

Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost- Brabant

Jaarrapportage 2023

TNO 2024 R12806 – 29 november 2024

Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant

Jaarrapportage 2023

Auteurs	Daniëlle van Dinther, Ruben Goudriaan, Gerrit Jan de Bruin, Sjaak Kaandorp, Marcus Blom
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Bijlagen	TNO Publiek
Aantal pagina's	55 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	AiREAS - Consortium Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant
Projectnaam	AiREAS - ILM2
Projectnummer	060.34603

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Terminologie

CAIREBox	De CAIREBox is het meetplatform waarmee het Regionaal Meetnet is opgebouwd. De CAIREBox bevat sensoren voor metingen aan fijnstof en stikstofdioxide welke elke 10 minuten een meting uitvoeren.
Daggang	De daggang vertoont de gemiddelde gang van luchtvervuilende stoffen per uur over de dag.
Fijnstof (PM)	Fijnstof is een vorm van luchtvervuiling die bestaat uit deeltjes die blijven zweven. De afkortingen PM1, PM2.5 en PM10 staan voor de fijnstoffracties met deeltjesgroottes tot aan respectievelijk 1; 2,5; en 10 µm. De deeltjesgrootte is mede illustratief voor de bijdragende bron.
Grenslaag (hoogte)	Ook wel menglaag genoemd. In deze onderste laag van de atmosfeer is de invloed van het aardoppervlak direct merkbaar en zorgen turbulente wervels voor transport en menging van luchtverontreinigende stoffen. De grenslaag(hoogte) is de bovenkant van de grenslaag.
ILM1	Het ILM1 sensornetwerk is de voorloper van het huidige Regionaal Meetnet waarbij op 35 locaties in Eindhoven van 2013 tot en met 2018 de luchtkwaliteit gemeten werd.
ILM2	Dit is het huidige Regionaal Meetnet in Zuidoost-Brabant. Hierbij wordt op zo'n 50 locaties de luchtkwaliteit gemeten en is aandacht voor zowel het stedelijk gebied, de invloed van de luchthaven als het buitengebied.
Jaarprofiel van daggemiddelde	In het jaarprofiel staan de daggemiddelde gemeten concentraties per stof getoond verdeeld over het jaar.
LML	Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, het referentie meetnet voor luchtkwaliteit van het RIVM.
Meetlocatie	De meetlocatie geeft de plek aan waar de luchtkwaliteit bemeaten wordt. Deze locaties hebben een uniek ID gevormd door de letters ILM plus een volgnummer.
Normering	Normen geven aan tot welke concentraties lucht-vervuilende stoffen, zoals fijnstof en stikstofdioxide, beperkt moeten worden. De WHO-advieswaarden uit 2021 (PM2.5: 5 µg/m ³ , PM10: 15 µg/m ³ , NO ₂ : 10 µg/m ³) zijn strenger dan de geldende wettelijke EU-grenswaarden (PM2.5: 20 µg/m ³ , PM10: 40 µg/m ³ , NO ₂ : 40 µg/m ³).
NO ₂	Stikstofdioxide. Deze stof komt vooral in de lucht terecht door uitlaatgassen van verkeer en industrie.
UFP	Ultrafijnstof, met deeltjesgroottes tot aan 0,1 µm.
Weekgang	De weekgang vertoont de gemiddelde gang van luchtvervuilende stoffen per uur over de week. Hierdoor wordt bijvoorbeeld het verschil in luchtkwaliteit tussen week- en weekenddagen inzichtelijk.
Windroos-analyses	Windroosanalyses onderzoeken hoe de concentraties per stof variëren over het jaar in relatie tot variaties in windrichting en windsnelheid. Daardoor wordt het mogelijk eventuele bronnen in de regio te identificeren.

Achtergrond

Het consortium ILM2 bestaat uit AiREAS, gemeente Eindhoven, Provincie Noord-Brabant, GGD Brabant-Zuidoost, RIVM, TNO, het IRAS-instituut van de Universiteit Utrecht (UU-IRAS) en Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant. ILM2 wordt uitgevoerd met financiële steun van de Provincie Noord-Brabant, gemeente Eindhoven, Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant en deelnemende regiogemeenten: Asten, Bergeijk, Best, Boxtel, Cranendonck, Deurne, Eersel, Eindhoven (partner en deelnemer), Geldrop-Mierlo, Gemert-Bakel, Heeze-Leende, Helmond, Laarbeek, Meierijstad, Nuenen, Oirschot, Reusel-De Mierden, Someren, Son en Breugel, Valkenswaard, Veldhoven en Waalre.

Met de aanleg van het Innovatief Luchtmeetnet 2.0 (ILM2) wordt de luchtkwaliteit in de regio Zuidoost-Brabant bemeten op ongeveer 50 meetlocaties. De aandachtsgebieden zijn het stedelijk gebied, het gebied rond de luchthaven en het buitengebied met veel veehouderij. Alle data zijn daarbij openbaar beschikbaar, zoals via [Dustmonitor](#) en [Samen Meten](#). ILM2 draagt hiermee bij aan onderzoek naar en het werken aan een gezonde leefomgeving in Zuidoost-Brabant. Door bewustwording van de heersende luchtkwaliteit, het bieden van handelingsperspectieven en/of verschillende samenwerkingsvormen wordt in co-creatie gewerkt aan een gezondere regio.

Het ILM2 is door het consortium geïnitieerd ter ondersteuning van beleid voor een gezondere samenleving. Met dat doel in het achterhoofd is het logisch dat ook veel van de deelnemende overheden aan het ILM2 deelnemer zijn aan het Schone Lucht Akkoord. Het doel van dit akkoord is om de luchtkwaliteit in Nederland permanent te verbeteren. Concreet streven de deelnemende partijen naar een gezondheidswinst van minimaal 50 procent in 2030 ten opzichte van 2016. Om dit te bereiken zijn er themagroepen ingericht en heeft het RIVM gezondheids-indicatoren ontwikkeld waarmee het rijk, provincies en gemeenten hun ambitie kunnen monitoren. Een belangrijk onderdeel in de rekenketen is het vaststellen van concentraties en blootstelling. Op regionaal niveau kan het ILM2 hier aanvullende inzichten in geven.

Dit rapport betreft de derde jaarrapportage van het ILM2 en beschrijft het jaar 2023.

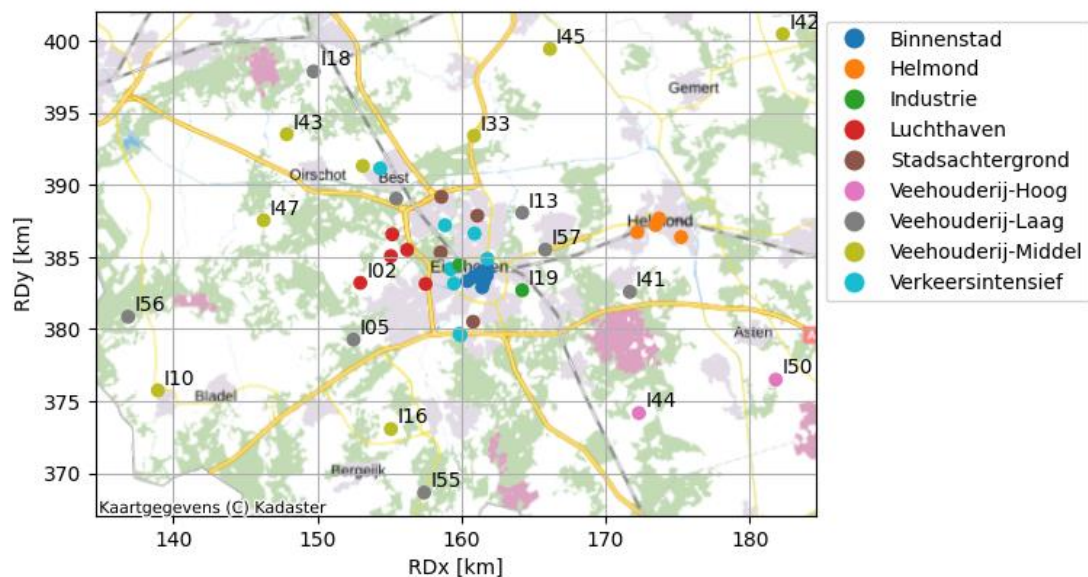
Rol RIVM en UU-IRAS in het onderzoek

Dit rapport geeft de visie van TNO weer, zoals door de auteurs beschreven. Het RIVM en UU-IRAS waren als kennispartner bij het onderzoek betrokken en hebben vooraf geadviseerd over de opzet en uitvoering van het ILM2-meetnet. Als tegenlezers hebben het RIVM en UU-IRAS feedback gegeven op de conceptversie van het eindrapport. De eindverantwoordelijkheid voor de inhoud van deze rapportage ligt bij TNO.

Samenvatting

Het Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant in 2023

Het Innovatief Luchtmeetnet 2.0 (ILM2) onderzoekt de luchtkwaliteit in Zuidoost-Brabant. Op 50 meetlocaties worden de concentraties fijnstof in verschillende groottes, namelijk PM1, PM2.5 en PM10, en stikstofdioxide (NO₂) gemeten met sensoren. Ook wordt in het luchthavengebied ultrafijnstof (UFP) gemeten. Deze stoffen zijn voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de regionale luchtkwaliteit en de daaraan gerelateerde gezondheidslast. Het ILM2 richt zich op stedelijke luchtkwaliteit, luchtkwaliteit rond de luchthaven en de luchtkwaliteit in het buitengebied, waaronder de invloed van veehouderij hierin.



Het ILM2 meetnet in Zuidoost-Brabant in 2023. Alleen operationele meetlocaties staan getoond. De locatienummers zijn gelijk aan de nummers op <https://ilm2.site.dustmonitoring.nl/>.

Waar in de eerste twee jaarrapportages van het ILM2 vooral gekeken is naar de werking van het meetnet en de regionale patronen wat betreft de luchtkwaliteit gaan we in deze rapportage specifiek op zoek naar de meer lokale invloed van bepaalde bronnen, zoals houtstook, werkzaamheden, wegverkeer, veehouderij en vliegverkeer.

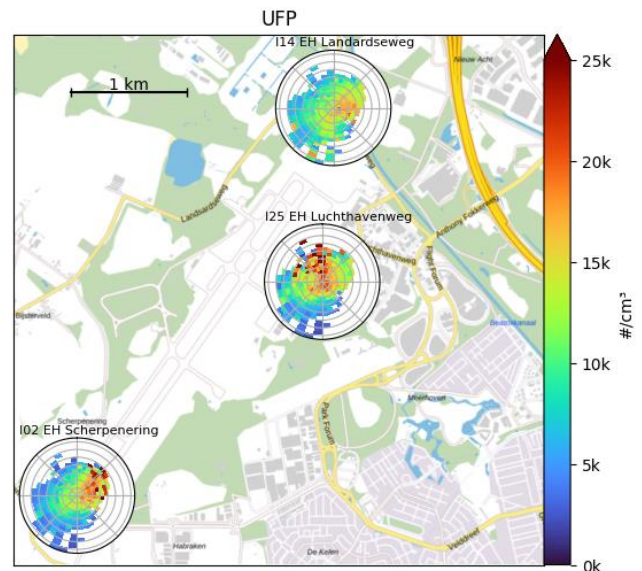
Analyse metingen van regionale luchtkwaliteit

In 2023 liggen gemeten concentraties lager dan in 2021 en 2022. Dit hangt naar alle waarschijnlijkheid samen met de excessieve neerslag in 2023, zowel qua hoeveelheid regendagen als de totale hoeveelheid neerslag. Op het KNMI-station in Eindhoven viel 1191 mm neerslag in 2023 (t.o.v. 635 mm in 2022) verspreid over 835 uur (t.o.v. 518 uur in 2022). Neerslag zorgt ervoor dat luchtvervuilende stoffen uit de lucht worden gehaald door natte depositie (Mijnen-Visser et al., 2024). De jaargemiddelde concentratie PM10, gemiddeld over alle ILM2 meetlocaties, ligt rond de 17,3 µg/m³, wat bijna 10% lager is dan in 2022. Ook de concentraties NO₂ liggen aanzienlijk lager dan voorgaande jaren, in de orde van 15% of meer op basis van ILM2 en de verschillende meetlocaties van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

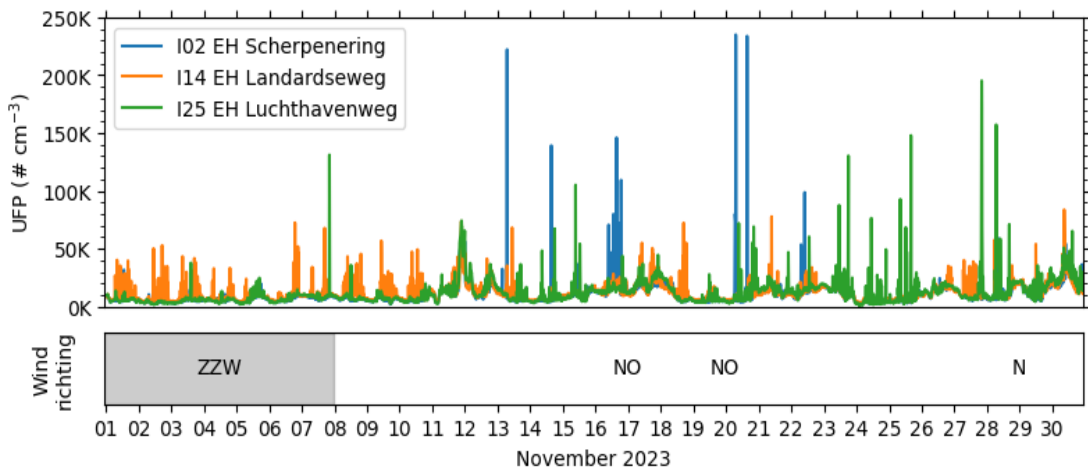
(LML) in de regio. De concentraties fijnstof gemeten door ILM2 in stedelijk gebied, luchthavengebied en buitengebied verschillen gemiddeld gezien in 2023 niet veel van elkaar. NO₂ is net als in voorgaande jaren duidelijk verhoogd in het stedelijk gebied ten opzichte van het buitengebied, waarbij de invloed van de variatie in intensiteit van het verkeer over de dag en over de week zichtbaar is.

Luchthavengebied

In het luchthavengebied zien we de invloed van wegverkeer en luchtvaart terug in de metingen van ultrafijnstof (UFP). Bij verschillende windrichtingen is te zien, zowel jaargemiddeld als kijkend naar kortstondige variaties van dag tot dag, dat UFP naar de meetlocatie benedenwinds van de start- en landingsbaan wordt geblazen. Tegelijk is ook de invloed van wegverkeer zichtbaar. Dit is met name te zien op de meetlocatie aan de Landardseweg, waarbij gemiddeld gemeten deeltjesaantallen UFP hoger liggen bij oostenwind, uit de richting van de A2, dan bij zuidwestenwind waarbij de wind over de luchthaven wordt aangevoerd. Omdat er rond UFP nog veel onderzoek plaatsvindt naar verschillen tussen bronnen en hoe UFP zich gedraagt in de atmosfeer kunnen er nog geen directe conclusies aan verbonden worden hoe deze bronnen zich tot elkaar verhouden. Het belang van autoverkeer in UFP is desalniettemin ook zichtbaar in de gemiddelde wekelijkse gang, waarbij gemiddelde concentraties op spitsmomenten doordeweeks hoger zijn dan op dezelfde tijdstippen in het weekend. De hoogste concentraties NO₂ meten we aan de Luchthavenweg, waar het meeste autoverkeer rondom de luchthaven zich bevindt.



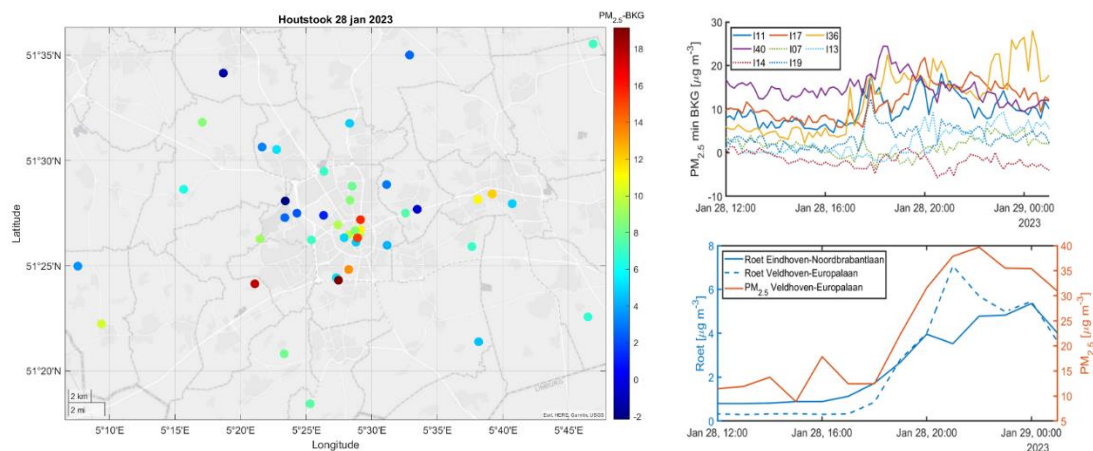
Windrozen van UFP tonen de gemiddelde deeltjesaantallen bij een bepaalde windrichting en windsnelheid. Aantal UFP is verhoogd bij wind over de luchthaven én uit de richting van de snelweg.



Het verloop van UFP deeltjesaantallen over november 2023 laat zien dat bij veranderende windrichting pieken ontstaan bij verschillende meetlocaties rondom het luchthaventerrein.

Stedelijk gebied

Houtstook vindt voornamelijk plaats op momenten dat het koud is, daarnaast zijn weekenddagen populair om hout te stoken. Op momenten dat het windstil is blijft eventuele houtstook lokaal hangen. Er is een analyse uitgevoerd voor zaterdagavond 28 januari 2023, waarop een combinatie van lage temperatuur ($<0^{\circ}\text{C}$) en lage windsnelheid ($<2\text{ m/s}$) het kunnen duiden van houtstook in de metingen annemelijk maakt. De uitkomsten laten zien dat $\text{PM}_{2.5}$ gemeten door ILM2 met name in stedelijk gebied verhoogd is, waar ook houtstook te verwachten is. Binnen korte tijd gaan concentraties $\text{PM}_{2.5}$ op sommige meetlocaties met $10\text{ }\mu\text{g/m}^3$ of meer omhoog. Dit is in lijn met bevindingen van het Samenwerking Houtrookonderzoek waar op piekmomenten lokale bijdrages tot ongeveer $40\text{ }\mu\text{g/m}^3$ worden geïdentificeerd in Bergen (Gerlofs-Nijland et al., 2022). Tevens was in Helmond te zien dat op een meetlocatie in industrieel gebied (waar geen houtstook verwacht wordt) de $\text{PM}_{2.5}$ concentratie niet verhoogd was ten opzichte van de regionale achtergrond. Het is annemelijk dat houtstook de lokale verhogingen van $\text{PM}_{2.5}$ op dat moment veroorzaakt. Het LML Noordbrabantlaan en LML Europalaan laten gelijktijdig een sterke toename van roet in de atmosfeer zien. Naast houtstook is er gekeken naar verkeer en de invloed hiervan op NO_2 . Aan de Stationsweg in Eindhoven zijn gemeten NO_2 concentraties vergeleken met verkeerstellingen tussen 31 januari en 12 februari 2023. Hieruit blijkt dat de NO_2 concentratie over het algemeen piekt op momenten wanneer er veel verkeer langsrijdt. Ook import van NO_2 uit andere regio's speelt een rol: vanaf 6 februari draaide de wind en wordt zichtbaar dat met wind uit het oosten de gehele NO_2 concentraties in de stad omhooggingen.

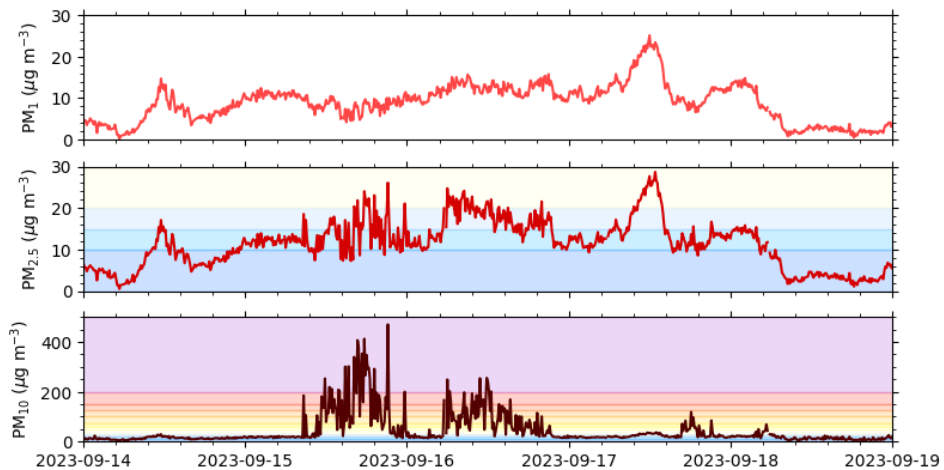


De kaart toont welke meetlocaties verhoging van $\text{PM}_{2.5}$ laten zien op zaterdagavond 28 januari 2023 ten opzichte van de regionale achtergrond. Op deze avond waren omstandigheden zo dat de invloed van houtstook binnen het onderzoeksgebied waarschijnlijk goed te meten was. De grafieken aan de rechterkant tonen hoe concentraties $\text{PM}_{2.5}$ op enkele meetlocaties gemeten door het ILM2 (rechtsboven) en gemeten concentraties roet door het LML Noordbrabantlaan en roet en $\text{PM}_{2.5}$ door LML Europalaan (rechtsonder) toenemen over de tijd.

Buitengebied

Omdat de meetlocaties in het buitengebied gericht zijn op veehouderij staan deze veelal in meer agrarische en daarmee dunner bewoonde gebieden. Daardoor is de kans op het kunnen meten van een lokale piek veroorzaakt door houtstook op deze meetlocaties minder groot. Toch denken we ook op de locatie I05 aan de Zandoerleseweg in Eersel de invloed van houtstook te kunnen zien. Hier is de $\text{PM}_{2.5}$ concentratie vanaf 18 uur 's-avonds verhoogd ten opzichte van de achtergrond (in totaal ongeveer $20\text{ }\mu\text{g/m}^3$). Gegeven de ligging van de meetlocatie en de zuidzuidwestenwind op deze avond is het annemelijk dat deze verhoging

wordt veroorzaakt door houtstook in Knegsel. Daarnaast zijn net als in 2022 verhogingen van concentraties fijnstof gerelateerd aan wegwerkzaamheden opgepikt op één van de ILM2 meetlocaties. In dit geval betrof dat de meetlocatie I45 aan de Zonveldstraat in Meierijstad, waar de PM10 concentraties sterk verhoogd waren (pieken boven de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) door asfalteringswerkzaamheden. Op beide dagen lag de daggemiddelde PM10 concentratie boven de WHO-advieswaarde van $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (93 en $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op respectievelijk 15 en 16 september). Wat verder opvalt is dat vooral de PM10 concentratie verhoogd is. Dit toont aan dat er bij het asfalteren met name grove deeltjes vrijkomen (tussen de 2.5 en $10 \mu\text{m}$).



Medio september worden er hoge concentraties PM10 gemeten aan de meetlocatie I45 in Meierijstad. In PM1 en PM2.5 is geen sterke verhoging zichtbaar, lokale asfalteringswerkzaamheden zijn waarschijnlijk verantwoordelijk voor de toegenomen hoeveelheid PM10 in de lucht.

Net als in eerdere jaren zien we tussen meetlocaties met en zonder verwachte belasting vanuit veehouderij geen grote verschillen in gemiddeld gemeten fijnstofconcentraties. Wel worden er op individuele locaties concentratiepieken gesignaleerd in met name PM10. Daarnaast zien we dat op locaties waar een hoge bijdrage van veehouderij wordt verwacht de grove fractie fijnstof (diameter tussen 2.5 en $10 \mu\text{m}$) relatief meer bijdraagt aan de totale concentratie PM10 dan voor locaties met een lagere veehouderij bijdrage, wat in lijn is met beschikbare literatuur (Lopez et al., 2011). Eén op één duiding van pieken fijnstof als mogelijk gevolg van veehouderij blijft echter lastig zonder informatie over activiteiten of samenstelling van het gemeten stof. Door te kijken naar de samenstelling kan ook de aanwezigheid van specifieke gezondheidsrelevante componenten worden onderzocht, zoals endotoxines. Dit geeft mogelijk een preciezer beeld van de invloed van veehouderij op de regionale luchtkwaliteit dan enkel het kijken naar massaconcentratie fijnstof. Ook het in beeld brengen van concentraties ammoniak kan daarbij aanvullende informatie geven.

Aanbevelingen

Ten opzichte van 2021 en 2022 hebben we in de jaarrapportage van 2023 in meer detail gekeken naar de invloeden van activiteiten in de omgeving op lokale concentraties. We hebben de invloed van houtstook, (weg-)werkzaamheden en veehouderij op lokale fijnstofconcentraties onderzocht, relaties tussen ultrafijnstof met weg- en vliegverkeer zichtbaar gemaakt en het verloop van de verkeersintensiteit en invloed daarvan op NO_2 concentraties over de dag en de week in beeld gebracht. Meer informatie kan daarbij verdere duiding van de meetgegevens mogelijk maken: dit gaat bijvoorbeeld over informatie over verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling, aantallen vluchten, staltypes en aantallen dieren.

Daarmee kunnen verbanden in tijd en ruimte tussen luchtkwaliteit en mogelijke activiteiten en bronnen onderzocht worden.

Uit de analyse van de meetgegevens van 2023 komen gelijkende aandachtspunten naar voren als in voorgaande jaren als het gaat om het verbeteren van de regionale en lokale luchtkwaliteit. Een aantal van deze aanbevelingen kan wel verder aangescherpt worden op basis van de bevindingen over 2023:

- In deze rapportage is lokale invloed van (hoogstwaarschijnlijk) houtstook onder bepaalde weersomstandigheden zichtbaar gemaakt. In eerdere rapportages zagen we al dat in de wintermaanden meer fijne deeltjes in de lucht zijn. Daarbij worden er voor PM_{2.5} ook meer overschrijdingsdagen geteld van de WHO-advieswaarden in de winter dan in de zomer. Reductie van fijnstofemissies in de wintermaanden is daarom aan te raden als onderdeel van het werken aan schone lucht, waarbij gedacht kan worden aan het stimuleren van schone(re) verwarmingsbronnen, het reduceren van de uitstoot van verkeer, het optimaliseren van de voorlichting rond houtstook en gebruik van de stookwijzer (waarbij hout stoken in geval van ongunstige meteorologische condities wordt afgeraden). Aanvullende metingen en analyses van de samenstelling van fijnstof kunnen helpen de invloed van houtstook in de regio verder te kwantificeren. Ook het melden van het stoken van hout in haarden en kachels als onderdeel van het omgevingsplan, kan waar mogelijk, helpen om dit verder in kaart te brengen.
- In stedelijke gebieden is verkeer een belangrijke bron van NO₂. Er zijn verschillende routes denkbaar om de blootstelling aan NO₂ te verminderen. Allereerst, kan het verkeersluw/verkeersvrij maken van delen van de stad resulteren in verbeterde luchtkwaliteit, bijvoorbeeld door te werken aan vergroening of uitbreiding van het openbaar vervoer. Ten tweede kan het instellen/verscherpen van een milieuzone, waarmee de meest vervuilende voertuigen worden geweerd, bijdrage aan het verminderen van emissies op plekken waar veel mensen blootgesteld worden aan vieze lucht. Ten slotte kan het scheiden van verkeerstromen, waarbij fietsers en voetgangers een andere route volgen dan auto's, ook helpen de blootstelling te verminderen.
- Vliegverkeer draagt bij aan verhogingen van UFP in het luchthavengebied. Wat nog niet kan worden vastgesteld is hoe ver deze invloed reikt naar de bewoonde gebieden in de regio. Voor een eerste indicatie van deze verspreiding is modellering een optie, met name om te zien of er substantiële verhogingen in UFP te verwachten zijn in woon- en werkgebieden rond de luchthaven. In combinatie met metingen van deeltjesgrootteverdeling, en mogelijk chemische samenstelling van UFP, kan verder in beeld worden gebracht hoe de bijdrages van verschillende bronnen van UFP zich tot elkaar verhouden. De huidige metingen vanuit ILM2 laten ook de invloed van wegverkeer zien. Voor UFP wordt daarom aangeraden om ook te meten bij drukke wegen waar mensen potentieel langdurig blootgesteld worden, zoals drukke verkeersroutes/pleinen in de buurt van woningen en kwetsbare locaties als scholen of verzorgingshuizen.
- In het buitengebied worden op een aantal meetlocaties regelmatig PM₁₀ concentratiepieken gemeten welke mogelijk samenhangen met veehouderij in de nabijheid van die meetlocaties. Op andere meetlocaties waar ook veehouderijen in de nabijheid staan is dit niet het geval. Het is daarom van belang om vast te stellen of 1) deze concentratiepieken inderdaad direct te relateren zijn aan veehouderij in de nabijheid van de meetlocatie, 2) welke typen veehouderij, activiteiten, en omstandigheden deze concentratiepieken veroorzaken, 3) wat de samenstelling is van het fijnstof om gezondheidsimpact te kunnen schatten en 4) of er mogelijkheden zijn deze concentratiepieken te reduceren. Een eerste stap kan gezet worden via een gerichte campagne aanpalend aan het vaste meetnet via de beschikbare mobiele boxen binnen het ILM2. De mogelijkheden hiervoor worden momenteel actief onderzocht.

- In 2023 hebben we opnieuw gezien dat nabijgelegen wegwerkzaamheden (in dit geval asfalteren) kunnen leiden tot een duidelijk waarneembare stijging van PM10 en daarmee een verslechtering van de lokale luchtkwaliteit. Het is daarom aan te raden om bij wegwerkzaamheden stofbeperkende maatregelen te nemen waar mogelijk. Ook wordt geadviseerd om bepaalde plekken op het moment van werkzaamheden die veel stof veroorzaken te vermijden. Voor personeel dat werkzaamheden uitvoert waarbij veel stof ontstaat is het, indien nog niet van toepassing, aan te raden beschermmiddelen te gebruiken om de blootstelling zoveel mogelijk te beperken.

Inhoudsopgave

Terminologie.....	4
Achtergrond.....	5
Samenvatting.....	6
1 Inleiding.....	13
2 Meten en analyseren.....	15
2.1 Meten met sensoren.....	15
2.2 Meetlocaties ILM2.....	15
2.3 Aanpak analyse regionale luchtkwaliteit.....	18
3 Regionale luchtkwaliteit 2023.....	19
3.1 Regionaal overzicht.....	19
3.2 Regionale invloeden fijnstof en NO ₂	21
3.3 Het luchthavengebied.....	25
3.4 Het stedelijk gebied.....	28
3.5 Het buitengebied.....	32
4 Conclusies en aanbevelingen.....	37
4.1 Conclusies.....	37
4.2 Aanbevelingen.....	39
5 Referenties.....	41
6 Ondertekening.....	43
Bijlagen	
Bijlage A: Meetlocaties ILM2.....	43
Bijlage B: Data beschikbaarheid.....	47
Bijlage C: Datakwaliteit.....	49
Bijlage D: Jaargemiddelden.....	53

1 Inleiding

Het Innovatief Luchtmeetnet 2.0 (ILM2) is geïnitieerd ter ondersteuning van beleid voor een gezondere samenleving. Door de regionale luchtkwaliteit in Zuidoost-Brabant te bemeten en te analyseren wordt onderzocht waar mogelijkheden zijn om de luchtkwaliteit te verbeteren. Er is daarbinnen specifieke aandacht voor de invloed van de stedelijke gebieden, de luchthaven en de intensieve veehouderij in het buitengebied op de luchtkwaliteit in deze regio. De meetlocaties van het ILM2 zijn ingericht met sensoren die fijnstof (PM) en stikstofdioxide (NO₂) meten. Deze stoffen zijn voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de regionale luchtkwaliteit en de daaraan gerelateerde gezondheidslast (Fischer et al., 2015; Denissen, 2022). Het ILM2 meetnet is sinds september 2020 actief. De meetgegevens per meetlocatie zijn via verschillende webapplicaties toegankelijk, zoals <https://ilm2.site.dustmonitoring.nl/> van TNO en het portaal <https://samenmeten.rivm.nl/> van RIVM.

Dit rapport beschrijft de meetgegevens van het jaar 2023. De meetgegevens van het ILM2 in 2021 en 2022 hebben laten zien dat fijnstof zich als een deken over de regio heen beweegt waarbij windrichting, tijd van het jaar en grenslaaghoogte van grote invloed zijn (Goudriaan et al., 2022; Van Dinther et al., 2023). Met name bij (noord-)oostenwind stijgen de concentraties fijnstof. In beide jaren (data van 2021 en 2022) is een relatieve toename van kleinere deeltjes (PM_{2.5}) zichtbaar tijdens de winterperiode. Dit valt samen met een toename van roet, gemeten met het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, in de stad én buitengebied. Waarschijnlijk komt dit door toenemende verbrandingsemissies door verwarming en verkeer. Mogelijke invloed van veehouderij is te zien in pieken van grove deeltjes fijnstof (PM₁₀) op enkele locaties. Niet alle meetlocaties gericht op veehouderij meten echter deze pieken, wat erop duidt dat type veehouderij, specifieke activiteiten of lokale omgevingsfactoren een rol spelen in wat we terugzien.

Stikstofdioxide (NO₂) wordt sterk bepaald door lokale bronnen, waarbij verkeer een belangrijke bron is. Uit de eerdere ILM2 rapportages bleek dat concentratiepieken worden gemeten tijdens de ochtend- en avondspits gedurende werkdagen (Goudriaan et al., 2022; Van Dinther et al., 2023). In het stedelijk gebied liggen de concentraties daarbij over het algemeen hoger dan in het buitengebied. Op zaterdag en zondag is de ochtendpiek, ook in de stad, gemiddeld bijna niet waarneembaar doordat er dan veel minder verkeer is. Dit verschil tussen week- en weekenddagen geeft een indicatie van het belang van verkeer gerelateerde maatregelen om NO₂ concentraties te verlagen (Goudriaan et al., 2022; Van Dinther et al., 2023). In het luchthavengebied meten we daarnaast ultrafijnstof op drie meetlocaties binnen ILM2. De invloed van vliegverkeer en het nabije autoverkeer is te zien in deze metingen (Goudriaan et al., 2022; Van Dinther et al., 2023). Dit levert gedurende de dag een verhoging op van ultrafijnstof op de meetlocaties in het luchthavengebied, met uitschieters op plekken benedenwinds van luchthaven en (snel-)wegen. In hoeverre dit ultrafijnstof vanuit deze bronnen zich over het bewoonde gebied van de regio verspreidt is een vraag voor verder onderzoek.

Deze rapportage betreft de analyse van de meetgegevens van 2023. Waar we in de eerste twee rapportages vooral gekeken hebben naar de werking van het meetnet en de regionale patronen wat betreft de luchtkwaliteit, wordt in deze rapportage in meer detail gekeken naar de invloed van bronnen, zoals houtstook, werkzaamheden, wegverkeer, veehouderij en vliegverkeer op de lokale luchtkwaliteit.

2 Meten en analyseren

2.1 Meten met sensoren

Op de meetlocaties van het ILM2 wordt de luchtkwaliteit bemeten via het meetplatform CAIREBox. Dit meetplatform is ontwikkeld door en eigendom van TNO en haar rechtsvoorganger ECN. TNO werkt samen met Admatec Europe B.V. voor de ontwikkeling en het onderhoud van deze apparatuur voor ILM2.

Het meetplatform kan verschillende typen sensoren bevatten: de CAIREBoxen gebruikt in het ILM2 zijn uitgerust met sensoren voor het meten van fijnstof in 3 fracties: PM1, PM2.5 en PM10 (massa van deeltjes met een diameter tot respectievelijk 1; 2,5; en 10 μm) en NO_2 . Daarnaast wordt op drie locaties UFP gemeten via een additionele sensor. Elke CAIREBox bevat ook sensoren om de luchtvochtigheid en temperatuur in de box te meten. De CAIREBox is uitgerust met een accu waarmee deze indien volgeladen minimaal 18 uur kan werken zonder stroomvoorziening. Daardoor kan de CAIREBox op uiteenlopende locaties worden opgehangen; binnen het ILM2 is dit meestal aan een lichtmast (Figuur 2.1). Op iedere meetlocatie wordt per 10 minuten voor iedere component de meetwaarde vastgesteld. Via het GSM-netwerk worden de meetgegevens vervolgens verzonden naar een server van TNO en ontsloten via verschillende onlinekanalen.



Figuur 2.1 Een CAIREBox van het Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant.

Op verschillende manieren vindt er monitoring plaats van de beschikbaarheid van meetgegevens en werking van de CAIREBoxen om de uptime en kwaliteit van het ILM2 meetnet zo hoog mogelijk te krijgen. Dit gebeurt via automatische checks op afwijkende meetresultaten (zoals negatieve waarden) of condities (temperaturen of luchtvochtigheden buiten de specificaties van de sensor), alsmede handmatige checks. De meetapparatuur en manier van kalibreren staat uitgebreid omschreven in de eerste jaarrapportage over 2021 van het Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant (Goudriaan et al., 2022).

2.2 Meetlocaties ILM2

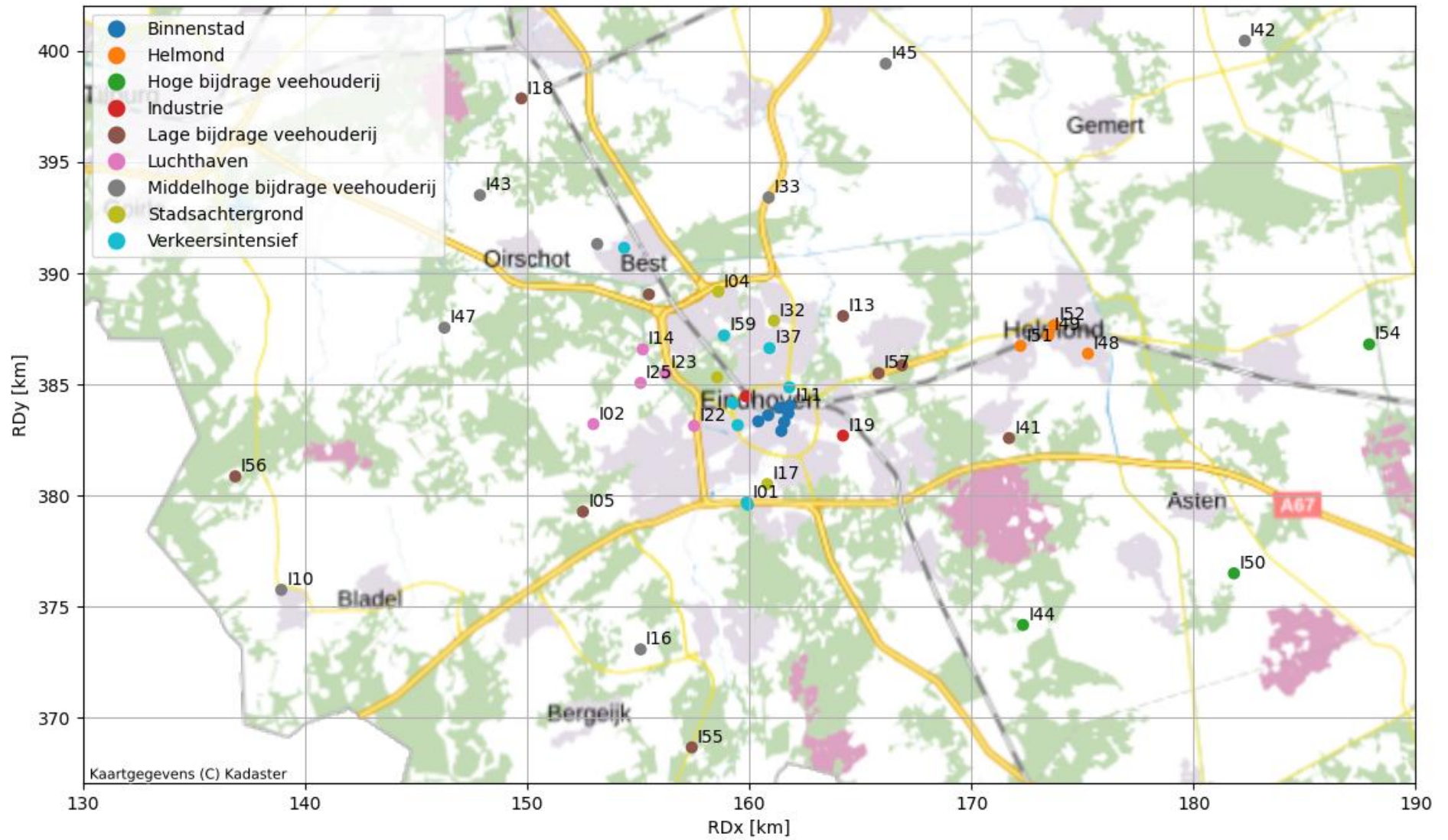
In totaal is er in 2023 op 50 meetlocaties gemeten. De meetlocaties zijn geïdentificeerd door TNO, RIVM en UU-IRAS en staan in detail toegelicht in Bijlage A. Binnen het ILM2 meetnet wordt aandacht besteed aan het stedelijk gebied, het

vliegveld en het buitengebied. Het volledige operationele ILM2 meetnet in 2023 is zichtbaar in Figuur 2.2.

Per deelgebied zijn verschillende soorten meetlocaties te onderscheiden:

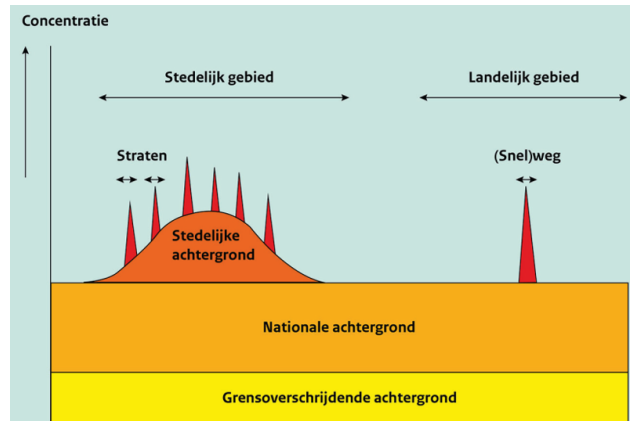
- *Stedelijk gebied:* In 2023 waren 22 vaste meetlocaties actief in Eindhoven en 4 gemeentelijk gefinancierde meetlocaties in Helmond. De meetlocaties in Eindhoven zijn verdeeld over verschillende subcategorieën: Stadsachtergrond (n=4), Binnenstad (n=7), Verkeersintensief (n=5), Industrie (n=2), en Snelweg (n=4). De meetlocatie 159 EH Boschdijk is geplaatst op 11 december 2023 in Eindhoven.
- *Luchthavengebied:* Binnen het luchthavengebied in Eindhoven zijn 3 meetlocaties actief. Op deze 3 meetlocaties wordt ook UFP gemeten. Ultrafijnstof metingen zijn een belangrijk onderdeel in het vaststellen van luchtkwaliteit rond vliegvelden. Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd in recente onderzoeken rond Schiphol (Tromp et al., 2021; Voogt et al., 2019; van Dinther et al., 2019; Voogt et al., 2023).
- *Buitengebied:* In 2023 waren er 19 meetlocaties actief in de regio, exclusief de stedelijke agglomeraties van Helmond en Eindhoven. Dit betreffen 15 meetlocaties van het vaste meetnet. Voor het selecteren van de vaste meetlocaties is gebruik gemaakt van de GCN-kaart voor fijnstof afkomstig van veehouderijstallen van het jaar 2019 (beschikbaar gesteld door RIVM). De te verwachten bijdrage aan PM10 concentraties vanuit veehouderijen was leidend in de locatiekeuze. Daarbij is voor de 15 meetlocaties onderscheid gemaakt tussen 6 meetlocaties met een verwachte lage bijdrage PM10 vanuit veehouderij ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 6 meetlocaties met een verwachte middelhoge bijdrage PM10 ($1\text{-}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 3 meetlocaties met een verwachte hoge bijdrage PM10 ($> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Daarnaast zijn er 2 gemeentelijk gefinancierde meetlocaties in Best (langs doorgaande wegen). De gemeentelijk gefinancierde locaties in Oirschot en Reusel betreffen locaties waar waarschijnlijk vooral de regionale achtergrond gemeten wordt.
- *Tijdelijke meetlocaties:* Binnen het ILM2 zijn er 6 mobiele meetboxen beschikbaar voor meetcampagnes om vraagstukken van individuele gemeentes te onderzoeken. In 2022 zijn er twee mobiele meetboxen ingezet in de gemeente Nuenen voor een vraagstuk rond luchtvervuiling gerelateerd aan verkeersdrukke. Deze zijn in april en mei 2022 geplaatst aan de Geldropse Dijk en Zandsche Put. De meetlocatie aan de Zandsche Punt is tot 22 februari 2023 actief geweest, de meetlocatie aan de Geldropse Dijk geheel 2023.

Een overzicht van de beschikbare meetgegevens per locatie in 2023 is zichtbaar in Bijlage B. Een beschrijving van de kwaliteit van de metingen in 2023 is te vinden in Bijlage C.



Figuur 2.2 Het ILM2 meetnet in Zuidoost-Brabant in 2023.

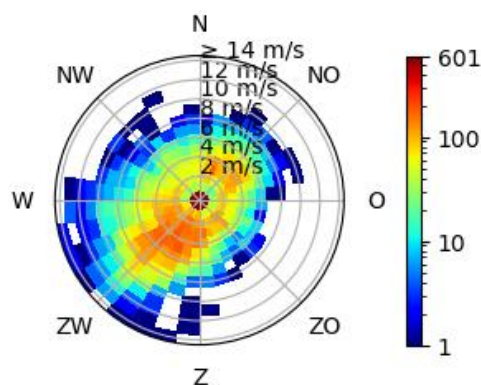
2.3 Aanpak analyse regionale luchtkwaliteit



Figuur 2.3 Generieke opbouw van concentraties van (verkeer gerelateerde) luchtvervuilende stoffen. Bron: RIVM

Deze rapportage behandelt de metingen van het ILM2 voor het jaar 2023. Het doel is daarbij de regionale luchtkwaliteit in Zuidoost-Brabant te onderzoeken, met daarbij aandacht voor het stedelijke gebied, vliegveld en het buitengebied met veehouderij. Daarbij worden ook mogelijke bronnen van luchtvervuilende stoffen onderzocht. De analyse van de regionale luchtkwaliteit wordt uitgevoerd op verschillende schaalniveaus. Deze sluiten aan bij de opbouw getoond in Figuur 2.3. Meer dan in voorgaande jaren zullen we inzoomen op specifieke bronnen die lokaal voor luchtvervuiling kunnen zorgen. In het luchthavengebied richten we ons met name op het vlieg- en wegverkeer. In stedelijk gebied besteden we aandacht aan wegverkeer en houtstook. In het buitengebied kijken we naar veehouderij, werkzaamheden en houtstook. Daarbij trachten we, waar mogelijk, een verband te leggen tussen gegevens over deze activiteiten (zoals verkeerstellingen) en metingen van de verschillende stoffen.

Voor de windroosfiguren wordt gebruik gemaakt van meteorologische informatie van het KNMI-station op Eindhoven Airport. De aanname is dat dit station representatief is voor de hele regio vanwege het veelal vlakke terrein. Het kan zijn dat deze aanname leidt tot een onder- of overschatting van de windsnelheid op sommige meetlocaties. Dit geldt ook voor de windrichting, welke mede afhankelijk is van gebouwen, bossen of juist open gebied. In Figuur 2.4 is zichtbaar hoe de



windrichting en windsnelheid varieert in 2023. Net als in voorgaande jaren komt de wind voornamelijk uit het zuidwesten.

Figuur 2.4 Deze windroos demonstreert hoeveel uur de verschillende windrichtingen en windsnelheden werden waargenomen. Hoe verder van het centrum, hoe hoger de windsnelheid. De kleur van elk blokje vertegenwoordigt het totaal aantal uren dat de wind uit die specifieke richting blies met de aangegeven snelheid. Merk op dat de kleurenschaal logaritmisch is.

3 Regionale luchtkwaliteit 2023

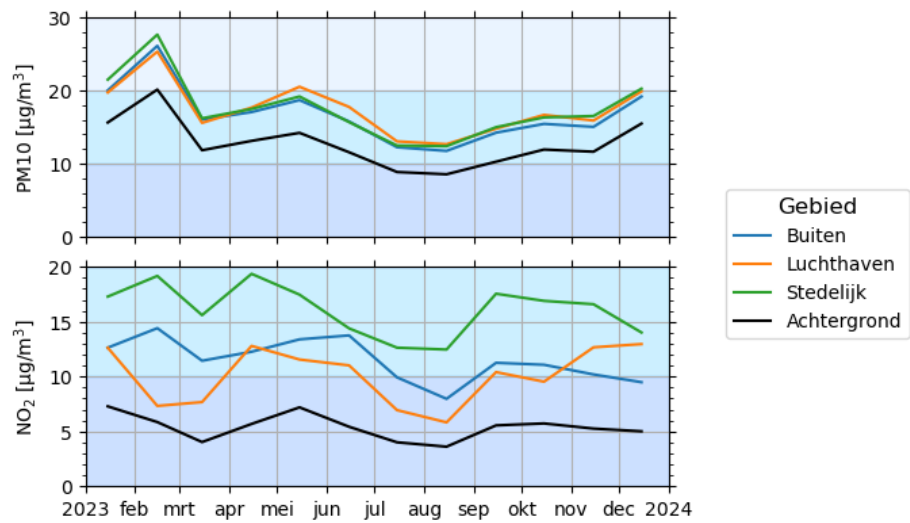
3.1 Regionaal overzicht

De gemiddelde PM en NO₂ concentraties per jaar en per kwartaal gemeten door het ILM2 in 2023 staan getoond in Tabel 3.1. In Figuur 3.1 worden de maandelijks gemiddeld gemeten concentraties PM10 en NO₂ in het stedelijk gebied, het luchthavengebied en het buitengebied over het jaar 2023 getoond. De maandelijks gemiddelde PM10 en NO₂ waarden van vier LML-stations in en rondom de regio Zuidoost-Brabant staan getoond in Figuur 3.2.

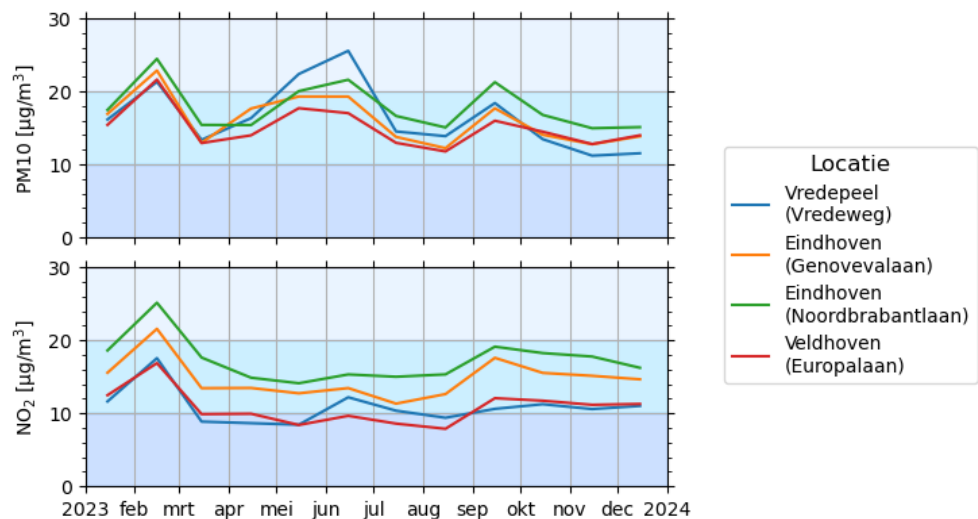
Tabel 3.1 Jaarlijkse en kwartaal gemiddelde concentraties van fijnstof en NO₂ gemeten door het ILM2 in 2023. Hiernaast zijn de 25 en 75 percentiel concentratie weergegeven om de spreiding te laten zien in de metingen.

Periode	Gemiddelde meetnet ILM2 (25- en 75-percentiel over alle metingen)				Deeltjesverdeling (%)	
	PM1 [µg/m ³]	PM2.5 [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]	NO2 [µg/m ³]	PM1/PM10	PM2.5/PM10
Jaar 2023	8,9 (3,8-11,6)	11,1 (5,1-14,3)	17,3 (9,9-21,9)	13,3 (5,5-17,9)	51,7 (31,5-64,7)	64,4 (48,2-71,6)
Q1 2023 (Jan-Mar)	12,0 (4,8-17,4)	14,9 (6,4-20,6)	21,1 (11,3-28,8)	14,8 (6,7-19,7)	56,7 (34,5-70,2)	70,7 (53,4-78,6)
Q2 2023 (Apr-Jun)	9,3 (4,8-11,9)	11,2 (6,2-14,0)	17,4 (11,3-21,3)	14,0 (6,5-18,8)	53,3 (35,6-66,8)	64,4 (50,9-72,8)
Q3 2023 (Jul-Sep)	6,0 (2,8-7,7)	7,5 (3,8-9,4)	13,1 (8,4-16,0)	12,0 (4,8-16,0)	46,1 (28,6-59,5)	56,8 (42,0-65,6)
Q4 2023 (Okt-Dec)	8,3 (3,3-11,3)	10,8 (5,0-14,5)	17,2 (10,1-22,7)	13,1 (5,4-17,4)	48,2 (27,9-61,1)	62,6 (46,2-69,5)

Vergeleken met voorgaande jaren valt op dat de jaargemiddeld gemeten fijnstofconcentraties lager liggen. De jaargemiddelde concentratie op basis van het gehele ILM2 meetnet ligt op 17,3 µg/m³ voor PM10 in 2023. Dit is lager dan 2021 en 2022 met respectievelijk 19,3 en 18,9 µg/m³. Ook voor NO₂ liggen in alle gebieden de gemiddelde jaarconcentraties lager dan in voorgaande jaren. Daarbij moet wel aangemerkt worden dat er vanuit het ILM2 per meetlocatie veelal niet een volledig jaar aan meetgegevens voor deze stof beschikbaar is geweest in de afgelopen jaren. Kijkend naar het LML zien we echter dezelfde patronen terug. Op het LML Genevevalaan was de jaargemiddelde concentratie NO₂ over 2023 bijvoorbeeld 14,7 µg/m³ en in 2022 was dit 17,4 µg/m³. Op het LML Vredepeel is deze verhouding 10,9 µg/m³ in 2023 en 13,4 µg/m³ in 2022. Zowel de fijnstof- als NO₂-concentraties zijn dus sterk gereduceerd. We denken dat dit met de weersomstandigheden te maken heeft, omdat de emissies waarschijnlijk wel vergelijkbaar zijn. Dit wordt verder besproken in hoofdstuk 3.2.



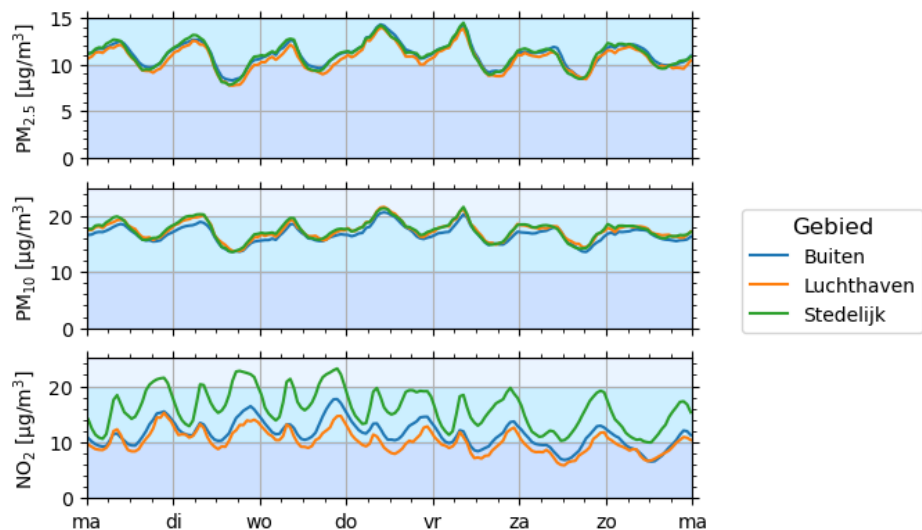
Figuur 3.1 De maandelijks gemiddelde gemeten concentraties, verdeeld over het stedelijk gebied, het luchthavengebied, en het buitengebied in Zuidoost-Brabant. In zwart zijn bovendien de regionale achtergrondconcentraties zoals berekend uit de meetgegevens van ILM2 (zie hoofdstuk 3.2) weergegeven. De achtergrondkleuren komen overeen met de aanbevelingen uit Dusseldorp et al. 2014.



Figuur 3.2 Boven: Maandelijks gemiddelde meetwaarde PM10 in 2023 van vier LML-stations in en rondom de regio Zuidoost-Brabant. Onder: Maandelijks gemiddelde meetwaarde NO₂ in 2023 van vier LML-stations in en rondom de regio Zuidoost-Brabant. De achtergrondkleuren komen overeen met de aanbevelingen uit Dusseldorp et al. 2014.

De gemeten fijnstofconcentraties aan het landelijk gelegen LML-station Vredepeel zijn in mei en juni hoger dan op de andere meer stedelijke meetlocaties. Dit verschil tussen buitengebied en stedelijk gebied is in ILM2 in die periode niet zo duidelijk zichtbaar. In de rest van het jaar zijn de PM concentraties veelal gelijkend over de drie verschillende gebieden binnen het ILM2. De PM metingen van het ILM2 lijken aan het einde van het jaar wel iets hoger te liggen dan de metingen van het LML. Het LML-station aan de Noordbrabantlaan meet gemiddeld gezien over de hele periode hogere PM concentraties in vergelijking tot de andere stedelijke meetlocaties.

De gemeten NO_2 concentraties door het ILM2 zijn in het stedelijk gebied het hoogst. Binnen het luchthavengebied worden lagere concentraties gemeten dan in het buitengebied. Specifiek valt op dat de NO_2 concentraties aan de Scherpenering en de Landardseweg vaak in lijn zijn met de achtergrondlocaties in het buitengebied. Daarentegen zijn de concentraties op de Luchthavenweg meer in lijn met de stedelijke meetlocaties. Dit is ook de meetlocatie in het luchthavengebied waaromheen het meeste wegverkeer wordt verwacht. Ook op de LML-stations, getoond in Figuur 3.2, meten de stedelijke meetlocaties hogere NO_2 concentraties dan de meetlocaties op minder verkeer belaste locaties. Figuur 3.3 toont de gemiddelde weekgang van de gemeten concentraties door het ILM2 in 2023 per onderzoeksgebied. Duidelijk waarneembaar zijn de ochtend- en avondspits tijdens de doordeweekse dagen voor NO_2 in het stedelijk gebied. In het luchthavengebied en het buitengebied is dezelfde dynamiek zichtbaar, maar zijn de waarden over het algemeen gemiddeld gezien lager. Tijdens het weekend is de ochtendspits veel minder goed zichtbaar. Dit is met name op zondagen het geval.



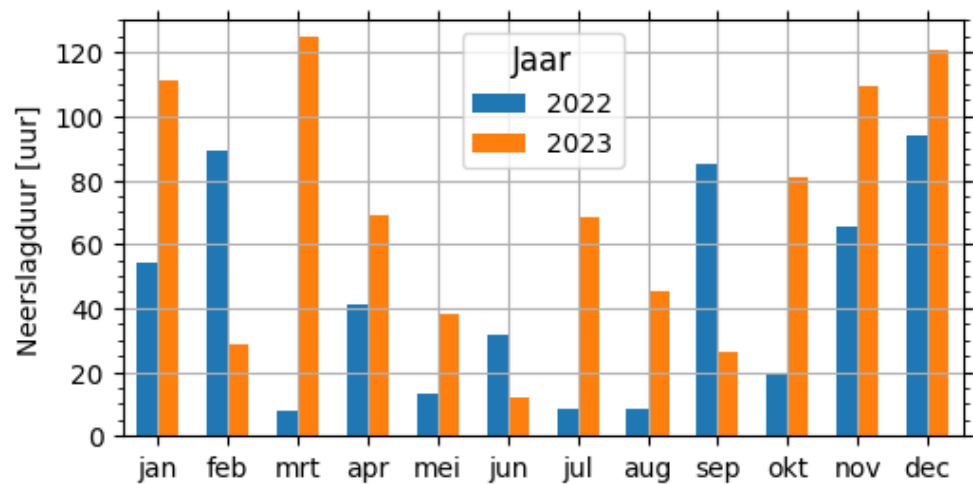
Figuur 3.3 Gemiddelde weekgang van de gemeten $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} en NO_2 concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ door het ILM2 in Zuidoost-Brabant in 2023, gemiddeld over de meetlocaties van het luchthavengebied, het stedelijk gebied en het buitengebied. De achtergrondkleuren komen overeen met de aanbevelingen uit Dusseldorp et al. 2014.

3.2 Regionale invloeden fijnstof en NO_2

Zoals vermeldt valt op dat de jaargemiddelde concentraties fijnstof en NO_2 in 2023 lager liggen dan in voorgaande jaren. Waarschijnlijk heeft dit voor een belangrijk deel te maken met de grote hoeveelheid neerslag in 2023. In 2023 viel er in totaal 1191 mm regen volgens het KNMI-meetstation in Eindhoven, terwijl dit in 2022 slechts 635 mm was.¹ Ter illustratie, de langjarig jaargemiddelde neerslag in Nederland is ongeveer 850 mm.² Ook zijn er meer regendagen geweest in 2023 ten opzichte van 2022 zoals zichtbaar is in Figuur 3.4. Neerslag zorgt voor natte depositie van luchtvervuilende stoffen en daarmee de verwijdering van deze stoffen uit de atmosfeer. Dit zorgt ervoor dat de concentraties luchtvervuilende stoffen omlaaggaan (RIVM, 2013; Mijnen-Visser et al., 2024).

1 <https://weerstatistieken.nl/eindhoven/2023>

2 <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/2023-maakt-een-einde-aan-reeks-droge-jaren>



Figuur 3.4 Neerslagduur gemeten op het KNMI-station in Eindhoven vergeleken tussen 2022 en 2023.

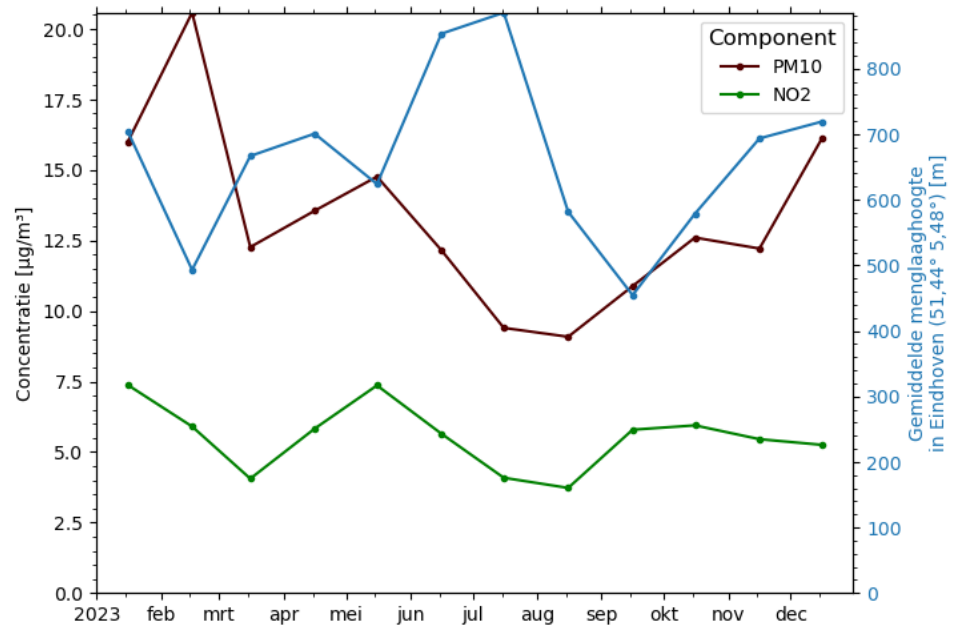
Net als in voorgaande jaren is zichtbaar dat in de winter door het ILM2 hogere concentraties PM worden gemeten dan in de zomer. Naast de variaties in grenslaaghoogte kunnen ook verbrandingsemissies in de winter voor verwarming en toenemend wegverkeer extra bijdragen aan hogere fijnstofconcentraties (Bloemen, 2008). Dat deze toename van verbrandingsemissies ook een rol speelt in Zuidoost-Brabant lijkt mede zichtbaar in de metingen van roet op de LML-meetlocaties aan de Noordbrabantlaan in Eindhoven, de Europalaan in Veldhoven en de Vredeweg in Vredepeel (www.luchtmeetnet.nl). Met name in februari 2023, met veelal koude dagen, waren de concentraties roet op alle drie de stations verhoogd. Bij de zichtbare verschillen tussen de seizoenen speelt mee dat NO₂ onder invloed van zonlicht reageert tot NO en O. Dit O atoom is dan weer beschikbaar om met O₂ te reageren tot O₃, wat vervolgens weer reageert met NO tot NO₂ en O₂. In de zomer zijn daarom met name overdag de NO₂ concentraties relatief laag. In de winter is er daarnaast waarschijnlijk meer wegverkeer wat met name in stedelijk gebied voor hogere NO₂ concentraties zorgt.

In Tabel 3.2 wordt het berekende percentage achtergrond per component gepresenteerd. In deze berekening is ervoor gekozen de 10-percentiel waarde over alle sensoren per uur als achtergrond te nemen, hierdoor wordt deze niet bepaald door één sensor. Het 10-percentiel betekent dat 10% van de metingen binnen ILM2 onder deze waarde liggen. De aanname daarbij is dat er op die 10-percentiel waarde (vrijwel) geen luchtvervuiling afkomstig van emissies uit de regio worden gemeten. Op basis hiervan zou iets meer dan 70% van de gemeten PM10 concentraties in 2023 kunnen worden gezien als achtergrond. Dit is in lijn met de resultaten uit 2021 en 2022. Door de lange verblijftijd van het stof in de atmosfeer, kan stof grote afstanden afleggen waardoor een grootschalig verspreidingspatroon ontstaat (RIVM, 2013). Voor NO₂ is de achtergrond berekend vanuit het ILM2 verantwoordelijk voor 37% van de concentratie (zie Tabel 3.2). De NO₂ berekening wordt bemoeilijkt omdat niet op elk moment van alle meetlocaties informatie beschikbaar is. Het laat wel zien dat lokale bronnen, zoals verkeer, relatief veel invloed hebben op de heersende concentraties NO₂. Dit sluit aan bij de observatie gedaan in Maas et al. (2022).

Tabel 3.2 Procentuele bijdrage van de achtergrond in de regionale gemiddelde concentratie per luchtvervuilende stof

Periode	Procentuele bijdrage achtergrond aan regionaal gemiddelde concentraties			
	PM1 [%]	PM2.5 [%]	PM10 [%]	NO ₂ [%]
Jaar 2023	56	64	72	37
Q1 2023 (Jan-Mar)	65	69	72	36
Q2 2023 (Apr-Jun)	64	69	73	39
Q3 2023 (Jul-Sep)	50	58	69	34
Q4 2023 (Okt-Dec)	46	59	73	38

De achtergrondconcentraties staan onder invloed van fluctuaties in de grenslaaghoogte en de meteorologische omstandigheden. Figuur 3.5 toont hoe de gemiddelde achtergrondconcentraties per maand zich verhouden tot de grenslaaghoogte verkregen uit de ERA5 reanalysis dataset van ECMWF.³ In de winter ontstaat aan de grond een relatief koude luchtlaag welke minder makkelijk mengt met de warmere lucht hogerop in de atmosfeer, waardoor bij eenzelfde emissie de stoffen over een kleiner oppervlakte worden gemengd en de concentraties oplopen (Pan et al., 2019; Van Dinther & Plomp, 2019). Met name in de zomerperiode is in Figuur 3.5 te zien dat de hogere grenslaag samenvalt met lagere concentraties gemeten door het ILM2.

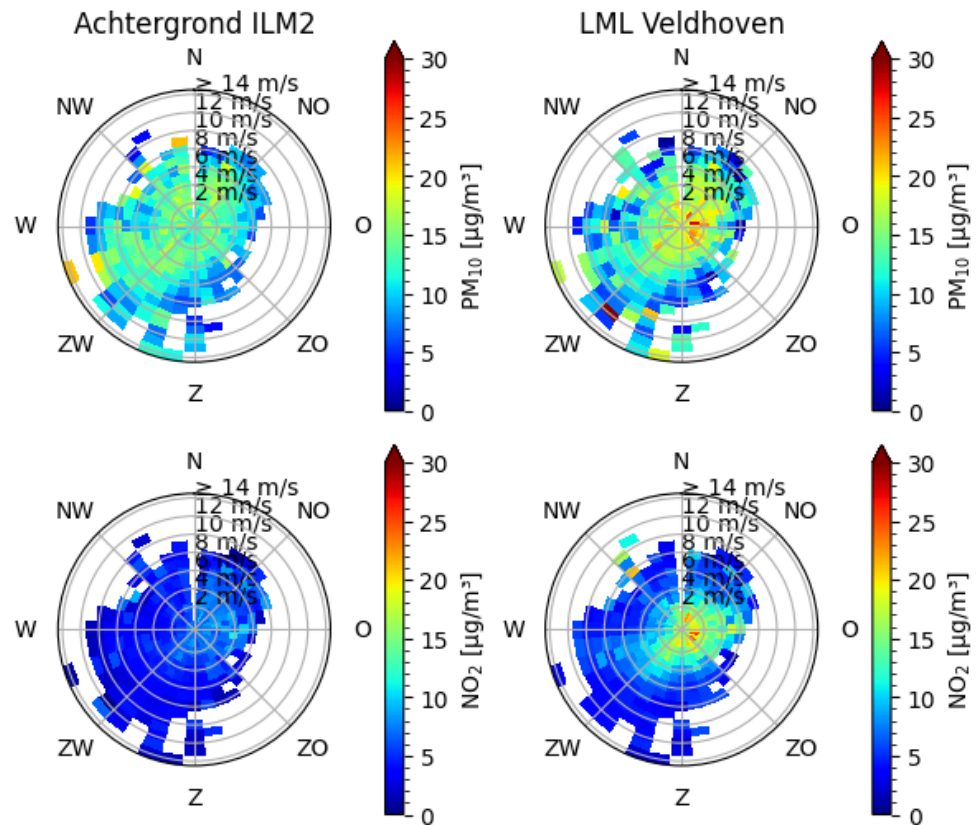


Figuur 3.5 De maandelijkse veranderingen in de grenslaaghoogte, verkregen vanuit de ERA5 reanalysis dataset van ECMWF, en de maandelijkse gemiddelde achtergrondconcentraties van PM en NO₂ in µg/m³.

Uit Figuur 3.6 blijkt dat de hoogste achtergrondconcentraties PM10 zich voordoen bij wind uit noordoostelijke richting. Dit is in lijn met ILM2 data van 2021 (Goudriaan et al., 2022) waar NO-wind ook sterker naar voren kwam. Kijkend naar

³ <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

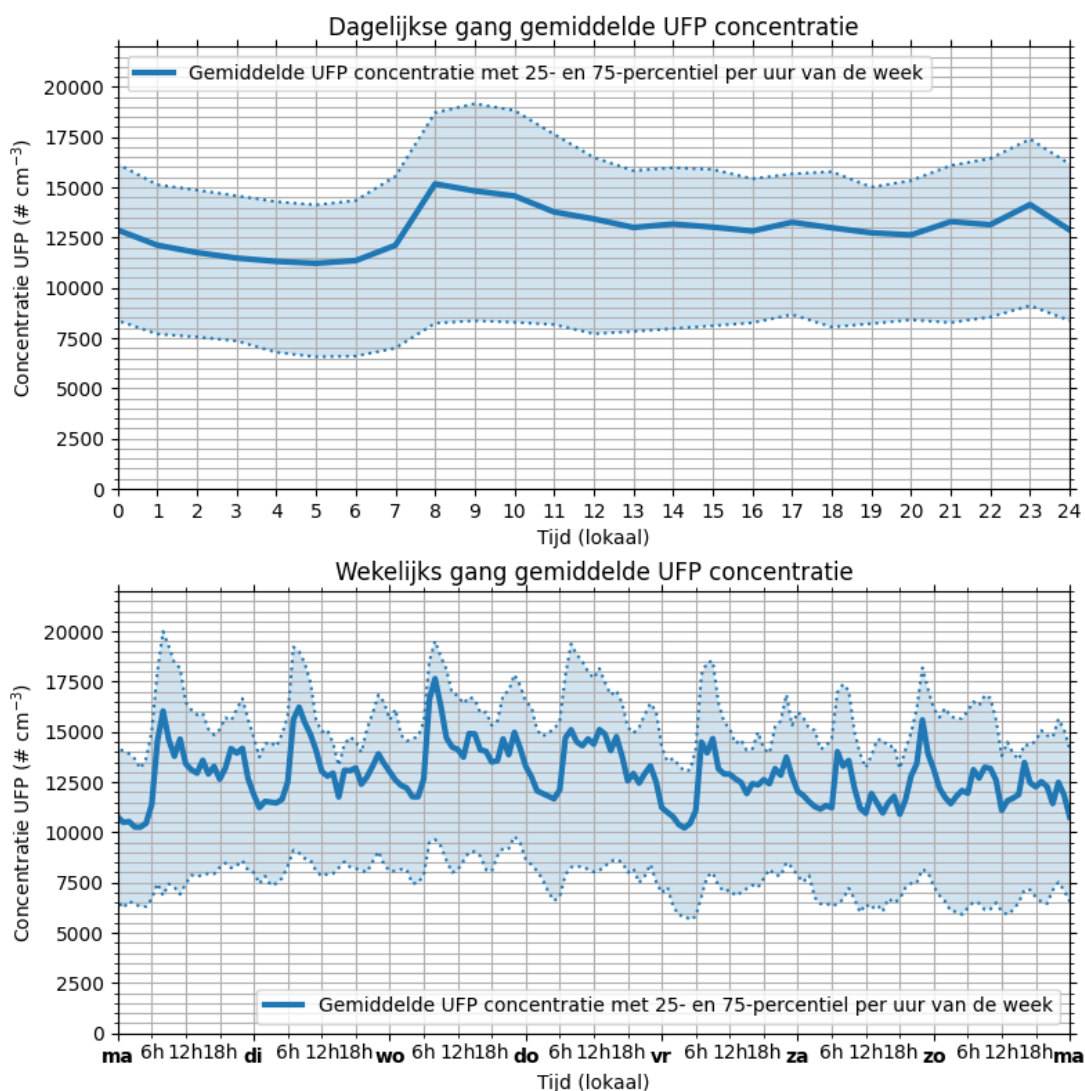
een nabijgelegen LML-station als Veldhoven-Europalaan is de verhoging in concentraties bij NO-wind ook zichtbaar. Maar ook vanuit het zuidwesten zijn verhogingen zichtbaar, met uitzondering van harde wind. Dit is in 2022 ook gesignaleerd (van Dinther et al., 2023). Hogere achtergrondconcentraties NO₂ zijn vooral zichtbaar bij oostenwind, net als in voorgaande jaren. Gelijkelijk aan de windroosplots van PM zijn de achtergrondconcentraties NO₂ bij wind vanuit het Z tot ZW relatief laag.



Figuur 3.6 De regionale achtergrondconcentraties uitgezet in een windroos voor PM₁₀ en NO₂ in µg/m³. Daarnaast is als vergelijk de windroos van LML Veldhoven-Europalaan, welke op een relatief laag-belaste locatie staat, getoond voor dezelfde componenten.

3.3 Het luchthavengebied

In het luchthavengebied zijn er gemiddeld ongeveer 13.000 deeltjes UFP per cm^3 gemeten in 2023. Dit is lager dan in 2021 en 2022 en waarschijnlijk speelt de excessieve neerslag ook bij deze stof een rol. De hoogste jaargemiddelde UFP-deeltjesaantallen vinden we aan de I25 Luchthavenweg, net boven de 14.000 deeltjes per cm^3 . Aan de I14 Landardseweg is dit rond de 12.500 deeltjes, aan de I02 Scherpenering nog net geen 12.000 deeltjes per cm^3 . De I25 Luchthavenweg is qua verkeer de drukste meetlocatie, wat waarschijnlijk de hogere deeltjesaantallen ten opzichte van de andere twee locaties verklaart.

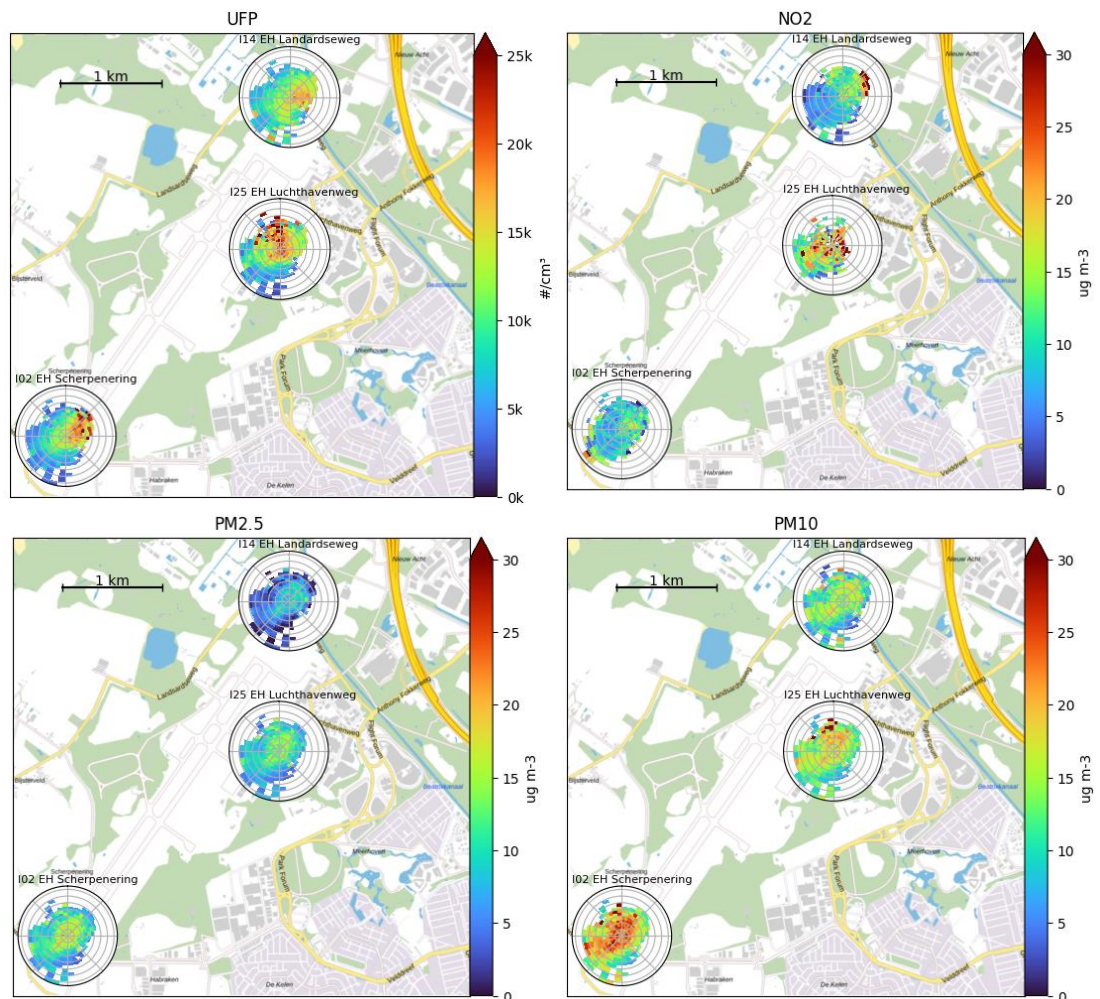


Figuur 3.7 De gemiddelde dagelijkse gang (boven) en wekelijkse gang (onder) van de UFP-deeltjesaantallen in het luchthavengebied in 2023.

De gemiddelde dagelijkse en wekelijkse gang van UFP in het luchthavengebied is zichtbaar in Figuur 3.7. De UFP-concentratie heeft een duidelijke piek in de ochtend, tussen 08.00 en 10.00. Deze ochtendpiek lijkt sterker terug te zien gedurende werkdagen in vergelijking tot weekenddagen. Dit kan er op duiden dat het drukker autoverkeer tijdens werkdagen hierin

van belang is. De daggang is verder vergelijkbaar met voorgaande jaren en valt te koppelen aan het vliegverkeer wat in de ochtend opstart alsmede de toename van het wegverkeer rondom de luchthaven. De UFP-deeltjesaantallen blijven vervolgens gedurende de dag verhoogd om daarna in de nacht af te nemen. Eenzelfde patroon was zichtbaar op de platforms van Eindhoven Airport in van Dinther et al. (2022) wat onderschrijft dat vliegverkeer hier een rol in speelt.

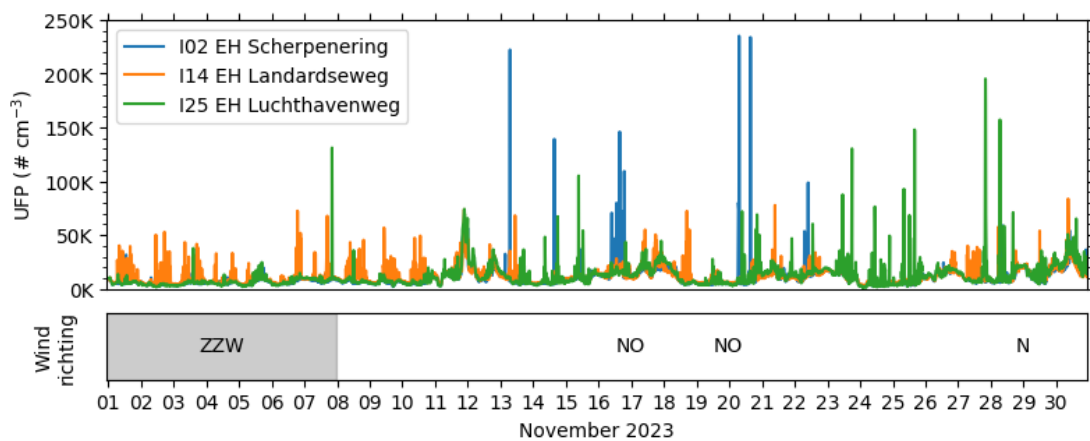
Wanneer naar de windrozen van UFP in Figuur 3.8 gekeken wordt valt op dat op alle drie de locaties UFP-verhogingen worden waargenomen vanaf de start- en landingsbaan en de platforms van Eindhoven Airport. Voor I02 Scherpeneering is dit vanuit het noordoosten, voor I25 Luchthavenweg meer vanuit het noorden waar de platforms zich bevinden. Voor I14 valt met name op dat ook bij wind vanaf de snelweg ten oosten van de meetlocatie verhogingen worden waargenomen. Dit was ook al zichtbaar in 2021 en 2022 en onderschrijft dat wegverkeer ook een belangrijke bron kan zijn van UFP.



Figuur 3.8 De kaarten tonen de windroosplots van UFP, NO₂, PM_{2.5} en PM₁₀ voor de 3 meetlocaties rond het vliegveld in 2023.

Naast de jaargemiddelde waarden zijn pieken in gemeten UFP-deeltjesaantallen op dagbasis ook te linken aan windrichting. In Figuur 3.9 zijn de UFP-deeltjesaantallen gemeten in november 2023 zichtbaar. Daarbij is ook de dominante windrichting voor bepaalde

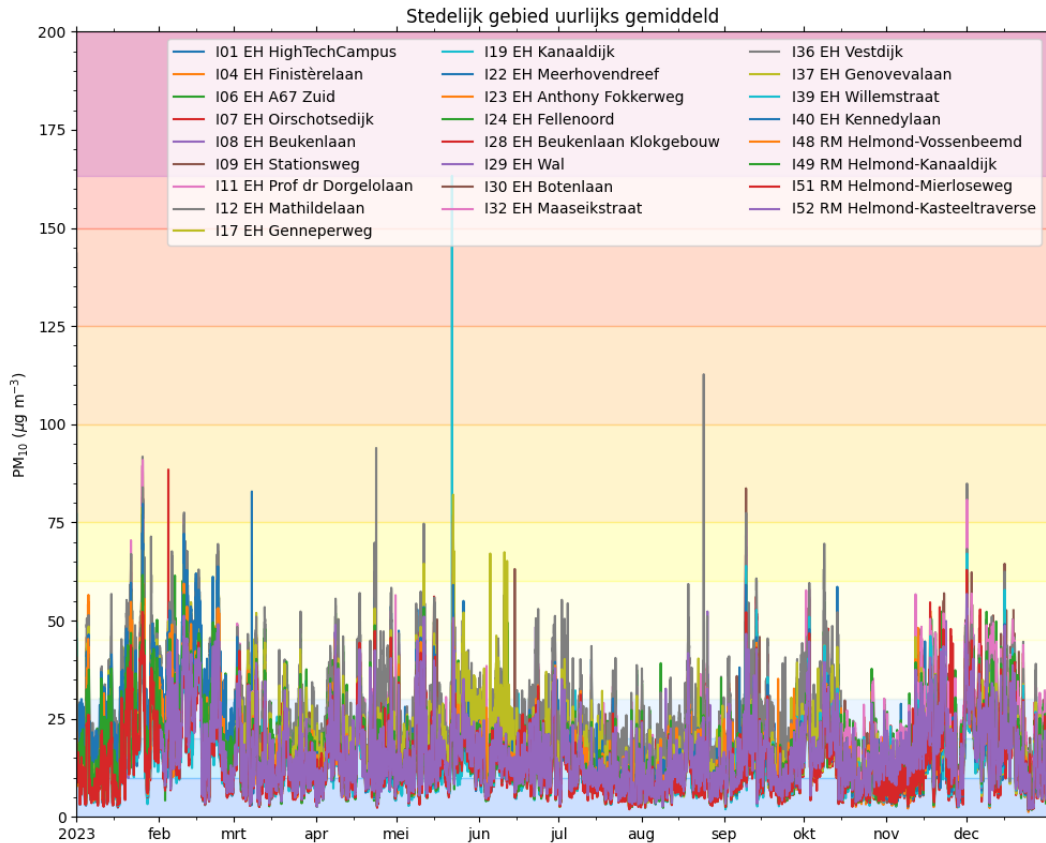
periodes weergegeven. Hieruit valt op te maken dat bij veranderende windrichting de gemeten deeltjesaantallen op de verschillende locaties rondom de luchthaven pieken vertonen. In het begin van de maand is de windrichting dominant ZZW en zien we concentratiepieken op de I14 Landardseweg, op dat moment benedenwinds van start- en landingsbaan. In het tweede deel van de maand draait de wind, eerst naar het noordoosten, waarbij meer pieken zichtbaar worden op I02 Scherpenering. In het laatste deel van de maand is de windrichting Noord en wordt juist de meetlocatie I25 Luchthavenweg het meest belast. Deze variatie in wanneer piekwaarden plaatsvinden binnen deze maand komt overeen met de windroosanalyse zichtbaar in Figuur 3.8 van UFP.



Figuur 3.9 Maandprofiel van UFP op de drie meetlocaties in het luchthavengebied in november 2023.

De jaarlijks gemiddelde NO_2 concentraties zijn op het luchthavengebied vergelijkbaar met andere locaties binnen het ILM2 netwerk (zie Tabel 3.4). De grootste bron van NO_2 is over het algemeen verkeer. In Figuur 3.8 staan de windrozen van NO_2 voor de drie locaties in het luchthavengebied. Aan de Landardseweg is de invloed van de A2 duidelijk terug te zien met verhogingen vanuit het oosten. Bij Scherpenering worden de hoogste NO_2 concentraties gemeten bij noordoostenwind. In deze richting zit de start-/landingsbaan van Eindhoven airport en de snelweg A2. Zowel lucht- als wegverkeer stoot NO_2 uit en daarmee zijn dit dan ook de meest waarschijnlijke bronnen van NO_2 op deze meetlocatie. Ook aan de Luchthavenweg zijn er NO_2 verhogingen zichtbaar vanuit het oosten, maar deze treden ook op bij andere windrichtingen. In de directe nabijheid van deze meetlocatie is veel verkeer, waardoor ook bij variërende windrichtingen de NO_2 concentraties hier verhoogd blijven.

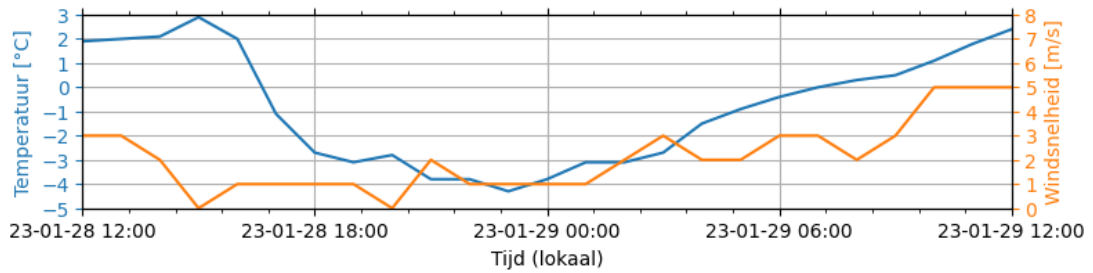
3.4 Het stedelijk gebied



Figuur 3.10 Jaarprofiel van de uurgemiddelde PM₁₀ concentratie van alle ILM2 meetlocaties in een stedelijke omgeving. De achtergrondkleuren komen overeen met de aanbevelingen uit Dusseldorp et al. 2014.

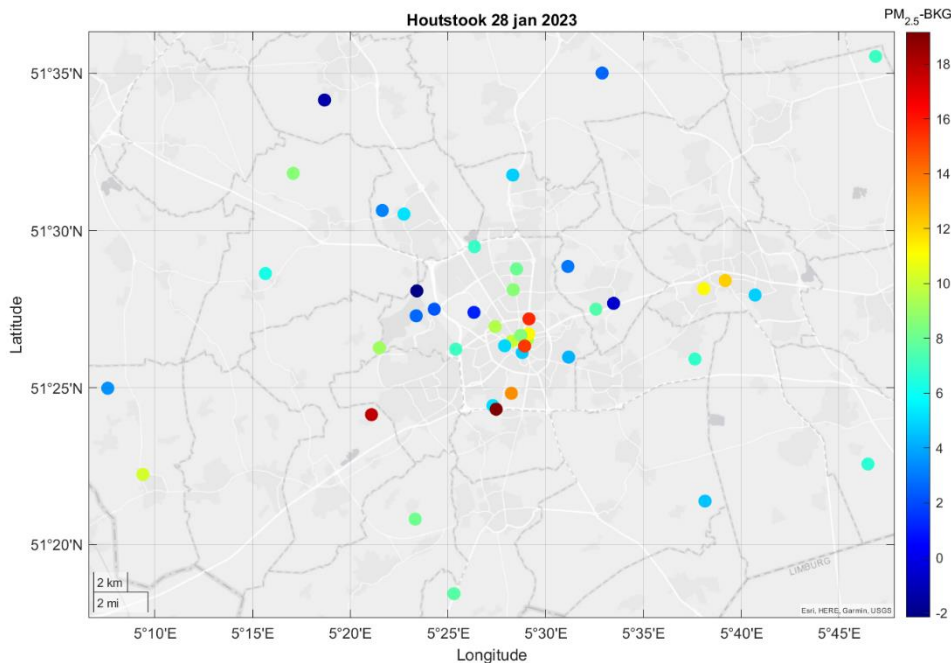
Figuur 3.10 toont het verloop van de fijnstofconcentraties, hier specifiek PM₁₀, in stedelijk gebied gemeten door het ILM2. Met enige regelmaat meten de boxen boven een uurgemiddelde van 20 µg/m³, ongeveer 28,3% van de tijd. Uurgemiddelde concentratiepieken overschrijden zelden 60 µg/m³ (0,2% van de tijd). Zichtbaar is dat er in de wintermaanden, rond februari en later in december, sporadisch verhogingen voorkomen waarbij alle boxen hoger meten.

Een bron van fijnstof die relatief lokaal veel bijdraagt en in het stedelijk gebied voorkomt is houtstook. Zonder verdere stookgegevens valt een piek van houtstook echter niet te onderscheiden van andere bronnen. Er zijn desalniettemin wel momenten waar houtstook typisch verwacht kan worden. Zo vindt houtstook over het algemeen plaats op momenten dat het koud is en zijn ook de weekenddagen populair om hout te stoken. Op momenten waar het windstil is blijft eventuele houtstook lokaal hangen. Er is in 2023 op zoek gegaan naar momenten waarop deze condities zich voordeden (koud in combinatie met weinig wind op weekenddagen). Hieruit kwam naar voren dat er op 28 januari 2023 een dergelijke periode zich voordeed (zie Figuur 3.11). Er is daarom gekozen om voor deze zaterdag tussen 16 en 24 uur lokale tijd in meer detail naar de PM_{2.5} te kijken. De keuze om in te zoomen op deze tijd is arbitrair gemaakt op basis van kennis wanneer houtstook over het algemeen zichtbaar is. Waarschijnlijk zijn er binnen het meetnetwerk ook andere tijden en events waar houtstook een rol speelt.



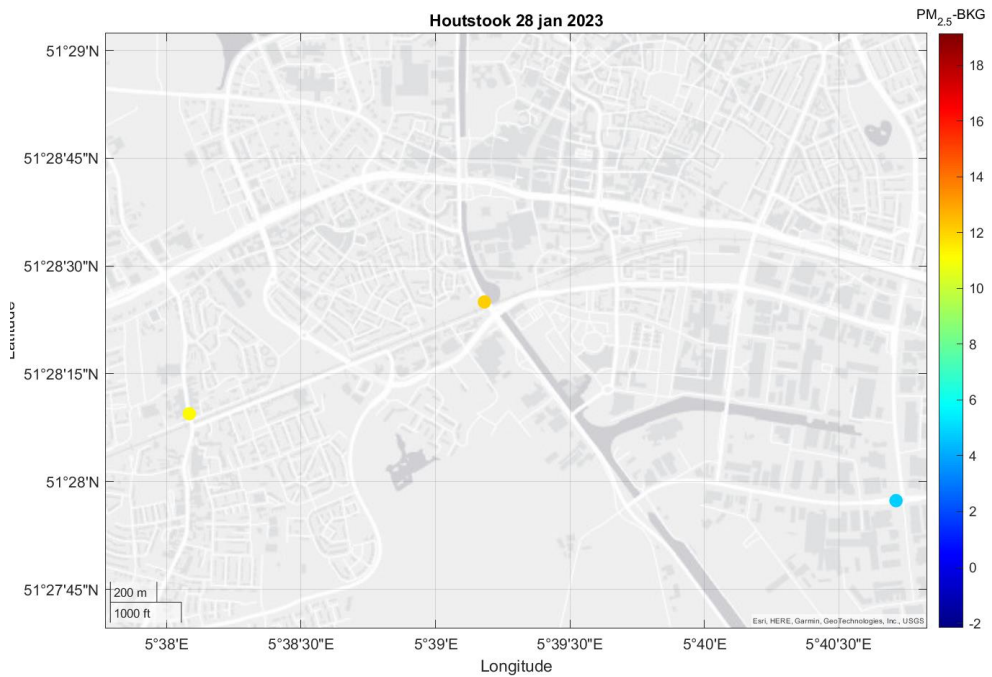
Figuur 3.11 Tijdsree van de temperatuur (blauw) en windsnelheid (oranje) op KNMI-station Eindhoven Airport.

Uit een eerdere studie in Bergen (Noord- Holland) is gebleken dat lokale concentratiepieken van PM_{2.5} een goede tracer zijn voor houtstook (Gerlofs-Nijland et al., 2022). In Figuur 3.12 staat de gemiddelde PM_{2.5} verhoging ten opzichte van de berekende regionale achtergrond uit ILM2 (zie eerdere beschrijving in dit rapport) voor de bewuste avond op 28 januari. Hieruit blijkt dat de PM_{2.5} concentraties met name in Eindhoven stad en ook in Helmond verhoogd zijn ten opzichte van de achtergrond. In het buitengebied zien we over het algemeen deze verhoging niet. Omdat de meetlocaties in het buitengebied gericht zijn op veehouderij staan deze veelal in meer agrarische en daarmee dunner bewoonde gebieden. Daardoor is de kans op het kunnen meten van een lokale piek veroorzaakt door houtstook op deze meetlocaties minder groot. Uitzondering hierop is meetlocatie I05 in Eersel (hier wordt in hoofdstuk 3.5 in meer detail op ingegaan).

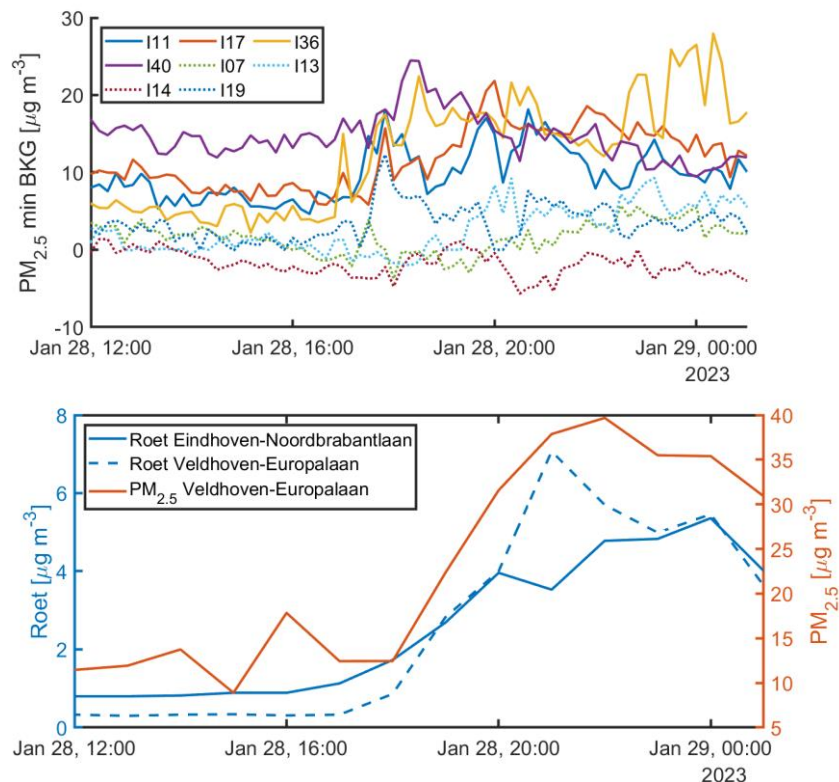


Figuur 3.12 Gemiddelde PM_{2.5} verhoging ten opzichte van de achtergrond op 28 januari 2023 tussen 16 en 24 uur.

In Figuur 3.13 is ingezoomd op de CAIREBoxen in Helmond. Hier valt op dat de beide CAIREBoxen in de stad een verhoging laten zien. Locatie I48 in het oosten van Helmond laat geen duidelijke verhoging zien. Deze locatie ligt op een industrieterrein. Het is dan ook aannemelijk dat in deze omgeving geen houtstook plaatsvindt. Met een windrichting van zuidzuidwest (rond de 200o) wordt er ook geen lucht van de stad richting het industriegebied geblazen.



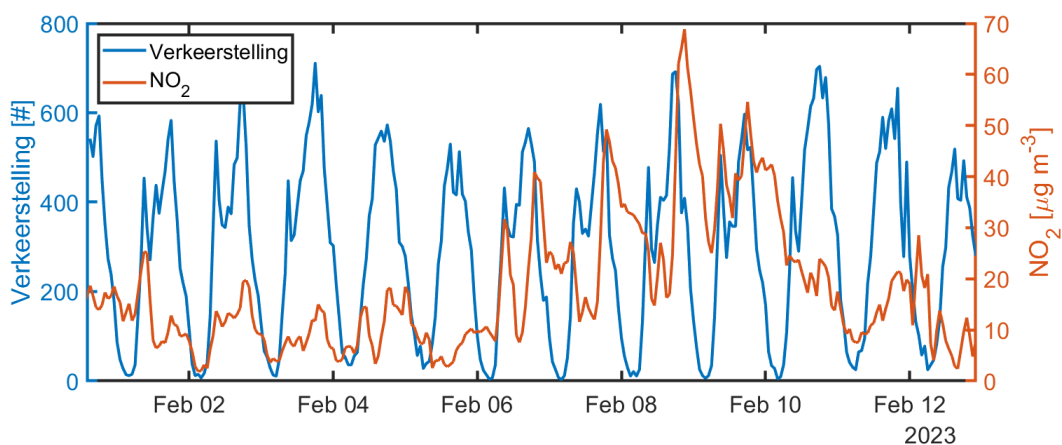
Figuur 3.13 Gemiddelde PM_{2.5} verhoging ten opzichte van de achtergrond op 28 januari 2023 tussen 16 en 24 uur ingezoomd voor Helmond.



Figuur 3.14 Boven: tijdserie van PM_{2.5} (waarbij de achtergrond ervan is afgetrokken) voor verschillende CAIREBoxen binnen ILM2. Vaste lijnen zijn locaties waar verhogingen worden waargenomen in de avond van 28 januari en gestippeld waar dit niet het geval is. Onder: tijdserie van de roetconcentratie (blauw) gemeten op de Noordbrabantlaan in Eindhoven en Europalaan in Veldhoven op het LML-station en tevens PM_{2.5} (oranje) op de Europalaan in Veldhoven.

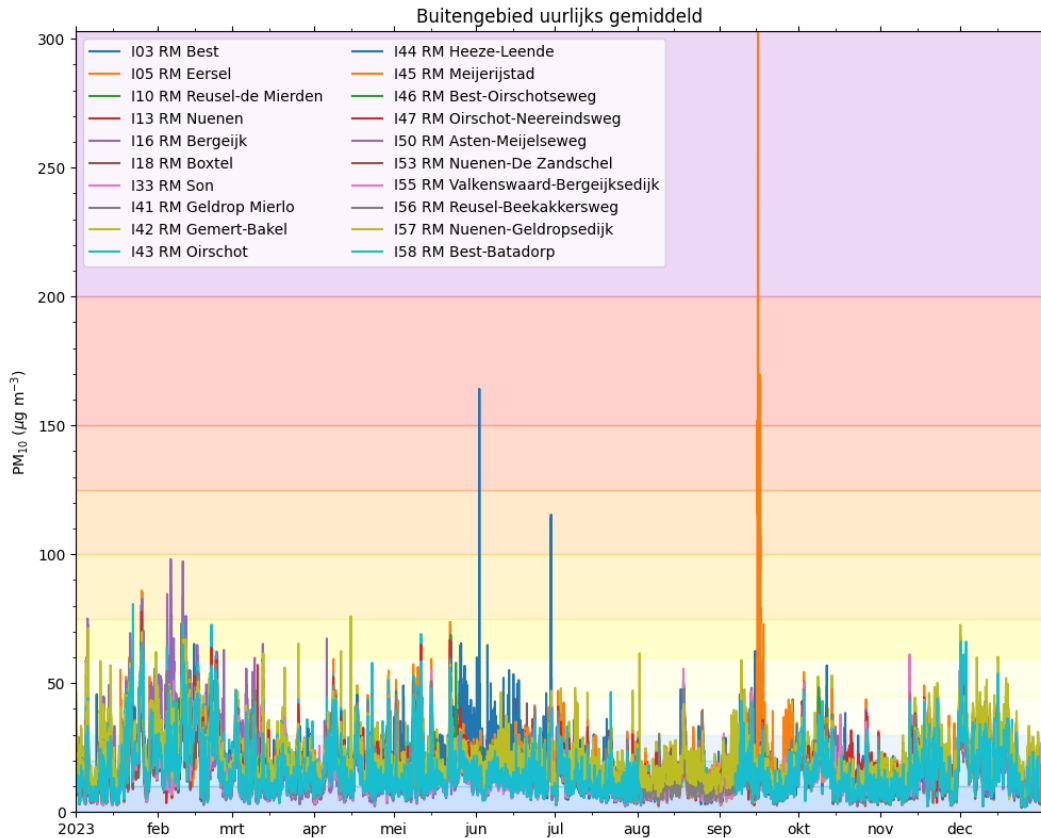
In Figuur 3.14 staan de tijdseries van de meetpunten die een PM_{2.5} verhoging lieten zien ten opzichte van de achtergrond. Hier is zichtbaar dat sommige locaties ook op andere tijdstippen een hogere PM_{2.5} waarde laten zien dan andere. Er is voor de vaste lijnen te zien dat de PM_{2.5} concentraties ten opzichte van de achtergrond omhooggaan, met name vanaf 17 uur (UTC, oftewel 18 uur lokale tijd) wat duidt op houtstook. De gestippelde lijnen laten dit patroon niet zien (alleen locatie I19 een korte piek om 18:50), over het algemeen zijn dit locaties meer aan de randen van bewoond gebied. Naast PM_{2.5} wordt er bij houtstook ook roet (in Engels Black Carbon) uitgestoten. Binnen het LML-netwerk wordt roet gemeten aan de Noordbrabantlaan in Eindhoven als de Europalaan in Veldhoven. In Figuur 3.14 is duidelijk zichtbaar dat de roetconcentratie ook begint op te lopen na 17 uur. Voor LML-station Veldhoven Europalaan is duidelijk zichtbaar dat de PM_{2.5} concentratie dezelfde piek vertoont als roet. Dit toont aan dat de PM_{2.5} verhoging hoogstwaarschijnlijk wordt veroorzaakt door houtstook.

Eerdere rapportages van ILM2 (Goudriaan et al., 2022; van Dinther et al., 2023) lieten al zien dat wegverkeer een belangrijke bron is van NO₂ in het stedelijk gebied. Dit bleek met name uit de dagelijkse gang met verhogingen van NO₂ tijdens de ochtend- en avondspits. Ook uit windroosanalyses bleek dat NO₂ verhogingen met name vanaf drukke wegen zichtbaar waren. In deze rapportage worden verkeerstellingen van de gemeente Eindhoven (via www.basec.nl) naast de gemeten NO₂ concentraties gelegd. In Eindhoven hebben van 31 januari tot en met 12 februari 2023 verkeerstellingen plaatsgevonden aan de Stationsweg (bijna direct naast meetlocatie I09). Tijdserie van de verkeerstellingen en NO₂ concentraties zijn geplot in Figuur 3.15. Hier is zichtbaar dat zowel de NO₂ concentratie als het aantal voertuigen een piek laten zien overdag. Dit maakt duidelijk dat de NO₂ concentraties omhooggaan wanneer er meer verkeer langskomt. Op de dagen van 7 tot 10 februari 2023 gaat de NO₂ concentratie omhoog en zakt deze ook in de nacht niet meer terug naar een lage waarde (<5 µg/m³). Wanneer de NO₂ concentraties van het LML-station op de Genovevalaan bekeken worden valt op dat ook hier de concentraties niet inzakken naar deze lage waarden. Dit duidt erop dat ofwel de meteorologische condities zorgden voor opbouw van NO₂ in de grenslaag ofwel de achtergrondconcentratie van NO₂ omhoogging vanwege aanvoer uit andere regio's. Meest aannemelijk is dat de achtergrondconcentratie van NO₂ in de gehele regio omhoogging, omdat gedurende deze verhoogde NO₂ concentraties de wind vanuit het oosten kwam. De overige periode van de verkeerstellingen kwam de wind overwegend uit het westen. De windrozen van de NO₂ achtergrondconcentraties (zie Figuur 3.6) laten duidelijk zien dat deze hoger zijn bij oosten- dan bij westenwind.



Figuur 3.15 Tijdserie van verkeerstellingen (blauw) en NO₂ concentraties (oranje) op locatie I09 aan de Stationsweg in Eindhoven.

3.5 Het buitengebied

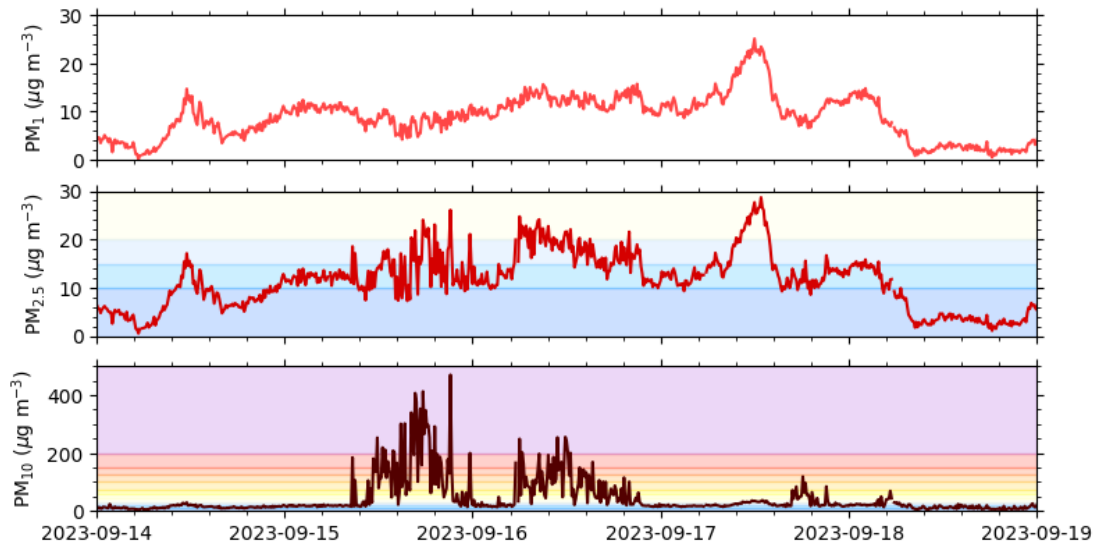


Figuur 3.16 Jaarprofiel van de uurgemiddelde PM10 concentratie van alle ILM2 meetlocaties in het buitengebied. De achtergrondkleuren komen overeen met de aanbevelingen uit Dusseldorp et al. 2014.

Figuur 3.16 toont het verloop van de fijnstofconcentraties, hier specifiek PM10, in het buitengebied gemeten door het ILM2. Uurgemiddelde PM10 concentraties boven de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vinden we 25,4% van de tijd. Uurgemiddelde PM10 concentraties boven de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden zo'n 0,2% van de tijd gemeten. Een locatie met concentratiepieken boven de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is I44 Heeze-Leende Ronde Bleek. Meest opvallend zijn de hoge pieken op de meetlocatie I45 Meijerijstad Zonveldstraat in september. In Figuur 3.17 is een ingezoomde tijdserie te zien voor PM voor deze periode. Hieruit valt op te maken dat de PM10 concentratie zeer sterk verhoogd is ($>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) op 15 en 16 september. In deze periode hebben er naar alle waarschijnlijkheid asfalteringwerkzaamheden plaatsgevonden in de Zonveldstraat.⁴ De aankondiging spreekt van 14 en 15 september, het lijkt erop dat deze in werkelijkheid zijn uitgevoerd op 15 en 16 september. De WHO heeft voor PM10 ook een advieswaarde op dagbasis die niet vaker dan 3 à 4 keer per jaar overschreden dient te worden.⁵ Op beide dagen zit de PM10 concentratie boven deze advieswaarde van $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (93 en 69 op respectievelijk 15 en 16 september). Wat verder opvalt is dat met name de PM10 concentratie verhoogd is en in mindere mate de PM1 en PM2.5 concentraties. Dit toont aan dat er bij het asfalteren van deze straat met name grove deeltjes zijn vrijgekomen (tussen de $2,5$ en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

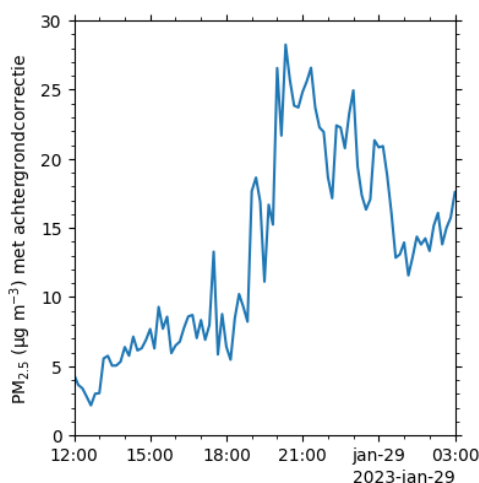
⁴ <https://melvin.ndw.nu/public/situation/258236>

⁵ <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>



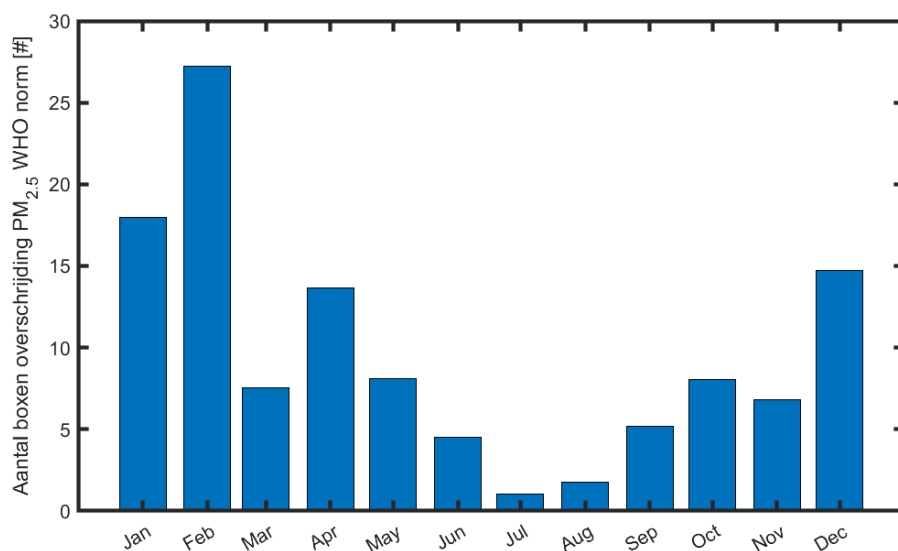
Figuur 3.17 Tijdsree van PM voor de Zonveldstraat in Meierijstad (I45) tijdens wegwerkzaamheden.

Houtstook kan, net als in het stedelijk gebied, ook een lokale bron van fijnstof zijn in het buitengebied. Uit Figuur 3.12 uit het vorige hoofdstuk bleek dat de meeste locaties in het buitengebied geen verhoging laten zien op de avond van 28 januari. Waarschijnlijk komt dit doordat de meetlocaties in het buitengebied in relatief dunbevolkte gebieden staan, aangezien ze gericht zijn op het analyseren van de bijdrage van veehouderij op de fijnstofconcentraties in de regio. Er werden echter wel hoge concentraties op dit moment waargenomen op de locatie I05 in Eersel. Op deze locatie is de PM_{2.5} concentratie gemiddeld over de gehele avond 18 µg/m³ verhoogd ten opzichte van de achtergrond. In de tijdsree plot van Figuur 3.18 is duidelijk zichtbaar dat de PM_{2.5} concentratie vanaf 18 uur 's avonds oploopt ten opzichte van de achtergrond (in totaal ongeveer 20 µg/m³). Gegeven de ligging (zie Figuur 3.18) en de zuidzuidwestenwind op deze avond is het zeer aannemelijk dat deze verhoging wordt veroorzaakt door houtstook van bewoners in het plaatsje Knegsel.



Figuur 3.18 Tijdsree van PM_{2.5} (waarbij de achtergrond ervan is afgetrokken) voor I05 in Eersel (links) en omgeving van I05 (rechts).

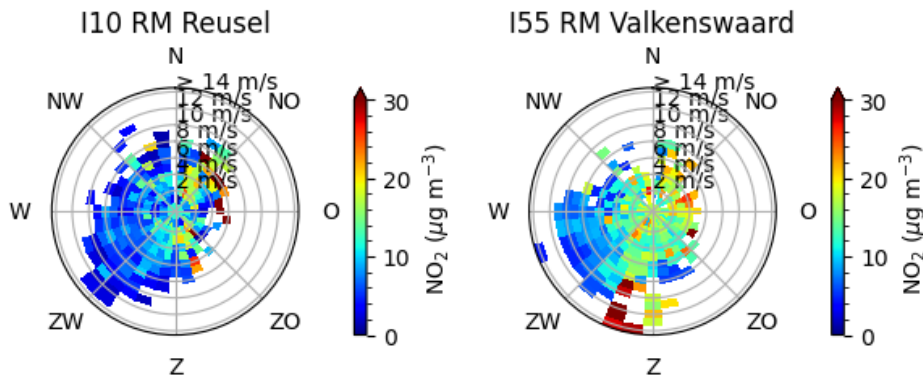
Doordat houtstook met name in koude perioden in de winter plaatsvindt, wanneer ook de grenslaaghoogte laag is, blijft veel van de uitgestoten PM_{2.5} concentratie voor langere tijd hangen. Dit kan ervoor zorgen dat WHO-advieswaarden⁶ overschreden worden. De WHO heeft op PM_{2.5} concentraties een dagelijks gemiddelde limietwaarde opgesteld van 15 µg/m³. Deze waarden mogen niet vaker dan 3 à 4 keer per jaar overschreden worden. Figuur 3.19 geeft het aantal boxen aan binnen het volledige ILM2 meetnet dat deze WHO-advieswaarde overschrijft. Hieruit komt duidelijk naar voren dat met name in de winter deze limietwaarde door een groot aantal boxen overschreden wordt. In de zomermaanden juni, juli en augustus zijn er duidelijk minder boxen die deze advieswaarde overschrijden (≤ 5). Mede door de meteorologische omstandigheden in de winter (lagere grenslaag) zijn concentraties over het algemeen hoger, desalniettemin onderschrijft dit dat reductie van uitstoot in de winter een aandachtspunt is.



Figuur 3.19: Aantal boxen dat de daggemiddelde WHO-advieswaarde van 15 µg/m³ van PM_{2.5} overschrijft gemiddeld per maand over geheel 2023.

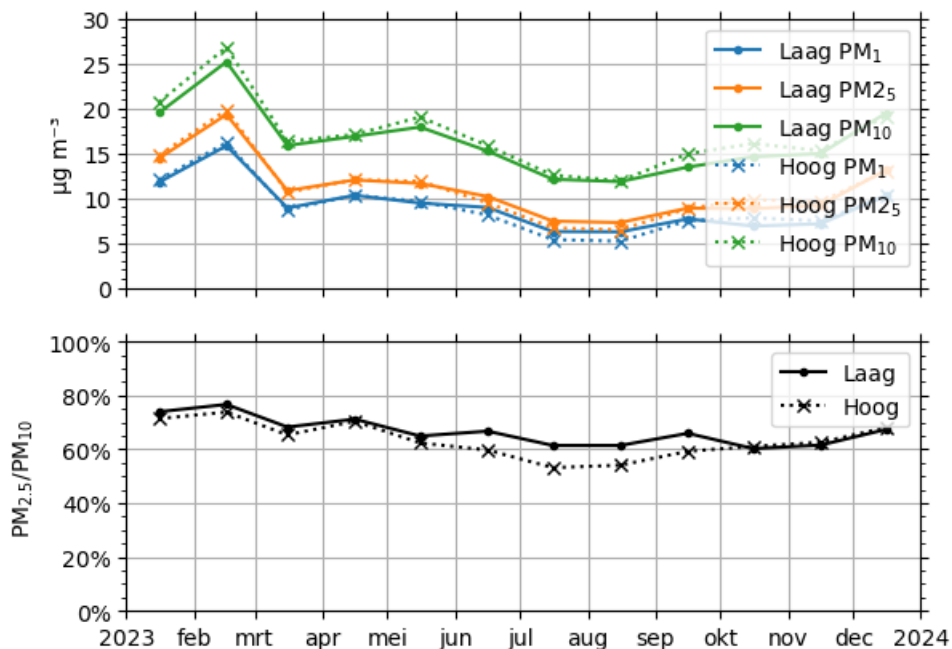
Voor het buitengebied hadden we helaas geen toegang tot verkeerstellingen nabij een ILM2 meetlocatie. Hierdoor kunnen we verkeerstellingen niet vergelijken met gemeten NO₂ concentraties. We kunnen echter wel kijken of op locaties nabij drukke verkeerspunten de invloed van NO₂ zichtbaar is op de meetlocaties. Een locatie dicht bij een drukke provinciale weg is I55 (de Bergeijksedijk in Valkenswaard) die ten noordwesten van de N69 ligt. Bij wind uit het oosten wordt hier geen overduidelijke verhoging van NO₂ waargenomen (zie Figuur 3.20). Wat mogelijk meespeelt is dat oostenwind relatief weinig voorkomt en de achtergrond vanuit het oosten ook relatief hoog is (zie Figuur 3.6). De verhogingen zichtbaar bij zuidenwind zouden wel afkomstig kunnen zijn van de N69. Meetlocatie I10 bevindt zich ook relatief dicht bij een provinciale weg. De N269 ligt op nog geen 150 m afstand ten noordoosten van deze meetlocatie. Voor deze locatie zien we duidelijk verhoogde NO₂ concentraties wanneer de wind vanaf de N269 waait.

⁶ <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>



Figuur 3.20 Windroses van NO₂ (met achtergrondcorrectie) voor locatie I55 (links) en I10 (rechts).

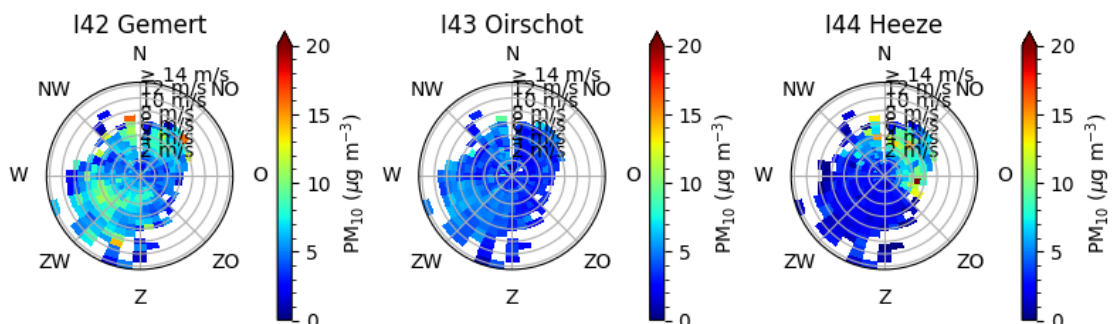
De selectie van de meetlocaties in het buitengebied heeft als specifiek aandachtspunt de bijdrage van veehouderij op de regionale PM₁₀ concentraties in beeld te brengen. Op basis van de GCN-kaarten van Nederland vanuit veehouderijemissies (versie 2017) zijn er meetlocaties met een lage verwachte bijdrage (< 1 µg/m³), een middelhoge verwachte bijdrage (1-5 µg/m³) en een hoge verwachte bijdrage (>5 µg/m³) aan PM₁₀. Verdere toelichting op de gekozen meetlocaties is te vinden in Bijlage A. De gemiddeld gemeten concentraties fijnstof per locatiecategorie staan gepresenteerd in Figuur 3.21. De klassen middelhoog en hoog zijn samengevoegd in deze vergelijking; hiermee worden de maandgemiddelde meetwaarden berekend over een groter aantal meetlocaties wat de vergelijking minder kwetsbaar maakt voor uitbijters.



Figuur 3.21 De gemiddeld gemeten fijnstofconcentraties in µg/m³ (boven) en ratio tussen PM_{2.5} en PM₁₀ (onder) op meetlocaties waarbij de verwachte bijdrage aan PM₁₀ concentraties vanuit veehouderij respectievelijk laag (< 1 in µg/m³) en middelhoog (1-5 in µg/m³) / hoog (> 5 in µg/m³) worden ingeschat op basis van de GCN kaart.

Net als in voorgaande ILM2 rapportages zijn er geen grote verschillen zichtbaar in gemeten PM concentraties tussen de categorieën laag en (middel)hoog. Voor PM₁₀ wordt in de (middel)hoge categorie gemiddeld fractioneel hogere concentraties gemeten, voor PM₁ en PM_{2.5} zijn vrijwel geen verschillen zichtbaar. Dit summiere onderscheid wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de bijdrage van veehouderij relatief laag is (1-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ten opzichte van de achtergrondconcentratie fijnstof (10-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de GCN kaart. Daarmee kunnen verhogingen vallen in de onzekerheidsmarges van de sensormetingen. Daarnaast kan een mogelijke overschatting van de GCN kaart op de lokale bijdrage aan fijnstof vanuit veehouderij een rol spelen, mogelijk ook doordat fijnstof gerelateerd aan veehouderijen bestaat uit zowel primaire stofemissie alsook secundaire fijnstofvorming (ontstaan uit gasvormige luchtverontreiniging) (Hagenaars et al., 2017) wat over langere afstanden wordt gevormd. Wat wel op valt, net als in de jaarrapportages over 2021 en 2022, is dat de meetlocaties waarbij een verhoogde bijdrage vanuit veehouderij wordt verwacht een lagere PM_{2.5}/PM₁₀ ratio hebben dan de meetlocaties waarbij weinig bijdrage vanuit veehouderij wordt verwacht. Dit betekent dat, hoewel de massaconcentraties gemiddeld ongeveer gelijk zijn, er relatief meer grote deeltjes (groter dan PM_{2.5}) in de lucht hangen op deze locaties. Een groter aandeel aan grote deeltjes wordt wel geassocieerd met de bijdrage veehouderij aan fijnstof zoals bijvoorbeeld beschreven in López et al. (2011) en Winkel et al. (2018).

In 2021 en 2022 vielen de meetlocaties I42 (Keizersven - Gemert Bakel), I43 (Oirschot – Krukkerd) en I44 (Ronde Bleek - Heeze-Leende) op met PM₁₀ concentratiepieken gedurende het jaar. Mogelijk dat het type veehouderij hier een rol speelt: bij I42, I43 en I44 staat een pluimveehouderij in de nabije omgeving van de meetlocatie. Fijnstof - Kenniscentrum InfoMil⁷ stelt dat pluimveehouderijen als belangrijkste veroorzakers van primair fijnstof gezien worden binnen de broncategorie veehouderij, gevolgd door varkenshouderijen, kalverbedrijven, melkvee- en vleesbedrijven en geitenbedrijven. Kijkend naar Figuur 3.16 aan het begin van dit hoofdstuk zijn met name op de meetlocaties I42 en I44 op momenten concentratiepieken van PM₁₀ te zien, waarbij I44 van medio mei tot en met eind juni langduriger hogere concentraties meet. Figuur 3.22 toont de windrozen over het jaar 2023 van PM₁₀ voor deze drie meetlocaties. Hierbij is gecorrigeerd voor het aandeel achtergrondconcentratie in de meting. Waar veehouderijen ten opzichte van de meetlocaties I42 en I43 zich voornamelijk (zuid-)westelijk van de meetlocaties bevinden, is dit ten opzichte van I44 (zuid-)oostelijk. Net als in voorgaande jaren tonen de windrozen bij verschillende windrichtingen verhogingen welke hiermee verband kunnen houden. Er kan echter vooralsnog niet worden uitgesloten dat andere bronnen, zoals verwaaiing van bodemstof of fijnstof uit andere agrarische werkzaamheden, ook een rol speelt.



Figuur 3.22 Windrozen PM₁₀ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zonder achtergrondconcentraties van I42 in Gemert-Bakel I43 in Oirschot en I44 in Heeze-Leende.

⁷ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/gezondheid/handreiking/gezondheidseffecten/welke-stoffen-zorgen/fijnstof>

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

In 2023 liggen gemeten concentraties lager dan in 2021 en 2022. Dit hangt naar alle waarschijnlijkheid samen met de excessieve neerslag in 2023, zowel qua hoeveelheid regendagen als de totale hoeveelheid neerslag. Op het KNMI-station in Eindhoven viel 1191 mm neerslag in 2023 (t.o.v. 635 mm in 2022) verspreidt over 835 uur (t.o.v. 518 uur in 2022). Neerslag zorgt ervoor dat luchtvervuilende stoffen uit de lucht worden gehaald door natte depositie (Mijnen-Visser et al., 2024). De jaargemiddelde concentratie PM10, gemiddeld over alle ILM2 meetlocaties, ligt rond de 17,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wat bijna 10% lager is dan in 2022. Ook de concentraties NO₂ liggen aanzienlijk lager dan voorgaande jaren, in de orde van 15% of meer op basis van ILM2 en de verschillende LML-stations in de regio. De concentraties fijnstof gemeten door ILM2 in stedelijk gebied, luchthavengebied en buitengebied verschillen gemiddeld gezien in 2023 niet veel van elkaar. NO₂ is net als in voorgaande jaren duidelijk verhoogd in het stedelijk gebied ten opzichte van het buitengebied, waarbij de invloed van de variatie in intensiteit van het verkeer over de dag en over de week zichtbaar is.

In het luchthavengebied zien we de invloed van wegverkeer en luchtvaart terug in de metingen van ultrafijnstof (UFP). Bij verschillende windrichtingen is te zien, zowel jaargemiddeld als kijkend naar kortstondige variaties van dag tot dag, dat UFP naar de meetlocatie benedenwinds van de start- en landingsbaan wordt geblazen. Tegelijk is ook de invloed van wegverkeer zichtbaar. Dit is met name te zien op de meetlocatie aan de Landardseweg, waarbij gemiddeld gemeten deeltjesaantallen UFP hoger liggen bij oostenwind, uit de richting van de A2, dan bij zuidwestenwind waarbij de wind over de luchthaven wordt aangevoerd. Omdat er rond UFP nog veel onderzoek plaatsvindt naar verschillen tussen bronnen en hoe UFP zich gedraagt in de atmosfeer kunnen er nog geen directe conclusies aan verbonden worden hoe deze bronnen zich tot elkaar verhouden. Het belang van autoverkeer in UFP is desalniettemin ook zichtbaar in de gemiddelde wekelijkse gang, waarbij gemiddelde concentraties op spitsmomenten doordeweeks hoger zijn dan op dezelfde tijdstippen in het weekend. De hoogste concentraties NO₂ meten we aan de Luchthavenweg, waar het meeste autoverkeer rondom de luchthaven zich bevindt.

Houtstook vindt voornamelijk plaats op momenten dat het koud is, daarnaast zijn weekenddagen populair om hout te stoken. Op momenten dat het windstil is blijft eventuele houtstook lokaal hangen. Er is een analyse uitgevoerd voor zaterdagavond 28 januari 2023, waarop een combinatie van lage temperatuur (<0 °C) en lage windsnelheid (<2 m/s) het kunnen duiden van houtstook in de metingen aannemelijk maakt. De uitkomsten laten zien dat PM2.5 gemeten door ILM2 met name in stedelijk gebied verhoogd is, waar ook houtstook te verwachten is. Binnen korte tijd gaan concentraties PM2.5 op sommige meetlocaties met 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of meer omhoog. Dit is in lijn met bevindingen van het Samenwerking Houtrookonderzoek waar op piekmomenten lokale bijdrages tot ongeveer 40

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ worden geïdentificeerd in Bergen (Gerlofs-Nijland et al., 2022). Tevens was in Helmond te zien dat op een meetlocatie in industrieel gebied (waar geen houtstook verwacht wordt) de $\text{PM}_{2.5}$ concentratie niet verhoogd was ten opzichte van de regionale achtergrond. Het is aannemelijk dat houtstook de lokale verhogingen van $\text{PM}_{2.5}$ op dat moment veroorzaakt. Het LML Noordbrabantlaan en LML Europalaan laten gelijktijdig een sterkte toename van roet in de atmosfeer zien. Naast houtstook is er gekeken naar verkeer en de invloed hiervan op NO_2 . Aan de Stationsweg in Eindhoven zijn gemeten NO_2 concentraties vergeleken met verkeerstellingen tussen 31 januari en 12 februari 2023. Hieruit blijkt dat de NO_2 concentratie over het algemeen piekt op momenten wanneer er veel verkeer langsrijdt. Ook import van NO_2 uit andere regio's speelt een rol: vanaf 6 februari draaide de wind en wordt zichtbaar dat met wind uit het oosten de algehele NO_2 concentraties in de stad omhooggingen.

Omdat de meetlocaties in het buitengebied gericht zijn op veehouderij staan deze veelal in meer agrarische en daarmee dunner bewoonde gebieden. Daardoor is de kans op het kunnen meten van een lokale piek veroorzaakt door houtstook op deze meetlocaties minder groot. Toch denken we ook op de locatie I05 aan de Zandoerleseweg in Eersel de invloed van houtstook te kunnen zien. Hier is de $\text{PM}_{2.5}$ concentratie vanaf 18 uur 's-avonds verhoogd ten opzichte van de achtergrond (in totaal ongeveer $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Gegeven de ligging van de meetlocatie en de zuidzuidwestenwind op deze avond is het aannemelijk dat deze verhoging wordt veroorzaakt door houtstook in Knegsel. Daarnaast zijn net als in 2022 verhogingen van concentraties fijnstof gerelateerd aan wegwerkzaamheden opgepikt op één van de ILM2 meetlocaties. In dit geval betrof dat de meetlocatie I45 aan de Zonveldstraat in Meierijstad, waar de PM_{10} concentraties sterk verhoogd waren (pieken boven de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) door asfalteringswerkzaamheden. Op beide dagen lag de daggemiddelde PM_{10} concentratie boven de WHO-advieswaarde van $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (93 en $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op respectievelijk 15 en 16 september). Wat verder opvalt is dat vooral de PM_{10} concentratie verhoogd is. Dit toont aan dat er bij het asfalteren met name grove deeltjes vrijkomen (tussen de 2.5 en $10 \mu\text{m}$). Net als in eerdere jaren zien we tussen meetlocaties met en zonder verwachte belasting vanuit veehouderij geen grote verschillen in gemiddeld gemeten fijnstofconcentraties. Wel worden er op individuele locaties concentratiepieken gesignaleerd in met name PM_{10} . Daarnaast zien we dat op locaties waar een hoge bijdrage van veehouderij wordt verwacht de grove fractie fijnstof (diameter tussen 2.5 en $10 \mu\text{m}$) relatief meer bijdraagt aan de totale concentratie PM_{10} dan voor locaties met een lagere veehouderij bijdrage, wat in lijn is met beschikbare literatuur (Lopez et al., 2011). Eén op één duiding van pieken fijnstof als mogelijk gevolg van veehouderij blijft echter lastig zonder informatie over activiteiten of samenstelling van het gemeten stof. Door te kijken naar de samenstelling kan ook de aanwezigheid van specifieke gezondheidsrelevante componenten worden onderzocht, zoals endotoxines. Dit geeft mogelijk een preciezer beeld van de invloed van veehouderij op de regionale luchtkwaliteit dan enkel het kijken naar massaconcentratie fijnstof. Ook het in beeld brengen van concentraties ammoniak kan daarbij aanvullende informatie geven.

4.2 Aanbevelingen

Ten opzichte van 2021 en 2022 hebben we in de jaarrapportage van 2023 in meer detail gekeken naar de invloeden van activiteiten in de omgeving op lokale concentraties. We hebben de invloed van houtstook, (weg-)werkzaamheden en veehouderij op lokale fijnstofconcentraties onderzocht, relaties tussen ultrafijnstof met weg- en vliegverkeer zichtbaar gemaakt en het verloop van de verkeersintensiteit en invloed daarvan op NO₂ concentraties over de dag en de week in beeld gebracht. Meer informatie kan daarbij verdere duiding van de meetgegevens mogelijk maken: dit gaat bijvoorbeeld over informatie over verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling, aantallen vluchten, stattypes en aantallen dieren. Daarmee kunnen verbanden in tijd en ruimte tussen luchtkwaliteit en mogelijke activiteiten en bronnen onderzocht worden.

Uit de analyse van de meetgegevens van 2023 komen gelijkende aandachtspunten naar voren als in voorgaande jaren als het gaat om het verbeteren van de regionale en lokale luchtkwaliteit. Een aantal van deze aanbevelingen kan wel verder aangescherpt worden op basis van de bevindingen over 2023:

- In deze rapportage is lokale invloed van (hoogstwaarschijnlijk) houtstook onder bepaalde weersomstandigheden zichtbaar gemaakt. In eerdere rapportages zagen we al dat in de wintermaanden meer fijne deeltjes in de lucht zijn. Daarbij worden er voor PM_{2.5} ook meer overschrijdingsdagen geteld van de WHO-advieswaarden in de winter dan in de zomer. Reductie van fijnstofemissies in de wintermaanden is daarom aan te raden als onderdeel van het werken aan schone lucht, waarbij gedacht kan worden aan het stimuleren van schone(re) verwarmingsbronnen, het reduceren van de uitstoot van verkeer, het optimaliseren van de voorlichting rond houtstook en gebruik van de stookwijzer (waarbij hout stoken in geval van ongunstige meteorologische condities wordt afgeraden). Aanvullende metingen en analyses van de samenstelling van fijnstof kunnen helpen de invloed van houtstook in de regio verder te kwantificeren. Ook het melden van het stoken van hout in haarden en kachels als onderdeel van het omgevingsplan, kan waar mogelijk, helpen om dit verder in kaart te brengen.
- In stedelijke gebieden is verkeer een belangrijke bron van NO₂. Er zijn verschillende routes denkbaar om de blootstelling aan NO₂ te verminderen. Allereerst, kan het verkeersluw/verkeersvrij maken van delen van de stad resulteren in verbeterde luchtkwaliteit, bijvoorbeeld door te werken aan vergroening of uitbreiding van het openbaar vervoer. Ten tweede kan het instellen/verscherpen van een milieuzone, waarmee de meest vervuilende voertuigen worden geweerd, bijdrage aan het verminderen van emissies op plekken waar veel mensen blootgesteld worden aan vieze lucht. Ten slotte kan het scheiden van verkeersstromen, waarbij fietsers en voetgangers een andere route volgen dan auto's, ook helpen de blootstelling te verminderen.
- Vliegverkeer draagt bij aan verhogingen van UFP in het luchthavengebied. Wat nog niet kan worden vastgesteld is hoe ver deze invloed reikt naar de bewoonde gebieden in de regio. Voor een eerste indicatie van deze verspreiding is modellering een optie, met name om te zien of er substantiële verhogingen in UFP te verwachten zijn in woon- en werkgebieden rond de luchthaven. In combinatie met metingen van deeltjesgrootteverdeling, en mogelijk chemische samenstelling van UFP, kan verder in beeld worden gebracht hoe de bijdrages van verschillende bronnen van UFP zich tot elkaar verhouden. De huidige metingen vanuit ILM2 laten ook de invloed van wegverkeer zien. Voor UFP wordt daarom aangeraden om ook te meten bij drukke wegen waar mensen potentieel langdurig blootgesteld worden, zoals drukke verkeersroutes/pleinen in de buurt van woningen en kwetsbare locaties als scholen of verzorgingshuizen.

- In het buitengebied worden op een aantal meetlocaties regelmatig PM10 concentratiepieken gemeten welke mogelijk samenhangen met veehouderij in de nabijheid van die meetlocaties. Op andere meetlocaties waar ook veehouderijen in de nabijheid staan is dit niet het geval. Het is daarom van belang om vast te stellen of 1) deze concentratiepieken inderdaad direct te relateren zijn aan veehouderij in de nabijheid van de meetlocatie, 2) welke typen veehouderij, activiteiten, en omstandigheden deze concentratiepieken veroorzaken, 3) wat de samenstelling is van het fijnstof om gezondheidsimpact te kunnen schatten en 4) of er mogelijkheden zijn deze concentratiepieken te reduceren. Een eerste stap kan gezet worden via een gerichte campagne aanpalend aan het vaste meetnet via de beschikbare mobiele boxen binnen het ILM2. De mogelijkheden hiervoor worden momenteel actief onderzocht.
- In 2023 hebben we opnieuw gezien dat nabijgelegen wegwerkzaamheden (in dit geval asfalteren) kunnen leiden tot een duidelijk waarneembare stijging van PM10 en daarmee een verslechtering van de lokale luchtkwaliteit. Het is daarom aan te raden om bij wegwerkzaamheden stofbeperkende maatregelen te nemen waar mogelijk. Ook wordt geadviseerd om bepaalde plekken op het moment van werkzaamheden die veel stof veroorzaken te vermijden. Voor personeel dat werkzaamheden uitvoert waarbij veel stof ontstaat is het, indien nog niet van toepassing, aan te raden beschermmiddelen te gebruiken om de blootstelling zoveel mogelijk te beperken.

5 Referenties

Bloemen H.J.T., Mooibroek D., Cassee F.R., van Putten E.M. (2008). Composition and sources of fine particulate matter (PM_{2.5}) in the Netherlands. RIVM-rapport 863001007/2008. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/863001007.pdf>.

Denissen, S. (2022). Luchtkwaliteit en gezondheid in de provincie Noord-Brabant. GGD West-Brabant/ GGD Hart voor Brabant / GGD Brabant-Zuidoost, mei 2022.

Dusseldorp A., Fischer P.H., Dijkema M.B.A., Strak M.M. (2014). Luchtkwaliteitsindex: Aanbevelingen voor de samenstelling en duiding. Bilthoven, RIVM.

Fischer P.H., Marra M., Ameling C.B. (2015). Air Pollution and Mortality in Seven Million Adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). *Environ Health Perspect* 123(7):697-704 doi:10.1289/ehp.1408254

Gerlofs-Nijland M., Weijers E., Woutersen A., Verhagen G., Triel J., Bronsveld P., van Dinther D., Blom M., de Jonge D., Hoek G., Froeling F. (2022). Samenwerking Houtrookonderzoek RIVM | TNO | GGD Amsterdam | UU. Bilthoven: RIVM.

Goudriaan R., Zhang J., Tokaya J., Hensen A., van Dinther D., Kaandorp S., Blom M., Plomp A. (2022). Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant: Jaarrapportage 2021. TNO-Rapport R12396.

López M.C., Hermosilla T., Lai H. T., Aarnink A. J. A., Ogink N. W. M. (2011). Particulate matter emitted from poultry and pig houses: source identification and quantification. *Transactions of the ASABE*, 54(2), 629-642.

Hagenaars T., Hoeksma P., de Roda-Husman A.M., Swart A., Wouters I. (2017). Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (aanvullende studies). Analyse van gezondheidseffecten, risicofactoren en uitstoot van bio-aerosolen, Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport nr. 2017-0062, 69 p.

Maas R.J.M., Hoekstra J., Huitema M., de Vries W., Ruysenaars P.G. (2022). Inventarisatie van benodigde maatregelen om WHO-advieswaarden voor luchtkwaliteit in 2030 te realiseren. RIVM-briefrapport 2022-0094.

Mijnen-Visser S., de Jongh L.A., Hazelhorst S.B., Hoogerbrugge R., Soenario I., Stolwijk G.J.C., de Vries W.J., Wichink Kruit R.J., Zuidberg S. (2024). Grootschalige concentratiekaarten Nederland. Rapportage 2024. RIVM-rapport 2024-0059.

Pan L., Jianming X., Xuexi T., Mao X., Gao W., Chang L. (2019). Long-term measurements of planetary boundary layer height and interactions with PM_{2.5} in Shanghai, China. *Atmospheric Pollution Research*, Volume 10, Issue 3, May 2019, Pages 989-996.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (2013). Dossier 'Fijn stof'. Versie 1 © RIVM, Bilthoven, januari 2013. <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Dossier%20fijn%20stof.pdf>

Tromp P.C., van Dinther D., de Bie S.E., Duyzer J., Lollinga J.P., Moerman M.M., Henke S.J. (2021). Verkennend onderzoek ultrafijnstof op het Schiphol terrein met behulp van mobiele metingen. TNO 2021 R11745, pp 66, <https://nieuws.schiphol.nl/download/1093199/tnorapportr11745ufp-schiphol.pdf>.

Van Dinther D., Plomp A.J. (2019). CAIREBoxmetingen fijnstof en stikstofdioxide in Sliedrecht van 15 juni 2018 tot 1 augustus 2019. TNO 2019 R11447 <http://resolver.tudelft.nl/uuid:e54b0ac4-5547-4c2e-b389-84f2a0e7944f>

Van Dinther D., Blom M.J., van den Bulk W.C.M., Kos G.P.A., Voogt M. (2019). Metingen van aantallen ultrafijnstofdeeltjes rond Schiphol gedurende ruim één jaar. Met medewerking van GGD Amsterdam, Leefomgeving team Luchtkwaliteit. TNO Rapport 10591.

Van Dinther D., Moerman M.M., Lollinga J.P., van Doorn L.B., Korstanje T.J. (2022). Concentraties ultrafijnstof op het platform van Eindhoven Airport. TNO Rapport 11315.

Van Dinther D., Goudriaan R., de Bruin G.J., Zhang J., Tokaya J., Kaandorp S., Blom M. (2023). Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant: Jaarrapportage 2022. TNO-Rapport R11852.

Voogt M., Zandveld P., Wesseling J., Janssen N. (2019). Metingen en berekeningen van ultrafijn stof van vliegverkeer rond Schiphol: voor onderzoek naar de gezondheid van omwonenden. RIVM Rapport 2019-0074.

Voogt M., Zandveld P., Erbrink H., van Dinther D., van den Bulk P., Kos G., Blom M., de Jonge D., Helmink H., Meydam J., Visser J., Middel J., Hoek G., van Ratingen S., Wesseling J., Janssen N.A.H. (2023). Assessment of the applicability of a model for aviation-related ultrafine particle concentration for use in epidemiological studies. *Atmospheric Environment*, 309, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119884>.

Winkel A., Erbrink J.J., Wouters I.M., Huis in 't Veld J.W.H., Heederik D.J.J., Ogink N.W.M. (2018). Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: eindrapport endotoxine. *Livestock Research Rapport* 1092.

6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

AiREAS B.V.
Klaverhoekseweg 12B
5681 PX Best

In naam van het consortium Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant

Namen van de projectmedewerkers:

Daniëlle van Dinther, Ruben Goudriaan, Gerrit Jan de Bruin, Sjaak Kaandorp, Marcus Blom

Tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgevonden:

Januari – December 2023

Autorisatie vrijgave

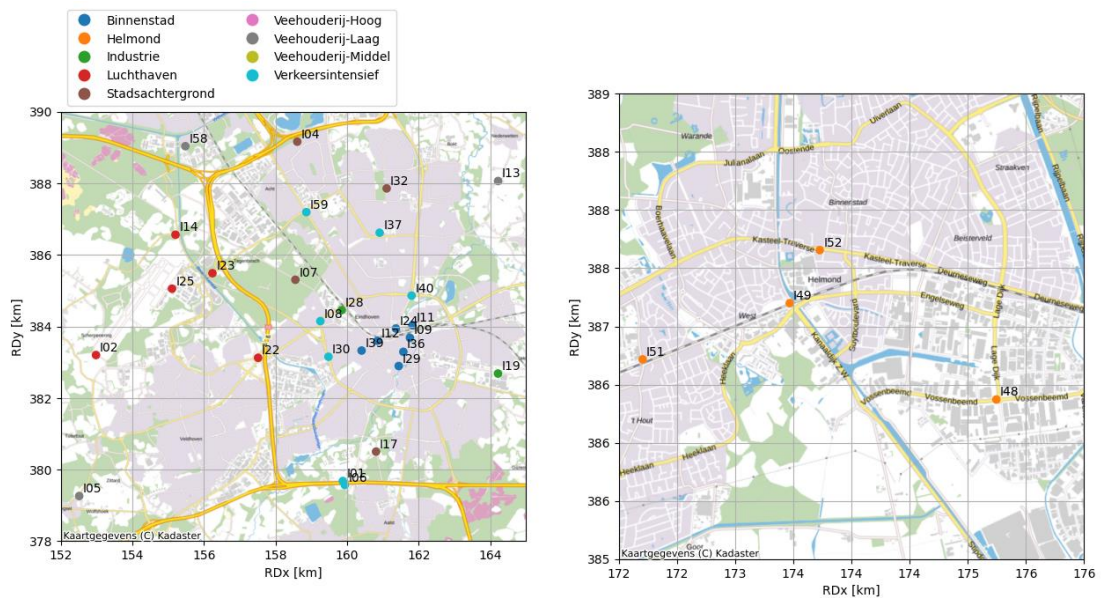
Dr. J.E. Strijk
Research Manager

Bijlage A

Meetlocaties ILM2

In totaal is er in 2023 op 50 meetlocaties gemeten. In deze bijlage staan de meetlocaties gepresenteerd met toelichting.

Stad en luchthaven Eindhoven: In 2023 waren 25 meetlocaties actief in Eindhoven. Deze meetlocaties zijn, in afstemming met de gemeente Eindhoven, geïdentificeerd door TNO, RIVM en UU-IRAS. De meetlocaties in Eindhoven en Helmond staan ook getoond in de kaart hieronder.



Overzicht van de meetlocaties in het stedelijke gebied van Eindhoven en Helmond in 2023.

Binnenstad: Op basis van voorziene grootschalige ruimtelijke verdichtingen (tot 2040 naar verwachting 35.000 woningen extra binnen De Ring) en rondom het station (zowel aan de zuidzijde als aan de noordzijde 10.000-12.000 woningen erbij in woontorens in 2025) zijn diverse meetlocaties binnen de ring ingericht. Dit zijn relatief drukke locaties waarbij naar verwachting soms een overschrijding van NO₂ te zien zal zijn.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I09	EH Stationsweg	11-12-2020
I11	EH prof dr. Dorgelolaan	21-12-2020
I12	EH Mathildelaan	11-12-2020
I24	EH Fellenoord	21-12-2020
I29	EH Wal	16-12-2020
I36	EH Vestdijk	14-10-2020
I39	EH Willemstraat	12-10-2020

Verkeersintensief: Als resultaat van de verwachte ontwikkeling van een autoluw en emissievrij stadscentrum zal het autoverkeer (deels) uit het stadscentrum naar buiten worden gedrukt. Het kan dus op de Ring drukker gaan worden waardoor de emissies naar lucht en het geluid mogelijk zullen toenemen. De Genovevalaan is een relatief drukke weg noordelijk van de ring. Hier heeft TNO een meetrek tot haar beschikking naast een referentie station van het LML. Aan dit meetrek kunnen meerdere CAIREBoxen parallel worden geplaatst, zowel ter referentie als reserve.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I08	EH Beukenlaan	25-1-2021
I30	EH Botenlaan	7-1-2021
I37	EH Genovevalaan	8-10-2020
I40	EH Kennedylaan	12-10-2020
I59	EH Boschdijk	11-12-2023

Luchthaven: Langs de luchthaven zijn 3 meetlocaties ingericht waar in juli 2021 een NanoTracer UFP-sensor is toegevoegd. UFP-metingen zijn een belangrijk onderdeel in het vaststellen van luchtkwaliteit rond vliegvelden. Dit wordt bevestigd in recente onderzoeken rond Schiphol (Tromp et al., 2021; Voogt et al., 2019; van Dinther et al., 2019; Voogt et al., 2023). Op dit moment wordt verondersteld dat de NO₂ emissies vanuit vliegtuigen relatief laag zijn in vergelijking met de emissies vanuit stadsverkeer; dit kan mede onderzocht worden via deze metingen.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I02	EH Scherpenering	8-10-2020
I25	EH Luchthavenweg	9-10-2020
I14	EH Landardseweg	20-1-2021

Industrie: Daarnaast zijn een aantal meetlocaties ingericht om bepaalde puntbronnen te bemeten. Aan de Kanaaldijk is een meetlocatie geplaatst benedenwinds van de DAF-fabriek. Op het Klokgebouw (dit is de enige meetlocatie in het meetnet op hoogte) is een meetlocatie ingericht tegenover de biomassacentrale op Strijp-T.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I19	EH Kanaaldijk	6-1-2021
I28	EH Klokgebouw	4-2-2021

Stadsachtergrond: Op de achtergrondlocaties in de stad wordt weinig invloed van lokale bronnen, zoals verkeer, verwacht. Daardoor kan het verschil met meer drukke locaties, zoals in het centrum of bij de ring, worden onderzocht. Er zijn twee stadsachtergrond locaties in parken geselecteerd. Daarnaast zijn er twee meetlocaties met te verwachten lage concentraties uit het ILM1 netwerk opnieuw ingericht.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I04	EH Finistérelaan	7-1-2021
I07	EH Oirschotsedijk	11-1-2021

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I17	EH Genneperweg	11-1-2021
I32	EH Maaseikstraat	16-12-2020

Snelweg: Een onderzoeksdoel is om de impact en de reikwijdte van de invloed van de snelwegen rond Eindhoven te onderzoeken: daarbij wordt gemeten op meetlocaties loodrecht op de rijbaan (beneden- en bovenwinds) van de A67. De gemeente Eindhoven houdt er daarnaast rekening mee dat in de toekomst de luchtvaart opnieuw zou kunnen gaan groeien. Lucht- en landzijdige bereikbaarheid zijn onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Meer/minder vliegverkeer betekent meer/minder autoverkeer. De invloed van het wegverkeer van en naar de luchthaven wordt op twee locaties gemonitord.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I01	EH High Tech Campus	07-06-2022
I06	EH A67 Zuid	04-11-2022
I23	EH Anthony Fokkerweg	25-1-2021
I22	EH Meerhovendreef	11-1-2021

Meetlocaties in de regio: In 2023 waren er 15 meetlocaties actief in de regio. Voor het selecteren van deze locaties is gebruik gemaakt van de GCN-kaart voor fijnstof afkomstig van veehouderij van het jaar 2019 (beschikbaar gesteld door RIVM). De te verwachten bijdrage aan PM10 concentraties vanuit veehouderijen was leidend in de locatiekeuze. Er is daarnaast gekeken naar de ruimtelijke verdeling over het gebied en over de deelnemende gemeentes. Ook zijn er meetlocaties die binnen bovenstaande voorwaarden invloed van verkeersstromen in beeld kunnen brengen.

Hoge bijdrage (> 5 µg/m³): Deze meetlocaties staan op plekken waar een hoge bijdrage aan concentraties PM10 vanuit emissies gerelateerd aan veehouderij wordt verwacht op basis van de GCN kaart. De locatie in Someren kon in 2022 nog niet worden geplaatst in afwachting van deelname van de gemeente aan het ILM2.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I44	Heeze-Leende – Ronde Bleek	7-6-2021
I54	Deurne - Paardekopweg	20-10-2021
I50	Asten – Meijelseweg	19-01-2022
NTB	Someren - Gezandebaam	-

Middelhoge bijdrage (1-5 µg/m³): Daarnaast zijn er meerdere meetlocaties geselecteerd met een naar verwachting middelhoge bijdrage van veehouderij in de nabije omgeving. Bij de meetlocatie in Son en Breugel kan mogelijk ook de invloed van de nabijgelegen snelweg in beeld worden gebracht.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I03	Best – Kapelweg	10-3-2021
I10	Reusel – Mierdseweg	17-3-2021
I33	Son - Sonniuswijk	15-3-2021

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I42	Gemert-Bakel – Keizersven	7-6-2021
I43	Oirschot – Krukkerd	20-10-2021
I45	Meijerijstad – Zonveldstraat	28-5-2021

Lage bijdrage (< 1 µg/m³): Als contrast zijn meetlocaties ingericht op locaties waar een lage bijdrage aan PM10 vanuit stallen wordt verwacht (<1 µg/m³). Deze locaties fungeren als regionale achtergrondlocaties en geven inzicht in de heersende luchtkwaliteit zonder, momenteel bekende, uitgesproken lokale bronnen. De meetlocatie in Valkenswaard kent mogelijk invloed van verkeer over de N69.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I05	Eersel – Zandoerleseweg	17-3-2021
I13	Nuenen – Soeterbeekseweg	7-6-2021
I16	Bergeijk – Dorpsstraat	19-3-2021
I18	Boxtel – Mijlstaat	28-5-2021
I41	Geldrop Mierlo – Voortje	16-3-2021
I55	Valkenswaard – Bergeijkse Dijk	25-11-2021

Extra meetlocaties: Binnen het ILM2 zijn er 8 extra meetlocaties zelf gefinancierd door deelnemende gemeentes. De meetlocaties zijn geselecteerd op mogelijke lokale vraagstukken dan wel ondersteunend aan onderzoek naar de regionale luchtkwaliteit. De locaties in Helmond en Best staan langs (doorgaande) wegen. Op de locaties in Oirschot en Reusel wordt waarschijnlijk vooral de regionale achtergrond bemeten.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I46	Best – Ringweg	6-8-2021
I47	Oirschot - Neereindsweg	6-8-2021
I48	Helmond – Vossenbeemd	8-6-2021
I49	Helmond – Kanaaldijk	8-6-2021
I51	Helmond – Mierloseweg	8-6-2021
I52	Helmond – Kasteeltraverse	8-6-2021
I56	Reusel – Beekakkersweg	5-8-2021
I58	Best - Looierstraat	6-8-2021

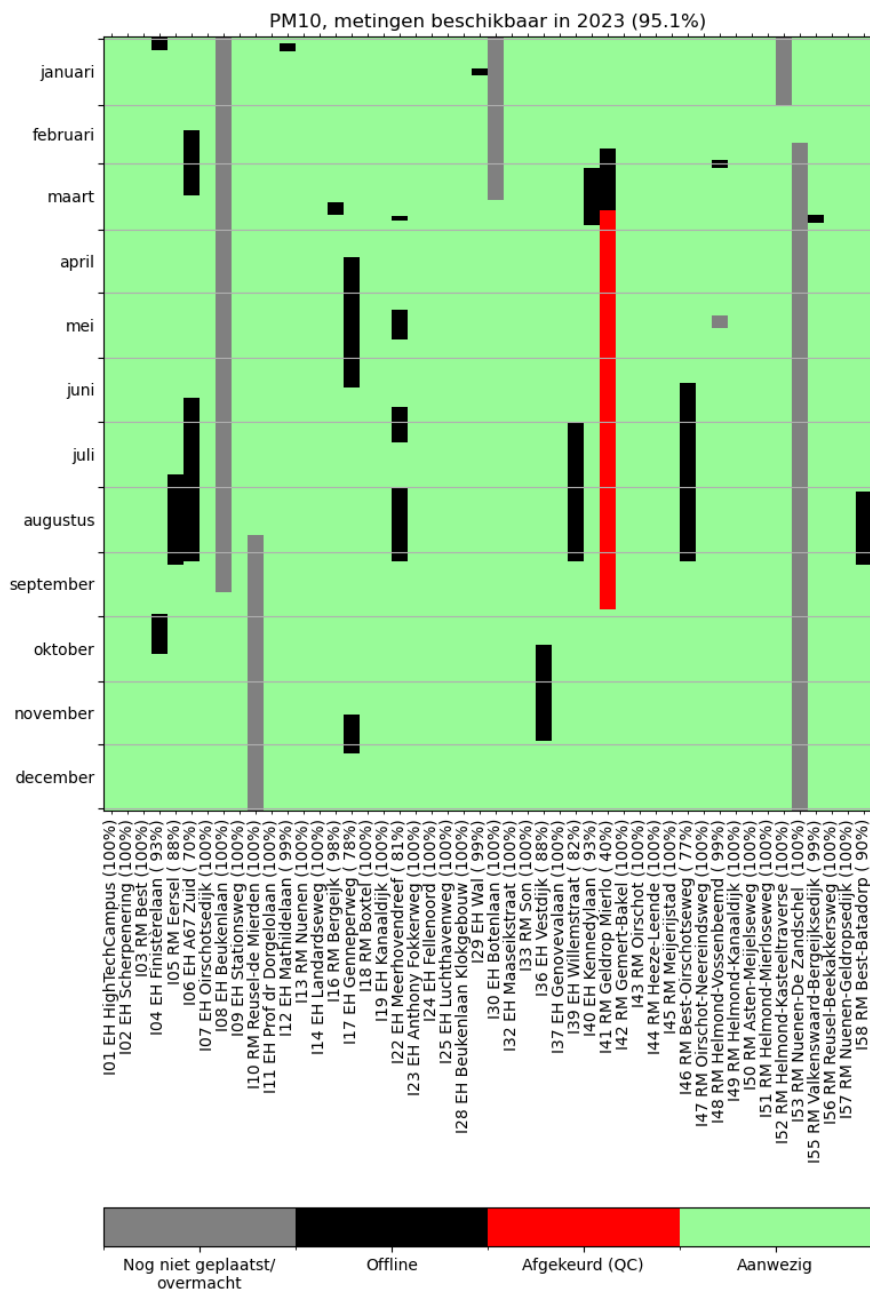
Tijdelijke meetlocaties: Binnen het ILM2 zijn er zes mobiele meetboxen beschikbaar voor meetcampagnes om vraagstukken van individuele gemeentes te onderzoeken. In 2022 zijn er twee mobiele meetboxen ingezet in de gemeente Nuenen voor een vraagstuk rond luchtvervuiling gerelateerd aan verkeersdrukke. De meetlocatie aan de Zandsche Punt is tot 22 februari 2023 actief geweest, de meetlocatie aan de Geldropse Dijk geheel 2023.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I53	Nuenen – Zandsche Put	19-5-2022
I57	Nuenen – Geldropse Dijk	12-4-2022

Bijlage B

Data beschikbaarheid

De figuur toont de beschikbaarheid per meetlocatie tussen 1 januari en 31 december 2023. Groen staat daarbij voor succesvolle metingen, zwart staat voor uitgevallen metingen, grijs staat voor nog niet in gebruik dan wel langdurig uitgevallen metingen door overmacht.



Overzicht van de meetdagen in 2023 per meetlocatie.

In onderstaande tabel staat weergegeven op welke meetlocaties in 2023 meetgegevens verloren zijn gegaan door overmacht.

	Meetlocatie	Van	Tot	Reden	Downtime [dagen]
I52	Helmond Kasteel- Traverse	19-12- 2022	1-2-2023	Uitval verlichting	45
I30	EH Botenlaan	26-1-2023	15-3-2023	Werkzaamheden	49
I48	Helmond Vossenbeemd	12-5-2023	17-5-2023	Uitval verlichting	6
I10	Reusel Mierdse Weg	24-8-2023	31-12-2023	Aangereden	130

Daarnaast vindt er ook uitval plaats door problemen met de meetapparatuur zelf. Deze uitval staat in onderstaande tabel gepresenteerd. Rond de zomerperiode zijn sommige locaties relatief lang offline geweest omdat gelijktijdig de reguliere onderhoudscycli binnen het meetnet plaatsvonden waarvoor de reserveboxen ook worden gebruikt. Hierop is de reservevoorraad boxen in het najaar van 2023 uitgebreid van 5 naar 10 boxen.

	Meetlocatie	Van	Tot	Downtime [dagen]
I04	EH Finisterelaan	25-12-2022	6-1-2023	13
I06	EH A67 Zuid	12-2-2023	15-3-2023	32
I41	Geldrop-Mierlo Voortje	22-2-2023	22-3-2023	29
I40	EH Kennedylaan	2-3-2023	29-3-2023	28
I16	Bergeijk Dorpsstraat	18-3-2023	24-3-2023	7
I22	EH Meerhovendreef	25-3-2023	28-3-2023	4
I17	EH Genneperweg	13-4-2023	14-6-2023	63
I22	EH Meerhovendreef	9-5-2023	23-5-2023	15
I46	Best Oirschotseweg	12-6-2023	4-9-2023	85
I06	Waalre A67	18-6-2023	4-9-2023	79
I22	EH Meerhovendreef	23-6-2023	11-7-2023	19
I39	EH Willemstraat	30-6-2023	4-9-2023	67
I05	Eersel Zandoerleseweg	25-7-2023	6-9-2023	44
I22	EH Meerhovendreef	31-7-2023	4-9-2023	36
I58	Best Looierstraat	2-8-2023	6-9-2023	36
I04	EH Finisterelaan	29-9-2023	19-10-2023	21
I36	EH Vestdijk	14-10-2023	29-11-2023	47
I09	EH Stationsweg	24-10-2023	30-10-2023	7
I17	EH Genneperweg	16-11-2023	5-12-2023	20

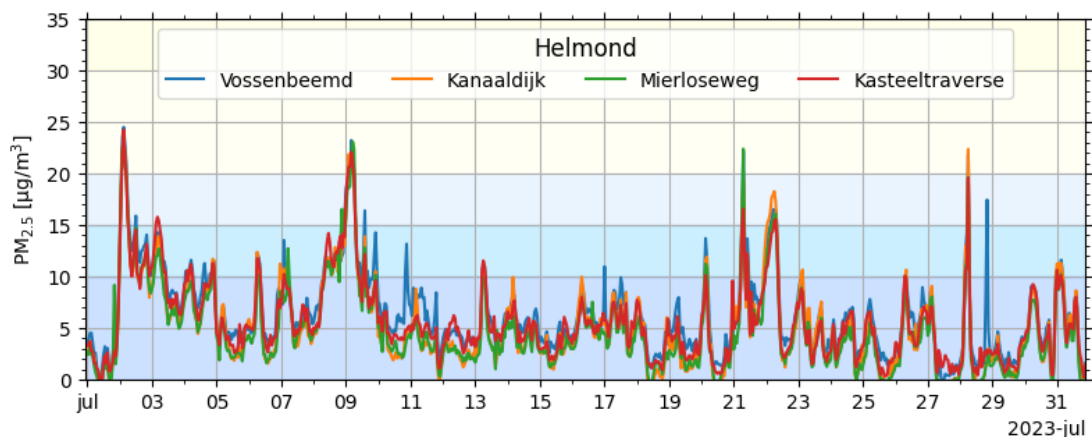
Bijlage C

Datakwaliteit

In de jaarrapportages van het ILM2 over 2021 en 2022 is de kwaliteit van de metingen in detail beschreven. Onder andere door te kijken naar de verhouding tussen de sensormetingen en referentieapparatuur, zowel tijdens de kalibratieperiode als aan het LML Genovevalaan, en de sensoren onderling. In deze rapportage is deze vergelijking met referentieapparatuur van het LML beschreven in deze bijlage. De resultaten van de voorgaande analyses komen in grote lijnen overeen met wat we zien in 2023. Wel worden met name in het tweede deel van 2023 verbeteringen zichtbaar in de NO₂ meetgegevens. De verschillende analyses uitgevoerd op de 2023 data worden hieronder beschreven.

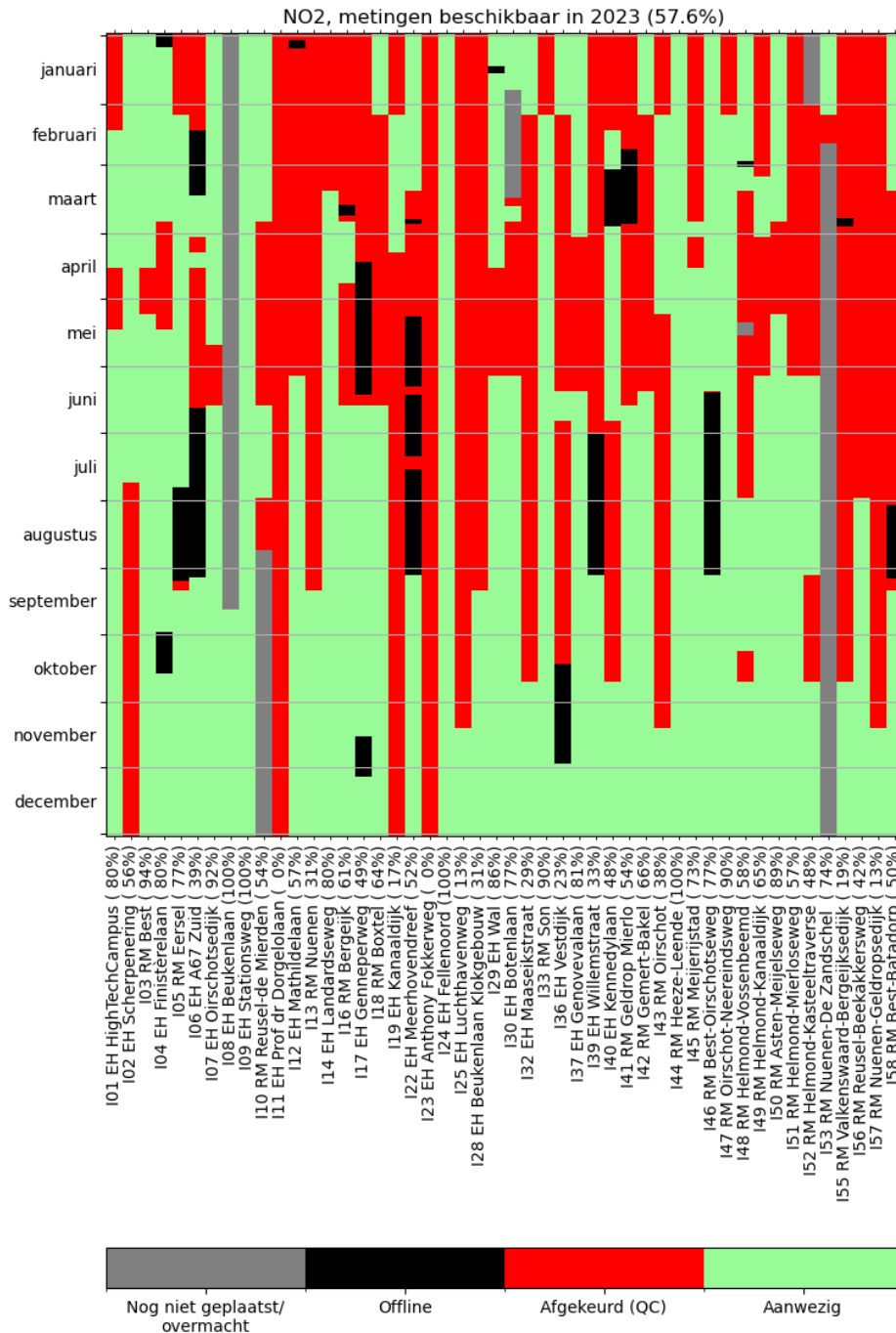
C.1 Consistentie van metingen

Fijnstof: De fijnstofsensoren vertonen veelal consistente meetresultaten gedurende 2023. Een voorbeeldgrafiek van PM_{2.5} van juli 2023 van de meetlocaties in Helmond is zichtbaar in de figuur beneden. Doordat fijnstof zich als een deken over de regio verplaatst vertonen de meetlocaties gelijkende patronen over de tijd heen. Dit is consistent met eerdere observaties van de PM meetgegevens in de eerste jaren van het ILM2 (Goudriaan et al., 2022; van Dinther et al., 2023).



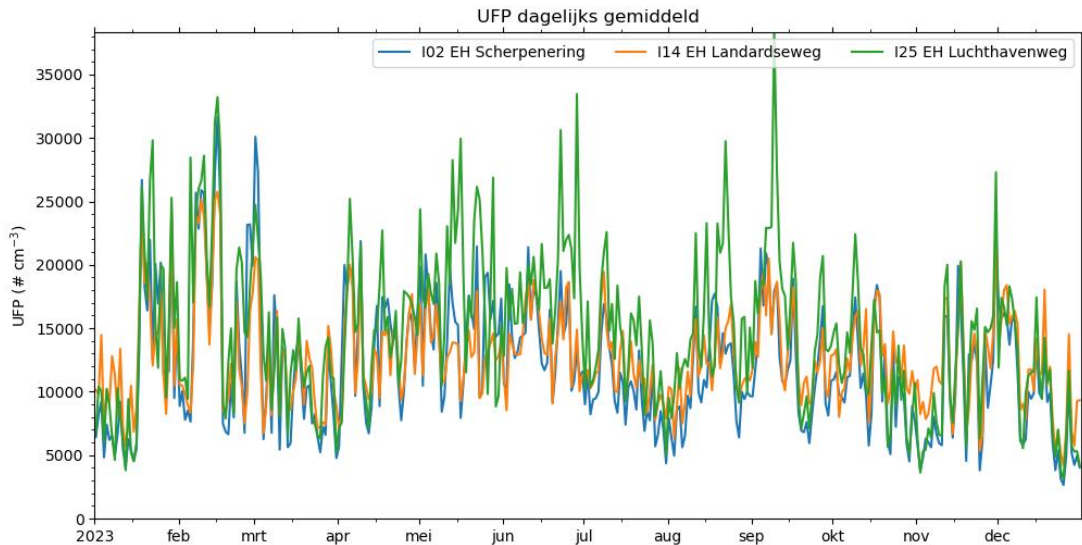
Tijdsreeks van de uurgemiddelde PM_{2.5} meetresultaten van de meetlocaties in Helmond voor juli 2023.

NO₂: In 2021 zijn er in de zomerperiode afwijkingen gesignaleerd in het NO₂ signaal welke samenvielen met hoge correlaties tussen de gegeven NO₂ meetgegevens en dynamiek in luchtvochtigheid en ozonconcentraties in de atmosfeer (Goudriaan et al., 2022). In 2022 is een selectieprocedure ontwikkeld en toegepast op basis van correlaties met O₃ en luchtvochtigheid om metingen gericht af te kunnen keuren (van Dinther et al., 2023). Deze zelfde procedure is in 2023 toegepast om een selectie te maken van de NO₂ meetgegevens waarop de analyses in deze rapportage uitgevoerd worden. Na deze kwaliteitscheck blijven 58% van de metingen over voor analyse. Met name in het najaar van 2023 is veel goede meetdata beschikbaar door verbeteringen die zijn uitgevoerd in het NO₂ systeem, de verwachting is dat dit zich doorzet naar 2024 waarmee hopelijk een volledig jaar aan NO₂ data beschikbaar komt voor analyse.



Selectie van NO₂ meetgegevens gebruikt voor analyse in 2023 na selectieprocedure.

UFP: In 2023 hebben de 3 UFP sensoren bij het vliegveld naar verwachting gemeten en zijn er geen opvallende afwijkingen geconstateerd. Dit laat ook benedenstaande figuur zien waarbij de jaarronde daggemiddelde UFP-concentraties van de drie meetlocaties bij het vliegveld worden getoond. Zichtbaar is dat de globale gang over het jaar voor alle drie de locaties gelijkend is.



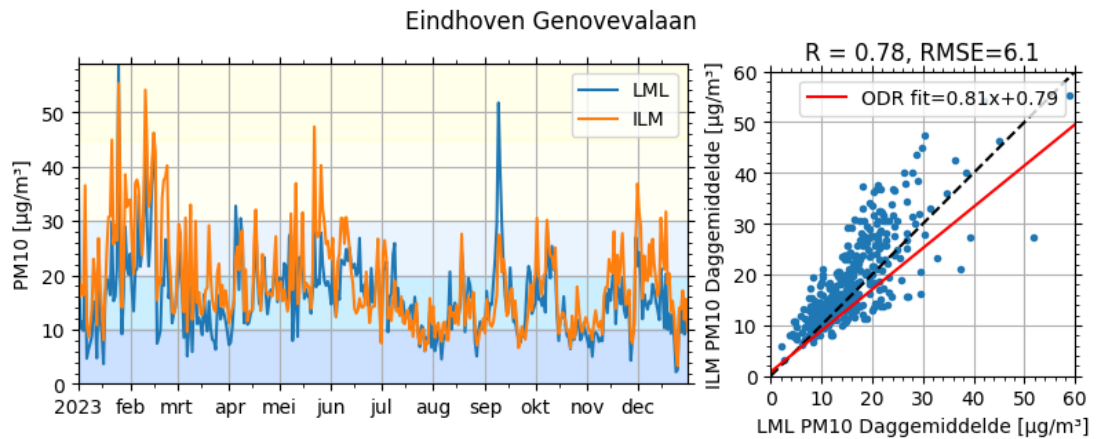
Daggemiddelde UFP-meetresultaten in aantal deeltjes per cm^3 in 2023 voor de drie meetlocaties rond het vliegveld.

C.2 ILM2 vergelijking met het LML

In deze sectie omschrijven we de vergelijking tussen de LML-meetwaarden aan de Genevevalaan en de metingen van het ILM2 voor PM_{10} en NO_2 . Er zijn aan het LML Genevevalaan geen metingen voor PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$, en UFP beschikbaar. Deze stoffen kunnen hier dan ook niet worden vergeleken.

Fijnstof: Het LML-meetinstrument (PM_{10} ; FH-62) is equivalent aan het referentie-instrument voor dagwaarden (filtermetingen door Leckel of Derenda). Een tijdsserie van de daggemiddelde PM_{10} concentraties voor meetlocatie I37 en het LML Genevevalaan is zichtbaar in de figuur.

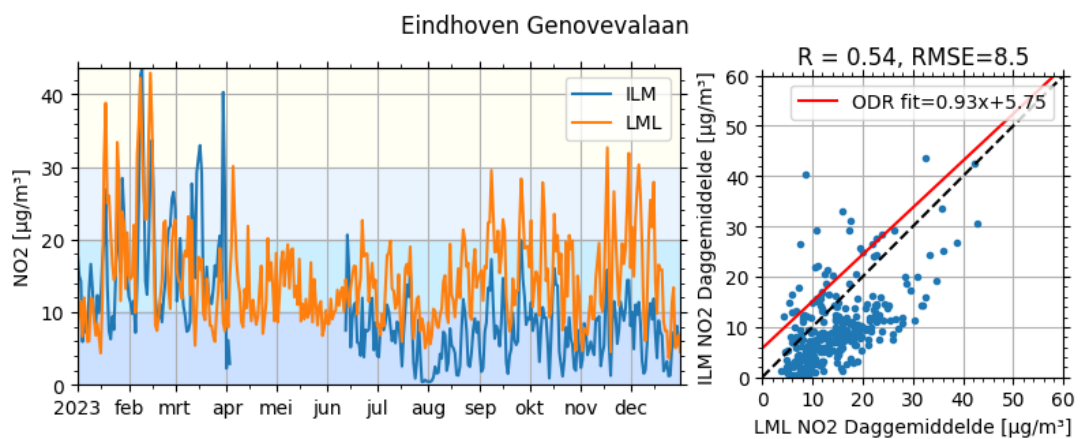
- De correlatiecoëfficiënt van de daggemiddelde waarde van het LML-station en I37 is 0,78. Dit is gelijkend aan afgelopen jaren waarbij de correlatiecoëfficiënt R tussen de meetboxen van het ILM2 en de referentieapparatuur van het LML steeds rond de 0,8 is geweest.
- Kijkend naar het jaarprofiel is zichtbaar dat de generieke gang van concentraties door het jaar heen gelijkend is. In het spreidingsdiagram is te zien dat de meeste punten net boven de één-op-één lijn liggen. Het ILM2 meet dus gemiddeld iets hoger dan het LML. De RMSE tussen LML en de meetlocatie I37 ligt op $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vooral bij hoge concentraties PM_{10} meet het ILM2 wat hoger dan het LML.



Daggemiddelde concentraties van PM10 gemeten aan de Genovevalaan door zowel LML als I37 over 2023.

NO₂: In benedenstaande figuur wordt de selectie van NO₂ meetgegevens voor de meetlocatie I37 aan het LML Genovevalaan getoond ten opzichte van de meetgegevens van het LML zelf. Daar zijn een aantal observaties uit te halen:

- In het spreidingsdiagram is te zien dat de correlatiecoëfficiënt R op 0.54 ligt. In de grafiek is zichtbaar dat met name rond maart en april een aantal hoge afwijkende waarden worden gemeten. Deze zijn zichtbaar in het spreidingsdiagram als de punten boven de zwarte stippellijn (de één-op-één lijn).
- In het lijndiagram valt op dat in het najaar de meetlocatie I37 lager meet dan het LML. De dynamiek is wel gelijkend. Dit is ook terug te zien in het spreidingsdiagram, waarbij het merendeel van de punten onder de 1-op-1 lijn ligt, maar wel een logische verdeling toont tussen lage en hoge metingen. De kalibratieparameters gebruikt voor NO₂ op de meetlocatie I37 zorgen waarschijnlijk voor deze onderschatting van de NO₂ concentraties. Deze onderschatting verklaart ook de RMSE van 8.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ten opzichte van het LML Genovevalaan.



Daggemiddelde concentraties van NO₂ gemeten aan de Genovevalaan door zowel LML als ILM (meetlocatie I37) over 2023. De achtergrondkleuren komen overeen met de aanbevelingen uit Dusseldorp et al.

Bijlage D

Jaargemiddelden

Metingen van de sensoren zijn niet geschikt om op geaccrediteerde wijze onder- of overschrijdingen van normen aan te geven. Daarvoor moet gebruik worden gemaakt van geaccrediteerde meetapparatuur per component. Desalniettemin is het toch interessant te zien of sensoren een indicatie geven dat de atmosferische gehalten boven of onder een afgesproken norm liggen. Het ligt niet voor de hand dat er op een van de ILM2 meetlocaties de EU-grenswaarden worden overschreden. De gemeten concentraties in het ILM2 liggen over het algemeen wel boven de WHO-advieswaarden van 2021. Dit geldt overigens ook voor vele andere delen van Nederland (Maas et al., 2022). Bij een installatiedatum later dan 1 januari 2023 is de periode van installatie tot en met 31 december 2023 beschouwd. De gemiddelde NO₂ waarde per meetlocatie is bepaald op enkel de geselecteerde meetgegevens over 2023.

EU-grenswaarden en WHO-advieswaarden geldig in 2023, voor jaargemiddelde PM_{2.5}, PM₁₀ en NO₂ concentraties.⁸

Jaargemiddelde concentraties	PM _{2.5} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM ₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
EU-Grenswaarde	20	40	40
WHO-advieswaarde	5	15	10

Gemiddeld gemeten concentraties per meetlocatie in 2023. Data cursief en onderstreept wanneer de databeschikbaarheid gedurende het jaar onder de 50% ligt.

	Locatie	Type	PM ₁ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM _{2.5} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM ₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
I02	EH Scherpenering	Luchthaven	10,6	13,5	21,6	9,5
I14	EH Landardseweg ⁹	Luchthaven	5,2	7,1	14,1	9,7
I25	EH Luchthavenweg	Luchthaven	9,5	11,4	16,4	<u>18,7</u>
I04	EH Finistérelaan	Stadsachtergrond	8,7	10,8	16,3	12,6
I07	EH Oirschotsedijk	Stadsachtergrond	7,5	9,2	14,2	16,1
I17	EH Gennepeweg	Stadsachtergrond	7,6	10,0	16,5	<u>15,0</u>
I32	EH Maaseikstraat	Stadsachtergrond	10,1	12,7	20,2	16,8
I09	EH Stationsweg	Centrum	9,7	12,1	17,6	14,3
I11	EH Pr. Dr. Dorgelolaan	Centrum	10,4	12,9	19,1	-
I12	EH Mathildelaan	Centrum	8,3	11,2	20	15,8
I24	EH Fellenoord	Centrum	10	12,5	21,1	12,2
I29	EH Wal	Centrum	8,2	10,4	16,4	11,5
I36	EH Vestdijk	Centrum	12,5	15,5	24,4	<u>17,8</u>

⁸ Bron: <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/wet-en-regelgeving-luchtkwaliteit/europese-wetgeving-luchtverontreiniging>

⁹ De fijnstofwaardes van deze meetlocatie zijn opvallend laag, maar vertonen niet per se afwijkende patronen door de tijd heen ten opzichte van de andere meetlocaties.

	Locatie	Type	PM1 [µg/m³]	PM2.5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	NO ₂ [µg/m³]
I39	EH Willemstraat	Centrum	8,3	10,3	15	<u>13,3</u>
I08	EH Beukenlaan	Verkeersintensief	<u>7,9</u>	<u>10,2</u>	<u>16,3</u>	<u>27,3</u>
I30	EH Botenlaan	Verkeersintensief	8,2	10	15,4	20,2
I37	EH Genovevalaan	Verkeersintensief	8,8	11,3	18,7	10,1
I40	EH Kennedylaan	Verkeersintensief	9,4	11,7	17,5	<u>22,2</u>
I22	EH Meerhovendreef	Aanrijroute	8,9	11,2	18,3	22,6
I23	EH Anthony Fokkerweg	Aanrijroute	8,2	10,6	17,7	-
I01	EH HTC 1	Snelweg	6,8	9,1	17,1	11,4
I06	Waalre A67 Zuid	Snelweg	8,9	11,2	17,7	<u>14,9</u>
I19	EH Kanaaldijk	Industrie	6,9	8,9	16	<u>9,5</u>
I28	EH Klokgebouw	Industrie	10,5	12,8	17,8	<u>25,3</u>
I05	Eersel Zandoerleseweg	Regio laag	9,7	12,1	18,7	8,3
I13	Nuenen Soeterbeekseweg	Regio laag	9,2	11,4	15,9	<u>11,4</u>
I16	Bergeijk Dorpsstraat	Regio laag	8	10,3	16,9	8,4
I18	Boxtel Mijlstraat	Regio laag	8,1	9,8	15,2	10,4
I41	Geldrop Mierlo Voortje	Regio laag	9,4	12,1	18,2	<u>12,7</u>
I55	Valkenswaard Bergeijksedijk	Regio laag	7,4	9,5	14,8	<u>13,3</u>
I03	Best Kapelweg	Regio midden	9,1	11,1	16,8	14,9
I10	Reusel Mierdseweg	Regio midden	11	12,7	17,1	<u>9,7</u>
I33	Son & Breugel Sonniuswijk	Regio midden	9,8	12	17,9	8,6
I42	Gemert-Bakel Keizersven	Regio midden	9,3	11,7	19,6	9,3
I43	Oirschot Krukkerd	Regio midden	10,8	12,4	17,2	<u>8,1</u>
I45	Meerijstad Zonveldstraat	Regio midden	8	10	17,3	15,8
I44	Heeze-Leende Ronde Bleek	Regio hoog	7,8	9,8	16,9	12
I50	Asten Meijelseweg	Regio hoog	8,6	10,3	14,2	8,1
I54	Deurne Paardekopweg	Regio hoog	8,7	10,9	16,2	19,9
I48	Helmond Vossenbeemd	Extra (Stad)	8,4	10,7	16,3	16,9
I49	Helmond Kanaaldijk	Extra (Stad)	7,8	9,8	14,6	15,4
I51	Helmond Mierloseweg	Extra (Stad)	7,9	10,2	15,9	16,5
I52	Helmond Kasteel-traverse	Extra (Stad)	10,1	12,3	18	<u>13,8</u>
I46	Best Ringweg	Extra (Regio)	8,5	11	17,4	7
I47	Oirschot Neereindsweg	Extra (Regio)	9,6	11,7	16,2	13,4
I56	Reusel Beekakkersweg	Extra (Regio)	9,2	11,2	15,4	<u>16,9</u>
I58	Best Looierstraat	Extra (Regio)	10,4	12,7	16,8	<u>13,2</u>
I53	Nuenen Zandsche Put	Tijdelijk	12,5	14,3	19,8	<u>8,1</u>
I57	Nuenen Geldropse Dijk	Tijdelijk	8,8	11,3	18,7	<u>10,1</u>

Energy & Materials Transition

Westerduinweg 3
1755 LE Petten
www.tno.nl

TNO innovation
for life