemde onderwerpen. Daarnaast wordt ingegaan op het Schone Lucht Akkoord, effecten van fijnstof op de gezondheid, effecten van fijnstof op het klimaat en vegetatie en wordt de stakeholderanalyse van dit project besproken.

2.1 Organisaties

Dit onderzoek wordt uitgevoerd op aanvraag van de werkgroep A59-Oost en is door de gemeente 's-Hertogenbosch uitgegeven aan het IoT Stadslab.

De werkgroep A59-Oost is in 2018 opgericht, door inwoners uit de wijken/dorpen Molenhoek, Maliskamp, Sparrenburg, Kruisstraat, Nuland en Vinkel in de gemeente 's-Hertogenbosch. Sinds 2021 is de werkgroep uitgebreid met de kern Geffen uit de gemeente Oss.

In 2021 is het beheer van A59-Oost in handen gekomen van Rijkswaterstaat waarbij na 15 jaar weer ruimte is voor innovatie en ontwikkeling van de rijksweg. De werkgroep is hierom opgericht om mogelijkheden van innovatie van de rijksweg aan te pakken en eventuele kwalitatieve achteruitgang van het beheerniveau te voorkomen. De werkgroep doet dit vanuit burgerinitiatieven in samenwerking met de gemeente 's-Hertogenbosch. De werkgroep heeft zich sinds de oprichting voornamelijk geconcentreerd op voortzetting van het onderhoud rondom de A59-Oost, verduurzaming van de snelweg door middel van zonnepalen op geluidschermen of in bermen en op het milieuaspect luchtkwaliteit.

Het IoT Stadslab, IoT staat voor Internet of Things, is gevestigd in 's-Hertogenbosch. Het IoT Stadslab is onderdeel van de gemeente 's-Hertogenbosch en is erop gericht om in samenwerking met het bedrijfsleven en onderwijsinstanties te werken aan maatschappelijke vraagstukken en digitalisering van de buitenruimte. De innovaties die uit deze maatschappelijke vraagstukken ontstaan worden toegepast in de Spoorzone van 's-Hertogenbosch.

2.2 Fijnstof

Fijnstof is een benaming voor stofvormige luchtverontreiniging waarbij de deeltjes kleiner zijn dan 10 µm. De Engelse benaming voor fijnstof is Particulate Matter. Zo heb je PM₁₀, PM_{2.5} en PM_{0.1} waarbij het getal voor de grootte van het stofdeeltje in µm staat. PM₁₀ is fijnstof met een grootte tot 10 micrometer, PM_{2.5} is fijnstof met een grootte tot maximaal 2,5 micrometer (Kenniscentrum InfoMil, z.d.-a). Op PM_{0.1} wordt hier verder niet ingegaan omdat PM_{0.1} niet betrokken wordt in het onderzoek.

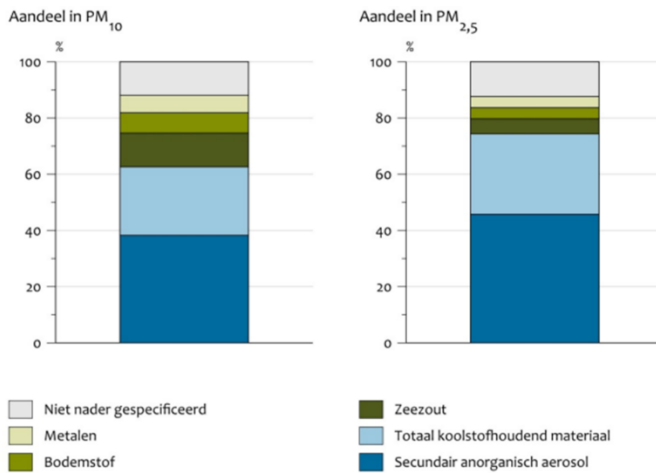
De fijnstof PM₁₀ en PM_{2.5} bestaat uit een primaire en secundaire fractie.

De primaire fractie zijn de stoffen die door de mens worden uitgestoten (antropogene emissie) en stoffen die door de natuur worden uitgestoten. Bij antropogene emissie kan gedacht worden aan industrie, landbouw en luchtvaart. Onder natuurlijke uitstoot valt onder andere zeezout, vulkanisme en opwaaiend bodemstof. De primaire fractie zijn de deeltjes die direct in de lucht terecht komen door de uitstoot.

Secundaire fractie ontstaat in de atmosfeer door middel van chemische reacties van aanwezige gassen. Voorbeelden van deze gassen zijn ammoniak uit landbouw, stikstofoxiden door verkeer en industrie, zwaveldioxide en vluchtige organische stoffen (Kenniscentrum InfoMil, z.d.-a) (Compendium voor de leefomgeving, 2019).

Fijnstof in Nederland bestaat uit de volgende bestanddelen: Secundair anorganisch aerosol, koolstof en koolstof bevattende stoffen, zeezoutaerosol, bodemstof, metalen en niet gespecificeerde stoffen.

Samenstelling stofconcentratie



(RIVM, 2010)

Figuur 1

Gemiddelde chemische samenstelling PM₁₀ en PM_{2.5}

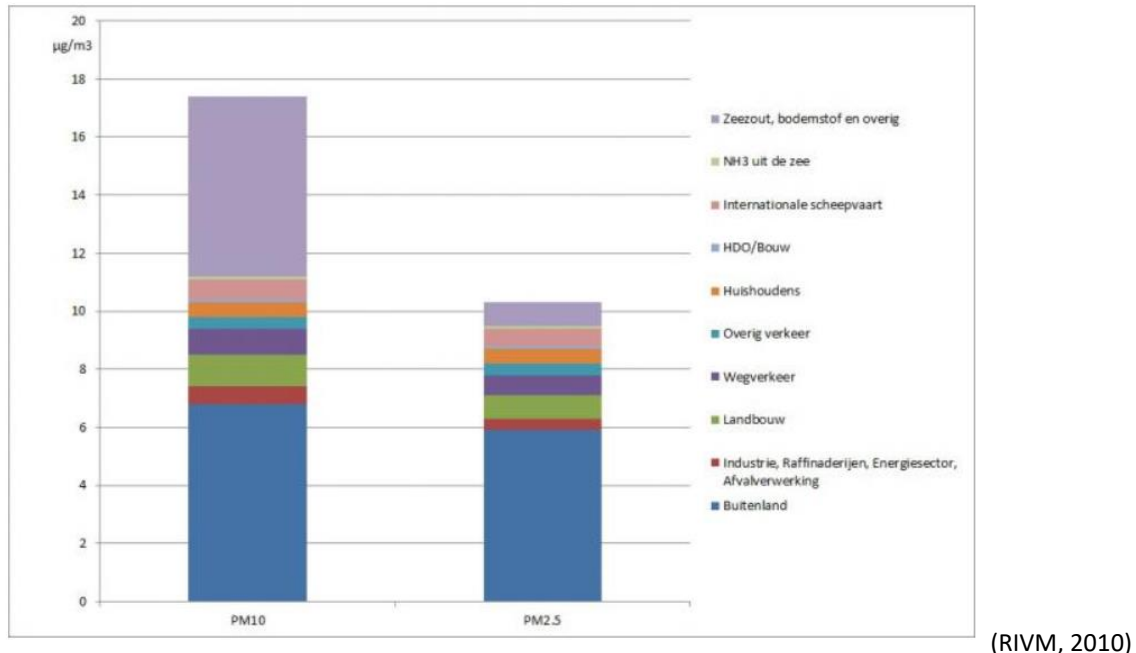
In figuur 1 is te zien uit welke samenstelling PM₁₀ en PM_{2.5} bestaat en hoe groot de bijdrage is van welk bestanddeel. Voor zowel PM₁₀ als PM_{2.5} is te zien dat de samenstelling voor het grootste deel uit Secundair anorganisch aerosol en Totaal koolstof houdende materialen bestaat, samen voor ongeveer 60% bij PM₁₀ en 70% bij PM_{2.5}. Secundair anorganisch aerosol bestaat voornamelijk ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat. Het is een secundaire fractie en ontstaat in de atmosfeer door de gassen zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. Van dit deel is maar 1-6% van natuurlijke oorsprong. Bij totaal koolstof houdende materialen gaat het vooral om elementaire koolstof ofwel roet en organische verbindingen. Dit kan zowel van natuurlijke als antropogene oorsprong zijn, maar in Nederland is vrijwel het gehele deel van antropogene oorsprong. Deze groep ontstaat voornamelijk bij verbrandingsprocessen. Bij PM₁₀ is te zien dat ook zeezout een grote bijdrage heeft, 15%, aan de samenstelling. Zeezoutaerosol is van natuurlijke oorsprong en ontstaat door verdampingsreacties van zeewater. De bijdrage aan fijnstof door zeezoutaerosol is in kustgebieden groter dan in het binnenland.

De verblijftijd van fijnstof in de lucht hangt af van verschillende fysische en chemische processen. PM_{2.5} heeft de langste verblijftijd in de atmosfeer van dagen tot weken en kan hierdoor een afstand afleggen van 100- tot 1000-en kilometers. PM₁₀ heeft een kleinere transportafstand en een verblijftijd van minuten tot uren doordat deeltjes groter dan 2,5 micrometer relatief snel uit de lucht verdwijnen door de zwaartekracht. PM_{2.5} deeltjes zijn lichter en blijven daardoor langer in de lucht en kunnen dus een grotere afstand afleggen (RIVM, 2013-a) (RIVM, 2010).

De lange verblijftijd en verplaatsing van fijnstof heeft impact op de achtergrondconcentratie. De achtergrondconcentratie is de concentratie die aanwezig is zonder impact van lokale bronnen. De achtergrondconcentratie wordt beïnvloed door natuurlijke bronnen maar ook door antropogene bronnen uit het buitenland waarna het fijnstof zich naar Nederland verplaatst. Voor Nederland liggen de achtergrondconcentraties van PM_{2.5} rond de 11-12 µg/m³ (Rijksoverheid, 2017).

Voor fijnstof heeft 75 tot 80% een antropogene oorsprong. De belangrijkste sectoren voor de antropogene emissie van fijnstoffen uit Nederlandse bronnen zijn: Verkeer en Vervoer (36%), Industrie (25%) en landbouw (22%) (RIVM, 2010). Voor de volledige emissie van fijnstof per sector zie bijlage 1, Figuur 2.

De samenstelling van de lucht in Nederland wordt niet alleen bepaald door de emissie vanuit bronnen in Nederland. Buitenlandse lucht dat zich naar Nederland verplaatst heeft een tweemaal zo'n hoge bijdrage aan de fijnstofconcentraties in Nederland. Nederland is binnen Europa een van de grootste vervuilers op het gebied van emissies in de lucht per oppervlakte-eenheid. Hierdoor is sprake van netto export van fijnstof vanuit Nederland naar het buitenland, deze export is driemaal zo hoog als de import (Buijsman et al., 2015).



Figuur 3

Herkomst naar sector gemiddelde concentratie fijnstof PM₁₀ en PM_{2.5} in 2016

In figuur 3 zijn de herkomst van de sector voor een gemiddelde concentratie fijnstof uit 2016 in Nederland weergegeven. De samenstelling en concentratie van het fijnstof en de bronnen is erg afhankelijk van de locatie. In figuur 3 is te zien dat voor PM₁₀ meer dan 33% uit het buitenland afkomstig is, voor PM_{2.5} is zelfs meer dan 50% uit het buitenland afkomstig. Fijnstof die bij het wegverkeer vrijkomt uit verbrandingsprocessen in motorvoertuigen komt vrij in de vorm van PM_{2.5}. PM₁₀ komt ook vrij in het verkeer maar dan door slijtageprocessen zoals remmen en wrijving van banden op de ondergrond (Naser et al., 2009).

2.3 Normering fijnstof EU/Nederland en WHO-richtlijnen

Voor Nederland gelden de volgende normeringen voor fijnstof, deze komen overeen met de Europese wetgeving (Kenniscentrum InfoMil, z.d.-b):

- PM₁₀
 - Jaargemiddelde grenswaarde: 40 µg/m³
 - Daggemiddelde grenswaarde: 50 µg/m³
 - Mag maximaal 35 keer per jaar overschreden worden.
- PM_{2.5}
 - Jaargemiddelde grenswaarde: 25 µg/m³
 - Indicatieve grenswaarde: 20 µg/m³

De PM₁₀ grenswaarden zijn bindend en daarvoor is de Nederlandse overheid dus verantwoordelijk om hieraan te voldoen. Bij PM_{2.5} is nog niet sprake van bindende grenswaarden.

De WHO geeft kwaliteitsrichtlijnen voor PM₁₀ en PM_{2,5} die strenger zijn dan in Nederland gehanteerd wordt, deze kwaliteitsrichtlijnen zijn adviezen en hoeven niet opgevolgd te worden. Volgens de WHO zijn deze strengere richtlijnen nodig om schadelijke gezondheidseffecten en sterfte bij mensen te voorkomen (World Health Organisation, 2021).

- PM₁₀
 - Jaargemiddelde: 15 µg/m³
 - Daggemiddelde: 45 µg/m³
- PM_{2,5}
 - Jaargemiddelde: 5 µg/m³

2.4 Stikstofoxiden

Niet alleen fijnstof is schadelijk voor de mens, ook stikstofoxiden hebben een impact op de luchtwegen van mensen. Daarnaast hebben stikstofoxiden ook een impact op de natuur, waarbij stikstof de bodem verrijkt en de biodiversiteit uiteindelijk afneemt (Milieu Centraal, z.d.-a). Stikstofoxiden (NO_x) bestaat uit de som van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) (ANWB, 2020).

NO_x is deels afkomstig van het verkeer en de industrie. In het verkeer ontstaat de NO_x bij verbrandingsprocessen in de motor van de voertuigen. Bij verbrandingsprocessen onder hoge temperaturen reageren stikstof (N₂) met zuurstof (O₂) tot NO en NO₂ (Milieu Centraal, z.d.-a). Het hangt sterk af van het brandstoftype, voertuigsnelheid en motorbelasting in welke vorm de NO_x wordt uitgestoten (Shon, Kim & Song, 2011).

In de lucht kunnen NO en NO₂ in elkaar overgaan onder invloed van aanwezige Ozon (O₃). Hierbij verandert het totale gehalte van stikstofoxiden echter niet, waardoor vaak wordt gesproken over het totaal van NO en NO₂ in de naam van NO_x. Uiteindelijk kan NO_x in de lucht weer gaan reageren met andere luchtdeeltjes waarbij fijnstof gevormd wordt. Doordat fijnstof honderden kilometers kan worden meegenomen door de wind voordat het neerslaat is het daarbij lastig om de impact van het verkeer te zien. Op korte afstand van de snelweg is de NO_x nog niet omgevormd tot fijnstof en kan dus beter de impact op de luchtkwaliteit door de snelweg meebepaald worden (Milieu Centraal, z.d.-a)

2.5 Onderzoeklocatie Rosmalen

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de woonwijken Molenhoek en Maliskamp. Deze wijken zijn onderdeel van Rosmalen en liggen in de gemeente 's-Hertogenbosch. De woonwijken liggen aan de snelweg A59-Oost.



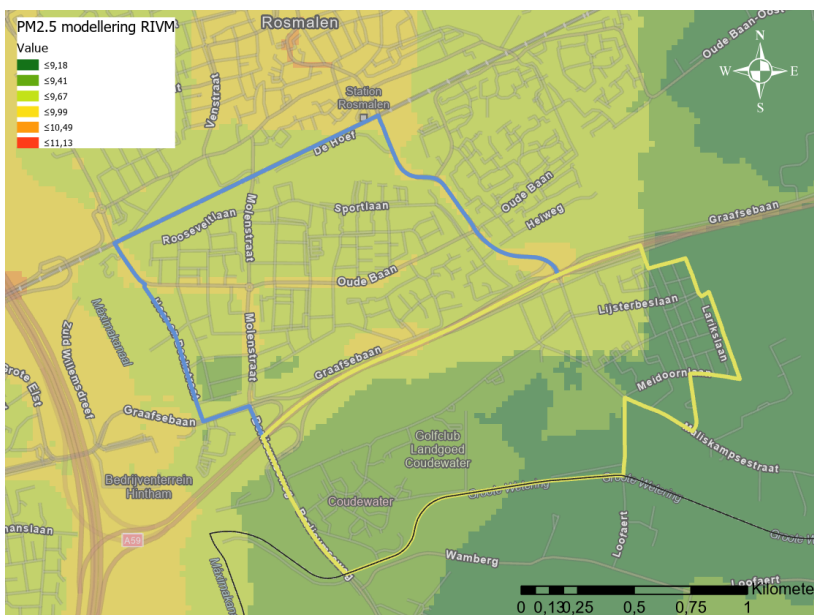
Figuur 4

Weergave van de woonwijken Molenhoek, Maliskamp en onderzoekgebieden Molenhoek, Maliskamp

De wijk Molenhoek ligt aan de Noordzijde en Maliskamp aan de Zuidzijde van de snelweg, zoals in figuur 4 is weergegeven. In de wijk Molenhoek is het vaste meetpunt door de provincie Noord-Brabant geplaatst zie bijlage 1, figuur 5.

De A59 heeft langs de woonwijken 2x2 rijbanen (Wegenwiki, 2021). Over 2021 had dit traject ter hoogte van de woonwijken een gemiddelde dag intensiteit van 83.673 voertuigen, met Oss → 's-Hertogenbosch 42.091 voertuigen en 's-Hertogenbosch → Oss 41.582 voertuigen (NDW Dexter, 2022).

In de woonwijken zijn nog niet eerdere metingen verricht op het gebied van fijnstof, hierdoor zijn precieze cijfers van het fijnstofniveau in de woonwijken niet bekend. Wel heeft het RIVM-modelberekeningen uitgevoerd voor het fijnstofniveau van $PM_{2.5}$ en PM_{10} in de woonwijken.

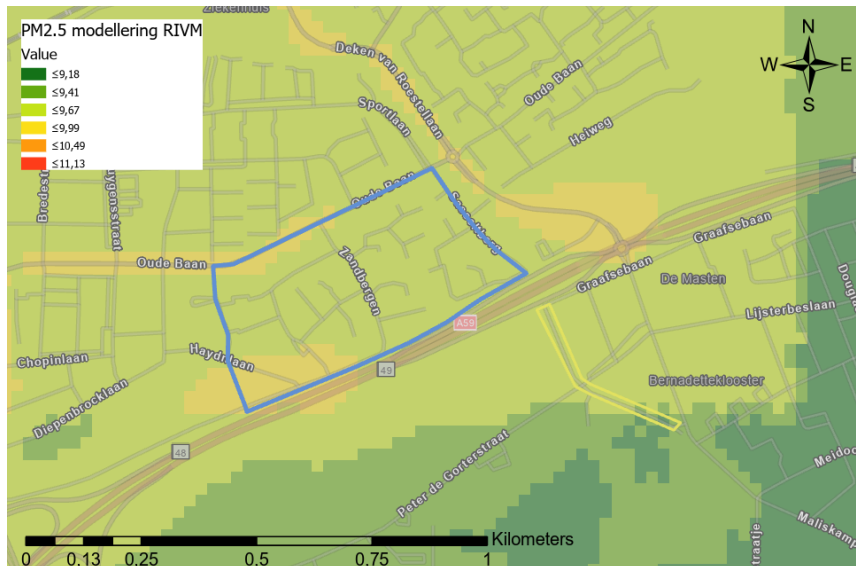


(Atlas Natuurlijk Kapitaal, 2019)

Figuur 6

Modelberekening 2020, $PM_{2.5}$ in $\mu g/m^3$ voor de woonwijken Molenhoek (blauw) en Maliskamp (geel)

Voor Molenhoek is in figuur 6 te zien dat het PM_{2,5} niveau tussen de ≤ 9,41 en ≤ 9,99 µg/m³ ligt. Het is te zien dat het fijnstofniveau rond de wegen hoger ligt dan in de omliggende gebieden, al gaat het hierbij om een zeer klein verschil van 0,32 µg/m³. Voor Maliskamp liggen de PM_{2,5} waarden tussen de ≤ 9,18 en ≤ 9,67 µg/m³. Het fijnstofniveau PM_{2,5} in Maliskamp is volgens de modelleringen van het RIVM dus lager dan in Molenhoek.



(Atlas Natuurlijk Kapitaal, 2019)

Figuur 7

Modelberekening 2020, PM_{2,5} in µg/m³ voor de onderzoekgebieden Molenhoek (blauw) en Maliskamp (geel)

Figuur 7 laat een ingezoomde modelering zien van figuur 6, waarbij nu de onderzoekgebieden voor Molenhoek en Maliskamp zijn aangegeven. Figuur 7 laat zien dat het grootste gedeelte van het onderzoekgebied een PM_{2,5} concentratie heeft van ≤ 9,67 µg/m³. Rond de oude baan en Haydnlaan is de PM_{2,5} concentratie ≤ 9,99 µg/m³. Voor het onderzoekgebied Maliskamp ligt voor bijna het gehele gebied de PM_{2,5} concentratie op ≤ 9,67 µg/m³. In Maliskamp zijn minder wegen aanwezig in vergelijking met Molenhoek. Daarnaast wordt in Maliskamp een groot deel door natuur en een golfbaan ingenomen. Hierdoor is waarschijnlijk de PM_{2,5} concentratie in de modellering van het RIVM lager dan in Molenhoek.

In bijlage 1 figuur 8 en 9 zijn de PM₁₀ concentraties weergegeven voor de woonwijken en onderzoekgebieden Molenhoek en Maliskamp volgens modelering van het RIVM. Deze laten vrijwel dezelfde verdeling van de concentratie zien als bij PM_{2,5}. Voor Molenhoek ligt de PM₁₀ concentratie tussen ≤ 16,57 en 17,82 µg/m³. Voor Maliskamp ligt de PM₁₀ concentratie tussen ≤ 16,12 en 17,10 µg/m³.

2.6 Meetstation

Het meetstation dat door de provincie Noord-Brabant ter beschikking is gesteld om de luchtkwaliteit te meten in Rosmalen is actief geworden op 7 Januari 2022 en blijft actief tot 1 Juli 2022. In bijlage 1 figuur 5 is de locatie van het meetstation met een rood vierkant aangegeven in de woonwijk Molenhoek. Dit meetstation is een vast meetpunt.

Het vaste meetstation staat ongeveer op gelijke afstand tussen de snelweg A59 en de lokale weg Oude Baan. Het meetstation in de wijk Molenhoek in Rosmalen (longitude 5.37521 en latitude 51.70888) wordt beheerd door de Omgevingsdienst West-Brabant in opdracht van de provincie Noord-Brabant. Het meetstation voldoet aan de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit (RBL). De RBL

bevat voorschriften voor het meten en berekenen van de concentratie van luchtverontreiniging (Kenniscentrum Infomil, z.d.-c). Het meetstation kalibreert zichzelf continu en maandelijks vindt nog een extra handmatige kalibratie plaats.

Het meetstation monitort de volgende activiteiten:

- PM₁_Concentratie
- PM_{2.5}_Concentratie
- PM₁₀_Concentratie
- RH (luchtvochtigheid)
- Temperatuur
- Druk
- Windsnelheid
- Windrichting
- Benzeen
- Toluene
- Ethylbenzeen
- MP_Xyleen
- O_Xyleen
- NO
- NO₂
- NO_x
- Xyleen

Het meetstation voert continu metingen uit. Het meetstation geeft voor de PM_{2.5} en PM₁₀ al gecorrigeerde waarden voor luchtvochtigheid, temperatuur en druk weer. Deze data zijn te zien op de website van Brabant Lucht Meet (<https://www.brabantluchtmeet.net>).

3. Methode

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van het fijnstofniveau bij de woonwijken Molenhoek en Maliskamp in Rosmalen en te bepalen wat de bijdrage van de A59 hiervan is. Om dit te bepalen zijn onderzoeksvragen opgesteld in hoofdstuk 1.

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is het onderzoek in vier stappen ingedeeld:

- Kalibratie fijnstofmeters
- Metingen met fijnstofmeters in het onderzoeksgebied
- Verwerking van de verkregen data uit het onderzoeksgebied
- Interpretatie van de data

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende materialen zoals meetapparatuur, bevestigingsmateriaal en computerprogramma's. De materialenlijst is te zien in bijlage 2.

3.1 Dylos DC 1700-PM

In het onderzoek is gebruik gemaakt van de Dylos DC 1700-PM Air Quality Monitor fijnstofmeters, weergegeven in figuur 10.



(Fresh Air Solution B.V., z.d.-a)

Figuur 10

De Dylos DC1700 PM Air Quality Monitor fijnstofmeter die gebruikt is in dit onderzoek

De Dylos DC 1700-PM heeft de mogelijkheid om tegelijk $PM_{2.5}$ & PM_{10} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te meten, waarbij het 1 meting per minuut uitvoert. De Dylos DC 1700-PM heeft een intern geheugen voor 10.000 metingen wat overeenkomt met een periode van 1 week (Fresh Airs Solution B.V., z.d.-b). Het geheugen wordt via een USB-to-COM uitgelezen en daarna handmatig omgezet in Excel gegevens. Ook kan de invoer van het apparaat met perslucht worden schoongespoten zodat geen vuil aanwezig is die de metingen beïnvloedt.

De Dylos DC 1700-PM is onderzocht op de betrouwbaarheid in vergelijking met andere fijnstofmeetapparatuur, door LIFE VAQUUMS. Dit is een organisatie die met steun van de Europese Commissie de huidige kwaliteitslevels wil bepalen door innovatieve meettechnieken (VAQUUMS Project, z.d.). In dit onderzoek kwam naar voren dat de Dylos DC 1700-PM een sensor onnauwkeurigheid van $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij een luchtvochtigheid tussen de 50-90% geeft de Dylos een verhoogde waarden weer van x2.4. In het onderzoek scoorde de Nova Fitness SDS011 een sensor onnauwkeurigheid van $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en verhoogde waarde van x2.1 voor luchtvochtigheid. De Plantower PMS7003 scoort een sensor onnauwkeurigheid van $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een verhoogde waarde van x1.7 voor de luchtvochtigheid (Wiel, 2021).

De Dylos DC 1700-PM mag niet nat worden en houdt tijdens metingen geen rekening met luchtvochtigheid. Bij een hogere luchtvochtigheid zitten meer aerosolen (kleine waterdruppels) in de lucht die door de fijnstofmeter ook gemeten worden en zo een hogere fijnstof waarden aangeven dan daadwerkelijk gemeten. Hiervoor is het nodig om de gemeten data te corrigeren met een luchtvochtigheidsfactor die door de leverancier is bepaald, zoals is weergegeven in bijlage 1, figuur 11. Daarbij heeft de leverancier ook aangegeven dat wanneer de luchtvochtigheid boven de 70% is, de nauwkeurigheid van de fijnstofmeters afneemt (Fresh Air Solution B.V., z.d.-a). Behalve de luchtvochtigheid moeten de data ook herleid worden voor standaard druk (T in kelvin/273) en temperatuur ($101,3/P$ in kPa).

3.2 Kalibratie fijnstofmeters

De fijnstofmeters in het onderzoeksveld zijn eerst gekalibreerd aan de hand van de meetwaarden van het meetstation, voordat metingen in het onderzoeksveld zijn verricht. Het meetstation voldoet aan de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit (RBL) en is daardoor nauwkeuriger dan de Dylos fijnstofmeters. De kalibratie van de fijnstofmeters is zowel aan het begin (18-3-22) als aan het einde (20-5-22) van het onderzoek uitgevoerd. Dit is gedaan om te kijken of eventueel (veel) verschil aanwezig was tussen de kalibraties. Uiteindelijk is sprake van een gemiddeld verschil van 7,8% voor $PM_{2,5}$ en 1,4% voor PM_{10} tussen de kalibraties. Hierom is besloten om voor elke fijnstofmeter de gemiddelden tussen de twee kalibraties te pakken.

De kalibratie van de Dylos fijnstofmeters is uitgevoerd volgens de volgende stappen:

1. Fijnstof meten met Dylos meters naast het meetstation
2. Gemeten waarden herleiden naar standaard druk en temperatuur
3. De nieuwe waarden vergelijken met de referentiewaarden van het meetstation
4. Uitschieters verwijderen en spreiding bepalen met Jamovi
5. Correctiefactor Dylos meters/meetstation vaststellen

De volledige uitleg en uitvoering die bij bovenstaande stappen zijn genomen, is te zien in bijlage 3.

Uit de kalibraties zijn de volgende correctiefactoren voor de fijnstofmeters ontstaan:

- Dylos 1
 - Correctiefactor $PM_{2,5}$: 1,745
 - Correctiefactor PM_{10} : 2,085
- Dylos 2
 - Correctiefactor $PM_{2,5}$: 2,075
 - Correctiefactor PM_{10} : 2,565
- Dylos 3
 - Correctiefactor $PM_{2,5}$: 2,055
 - Correctiefactor PM_{10} : 2,580

3.3 Metingen met fijnstofmeters in het onderzoeksgebied

De metingen met de Dylos fijnstofmeters zijn zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden uitgevoerd. Door de metingen zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden voor luchtvochtigheid, temperatuur, luchtdruk en windsnelheid uit te voeren zijn de metingen betrouwbaarder en relevanter om met elkaar te vergelijken. De fijnstofmetingen zijn niet verricht op dagen dat de luchtvochtigheid boven de 70% uitkwam doordat hierdoor de nauwkeurigheid van de metingen afnam, volgens de leverancier (Fresh Air Solution B.V., z.d.-a). Daarnaast zijn de metingen ook niet verricht op dagen dat mogelijk Saharazand aanwezig was in de lucht, doordat ook dit de nauwkeurigheid van de metingen kan beïnvloeden.

De fijnstofmetingen zijn onder de omstandigheden uitgevoerd zoals weergegeven in tabel 1.

Tabel 1

Meetomstandigheden in de periode 21-3-22 tot 18-5-22

	MINIMUM	MAXIMUM	GEMIDDELD
LUCHTVOCHTIGHEID (%)	22	68	43
TEMPERATUUR (GRADEN)	11	25	17
LUCHTDRIK (MBAR)	1005	1029	1019
WINDSNELHEID (M/S)	1	10	4

Op de dagen dat de fijnstofmetingen verricht zijn, werden de fijnstofmeters 's-ochtends opgehangen en 's-middags afgehaald. Door het batterijbereik van de fijnstofmeters was de maximale mogelijke meettijd 6 uur per dag. Uiteindelijk is, mede door weeromstandigheden, een gemiddelde meettijd van 5,3 uur per dag bereikt.

3.3.1 Plaatsing van de Dylos fijnstofmeter

De fijnstofmeters zijn tijdens de metingen opgehangen aan straatlantaarns op een hoogte van 3 meter. Voor de hoogte van 3 meter is gekozen omdat op deze hoogte de fijnstofverplaatsing lager is dan vlak bij de grond. Dit komt doordat de invloed van de wind op de fijnstof verplaatsing laag bij de grond lager is dan op grotere hoogte. Dit komt doordat lager bij de grond objecten in de omgeving de fijnstof verplaatsing door de wind beïnvloeden (M. Arts, persoonlijke communicatie, 22 Februari 2022). De fijnstofmeters zijn niet hoger geplaatst dan 3 meter doordat dit praktisch niet haalbaar was. In samenspraak met B. Janssen, Gemeente 's-Hertogenbosch, is besloten om de fijnstofmeters aan straatlantaarns te hangen. Hiervoor is gekozen zodat de fijnstofmeters veilig opgehangen konden worden op de benodigde hoogte en daarbij de opening van de fijnstofmeter vrij kon blijven.

Via een ladder zijn de Dylos fijnstofmeters elke meet dag bevestigd aan de straatlantaarns op een hoogte van 3 meter. De fijnstofmeter zijn eerst aangezet op continu mode, hierbij worden de $PM_{2.5}$ en PM_{10} concentraties elke minuut gemeten. Vervolgens is aan weerszijden van de fijnstofmeter een spons geplaatst zodat de knoppen van de fijnstofmeter niet tegen de straatlantaarn aan komen. Na plaatsing van de sponzen is een tie wrap om de fijnstofmeter en de straatlantaarn bevestigd. De plaatsing aan de buitenzijde van de spons op de fijnstofmeter zorgt er zo voor dat de tie wrap de fijnstofmeter niet beschadigt. De opening van de fijnstofmeter is altijd naar de windrichting van die dag toe geplaatst. In figuur 12 is de plaatsing van een fijnstofmeter te zien.

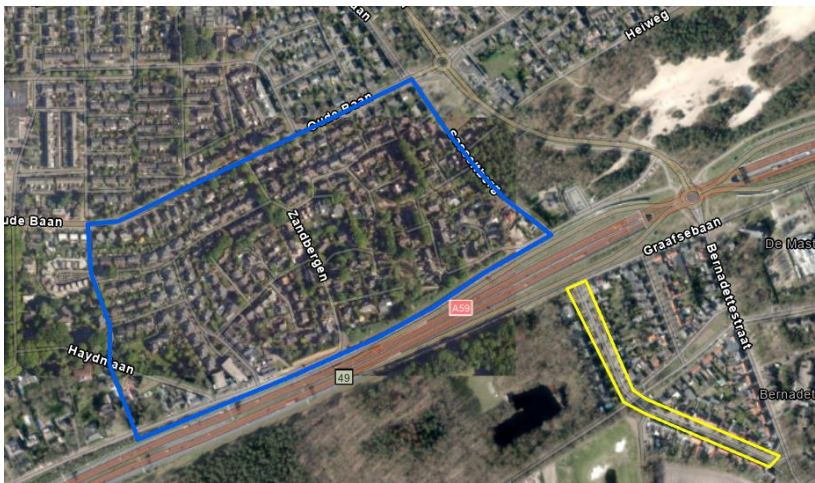


Figuur 12

Geplaatste fijnstofmeter aan straatlantaarn.

3.4 Opdeling onderzoekgebied

Het onderzoekgebied is opgesplitst in 2 gebieden, zie figuur 13.



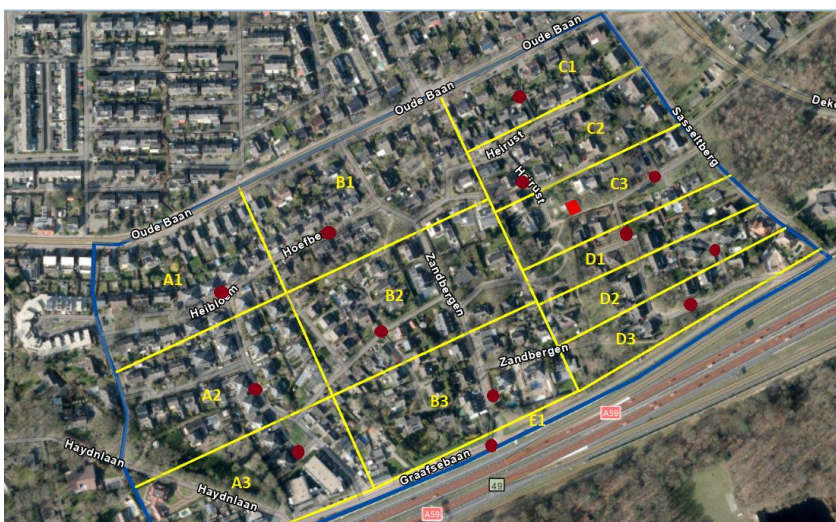
Figuur 13

Opdeling van de onderzoekgebieden Molenhoek (blauw) en Maliskamp (geel)

In figuur 13 is met de blauwe omlijning het onderzoeksgebied voor de wijk Molenhoek aangegeven en met de gele omlijning het onderzoeksgebied voor de wijk Maliskamp. De metingen in deze gebieden zijn gebruikt om een antwoord te geven op de vragen “Is er sprake van een significant hoger fijnstofniveau dicht bij de A59 ten opzichte van een toenemende afstand van de A59 af?” en “Is er een significant verschil in fijnstofniveau tussen weerszijden van de A59, ter hoogte van Molenhoek – Maliskamp?”.

3.4.1 Onderzoekgebied Molenhoek

Het onderzoekgebied Molenhoek is in 13 sectoren verdeeld, dit is weergegeven in figuur 14. Dit is gedaan om door de fijnstofmetingen in beeld te brengen wat het fijnstofniveau in het onderzoekgebied is.



Figuur 14

Opdeling in sectoren onderzoekgebied Molenhoek

In figuur 14 is de verdeling in sectoren van het onderzoekgebied Molenhoek te zien, waarbij in sector C3 met een rood vierkant het meetstation is weergegeven. De sectoren tussen de snelweg A59 en de lokale weg Oude Baan zijn opgedeeld in sectoren A, B, C-D en E. Hierbij is elke sector opgedeeld in

drie delen, omdat de beschikking was over 3 fijnstofmeters. Hierdoor kon op elke meetdag in een gehele sector gemeten worden. De sectoren A en B zijn over de lengte opgedeeld in A1, A2, A3 en B1, B2, B3. De sector C-D is over de lengte opgedeeld in C1, C2, C3, D1, D2, D3. De sector C-D is in zes delen ingedeeld om preciezer (in vergelijking met de sectoren A en B) in beeld te brengen of over een bepaalde afstand afname plaatsvindt van de fijnstofconcentratie. Sector E is maar enkele meters in lengte. Dit is omdat sector E zich vlak naast het geluidscherm van de snelweg bevindt. Uit de literatuur komt naar voren dat in het gebied van enkele meters naast het geluidscherm zeer lage fijnstofconcentraties voorkomen. Dit komt doordat het geluidscherm zorgt dat het fijnstof omhooggestuwd wordt en verderop pas weer neer zou dalen (Hoffman, 2009).

In figuur 14 zijn met rode cirkels de locaties aangegeven waar de fijnstofmeters aan de straatlantaarns zijn opgehangen, zoals beschreven in paragraaf 3.3.1. De metingen in Molenhoek zijn zoveel mogelijk uitgevoerd op dagen bij een zuidelijke windrichting omdat hierbij de eventuele invloed van de snelweg op de fijnstofconcentratie gemeten zou kunnen worden. In bijlage 5 is te zien waar op welke dag gemeten is bij welke daggemiddelde windrichting. In bijlage 5 is te zien dat in Molenhoek uiteindelijk bij alle vier de windstreken metingen zijn verricht.

Om van zo betrouwbaar mogelijke data te spreken was vooraf bepaald dat in elke sector 30 uur aan metingen verricht zouden worden. Door een gebrek aan dagen met de juiste weeromstandigheden is dit niet mogelijk gebleken. In eerste instantie zijn de metingen verricht in de volgorde van sector D1/D2/D3, sector C1/C2/C3, sector B1/B2/B3, sector A1/A2/A3 en Sector E. Hierbij is elke dag in een andere sector gemeten. Dit is tweemaal herhaald waarbij in elke sector ongeveer 12 uur aan metingen zijn verricht. In een logboek is telkens bijgehouden welke fijnstofmeter wanneer en waar is opgehangen, met bijbehorende coördinaten. Dit is te zien in bijlage 5. Om verwarring te voorkomen is fijnstofmeter 1 altijd in sector A/B/C/D/E-1 opgehangen, fijnstofmeter 2 in sector A/B/C/D-2 en fijnstofmeter 3 in sector A/B/C/D-3.

Uit de gemeten data bleek dat de fijnstof concentratieverschillen binnen de sectoren D1/D2/D3/C1/C2/C3 minimaal waren. In combinatie met een beperkt beschikbaar aantal resterende meetdagen door de weeromstandigheden is besloten om alleen nog te meten in de sector B1/B2/B3 en E1. Hiervoor is gekozen omdat hierdoor alsnog voor één sector minimaal 30 uur aan data verkregen kon worden. Daarnaast is specifiek gekozen voor sector B omdat deze in lijn ligt met de gemeten locatie in E1, waarbij dus ook de invloed van het geluidscherm op de fijnstofconcentraties bepaald kon worden. In sector B is uiteindelijk voor minimaal 30 uur aan data verkregen. In geen van de andere sectoren is dit gelukt. In bijlage 1 tabel 2 is het aantal gemeten uren per sector te zien. Hierbij is te zien dat in totaal 273 uur aan gemeten data zijn verkregen in Molenhoek.

3.4.2 Onderzoekgebied Maliskamp

Het onderzoekgebied voor Maliskamp is weergegeven in figuur 15. Bij Maliskamp zijn de fijnstofmetingen verricht bij noordelijke windrichtingen, om zo de invloed van de snelweg A59 in beeld te brengen.



Figuur 15
Onderzoekgebied Maliskamp

In figuur 15 is te zien dat in Maliskamp maar in één sector verdeeld is en niet zoals Molenhoek in meerdere sectoren. Dit is gedaan vanwege het beperkt aantal meetdagen. Door in maar één sector in Maliskamp te meten zijn toch voor minimaal 30 uur aan data verkregen. Voor deze locatie van het onderzoekgebied in Maliskamp is gekozen omdat in dit gebied de straatlantaarns het minst omringd worden door objecten zoals bomen. Alleen op locatie 3 zijn bomen aanwezig. Daarnaast is aan de noordzijde van deze sector nog een geluidscherm aanwezig, dit is niet het geval bij de andere straten in Maliskamp. Aangezien het hele onderzoekgebied in Molenhoek achter een geluidscherm plaatsvindt, was het voor het onderling vergelijken van de onderzoekgebieden van belang dat de metingen in Maliskamp achter een geluidscherm plaats hebben gevonden.

In figuur 15 zijn de locaties aangegeven waar de fijnstofmeters aan straatlantaarns zijn geplaatst op de manier zoals beschreven in paragraaf 3.3.1. Voor deze drie locaties zijn gekozen omdat ze op ongeveer dezelfde afstand van de snelweg staan als de locaties binnen een sector in Molenhoek. Hierbij is in het logboek genoteerd waar en wanneer welke fijnstofmeter zijn opgehangen, zie bijlage 5. Ook hier is op locatie 1 altijd fijnstofmeter 1 opgehangen, locatie 2 fijnstofmeter 2 en locatie 3 fijnstofmeter 3. In totaal zijn op elke locatie in Maliskamp voor 36 uur aan metingen verricht en dus voor 108 uur aan data verkregen.

3.5 Verwerking data uit het onderzoeksgebied

Na elke twee of drie meetdagen zijn de data uit de Dylos fijnstofmeters uitgelezen aan de hand van het programma DylosLogger3.1. De waarden voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} worden hier per minuut weergegeven. In het programma DylosLogger3.1 worden de data in een tekstdocument gezet. De data zijn uit deze tekstdocumenten omgezet in één Excel document (per Dylos meter) met alle data van de meetdagen onder elkaar. In dit document zijn bij de betreffende metingen de data vanuit het meetstation toegevoegd voor luchtvochtigheid, temperatuur en druk. Op het moment dat uit de data van luchtvochtigheid bleek dat deze boven de 70% zaten, dan zijn de gemeten data van de fijnstofmeter verwijderd uit de dataset. De temperatuur is omgezet van Celsius naar Kelvin en de druk is omgezet van mbar naar kPa. De $PM_{2.5}$ en PM_{10} zijn vervolgens gecorrigeerd voor de temperatuur en druk met de formule:

$$'Ruwe\ data\ Fijnstof' * \left(\frac{temperatuur}{273}\right) * \left(\frac{101,3}{druk}\right) = 'gecorrigeerde\ data\ Fijnstof'$$

Hierna zijn de uitschieters verwijderd met het programma Jamovi. In Jamovi is de 'gecorrigeerde data fijnstof' per dagmeting ingevoerd. Met Jamovi is voor de data per dagmeting per Dylos meter een exploration functie uitgevoerd. Hiermee zijn de IQR (Interquartile range), Q1 en Q3 bepaald voor de betreffende data. Ook is telkens een bijbehorende Box plot gemaakt in Jamovi. Aan de hand van de IQR, Q1 en Q3 zijn de uitschieters verwijderd. Hierbij zijn de volgende formules gebruikt: $Q1 - (1,5 * IQR)$ en $Q3 + (1,5 * IQR)$. Alle data die boven of onder deze waarden uitkwamen zijn verwijderd uit de dataset als uitschieters (Stringfixer, z.d.). Op de data zijn vervolgens de correctiefactoren voor PM_{2.5} of PM₁₀ toegepast voor de betreffende Dylos fijnstofmeter die bepaald zijn tijdens de kalibratiemetingen. Dit proces is herhaald voor alle drie de fijnstofmeters voor alle dagmetingen.

Voor alle drie de fijnstofmeters zijn vervolgens per dagmeting uurgemiddelden berekend voor PM_{2.5} en PM₁₀. Deze uurgemiddelden zijn in een nieuw Excel document ingevoerd waar ze zijn gekoppeld aan de datum, locatie en tijdperiode. Ook het uurgemiddelde voor luchtvochtigheid, temperatuur, en druk zijn daarbij ingevoerd, afkomstig van het meetstation. Vervolgens zijn de uurgemiddelden voor PM_{2.5} en PM₁₀ gemeten door het meetstation toegevoegd. Daarnaast zijn windrichting en windsnelheid toegevoegd. De uurgemiddelde data voor windrichting en windsnelheid zijn opgehaald van het weerstation KNMI Volkel. Dit is gedaan omdat de windrichting en windsnelheid aangegeven door het meetstation in Molenhoek zeer lokaal is en geen relevant en betrouwbaar beeld geeft van de actuele windrichting en snelheid in Rosmalen.

In een Excel bestand, zie bijlage 1 Excel bestand 1, zijn de meetwaarden van het meetstation voor de periode 07-01-22 tot 31-5-22 weergegeven. Hierin zijn de daggemiddelden waarden voor PM_{2.5}, PM₁₀, NO, NO₂ en NO_x weergegeven. In dit bestand is ook de verkeersintensiteit per dag van de A59 langs de wijken Molenhoek en Maliskamp ingevoegd voor de periode 07-01-22 tot 31-5-22. De verkeersintensiteit is afkomstig van de website <https://dexter.ndwcloud.nu/opendata>. De locaties waarvan de data verkeersintensiteit zijn opgevraagd, is te zien in bijlage 1, figuur 16.

In beide Excel documenten zijn draaitabellen van de data toegevoegd. Aan de hand van de draaitabellen zijn eenvoudig selecties gemaakt voor de fijnstofconcentraties op meetlocatie, wijk, datum, week, maand en windrichting. Vervolgens zijn hiervan grafieken en tabellen gemaakt.

In ARCGis Pro zijn overzichtskaarten gemaakt. In ARCGis Pro zijn de gemiddelde fijnstofconcentraties PM_{2.5} en PM₁₀, voortkomend uit de Excel documenten, ingevoerd. In ARCGis Pro is het onderzoeksgebied voor Molenhoek geselecteerd met daarbinnen alle sectoren waar gemeten is. In elke sector zijn de bijbehorende fijnstofconcentraties ingevuld waarbij aan elke waarden een kleur toegekend is. Vervolgens zijn hier lay-outs van gemaakt.

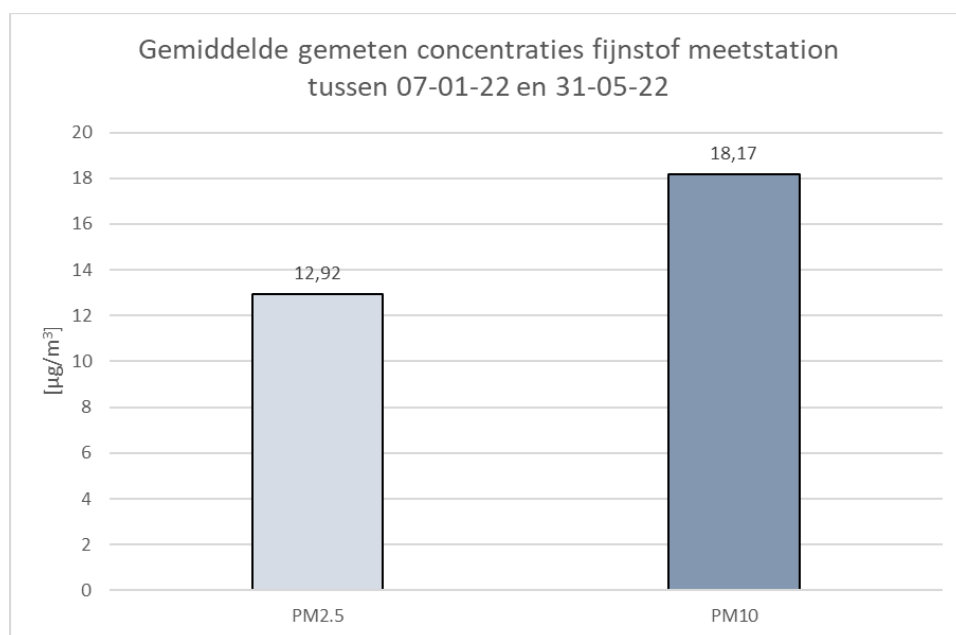
Voor het onderzoeken van correlatie tussen NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5}, PM₁₀ en verkeersintensiteit zijn statistiek testen uitgevoerd in Jamovi. Hiervoor is gebruik gemaakt van de correlation matrix en de daarbij behorende statistische stappen zijn genomen om de correlatie te bepalen (Tilburg University, z.d.). Hierbij is aangenomen dat een r-waarde tussen 0-0.3 een zwakke correlatie aangeeft, een r-waarde tussen 0.3-0.5 geeft een gemiddelde correlatie aan en een r-waarde groter dan 0.5 geeft een sterke correlatie aan (Statisticus Solutions, 2021). Om te kijken of sprake is van een significant verschil tussen Molenhoek-Maliskamp en tussen verschillende sectorgebieden is in Jamovi gebruik gemaakt van de onafhankelijke T-toets. Hiervoor zijn de stappen genomen die behoren bij de onafhankelijke T-toets om de significantie te bepalen (Aarts & Wouters, 2018).

4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de meetresultaten getoond van het onderzoek in de onderzoekgebieden Molenhoek en Maliskamp. Eerst wordt gekeken naar fijnstof- en andere luchtkwaliteitsmetingen door het meetstation in Molenhoek. Daarna worden de resultaten van de metingen door de losse Dylos fijnstofmeters in Molenhoek en Maliskamp getoond. Als laatst worden de fijnstof metingen vergeleken met de Europese normeringen en WHO-richtlijnen.

4.1 Resultaten meetstation Molenhoek

Doordat het vaste meetstation continu metingen verricht heeft, heeft deze een grotere dataset gevormd dan de losse fijnstofmeters. De data die hieronder worden getoond komen van de periode 7 Januari 2022 tot 31 Mei 2022, dit komt overeen met 3480 uur aan metingen.



Figuur 17

Gemiddelde gemeten fijnstofconcentraties door het meetstation in Molenhoek

In figuur 17 zijn de gemiddelde fijnstofconcentraties te zien die door het meetstation in Molenhoek is gemeten tussen 1 Januari en 31 Mei. In deze periode is voor PM_{2.5} een gemiddeld fijnstofconcentratie van 12,92 µg/m³ (SD=7,85) gemeten, voor PM₁₀ is dit 18,17 µg/m³ (SD=9,51).

Tabel 3

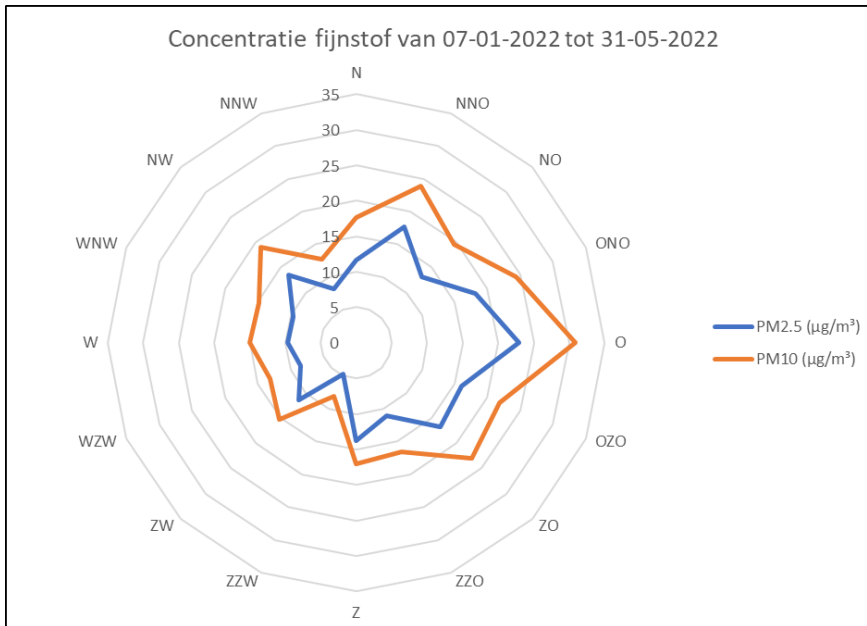
Gemiddelde gemeten fijnstofconcentraties per maand 2022 door meetstation Molenhoek

	PM _{2.5} Concentratie (µg/m ³)	PM ₁₀ Concentratie (µg/m ³)
Januari	16,93	20,96
Februari	8,33	12,15
Maart	20,09	27,22
April	9,79	14,40
Mei	10,22	16,30

In tabel 3 zijn de gemiddelde fijnstofconcentraties voor de maanden Januari tot Mei weergegeven. Hierin is te zien dat in Maart de hoogste concentratiegemiddelden zijn gemeten voor zowel PM_{2.5} als PM₁₀. De laagste fijnstofconcentratiegemiddelden zijn gemeten in Februari.

4.1.1 Fijnstofconcentraties bij de verschillende windrichtingen

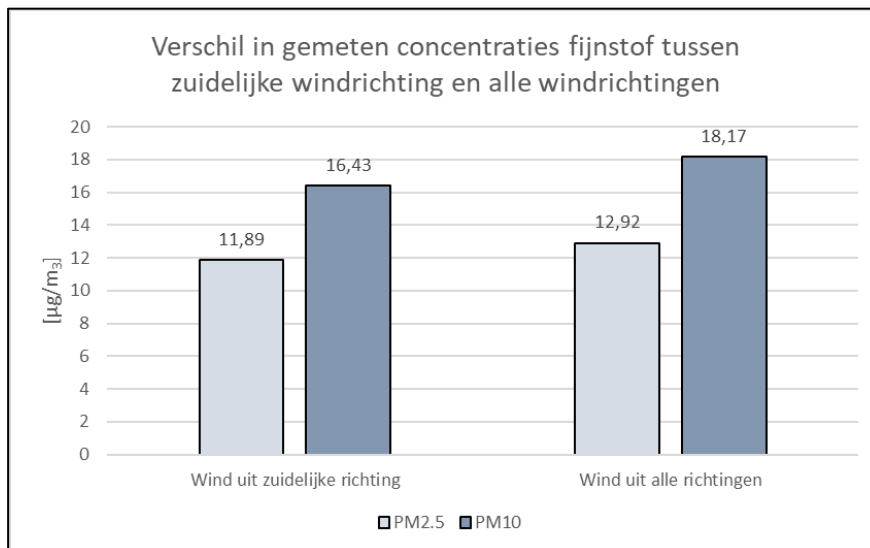
In figuur 18 is de door het meetstation gemeten concentratie fijnstof uitgezet per windrichting.



Figuur 18

Gemiddelde fijnstofconcentraties per windrichting

Figuur 18 laat zien dat wanneer de wind uit het Oosten komt, de fijnstofconcentratie voor zowel PM_{2.5} als PM₁₀ het hoogst is. Bij de windrichting ZZW is een zeer lage concentratie voor PM_{2.5} en PM₁₀. Dit komt doordat in de periode tussen 7 Januari en 31 Mei alleen op 14 Februari de wind uit deze richting heeft gewaaid, met een lage fijnstofconcentratie. Dit wil dus niet zeggen dat als de wind vaker uit ZZW zou waaien de fijnstofconcentratie altijd laag is.



Figuur 19

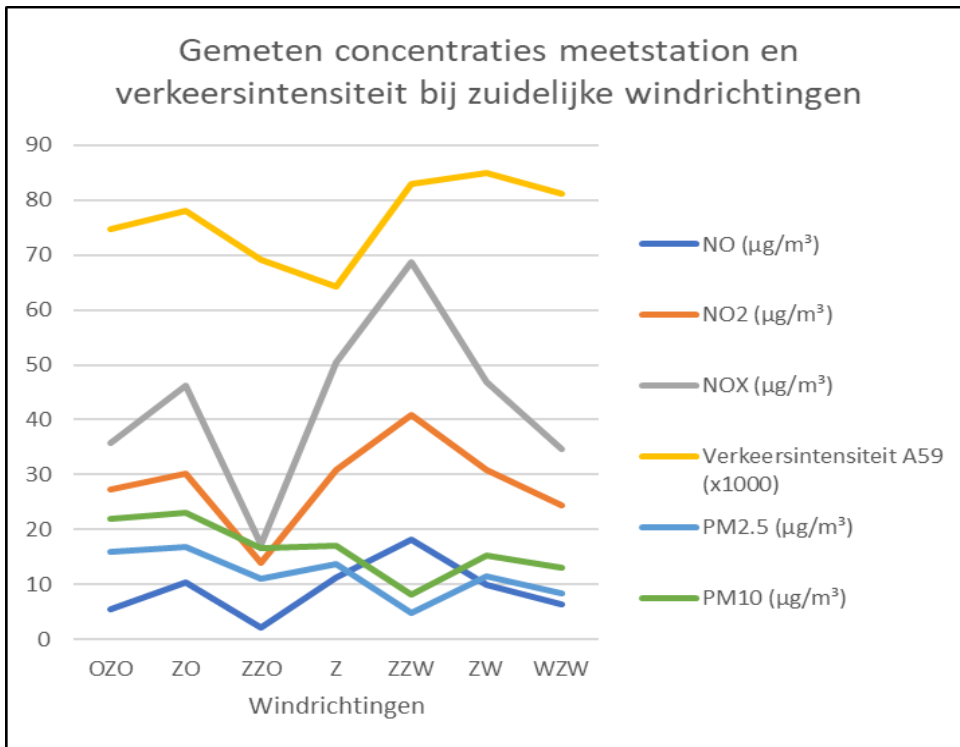
Fijnstof concentratieverschillen tussen wind uit een Zuidelijke richting en wind uit alle richtingen

Figuur 19 laat zien dat als de wind uit een zuidelijke richting waait, vanaf de snelweg A59, de fijnstofconcentratie lager is dan de gemiddeld gemeten fijnstofconcentratie over de gehele periode tussen 7 Januari en 31 Mei. Voor PM_{2.5} is dit een verschil van 7,97% en voor PM₁₀ is dit verschil 9,58%. In bijlage 1 tabel 4 en tabel 5 zijn naast de gemeten concentraties voor PM_{2.5} en PM₁₀ ook de

windsnelheid, concentratie NO_x, concentratie NO₂, luchtvochtigheid, temperatuur en druk weergegeven.

4.1.2 Verkeerintensiteit A59 en luchtkwaliteit

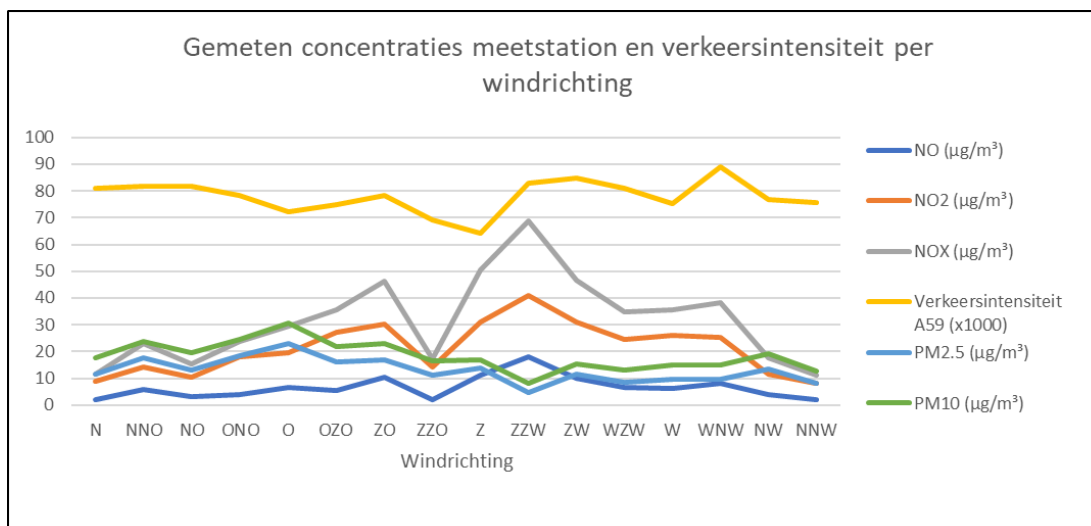
In figuur 20 zijn de door het meetstation gemeten concentraties voor NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5} en PM₁₀ weergegeven bij de zuidelijke windrichtingen, met daarbij de verkeersintensiteit van de snelweg A59. Bij een zuidelijke windrichting is de wind afkomstig van de snelweg en kan een eventuele invloed van het verkeer worden gezien. In bijlage 1 tabel 6 zijn de concentraties weergegeven en het aantal dagen dat is gemeten per windrichting.



Figuur 20

Gemeten concentraties (NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5} en PM₁₀) door het meetstation en de verkeersintensiteit van de A59 bij zuidelijke windrichtingen voor de periode 07-01 tot 31-05.

In figuur 20 is te zien dat de waarden voor NO, NO₂ en NO_x met elkaar toenemen en afnemen. Ditzelfde geldt voor PM_{2.5} en PM₁₀ met elkaar. Echter is geen duidelijk patroon zichtbaar tussen de verkeersintensiteit, NO/NO₂/NO_x en PM_{2.5}/PM₁₀.



Figuur 21

Gemeten concentraties (NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5} en PM₁₀) door het meetstation en de verkeersintensiteit van de A59 bij alle windrichtingen voor de periode 07-01 tot 31-05.

In figuur 21 is te zien dat wanneer de wind vanaf de snelweg afkomstig is (OZO, ZO, ZZO, Z, ZZW, ZW, WZW) de gemeten NO, NO₂ en NO_x concentraties hoger zijn dan bij de andere windrichtingen. De enige uitzondering hierop is ZZO. Bij de zuidelijke windrichtingen zijn de concentraties voor NO_x (87%), NO (99%) en NO₂ (79%) hoger dan bij andere de andere windrichtingen. Ook hier is te zien dat geen duidelijk patroon zichtbaar is tussen de verkeersintensiteit, NO/NO₂/NO_x en PM_{2.5}/PM₁₀. In bijlage 1 tabel 7 zijn de gemeten concentraties weergegeven en het aantal dagen dat is gemeten per windrichting.

In bijlage 1 figuur 22 zijn de gemeten concentraties (NO, NO₂ en NO_x) en verkeersintensiteit uitgezet per dag over de periode 07-01-22 tot 31-05-22.

In tabel 8 is de correlation matrix weergegeven tussen NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5}, PM₁₀ en verkeersintensiteit. In bijlage 6 zijn de hypothesen weergegeven en in bijlage 6 in figuur 23 tot figuur 25 zijn de bijbehorende correlatie matrix plotten voor NO – PM_{2.5}, NO₂ – PM_{2.5} en NO_x – PM_{2.5} te zien.

Tabel 8

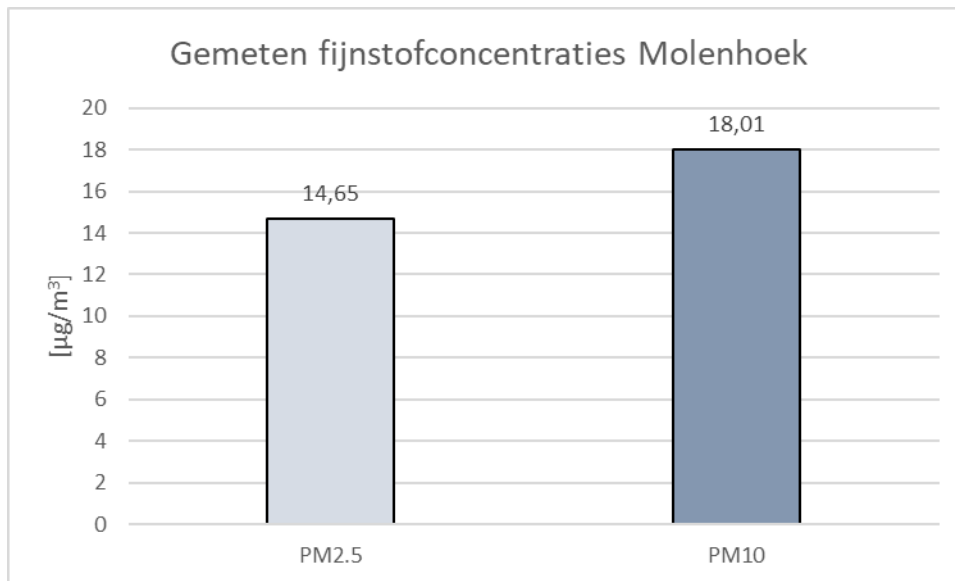
Correlation Matrix tussen NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5}, PM₁₀ en verkeersintensiteit

Correlation Matrix		NO	NO₂	NO_x	PM_{2.5}	PM₁₀
PM_{2.5}	<i>P-value</i>	<0.001	0.023	<0.005		
	<i>Pearson's r</i>	0.396	0.136	0.341		
PM₁₀	<i>P-value</i>	0.05	0.258	0.139		
	<i>Pearson's r</i>	0.24	0.136	0.182		
Verkeersintensiteit	<i>P-value</i>	0.546	0.224	0.192	0.901	0.346
	<i>Pearson's r</i>	-0.073	-0.143	-0.158	0.015	0.113

In tabel 8 is te zien dat voor NO–PM_{2.5}, NO₂–PM_{2.5} en NO_x–PM_{2.5} de P-value lager is dan 0.05. In deze gevallen is dus sprake van een significante correlatie. De correlatiecoëfficiënt voor NO – PM_{2.5} is 0.396 wat een lage of zwakke correlatie betekend. De correlatiecoëfficiënt voor NO₂ – PM_{2.5} is 0.136 wat overeenkomt met nauwelijks of geen correlatie. De correlatiecoëfficiënt voor NO_x – PM_{2.5} is 0.341 wat een lage of zwakke correlatie betekend. Voor PM₁₀ en verkeersintensiteit zijn de P-values hoger dan 0.05 wat betekent dat er geen significante correlatie met NO, NO₂ en NO_x is.

4.2 Resultaten Dylos fijnstofmeters Molenhoek

In onderzoekgebied Molenhoek is in totaal voor 273 uur aan fijnstof metingen verricht met de Dylos fijnstofmeters. In bijlage 7 zijn de gemeten uur waarden voor PM_{2.5} en PM₁₀ weergegeven met de daarbij behorende temperatuur, luchtdruk, windrichting, windsnelheid en luchtvochtigheid.



Figuur 26

Gemiddelde gemeten fijnstofconcentraties in Molenhoek met Dylos fijnstofmeters

In figuur 26 zijn de gemiddelde fijnstofconcentraties van PM_{2.5} en PM₁₀ te zien, die gemeten zijn in Molenhoek tijdens het onderzoek met de Dylos fijnstofmeters. Gedurende de meetdagen is de gemiddelde fijnstofconcentratie 14,65 µg/m³ (SD=13,7) die gemeten is voor PM_{2.5}, voor PM₁₀ is dit 18,01 µg/m³ (SD=13,6). In bijlage 5 is te zien wanneer de meetdagen zijn uitgevoerd.

Tabel 9

Gemiddelde fijnstofconcentratie en aantal gemeten uren per week voor Molenhoek

Week	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Aantal uren gemeten	Meetstation PM _{2.5} (µg/m ³)	Meetstation PM ₁₀ (µg/m ³)
14	31,88	35,26	87	33,42	46,81
17	7,36	10,51	45	9,44	14,95
18	6,24	8,12	51	7,60	18,75
21	6,27	10,56	71	8,73	21,48
22	6,91	11,12	19	8,04	17,91
Eindtotaal	14,65	18,01	273	16,46	27,72

In tabel 9 is te zien dat in week 14 door zowel de Dylos fijnstofmeters als het meetstation veel hogere fijnstofconcentraties gemeten zijn dan in de andere weken. Dit komt waarschijnlijk door meteo inversie. Een warme luchtlaag in de hoge atmosfeer die koude lucht naar beneden dwingt. Hierdoor blijven stofdeeltjes hangen in de onderste luchtlaag en kan niet mengen met verse lucht. Hierdoor neemt de concentratie van stofdeeltjes in de lucht toe en dus ook de PM_{2.5} en PM₁₀ (KMI, z.d.). In onderstaande figuren 27 tot 30 zijn de meetgegevens uit week 14 niet meegenomen.

In figuur 27 en figuur 28 zijn de fijnstofconcentraties $PM_{2.5}$ en PM_{10} voor Molenhoek weergegeven. In beide figuren is te zien dat geen duidelijk patroon aanwezig is betreffende de spreiding van de fijnstofconcentraties. Wel is te zien dat de spreiding van $PM_{2.5}$ en PM_{10} bijna identiek is aan elkaar.



Figuur 27

Fijnstofconcentratie $PM_{2.5}$ Molenhoek bij alle gemeten windrichtingen



Figuur 28

Fijnstofconcentratie PM_{10} Molenhoek bij alle gemeten windrichtingen

In figuur 29 en figuur 30 zijn de fijnstofconcentraties $PM_{2.5}$ en PM_{10} voor Molenhoek bij windrichtingen vanaf de snelweg weergegeven.



Figuur 29
Fijnstofconcentratie $PM_{2.5}$ bij windrichting vanaf de snelweg A59



Figuur 30
Fijnstofconcentratie PM_{10} bij windrichting vanaf de snelweg A59

In figuur 29 voor $PM_{2.5}$ is te zien dat de concentraties in de sectoren aan de snelweg A59 hoger liggen dan in de rest van Molenhoek. Echter is geen sprake van een duidelijke afname van de concentratie bij een toenemende afstand tot de snelweg. In figuur 30 voor PM_{10} is te zien dat de fijnstofconcentratie spreiding vrijwel gelijk is als bij $PM_{2.5}$.

Om te kijken of spraken is van een significant hoger fijnstofniveau in Molenhoek aan de zijde van de A59 ten opzichte van een afnemende afstand in Molenhoek, wordt gekeken naar sectoren B1, B2 en B3. In deze sectoren zijn in Molenhoek de meeste uren aan data verzameld.

Tabel 10

Gemiddelde fijnstofconcentraties voor sectoren B1, B2 en B3 in Molenhoek bij een windrichting vanaf de snelweg A59

Gebied	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Aantal uren gemeten	Windsnelheid (m/s)	Afstand tot A59 (meters)
Molenhoek B1	11,97	16,42	17	5,71	250
Molenhoek B2	9,65	13,86	23	5,30	155
Molenhoek B3	10,23	14,49	24	5,25	60
Gemiddeld	10,48	14,78	64	5,39	

In tabel 10 is te zien dat in sector B voor 64 uur aan metingen zijn verricht op het moment dat de wind vanaf de A59 afkomstig was. In figuur 14 is te zien waar de metingen in sector B zijn verricht.

De volgende hypothese geldt voor een mogelijk significant fijnstof concentratieverschil tussen sector B2 en B3

- H₀: in sector B3 wijkt de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ niet significant af van de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ in sector B2 (p>0.05).
- H₁: in sector B3 wijkt de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ wel significant af van de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ in sector B2 (p<0.05).

De P-waarde uit de Mann-Whitney U test voor PM_{2.5} is P=0.708 en voor PM₁₀ is P=0.634. Voor zowel PM_{2.5} als PM₁₀ geldt dat er geen significant fijnstof concentratieverschil tussen sector B2 en B3 is.

De volgende hypothese geldt voor een mogelijk significant fijnstof concentratieverschil tussen sector B1 en B3

- H₀: in sector B3 wijkt de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ niet significant af van de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ in sector B1 (p>0.05).
- H₁: in sector B3 wijkt de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ wel significant af van de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ in sector B1 (p<0.05).

De P-waarde uit de Mann-Whitney U test voor PM_{2.5} is P=0.61 en voor PM₁₀ is P=0.518. Voor zowel PM_{2.5} als PM₁₀ geldt dat er geen significant fijnstof concentratieverschil tussen sector B1 en B3 is.

In tabel 11 zijn de fijnstofconcentraties voor de sectoren B2, B3 en E1 weergegeven bij een windrichting vanaf de snelweg A59. In figuur 14 is te zien waar deze sectoren gelegen zijn. De fijnstofmeter in sector E1 heeft hier op 2,5 meter van de geluidswal aan de A59 gehangen. De fijnstofmeter in sector B3 op 50 meter van de geluidswal en de fijnstofmeter in sector B2 op 145 meter van de geluidswal.

Tabel 11

Gemiddelde fijnstofconcentraties voor sectoren B2, B3 en E1 in Molenhoek bij een windrichting vanaf de snelweg A59

Gebied	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Aantal uren gemeten	Windsnelheid (m/s)	Afstand tot geluidswal (meters)
Molenhoek B2	6,77	10,70	5	4,00	145
Molenhoek B3	7,81	12,15	6	4,00	50
Molenhoek E1	7,54	11,93	5	4,00	2,5

In tabel 11 is te zien dat de fijnstofconcentratie in sector E1 voor PM_{2.5} en PM₁₀ lager liggen dan in B3 maar dat dit een zeer beperkt concentratieverschil is. Ook is te zien dat in sector B2 de fijnstofconcentratie voor PM_{2.5} en PM₁₀ lager liggen dan in sectoren B3 en E1.

4.3 Resultaten Dylos fijnstofmeters Maliskamp

In onderzoekgebied Maliskamp zijn op de meetlocaties Maliskamp 1, Maliskamp 2 en Maliskamp 3 elk 36 uur aan fijnstof metingen verricht. In figuur 15 is te zien waar de meetlocatie zijn gelegen. Meetlocatie Maliskamp 1 ligt 94 meter van de snelweg af, Maliskamp 2 op 198 meter en Maliskamp 3 ligt op 315 meter afstand van de snelweg.

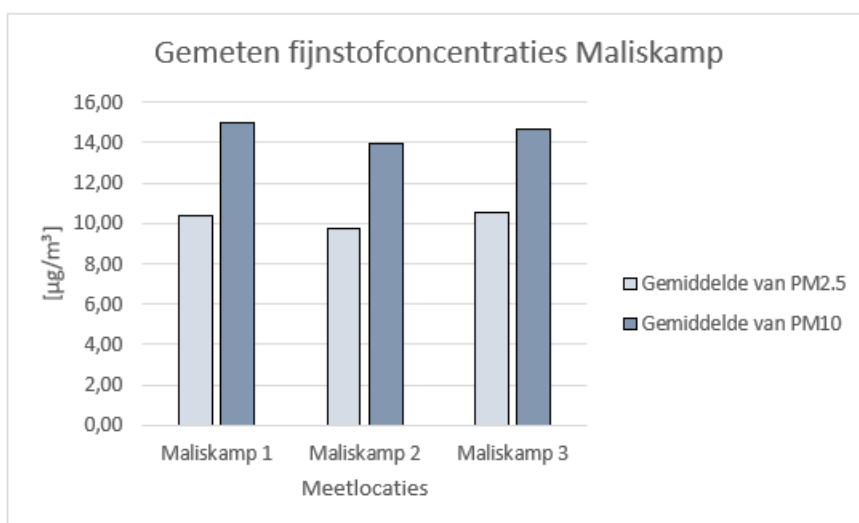
In bijlage 8 zijn de gemeten uur waarden voor PM_{2.5} en PM₁₀ weergegeven met de daarbij behorende temperatuur, luchtdruk, windrichting, windsnelheid en luchtvochtigheid.

In tabel 12 en figuur 31 zijn de gemiddelden gemeten waarden voor PM_{2.5} en PM₁₀ weergegeven.

Tabel 12

Gemeten fijnstofconcentraties Maliskamp

Locatie	PM _{2.5} [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	Aantal uren gemeten	Afstand tot geluidswal (meters)
Maliskamp 1	10,35	14,97	36	94
Maliskamp 2	9,78	13,92	36	198
Maliskamp 3	10,52	14,69	36	315
Gemiddelde Maliskamp	10,23	14,53		

**Figuur 31**

Gemiddeld gemeten fijnstofconcentraties PM_{2.5} en PM₁₀ in Maliskamp

Tabel 12 en figuur 31 tonen aan dat het verschil in fijnstofconcentratie tussen de drie meetlocaties minimaal is. Tabel 12 toont aan dat de hoogste gemiddelde waarde voor PM_{2.5} op locatie 3 is gemeten. Locatie 3 ligt het meest van de snelweg af. De hoogste gemiddelde waarde voor PM₁₀ is op locatie 1 gemeten, wat het dichtst bij de snelweg gelegen ligt. De gemiddeld gemeten fijnstofconcentraties in Maliskamp zijn voor PM_{2.5} 10,23 µg/m³ (SD=3,79) en voor PM₁₀ 14,53 µg/m³ (SD=6,08).

Tabel 13

Gemiddelde fijnstofconcentraties voor Maliskamp en Molenhoek bij de windrichtingen N/NNW/NO/NW/ONO

Gebied	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Aantal uren gemeten	Windsnelheid (m/s)
Maliskamp	10,23	14,51	90	3,30
Molenhoek	11,94	14,10	60	4,55

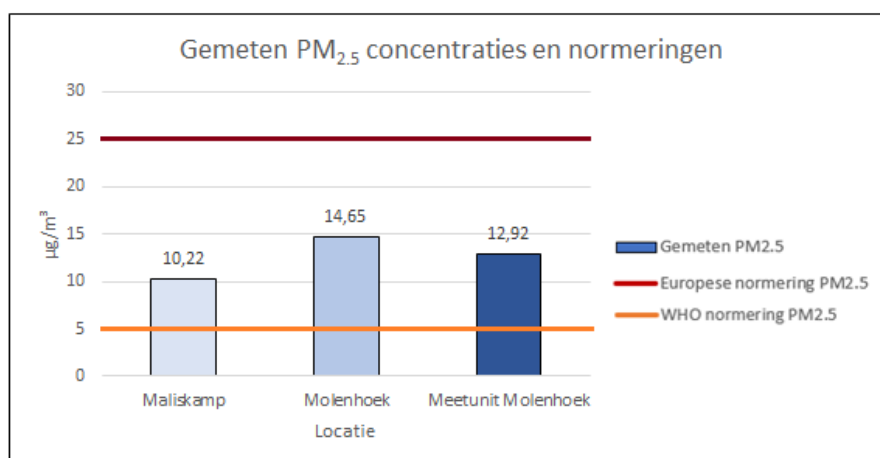
In tabel 13 zijn de gemiddelde gemeten fijnstofconcentraties voor PM_{2.5} en PM₁₀ te zien voor Maliskamp en Molenhoek bij windrichtingen N/NNW/NO/NW/ONO. In Maliskamp zijn alleen bij deze windrichtingen de metingen verricht waardoor voor de vergelijking ook voor Molenhoek alleen naar deze windrichtingen wordt gekeken. Door de twee gebieden met elkaar te vergelijken kan bekeken worden of er een significant verschil in fijnstofconcentratie is. Hierbij is sprake van de volgende hypothesen:

- H₀: in Maliskamp wijkt de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ niet significant af van de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ in Molenhoek (p>0.05).
- H₁: in Maliskamp wijkt de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ wel significant af van de fijnstofconcentratie PM_{2.5}/PM₁₀ in Molenhoek (p<0.05).

De P-waarde uit de Mann-Whitney U test voor PM_{2.5} is P=0.121 en voor PM₁₀ is P=0.002. Voor PM_{2.5} betekent deze P-waarde dat H₀ wordt aangenomen. Voor PM₁₀ geldt bij deze P-waarde dat H₁ wordt aangenomen.

4.4 Gemeten fijnstofconcentraties en wettelijke normen

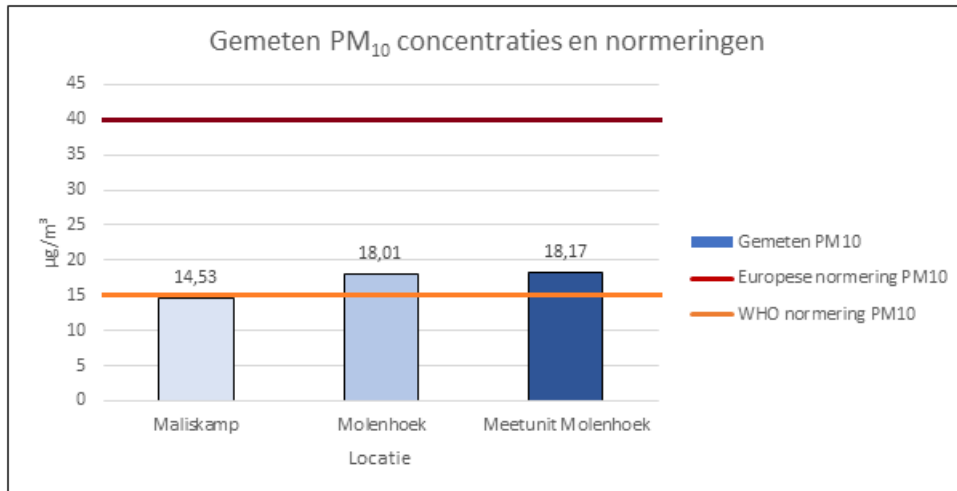
In figuur 32 en figuur 33 zijn de PM_{2.5} en PM₁₀ concentraties te zien voor Maliskamp en Molenhoek met daarbij de Europese normeringen en WHO-richtlijnen.



Figuur 32

PM_{2.5} concentraties Maliskamp en Molenhoek en Europese en WHO-normeringen

In figuur 32 zijn de gemiddelde concentraties te zien voor PM_{2.5} die zijn gemeten in Maliskamp, Molenhoek en de meetunit in Molenhoek. Daarbij worden ook de Europese norm (25 µg/m³) en WHO-richtlijn (5 µg/m³) getoond. Deze Europese norm en WHO-richtlijn zijn jaargemiddelden. Voor de Europese norm is te zien dat de concentraties in Maliskamp en Molenhoek ruim onder de norm uitkomen. Voor de WHO-richtlijnen is dit niet het geval.

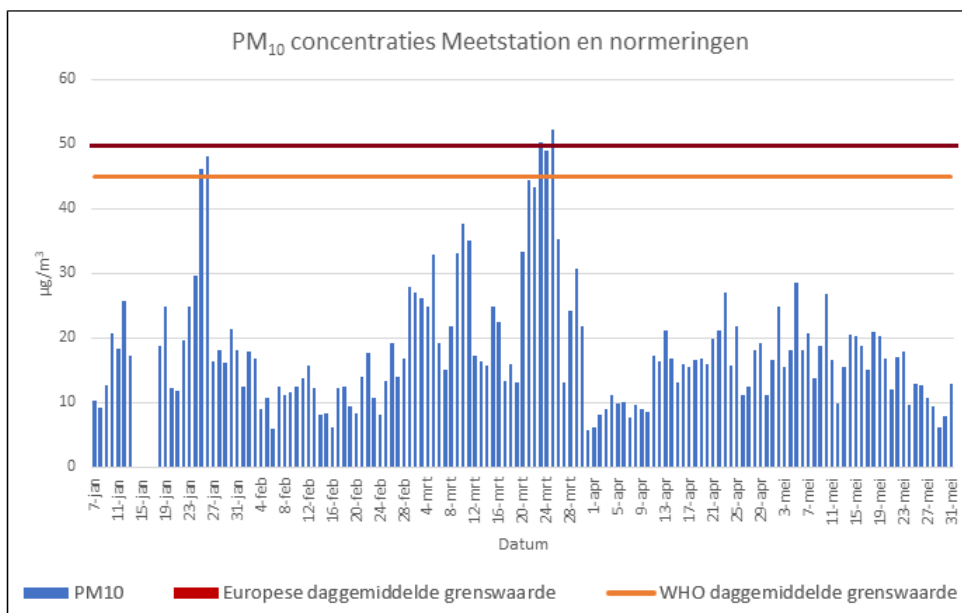


Figuur 33

PM₁₀ concentraties Maliskamp en Molenhoek en Europese en WHO-normeringen

In figuur 33 zijn de gemiddelde concentraties te zien voor PM₁₀ die zijn gemeten in Maliskamp, Molenhoek en door de meetunit in Molenhoek. Daarbij worden ook de Europese norm (40 µg/m³) en WHO-richtlijn (15 µg/m³) getoond. Ook dit zijn jaargemiddelde. Ook voor PM₁₀ is te zien dat de fijnstofconcentraties in Maliskamp en Molenhoek ruim onder de Europese norm uitkomen. Voor de WHO-richtlijnen is dat alleen het geval voor Maliskamp.

In figuur 34 is de gemiddelde fijnstofconcentratie van PM₁₀ per dag te zien die door het meetstation Molenhoek gedurende de periode 07-01-22 tot 31-05-22 is gemeten.



Figuur 34

Daggemiddelde fijnstofconcentraties PM₁₀ gemeten door het meetstation Molenhoek en de Europese- en WHO-daggemiddelde grenswaarden

In figuur 34 is naast de PM_{10} concentratie ook de Europese- en WHO-daggemiddelde grenswaarden te zien. De PM_{10} concentratie gedurende de periode 07-01-22 tot 31-05-22 komt tweemaal boven de Europese grenswaarden uit. Volgens de Europese normering mag dit maximaal 35 keer per jaar overschreden worden. De PM_{10} concentratie overschrijdt de WHO-grenswaarde vijfmaal.

5. Discussie

Voor de periode 07-01-22 tot 31-05-22 heeft het meetstation een gemiddelde fijnstofconcentratie voor $PM_{2.5}$ gemeten van $12,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($SD=7,85$) en voor PM_{10} een concentratie van $18,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($SD=9,51$). Voor $PM_{2.5}$ ligt de fijnstofconcentratie hoger dan werd verwacht uit de modelering van het RIVM ter plaatse van Molenhoek. De gemodelleerde waarde voor $PM_{2.5}$ was tussen de $\leq 9,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $\leq 9,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De gemeten $PM_{2.5}$ concentratie in Molenhoek komt wel vrijwel overeen met de achtergrondconcentratie in Nederland van $11-12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De gemeten PM_{10} concentratie van $18,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ komt iets boven de gemodelleerde waarden van het RIVM uit met een concentratie tussen $\leq 16,57$ en $17,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De gemodelleerde waarden van het RIVM worden gemaakt op basis van langjarige luchtkwaliteitsmetingen (RIVM, 2013-b). De cijfers van het meetstation zijn gebaseerd op een periode van vijf maanden, waardoor de concentraties sneller beïnvloed worden door uitschieters of ongewone meteo omstandigheden. Zoals veel meer wind uit een specifieke windrichting dan op jaarbasis verwacht.

Het meetstation heeft de hoogste waarden voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} gemeten bij een oostelijke windrichting. Dit komt overeen met het gegeven dat de oostenwind in Nederland de meest vervuilde wind is (IPLO, z.d.). Oostenwind brengt veel vervuilde lucht uit het buitenland (Duitsland) mee. Daartegen is de westenwind relatief een 'schone wind' doordat de wind relatief schone zeelucht aanvoert. Ook in de metingen is te zien dat de fijnstofconcentraties bij westenwind het laagst zijn.

Bij een zuidelijke wind, komend vanaf de snelweg, zijn de gemeten fijnstofconcentraties in Molenhoek door het meetstation lager dan de gemiddelde fijnstofconcentratie van alle windrichtingen. Ondanks het verkeer op de A59 heeft de zuidelijke windrichting dus niet een grotere impact op de fijnstofconcentraties dan de andere windrichtingen. Dit komt voornamelijk door de fijnstofconcentraties die zijn gemeten bij een oosten windrichting. Wel zijn de NO_x , NO_2 en NO -concentraties hoger bij de zuidelijke windrichtingen, komend vanaf de snelweg, in vergelijking met de andere windrichtingen. De NO_x , NO_2 en NO ontstaan bij verbrandingsprocessen in voertuigen (Milieu Centraal, z.d.-a) (Shon, Kim & Song, 2011). Hierbij is dus duidelijk de invloed van de voertuigen op de A59 te zien op de gemeten concentraties. Het feit dat dit niet naar voren komt in de fijnstofconcentraties kan verklaard worden doordat NO_x op kortere afstanden nog niet omgevormd wordt tot fijnstof. Hierdoor is de NO_x ook een betere indicatie voor impact van verkeer dan de fijnstofconcentratie (Milieu Centraal, z.d.-a).

Uit de gemeten concentraties blijkt dat geen duidelijk patroon aanwezig is tussen $NO/NO_2/NO_x - PM_{2.5}/PM_{10}$ – verkeersintensiteit. Als de verkeersintensiteit toeneemt of afneemt op de A59 dan nemen de $NO/NO_2/NO_x$ of $PM_{2.5}/PM_{10}$ concentraties niet in gelijke trend toe of af. Daarnaast is alleen sprake van significante correlatie (P -value $\leq 0,023$) tussen $PM_{2.5}$ en $NO/NO_2/NO_x$, echter is dit een zwakke correlatie (Pearson's $r \leq 0,396$). Tussen verkeersintensiteit - $NO/NO_2/NO_x/PM_{10}$ en verkeersintensiteit - $PM_{2.5}/PM_{10}$ is geen sprake van correlatie (P -value $\geq 0,05$). Dit is tegenstrijdig met literatuuronderzoeken. Daarbij zijn de $NO/NO_2/NO_x$ concentraties wel hoger bij windrichting vanaf de snelweg. Ook voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} zijn de resultaten niet in verwachting met eerdere onderzoeken, de $PM_{2.5}$ wordt indirect gelinkt aan de verbrandingsprocessen van voertuigen terwijl PM_{10} vrijkomt bij bandenslijtage en remslijtage van voertuigen (Naser et al., 2009).

Met de Dylos fijnstofmeters is de gemiddeld gemeten fijnstofconcentratie in Molenhoek voor $PM_{2.5}$ ($14,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$; SD van $13,7$) een flink stuk hoger dan de gemodelleerde concentratie. De PM_{10} concentratie ($18,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$; SD van $13,6$) zit maar net boven de gemodelleerde concentratie en komt bijna overeen met de gemeten PM_{10} concentraties ($18,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) van het meetstation. In totaal zijn

voor 273 uur aan metingen verricht in Molenhoek met de Dylos fijnstofmeters. Hierdoor zijn de data zeer gevoelig voor uitschieters en geven de cijfers wellicht een vertekend beeld weer. Zo waren de metingen in week 14 voor PM_{2,5} (31,88 µg/m³; SD van 11,9) en PM₁₀ (35,26 µg/m³; SD van 11,7) vele malen hoger dan in de daaropvolgende weken met de gemiddelde concentraties voor PM_{2,5} (6,59 µg/m³; SD van 1,86) en PM₁₀ (9,94 µg/m³; SD van 2,25). De hoge concentraties in week 14 zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan meteo inversie. Meteo inversie betekent dat de temperatuur in een laag van de atmosfeer een omgekeerd verloop heeft ten opzichte van de normale situatie. Een warme luchtlaag in de hoge atmosfeer dwingt de koude lucht naar beneden. Hierdoor blijven stofdeeltjes hangen in de onderste luchtlaag en kunnen deze niet mengen met verse lucht. Hierdoor neemt de concentratie van stofdeeltjes in de lucht toe en dus ook de PM_{2,5} en PM₁₀ concentraties (KMI, z.d.).

Bij het in kaart brengen van de fijnstofconcentraties voor Molenhoek is de verspreiding van PM_{2,5} en PM₁₀ vrijwel gelijk aan elkaar. Voor beide liggen de concentraties aan de snelweg zijde hoger maar is geen duidelijke afname te zien bij een toenemende afstand tot de snelweg A59. Ook is geen sprake van een significant fijnstof concentratieverschil tussen de sector dicht bij de snelweg ten opzichte van de sectoren verder van de snelweg af (bij windrichtingen vanaf de snelweg). Dit kan verklaard worden door de invloed van de gebouwen in de omgeving. De fijnstofmeters zijn op een hoogte van 3 meter geplaatst, echter zijn de gebouwen in de omgeving hoger dan deze hoogte. Gebouwen beïnvloeden de concentraties door afscherming, verspreiding en verdunning. Ook kunnen de gebouwen voor windwervelingen zorgen. Daarnaast kunnen gebouwen de windkracht en windsnelheid beïnvloeden (IPL0, z.d.). Ook kan verkeer van de Oude Baan, noordzijde van Molenhoek, invloed hebben gehad op de gemeten fijnstofconcentraties. Door al deze invloeden kan het zijn dat de gemeten concentraties afwijken van de daadwerkelijke fijnstofconcentraties en de reden dat geen duidelijk patroon in de fijnstofverspreiding te zien is.

Metingen in sector E1, op 2,5 meter van geluidswal, vallen zowel voor PM_{2,5} als PM₁₀ iets lager uit in vergelijking met B3, op 50 meter van geluidswal, met een minimaal verschil van minder dan 0,3 µg/m³. Uit literatuur volgt dat een geluidswal voor een verlaging van de fijnstofconcentratie kan zorgen aan de lizijde door het fijnstof omhoog te stuwen (IPL0, z.d.). Hierbij geldt hoe hoger het geluidsscherm hoe groter de verspreiding van de fijnstof en dus hoe lager de concentratie. Deze verlaging kan gezien worden op een afstand tot 7 maal de hoogte van de geluidswal (Hoffman, 2009). In dit geval met een geluidswal van ongeveer 5 meter kan de verlaging in concentratie te zien moeten zijn tot ongeveer 35 meter afstand van de geluidswal.

In Maliskamp zijn metingen verricht bij windrichtingen vanaf de snelweg. Hierbij is de gemiddelde PM_{2,5} concentratie 10,23 µg/m³ (SD van 3,79) wat 0,44 µg/m³ hoger ligt dan de gemodelleerde concentraties. Terwijl de gemeten PM₁₀ concentratie (14,51 µg/m³; SD van 6,08) ongeveer 2 µg/m³ onder de gemodelleerde concentraties ligt. Bij de noordelijke windrichtingen wijkt de PM_{2,5} concentratie in Maliskamp niet significant (P-value=0,121) af van die in Molenhoek, terwijl PM₁₀ wel significant (P-value=0,002) afwijkt. Het PM₁₀ verschil tussen de twee woonwijken zou verklaard kunnen worden door het verkeer op de A59 waarbij het fijnstof vrijkomt bij wegdekslijtage, bandslijtage en remslijtage (Naser et al., 2009). Echter zou ook verwacht worden dat de PM_{2,5} concentratie in Maliskamp hoger is, terwijl deze bij een Noordelijke windrichting juist hoger is in Molenhoek. Op basis van deze metingen kan hier geen duidelijke reden voor gegeven worden.

In Maliskamp worden de hoogste concentraties gemeten op locatie 3 bij wind afkomend van de snelweg, terwijl deze locatie het meest van de snelweg afgelegen ligt (315 meter). Dit kan verklaard worden doordat metingen op locatie 3 zijn gedaan in een straat met hoge bomen met blad, terwijl op locatie 1 en 2 geen bomen stonden. Uit literatuur blijkt dat bomen voor minder verdunning en

verspreiding van het fijnstof kunnen zorgen. Daarbij neemt de windsnelheid door bomen ook af waardoor nog minder verspreiding van het fijnstof plaatsvindt (IPLO, z.d.).

Voorafgaand aan het onderzoek met de Dylos fijnstofmeters was rekening gehouden met verschillende risico's die het onderzoek konden beïnvloeden en ook de planning was hierop aangepast. Toch bleken een aantal beperkende factoren groter te zijn dan voorafgaand aangenomen.

Voor Molenhoek was de bedoeling om in elke sector voor 30 uur aan metingen te verrichten bij een zuidelijke windrichting, dus komend vanaf de A59. In totaal zou dit 390 uur aan metingen betekenen. Uiteindelijk is voor 273 uur aan metingen verricht met in totaal 129 uur aan metingen bij een zuidelijke windrichting. Van de in totaal 48 mogelijke meetdagen heeft 18 dagen (37,5%) een zuidelijke windrichting gewaaid. Gemiddeld waait de wind 50% van de tijd vanuit zuidelijke windrichting in Nederland, dit is aanzienlijk meer dan in de huidige meetperiode (Faber, 2016). Hierdoor kon niet het beoogd aantal meeturen bij een zuidelijke windrichting gehaald worden, waardoor besloten is om bij alle windrichtingen te meten in Molenhoek om toch een beeld van de fijnstofconcentratie te krijgen. Daarnaast is besloten om in een aantal sectoren meer uren te meten en in andere sectoren minder. Hierdoor konden voor een aantal sectoren toch genoeg relevante data verkregen worden.

Naast de windrichting hebben ook andere meteorologische omstandigheden het onderzoek beperkt. Door regen of dreiging van regen zijn een behoorlijk aantal meetmoment weggevallen, omdat de Dylos fijnstofmeters niet nat mogen worden. Daarbij was vooraf geen rekening gehouden met Saharazand in de lucht in Nederland, ook dit zou de fijnstofmetingen met de Dylos meters beïnvloeden. Hierdoor is ook niet gemeten op dagen waarbij een waarschuwing voor Saharazand is afgegeven.

De Dylos fijnstofmeters zijn zowel aan het begin als eind van het onderzoek gekalibreerd met de gegevens van het meetstation. Dit is gedaan om de afwijking zo klein mogelijk te houden en de betrouwbaarheid van de data te vergroten. Ondanks deze kalibratie bleken de meetdata tussen de Dylos fijnstofmeters en het meetstation soms nog grote verschillen te tonen. Dit is te zien in bijlage 1 tabel 14. Zo tonen de Dylos metingen in sector C3 lagere waarden voor $PM_{2.5}$ ($13,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $SD=11,3$) en PM_{10} ($16,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $SD=10,9$) dan het meetstation voor $PM_{2.5}$ ($15,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $SD=11,7$) en PM_{10} ($26,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $SD=13,3$). De metingen in sector C3 zijn op ongeveer 30 meter van het meetstation uitgevoerd.

Voorafgaand aan het onderzoek bleek dat de data van de Dylos fijnstofmeters gecorrigeerd moesten worden voor luchtvochtigheid terwijl het vaste meetstation hiervoor al is gecorrigeerd. Bij een hoge luchtvochtigheid zijn meer waterdruppels in de lucht aanwezig die door de Dylos fijnstofmeter ook als fijnstof gemeten kan worden. Voor deze correctie was een correctie-sheet beschikbaar gesteld door de leverancier van de Dylos fijnstofmeters om toe te passen op de gemeten data. Echter is al snel besloten om deze correctie niet toe te passen omdat de gecorrigeerde fijnstof waarden voor luchtvochtigheid veel hoger kwamen te liggen en onrealistische concentraties aangaven. Daarnaast kwamen de niet gecorrigeerde fijnstof waarden voor luchtvochtigheid meer overeen met de waarden van het meetstation dan de gecorrigeerde waarden. Wel is gehandhaafd om de data alleen te gebruiken die gemeten zijn bij een luchtvochtigheid van 70% of lager op advies van de leverancier om het effect van luchtvochtigheid te beperken.

Voorafgaand aan de metingen was bepaald dat het onderzoek op de deelvraag "Heeft een groene buffer tussen de A59 en Sparrenburg effect op het fijnstofniveau in vergelijking met Molenhoek waar deze groene buffer niet aanwezig is?" pas uitgevoerd wordt als genoeg meetdata verkregen is voor de andere deelvragen. Door de weeromstandigheden en de daardoor beperkt verkregen meetdata in

Molenhoek en Maliskamp zijn de metingen in Sparrenburg niet uitgevoerd. Dit kan in een vervolgonderzoek alsnog uitgevoerd worden met de Dylos fijnstofmeters. Hierbij kan de methode zoals beschreven in het PVA gebruikt worden. Als opnieuw gebruik gemaakt wordt van de huidige Dylos fijnstof meters uit dit onderzoek, dan zullen deze opnieuw gekalibreerd moeten worden bij een (roulerend of vast) RBL-meetstation.

6. Conclusie

Met dit onderzoeksrapport is inzicht gegeven in de hoofdvraag “Wat is het fijnstofniveau in de woonwijk Molenhoek bij Rosmalen en wat is de bijdrage van het verkeer op de A59 hieraan?”. Hiervoor zijn metingen verricht met een vast meetstation die continue metingen heeft verricht in de periode 7-1-22 tot 31-5-22. Het meetstation voldoet aan de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit (RBL). In deze periode zijn op verschillende momenten ook metingen verricht met mobiele Dylos fijnstofmeters. Deze Dylos fijnstofmeters voldoen niet aan de RBL eisen, wel zijn ze gekalibreerd met het vaste meetstation.

De gemiddelde fijnstofconcentratie in Molenhoek, gemeten door het meetstation, voor $PM_{2.5}$ is $12,92 \mu g/m^3$ ($SD=7,85$) en voor PM_{10} is dit $18,17 \mu g/m^3$ ($SD=9,51$). De met de Dylos fijnstofmeter gemiddeld gemeten fijnstofconcentratie voor $PM_{2.5}$ is $14,65 \mu g/m^3$ ($SD=13,7$) en voor PM_{10} is dit $18,01 \mu g/m^3$ ($SD=13,6$).

De gemeten fijnstofconcentraties bij de zuidelijke windrichtingen, komend vanaf de snelweg, zijn lager of gelijk aan de fijnstofconcentraties bij andere windrichtingen. Hierdoor kan gezegd worden dat de snelweg geen of een beperkte invloed heeft op het fijnstofniveau in Molenhoek. Bij de zuidelijke windrichtingen zijn de door het meetstation gemeten concentraties NO_x (87%), NO (99%) en NO_2 (79%) hoger dan bij andere windrichtingen in Molenhoek. Hierdoor is dus te zien dat de snelweg invloed heeft op de $NO_x/NO/NO_2$ concentraties. Bij deze zuidelijke windrichtingen is echter geen verhoging te zien in de $PM_{2.5}$ en PM_{10} concentraties. Wel is sprake van een zwakke correlatie ($P\text{-value} \leq 0,023$; $Pearson's r \leq 0,396$) tussen de $NO_x/NO/NO_2$ en de $PM_{2.5}$ concentraties. Omdat sprake is van een zwakke correlatie tussen $NO_x/NO/NO_2$ en $PM_{2.5}$ heeft de snelweg ook invloed op de $PM_{2.5}$ concentratie, echter is dit niet in de gemeten $PM_{2.5}$ concentraties in Molenhoek terug te zien.

Uit metingen met de Dylos fijnstofmeters blijkt dat de fijnstofconcentratie in Molenhoek voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} direct aan de A59 niet significant verschillen ($PM_{2.5} P\text{-value}=0,708$; $PM_{10} P\text{-value}=0,634$) bij een toenemende afstand tot de A59. De fijnstofconcentratie in Molenhoek neemt niet duidelijk af bij een toenemende afstand tot de snelweg.

Bij de windrichtingen $N/NNW/NO/NW/ONO$ is tussen Molenhoek en Maliskamp geen sprake van een significant verschil ($P\text{-value}=0,121$) in fijnstofniveau voor $PM_{2.5}$. Hierbij zijn de gemeten $PM_{2.5}$ concentraties in Molenhoek $11,94 \mu g/m^3$ ($SD=9,37$) en in Maliskamp $10,23 \mu g/m^3$ ($SD=3,79$). Bij deze windrichtingen is wel sprake van een significant verschil ($P\text{-value}=0,002$) in fijnstofniveau voor PM_{10} . De gemeten PM_{10} concentraties in Molenhoek is hierbij $14,10 \mu g/m^3$ ($SD=9,86$) en in Maliskamp $14,53 \mu g/m^3$ ($SD=6,08$).

De gemeten $PM_{2.5}$ concentratie in Molenhoek ligt ruim onder de Europese norm van $25 \mu g/m^3$. Ook de gemeten PM_{10} concentratie in Molenhoek ligt ruim onder de Europese norm van $40 \mu g/m^3$. Voor zowel $PM_{2.5}$ als PM_{10} liggen de gemeten concentraties boven de WHO-richtlijn van $5 \mu g/m^3$. In Maliskamp ligt de gemeten $PM_{2.5}$ concentratie ($10,23 \mu g/m^3$; $SD=3,79$) alleen onder de EU-normering terwijl de PM_{10} concentratie ($14,53 \mu g/m^3$; $SD=6,08$) lager is voor zowel de Europese normering als de WHO-richtlijn. Hierbij wordt de aantekening geplaatst dat de normen en richtlijnen gebaseerd zijn op jaargemiddelden metingen en in dit onderzoek metingen verricht zijn van een halfjaar en korter.

Uit dit onderzoek blijkt dus dat het fijnstofniveau in Molenhoek ruim onder de huidige Europese normering ligt. De gemeten fijnstofconcentraties geven de indicatie dat voor de wijkbewoners geen aanleiding is tot zorgen over het fijnstofniveau in Molenhoek. Daarnaast blijkt uit dit onderzoek dat de invloed van de A59 beperkt is op het fijnstofniveau in Molenhoek. De invloed van de A59 is wel te zien in de gemeten $NO_x/NO/NO_2$ concentraties maar niet in de gemeten fijnstofconcentratie.

7. Aanbevelingen

Op het gebied van fijnstofconcentraties in Molenhoek wordt aanbevolen om geen verder onderzoek uit te voeren. Uit de metingen met de Dylos fijnstofmeters blijkt dat de fijnstofconcentraties in Molenhoek en Maliskamp ruim onder de huidige Europese normen liggen. Ondanks dat het om een beperkte aantal meetdagen gaat met de Dylos fijnstofmeters, wordt dit wel ondersteund door het meetstation in Molenhoek met een groter aantal meetdagen. De cijfers uit dit onderzoek geven geen aanleiding voor de wijkbewoners of de gemeente 's-Hertogenbosch om zich zorgen te maken over de fijnstofconcentraties in relatie tot de huidige normen, waardoor ruimer of langer onderzoek niet nodig is.

Wil de werkgroep of de gemeente 's-Hertogenbosch alsnog antwoord krijgen op de deelvraag “Heeft een groene buffer tussen de A59 en Sparrenburg effect op het fijnstofniveau in vergelijking met Molenhoek waar deze groene buffer niet aanwezig is?” dan kan dit alsnog uitgevoerd worden met de huidige Dylos fijnstofmeters volgens de opgenomen methode in het PvA. Wel zal hier rekening gehouden moeten worden dat de gemeten waarden van de Dylos fijnstofmeters niet meer vergeleken kunnen worden met het meetstation en hierdoor dus meer als een indicatie zullen dienen.

Daarnaast zal bij verder gebruik van de Dylos fijnstofmeters rekening gehouden moeten worden met het feit dat de fijnstofmeters complexe kennis vereisen in het onderhoud, het gebruik, de kalibratie en in de uitwerking van de data. Bij onjuist gebruik kunnen gemakkelijk onjuiste conclusies getrokken worden.

Literatuurlijst

- Aarts, S., & Wouters, E. (2018, februari). *De t-toets en de analysis of variance, Anova*. Geraadpleegd op 7 juni 2022, van https://www.researchgate.net/publication/323072965_De_t-toets_en_de_analysis_of_variance_ANOVA
- Alliksaar, T., & Ivask, J. (2004). *Dry deposition of fly ash depending on boundary-layer stratification and underlying surface roughness: a model validation study*. Academia. Geraadpleegd op 17 februari 2022, van https://www.academia.edu/19456683/1.16_DRY_DEPOSITION_OF_FLY_ASH_DEPENDING_ON_BOUNDARY-LAYER_STRATIFICATION_AND_UNDERLAYING_SURFACE_ROUGHNESS_A_MODEL_VALIDATION_STUDY
- AlleCijfers (2022). *Vind alle cijfers over je gemeente*. AlleCijfers.nl. Geraadpleegd op 14 februari 2022, van <https://allecijfers.nl/buurt/sparrenburg-den-bosch/>
- ANWB. (2020, 17 maart). *Alles over uitstoot*. Geraadpleegd op 7 juni 2022, van <https://www.anwb.nl/auto/nieuws-en-tips/alles-over-uitstoot>
- ArcGIS (2022, 23 maart). *Gemeenten Bestuurlijke grenzen 2020 [Dataset]*. Geraadpleegd op 25 mei 2022, van <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=178f5a12af3a49f79a15dfebed113ce0>
- Atlasleefomgeving (2022). *Kaarten | Atlas Leefomgeving*. Geraadpleegd op 11 maart 2022, van <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&gm-x=150000&gm-y=460000&gm-z=3&gm-b=1544180834512,true,1;1544969872210,true,0.8;&activateOnStart=layermanager,info&activeTools=layercollection,search,info,bookmark,measure,draw,koeltorens>
- Atlasleefomgeving (2020, 5 oktober). *Hoe is de luchtkwaliteit verdeeld over Nederland en Europa?* Geraadpleegd op 11 februari 2022, van <https://www.atlasleefomgeving.nl/nieuws/hoe-is-luchtkwaliteit-verdeeld-over-nederland-en-europa>
- Atlasleefomgeving (2020). *Fijnstof 2020 (PM10) [Dataset]*. Geraadpleegd op 25 mei 2022, van <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&activateOnStart=info&gm-z=4&gm-x=139140.48000000016&gm-y=500381.4400000004&gm-b=1544180834512%2Ctrue%2C1%3B1643032516846%2Ctrue%2C0.8>
- Atlasleefomgeving (z.d.). *Fijnstof*. Geraadpleegd op 11 februari 2022, van <https://www.atlasleefomgeving.nl/thema/schone-lucht/fijnstof>
- Atlas Natuurlijk Kapitaal (2019). *Fijnstof 2020 (PM2.5) – RIVM [Dataset]*. Geraadpleegd op 25 mei 2022, van <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten?config=58bf95bc-67bf-402d-a355-af211ad33949&gm-x=150000&gm-y=460000&gm-z=3&gm->

b=1544180834512,true,1;1554715635497,true,0.8;&activeTools=layercollection,search,info,bookmark,measure,draw&activateOnStart=layermanager

- Bealey, W., McDonald, A., Nemitz, E., Donovan, R., Dragosits, U., Duffy, T., & Fowler, D. (2007). *Estimating the reduction of urban PM10 concentrations by trees within an environmental information system for planners*. *Journal of Environmental Management*, 85(1), 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.07.007>
- Bijvank, S. O. (2022). *Stakeholderanalyse*. House-of-Control. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://www.house-of-control.nl/stakeholder-analyse-management.html>
- Bioplek (z.d.). *statistiek*. Geraadpleegd op 4 maart 2022, van <https://www.bioplek.org/techniekkartenbovenbouw/techniek99ttoets.html>
- Brabantluchtmeet (2022). *Station Report Rosmalen*. Geraadpleegd op 2 maart 2022, van https://www.brabantluchtmeet.net/StationReportFast.aspx?ST_ID=21
- Buijsman, E., Beck JP., van Bree, L., Cassee FR., Koelemeijer, RBA., Matthijsen, J., Thomas, R., Wieringa, K. (2015, 4 Maart). *Fijn stof nader bekeken*. PBL Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd op 15 februari 2022, van https://www.pbl.nl/publicaties/fijn_stof_nader_bekeken#:~:text=De%20luchtkwaliteit%20voor%20fijn%20stof,circa%20twee%20keer%20zo%20hoog
- CBS (2020). *CBS in uw buurt*. Geraadpleegd op 14 februari 2022, van https://cbsinuwbuurt.nl/#wijken2020_perc_personen_25_tot_45_jaar
- Compendium voor de Leefomgeving. (2021, 25 september). *Fijn stof (PM10) in lucht, 1992–2020*. Geraadpleegd op 17 februari 2022, van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0243-fijn-stof-pm10-in-lucht>
- Compendium voor de Leefomgeving (2019, 8 Augustus). *Fijn stof (PM10) in lucht, 1992–2017*. Geraadpleegd op 17 februari 2022, van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl024316-fijn-stof-pm10-in-lucht>
- European Environment Agency (2018, 29 Januari). *Schonere lucht: goed voor de gezondheid én het klimaat*. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://www.eea.europa.eu/nl/articles/schonere-lucht-goed-voor-de>
- Faber, J. (2016, 8 April). *Buienradar - Blog*. Buienradar. Geraadpleegd op 15 juni 2022, van <https://www.buienradar.nl/nederland/weerbericht/blog/waarom-hebben-we-in-nederland-zo-vaak-zuidwestenwind-b50cdf#:~:text=Gemiddeld%20genomen%20komt%20de%20wind,er%20veel%20anders%20uit%20zien.&text=Rond%20de%20evenaar%20schijnt%20de,hel%20aardoppervlak%20het%20meest%20opgewarmd>
- Fresh Air Solution B.V. (2016). *Conversion Sheet*. Geraadpleegd op 2 maart 2022, van <https://www.fijnstofmeter.com/documentatie/Dylos-Conversion-Sheet.xlsx>
- Fresh Air Solution B.V. (z.d.-a). *Fijnstofmeter DYLOS DC1700-PM*. Geraadpleegd op 2 maart 2022, van <https://fijnstofmeter.com/DC1700-PM.html>

- Fresh Air Solutions B.V. (z.d.-b). *Dylos fijnstofmeters Overzicht*. Geraadpleegd op 2 maart 2022, van <https://fijnstofmeter.com/overzicht.html>
- Hoffman, Ir.M.H.A (2009). *Planten en luchtkwaliteit*. Wageningen Universiteit and Research. Geraadpleegd op 17 februari 2022, van <https://edepot.wur.nl/249772>
- IPLO. (z.d.). *Invloed omgeving op luchtkwaliteit*. Informatiepunt Leefomgeving. Geraadpleegd op 14 juni 2022, van <https://iplo.nl/thema/lucht/vaststellen-luchtkwaliteit/achtergrond/invloed-omgeving-luchtkwaliteit/>
- Kenniscentrum InfoMil (z.d.-a). *Wat is fijnstof?* Geraadpleegd op 8 februari 2022, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/thema'/fijn-stof/fijn-stof/>
- Kenniscentrum InfoMil (z.d.-b). *Normen en regels*. Geraadpleegd op 9 februari 2022, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/thema'/fijn-stof/normen-regels/>
- Kenniscentrum InfoMil. (z.d.-c). *Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 in het kort*. Geraadpleegd op 11 mei 2022, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/regeling-beoordeling/#:%7E:tekst=De%20Regeling%20beoordeling%20luchtkwaliteit%202007,voor%20de%20luchtkwaliteit%20worden%20berekend>
- Kloosterman, R. M. A. (2021, 4 juni). *Klimaatverandering en energietransitie: opvattingen en gedrag van Nederlanders in 2020*. Centraal Bureau voor de Statistiek. Geraadpleegd op 27 mei 2022, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2021/klimaatverandering-en-energietransitie-opvattingen-en-gedrag-van-nederlanders-in-2020?onepage=true>
- KMI. (z.d.). *Inversie*. Koninklijk Meteorologisch Instituut. Geraadpleegd op 9 juni 2022, van <https://www.meteo.be/nl/info/weerwoorden/inversie>
- Milieu Centraal. (z.d.-a). *Stikstof in de lucht en bodem*. Geraadpleegd op 8 juni 2022, van [https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/milieuproblemen/stikstof-in-de-lucht-en-bodem/#:%7E:text=Stikstofoxiden%20\(NOx\)%20komen%20vooral%20van,is%20de%20hoeveelheid%20NOx%20groot](https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/milieuproblemen/stikstof-in-de-lucht-en-bodem/#:%7E:text=Stikstofoxiden%20(NOx)%20komen%20vooral%20van,is%20de%20hoeveelheid%20NOx%20groot)
- Milieu Centraal. (z.d.-b). *Luchtvervuiling: tips tegen fijnstof*. Geraadpleegd op 27 mei 2022, van <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/milieuproblemen/luchtvervuiling/>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2022, 1 Februari). *Minister De Jonge wil verantwoorde invoering Omgevingswet*. Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl. Geraadpleegd op 15 februari 2022, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet/nieuws/2022/02/01/minister-de-jonge-wil-verantwoorde-invoering-omgevingswet>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (z.d.). *Maatregelen tegen luchtvervuiling*. Luchtkwaliteit | Rijksoverheid.nl. Geraadpleegd op 14 februari 2022, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/maatregelen-tegen-luchtvervuiling>

- Naser, T. M., Kanda, B., Ohara, T., Sakamoto, K., Kobayashi, S., Nitta, H., & Nataami, T. (2009, maart). *Analysis of traffic-related NOx and EC concentrations at various distances from major roads in Japan*. ScienceDirect. Geraadpleegd op 7 juni 2022, van <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.02.002>
- NDW Dexter. (2022). *Open Data*. Geraadpleegd op 3 maart 2022, van <https://dexter.ndwcloud.nu/opendata>
- Oosterbaan, A., Tonneijck, A. E. G., & De Vries, E. A. (2006). *Kleine landschapselementen als invangers van fijnstof*. Alterra, Wageningen. <http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterraraapporten/AlterraRapport1419.pdf>
- Rijksoverheid (2017, 17 januari). *Fijnere fractie van fijn stof (PM_{2,5}) in lucht, 2009–2015 | Compendium voor de Leefomgeving*. Geraadpleegd op 11 maart 2022, van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0532-fijnere-fractie-van-fijn-stof-pm-25#:~:text=De%20gemeten%20stedelijke%20achtergrondconcentraties%20van,%20%20C2%B5g%20Fm3>).
- RIVM (2021, 5 Juli). *Luchtkwaliteit verbeterd in 2020*. Geraadpleegd op 9 februari 2022, van [https://www.rivm.nl/nieuws/luchtkwaliteit-verbeterd-in-2020#:~:text=Uit%20de%20nieuwe%20kaarten%20met,PM\)%20bevatte%20dan%20in%202019](https://www.rivm.nl/nieuws/luchtkwaliteit-verbeterd-in-2020#:~:text=Uit%20de%20nieuwe%20kaarten%20met,PM)%20bevatte%20dan%20in%202019)
- RIVM (2013, 19 maart). *Dossier "Fijn stof"*. Geraadpleegd op 9 februari 2022, van <https://www.rivm.nl/dossier-fijn-stof>
- RIVM (2013, 23 januari). *Modelleren*. RIVM. Geraadpleegd op 14 juni 2022, van <https://www.rivm.nl/fijn-stof/modelleren#:~:text=Stofvormige%20luchtverontreiniging%20en%20bestanddelen%20ervan,meestal%20'modellen'%20C%20ingezet>
- RIVM (2010). *Bronnen per component van luchtverontreiniging*. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/toelichting-en-tools-luchtkwaliteit/toelichting-en-tools-luchtkwaliteit/Bronnen-per-component>
- RIVM (z.d.-a). *Hoe schoon is onze lucht? Ook benieuwd naar het antwoord?* Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://www.rivm.nl/media/milieu-en-leefomgeving/hoeschoonisonzelucht/>
- RIVM (z.d.-b). *Vaststellen van luchtkwaliteit*. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/blootstelling-aan-luchtverontreiniging/vaststellen-van-luchtkwaliteit>
- RIVM (z.d.-c). *Grootschalige Concentratie- en Depositiekaarten Nederland (GCN en GDN)*. RIVM. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://geodata.rivm.nl/gcn/>
- Schone lucht akkoord (z.d.). *Schone lucht akkoord*. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://www.schoneluchtakkoord.nl/>
- Schaubroeck, T., Deckmyn, G., Neiryck, J., Staelens, J., Adriaenssens, S., Dewulf, J., Muys, B., & Verheyen, K. (2014). *Multilayered Modeling of Particulate Matter Removal by a Growing*

Forest over Time, From Plant Surface Deposition to Washoff via Rainfall. Environmental Science & Technology, 48(18), 10785–10794. <https://doi.org/10.1021/es5019724>

Sharma, R., & Mishra, A. K. (2022). *Role of essential climate variables and black carbon in climate change: Possible mitigation strategies*. Biomass, Biofuels, Biochemicals, 31–53. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823500-3.00005-4>

Shon, Z., Kim, K. & Song, S. (2011, Juni). Long-term trend in NO₂ and NO_x levels and their emission ratio in relation to road traffic activities in East Asia. ScienceDirect. Geraadpleegd op 7 Juni 2022, van <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.03.009>

Statistics Solutions. (2021, 9 juni). *Pearson's Correlation Coefficient*. Geraadpleegd op 7 juni 2022, van <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/pearsons-correlation-coefficient/>

Stringfixer. (z.d.). *Uitbijter*. Geraadpleegd op 7 juni 2022, van <https://stringfixer.com/nl/Outliers>

Tilburguniversity. (z.d.) *Regressie-Analyse*. Geraadpleegd op 1 Juni 2022, van https://www.tilburguniversity.edu/sites/default/files/download/regressie_2.pdf

UvA Wiki (2016). *Outliers - Methodologiewinkel*. Geraadpleegd op 3 maart 2022, van <https://wiki.uva.nl/methodologiewinkel/index.php/Outliers>

VAQUUMS Project (z.d.). *Project description*. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://vaquums.eu/about>

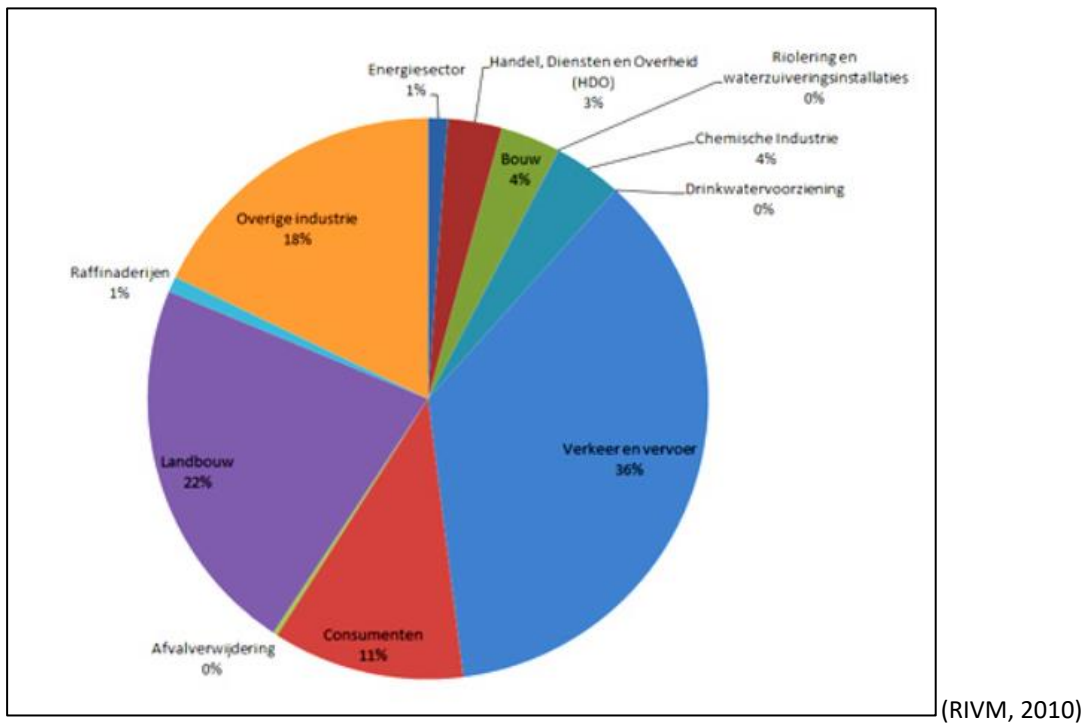
Wegenwiki (2021, 9 December). *A59 (Nederland)*. Geraadpleegd op 22 februari 2022, van [https://www.wegenwiki.nl/A59_\(Nederland\)](https://www.wegenwiki.nl/A59_(Nederland))

Wiel, A. (2021, 5 september). *Fijn stof sensoren vergeleken*. Scapeler. Geraadpleegd op 10 maart 2022, van <https://www.scapeler.com/index.php/2021/02/01/fijn-stof-sensoren-vergeleken/>

World Health Organisation (2021, 22 September). *Ambient (outdoor) air pollution*. Geraadpleegd op 9 februari 2022, van [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

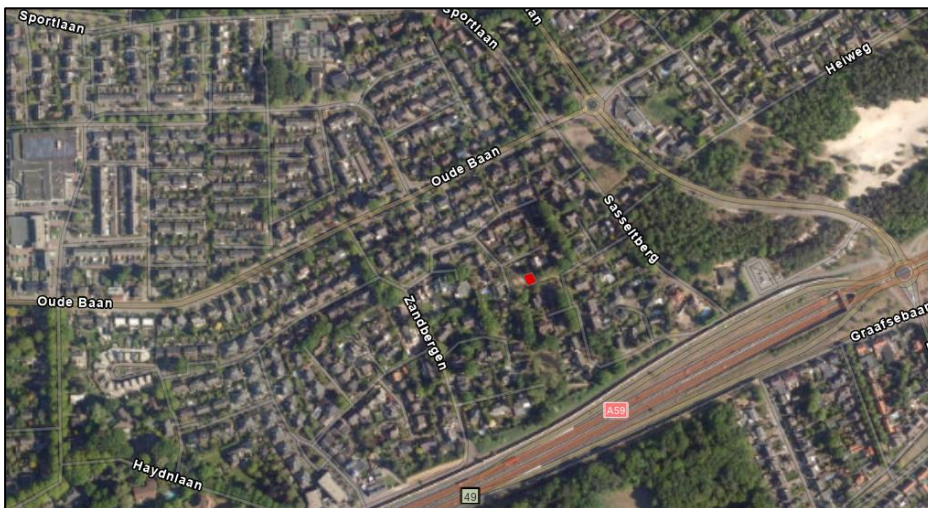
Bijlage

Bijlage 1. Figuren en tabellen rapportage



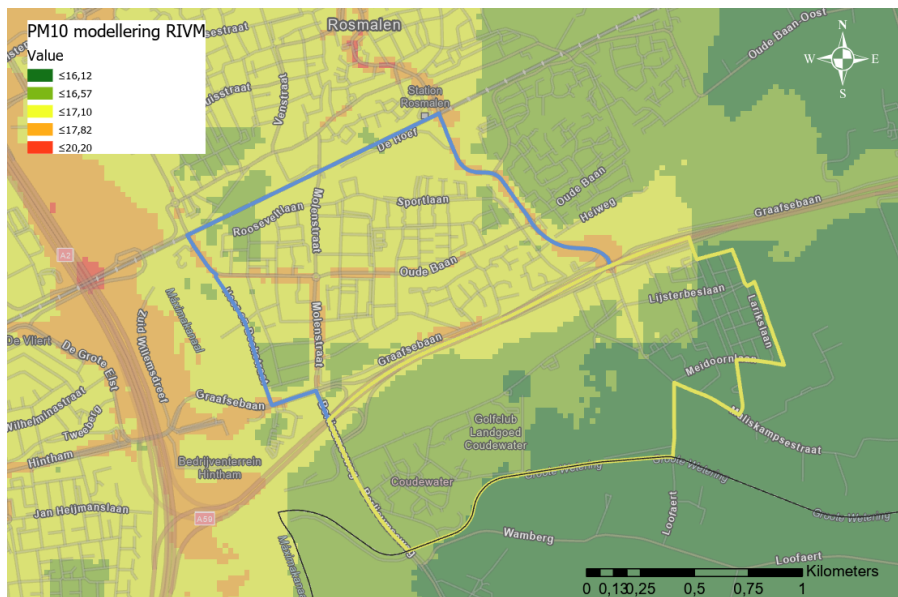
Figuur 2

Emissie fijnstof (PM₁₀) per sector



Figuur 5

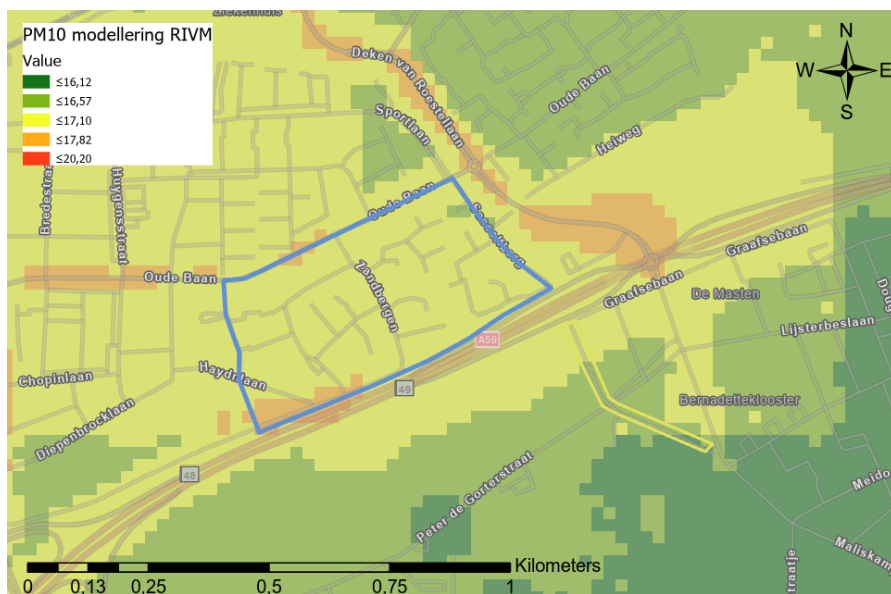
Locatie meetstation in woonwijk Molenhoek, Rosmalen



(Atlasleefomgeving, 2020-b)

Figuur 8

Modelberekening 2020, PM_{10} in $\mu g/m^3$ voor de woonwijken Molenhoek (blauw) en Maliskamp (geel)



(Atlasleefomgeving, 2020-b)

Figuur 9

Modelberekening 2020, PM_{10} in $\mu g/m^3$ voor de onderzoeksgebieden Molenhoek (blauw) en Maliskamp (geel)

Humidity Correction	
Humidity [%]	Dry Correction
0-19	10,1
20-24	8,75
25-29	8
30-34	8
35-39	8
40-44	7
45-49	6
50-54	5,75
55-59	5,5
60-64	5,5
65-69	3,5
70-74	3,5
75-79	3,75
80-84	2,25
85-89	1,5
90-94	0,825
95-100	0,525

Figuur 11

Humidity correction factor voor de Dyllos DC 1700-PM

Tabel 2

Aantal uren per locatie gemeten

Locatie	Aantal uren gemeten
Maliskamp 1	36,00
Maliskamp 2	36,00
Maliskamp 3	36,00
Molenhoek A1	11,00
Molenhoek A2	11,00
Molenhoek A3	11,00
Molenhoek B1	38,00
Molenhoek B2	45,00
Molenhoek B3	46,00
Molenhoek C1	18,00
Molenhoek C2	12,00
Molenhoek C3	18,00
Molenhoek D1	11,00
Molenhoek D2	11,00
Molenhoek D3	17,00
Molenhoek E1	24,00

Datum	Tijd	PM _{2.5} Concentratie (µg/m ³)	PM ₁₀ Concentratie (µg/m ³)	Verkeersintensiteit A59 (x1000)	Windricht	Windsnelhe	RH	Temper	Pressur	NO _x (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NOX (µg/m ³)
		µg/m ³	µg/m ³				%	°C	mBar	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
7-1-2022	00:00	7,9	10,2	69,397	ZW	5,8	85,3	3	1010		15,8	
8-1-2022	00:00	7,4	9,1	47,821	Z	5,4	91,3	2	1002		16,8	
9-1-2022	00:00	8,2	12,6	39,082	WZW	3,8	86,2	4	998		16,9	
10-1-2022	00:00	18,5	20,8	76,449	Z	1,9	91,9	1	1018		34,1	
11-1-2022	00:00	16	18,4	80,599	Z	2,5	86	1	1030	7,2	33,9	45
12-1-2022	00:00	23,4	25,8	81,236	ZW	2,1	92,6	3	1037	5,7	36,2	45,1
13-1-2022	00:00	16,7	17,2	82,432	ZW	3,5	98,7	2	1038	19,4	48,7	78,5
14-1-2022	00:00			81,154	ZZW	2,2				32,4	44,2	94
15-1-2022	00:00			53,521	ZO	3,1				8,8	35,5	49,1
16-1-2022	00:00			42,385	ZW	4,6				5,6	29,4	38
17-1-2022	00:00			80,216	W	2,9				2,9	26,3	30,8
18-1-2022	00:00	14,9	18,7	83,859	W	1	93,8	5	1035	9,9	36,3	51,6
19-1-2022	00:00	20,7	24,8	83,024	ZW	3,7	92,6	3	1024	15,9	37,2	61,8
20-1-2022	00:00	6,5	12,2	85,088	WNW	3	80,3	3	1026	6,2	38,5	48,1
21-1-2022	00:00	6,6	11,9	83,99	W	3	86,5	3	1036	10,1	47,3	62,8
22-1-2022	00:00	15,4	19,6	54,589	W	2,5	88,4	5	1035	13,2	43	63,2
23-1-2022	00:00	21,6	24,8	42,848	Z	1,4	87,6	6	1036	30,8	42,8	90,1
24-1-2022	00:00	27,3	29,7	78,536	ZO	1,3	79,5	4	1035	34,7	43,1	96,3
25-1-2022	00:00	40,8	46,2	83,942	NNO	0,8	79,3	3	1035	31,4	39,4	87,6
26-1-2022	00:00	42,6	48,1	86,214	ZW	4,1	82	3	1028	21,3	44,9	77,6
27-1-2022	00:00	12,5	16,3	86,72	WZW	5,6	85	6	1024	7,1	38,7	49,6
28-1-2022	00:00	12,8	18	84,095	WZW	3,9	80,6	6	1031	17,4	47,7	74,5
29-1-2022	00:00	13,1	16,2	61,623	WZW	6,6	83,5	8	1024	11	36,4	53,4
30-1-2022	00:00	11,6	21,4	48,928	W	3,3	69,8	6	1026	9,9	41,5	56,7
31-1-2022	00:00	11	18,1	79,229	WNW	6,4	81,4	5	1011	2,9	25,9	30,4
1-2-2022	00:00	7,8	12,4	85,827	WZW	5,6	84,5	6	1015	7,9	38,4	50,5
2-2-2022	00:00	12	17,8	86,277	W	3,6	81,5	8	1018	18,5	42,9	71,4
3-2-2022	00:00	14,3	16,7	88,381	ZW	5,8	86,8	7	1013	29,4	48,6	93,8

Excel bestand 1

Data meetstation en verkeersintensiteit

Locatieselectie aanpassen

Tabel Klembord

Alle locaties (18407)

ID	Naam	Alissen	Meetgegevens	Wegnummer	Richting
<input type="checkbox"/>	GAD02_Amstd_29_0	? na Amsterdam ri ?	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	ZW
<input type="checkbox"/>	GAD02_Amstd_30_0	? na Amsterdam ri ?	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	NO
<input type="checkbox"/>	GAD02_Amstd_31_0	Piet Heinkade na Brug over de ...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	≤100
<input type="checkbox"/>	GAD02_Amstd_31_2	De Ruijterkade na Michiel de R...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	≤100
<input type="checkbox"/>	GAD02_Amstd_33_0	Nieuwe Hemweg na Spaarda...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	≤101
<input type="checkbox"/>	GAD02_Amstd_33_2	Nieuwe Hemweg na Spaarda...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	≤101

Geselecteerde locaties (4)

ID	Naam	Alissen	Meetgegevens	Wegnummer	Richting
<input checked="" type="checkbox"/>	RWS01_MONIBAS_0591hr...	A59 eastBound naar Oss op kn...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	A59
<input checked="" type="checkbox"/>	GEOOC_Z_RWST1360597	A59 naar Oss na afrit 48 ri afrit ...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	A59
<input checked="" type="checkbox"/>	GEOOC_Z_RWST1360598	A59 naar Oss na afrit 48 ri afrit ...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	A59
<input checked="" type="checkbox"/>	RWS01_MONIBAS_0591hr...	A59 westBound naar Zonzeel n...	Geen waarde	Snelheid en intensiteit	A59

Figuur 16

Locaties waarbij verkeersintensiteit is opgevraagd

Tabel 4

Gemiddelde gemeten waarden Meetstation 07 Januari tot 31 Mei 2022

Maand	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Luchtvochtigheid (%)	Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	Druk (mbar)
Januari	16,93	20,96	85,82	3,90	1025,67
Februari	8,33	12,15	77,30	6,32	1014,04
Maart	20,09	27,22	60,73	7,42	1021,87
April	9,79	14,40	65,17	9,47	1013,53
Mei	10,22	16,30	66,55	14,55	1016,71
Eindtotaal	12,92	18,17	69,98	8,68	1017,97

Tabel 5

Gemiddelde gemeten waarden Meetstation 07 Januari tot 31 Mei 2022

Maand	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Windsnelheid (m/s)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Januari	16,93	20,96	3,38	36,02	61,15
Februari	8,33	12,15	5,98	39,97	57,32
Maart	20,09	27,22	3,08	20,35	28,96
April	9,79	14,40	4,07	11,06	14,64
Mei	10,22	16,30	3,07	10,69	14,75
Eindtotaal	12,92	18,17	3,89	22,85	33,21

Tabel 6

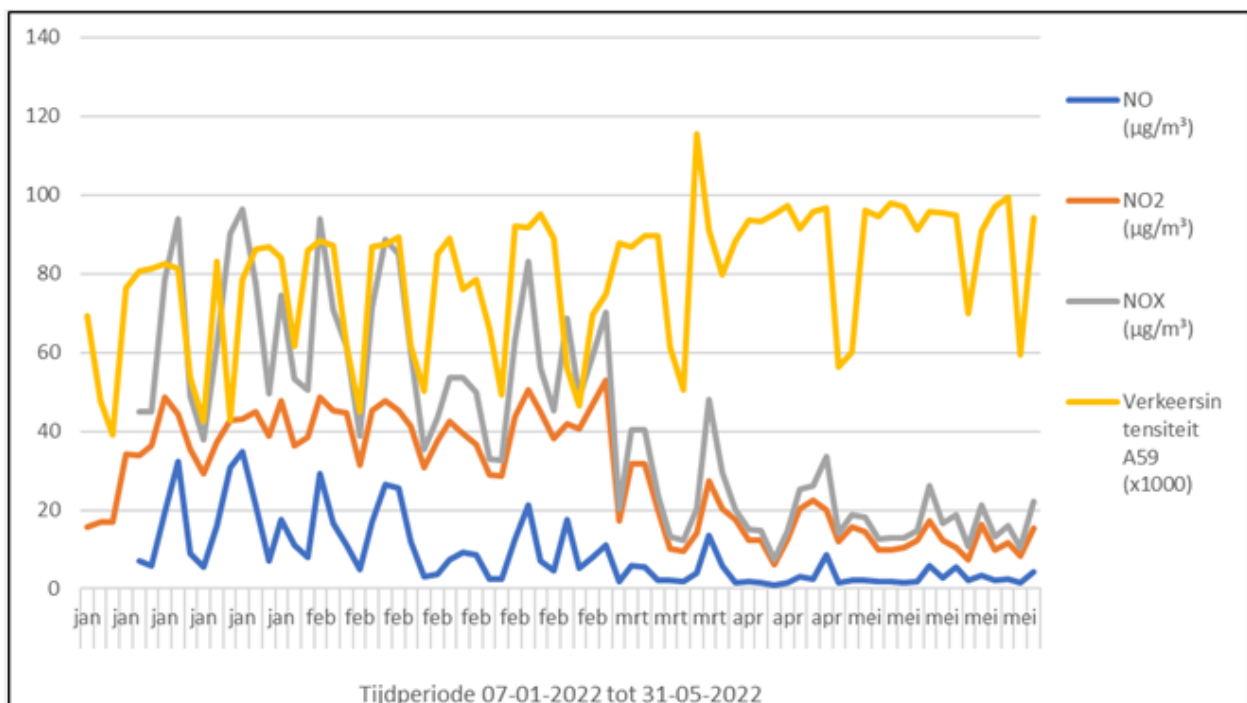
Gemeten concentraties (NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5} en PM₁₀) door het meetstation, het aantal meetdagen per windrichting en de verkeersintensiteit van de A59 bij zuidelijke windrichtingen voor de periode 07-01 tot 31-05.

Windrichting	NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aantal dagen	Verkeersintensiteit A59 (x1000)
OZO	5,48	27,21	35,71	16,00	21,90	8,00	74,73
ZO	10,34	30,23	46,18	16,79	23,01	9,00	78,17
ZZO	2,10	14,03	17,33	11,17	16,67	3,00	69,21
Z	11,30	30,83	50,40	13,83	17,00	7,00	64,34
ZZW	18,10	40,85	68,70	4,80	8,20	2,00	83,01
ZW	9,96	30,83	46,79	11,46	15,25	26,00	84,89
WZW	6,40	24,34	34,65	8,45	13,11	19,00	81,10

Tabel 7

Gemeten concentraties (NO , NO_2 , NO_x , $PM_{2.5}$ en PM_{10}) door het meetstation, het aantal meetdagen per windrichting en de verkeersintensiteit van de A59 bij alle windrichtingen voor de periode 07-01 tot 31-05.

Windrichting	NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Verkeersintensiteit A59 (x1000)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aantal dagen
N	1,88	8,74	11,72	80,99	11,60	17,64	5
NNO	5,73	14,15	23,03	81,74	17,68	23,92	11
NO	3,12	10,54	15,44	81,71	13,12	19,50	11
ONO	3,82	17,96	23,89	78,42	18,23	24,34	10
O	6,40	19,55	29,38	72,19	22,93	30,80	6
OZO	5,48	27,21	35,71	74,73	16,00	21,90	8
ZO	10,34	30,23	46,18	78,17	16,79	23,01	9
ZZO	2,10	14,03	17,33	69,21	11,17	16,67	3
Z	11,30	30,83	50,40	64,34	13,83	17,00	7
ZZW	18,10	40,85	68,70	83,01	4,80	8,20	2
ZW	9,96	30,83	46,79	84,89	11,46	15,25	26
WZW	6,40	24,34	34,65	81,10	8,45	13,11	19
W	6,16	26,07	35,58	75,24	9,66	14,96	16
WNW	8,20	25,42	38,08	89,13	9,56	14,80	5
NW	3,95	11,55	17,70	76,64	13,50	19,05	2
NNW	1,84	8,14	11,04	75,61	8,24	12,80	5
Gemiddelde	6,67	22,85	33,21	79,13	12,92	18,17	145

**Figuur 22**

Gemeten concentraties (NO , NO_2 en NO_x) en verkeersintensiteit bij zuidelijke windrichtingen voor periode 07-01 tot 31-05.

Tabel 14

Vershil in fijnstofconcentraties tussen Dylos meter en Meetstation in sector C3.

Rijlabels	Gemiddelde van PM2.5	Gemiddelde van PM10	Gemiddelde van Meetstation PM2.5	Gemiddelde van Meetstation PM10	Aantal van tijdperiode
⊕ Molenhoek C3	13,45	16,05	15,62	26,81	18,00
Eindtotaal	13,45	16,05	15,62	26,81	18,00

Bijlage 2. Materialen

De volgende materialen zijn in het onderzoek gebruikt:

- Meters:
 - 3x fijnstofmeter Dylos DC 1700-PM Air Quality Monitor
 - Net adapter
 - USB-to-COM
 - Statief
 - Meetstation Rosmalen
- Bevestiging materialen:
 - Tie wraps
 - Ladder
- Computerprogramma's
 - Excel (Office Professional Plus 2019)
 - Dylos Logger
 - Jamovi (versie 2.2.5)
 - ArcGis Pro (versie 2.4.0)

Bijlage 3. Kalibratie fijnstofmeters

Fijnstof meten met Dylos meters naast het meetstation

Voor gebruik van de Dylos fijnstofmeters is het van belang dat deze volledig zijn opgeladen, hierna kunnen metingen verricht worden. De drie Dylos fijnstofmeters zijn op een afstand binnen 10 meter van het meetstation geplaatst op hun statieven, waarbij ze onderling een afstand van 2 meter houden. De inlaat van de fijnstofmeters is in de richting van de heersende windrichting geplaatst. De fijnstofmeters hebben in totaal 7,65 uur elke minuut de fijnstofconcentraties PM_{2,5} en PM₁₀ in µg/m³ gemeten.

Gemeten data corrigeren voor luchtvochtigheid

Na uitvoering van de kalibratiemeting is de data uitgelezen op de computer. Hiervoor is de Dylos fijnstofmeter verbonden met de computerdoormiddel van de USB-to-COM. De data is vervolgens met het softwareprogramma Dylos Log uitgelezen. In de Dylos Log wordt de data omgezet in een Tekstbestand. Het gevormde Tekstbestand is vervolgens geïmporteerd in Excel. In Excel wordt de data dan per minuut weergegeven. In Excel kon de data gecorrigeerd worden voor luchtvochtigheid en de bijbehorende correctiefactor die is aangeleverd door de leverancier van de Dylos fijnstofmeter (Fresh Airs Solution B.V., 2016). De luchtvochtigheid op de gemeten tijdsperiode is afgeleid van het meetstation op de website Brabant Lucht Meet (<https://www.brabantluchtmeet.net>). De data zou dan volgens de volgende formule gecorrigeerd worden voor de luchtvochtigheid:

$$Data * RH * Correctiefactor = gecorrigeerde\ data\ luchtvochtigheid$$

In eerste instantie is deze correctie voor luchtvochtigheid uitgevoerd. Uiteindelijk is het uitvoeren van correctie voor luchtvochtigheid verwijderd doordat de gecorrigeerde waren onrealistische data aangaven aan de hand van de correctiefactor die de leverancier aanleverden. Ook in vergelijking met het meetstation.

Gemeten waarden herleiden naar standaard druk en temperatuur

Wanneer de data via de Dylos Logs omgezet was in Excel moest deze vervolgens herleid worden naar standaard druk en temperatuur. De data voor temperatuur en druk die behoorde bij de kalibratiemeting zijn afgelezen vanuit het meetstation op de website Brabant Lucht Meet (<https://www.brabantluchtmeet.net>). Voor temperatuur wordt gebruik gemaakt van (T in Kelvin / 273) en voor druk (101,3 / P in kPa). Temperatuur wordt op het meetstation in graden weergegeven en daarvoor moet hierbij nog 273,15 worden opgeteld. De druk van het meetstation wordt weergegeven in mbar en moet dus nog vermenigvuldigd worden met een factor 0,1 om kPa te krijgen. De formule wordt dan: $Ruwe\ data * \left(\frac{T}{273}\right) * \left(\frac{101,3}{P}\right)$

In figuur 35 deze stap in een Excel bestand weergegeven. Deze stap moet voor PM_{2,5} en PM₁₀ los van elkaar uitgevoerd worden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Datum	Tijdstip	Ruwe data PM _{2,5}	RH	Dry Correction	Data gecorrigeerd RH	Temperatuur	Druk	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5}	Verwijderen Uitschieters	Data meetstation PM _{2,5}	Correctiefactor	
2			µg/m ³	%		µg/m ³	Kelvin	kPa	µg/m ³		µg/m ³		
3			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
4			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
5			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
6			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
7			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
8			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
9			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
10			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
11			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
12			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
13			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
14			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
15			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
16			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
17			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
18			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
19			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
20			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
21			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
22			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
23			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
24			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
25			data	data	factor	Ruwe data *RH *Dry correction	data	data	Data gecorrigeerd RH "(T/273)^(101,3/P)"	data	data	Gecorrigeerde data fijnstofmeter PM _{2,5} /Data meetstation PM _{2,5}	
26													

Figuur 35

Kalibratiebestand fijnstofmeter PM_{2,5}

Nieuwe waarden vergelijken met de referentiewaarden van het meetstation

Nadat de data gecorrigeerd was voor temperatuur en druk werd deze vergeleken met de referentiewaarden. Deze referentiewaarden zijn de metingen van het meetstation voor PM_{2,5} en PM₁₀. Deze referentiewaarden zijn ook gecorrigeerd voor luchtvochtigheid, temperatuur en druk waardoor al een goed beeld verkregen kon worden hoe nauwkeurig de metingen van de Dylos fijnstofmeters zijn.

Uitschieters verwijderen en spreiding bepalen

Het is belangrijk om uitschieters te verwijderen uit de dataset die anders de waarden van de data te veel zullen beïnvloeden (UvA Wiki, 2016). De verwijdering van deze uitschieters is gedaan aan de hand van statistiek programma Jamovi. In Jamovi is de gecorrigeerde data, die afkomstig is zoals in paragraaf 3.2.3 beschreven, vanuit Excel ingevoerd. In Jamovi kan de betreffende data geselecteerd worden waarna via de optie Exploration een Descriptive van de dataset wordt uitgevoerd. Dan wordt weergegeven: N (aantal), Gemiddelde, Mediaan, Standaard Deviation, Minimum, Maximum, Q1, Q3 en IQR. Als de Descriptive is uitgevoerd kan de optie voor box plot worden aangevinkt. Hierdoor wordt een box plot voor de data weergegeven. In de box plot worden uitschieters weergegeven met stippen. Deze uitschieters hebben meer dan 1.5x de kwartielfstand (IQR) boven Q3 of onder Q1. Aan de hand van de IQR, Q1 en Q3 zijn vervolgens de uitschieters in Excel verwijderd. Dit is gedaan door voor elke gecorrigeerde data per minuut te kijken of deze binnen 1.5x de IQR lag, doormiddel van de volgende formule in Excel:

$$(data > Q3; "uitschieter"; "gewoon") & ALS(I4 < Q1; "uitschieter"; "gewoon")$$

Als de data geen uitschieter was werd deze genoteerd als 'gewoongewoon', wanneer het wel een uitschieter was werd deze genoteerd als 'uitschietergewoon', 'uitschieteruitschieter' of 'gewoonuitschieter'. De data die als uitschieter tevoorschijn kwamen zijn verwijderd waarna vervolgens met de overige data de correctiefactor is berekend. Deze handeling werd zowel voor PM_{2,5} en PM₁₀ afzonderlijk van elkaar uitgevoerd waardoor de fijnstofmeters bij PM_{2,5} en PM₁₀ andere correctiefactoren kregen.

Correctiefactor Dylos meters - meetstation vaststellen

Na verwijdering van de uitschieter is de correctiefactor voor de Dylos meter vastgesteld. Hiervoor is de data van het meetstation voor PM_{2,5} en PM₁₀ naast de gecorrigeerde data gelegd. Vervolgens is de correctiefactor bepaald door de 'gecorrigeerde data fijnstofmeter' te delen door 'data meetstation'.

Dit is uitgevoerd voor elke minuut dat gemeten is, waarna het gemiddelde van deze correctiefactor over de gemeten tijd berekend is. De verkregen correctiefactor is vervolgens toegepast op de

verkregen data van de fijnstofmeters. Bovenstaande kalibratiehandelingen zijn voor elke fijnstofmeter uitgevoerd waardoor elke fijnstofmeter zijn eigen correctiefactor voor $PM_{2.5}$ en een correctiefactor voor PM_{10} heeft.

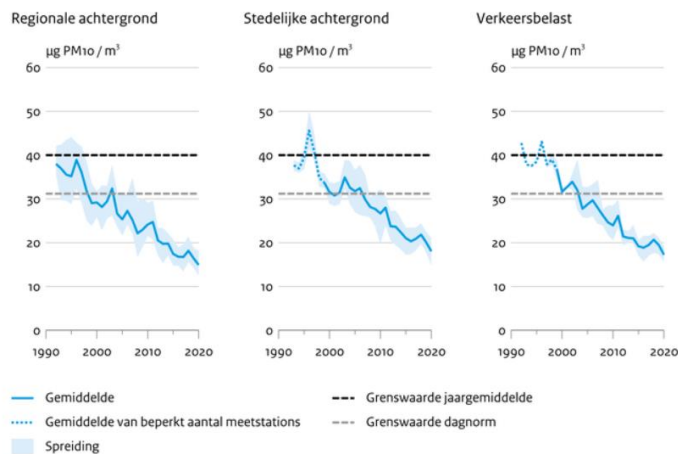
Bijlage 4. Vooronderzoek PVA

Schone lucht akkoord

Het Schone Lucht Akkoord is een akkoord tussen het Rijk, provincies en gemeenten. Het doel van het akkoord is om de luchtkwaliteit in Nederland permanent te verbeteren, waarbij gestreefd wordt om een gezondheidswinst te behalen van 50% in 2030 ten opzichte van 2016. In 2020 is het akkoord afgesloten en momenteel zijn alle 12 provincies en 90 gemeenten bij het akkoord aangesloten, waaronder de gemeente 's-Hertogenbosch (Schone lucht akkoord, z.d.).

Fijnstof niveaus in Nederland

Vanaf 1993 wordt de concentratie fijnstof in Nederland gemeten, zie figuur 4. Deze metingen gebeuren zowel met regionale als stedelijke stations door het RIVM. Sinds 1993 is het fijnstof niveau voor regionale stations gedaald met 35% en op stedelijke stations met 25-30%. Het RIVM schat dat de fijnstofconcentratie in stedelijke gebieden vanaf de jaren 70 gedaald is met 60-70% (RIVM, 2013-a).



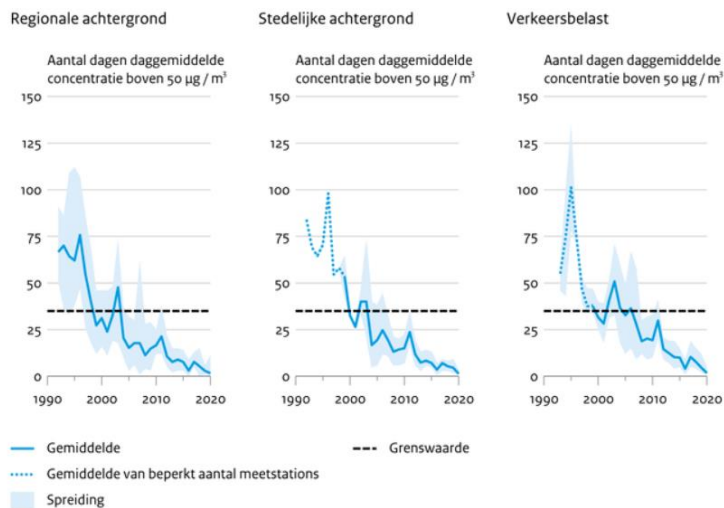
(Compendium voor de leefomgeving, 2019)

Figuur 36

Concentratie fijnstof in de lucht 1990-2020

Figuur 36 laat zien dat sinds 1993 het fijnstofniveau voor regionale stations gedaald is met 35% en op stedelijke stations met 25-30%. Het RIVM schat dat de fijnstofconcentratie in stedelijke gebieden vanaf de jaren 70 gedaald is met 60-70% (RIVM, 2013-a).

Uit figuur 37 blijkt dat sinds 2006 de grenswaarden, die door de Europese Unie zijn vastgesteld voor fijnstof, niet meer overschreden zijn. Echter geven modelberekeningen aan dat dit overschrijdingen nog wel gebeuren op lokale schaal in sommige steden, gebieden met intensive veehouderij en drukke verkeerswegen (Compendium voor de leefomgeving, 2019).



(Compendium voor de leefomgeving, 2019)

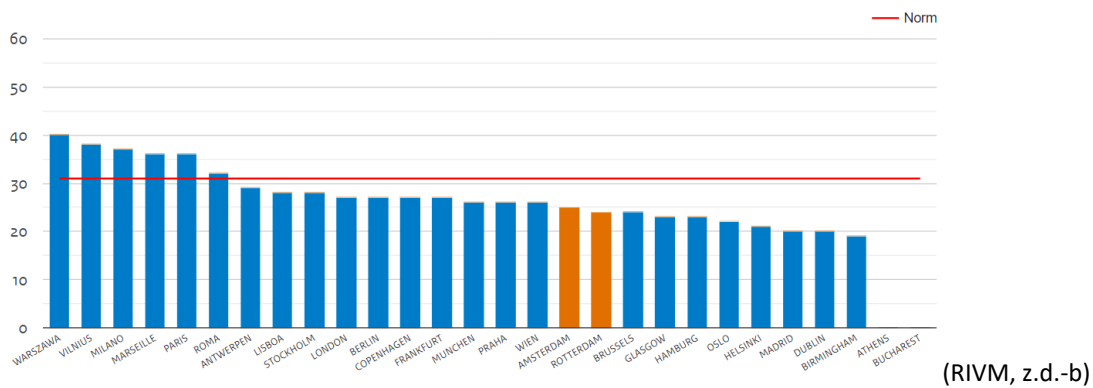
Figuur 37

Aantal dagen overschrijding daggemiddelde concentratie fijnstof

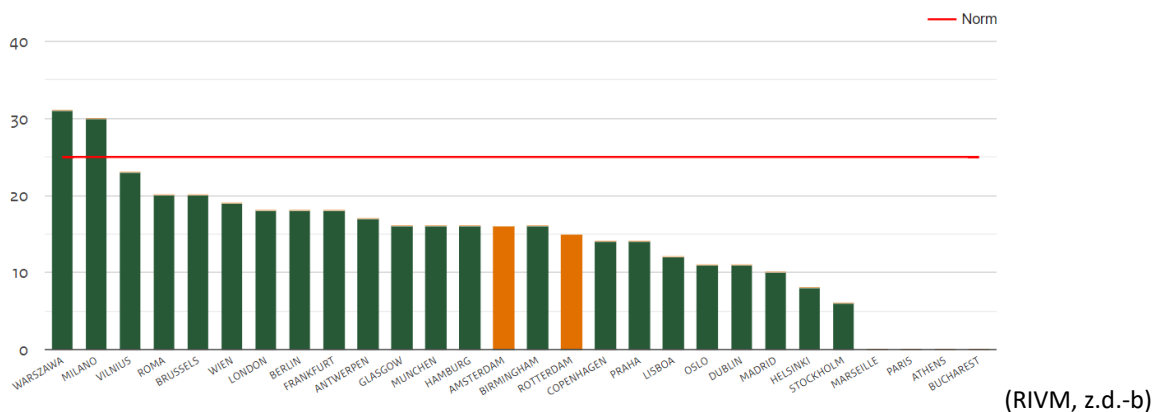
Zowel in 2019 als in 2020 waren de concentraties fijnstof in de lucht voor Nederland een stuk lager dan in voorgaande jaren. Deze verlaging wordt voornamelijk toegedicht aan de gevolgen van de genomen maatregelen tegen het Corona virus (RIVM, 2021).

De Nederlandse overheid houdt toezicht op de luchtkwaliteit in Nederland. Dit doet ze door gebruik te maken van metingen op 320.000 locaties in Nederland en modelberekeningen. De metingen worden door verschillende bureaus en instanties uitgevoerd (RIVM, z.d.-c). In 2009 introduceerde de Nederlandse overheid het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). Dit is een programma met maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren. Voorbeelden van maatregelen zijn milieuzones voor auto's en vrachtverkeer (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, z.d.). De NSL loopt door tot ingang van de omgevingswet eind 2022 of begin 2023 (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2022).

Wanneer gekeken wordt op internationaal niveau dan scoort Nederland op het gebied van fijnstof in de middenmoot. Volgens het European Environment Agency zou de Nederlandse concentratie van $PM_{2,5}$ voor 2018 gemiddeld tussen de $10-15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liggen. Scandinavische landen en IJsland hebben een gemiddelde concentratie lager dan $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor 2018. In Oost- en Zuid-Europa liggen in sommige gebieden de concentraties fijnstof veel hoger. Dit komt door de manier van energieopwekking met hout en kolen wat een grote invloed heeft op de fijnstofconcentratie (Atlasleefomgeving, 2020-a). In figuur 38 en figuur 39 zijn de jaargemiddelde fijnstofconcentraties voor Europese steden weergegeven.



Figuur 38
Jaargemiddelde concentratie PM₁₀ in µg/m³ voor Europese steden



Figuur 39
Jaargemiddelde concentratie PM_{2,5} in µg/m³ voor Europese steden

Effecten van fijnstof op de gezondheid

Over de effecten van fijnstof op de gezondheid is nog lang niet alles duidelijk. In afgelopen jaren zijn steeds meer onderzoeken hierop gericht maar er is nog veel dat onduidelijk is en verder onderzocht moet worden.

Het effect van fijnstof op de gezondheid hangt van verschillende factoren af. Concentratie van het fijnstof, deeltjesgrootte, blootstellingsduur en chemische samenstelling zijn factoren die van invloed zijn. De effecten op de gezondheid zijn hierdoor ook lastig te onderzoeken, doordat op elke locatie de factoren van het fijnstof telkens anders zijn en daardoor lastig specifiek gekoppeld kan worden aan gezondheidsklachten. Wel is duidelijk dat er geen enkele drempelwaarde is waaronder geen effecten op de gezondheid optreden. Dit wil zeggen dat in onderzoeken geen enkele buitenluchtconcentratie is aangetroffen waarbij geen gezondheidseffecten werden gevonden. Dus ook als de fijnstof concentratie lager is dan de normeringen van de EU/NL of die van de WHO, ook dan treden er nog gezondheidseffecten op (RIVM, 2013-a).

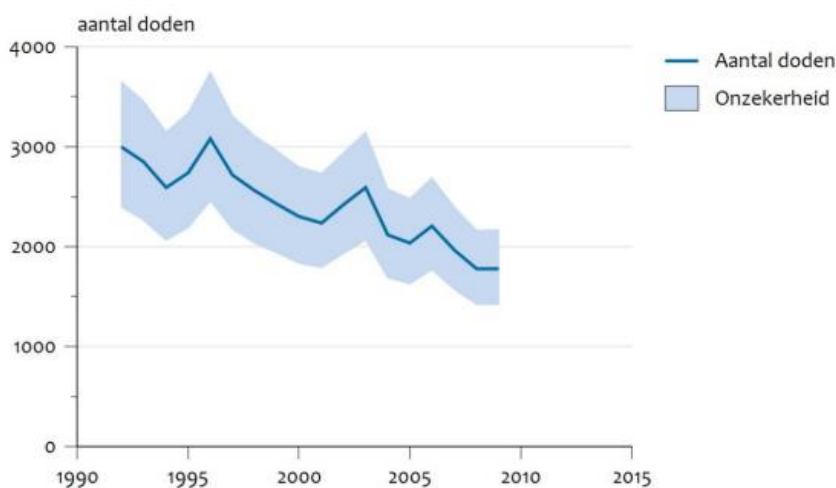
Fijnstof komt door inademing in het lichaam terecht in de luchtwegen en de longen. Deeltjes die groter zijn dan 10 micrometer worden onderschept in de keel en neus. Deeltjes tussen de 2,5-10 micrometer komen in de bovenste luchtwegen terecht. Van de deeltjes tussen de 0,1-2,5 micrometer komt 20% in de longblaasjes terecht, de overige 80% wordt uitgeademd. Deeltjes kleiner dan 0,1 micrometer kunnen in de bloedbaan doordringen (Atlasleefomgeving, z.d.). Als het fijnstof het lichaam binnenkomt dan kan dit leiden tot ontstekingsreacties wat ademen bemoeilijkt, ook kunnen

deze ontstekingsreacties schadelijk zijn voor de bloedvaten en hartfuncties. Vooral voor mensen met zwakke longen en hartpatiënten kan fijnstof dus gevaarlijk zijn. De effecten van fijnstof kleiner dan 0,1 micrometer is nog weinig bekend (RIVM, 2010).

Uit onderzoeken is nog niet duidelijk naar voren gekomen welke chemische bestanddelen in fijnstof het meest relevant zijn. Vanuit onderzoeken wordt wel aangenomen dat zeezoutaerosol en secundaire anorganische fracties sulfaat- en nitraataerosol weinig effect lijken te hebben op de gezondheid (RIVM, 2010). Daartegenover staat dat emissies uit verkeer en andere verbrandingsbronnen zoals industrie, scheepvaart en energieopwekking juist wel een rol zouden spelen op de gezondheidseffecten. Hoe groot het aandeel van deze stoffen op de gezondheid is, is nog niet in kaart gebracht (RIVM, 2010).

Daarnaast speelt ook de blootstellingsduur een rol, waarbij gesproken wordt over kortdurende blootstelling en langdurige blootstelling. Bij kortdurende blootstelling is sprake wanneer de blootstelling plaatsvindt aan hoge concentraties van fijnstof voor een periode van maximaal een week. Bij langdurige blootstelling is sprake van blootstelling aan een lage concentratie voor een periode tussen de een en tien jaar.

Naar kortdurende blootstelling is veel meer onderzoek gedaan dan naar de langdurige blootstelling waardoor hiervoor de gezondheidseffecten beter bekend zijn. In de studies komt naar voren dat voor kortdurende blootstelling de dagelijkse variatie in fijnstofconcentraties sterk samenhangt met gezondheidsklachten, medicijngebruik en ziekenhuisopnames. Als concentraties daarna weer dalen, dan nemen deze klachten ook weer af (RIVM, 2010). Aan kortdurende blootstelling aan fijnstof zouden in Nederland jaarlijks enkele duizenden mensen vroegtijdig sterven. Kortdurende blootstelling heeft effect op de levensverkortening van enkele dagen tot maanden. Deze is echter ongeveer 10 maal zo laag als bij langdurige blootstelling aan verhoogde fijnstof concentraties (RIVM, 2013-a). In figuur 10 is aantal doden met vroegtijdige sterfte door kortdurende blootstelling aan fijnstof voor de periode 1992-2008 weergegeven.



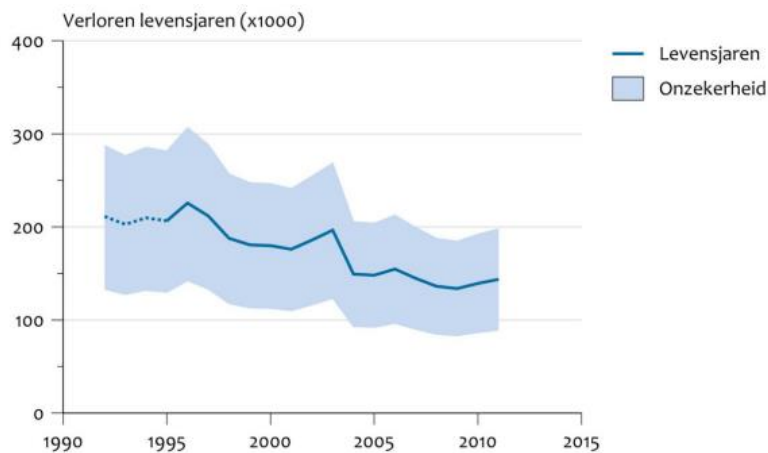
(RIVM, 2013-a)

Figuur 40

Vroegtijdige sterfte door kortdurende blootstelling aan fijnstof.

In figuur 40 is te zien dat het aantal doden met vroegtijdige sterfte aan kortdurende blootstelling aan fijnstof in de loop der jaren langzaam afneemt.

Voor langdurige blootstelling aan fijnstof is in onderzoeken aangetoond dat dit een effect heeft op verkorting van de levensduur. In figuur 41 is het aantal verloren levensjaren door langdurige blootstelling aan fijnstof PM_{10} weergegeven.



(RIVM, 2013-a)

Figuur 41

Verloren levensjaren Nederlandse bevolking door langdurige blootstelling aan fijnstof PM_{10}

De in figuur 41 verloren levensjaren door langdurige blootstelling aan fijnstof komt met name door sterfte aan hart- en vaatziekten en luchtwegziekten. Ook zou langdurige blootstelling kunnen leiden tot verlaging van longfunctie, chronische luchtwegklachten en astma bij kinderen tot 8 jaar. Ook zou langdurige blootstelling longkanker kunnen veroorzaken (RIVM, 2010). Op basis van onderzoeken wordt ingeschat dat langdurige blootstelling leidt tot een levensverkorting van ongeveer 12 maanden voor de Nederlandse bevolking (RIVM, 2013-a).

Effecten fijnstof op het klimaat

Fijnstof heeft zowel een positief als negatief effect op klimaatverandering. Sommige elementen in de samenstelling van fijnstof zoals elementaire koolstof zorgen voor warmte absorptie en dragen zo bij aan klimaatopwarming (European Environment Agency, 2018). Echter heeft fijnstof ook een verkoelend effect. Aerosolen in fijnstof nemen waterdruppels op waardoor ze wolken vormen die een grotere hoeveelheid met kleinere druppels bevatten dan schone wolken. De aerosol wolken krijgen hierdoor een hoger albedo effect waardoor meer inkomende kortgolvlige straling wordt teruggekaatst wat een afkoelend effect heeft (Sharma & Mishra, 2022).

Invloed vegetatie op fijnstof

Vegetatie kan de fijnstofconcentratie in de lucht verlagen. De vegetatie, bomen, planten en grasland, kan op verschillende manieren luchtverontreiniging verwijderen. Voor fijnstof is afzetting op plantendelen de grootste bijdrage aan verwijdering uit de lucht. Hierbij slaat het fijnstof neer op de vegetatie, waarna het opnieuw in de lucht terecht kan komen of door neerslag weggespoeld wordt naar de bodem. Alleen het deel dat door neerslag wordt weggespoeld zorgt voor verwijdering van fijnstof uit de lucht. Uit onderzoek voor een dennenbos in België in 2010 werd een droge depositie van fijnstof van 31 kg $PM_{2,5}$ /ha/jaar geconstateerd. Hiervan werd echter alleen 24% door neerslag weggespoeld naar de bodem, wat neerkomt op een fijnstof verwijdering van 7,44 kg $PM_{2,5}$ /ha/jaar (Schaubroeck et al., 2014).

Hoe groot de verwijdering van fijnstof door vegetatie is, hangt af van type vegetatie, planteneigenschappen, leeftijd- en locatie van de beplanting.

Als gekeken wordt naar type vegetatie dan zijn bomen een stuk effectiever door hun omvang dan planten of grasland. Zo vangt een bos tien keer zo veel fijnstof weg als lage vegetatie in het open

veld (Alliksaar & Ivask, 2004). Doordat een boom meer volume en bladoppervlak heeft is het in staat om meer fijnstof te verwijderen, dus het verwijderend vermogen neemt toe als het volume toeneemt.

Ook planteneigenschappen spelen een rol in de mate van fijnstofverwijdering. Zo geldt dat naaldbomen effectiever zijn in het verwijderen van fijnstof dan loofbomen. Dit komt doordat de naaldstructuur en het grote oppervlak voor een effectievere verwijdering. Daarbij komt ook dat naaldbomen het hele jaar groen zijn en dus ook in de winter effectief zijn (Hoffman, 2009).

Als vegetatie in leeftijd toeneemt neemt ook de biomassa toe, en een grotere biomassa zorgt voor een groter volume dat in staat is tot zuivering. Ook zorgt dit dat de bovenste laag van de vegetatie onregelmatiger wordt, dit leidt tot meer turbulentie en daardoor een grotere afzetting van fijnstof (Hoffman, 2009). Wanneer de vegetatie niet onregelmatig is en een verloop heeft van een geleidelijk hoger wordende vegetatie dan is de verwijdering van fijnstof minimaal. Deze situatie kan, in de vorm van lijnelementen, echter wel gebruikt worden om gebieden te beschermen tegen piekconcentraties. De vegetatie zorgt ervoor dat de fijnstof hoog de lucht wordt ingebracht waardoor het gebied achter de vegetatie, lijkzijde, minder fijnstofconcentraties meet dan aan de voorzijde van de vegetatie. Zo kan de fijnstofconcentratie aan de lijkzijde tot wel 40% lager zijn dan aan de voorzijde (Hoffman, 2009). Deze verlaging is meetbaar voor een afstand die gelijk is aan maximaal 7 maal de hoogte van de vegetatie.

Als vegetatie dicht bij de bron van vervuiling wordt geplaatst dan wordt relatief gezien het meeste fijnstof verwijderd, waardoor piekconcentraties dus verminderd kunnen worden (Hoffman, 2009).

In welke mate vegetatie nu specifiek bijdraagt aan verwijdering van fijnstof is niet duidelijk. Over het algemeen wordt aangenomen dat vegetatie maar een zeer beperkt effect heeft op verlaging van de achtergrondconcentratie, maximaal enkele procenten. Verschillende onderzoeken laten zeer verschillende mate van fijnstofverwijdering zien: 2,5-7% verwijdering als

- 2,5-7% fijnstofverwijdering als 25% van de beschikbare ruimte beplant is (Bealey et al., 2007).
- 0,4-3% fijnstofverwijdering als 25% van de beschikbare ruimte beplant is (Bealey et al., 2007).
- 10% fijnstofverwijdering bij slechts 3% van de beschikbare ruimte beplant (Oosterbaan et al., 2006).

Stakeholderanalyse

Om in beeld te brengen wie betrokken zijn bij het onderzoek en hoe gecommuniceerd moet worden met deze stakeholders is een stakeholderanalyse uitgevoerd.

Om te achterhalen wie betrokken zijn bij het onderzoek zijn de belanghebbende in beeld gebracht, hun desbetreffende belang bij het onderzoek en welke invloed zij zouden kunnen hebben op het onderzoek. Dit is weergegeven in tabel 15.

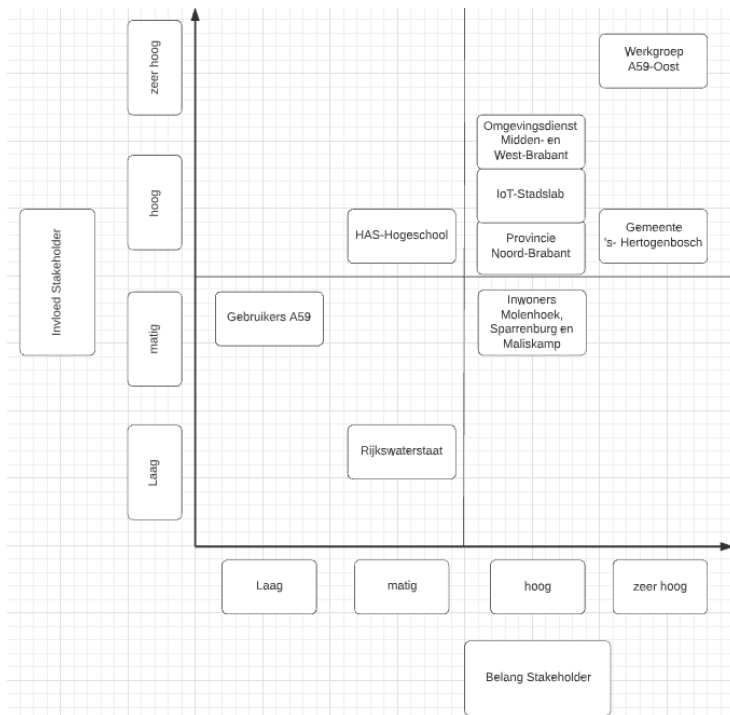
Tabel 15

Belanghebbende, belang en invloed bij het onderzoek

Belanghebbende	Belang	Invloed
Werkgroep A59-Oost	Willen weten hoe het met de luchtkwaliteit gesteld is in de wijk(en) en welke invloed de snelweg A59 hierop heeft.	Opdrachtgever van het onderzoek. Heeft beschikking over 3 fijnstofmeters. Invloed op wat het onderzoeksgebied is.

Gemeente 's-Hertogenbosch	Draagt zorg voor welzijn van zijn bewoners. Willen ook weten hoe het gesteld is met de luchtkwaliteit binnen hun gemeenten. Daarnaast draagt dit bij aan draagvlak en bewustwording. Draagt bij aan Schone Lucht Akkoord.	Aanspreekpunt voor inwoners m.b.t. project. Samenwerking met Werkgroep tot aanstelling van onderzoek en eventueel gevolg. Ook inhoudelijke kennis over luchtkwaliteit.
Provincie Noord-Brabant	Heeft net als gemeente verantwoordelijkheid voor het welzijn van de bewoners. Draagt bij aan Schone Lucht Akkoord.	Goedkeuring aanlevering van semipermanente meetstation luchtkwaliteit voor een half jaar.
Omgevingsdienst omgeving Midden- en West-Brabant	Uitvoerder van meetstation. Verantwoordelijk voor juistheid gemeten resultaten door meetstation.	Beheerder van meetstation luchtkwaliteit. Inhoudelijke kennis over luchtkwaliteit en aanlevering resultaten meetstation.
Rijkswaterstaat	Beheerder van A59 en dus ook verantwoordelijk voor impact op de omgeving.	Nauwelijks invloed op uitvoering van het project. Eventuele werkzaamheden aan de A59 bij Rosmalen kunnen verkeersintensiteit beïnvloeden en impact hebben op fijnstofmetingen.
IoT-Stadslab	Begeleiden de student. Voornamelijk prestige gericht, willen graag dat student goed eindproduct neer kan zetten	Begeleid de student voor uitvoering van het project.
HAS-Hogeschool	Leverd de student aan die het onderzoek doet. Voornamelijk prestige gericht, willen graag dat student goed eindproduct neer kan zetten	Overziet het project globaal, begeleid de student voornamelijk op zijn ontwikkeling. Heeft kennis over luchtkwaliteit.
Inwoners wijken Molenhoek, Sparrenburg en Maliskamp	Hebben belang bij luchtkwaliteit in de wijken met betrekking tot gezondheid. Maar ook eventuele maatregelen aan hand van onderzoek of impact op financiële waarden van eigendommen/huizen	Weinig invloed op het onderzoek, worden in principe niet betrokken. Kunnen bijdragen leveren door meetlocaties toe te staan op privé grond.
Gebruikers A59	Geen direct belang, zolang geen maatregelen voor gebruikers op de A59 nodig zijn m.b.t fijnstof uitstoot.	Zijn uitstoters van fijnstof door deelname aan verkeer op A59.

Nadat de belanghebbende, hun belang en invloed in beeld zijn gebracht is in figuur 42 weergegeven hoeveel invloed en belang de stakeholders hebben.

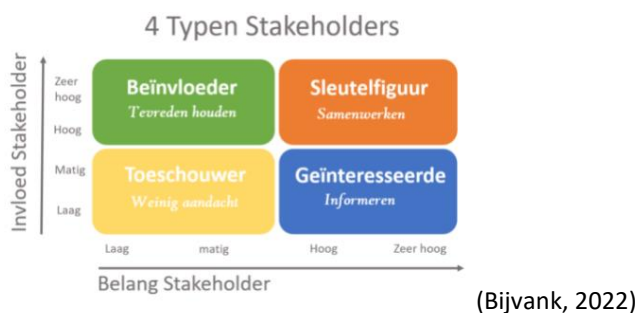


Figuur 42
Plaatsing stakeholders naar mate van invloed en belang

In figuur 42 is de plaatsing van de verschillende stakeholders uit tabel 15 weergegeven. Hierbij is gekeken naar de invloed van de stakeholder op het onderzoek weergegeven op de y-as en het belang van de stakeholder bij het onderzoek weergegeven op de x-as.

Stakeholder Strategieën

Nadat in figuur 42 is bepaald hoeveel invloed en belang de stakeholders hebben, kunnen de stakeholders in verschillende categorieën worden ingedeeld waarna de strategie voor de desbetreffende stakeholder kan worden bepaald in de vorm van communicatie. Er is sprake van 4 categorieën stakeholders en daarbij behorende strategieën (Bijvank, 2022). Dit is weergegeven in figuur 43.



Figuur 43
Typen Stakeholders en bijbehorende strategieën

Uit figuur 43 blijkt dat afhankelijk van de invloed en het belang van de stakeholder de volgende vier categorieën stakeholders en strategieën geïdentificeerd kunnen worden

- Sleutelfiguur → samenwerken
- Beïnvloeder → tevreden houden
- Geïnteresseerde → informeren
- Toeschouwer → weinig aandacht

Uit figuur 42 en figuur 43 komt dan naar voren dat er sprake is van:

- Toeschouwer:
 - Gebruikers A59
 - Rijkswaterstaat
- Geïnteresseerde:
 - Inwoners Molenhoek, Sparrenburg en Maliskamp
- Beïnvloeder:
 - HAS-Hogeschool
- Sleutelfiguur:
 - Provincie Noord-Brabant
 - IoT-Stadslab
 - Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant
 - Gemeente 's-Hertogenbosch

Werkgroep A59-Oost

Bijlage 5 Logboek metingen

Datum	Gebied	Fijnstofmeter	Coördinaten	Windrichting daggemiddelden
21-3-22	Molenhoek D1	1	51,70860° N; 5,37611° O	O
21-3-22	Molenhoek D2	2	51,70840° N; 5,37702° O	O
21-3-22	Molenhoek D3	3	51,70802° N; 5,37654° O	O
22-3-22	Molenhoek C1	1	51,71001° N; 5,37468° O	O
22-3-22	Molenhoek C2	2	51,70914° N; 5,37440° O	O
22-3-22	Molenhoek C3	3	51,70913° N; 5,37625° O	O
23-3-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	ONO
23-3-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	ONO
23-3-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	ONO
24-3-22	Molenhoek A1	1	51,70805° N; 5,37053° O	NNO
24-3-22	Molenhoek A2	2	51,70751° N; 5,37090° O	NNO
24-3-22	Molenhoek A3	3	51,70681° N; 5,37157° O	NNO
25-3-22	Molenhoek E1	1	51,70769° N; 5,37658° O	NNO
25-3-22	Molenhoek E1	2	51,70746° N; 5,37576° O	NNO
25-3-22	Molenhoek E1	3	51,70704° N; 5,37422° O	NNO
11-4-22	Molenhoek D1	1	51,70860° N; 5,37611° O	OZO

11-4-22	Molenhoek D2	2	51,70840° N; 5,37702° O	OZO
11-4-22	Molenhoek D3	3	51,70802° N; 5,37654° O	OZO
12-4-22	Molenhoek C1	1	51,71001° N; 5,37468° O	ZZO
12-4-22	Molenhoek C2	2	51,70914° N; 5,37440° O	ZZO
12-4-22	Molenhoek C3	3	51,70913° N; 5,37625° O	ZZO
14-4-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	WNW
14-4-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	WNW
14-4-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	WNW
15-4-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949° O	NO
15-4-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	NO
15-4-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	NO
19-4-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	NO
19-4-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	NO
19-4-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	NO
20-4-22	Molenhoek A1	1	51,70805° N; 5,37053° O	ONO
20-4-22	Molenhoek A2	2	51,70751° N; 5,37090° O	ONO
20-4-22	Molenhoek A3	3	51,70681° N; 5,37157° O	ONO

21-4-22	Molenhoek C1/C1	1	51,70931° N; 5,37422° O	NO
21-4-22	Molenhoek C3	3	51,70913° N; 5,37625° O	NO
21-4-22	Molenhoek D3	2	51,70802° N; 5,37654° O	NO
26-4-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949 ° O	N
26-4-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	N
26-4-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	N
29-4-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949 ° O	NNO
29-4-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	NNO
29-4-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	NNO
2-5-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949 ° O	N
2-5-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	N
2-5-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	N
3-5-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949 ° O	N
3-5-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	N
3-5-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	N
4-5-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949 ° O	NNW
4-5-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	NNW

4-5-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	NNW
9-5-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	NNO
9-5-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	NNO
9-5-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	NNO
10-5-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	ZW
10-5-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	ZW
10-5-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	ZW
11-5-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	WZW
11-5-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	WZW
11-5-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	WZW
12-5-22	Molenhoek B1	1	51,70875° N; 5,37194° O	WZW
12-5-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	WZW
12-5-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	WZW
16-5-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	ZW
16-5-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	ZW
16-5-22	Molenhoek E1 (op locatie F1)	1	51,70693° N, 5,3742° O	ZW
17-5-22	Molenhoek B2	2	51,70795° N; 5,37273° O	ZO

17-5-22	Molenhoek B3	3	51,70742° N; 5,37401° O	ZO
17-5-22	Molenhoek E1 (op locatie F1)	1	51,70693° N, 5,3742° O	ZO
18-5-22	Maliskamp 1	1	51,70713° N; 5,37949 ° O	W
18-5-22	Maliskamp 2	2	51,70624° N; 5,38043° O	W
18-5-22	Maliskamp 3	3	51,70590° N; 5,38205° O	W

Bijlage 6 Statistiek

Hypothese correlatie NO – PM_{2.5}

- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO – PM_{2.5}
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO – PM_{2.5}

Hypothese correlatie NO – PM₁₀

- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO – PM₁₀
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO – PM₁₀

Hypothese correlatie NO – Verkeersintensiteit

- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO – Verkeersintensiteit
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO – Verkeersintensiteit

Hypothese correlatie NO₂ – PM_{2.5}

- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO₂ – PM_{2.5}
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO₂ – PM_{2.5}

Hypothese correlatie NO₂ – PM₁₀

- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO₂ – PM₁₀
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO₂ – PM₁₀

Hypothese correlatie NO₂ – Verkeersintensiteit

- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO₂ – Verkeersintensiteit
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO₂ – Verkeersintensiteit

Hypothese correlatie NO_x – PM_{2.5}

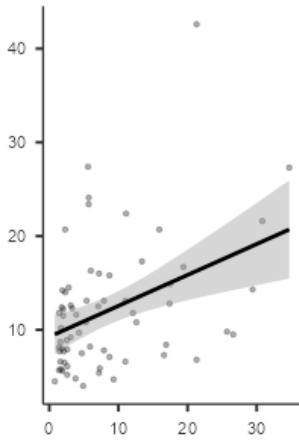
- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO_x – PM_{2.5}
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO_x – PM_{2.5}

Hypothese correlatie NO_x – PM₁₀

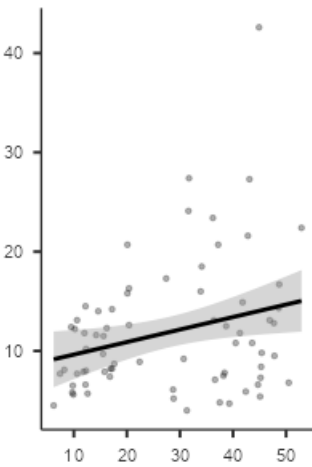
- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO_x – PM₁₀
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO_x – PM₁₀

Hypothese correlatie NO_x – Verkeersintensiteit

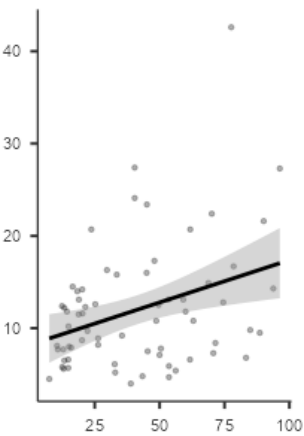
- H₀: er is geen significante correlatie tussen NO_x – Verkeersintensiteit
- H₁: er is wel significante correlatie tussen NO_x – Verkeersintensiteit



Figuur 23
Correlatiematrix NO (x-as) en PM_{2.5} (y-as)



Figuur 24
Correlatiematrix NO₂ (x-as) en PM_{2.5} (y-as)



Figuur 25
Correlatiematrix NO_x (x-as) en PM_{2.5} (y-as)

Bijlage 7 Excel bestand Molenhoek

1	datum	Locatie	tijdperiode	Fmet	RH in	Temperatuur	Druk	PM2.5	PM10	Windrichti	Windsnelh
2	21-3-2022	Molenhoek D1	10:00 - 11:00	1	59,5	11	1026	23,67	28,19	ZO	2
3	21-3-2022	Molenhoek D1	11:00 - 12:00	1	49,2	13	1028	23,15	28,37	ZZO	2
4	21-3-2022	Molenhoek D1	12:00 - 13:00	1	45,8	14	1027	25,67	30,97	Z	2
5	21-3-2022	Molenhoek D1	13:00 - 14:00	1	43,9	16	1027	26,41	32,45	Z	2
6	21-3-2022	Molenhoek D1	14:00 - 15:00	1	42,1	17	1027	25,76	32,26	WZW	2
7	21-3-2022	Molenhoek D2	10:00 - 11:00	2	59,5	11	1026	22,15	26,14	ZO	2
8	21-3-2022	Molenhoek D2	11:00 - 12:00	2	49,2	13	1028	19,66	23,84	ZZO	2
9	21-3-2022	Molenhoek D2	12:00 - 13:00	2	45,8	14	1027	22,83	27,25	Z	2
10	21-3-2022	Molenhoek D2	13:00 - 14:00	2	43,9	16	1027	23,45	28,57	Z	2
11	21-3-2022	Molenhoek D2	14:00 - 15:00	2	42,1	17	1027	24,70	30,49	WZW	2
12	21-3-2022	Molenhoek D2	11:00 - 11:00	3	59,5	11	1026	27,81	31,68	ZO	2
13	21-3-2022	Molenhoek D3	11:00 - 12:00	3	49,2	13	1028	25,19	29,54	ZZO	2
14	21-3-2022	Molenhoek D3	12:00 - 13:00	3	45,8	14	1027	26,03	30,00	Z	2
15	21-3-2022	Molenhoek D3	13:00 - 14:00	3	43,9	16	1027	24,56	29,04	Z	2
16	21-3-2022	Molenhoek D3	14:00 - 15:00	3	42,1	17	1027	25,47	30,51	WZW	2
17	22-3-2022	Molenhoek C1	09:00 - 10:00	1	57,6	12	1027	29,09	31,84	ZO	2
18	22-3-2022	Molenhoek C1	10:00 - 11:00	1	50,4	14	1027	28,52	31,51	O	2
19	22-3-2022	Molenhoek C1	11:00 - 12:00	1	43,3	16	1027	28,85	32,21	O	2
20	22-3-2022	Molenhoek C1	12:00 - 13:00	1	37,4	18	1028	28,20	31,10	O	3
21	22-3-2022	Molenhoek C1	13:00 - 14:00	1	33,8	19	1028	28,44	31,44	O	3
22	22-3-2022	Molenhoek C1	14:00 - 15:00	1	31,8	19	1027	27,57	30,57	O	3
23	22-3-2022	Molenhoek C2	09:00 - 10:00	2	57,6	12	1027	29,03	31,85	ZO	2
24	22-3-2022	Molenhoek C2	10:00 - 11:00	2	50,4	14	1027	28,30	31,28	O	2
25	22-3-2022	Molenhoek C2	11:00 - 12:00	2	43,3	16	1027	28,43	31,65	O	2
26	22-3-2022	Molenhoek C2	12:00 - 13:00	2	37,4	18	1028	26,92	29,84	O	3
27	22-3-2022	Molenhoek C2	13:00 - 14:00	2	33,8	19	1028	27,48	30,28	O	3
28	22-3-2022	Molenhoek C2	14:00 - 15:00	2	31,8	19	1027	26,76	29,76	O	3
29	22-3-2022	Molenhoek C3	09:00 - 10:00	3	57,6	12	1027	29,27	31,15	ZO	2
30	22-3-2022	Molenhoek C3	10:00 - 11:00	3	50,4	14	1027	28,80	30,97	O	2
31	22-3-2022	Molenhoek C3	11:00 - 12:00	3	43,3	16	1027	28,86	31,28	O	2
32	22-3-2022	Molenhoek C3	12:00 - 13:00	3	37,4	18	1028	28,56	30,50	O	3
33	22-3-2022	Molenhoek C3	13:00 - 14:00	3	33,8	19	1028	29,12	30,88	O	3
34	22-3-2022	Molenhoek C3	14:00 - 15:00	3	31,8	19	1027	28,31	30,40	O	3
35	23-3-2022	Molenhoek B1	10:00 - 11:00	1	40,0	14	1028	31,02	34,95	ZO	2
36	23-3-2022	Molenhoek B1	11:00 - 12:00	1	37,0	16	1027	30,48	34,96	OZO	2
37	23-3-2022	Molenhoek B1	12:00 - 13:00	1	29,4	17	1028	28,49	30,72	ZO	2

Bijlage 8 Excel bestand Maliskamp

Locatie	T	tijdperiode	Fmet	RH in	Temperatuur	Druk (PM2.5	PM10	Windrichti	Windsnelhe
Maliskamp 1		10:00 - 11:00	1	67,8	11	1028	7,34	10,88	NO	3
Maliskamp 1		11:00 - 12:00	1	64,9	12	1028	6,99	10,22	NO	3
Maliskamp 1		12:00 - 13:00	1	63,8	12	1027	7,03	10,25	NO	3
Maliskamp 1		13:00 - 14:00	1	63,1	12	1027	5,80	8,58	ONO	3
Maliskamp 1		14:00 - 15:00	1	63,7	12	1028	6,06	8,71	ONO	3
Maliskamp 2		10:00 - 11:00	2	67,8	11	1028	7,05	10,33	NO	3
Maliskamp 2		11:00 - 12:00	2	64,9	12	1028	7,13	10,32	NO	3
Maliskamp 2		12:00 - 13:00	2	63,8	12	1027	6,93	9,97	NO	3
Maliskamp 2		13:00 - 14:00	2	63,1	12	1027	5,42	7,99	ONO	3
Maliskamp 2		14:00 - 15:00	2	63,7	12	1028	5,85	8,29	ONO	3
Maliskamp 3		10:00 - 11:00	3	67,8	11	1028	6,02	9,01	NO	3
Maliskamp 3		11:00 - 12:00	3	64,9	12	1028	6,68	9,78	NO	3
Maliskamp 3		12:00 - 13:00	3	63,8	12	1027	6,59	9,56	NO	3
Maliskamp 3		13:00 - 14:00	3	63,1	12	1027	5,46	8,08	ONO	3
Maliskamp 3		14:00 - 15:00	3	63,7	12	1028	5,74	8,22	ONO	3
Maliskamp 1		10:00 - 11:00	1	61,9	11	1017	10,21	19,27	N	4
Maliskamp 1		11:00 - 12:00	1	51,0	12	1018	8,39	15,50	N	5
Maliskamp 1		12:00 - 13:00	1	47,1	13	1017	7,37	11,67	NNW	4
Maliskamp 1		13:00 - 14:00	1	46,7	13	1017	6,62	9,85	N	4
Maliskamp 1		14:00 - 15:00	1	44,0	14	1019	6,41	9,88	NNW	4
Maliskamp 1		15:00 - 16:00	1	43,6	14	1018	6,29	10,88	N	5
Maliskamp 2		10:00 - 11:00	2	61,9	11	1017	9,95	19,06	N	4
Maliskamp 2		11:00 - 12:00	2	51,0	12	1018	8,26	15,10	N	5
Maliskamp 2		12:00 - 13:00	2	47,1	13	1017	7,14	11,27	NNW	4
Maliskamp 2		13:00 - 14:00	2	46,7	13	1017	6,40	9,53	N	4
Maliskamp 2		14:00 - 15:00	2	44,0	14	1019	6,21	9,63	NNW	4
Maliskamp 2		15:00 - 16:00	2	43,6	14	1018	5,86	8,76	N	5
Maliskamp 3		10:00 - 11:00	3	61,9	11	1017	9,45	18,11	N	4
Maliskamp 3		11:00 - 12:00	3	51,0	12	1018	8,03	14,64	N	5
Maliskamp 3		12:00 - 13:00	3	47,1	13	1017	7,17	11,18	NNW	4
Maliskamp 3		13:00 - 14:00	3	46,7	13	1017	6,51	9,71	N	4
Maliskamp 3		14:00 - 15:00	3	44,0	14	1019	6,38	9,70	NNW	4
Maliskamp 3		15:00 - 16:00	3	43,6	14	1018	5,58	8,57	N	5
Maliskamp 1		11:00 - 12:00	1	66,4	11	1027	21,13	35,16	NO	4
Maliskamp 1		12:00 - 13:00	1	60,2	12	1028	16,49	29,05	NO	5
Maliskamp 1		13:00 - 14:00	1	55,5	14	1027	14,61	26,04	NO	5