



**drie jaar luchtkwaliteit
meten in landelijk
gebied**

wat nu?

september 2022 - vereniging Behoud de Parel

drie jaar luchtkwaliteit meten in landelijk gebied

wat nu ?

september 2022

vereniging Behoud de Parel, Teus Hagen / Paul Geurts ©

metingen vonden plaats in St. Anthonis ZO-Brabant en Venray Limburg
meetperiode: april 2019 tot mei 2022



stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk, St. Anthonis, Brabant

vereniging Behoud de Parel, Grubbenvorst, Limburg

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	6
Luchtkwaliteitssensoren.....	6
De luchtkwaliteit in agrarische regio neemt weer toe.....	6
Hoe is het gesteld met de luchtkwaliteitssituatie in de regio St. Anthonis?.....	7
Effectiviteit van filterinstallaties valt tegen.....	8
Enkele conclusies.....	9
Luchtkwaliteit.....	10
Fijn stof.....	10
Stikstof(verbindingen) en ammoniak.....	11
EU-normen en WHO-advieswaarden.....	12
Schone Lucht Akkoord (SLA).....	13
Luchtkwaliteitsmeettechniek.....	14
Low-cost fijnstofmetingen.....	14
Interactieve grafieken op de website van Behoud de Parel.....	15
Invloed van het weer op de metingen.....	16
Luchtkwaliteit regio St. Anthonis, Land van Cuijk.....	18
Kerngetallen voor regio St. Anthonis.....	18
Luchtkwaliteitsmetingen in de regio St. Anthonis.....	19
Weergave van de metingen van fijn stof in real-time.....	20
Metingen ammoniak en stikstofoxiden.....	22
Metingen stikstofoxiden.....	26
Metingen fijn stof PM ₁₀	27
Metingen fijn stof PM _{2.5}	28
Meten van fijn stof bij een intensief veeteeltbedrijf.....	30
Wat nu?.....	34
Conclusies.....	34
Nawoord.....	37
<i>Bijlage</i> : Emissies Land van Cuijk vergeleken met emissies in Nederland.....	39
<i>Bijlage</i> : Hoe worden de meetdata van de meetkits behandeld?.....	42
<i>Bijlage</i> : Kalibratie van vier fijnstofsensoren.....	44
<i>Bijlage</i> : MySense meetkit, de technische details.....	46
<i>Bijlage</i> : Lijst van meetlocaties in St. Anthonis en Venray.....	47

Voorwoord

Tijdens de jaarwisseling 2017-2018 werd – op initiatief van RIVM – op heel veel plekken in Nederland door burgers fijn stof afkomstig van vuurwerk gemeten¹. Samen met die ‘burgers’ werd het citizen science project ‘Samen Meten’ in Nederland op de kaart gezet. Eén van de deelnemers was vereniging Behoud de Parel uit Grubbenvorst, in de persoon van Teus Hagen.

De deelname aan dit RIVM-initiatief was de directe aanzet voor de ontwikkeling van meetapparatuur waarmee fijn stof gemeten kan worden en de metingen uitgewisseld konden worden. De eerste generatie fijnstofmeter (meetkit) bestond uit een eenvoudige fijnstofsensoren, een goedkope microprocessor met wifi en een PVC-buis. De kostprijs: zo’n € 50! Inmiddels werken er vele duizenden – een ‘sensors community’ vormend – aan het bouwen van meetkits met een vergelijkbare opzet.



Met de eerste meetkit werd de basis gelegd voor de ontwikkeling van ‘MySense’, de naam van de meetkit die Teus Hagen heeft gebouwd. Het betreft inmiddels de derde generatie van een betaalbare fijnstofmeetkit, die gebruikt kan worden in een meer geavanceerd luchtkwaliteitsmeetnetwerk. Een netwerk dat toegerust is om ook in een landelijke omgeving² kwalitatieve metingen op lokale schaal te doen³. In zulk een omgeving zijn wifi en een stopcontact niet zo maar voorhanden. Reden om aan het systeem een accu met een zonnepaneeltje te koppelen. Met een kostprijs van zo’n € 150 tot € 250 is de meetkit nog steeds betaalbaar.



Het bouwen van een meetkit is niet een-twee-drie gedaan. Het begint met het in elkaar knutselen van de componenten. Een worsteling met elektronica, 3D-printing en met de in acht neming van weersinvloeden. Alle luchtkwaliteitsinitiatieven beginnen daarmee en het lukt omdat het enthousiasme en daarmee de volhardendheid van de betrokken burgers groot is.

De volgende stap – na het bouwen van de meetkit en het uitzetten van de meetapparatuur in het veld – komt de volgende barrière. Het verzamelen van de gegevens die de meetkits produceren, vervolgens het analyseren van de verkregen gegevens en tenslotte het visualiseren van de resultaten van die gegevens is een stuk ingewikkelder. Dat verlangt andere kennis en ervaring dan nodig bij het bouwen van de meetkit.

Voor veel van de enthousiaste burgers een te groot struikelblok. Voor hen is de noodzakelijke uitwisseling van meetdata meestal een brug te ver. Terwijl het doel van het meten en verzamelen van data was en is: het realiseren van bewustzijn dat luchtkwaliteit van belang is, óók lokaal en zeker voor het lokaal beleid. Over het algemeen is men zich op lokaal niveau (bijvoorbeeld in de politiek) wel bewust van de luchtkwaliteit – als er landelijk problemen zijn met die luchtkwaliteit kan er op lokaal niveau ook wel iets aan de hand zijn. Maar indien dat bewustzijn omgezet moet worden in concreet beleid, dan heeft de lokale politiek behoefte aan concrete en geloofwaardige informatie (meetdata).

1 Zie artikel <http://behouddeparel.nl/?q=content/fijnstof-meten-je-achtertuint-met-oud-en-nieuw>

2 Zie artikel ‘[Samen meten tussen de varkens en kippen](#)’

3 Zie artikel [Hoe schoon de lucht is, meet een groeiende groep burgers zelf wel](#) (volkskrant.nl),

Voor burgers blijkt het in de praktijk nog een hele strijd om de verzamelde gegevens op een voor de lokale politiek geloofwaardige wijze te presenteren. Op zich is dat niets nieuws. Geloofwaardigheid (het vermogen om in elke situatie te laten zien wat overtuigend is) vraagt ondernemende stappen van de initiatiefnemers, die niet direct voorhanden zijn. Bij de start moet men zich al realiseren dat beoordeling en verspreiding van meetresultaten een wezenlijk onderdeel zijn van het werk.

Vastgesteld kan worden dat die wezenlijke onderdelen in het 'to-do-lijstje' van veel initiatiefnemers ontbreken. Dat betekent veelal dat er met de resultaten van de metingen uiteindelijk niets gedaan wordt.

In het project 'Cities Health' van de Europese Unie (EU) – dat de invloed van de lokale industrie op de luchtkwaliteit in een vijftal regio's onderzoekt – heeft in een schema aangegeven welke processen doorlopen moeten worden om effect te hebben.



In het rode deel van het werkkader (hiernaast afgebeeld⁴) staan achter-eenvolgens de stappen 'verspreiding', 'actie' en 'nawerk' vermeld, die – zoals hiervoor gesteld – in veel to-do-lijstjes ontbreken.

Bij de meeste luchtkwaliteitsprojecten houdt het werk na fase 2 (de ontwikkelingsfase) op. De motivatie ebt weg, het project gaat ter ziele en de meetkits verdwijnen in de prullenbak. Dat kwam tijdens een bijeenkomst in mei 2022 van De Waag

Society met als titel 'De staat van Burgerwetenschap' met als thema 'luchtkwaliteit' naar voren.

Kom je niet aan 'verspreiding' toe – in veel gevallen het voorleggen van de resultaten aan de (lokale) politiek – dan mag er vanuit gegaan worden dat het al helemaal niet komt tot 'actie', dat wil zeggen: de politiek verbinden aan beleid dat gericht is op het verbeteren van de luchtkwaliteit.

Maar zelfs in het geval dat je de verbinding naar 'de politiek' wel hebt weten te leggen is dat geen garantie dat er ook echt iets gebeurt aan de verbetering van de luchtkwaliteit. Verstoringen in het proces binnen de politieke context kunnen daar debet aan zijn. Zo kan – als in het geval van St. Anthonis – een gemeentelijke herindeling er toe leiden dat het project in een diepe lade verdwijnt en dat alle inspanningen te niet worden gedaan. Of de lokale bestuurders willen hun project inbedden in een regionaal project, onder andere in verband met de financiering van een project, en in dat deel van het traject is de kans levensgroot dat het weer verzuipt in een moeras en daar nooit meer uitkomt.

Vereniging Behoud de Parel wil haar ervaringen, opgedaan in het MySense-project, delen met iedereen die de luchtkwaliteit ter harte neemt en met meetapparatuur aan de slag wil.

⁴ Bron: [CitiesHealth.org](https://citieshealth.org), EU project relatie Citizen science en science focus: industriële emissies en omgeving

De voorliggende notitie biedt concrete informatie met betrekking tot de bouw van een meetkit, het meten van de luchtkwaliteit in een agrarische omgeving, toegespitst op de situatie in St. Anthonis en een verslag van de ervaringen van de inzet van vooral Teus Hagen met betrekking tot de bouw van de meetkits en het proces dat zich daarna vervolgens ontrolde.

Er is behoorlijk wat werk verzet en het is nu vooral aan 'de politiek' om daar concreet gebruik van te maken ten gunste van een betere luchtkwaliteit. In dat deel van het proces ben je als burger – zo is de ervaring tot nu toe – deels de regie kwijt en krijg je te maken met langshepende procedures, of – in het meest negatieve scenario – dat het hele project verzand, zoals hiervoor verwoord. Vanuit die ervaring voortkomend de vraag bij de initiatiefnemers van vereniging Behoud de Parel: “Wat nu?”.

Namens het bestuur van vereniging Behoud de Parel,
André Vollenberg (voorzitter).

Samenvatting

Luchtkwaliteitssensoren

Fijnstofsensoren

De eerste low-cost fijnstofsensoren (die Particulate Particles – kortweg ‘PM’ – meten) kwamen in 2016 op de markt. Deze fijnstofsensoren tellen het aantal fijnstofdeeltjes en vermelden de tellingen per zogenaamde ‘PM bins’ naar grootte per kubieke meter aangezogen lucht. Bijvoorbeeld de PM bin van 0.3 tot 2.5 micrometer is $PM_{2.5}$. De EU-normen en de WHO-advieswaarden zijn echter gebaseerd op het gewicht per kubieke meter lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Daarom rekent de fabrikant van de sensor de tellingswaarden om naar $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En om rekening te houden met lokale omstandigheden zoals bijvoorbeeld luchtvochtigheid en temperatuur, worden door de fabrikant gemiddelde binnenhuiswaarden als basis gehanteerd.

De omrekening en de tellingstechniek zijn per fabrikant verschillend. Omdat de metingen ook afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden, moeten de meetwaarden gevalideerd, gecorrigeerd en gekalibreerd worden om een kwalitatieve indicatie te verkrijgen van de lokale fijnstofemissies.

De recente fijnstofsensoren – die de deeltjestellingen weergeven – maken het mogelijk om een profiel van de samenstelling van de fijnstofemissie vast te stellen. De mogelijke bronnen van de emissies kunnen dan beter in kaart gebracht worden.

Gassensoren

Low-cost (gas)sensoren voor stikstof en ammoniak, om ‘real-time’ gasemissie te meten, zijn op dit moment nog niet echt toepasbaar. Daarom wordt nu nog gebruik gemaakt van Palmesbuisjes. Gasbuisjes ‘vangen’ gasmonsters gedurende een maand en vervolgens geeft het resultaat van de metingen een maandelijks gemiddelde weer.

De foutmarge in het resultaat van de sensormeting maakt dat luchtkwaliteitsmetingen met low-cost sensoren slechts een indicatie van de luchtkwaliteit kunnen aangeven. Daarbij is wel een vergelijking noodzakelijk tussen bijvoorbeeld een landelijke meetstation in de buurt en de low-cost sensoren, die geplaatst zijn nabij dat meetstation. In het project van MySense wordt het landelijk meetstation in Vredepeel gebruikt. Het RIVM heeft toegestaan dat er van elk type fijnstofsensoren een exemplaar in Vredepeel geplaatst is. Het blijkt dat fijn stof $PM_{2.5}$ een kwalitatieve vergelijking mogelijk maakt met inachtneming van de correcties voor de lokale situatie.

De luchtkwaliteit in agrarische regio neemt weer toe

Langjarige metingen laten zien dat de emissies met als bron ‘verkeer’ en ‘industrie’ vanaf 2001 sterk afnemen. Maar diezelfde langjarige metingen tonen aan dat de ammoniakemissies de laatste vijf tot tien jaar toenemen (bron: [CBS/EmissieRegistratie](#)). Hetzelfde beeld komt naar voren bij de lokale fijnstofmetingen met name voor fijn stof $PM_{2.5}$ in agrarische regio’s, zoals bij de metingen in Land van Cuijk en Noord-Limburg.

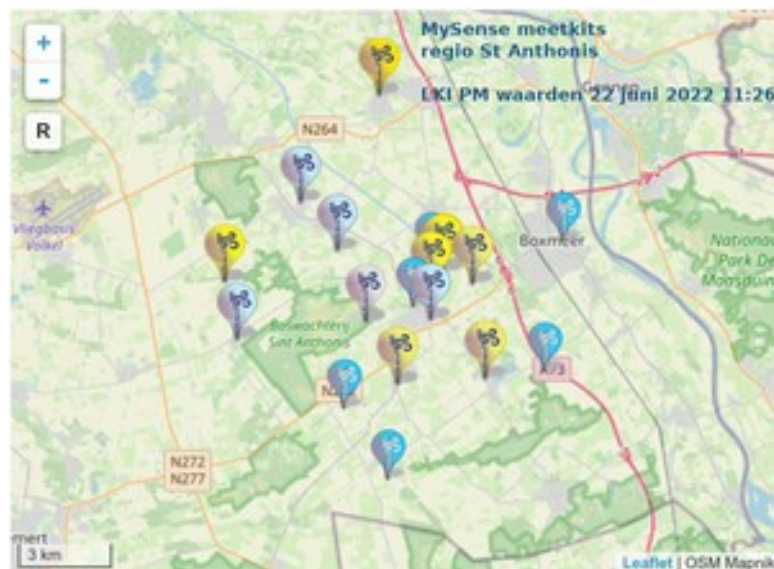


De regio Venray staat te boek als de regio met de hoogste dichtheid aan intensieve veeteelt-bedrijven (bron: CBS). Maar bereken je de 'emissiedruk' per regio op basis van de CBS-cijfers⁵, met betrekking tot het aantal en gewicht per soort vee (rundvee, varkens, geiten en kippen), de grootte van de regio en het aantal omwonenden in de regio, dan is die 'emissiedruk' in de (voormalige) gemeente St. Anthonis twintig keer (!) zo groot als in Nederland in totaal. Voor de regio Venray is dat tien keer zo groot. De vraag is of je op basis daarvan mag concluderen dat de emissiedruk in de regio St. Anthonis het hoogst is van Nederland?

Met de ondertekening van het Schone Lucht Akkoord (SLA) door provincies en gemeentes, zijn zij gebonden aan de SLA-doelstelling om – onder andere met betrekking tot de WHO-advieswaarden voor fijn stof – binnen acht jaar te behalen. De indicatieve metingen in Land van Cuijk tonen aan dat er – uitgaande van de SLA-doelstelling – nog een flinke weg te gaan is voor deze gemeente. Een weg die op de korte termijn om lokale inspanningen op het gebied van beleidsontwikkeling en daadwerkelijke actie vraagt. Dat impliceert tevens dat er inzicht nodig is in de ontwikkeling van de luchtkwaliteit. Monitoring – doorlopende luchtkwaliteitsmetingen en openbaarheid van meetdata – zijn een fundamenteel hulpmiddel om de noodzakelijke maatregelen te kunnen nemen.

Hoe is het gesteld met de luchtkwaliteitssituatie in de regio St. Anthonis?

In de regio St. Anthonis hebben luchtkwaliteitsmetingen plaatsgevonden in de periode van half 2019 tot half 2022.



Die metingen laten zien, dat:

- De ammoniak- en stikstofconcentraties in St. Anthonis zijn voor de periode 2021-2022 beduidend hoger als in het nabijgelegen Vredepeel (achtergrondniveau).

⁵ Het samenwerkingsverband Emissieregistratie baseren hun cijfers op aantallen zoals die gebruikt worden in de (milieu)vergunningen en de toelevering van gegevens uit een bedrijfstak. Deze cijfers hebben een hoog theoretisch gehalte. In de praktijk wijkt de emissiedruk af van deze CBS-cijfers. Zie ook de [bijlage Emissies Land van Cuijk vergeleken met emissies Nederland](#).

- Ammoniak: enkele straten zoals Noordkant en Lamperen springen er uit.
- Stikstofoxide: enkele straten zoals Noordkant en Lamperen springen er duidelijk uit.
- In de lente en de zomer zijn de ammoniakemissies het hoogst. Daarbij kan de vraag gesteld worden of het uitrijden van mest hier een rol in speelt⁶?
- De fijnstofconcentraties in St. Anthonis zijn voor de periode 2019-2022 hoger als in het nabijgelegen Vredepeel (achtergrondniveau).
 - PM₁₀-concentraties: enkele straten zoals Boompjesweg, Spekklef en Zandkant springen er uit. De locatie Lamperen laat in 2019 een onverklaarbare hoge waarde zien.
 - PM_{2.5}-concentraties: enkele straten zoals de Boompjesweg, Spekklef en Zandkant springen er uit. De locatie Lamperen laat in 2019 een onverklaarde hoge waarde zien.
- In de herfst en de winter is het niveau van fijnstofconcentraties het hoogst. In februari valt het dieptepunt. Waarom is onduidelijk.

Conclusie: Zoals hiervoor gesteld betekenen de ondertekening van het SLA en de daaraan gekoppelde WHO-advieswaarden dat Land van Cuijk (in ieder geval voor de regio St. Anthonis) nog een flinke weg te gaan heeft. En het noopt de gemeente om uit te zoeken wat (eventueel) de reden is dat er in bepaalde buurten harder aan getrokken moet worden dan in andere buurten.

Effectiviteit van filterinstallaties valt tegen

Om de effectiviteit van luchtfilterinstallaties vast te stellen is het onvoldoende om te kijken naar de filterspecificaties van de fabrikant. Duurmetingen in de praktijk rond de stal (niet ín de stal!) geven een beter inzicht in die effectiviteit. Dat is gebleken bij de metingen rondom een open leghennenbedrijf in Venray.

De metingen van de fijnstofconcentratie rondom het open leghennenbedrijf in de periode 2017 tot en met 2021⁷ tonen een structurele verhoging van die fijnstofconcentraties aan ten opzichte van het achtergrondniveau gemeten door het landelijk meetstation in Vredepeel op tien km afstand. Verbeteringen (uitbreiding van de filterinstallatie) en na drie jaar zelfs een vervanging van een van de filterinstallaties brachten het concentratieniveau duidelijk terug. Maar het niveau dat om het bedrijf gemeten werd bleef te hoog.

De lange periode van de ophokplicht (van oktober 2021 tot zeker oktober 2022) maakte het mogelijk inzicht te krijgen in het verschil met de periode daarvoor: er bleek sprake van een indicatieve toename van de fijnstofconcentratie. Dat verschil maakte duidelijk dat monitoring van fijnstofemissies bij onderzoek naar de effecten van bedrijfsmaatregelen (zoals luiken open/dicht, vloerstrooisel, voer, etc.) bij leghennen nauwelijks goed te meten is, mede vanwege de vele invloeden van buiten, zoals het weer. Dat de airco in de bedrijfskantine zijn werk uitstekend doet is duidelijk gemeten: het niveau was lager als het achtergrondniveau. Die airco is dus een *fijne* stofzuiger.

⁶ De EU-derogatie liep op 1 januari 2022 af.

⁷ In een later stadium is bij de metingen [samengewerkt met WUR-Livestock](#).

Enkele conclusies

- Een rekenmodel ontwikkelen met betrekking tot de luchtkwaliteit, gebaseerd op landelijke metingen, is een eerste stap. Maar de meetresultaten dienen aangevuld te worden met continue lokale metingen om te komen tot lokale bronmaatregelen.
- Het meten van de luchtkwaliteit (met betrekking tot ammoniak, stikstof-oxiden en fijn stof) met low-cost meetkits van burgers – mits gecorrigeerd met referentiemetingen bij een nabij gelegen landelijk meetstation – geven in praktijksituaties een redelijk goede indicatie van gezondheidsrisico's met name met betrekking tot fijn stof PM_{2.5}.
- Een transparant, open en bedrijfsmatig opgezet luchtkwaliteitsnetwerk, zoals in enkele regio's op vrijwillige basis al operationeel, blijkt haalbaar.
- Een open en nauwe samenwerking tussen provinciale en lokale overheden, het RIVM, de GGD'en en burgers is voorwaarde om een project te laten slagen.
- Alleen "meten om te weten" is niet voldoende. Vooraf dient de analyse van de metingen, het natraject, de consequenties voor het beleid, bronregulering en monitoring (ook rond grote bedrijven) opgenomen te zijn in het projectplan dat over meerdere jaren loopt en tussentijds aangepast kan worden.
- Met betrekking tot het effect van het Schone Lucht Akkoord (SLA) op de praktijk van alle dag kunnen kritische vraagtekens geplaatst worden. Vooralsnog lijkt het SLA vooral een rondedans om de subsidiepot. Een aardig tijdverdrijf. Maar wat is een (overigens nauwelijks haalbaar) akkoord zonder consequenties in de dagelijkse praktijk waard? Wat de financiering van SLA-projecten betreft zit het probleem niet in de directe kosten, maar in de kosten voor een actieve en vooral effectieve organisatie.

Luchtkwaliteit

Als we spreken over de luchtkwaliteit bedoelen we in deze notitie de kwaliteit van de lucht die zich dagelijks om ons heen bevindt (immissie). Die luchtkwaliteit wordt bepaald door factoren als temperatuur, vochtigheid, zuurstofgehalte, circulatie en de samenstelling en zuiverheid van de lucht (c.q. vervuiling van de lucht). Deze factoren werken op elkaar in en bij het optimaliseren van de lucht in bijvoorbeeld een kamer dient met al die factoren rekening worden gehouden. De luchtkwaliteit heeft invloed op de gezondheid en het welzijn van mensen. Een slechte luchtkwaliteit kan zich uiten in hoofdpijn, malaise en slechte concentratie, tot allergische reacties en ziekten van verschillende organen. Als er sprake is van een slechte luchtkwaliteit in een kamer dan kan die in principe met eenvoudige middelen verbeterd worden. Naast apparaten als airconditioners, luchtbevochtigers en ontvochtigers is een goede ventilatie van cruciaal belang voor optimale lucht.

De hiervoor genoemde factoren spelen ook bij de luchtkwaliteit buiten. Ook die luchtkwaliteit heeft verschillende effecten op ons welzijn. En ook de luchtkwaliteit buiten kan op verschillende manieren worden beïnvloed en beheerst. Daarbij zijn de omstandigheden ter plaatse veelal bepalend voor de luchtkwaliteit. Zo kunnen bijvoorbeeld geografische omstandigheden de luchttemperatuur en de vochtigheid bepalen. Infrastructuur heeft ook invloed op de luchtkwaliteit. Als de woning aan een belangrijke weg ligt, kan de blootstelling aan fijn stof in de lucht zowel in de woning als daarbuiten aanzienlijk zijn.

'Luchtkwaliteit' beschrijft de eigenschappen van de lucht. Bijzondere aandacht verdienen in ons geval luchtverontreinigingen zoals fijn stof, koolmonoxide, stikstofdioxide, ammoniak en zwaveldioxide. Schone lucht is een belangrijk probleem, vooral in stedelijke gebieden, maar ook in landelijke gebieden wordt steeds duidelijk dat er sprake is van aantasting van de luchtkwaliteit. Denk bijvoorbeeld aan de effecten van de Intensieve Veehouderij. Deze notitie gaat vooral in op fijn stof en stikstofverbindingen in het landelijke gebied.

Fijn stof⁸

Fijn stof betreft vaste microscopisch kleine vaste deeltjes van bijvoorbeeld 10 micrometer en kleiner die in de lucht ronddwarrelen. De omvang van het deeltje wordt uitgedrukt in zogenaamde Particulate Matter: afgekort PM. Een deeltje met de omvang van 10 micrometer wordt dan uitgedrukt in PM₁₀. Hoe kleiner een deeltje, hoe schadelijker het kan zijn. Hoe dieper dat deeltje bijvoorbeeld in de longen door kan dringen hoe meer risicovol dat is voor de gezondheid. Gezondheidsaandoeningen als astma, longkanker tot zelfs hartfalen worden geassocieerd met de effecten van fijn stof. De fijnstofdeeltjes vinden hun oorsprong zowel in de natuur (zeezout, pollen, vulkaanuitbarstingen, e.d.) als door toedoen van menselijk handelen. Denk in het laatste geval aan de uitstoot van auto's (roetdeeltjes), door roken, vanuit schoorstenen en bijvoorbeeld ook door de uitstoot afkomstig van ons eigen huishouden, de industrie en Intensieve Veehouderijen.

Voorheen werd fijn stof gemeten in gewichten. Maar in de praktijk is gebleken dat het tellen van het aantal deeltjes met behulp van lasertechnologie gemakkelijker en daarom ook goedkoper is.

⁸ Meer informatie is te vinden op [Wat is fijn stof? — Vlaamse Milieumaatschappij \(vmm.be\)](http://www.vmm.be)

Omdat de operationele kosten bij geavanceerde 'deeltjestellers' goedkoper zijn en omdat er meerdere steekproeven mogelijk zijn, zal op den duur de deeltjestelling gemeengoed worden. Bijkomend voordeel is dat de verdeling naar grootte (het zg. 'fijnstofprofiel') een beter inzicht geeft in de bron van de emissies en daarmee betere informatie levert ten behoeve van beleidsmaatregelen tot verlaging van de emissies.

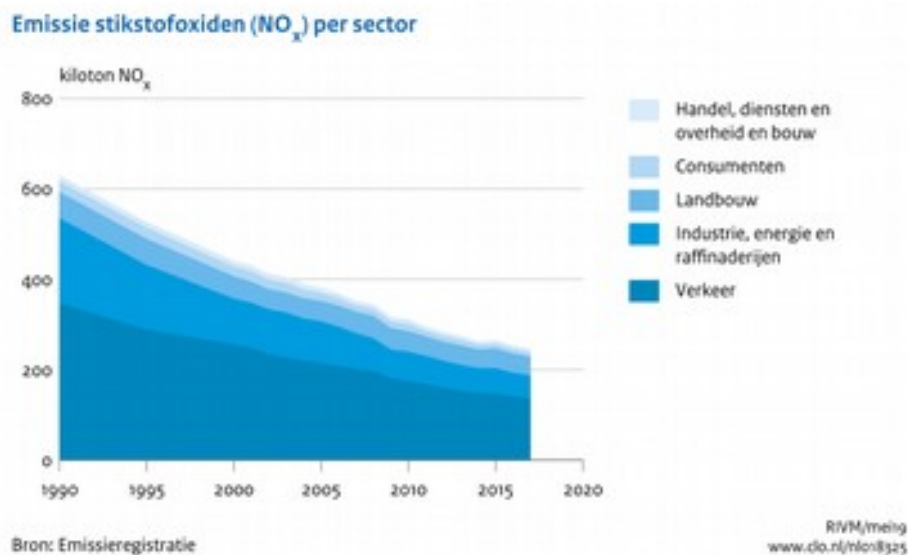
In relatie tot de verschillende bronnen wordt onderscheid gemaakt in verschillende soorten fijn stof, waarbij in alle gevallen de omvang van de fijn stof uitgedrukt wordt in PM_{xx} , naar de grootte van de deeltjes. Het gaat dan om PM_{10} (kleiner als 10 micrometer of μ), $PM_{2.5}$ (kleiner als 2.5 μ), tot en met $PM_{0.1}$ (ultra fijn stof kleiner als 0.1 μ).

Fijn stof is bijna altijd een mengsel van verschillende soorten deeltjes. Wanneer het rechtstreeks in de lucht komt, spreken we over *primair stof*. Wanneer het ontstaat door reacties in de lucht spreken we van *secundair stof*. Bij fijn stof vanuit verbranding (fossiele brandstoffen), wrijving of verdamping spreekt men van primair fijn stof. Deeltjes die als gas worden uitgestoten en die door chemische of fysische reacties worden omgezet in fijn stof, wordt *secundair fijn stof* genoemd. Het gaat dan bijvoorbeeld om ammonium, nitraat en sulfaat, afkomstig uit ammoniak, stikstofdioxiden en zwaveldioxide. Secundair fijn stof kan zich hechten aan primair fijn stof. In de praktijk blijkt dat secundair fijn stof een zeer uitgebreide verspreiding kent (over honderden kilometers).

Sinds kort wordt er ook gesproken over *condenseerbaar fijn stof*, dat bestaat uit deeltjes die zich in de lucht vormen door afkoeling van verbrandingsgassen, bijvoorbeeld door houtstook (ofwel sfeerverwarming). Pas recent wordt condenseerbaar fijn stof meegerekend in de luchtkwaliteits-overzichten.

Stikstof(verbindingen) en ammoniak ⁹

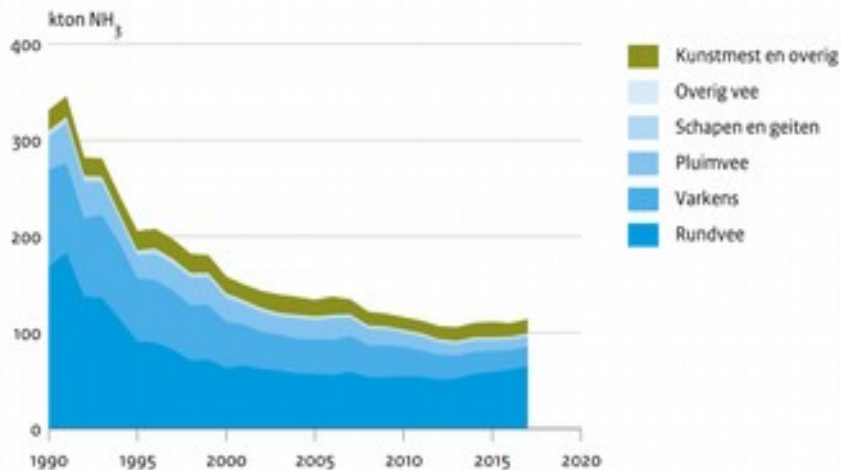
Stikstof is op zichzelf niet schadelijk voor de mens. De lucht die ons omringt bestaat voor een groot deel uit stikstof. Maar stikstof maakt gemakkelijk verbindingen met andere stoffen en sommige van die stikstofverbindingen kunnen wel schade toebrengen aan onze gezondheid en aan de natuur. De uitstoot van dit soort stikstofverbindingen moet daarom omlaag.



⁹ Meer informatie is te vinden op: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Stikstofproblematiek>

Een belangrijke stikstofverbinding is stikstofdioxide. De overheid neemt allerlei maatregelen (of wil die nemen) om (de uitstoot van) stikstofdioxiden terug te dringen. Daarbij wordt gekeken naar de bronnen van stikstofdioxiden. Het aandeel van de landbouw loopt op naar 40%. Daarbij moet echter onderscheid gemaakt worden in verschillende categorieën binnen de landbouw. In de grafiek wordt per sector aangegeven hoeveel uitstoot per sector plaatsvindt. Het terugdringen van de uitstoot voor de sector 'verkeer' en 'industrie' lijkt goed te lukken. Voor het aandeel van 'consumenten' en 'landbouw' lukt dat minder of niet.

Emissie ammoniak (NH₃) door land- en tuinbouw per diercategorie



Bron: RIVM/Emissieregistratie

RIVM/sep19
www.dlo.nl/nl010116

Een belangrijke stikstofverbinding vanuit de landbouw (Intensieve veeteelt) is ammoniak. Van de ammoniakemissies komt zo'n 41% uit de varkens- en melkveehouderij).

EU-normen en WHO-advieswaarden

Nederland is de grootste uitstoter (emissie) van ammoniak en fijn stof in de EU en Nederland lijkt de grootste te blijven binnen de EU (Bron: NPOkennis.nl). Nederland voldoet daarbij niet aan de door de EU al tientallen jaren geleden vastgestelde normen voor de uitstoot van stikstofverbindingen. In dit geval NO₂ en fijn stof. Ook de Wereld Gezondheidsorganisatie (World Health Organization - WHO) hanteert normen als advieswaarden, die gebaseerd zijn op gewicht per kubieke meter en die in de regel strenger zijn dan de normen van de EU. Met name de WHO heeft bij de normstelling als doel het beperken, c.q. terugbrengen van gezondheidsschade bij de mens.

stof	EU normen 2008	WHO advieswaarde 2005	WHO advieswaarde 2021
NO ₂	40 µg/m ³	40 µg/m ³	10 µg/m ³
PM ₁₀	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2.5}	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³

In het overzicht staan de EU-normen (grenswaarden uit 2008) die nu gehanteerd worden en de WHO-advieswaarden uit 2005 en 2021 voor de jaargemiddelde concentratie van NO₂ en fijn stof (PM₁₀ en PM_{2.5}). De normen zijn mede gebaseerd op aantal dagen en daggemiddelden.

Om de verschillen weer te geven zijn de gegevens in onderstaande tabel vereenvoudigd tot een jaargemiddelde.

De laatste jaren wordt voor fijn stof PM_{2.5} gebruikt als indicator voor de gezondheidsrisico's en de daarop gerichte maatregelen.

Schone Lucht Akkoord (SLA)

In Nederland is het zogenaamde "Schone Lucht Akkoord" (SLA) opgesteld. Het is een akkoord tussen het Rijk, 12 provincies en momenteel 90 gemeenten (waaronder Horst aan de Maas en Land van Cuijk). Samen streven de deelnemende partijen naar een gezondheidswinst van minimaal 50 procent in 2030 ten opzichte van 2016. Daartoe is als doel van het Schone Lucht Akkoord geformuleerd om de luchtkwaliteit in Nederland te verbeteren door onder andere halvering van de emissies. Om de doelstellingen van het ondertekende SLA te halen dient in de regio's waar de lokale fijnstofmetingen een stijging van de fijnstofwaarden laten zien op zeer korte termijn actie ondernomen moeten worden door lokale overheden. De deelnemers aan het SLA kunnen cofinanciering krijgen voor projecten via de "Specifieke Uitkering Schone Lucht Akkoord"¹⁰ van totaal €10 miljoen (50% subsidie op de activiteit) die vóór 1 oktober 2022 aangevraagd moet worden!

Gezien de berichten over de concrete beleids- en uitvoeringsplannen binnen gemeenten (die zijn er nauwelijks) kan geconcludeerd worden dat de haalbaarheid van de geformuleerde doelstellingen twijfelachtig is. En onlangs is in een brief aan de Tweede Kamer (juli 2022¹¹) gemeld dat de WHO-advieswaarden van 2021 niet in 2030 gehaald zullen worden. Nederland staat dan ook nog steeds aan de top van de EU-landen wat betreft de hoogte van de emissies (fijn stof, stikstof, ammoniak en ozon). Desondanks is het streven om de gestelde normen/waarden wel te halen¹². Dat staat in de eerste uitvoeringsagenda van mei 2022. Maar dan moeten wel alle zeilen bijgezet worden, óók door de gemeenten.

In de provincie Noord-Brabant hebben de gezondheidsdiensten in Brabant in mei 2022 een onderzoek verricht naar de luchtkwaliteit en gezondheid en daarbij gebruik gemaakt van de GGD-RIVM Rekentool.

De Rijks UitvoeringsDienst Zuid-Limburg (RUD Zuid-Limburg) stelt in haar recentste rapportage (2020) in maar een enkel zinnetje dat naar aanleiding van overschrijding van de oude WHO-waarden (PM_{2.5}) er lokaal aanvullende '*bronmaatregelen*' nodig zijn. Voor Noord-Limburg zijn de metingen van de landelijke meetstations in Vredepeel en Horst aan de Maas (operationeel tot en met 2021) hierin meegenomen.

Conclusie: De blootstelling van Noord-Brabanders aan luchtverontreiniging voldeed in 2019 niet aan de in 2021 aangescherpte gezondheidkundige WHO-advieswaarden. Dit betekent dat op dit moment op geen enkel woonadres in Noord-Brabant aan de gezondheidkundige WHO-advieswaarden voor luchtkwaliteit wordt voldaan.

¹⁰ Lees hier de mogelijkheden van cofinanciering voor deelnemers aan het SLA:

<https://www.schoneluchtakkoord.nl/schone-lucht-akkoord/producten/>

¹¹ Lees hier de brief: <https://www.schoneluchtakkoord.nl/actueel/nieuws-schone-lucht-akkoord/algemeen/rivm-onderzoek-who-advieswaarden-tweede-kamer/>

¹² Lees hier het rapport van de RIVM t.b.v. de Tweede Kamer:

<https://www.rivm.nl/publicaties/inventarisatie-van-benodigde-maatregelen-om-who-advieswaarden-voor-luchtkwaliteit> en <https://www.rivm.nl/lucht/sla>

Luchtkwaliteitsmeettechniek

Op het moment dat er normen vastgesteld worden¹³, moeten er ook middelen beschikbaar zijn om vast te stellen of aan die normen voldaan wordt. Dan gaat het in de praktijk om rekenmodellen en meetapparatuur. Het RIVM en de GGD'en gebruiken een drietal rekentools om de gezondheids-risico's met behulp van modelberekeningen¹⁴ te berekenen: *de Gezondheid Effect Screening* (die is voor het monitoren van fijn stof en stikstofoxide niet relevant), de *GGD-RIVM Rekentool*¹⁵ (betrouwbare gegevensverzamelingen behoeven een relatief groot gebied en is dan ook niet bedoeld voor lokale monitoring) en de *Meerook Methode* (die geen objectief gezondheidsrisico kan vaststellen). Deze methoden zijn minder of niet geschikt voor lokale luchtkwaliteit- en/of gezondheidsrisico-analyses.

Metingen door burgers met in de afgelopen jaren ontwikkelde zogenaamde 'low-cost' sensoren (die fijnstofdeeltjes tellen) maken het mogelijk de landelijke luchtkwaliteitsmodellen te verfijnen¹⁶. Daarbij moet de tellingen (als resultaat van de meetapparatuur) omgerekend worden naar gewichten. Nadeel is dat hierdoor correcties toegepast moeten worden in verband met allerlei invloeden zoals bijvoorbeeld de relatieve vochtigheid en locatie-specifieke factoren. Dat maakt een referentiemeting met bijvoorbeeld metingen van een meetstation in het Landelijk Meetnetwerk Luchtkwaliteit noodzakelijk.

Low-cost fijnstofmetingen



Door vereniging Behoud de Parel (Teus Hagen) is de afgelopen jaren een meetkit ontworpen als zogenaamde low-cost sensor (in de prijsklasse van € 150-250). Met verschillende generaties low-cost sensoren wordt onderzoek verricht naar fijn stof in gewichten per grootte (PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀) en deeltjestellingen per zestal groottes, zogenaamde 'bins'. De meest gebruikte sensoren in de verschillende generaties meetkits zijn van de fabrikanten Nova (SDS011 oudere typen), Plantower (PMS serie) en de nieuwste generatie – nu meer toegepaste – fijnstofsensoren van Sensirion (SPS30). Het verschil in de types is bijgewerkt¹⁷ met als referentie de Sensirion sensor (SPS30). In tegenstelling tot de fijnstofsensoren (prijsklasse € 25.000) die toegepast wordt in de RIVM/NSL meetstations wordt de lucht in de low-cost sensoren niet gedroogd.



De metingen met de door Behoud de Parel ontwikkelde low-cost meetkit kennen een wachtpauze, (waarbij gewacht wordt op een stabiele luchtstroom en laser) waarna fijn stof met een steekproef

13 Normen en advieswaarden zijn vastgesteld op basis van wetenschappelijk onderzoek aan de hand van (politiek) 'aanvaarde' gezondheidsrisico's en blootstelling (inademing) van de stoffen over een periode van een jaar.

14 Meer informatie is hier te vinden: <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/luchtkwaliteit-advisering-door-GGD/kwantificeren-gezondheidseffecten-luchtverontreiniging>

15 RIVM-GGD [Rekentool Kwantificeren Gezondheidseffecten Luchtverontreiniging](#)

16 Overigens zijn low-cost-sensoren om ultra fijn stof kleiner als 0,3 µm te meten nog niet op de markt.

17 Zie hier de referenties:

http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/luchtmetingen/CorrelationReport_RIVM-bam1020_2020-06-10.pdf

van één minuut lang het gemiddeld *aantal deeltjes* per grootte klasse bepaald wordt. De steekproef wordt elke 18 minuten herhaald. Tussen de metingen door worden alle sensoren tijdelijk uitgeschakeld. De metingen in de low-cost meetkit betreffen PM₁-, PM_{2.5}- en PM₁₀-fijnstofgewichten, enkele tellingen van PM-deeltjes, de temperatuur, de luchtdruk, de luchtvochtigheid en die worden als zogenaamde *ruwe* waarden (d.w.z. niet gevalideerd, niet gecorrigeerd en niet gekalibreerd) real-time doorgegeven naar het dataportaal¹⁸ van Behoud de Parel en bijvoorbeeld Sensors.Community¹⁹ (voorheen Luftdaten.info).

De dataportaal van het RIVM²⁰ en bonder anderen AirTube²¹ betrekken hun informatie via Sensors.Community. Sensors.Community ontvangt echter maar een deel van de metingen van de dataserver van Behoud de Parel.

Op de website van Behoud de Parel worden de overzichten van de metingen – en per locatie de details in de gewichtsklassen PM_{2.5} en PM₁₀ en de vocht- en temperatuurgegevens – real-time gevisualiseerd met een interactieve (HighCharts) grafiek.

Op de kaartjes die te vinden zijn op de website van Behoud de Parel zijn de meetkit locaties gemarkeerd. De markers geven een berekende gradatie op basis van de LKI-index²² de luchtkwaliteit aan. De kleur van de marker loopt van donker blauw via grijs, oranje, rood (slecht) naar paars. Een marker in de vorm van een lantaarntje geeft aan dat de meetkit uitstaat. De LKI-index is een Nederlandse weergave van RIVM om met een simpel getal met behulp van PM₁₀, PM_{2.5}, stikstofoxide en ozon de luchtkwaliteit weer te geven. Niet alle indicatoren behoeven hierbij gemeten te zijn. De gasconcentraties worden in verband met afwezige beschikbaarheid niet meegenomen in deze LKI-bepaling. Na validatie en kalibratie is de foutmarge zo'n 10%. De foutmarge is niet lineair.

Overigens is een betrouwbare kalibratie met betrekking tot PM₁₀-waarden niet goed mogelijk. Dat kan lokaal een probleem opleveren voor de analyses. Een redelijk betrouwbare kalibratie van Nova en Plantower naar Sensirion is goed mogelijk en wordt daarom overal in de tabellen toegepast. De low-cost sensoren overdrijven in hun waarden ten opzichte van de BAM1020 (van het RIVM meetstation). De correcties zijn gebaseerd op metingen in deze regio.

Interactieve grafieken op de website van Behoud de Parel

In de navolgende grafieken wordt aangegeven in hoeverre de ruwe meetdata van elkaar verschillen tussen drie type sensoren. Ze zouden bijgesteld moeten worden om een nog nauwkeuriger beeld te krijgen. De waarden bij low-cost fijnstofsensoren bij lage waarden zijn onderschat (de werkelijke waarde is hoger). Bij hoge waarden zijn ze overschat²³. Zie de overzichtsgrafiek waarbij een drietal verschillende low-cost fijn stof sensoren de ruwe metingen vergeleken worden met die van het landelijk meetstation op de locatie Vredepeel.

18 Dataportaal van Behoud de Parel: <https://maps.sensor.community/#10/51.5267/6.1532>

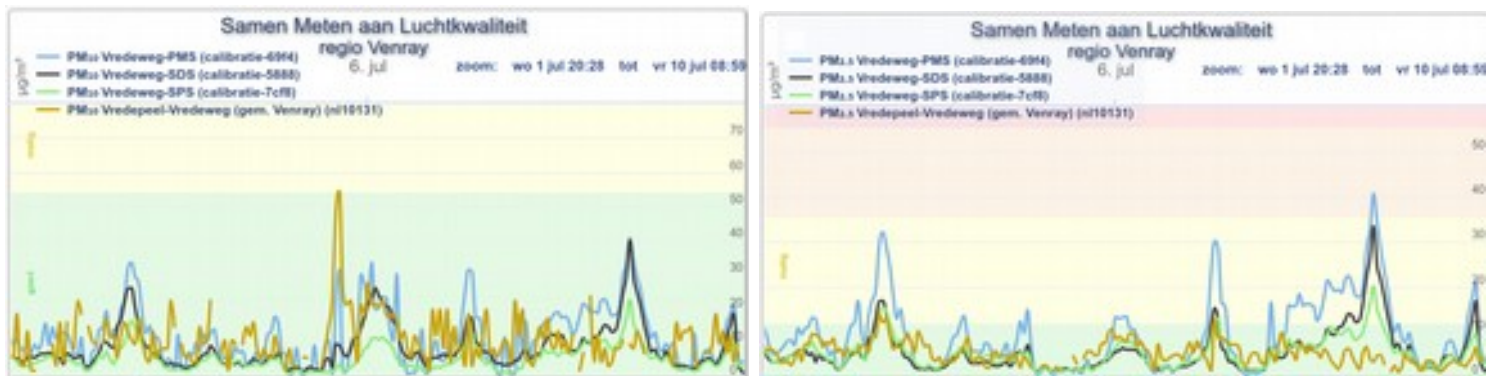
19 Dataportaal van Behoud de Parel: <https://sensor.community/nl/>

20 Dataportaal van het RIVM: <https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal-v1.7/> (zet op deze website de focus op gemeente St. Anthonis of Horst aan de Maas)

21 Dataportaal van AirTube: <https://airtube.info/index.php?pos=51.633510297757404,5.849448313820177,12>

22 [https://www.luchtmeetnet.nl/informatie/luchtkwaliteit/luchtkwaliteitsindex-\(lki\)](https://www.luchtmeetnet.nl/informatie/luchtkwaliteit/luchtkwaliteitsindex-(lki))

23 Referentie citizen science presentaties bij RIVM 2018 en artikel RIVM 2021: <http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/20180921-MySense-RIVM.pdf>

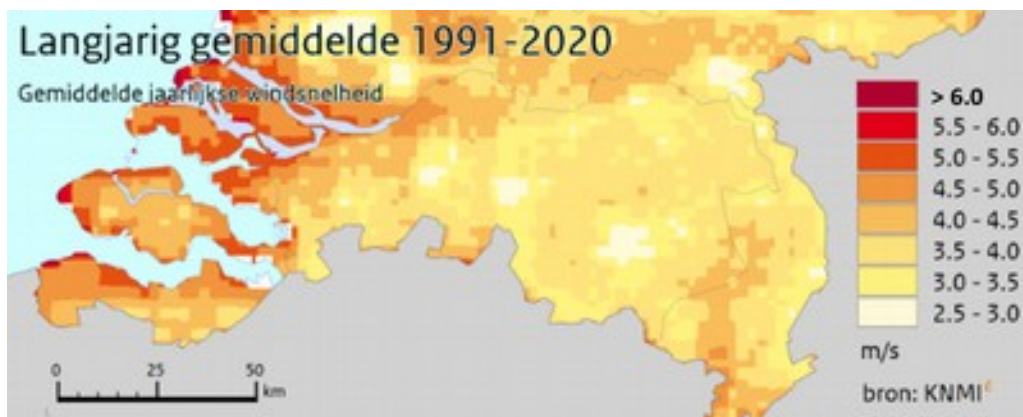


Overzicht fijnstofmetingen RIVM/NSL meetstation in vergelijking met low-cost fijn stof (PM_{10} en $PM_{2.5}$) in Vredepeel²⁴

Alle fijn stof waarden in de getoonde grafieken worden gecorrigeerd tot de Sensirion SPS30 waarden zoals gemeten op de locatie Vredepeel (RIVM/NSL-meetstation). De jaargemiddelden van fijn stof zijn (lineair) gecorrigeerd tot het jaargemiddelde zoals gemeten door de BAM1020 fijnstofsensoren op Vredepeel. Dat levert een iets lagere fijnstofwaarde op voor het jaargemiddelde, zodat er een verbetering is ten aanzien van jaarlijkse blootstelling naar rato van de EU-normen en WHO-advieswaarden.

Invloed van het weer op de metingen

Het weer – relatieve vochtigheid, temperatuur, neerslag, windrichting en windsnelheid – heeft invloed op de concentratie van de emissiestoffen. De windrichting in Zuid-Oost Brabant en Noord-Limburg is gemiddeld 301 graden (W-NW) en de windsnelheid is zeer laag (vrijwel windstil op ooghoogte) en daarmee is de windsnelheid daar het laagst van heel Nederland (Volkel 3.7 m/sec op 10 km afstand en Arcen 3.2 m/sec, bron: KNMI).



Het KNMI normaliseert²⁵ de windsnelheden naar de waarden op 10 meter hoogte en in open veld gemeten. Maar zoals gesteld is op ooghoogte – door de ‘ruwheid’ van het terrein – de windsnelheid gemiddeld veel minder tot vrijwel windstil.

De stelling is dat de invloed van wind (en dan vooral de richting) op de lokale luchtkwaliteit in Zuid-Oost Brabant en Noord Limburg gering is. De verdunning

²⁴ Bron: [http://behouddeparel.nl/?q=Regionaal Overzicht 87](http://behouddeparel.nl/?q=Regionaal%20Overzicht%2087)

²⁵ Referentie [KNMI interpolating wind speed:](https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/publicatie/interpolating-wind-speed-from-the-sparse-dutch-network-to-a-higher-resolution-grid-using-local-roughness-from-land-use-maps)

<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/publicatie/interpolating-wind-speed-from-the-sparse-dutch-network-to-a-higher-resolution-grid-using-local-roughness-from-land-use-maps>

van de emissie is dan heel laag. Ook de huidige metingen lijken de hypothese, dat de windwaarden van het KNMI lokaal nauwelijks van invloed zijn op met name de boven- of onderwindse locatie van de emissiebron, te staven. Het voornemen is deze stelling te onderbouwen zodra er voor deze wind- en regenmetingen er gelden beschikbaar komen.

Het is wel noodzakelijk om lokaal de vocht- en temperatuur-waarden mee te nemen. De gebruikte meetkits meten de luchtvochtigheid en de temperatuur. Deze weersinvloeden zijn nog niet in de grafieken hierop gecorrigeerd.

Nevenstaande grafiek, waarin luchtvochtigheidsmetingen en PM_{2.5} fijnstofwaarden worden weergegeven, maakt duidelijk dat er sprake is van een zekere beïnvloeding van de gemeten PM-waarden, als de relatieve vochtigheidsgraad hoger is, met name 's nachts. De wijze waarop waarden voor de invloed van de luchtvochtigheid en de temperatuur gecorrigeerd kan worden is nog onderwerp van studie.



De waarden die in de getoonde grafieken getoond worden zijn gevalideerd. Dat wil zeggen dat onwaarschijnlijke uitschieters en onmogelijke waarden zijn verwijderd met behulp van statistische (CHI-kwadraat en Grubbs-Zscore) bewerkingen.

Metingen van ammoniak en stikstofoxiden

Om te komen tot het real-time meten van gasemissies in de buitenlucht is in 2017, in samenwerking met Fontys GreenTechLab, gezocht naar een betaalbaar meetapparaat. De ammoniaksensor van AlphaSense bleek bij proeven in het laboratorium van GGD Amsterdam redelijk betrouwbare waarden te geven. Helaas moeten de sensoren van AlphaSense regelmatig worden gekalibreerd en de levensduur van de sensoren was maar beperkt. En bij lagere concentraties, zoals bij metingen in de buitenlucht, is de sensor niet goed toepasbaar, zoals bleek bij presentaties op een bijeenkomst van Samen Meten van het RIVM in juni 2018²⁶.

Een alternatief voor de sensoren van AlphaSense zijn de zogenaamde Palmesbuisjes²⁷. Met deze Palmesbuisjes kan echter alleen een maandelijks gemiddelde gemeten worden. Maandelijks worden de buisjes gewisseld en opgestuurd naar het laboratorium voor de waardebevestiging. De kostprijs per type gas per locatie zijn - voor een periode van 12 maanden meten - zo'n € 800.



²⁶ Zie voor meer informatie de presentatie: <http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/20180921-MySense-RIVM.pdf> en artikel RIVM: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/11/6007>

²⁷ Zie voor meer informatie: <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/palmes-diffusiebuisjes-passief-meten-aan-luchtkwaliteit>

Luchtkwaliteit regio St. Anthonis, Land van Cuijk

In het kader van het MySense-project zijn eerst op verschillende plekken in Horst aan de Maas (met name geconcentreerd in Grubbenvorst en Horst) meetkits uitgezet, om de meetkits te testen. Vervolgens zijn verschillende contacten tot stand gekomen waarbij de verder doorontwikkelde meetkits ingezet konden worden (en zijn vanuit de ervaringen aldaar nog weer verder ontwikkeld). In deze notitie wordt met name ingegaan op de toepassing van de meetkits in St. Anthonis en Venray (meer in het bijzonder bij het legkippen-bedrijf Kipster, nabij Castenray). Allereerst gaan we in op de luchtkwaliteitsmetingen in de regio St. Anthonis.

Kerngetallen voor regio St. Anthonis

St. Anthonis en omgeving, ten tijde van de start van het project een zelfstandige gemeente maar inmiddels onderdeel van de gemeente Land van Cuijk, staat na de regio Venray op de tweede plaats wat betreft de huisvesting van het aantal dieren (vee) per gemeente in Nederland. De 'veedichtheid' in de regio is hoog. Dat betekent dat de druk op de kwaliteit van de lucht in de omgeving voor de omwonenden van de intensieve veehouderijen hoog is. De gemiddelde windsnelheid is echter met 3.2 – 3.7 m/sec laag. In deze regio blijft de luchtverontreiniging dus lang hangen. De emissies van fijn stof, stikstof en ammoniak (in hoofdzaak afkomstig van de landbouw en van buiten de regio) c.q. de concentratie van fijn stof, stikstof en ammoniak wordt, in tegenstelling tot bijvoorbeeld in de kustgebieden van Nederland, niet snel verdund. Dat betekent dat omwonenden lucht met een hogere vervuilingsgraad inademen, wat op haar beurt een negatiever effect heeft op de gezondheid van deze omwonenden.

Het CBS geeft een aardig overzicht van de regionale kerngetallen:

groei tot 2020 en 2021 tov 2001: oppervlakte, landbouw, veebedrijven, aantal dieren en aantal inwoners naar gemeente

regio	Nederland			Sint Anthonis			Venray		
	2001	2020	2021	2001	2020	2021	2001	2020	2021
oppervlakte km ²		41543		98,9			163,27		
aantal inwoners	15.987.075	15.987.075 0%	17.475.415 9%	11.709	11.678 -0%	11.741 0%	39.080	43.614 10%	43.704 11%
graasdieren rundvee, totaal	4.045.351	3.837.994 -5%	3.820.578 -6%	24.805	24.451 -1%	24.050 -3%	14.456	14.877 3%	15.168 5%
graasdieren geiten, totaal	220.753	632.616 187%	643.364 191%	1.900	2.128 12%	2.072 9%	767	9.376 1.122%	11.687 1.424%
hokdieren kippen, totaal	100.333.709	101.863.117 2%	99.887.461 -0%	1.157.713	582.617 -50%	728.968 -37%	3.346.883	4.187.995 25%	4.086.613 22%
hokdieren varkens, totaal	13.072.980	11.950.238 -9%	11.456.831 -12%	343.145	421.542 23%	432.126 26%	484.987	637.339 31%	581.885 20%
emissiedruk per inwoner	24	24 0%	21 -11%	427	483 13%	498 17%	273	297 9%	271 -1%

Bron: CBS dd 2022-07

De 'emissiedruk' is berekend²⁸ op basis van het aantal dieren (rundvee, geiten, kippen en varkens) volgens verleende vergunningen, het gemiddelde gewicht per diersoort, het aantal inwoners in de regio en de oppervlakte van de regio. De procentuele toename staat in rood vermeld.

Opvallend is de toename van het aantal geiten in Venray ten opzichte van 2001.

²⁸ Zie voor de berekening de [spreadsheet](#) (Libre Office Calc formaat).

Aan de hand van deze cijfers kan geconcludeerd worden dat de *emissiedruk* in de regio St. Anthonis – als het aantal inwoners meegerekend wordt – twintig maal zo hoog is als over geheel Nederland. In Venray, dat te boek staat als de gemeente met de hoogste veedichtheid in Nederland, is dat tien maal zo hoog.

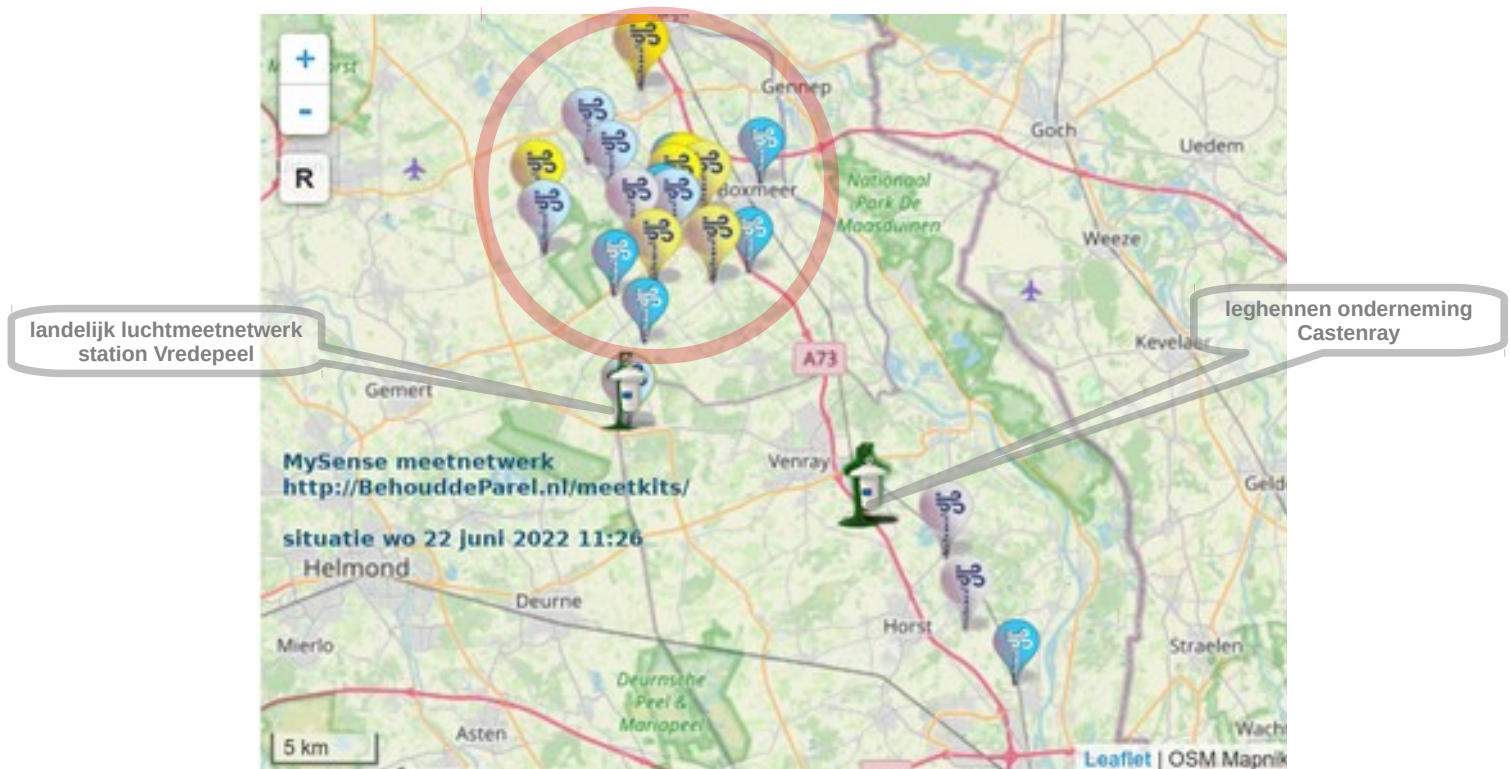
Luchtkwaliteitsmetingen in de regio St. Anthonis

In 2019 is een project gestart²⁹ om te komen tot metingen in verband met zorgen over de invloed van Intensieve Veehouderijen op de luchtkwaliteit in de toenmalige gemeente St. Anthonis.

Het project, onder de vlag van de Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk, zag als belangrijkste taak om real-time fijn stof, vocht en temperatuur in de regio te meten.



In mei 2019 zijn de metingen (met low-cost meetkits) gestart met de publieke presentatie van het project in Wanroij. De gemeenteraad van St. Anthonis stelde hiervoor een bijdrage ter beschikking om de kosten voor de stichting Burgerwetenschappers te dekken en tegelijkertijd stond de gemeente het toe dat – begeleid door de stichting – een open en vrij toegankelijk datacommuni-



catienetwerk (LoRaWAN³⁰) aangelegd werd. Met behulp van een filmpje³¹ met de titel “Meten is weten” heeft de stichting haar doelstellingen en aanpak toegelicht.

Op dit moment zijn er onder regie van de stichting zo’n twintig fijnstofmeetkits operationeel in de regio St. Anthonis (bijna 100 km² in omvang – zie kaartje). Naast deze achttien fijnstofmeetkits heeft de toenmalige gemeente St. Anthonis het adviesbureau Connecting Agri & Food opdracht gegeven om een zestal identieke op MySense gebaseerde meetkits in een beperkter gebied

29 Website: <https://www.bwlvic.eu/>

30 Meer informatie: <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>

31 Bekijk hier her filmpje: <http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/20201008-BWLvC-Presentatie3.mp4>

(Noord- en Zandkant, omvang 1.5 km²) te plaatsen om fijn stof te meten. Het project van het adviesbureau werd na een jaar halverwege 2020 beëindigd³² en bevindingen zijn neergelegd in een rapport³³. De focus van Connecting Agri & Food lag op de invloed van de wind (op basis van gegevens van het KNMI) op de blootstelling van fijn stof op directe omwonenden bij een onderneming.

Een vergelijkbaar meetproject met hetzelfde type MySense-meetkits is van eind 2019 tot midden 2020 door Connecting Agri & Food uitgevoerd in Venray. Het adviesbureau publiceerde de vergelijking van haar metingen in beide gebieden van ca 1.5 km² in een artikel in 'Lucht' ³⁴. Parallel aan het project van Connecting Agri & Food liep in dezelfde wijk van Venray het project "Boeren en Buren" van het RIVM. Onderdeel van dit onderzoek was een geuronderzoek met behulp van een app. De resultaten van dit project zijn eind 2021 gepresenteerd³⁵.

De conclusie van deze kortstondige meetprojecten was de aanbeveling om langduriger te gaan meten bijv. met de opzet van een lokaal meetnetwerk.

Weergave van de metingen van fijn stof in real-time

Met ondersteuning van vereniging Behoud de Parel (Grubbenvorst) worden de metingen van de twintig meetpunten in St. Anthonis, die beheerd worden door de Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk, op de website van Behoud de Parel in real-time weergegeven (per straat)³⁶. De weergave maakt het mogelijk interactief door de tijd heen te lopen en de verschillen tussen de buurschappen te bekijken. Op enkele locaties is er duidelijk sprake van meer fijn stof dan in naburige straten. De lokale weersinvloeden zoals regen, luchtvochtigheid, temperatuur, windsnelheid (lagere concentraties) spelen daarbij een aantoonbare rol.

De weergegeven fijnstofmetingen worden deels doorgegeven aan derden (RIVM³⁷, Sensors.Community³⁸ en AirTube³⁹ en andere dataportalen) en daar ook in te zien.

De fijnstofwaarden zijn indicatief. Gepoogd is wel om de waarden zo goed mogelijk vergelijkbaar te krijgen met behulp van standaardvalidatie en kalibratie. Correcties met betrekking tot wind, neerslag, temperatuur en luchtvochtigheid zijn nog niet toegepast. Ter referentie voor de lokale gemiddelde gas- en fijnstofwaarden wordt het gemiddelde van de achtergrondmeetwaarde gebruikt, zoals die gemeten worden door het nabij gelegen landelijk meetstation in Vredepeel, op 10 km afstand van St. Anthonis (zie kaartje).

Op loopafstand van dit landelijk meetstation liggen een ouder kippenbedrijfje, een weinig gebruikt militair vliegveld en Vebra Melkvee, de grootste

32 [Inzicht in fijnstofpatronen buitengebied met sensor-meetnetwerk:](https://www.connectingagriandfood.nl/fijnstofmetingen-met-sensornetwerk/)

<https://www.connectingagriandfood.nl/fijnstofmetingen-met-sensornetwerk/>

33 <https://www.agroproeftuindep Peel.nl/application/files/6016/2071/9969/>

[Meetnetwerk_Fijnstof_In_Zandkant_Noordkant_Rapport_Sint_Anthonis_CAF_20_12_22_.pdf](https://www.agroproeftuindep Peel.nl/application/files/6016/2071/9969/Meetnetwerk_Fijnstof_In_Zandkant_Noordkant_Rapport_Sint_Anthonis_CAF_20_12_22_.pdf)

34 [Tijdschrift-Lucht-2021-2-Fijnstof-meten-is-weten-maar-weet-wat-je-meet-24-27.pdf](https://www.connectingagriandfood.nl/Tijdschrift-Lucht-2021-2-Fijnstof-meten-is-weten-maar-weet-wat-je-meet-24-27.pdf)

(connectingagriandfood.nl)

35 https://www.rivm.nl/sites/default/files/2021-10/2021-10-20_Boeren_en_Buren_-_resultaten_metingen_luchtkwaliteit_en_geurhinder.pdf

36 Overzicht metingen Land van Cuijk http://behouddeparel.nl/?q=Regionaal_Overzicht_86

37 Dataportaal RIVM <https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/>

38 Dataportaal Dld <https://deutschland.maps.sensor.community/#11/51.6174/5.9566>

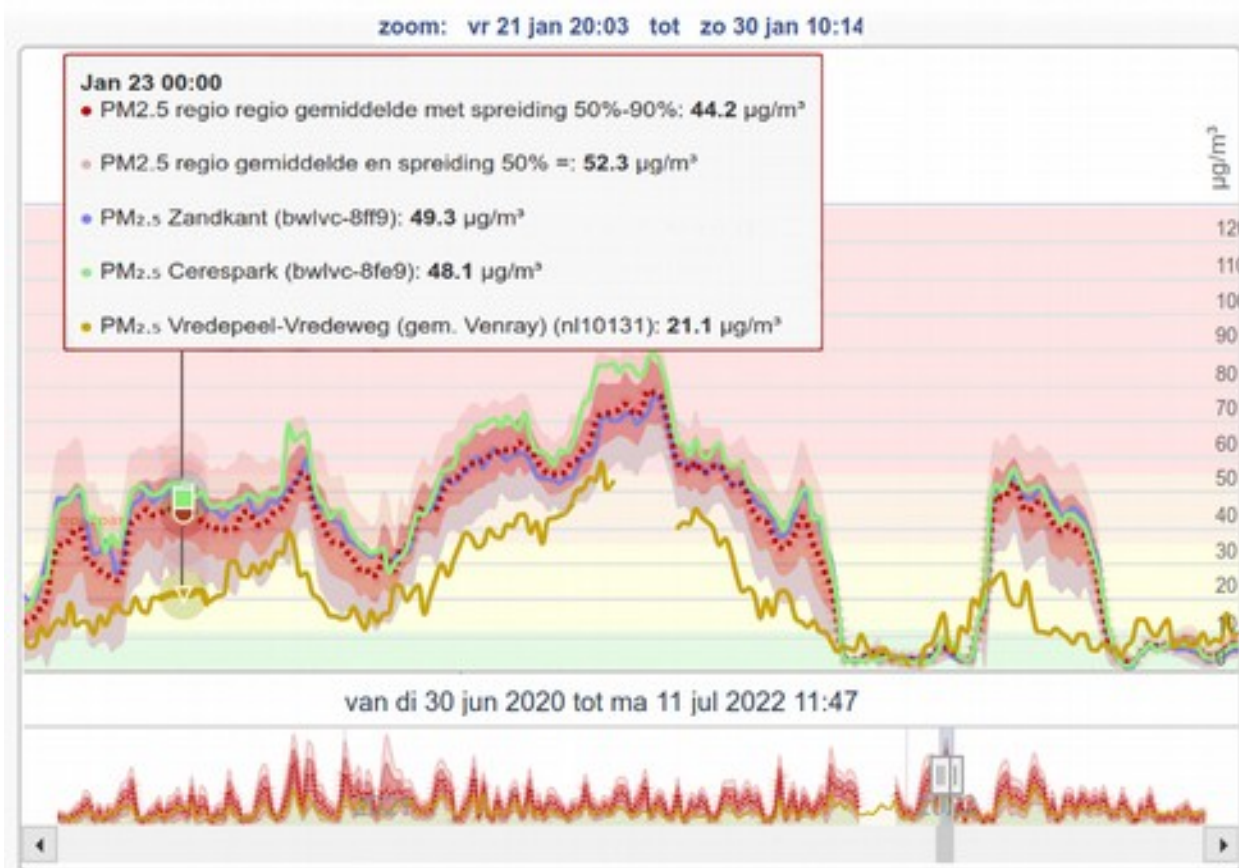
39 <https://airtube.info/index.php?pos=51.623132329621455,5.856399536132813,12>

melkveehouderij van Nederland (met 2250 koeien)⁴⁰. Deze activiteiten hebben een relatief verhogend effect op de achtergrondwaarden die gebruikt worden als referentiewaarden. Voor beoordeling van de meetresultaten zijn de PM_{2.5}-metingen om diverse redenen het meest indicatief. De meest opvallende straatlocaties (Zandkant en Cerespark) uit de top 10 worden in de onderstaande grafiek weergegeven. Deze grafiek geeft ook het gemiddelde en de spreiding weer.

De door de stichting gebruikte meetkits zijn deels uitgerust met een Sensirion en deels met een Plantower sensor. Om de invloed van fijnstofemissies buiten het gebied weer te geven zijn de fijnstofmetingen van het RIVM/NSL-station in Vredepeel in de grafiek opgenomen. De afstand tussen Vredepeel en St. Anthonis is hemelsbreed zo'n 10 km. Door de locaties gemeente Land van Cuijk met een hogere meetwaarden als het gemiddelde in deze regio te ordenen ontstaat een lijst van locaties met voortdurende hoge PM_{2.5} waarden.

Lokale Luchtkwaliteit: de grafieken (stof) metingen in de regio Land van Cuijk

Gebaseerd op Samen Meten metingen en data van o.a. het RIVM



40 Achtergrondinformatie m.b.t. Vebra Melkvee: <https://www.boerderij.nl/vreba-melkvee-draait-op-voor-miljoenenschuld#:~:text=Vreba Melkvee is een van de grootste melkveebedrijven,had een claim ingediend van ruim euro 6 miljoen>

De top 10 met waarden hoger dan het gemiddelde fijn stof PM_{2.5}

1 Boompjesweg Landhorst ⁴¹	2 Noordkant-3 St. Anthonis ⁴²
3 Zandkant St. Anthonis ⁴³	4 Noordkant-2 St. Anthonis ⁴⁴
5 Cerespark Stevensbeek ⁴⁵	6 Spekklef Oploo ⁴⁶
7 Willem-Alexanderlaan Haps ⁴⁷	8 Noordkant-1 St. Anthonis ⁴⁸
9 Bosweg St. Anthonis ⁴⁹	10 Vloetweg Oploo ⁵⁰

Het PM_{2.5}-niveau is niet alleen hoog bij de Noordkant en Zandkant, maar ook in Stevensbeek.

Om de fijnstofwaarden en de waarden van de andere emissies omlaag te brengen wordt het beste rendement gehaald door de focus van beleid en beslissingen te leggen op de locaties in de top 10. Door te blijven meten over langere perioden kan het effect van maatregelen goed in beeld komen.

De locaties met lagere meetwaarden als gemiddeld in de regio

11 Koningslinde Wanroij ⁵¹	12 Kolzinstr St. Anthonis ⁵²
13 Lamperen Wanroij ⁵³	14 Molenstraat St Anthonis ⁵⁴
15 Schapendreef Landhorst ⁵⁵	16 Ledeackersestraat Ledeacker ⁵⁶
17 Mullemsedijk Stevensbeek ⁵⁷	18 Kerkstraat Westerbeek ⁵⁸

Van boven naar onder (van 11 naar 18) worden de waarden steeds beter (=lager).

Metingen ammoniak en stikstofoxiden

In de periode van mei 2021 tot april 2022 heeft de Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk ook ammoniak- en stikstofoxide-metingen verricht. Gedurende twaalf maanden zijn op een tiental locaties maandelijks Palmesbuisjes geplaatst. Aflezing van de gasconcentraties in de buisjes wordt uitgevoerd door Bureau Blauw. Helaas zijn van enkele maanden (juni 2021 en maart en april 2022) de metingen niet beschikbaar. Van de stikstofoxidegasbuisjes is maar 80% van de laboratorium-uitslagen bekend. Nadeel van het missen van enkele maandmetingen is dat de niet beschikbare

41 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/landhorst-boompjesweg>

42 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-noordkant-3>

43 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-zandkant>

44 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-noordkant-2>

45 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/stevensbeek-cerespark>

46 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/oploo-spekklef>

47 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/haps-willem-alexanderlaan>

48 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-noordkant-1>

49 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-bosweg>

50 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/oploo-vloetweg>

51 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/wanroij-koningslinde>

52 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-kolzinstr>

53 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/wanroij-lamperen>

54 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/st-anthonis-molenstraat>

55 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/landhorst-schapendreef>

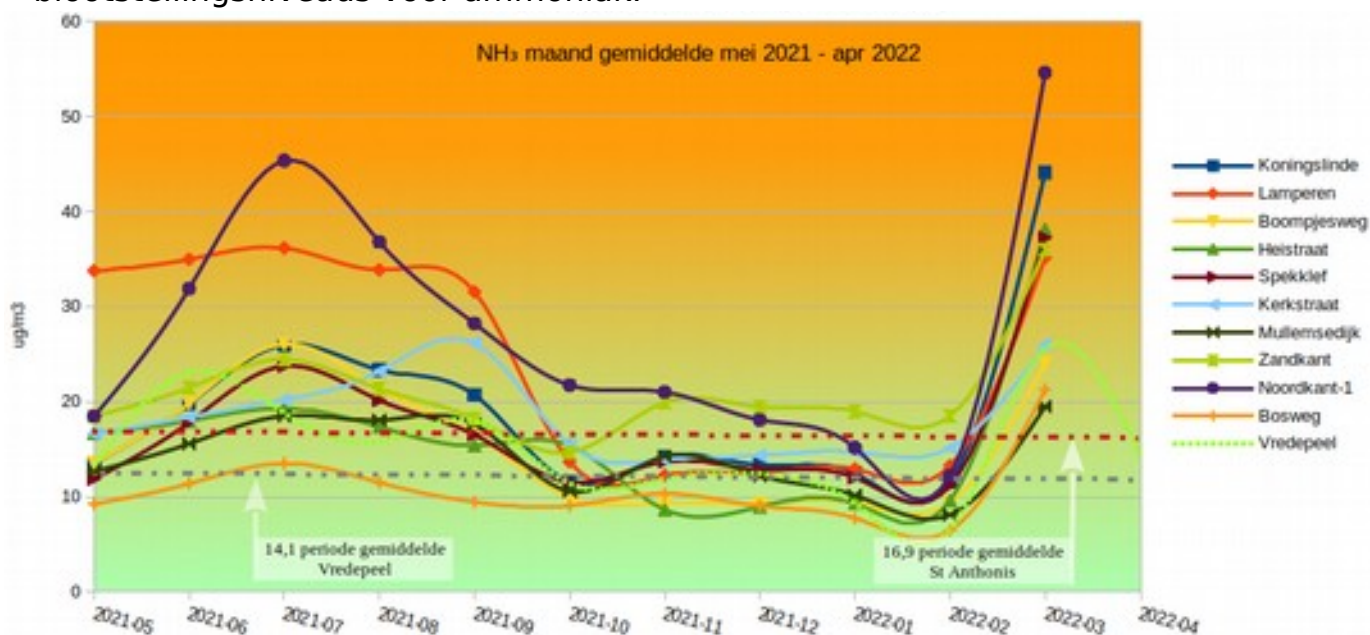
56 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/ledeacker-ledeackersestraat>

57 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/stevensbeek-mullemsedijk>

58 <http://behouddeparel.nl/SAN?q=content/westerbeek-kerkstraat>

waardebepalingen een enorm effect heeft op het gemiddelde over een periode van 12 maanden. Daarom zijn voor de niet beschikbare metingen de resultaten lineair geëxtrapoleerd. Net als bij de resultaten van de fijnstofmetingen zijn ook de resultaten van de gasmetingen maandelijks doorgegeven aan het dataportaal⁵⁹ van het RIVM. De invloed van windrichting en snelheid is niet meegenomen in de waarderingen. Dit met name omdat lokale windwaarnemingen (nog) ontbreken. De dichtstbijzijnde KNMI meetstations zijn Arcen (30 km) en vliegveld Volkel (14 km). Om te kunnen beoordelen of de normen (EU) en/of de advieswaarden (WHO) overschreden worden en of SLA-maatregelen effect (kunnen) hebben, is het jaarlijkse gemiddelde van belang. Die worden in de grafieken weergegeven, net zoals het regiogemiddelde over een jaar.

De onderstaande grafieken laten de immissie van ammoniak per maand zien. In de lente en herfst zijn duidelijke verhogingen te zien. Of dit te maken heeft met bijvoorbeeld het uitrijden van mest kan met een maandelijks gemiddelde niet aangetoond worden. De EU en WHO kennen nog geen definities voor blootstellingsniveaus voor ammoniak.

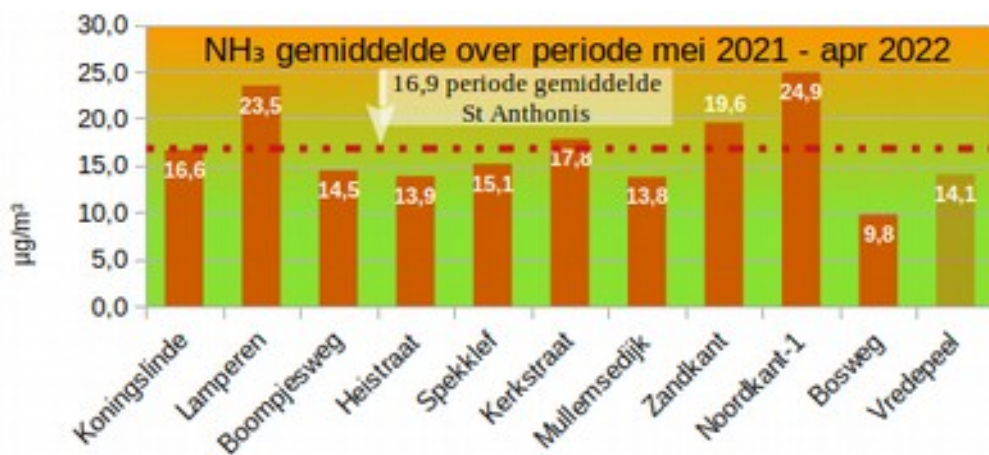


De ammoniakemissies bij enkele locaties (Lamperen, Kerkstraat, Zand- en Noordkant) hebben een hoger jaarlijks gemiddelde dan de overige locaties. En - meer algemeen - zijn de ammoniakconcentraties in St. Anthonis beduidend hoger als bijvoorbeeld in het nabijgelegen Vredepeel (achter-grondniveau) gemeten worden.

Verder laat de grafiek zien dat maandgemiddelden met betrekking tot ammoniak in de periode aan het einde van de zomer en in het begin van de lente een duidelijke verhoging van ammoniak-uitstoot waar te nemen is.

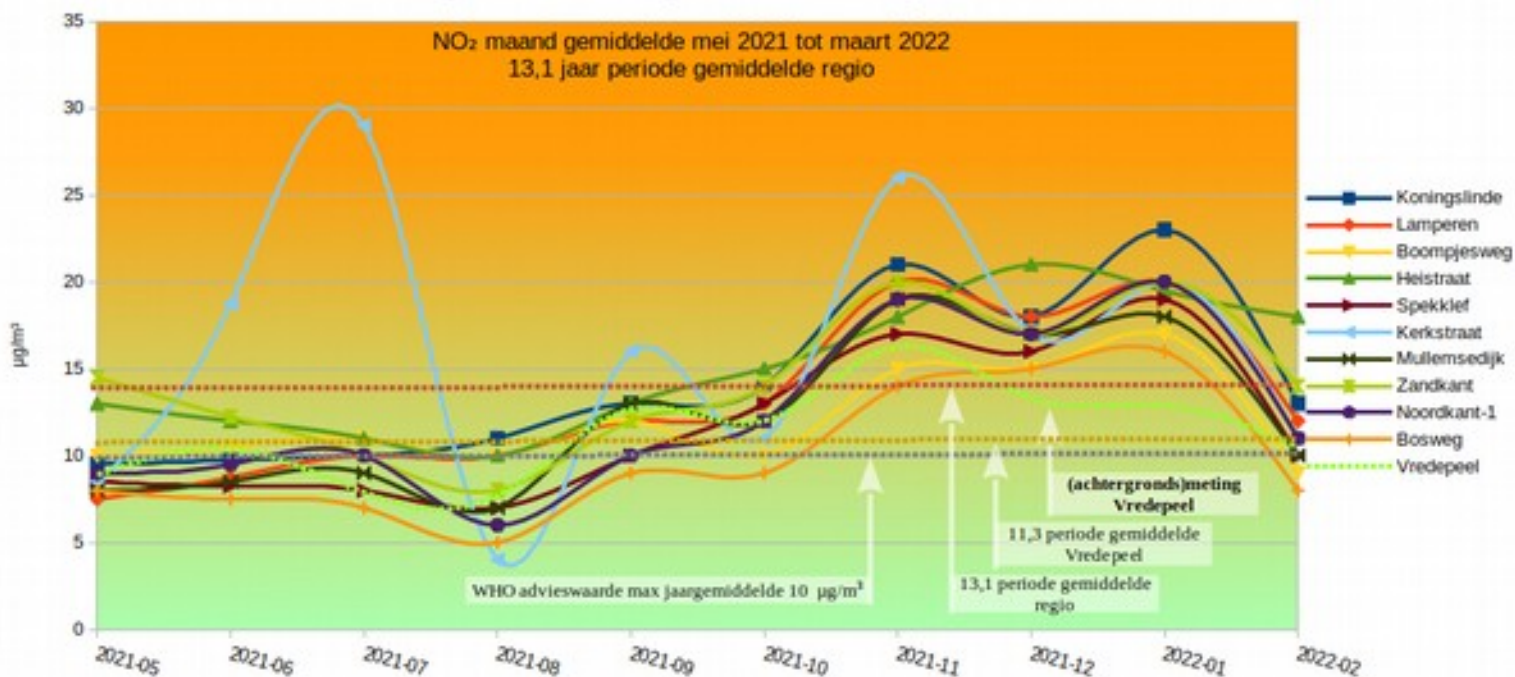
Onderstaande grafiek laat de ammoniak immissies zien in de regio over de periode van 12 maanden. Bij een paar locaties, zoals Noordkant en Koningslinde, is de verhoging opvallend. De locatie Lamperen staat ook bij de ammoniakemissies aan de top.

⁵⁹ RIVM Samen Meten dataportaal <https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal-v1.7/> (focus op St. Anthonis: fijnstof, NO₂ of NH₃).



Omdat maar één periode van een jaar is gemeten is het onduidelijk of die verhoging elk jaar zichtbaar is.

Metingen stikstofoxiden



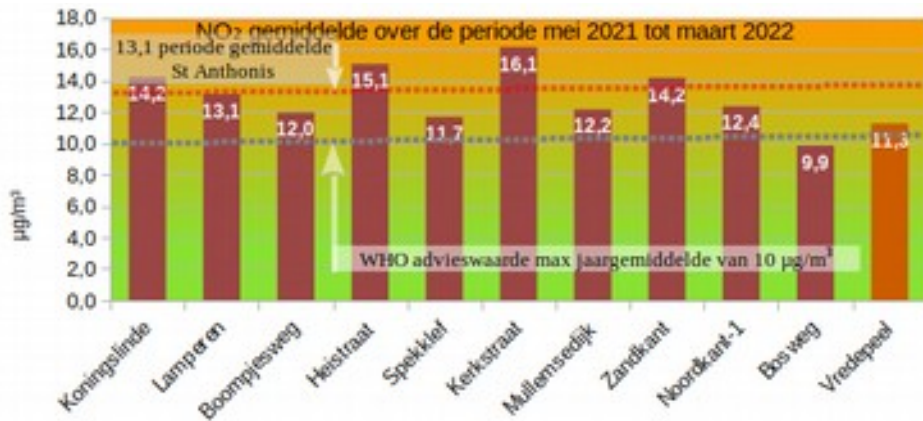
De bovenstaande grafiek toont de immissie aan stikstof-oxide per maand⁶⁰. In de lente en herfst zijn duidelijke verhogingen te zien. Of dit te maken heeft met bijvoorbeeld het uitrijden van mest kan uit een maandelijks gemiddelde niet aangetoond worden.

De grafiek met betrekking tot het stikstofoxidedgemiddelde per maand laat - in tegenstelling tot het maandgemiddelde van ammoniak - zien dat in de herfst en winter een duidelijke verhoging van stikstofoxide is waar te nemen. De locaties Koningslinde, Heistraat en Lamperen staan aan de top als het gaat om stikstofoxide-emissies, de locatie Lamperen staat ook bij de ammoniakemissies aan de top. De locatie Kerkstraat toont ook een opvallende curve.

⁶⁰ Zowel de EU als de WHO hebben definities opgesteld voor blootstellingsniveaus voor stikstofoxide. De WHO advieswaarde, die in de SLA-overeenkomst tussen Rijk, gemeente en provincie is overeengekomen, is 10 µg/m³.

Deze is mogelijk het gevolg van een lokaal evenement, waarbij bijvoorbeeld veel dieselmotoren in de buurt aanwezig zouden kunnen zijn geweest.

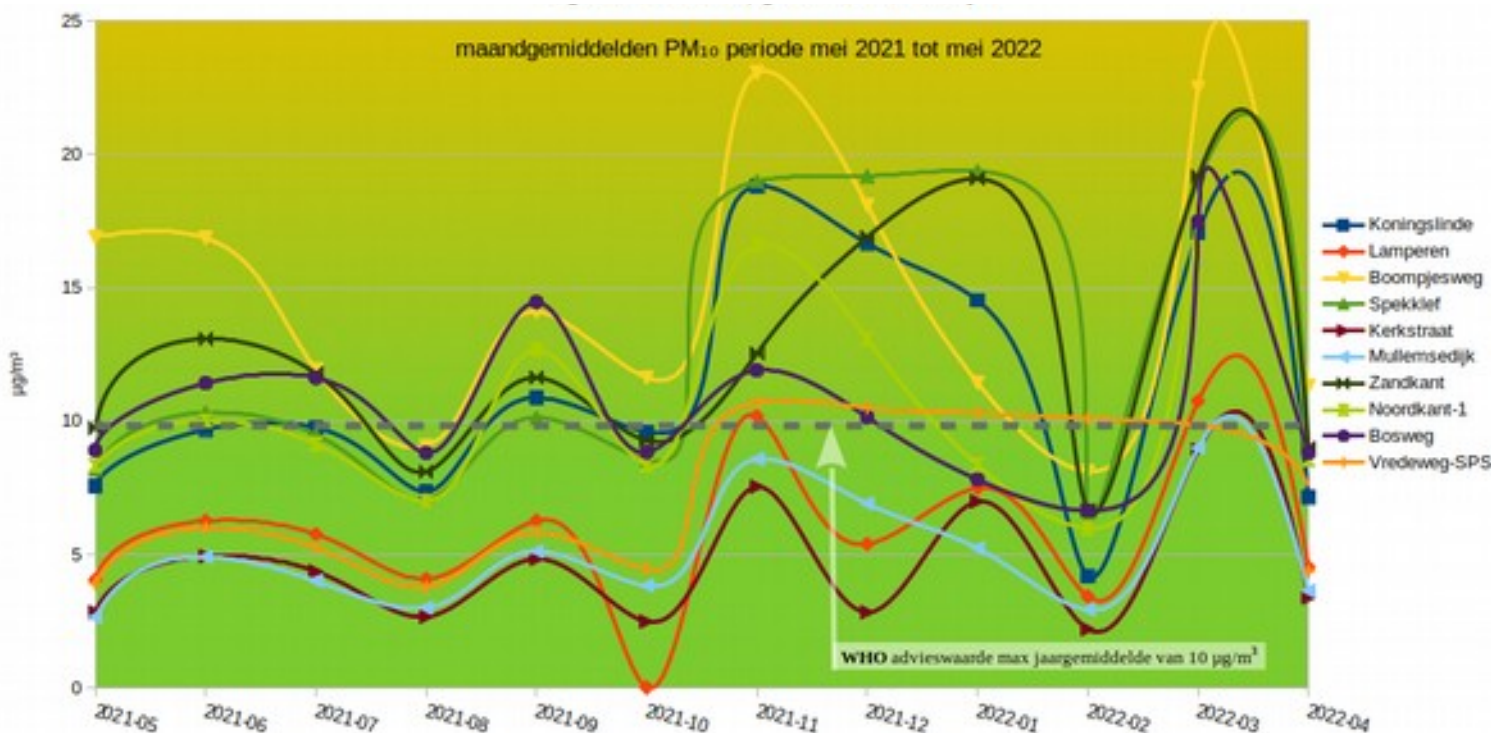
De stikstofemissies bij enkele locaties (Koningslinde, Heistraat, Kerkstraat en Zandkant) hebben een hoger jaargemiddelde als St. Anthonis in zijn geheel. Het niveau van stikstofemissies bij de locatie Heistraat is opvallend verschillend met het jaargemiddelde bij ammoniakemissies bij de Heistraat. De jaargemiddelden liggen overigens allemaal, op de Bosweg na, zo'n 20-60% hoger als de WHO-advieswaarden.



Met maar één periode van twaalf maanden meten is het onduidelijk of dit elk jaar het geval is. De stikstofemissies zijn duidelijk hoger dan de emissies zoals die gemeten zijn door het RIVM/NSL-meetstation in Vredepeel, zo'n 10 km verderop.

Metingen fijn stof PM₁₀

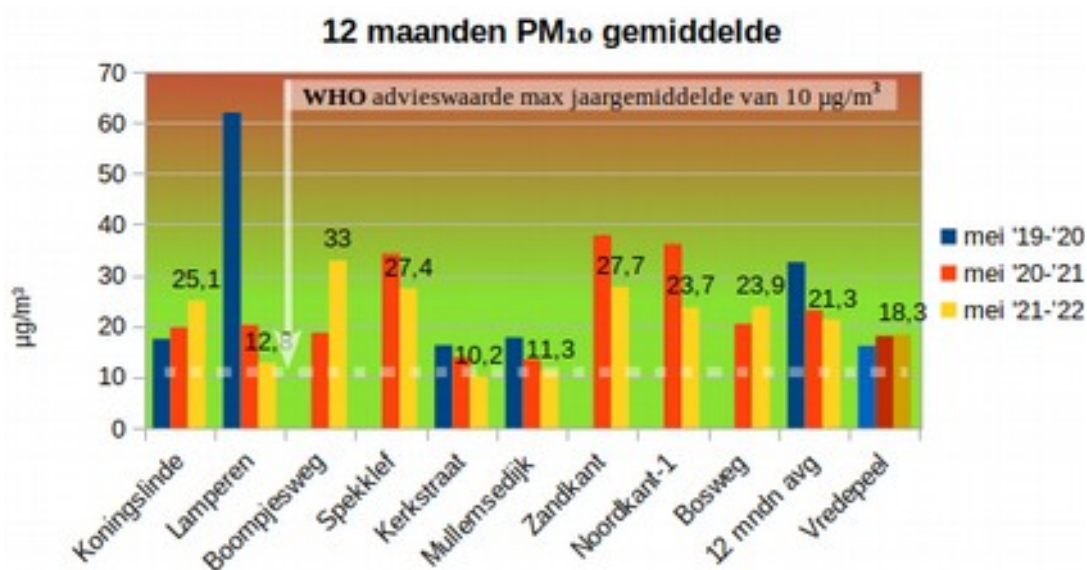
In de navolgende grafieken – met betrekking tot fijn stof – ligt de focus op dezelfde locaties als de locaties waar ammoniak en stikstofoxides zijn gemeten.



Feitelijk worden in de navolgende grafieken dus slechts de helft van de locaties meegenomen van de locaties waar de stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk in St. Anthonis fijn stof gemeten heeft.

De maandgemiddelden van PM₁₀ fijn stof zijn in herfst en winter hoog, met een dieptepunt in februari. Dit fenomeen is periodiek. Er is weinig overeenkomst met de metingen van ammoniak en stikstofdioxide op dezelfde locaties.

De gemiddelden van fijn stof PM₁₀ per locatie in de regio St Anthonis staan in onderstaande grafiek weergegeven. Daarbij wordt ook het jaargemiddelde dat door het RIVM/NSL meetstation (MetOne BAM1020) is gemeten, weergegeven. Om een vergelijking met de landelijke meetstations mogelijk te maken zijn de gemiddelde jaar-waarden op de locaties en het gemiddelde over de hele regio gecorrigeerd. Van de metingen van de low-cost meetkit bij Vredepeel is de gemiddelde waarde gelijk getrokken met de gemiddelde waarde van BAM1020 in de periode van twaalf maanden. Deze correctiefactor is gebruikt bij de gemiddelde waarden van de low-cost metingen over dezelfde periode. Desalniettemin is de onzekerheid van de PM₁₀ low-cost meting vrij groot⁶¹.



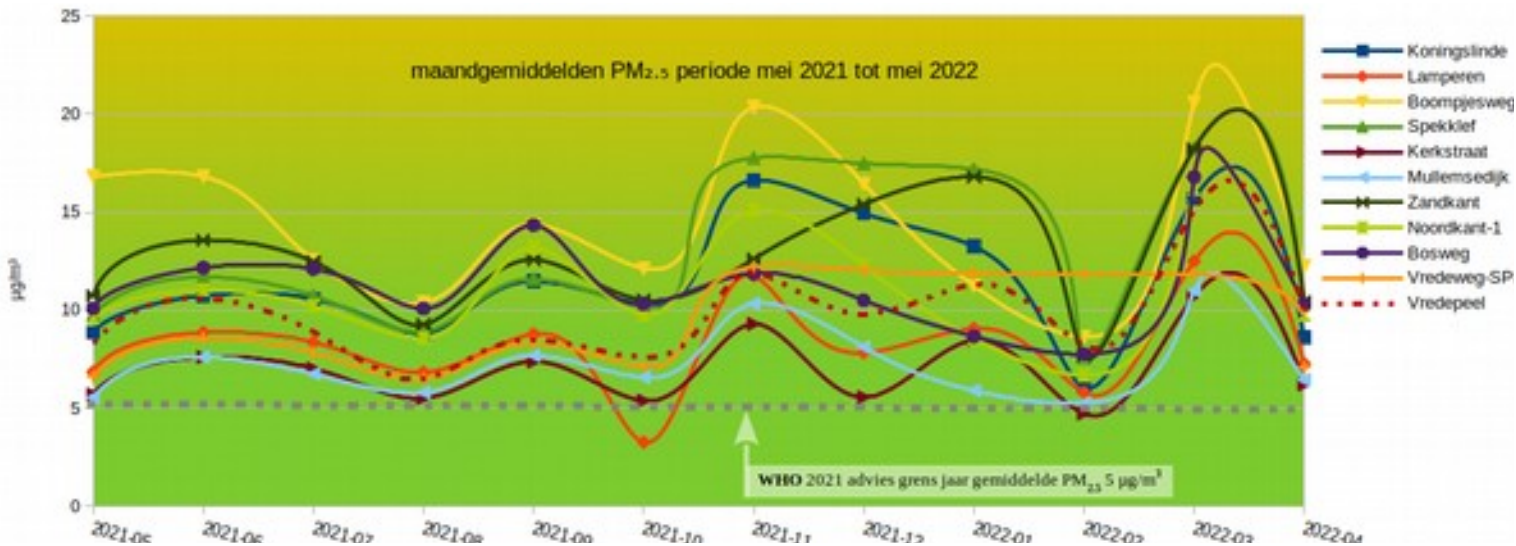
Opvallend en afwijkend zijn de gemiddelde waarden voor de locatie Lamperen in mei 2019. Over de laatste drie jaar zijn – in tegenstelling tot de trend in Nederland – de PM₁₀-waarden gestegen, óók ten opzichte van Vredepeel, zij het in iets mindere mate. Andere locaties die eruit springen zijn Boompjesweg, Spekkief en Zandkant.

Metingen fijn stof PM_{2.5}

Ook bij de hierna weergegeven grafieken voor PM_{2.5} ligt de focus op dezelfde locaties als de locaties waar de ammoniak-, stikstofdioxide- en PM₁₀-metingen hebben plaatsgevonden. Dus ook hier wordt feitelijk slechts de helft van de locaties meegenomen van de locaties waar de stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk in St. Anthonis fijn stof gemeten heeft.

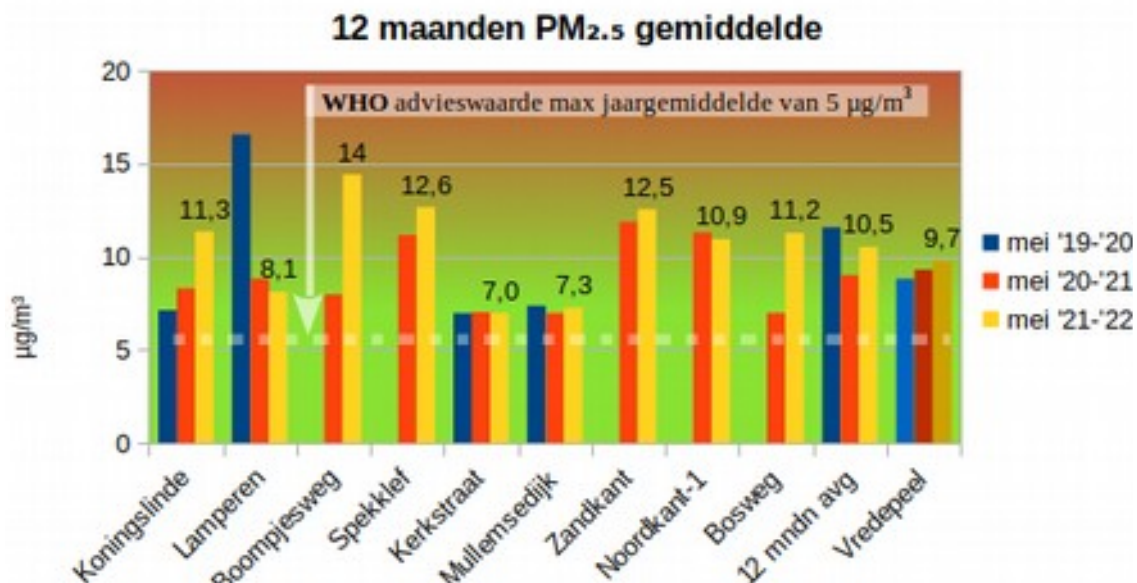
61 https://github.com/teusH/MySense/blob/master/statistics/CorrelationReport_2021-02-12_Vredepeel_4-dustsensors_2020.pdf

De maandgemiddelden van PM_{2.5} fijn stof zijn in herfst en winter hoog, met een dieptepunt in februari. Dit fenomeen is periodiek. Er is weinig overeenkomst met de metingen van ammoniak en stikstofoxide op dezelfde locaties.



De gemiddelden van de PM_{2.5} metingen per locatie in de regio St Anthonis staan in onderstaande grafiek weergegeven. Daarbij wordt ook het jaargemiddelde dat door het RIVM/NSL meetstation (MetOne BAM1020) in Vredepeel is gemeten, weergegeven.

Om ook hier, net als bij de grafieken betreffende PM₁₀, een vergelijking met landelijke meetstations mogelijk te maken, zijn de gemiddelde jaarwaarden op de locatie en het gemiddelde over de hele regio gecorrigeerd.



Van de metingen van de low-cost meetkit bij Vredepeel is de gemiddelde waarde gelijk getrokken met de gemiddelde waarde van BAM1020 in de periode van twaalf maanden. Die correctiefactor is gebruikt bij de gemiddelde waarden van de low-cost metingen over dezelfde periode. Voor PM_{2.5} low-cost meting is de onzekerheid veel minder groot als die voor PM₁₀. Ook hier zijn de gemiddelde waarden voor de locatie Lamperen in de periode mei 2019 opvallend hoog.

Over de laatste drie jaar stijgen de PM_{2.5} waarden in St. Anthonis, in tegenstelling tot de stabiele trend in Nederland.

De PM_{2.5}-concentraties in St. Anthonis zijn voor de periode 2019-2022 hoger dan bij het nabijgelegen Vredepeel (achtergrondniveau).

Enkele straten zoals de Boompjesweg, Spekklef en Zandkant springen er uit. De locatie Lamperen laat in 2019 een onverklaarbaar hoge waarde zien.

Uitgaande van de SLA-regeling en de WHO-advieswaarden is er in St. Anthonis nog een flinke weg te gaan, vooraleer de lucht 'schoon' genoemd mag worden.

Het samenwerkingsverband Emissieregistratie onderhoudt een database met per gemeente de emissie-niveaus van verschillende stoffen. De informatie is gebaseerd op data beschikbaar gesteld door de diverse bedrijfstakken en milieuvergunningen. Met andere woorden: die gegevens zijn meer theoretisch van aard.

Vergelijk je de gegevens die verkregen zijn met de metingen in St. Anthonis en de database van het samenwerkingsverband Emissieregistratie, dan kunnen enkele opvallende conclusies getrokken worden:

- Waar de stikstofemissies op landelijk niveau stabiel zijn, stijgen de stikstofoxideniveaus in Land van Cuijk flink sinds 2019.
- Is in Land van Cuijk vooral de bedrijfstak Landbouw verantwoordelijk voor de hoge uitstoot van fijn stof PM₁₀, landelijk wordt (gemiddeld) fijn stof PM₁₀ vooral uitgestoten door het verkeer.

Tenslotte kun je binnen de database van het samenwerkingsverband Emissieregistratie, wat betreft het landelijke beeld, in het algemeen concluderen dat de ammoniakniveaus in de landbouw heel hoog zijn in vergelijking met de ammoniakniveaus in andere bedrijfstakken⁶².

⁶² Voor meer detail zie de [bijlage emissies Land van Cuijk vergeleken met emissies in Nederland](#).

Metten van fijn stof bij een intensief veeteeltbedrijf

In 2017 heeft Behoud de Parel bij een aantal Intensieve Veehouderijen (IV) in Noord-Limburg een aantal initiële metingen naar fijn stof uitgevoerd met een professionele handheld fijnstofmeter. Toen is ook toenadering gezocht tot een onderneming met open stal met legkippen (Kipster) in Castenray, gemeente Venray. Het bedrijf is toegerust met een tweetal innovatieve en aanbevolen filterinstallaties. WUR Lifestock deed periodiek fijnstofmetingen binnen het bedrijf.

De contacten met het bedrijf leidden er toe dat vanaf oktober 2017 tot november 2019 op zeer geregelde tijdstippen met de Dylos Pro sensor fijn stof gemeten is, direct rond het bedrijf, en om vergelijkingsgegevens te krijgen ook elders in de regio en nabij het RIVM/NSL meetstation in Vredepeel. De eerste tien rapportages met betrekking tot de metingen zijn periodiek besproken met de ondernemer. De waarden waren drie tot vijf maal zo hoog als wat er gemeten werd bij Vredepeel.



Elk anderhalf jaar worden de kippen in de stallen geruimd en worden de stallen voorzien van nieuwe kippen. Bij de eerste periode van anderhalf jaar is – o.a. naar aanleiding van de rapportages op basis van de metingen – de filterinstallatie uitgebreid met zo'n 33%.

De resultaten van de Dylos handheldmetingen gaven aanleiding om te komen tot 24/7 real-time fijnstofmetingen rond het bedrijf, in samenwerking met de onderneming, HBO Fontys GreenTechLab, de vereniging Behoud de Parel en later ook WUR-Lifestock. Vanaf mei 2019 tot december 2021 is er nabij het bedrijf én op 100 meter afstand, vlak bij A73 en in de publieke ruimte, fijn stof gemeten met een negental meetkits. De meetkits zijn gebouwd door Fontys en werden voorzien van solar. De software is ontwikkeld en operationeel gebracht door vereniging Behoud de Parel in het MySense-project⁶³.



Na de tweede periode van de wisseling van legkippen in de stallen is één van de twee filterinstallaties in zijn geheel vervangen en uitgebreid. Het resultaat was merkbaar. Het niveau van gemeten uitstoot kwam te liggen op het niveau zoals de door de meetkit nabij de A73 gemeten uitstoot. Het verschil van het dag/nacht-ritme bleef aanwezig.

Het idee was om in samenwerking met WUR-Lifestock en de sectie Dierenwelzijn van de Universiteit Utrecht te onderzoeken of met een scala van eenvoudige maatregelen een optimum gevonden kon worden met betrekking tot bedrijfskosten, dierenwelzijn en fijnstofemissies. De aanvraag in het kader van FoodValley RegioDeal (WP1 en 4)⁶⁴ voor de – noodzakelijke – financiële ondersteuning van dit onderzoek werd echter niet gehonoreerd. Subsidietoekenning met als doel de ontwikkeling van innovatieve filtertechnologie zou niet passen bij dit meetproject. Dankzij financiële ondersteuning van WUR-Lifestock ten aanzien van de onderhoudskosten en met hulp van Stichting Burgerwetenschapper Land van Cuijk kon het meten van de luchtkwaliteit rond het bedrijf toch doorgang vinden tot januari 2022.

In de drie jaar fijn stof meten rond de open stal met leghennen is een goed beeld ontstaan van de invloed van veel factoren op de fijnstofemissies.

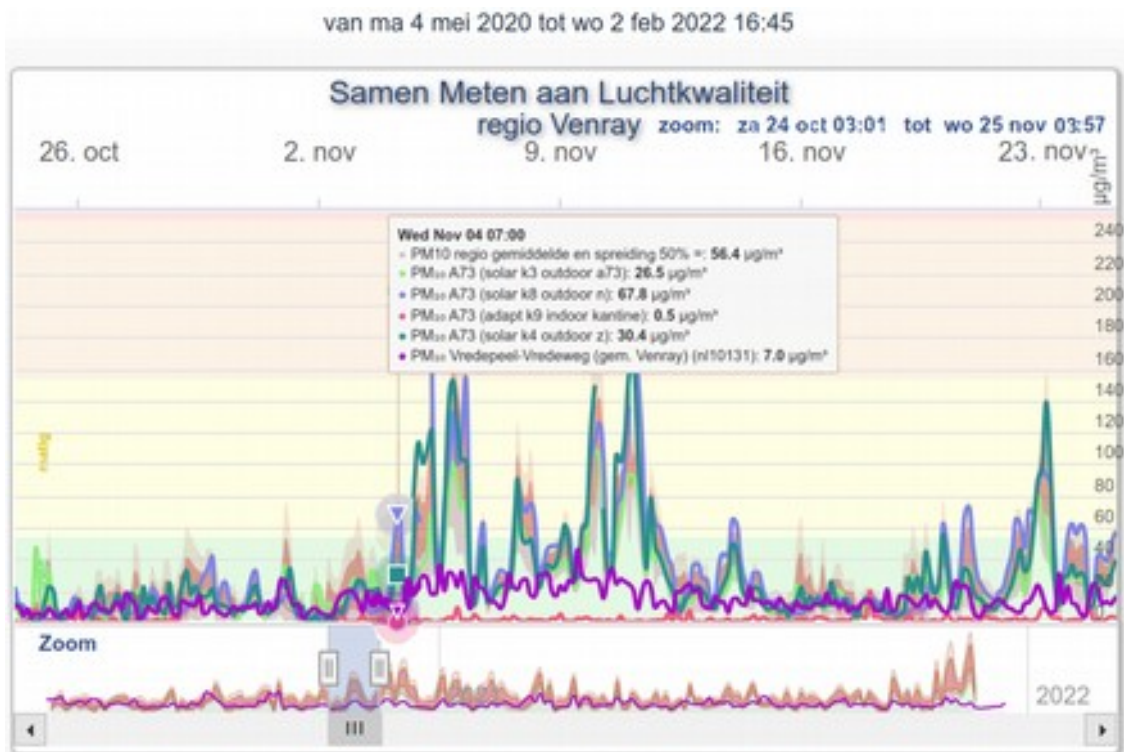
⁶³ MySense project website pagina <http://behouddeparel.nl/MySense>

⁶⁴ Regiofood Valley <https://www.regiofoodvalley.nl/programma/regio-deal/>

De ervaringen met de metingen zijn in juli 2021 gepresenteerd tijdens een webinar van het Kenniscentrum Veehouderij en Humane Gezondheid (onder de titel “Fijn stof meten rond een groot open kippenhok” ⁶⁵).

Enkele conclusies naar aanleiding van het meetproject bij Kipster zijn:

- De concentraties van fijn stof rond de open kippenhouderij van Kipster zijn voor de periode 2019-2022 structureel hoger als de gemeten concentraties in het nabijgelegen Vredepeel (achtergrondniveau).
- Herhaalde ingrepen aan de op zich nieuwe innovatieve luchtfilterinstallatie door Kipster hebben o.a. tot verbetering van de uitstoot van fijn stof geleid. Hieruit blijkt dat het van belang is de werking van de installatie voortdurend te toetsen met metingen in de praktijk.
- Metingen met betrekking tot effectiviteit van het luchtbehandelingsfilter en de installaties moeten met real-time outdoor-metingen gemonitord worden.
- De airco-installatie blijkt enorm effectief en het is aan te bevelen deze ook in de werkruimtes toe te passen.
- Low-cost fijnstofsensoren lijken minder geschikt om veranderingen in bedrijfsprocessen goed te monitoren. Ook omdat die veranderingen te kort van duur zijn.



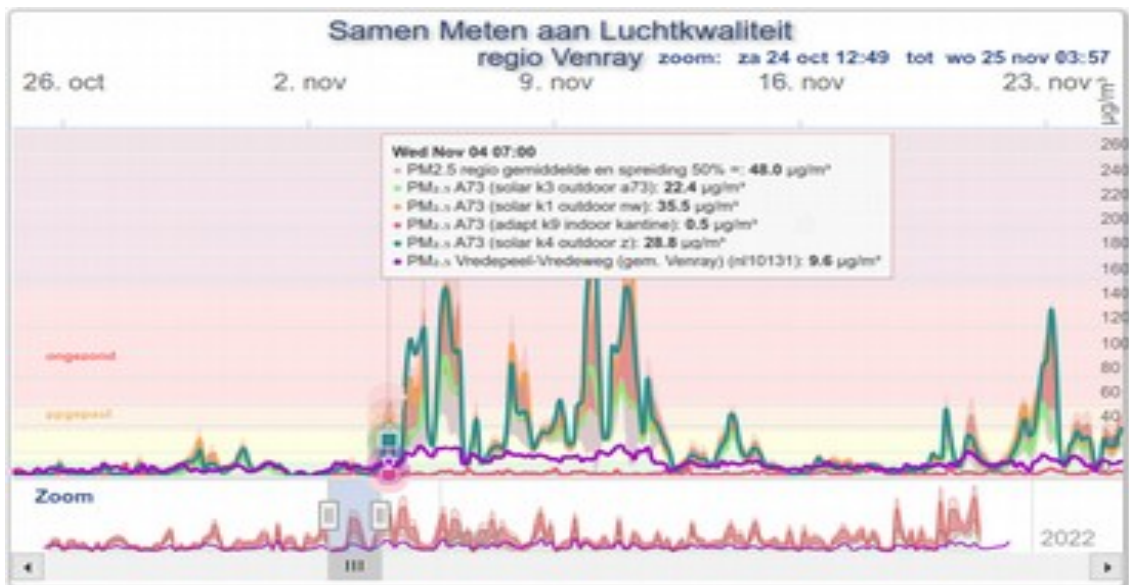
In deze grafieken worden de waarden van PM₁₀ en vervolgens PM_{2.5} weergegeven, waarbij is ingezoomd op het nauwe gemiddelde en de spreidingsband tot vlak voor en vlak na de ophokplicht voor kippen.

De ‘paarse’ curve laat de metingen van fijn stof metingen zoals die gemeten zijn op het RIVM/NSL- meetstation in Vredepeel (achtergrondniveau).

⁶⁵ Lees hier het artikel over het symposium en in dat artikel vindt u de link naar de presentatie van Teus Hagen namens Behoud de Parel:

<http://behouddeparel.nl/?q=content/samen-meten-symposium-over-het-meten-van-uitstoot-door-intensieve-veehouderijen>

De verschillen in waarden tussen de locaties zijn tijdens de ophokplicht groter en structureel ook hoger. Meetkit 4 (de groene curve) staat vlakbij de uitlaat van de filterinstallatie. Meetkit 3 staat windwaarts, nabij de A73, op 100 meter afstand van het bedrijf met als gevolg meer verdunning door de wind in dit vrij open terrein.



Enkele constatering tijdens de meetperiode bij Kipster:

- Het verwerven van financiële ondersteuning voor het burgerinitiatief – puur de kosten van hardware – bleef, ondanks de intensieve speurtocht, uiteindelijk zonder resultaat.
- De professionele wind- en regenmeter (beschikbaar gesteld door Fontys) is noodzakelijk om lokale weersinvloeden op de metingen te kunnen verrekennen. Die meters hebben echter maar een jaar gefunctioneerd. Er waren geen (financiële) middelen voor vernieuwing.
- De airco die toegepast wordt in de publieke ruimte (zie in onderstaande grafiek de 'oranje' curve) voorziet – hoewel je de kippen wel ruikt – in een daling van de fijnstofblootstelling. Die airco blijkt dus een *fijne* stofzuiger.
- De fijnstofsituatie in de inpakafdeling is problematisch. De fijnstofsensor moest regelmatig schoongemaakt worden.
- Fijn stof meten met low-cost sensoren in de stal is een 'no go': binnen enkele dagen zit de fijnstofsensor vol met stof.
- Bij het meten van fijn stof in de omgeving van het bedrijf kan volstaan worden met een viertal meetkits op zo'n twintig meter afstand van de stallen. Hierdoor worden de wind-invloeden en de invloeden van nabij gelegen bedrijven automatisch meegenomen.
- Meetkits bij bedrijven moeten voorzien worden van solar, accu en accu-bewaking. Meet-data versturen via wifi is een 'no go'. Installatie van draadloze software en aanpassing van de verder benodigde configuratie is sterk aan te bevelen. De MySense-meetkits zijn hiervoor inmiddels aangepast.
- De hypothese is dat PM₁₀-meting duidelijk veel hogere waarden geeft als bij meting van PM_{2.5}. Niet onderzocht is of metingen met een 'profiel' met groottes van fijnstofdeeltjes uitgevoerd moet worden. Dat is wel aan te bevelen. Dat geeft hoogst waarschijnlijk een beter inzicht in de lucht-filteertechnologie.

- De ophokplicht (naar aanleiding van de uitbraken van vogelgriep in Nederland) in oktober 2021 tot oktober 2022 (?) toont aan dat een harde ingreep om de kippen in een gesloten stal te houden maar net te visualiseren is in de meetgrafieken. Dit houdt in dat kleinere ingrepen zoals de openingstijden van de luiken, het voeren, enzovoorts nauwelijks betrouwbaar gemeten kan worden. Ook de lage concentraties en het meetbereik van de low-cost fijnstofsensoren spelen een rol hierin.

Wat nu?

Met de ervaringen als opgedaan in St. Anthonis en bij Kipster kan verder gewerkt worden aan de ontwikkeling van een optimaal functionerend meetnetwerk. Daarbij is van belang lessen uit die ervaringen mee te nemen.

Conclusies

Hieronder worden een aantal van die 'lessen' omgezet in conclusies.

1. Het is van belang om zo lokaal mogelijk de luchtvervuiling te meten (hoofdzakelijk met betrekking tot fijnstofuitstoot) om inzicht te bieden op lokale uitstootgegevens.

Openheid en transparantie met betrekking tot de resultaten is hierbij een voorwaarde, om daarmee burgers inzicht te geven in de concrete situatie rondom IV-bedrijven. Ook de uitrol van een meetnetwerk dient open, transparant en vooral ook *bedrijfsmatig* plaats te vinden over heel Zuid-Oost Brabant en Noord-Limburg. Dat geldt in nog sterkere mate richting de bedrijfstak. Openheid en transparantie dienen een beleidsmatig karakter te hebben en onderdeel uit te maken van het 'nawerk' bij het meten.

Een open data-uitwisselings-standaard voor luchtkwaliteitsmetingen is in dat verband ook noodzakelijk. Ook om uitwisseling van luchtkwaliteitsmetingen, hergebruik van software en data-analyses goed mogelijk te maken is die standaard op de korte termijn noodzakelijk. Daarbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld Measurement Data Exchange Format (MDEF). De meetkit van MySense past intern dit MDEF formaat al toe.

Het verzamelen van meetgegevens op een indirecte methode zoals via Sensors.Community moet worden vermeden. Veel belangrijke informatie gaat op deze wijze verloren.

Het meetnetwerk van MySense V een pilot V staat vrij ter beschikking voor iedereen, waarbij wel de voorwaarden van een open publieke licentie gehanteerd wordt. Dat impliceert onder andere dat alle beschikbare en verzamelde informatie op een openbare website publiekelijk en vrijblijvend beschikbaar moeten zijn.

Openbaarheid van metingen en transparantie van gebruikte middelen is een fundamentele voorwaarde. Dat geldt zeker bij projecten als "*Samen Meten*" waarbij burgerparticipatie uitgangspunt is.

2. Momenteel is de derde generatie meetkits 24 uur per dag, 7 dagen in de week operationeel. De ontwikkeling van een vierde generatie meetkits is echter noodzakelijk om de ervaringen met betrekking tot hardware én software (onder andere in verband met de uitval van zogenaamde meteo-sensoren, de beschikbaarheid van componenten en software updates) toe te kunnen passen. De absurde stijging van de prijzen van de hardware, mede als gevolg van de inflatie en de tekorten aan chips maken de ontwikkeling van die vierde generatie meetkit complexer.
3. Om inzicht te verkrijgen in wat er speelt ten aanzien van de luchtkwaliteit is het noodzakelijk over meerdere jaren te meten, zodat perioden van metingen met elkaar vergeleken kunnen worden.

Tegelijkertijd zijn real-time metingen noodzakelijk om tijdelijke invloeden en eventualiteiten te onderscheiden van de periodiciteit. Van belang is dat men zich daarbij realiseert dat de focus van deze luchtkwaliteitsmetingen ligt bij lokale emissie (of beter: blootstellingsniveaus) en de lokale bijdrage ten aanzien van met name de achtergrond-niveaus.

4. De EU-normen en de WHO advieswaarden zijn gebaseerd op een oudere techniek van het meten van fijnstofdeeltjes (Particulate Matter, PM) op basis van het gewicht in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Low-cost fijnstofsensoren⁶⁶ meten de aantallen deeltjes meestal in een zestal oplopende groottes, de zogenaamde 'PM bins', waarbij de gewichtsklassen op basis van de groottes omgerekend naar bijvoorbeeld PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10}). Met PM_{10} wordt bijvoorbeeld het gewicht aangegeven van alle deeltjes 0.3 tot 10 micrometer (μm) uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Door gebruik te maken van deeltjestellingen wordt het vaststellen van emissieprofielen mogelijk. Bijvoorbeeld: kippen genereren een hogere telling met maximale groottes van PM_{10} -deeltjes dan andere diersoorten. Het vaststellen van verschillen in profielen geeft de mogelijkheid om een beter inzicht te krijgen in welke maatregelen aan de bron genomen moeten worden om uitstoot te voorkomen.
5. De invloed van lokale omgevingsfactoren (m.n. weersinvloeden) op de metingen, zoals de relatieve vochtigheid en temperatuursveranderingen, worden in de omrekening naar gewichten (nog) niet toegepast. Met name vocht geeft een hogere waarden in de fijnstofmetingen. De low-cost sensoren voor het meten van luchtvochtigheid en temperatuur blijken (nog) niet goed bestand tegen de buitenlucht. Vooral als gevolg van de vochtproblematiek geven ze na enkele maanden in de buitenlucht foutieve waarden weer óf ze geven de geest. De sensor uitzetten en vervolgens weer aanzetten helpt soms, zo leert de ervaring. De toepassing van (meteo-)sensoren die geschikt zijn voor de meting van luchtvochtigheid en temperatuur buitenshuis (c.q. die bestand zijn tegen toepassing in de buitenlucht) zijn dus noodzakelijk om lokale weersinvloeden te kunnen betrekken bij de meetcorrecties.
6. Het meten van stikstof- en ammoniakemissies is met low-cost sensoren nu nog geen haalbare kaart. Ammoniak is een reactieve stof en op een afstand van driehonderd meter afstand in de buitenlucht niet goed meer te meten (te lage concentraties). Ammoniak wordt omgezet in stikstofoxide en secundair fijn stof met name $\text{PM}_{2.5}$. Het enige alternatief meetinstrument dat momenteel beschikbaar is, betreft de zogenaamde Palmesbuisjes, waarmee telkens over een periode van een maand gemeten wordt.

Lokale wind- en regenmetingen zijn nog niet toegepast bij alle resultaten van de metingen. Dat heeft uitsluitend te maken met het beschikbare budget voor ontwikkeling van de meetkit. Er zijn kortweg te weinig financiële middelen beschikbaar. Overigens zijn in de regio Zuid-Oost Brabant en Noord-Limburg de gemiddelde windsnelheid het laagst in Nederland, met andere woorden: verdunning vindt nauwelijks plaats. Dat relativeert het ontbreken van deze specifieke metingen.

⁶⁶ Low-cost fijnstofsensoren verschillen onderling en zijn anders dan high-cost sensoren

7. In verhouding tot het aantal landelijke meetpunten (voor meting van de luchtkwaliteit) is het aantal meetkits dat lokaal gebruikt wordt, laag. Dat heeft consequenties voor het trekken van conclusies bij de analyse van de metingen. Maar het gebruik van de lokale metingen in de landelijke modelvorming van de emissies bevordert de kwaliteit van de modellen. Die kwaliteit is bij de statistische verwerking groot, met name waar het gaat om de plausibiliteit (statistiekjargon voor geloofwaardigheid) van de metingen.
8. Bij metingen in buitenlucht heb je te maken met meten van lage concentraties. De meeste gas- en fijnstofsensoren kunnen die lagere concentraties moeilijk meten. De foutmarge van low-cost sensoren is bij het meten van lage concentraties dan ook behoorlijk groot. Low-cost metingen zijn daarom niet geschikt als hulpmiddel bij milieuhandhaving. De metingen zijn indicatief en daarom wél geschikt voor het krijgen van inzicht in de lokale situatie en van daaruit behulpzaam bij (regionale) beleidsvorming.
9. Ook ten aanzien van de techniek zijn lessen geleerd:
 - Zo blijkt wifi als doorgeefluik voor metingen teveel uitval te hebben. Het 'Internet of Things' (radio met lage bandbreedte), het datanetwerk LoRaWan en het vrije The Things Network bleken een goed alternatief te bieden. De maximale hoeveelheid data dat verstuurd kan worden is echter wat beperkt. Dat betekent voor mogelijke volgende generaties meetkits (met LTE-M, mobiel Internet of Things) die binnen het netwerk met grote afstanden moeten opereren, dat een abonnement genomen dient te worden op de communicatiemiddelen, wat consequenties heeft voor het prijskaartje van die volgende generatie meetkits.
 - Ook blijkt buiten niet overal een stopcontact aanwezig, zeker niet in een landelijke omgeving. Dat betekent dat vaak solar en accu-toepassing als energiebron noodzakelijk zijn. En dat vraagt op zich nogal wat aanpassingen in de besturingssoftware van de meetkit.
 - De meetkit zal in de loop der tijd om velerlei redenen verplaatst worden. GPS in de meetkit is daarom nodig om de administratie per meetkit op orde te houden en een (GPS) tijdstempel van de meetwaarde zo nodig op orde te krijgen.
 - Zoals eerder geconstateerd betekenen het huidige tekort aan elektronica-componenten en de inflatie bij de technische ontwikkeling van de meetkits tot een flinke stijging van de kostprijs van de hardware.

Nawoord

Ondersteuning

Zonder steun van diverse mensen en instanties was het project MySense nooit tot stand gekomen.

Bij de ontwikkeling van MySense hebben Milieu Defensie, Fontys GreenTechLab Venlo en enkele particuliere weldoeners voor een belangrijk deel financiële ondersteuning geboden ter bekostiging van de hardware. Fontys GreenTechLab heeft veel ondersteuning gegeven bij de bouw van de solar meetkits in Venray.

De toenmalige gemeente St. Anthonis (inmiddels gefuseerd tot de gemeente Land van Cuijk) heeft de kosten gedragen voor de bouw van de meetkits en de infrastructuur van de LoRa-datacommunicatie in St. Anthonis. En zonder de stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk (inmiddels een hechte groep van vijf personen) en de gemeente St. Anthonis was er nooit een meetnetwerk ontstaan in St. Anthonis. De stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk ondersteunt de vereniging Behoud de Parel ook bij het gebruik van meetkits buiten de regio van Land van Cuijk.

Kwaliteit van metingen

Zonder de frequente discussies met de leden van de team(s) van het RIVM (het operationeel luchtkwaliteit modelleer-, statistiek- en meetnetwerkteam van het RIVM en 'citizen science' en het door de RIVM beschikbaar stellen van de mogelijkheid tot het plaatsen van referentiemeetkits op het landelijk meetstation van Vredepeel was nooit de kwaliteit bereikt die het meetnetwerk nu heeft bereikt.

Uitwisseling ervaringen

De open 'citizen science'-luchtkwaliteitsbijeenkomsten bij het RIVM waren meer dan inspirerend. Het zou een goede zaak zijn als deze bijeenkomsten - die als gevolg van Covid-19 niet meer plaats hebben gevonden - weer opgepakt worden⁶⁷. Het RIVM o.a. in het kader van het Schone Lucht Akkoord heeft hiervoor een kennisportaal⁶⁸ hiervoor ingericht met nieuws over de bijeenkomsten.

Ook de maandelijkse bijeenkomsten van - met het initiatief van Behoud de Parel vergelijkbare - burgermeetnet initiatieven als Meet Je Stad Amersfoort, Visibilis-Scapeler Berghaven, Samen Duurzaam Zeist, LV2 Leidschendam zijn noodzakelijk om fris te blijven en resultaten te delen onder het motto: *samen meten, samen leren!*

Informatie

Voor de leesbaarheid van het rapport is niet alle beschikbare informatie opgenomen. Vaker wordt in de voetnoten verwezen naar online beschikbare informatie en toegepaste literatuur, ook om uitgebreidere detailinformatie voor de lezer snel ter beschikking te hebben.

Het RIVM publiceert elk jaar een overzicht van emissies per sector, zoals voor de landbouw⁶⁹. In de publicaties wordt de modellering van de luchtkwaliteit weergegeven, beïnvloedt door bijvoorbeeld ammoniak, stikstof en fijn stof.

67 Zie ook: <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/>; <https://forum.samenmeten.nl/> en <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/dataportaal/uitleg-fijnstofgegevens>.

68 Samen Meten website <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/> en <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/nieuws>

Dit periodieke document beschrijft de standaard-methodiek die gevolgd wordt in de modelberekeningen (National Emission Model for Agriculture, NEMA) met betrekking tot emissies zoals methaan dat afkomstig is uit stallen met rundvee.

De GGD-richtlijn Medische Milieukunde (MMK) Veehouderij en Gezondheid⁷⁰ bundelt de kennis over veehouderij en humane gezondheid en beschikbare instrumenten en geeft inzicht in de mogelijkheden van de GGD om expertise in te brengen in beleidsadviezen en ruimtelijke ontwikkelingen. De richtlijn gaat onder andere in op het effect van de uitstoot van ammoniak en fijn stof door de veehouderij op de gezondheid van omwonenden.

Real-time concentratiekaarten, gekoppeld aan emissiekaarten uit onder andere de agrarische sector, maakt het mogelijk om bronnen beter te herkennen. Duidelijkheid over de verschillen tussen fijnstofsoorten en gassen stellen gemeenten in de gelegenheid om een passend en vanuit betrokkenheid gestuurd beleid te maken. TNO (aandachtsgebied luchtkwaliteit mbt. verkeer⁷¹) werkt samen met burgers die participeren door data aan te leveren vanuit de regio Eindhoven. GGD ZO-Brabant is bezig met een “Lucht en Geluid” project⁷² van één jaar in de regio Deurne.

Beschikbaarheid van in dit rapport gebruikte data

Het merendeel van de grafieken in dit rapport en daarmee de analyses en conclusies zijn gebaseerd op een spreadsheet van meetwaarden en omrekeningen geselecteerd en gegenereerd vanuit de database met de ruwe meetdata. De spreadsheet⁷³ is apart online beschikbaar gesteld op de website van vereniging Behoud de Parel onder voorwaarden van een vrije publieke (reciprocal) licentie (Open Source Initiative RPL V1.5).

*Teus Hagen, vereniging Behoud de Parel
mysense@behouddeparel.nl
Grubbenvorst, 7 september 2022*

69 <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0008.pdf> (auteur: vd Zee en anderen, RIVM, 264 pagina's).

70 Richtlijn GGD: <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-veehouderij>

71 TNO aandachtsgebieden: <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/circulaire-economie-milieu/roadmaps/milieu-en-klimaat/milieu-en-gezondheid/luchtkwaliteit/>

72 Regionaal meetnetwerk Lucht en Geluid <https://odzob.nl/meetnet>

73 spreadsheet met ruwe meetdata

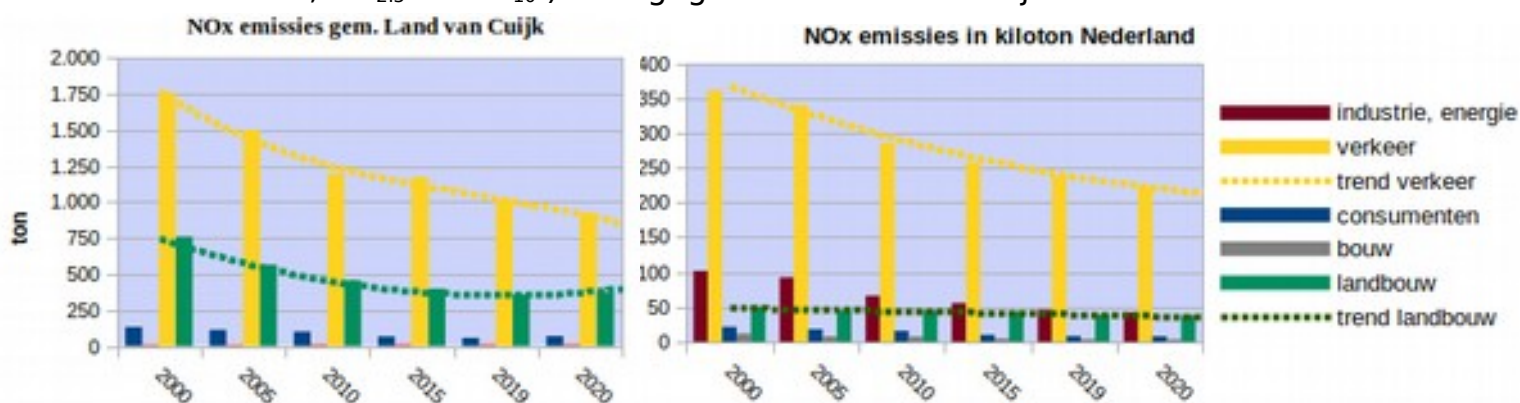
http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/luchtmetingen/RegioMaandgemiddelden_2021-2022_BWLVc.ods.

Bijlage: Emissies Land van Cuijk vergeleken met emissies in Nederland

De emissies (uitstoot) van schadelijke stoffen op regionale schaal en op landelijke schaal wordt bijgehouden door samenwerkingsverband Emissieregistratie⁷⁴, een samenwerking van RIVM, CBS, Planbureau voor Leefomgevingen en WUR). De verzamelde informatie over emissies is hoofdzakelijk gebaseerd op data die zijn opgenomen in bijvoorbeeld milieuvergunningen en data die beschikbaar zijn gesteld door de verschillende bedrijfstakken. Het vergelijken van de data betreffende luchtkwaliteitswaarden is in feite “appels met peren vergelijken”, omdat het in het ene geval gaat om emissies (dat wil zeggen: uitstoot) en in het andere geval om immissies (en blootstelling). Daarnaast gaat het bij de gegevens uit milieuvergunningen in principe om theoretische waarden, terwijl het bij de gegevens die beschikbaar worden gesteld door de bedrijfstakken vaker gaat om opgegeven waarden op lokaal niveau. Tenslotte speelt ook nog dat er onderscheid gemaakt dient te worden in soorten fijn stof. Zo wordt de uitstoot van ammoniak al snel omgezet in secundair fijn stof en de uitstoot van houtstookgas wordt omgezet in condenseerbaar fijn stof. Deze waarden zijn bijvoorbeeld niet opgenomen in de emissie-informatie.

Door de meetgegevens van Land van Cuijk te vergelijken met de emissiecijfers en trends in de data die per bedrijfstak zijn verkregen, afgezet tegen de gemiddelde emissiecijfers en trends die voor heel Nederland gelden, kan inzicht ontstaan in de regionale situatie, c.q. kan die regionale situatie gewogen en beoordeeld worden.

In de navolgende grafieken wordt voor een beperkt aantal bedrijfstakken (verkeer, consumenten en landbouw) een beperkt aantal stoffen (ammoniak, stikstofoxide, PM_{2.5} en PM₁₀) weergegeven. De emissie-cijfers en de daarin



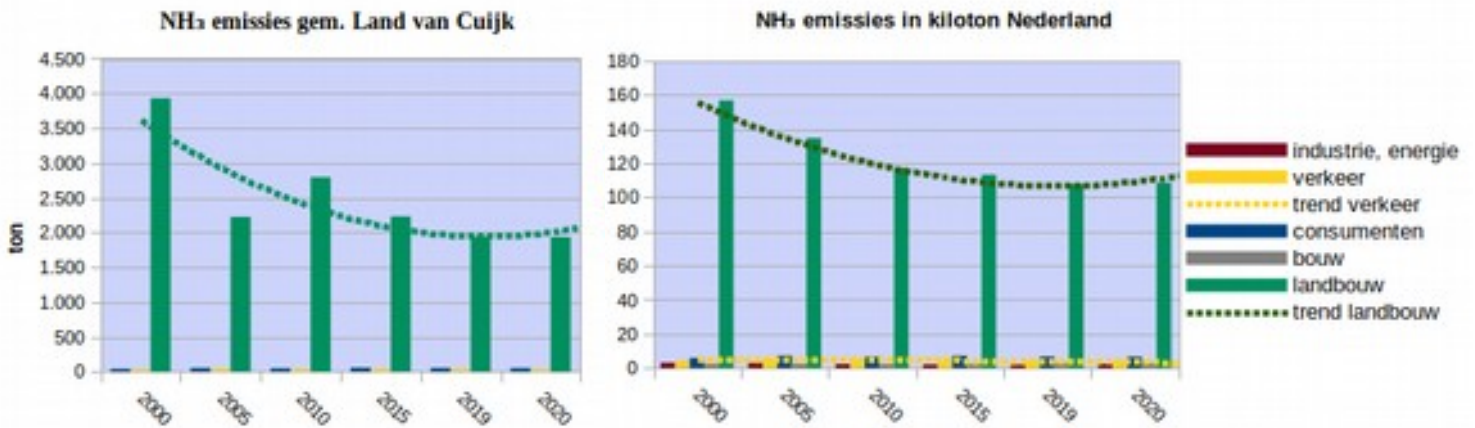
waar te nemen trends worden getoond vanaf 2000, in stappen van vijf jaar, tot 2019 en 2020. (Bron: Emissieregistratie.nl). Let met name op de trendlijn in de grafieken. Die geeft weer wat het lokale verschil is met wat er gemiddeld in Nederland aan emissies plaatsvindt⁷⁵.

Opvallend is dat de trendlijn voor stikstofoxide afkomstig uit de landbouw tot 2018 daalde en van 2019 tot 2020 met 33% steeg. Duidelijk is dat voor heel Nederland de stikstofoxide emissies hoofdzakelijk vanuit de bedrijfstak

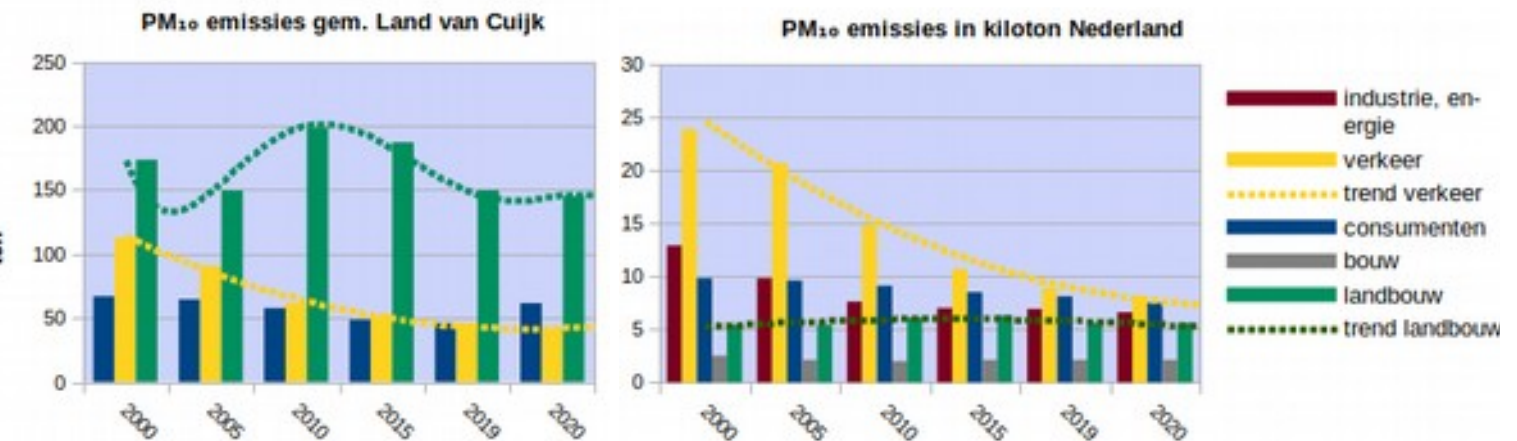
⁷⁴ Website samenwerkingsverband Emissieregistratie <https://emissieregistratie.nl>

⁷⁵ Het samenwerkingsverband Emissieregistratie berekent de emissies in (kilo)tonnen. De meest recente informatie in deze registratie betreft gegevens uit het jaar 2020. De emissiecijfers voor Land van Cuijk zijn weergegeven in tonnen.

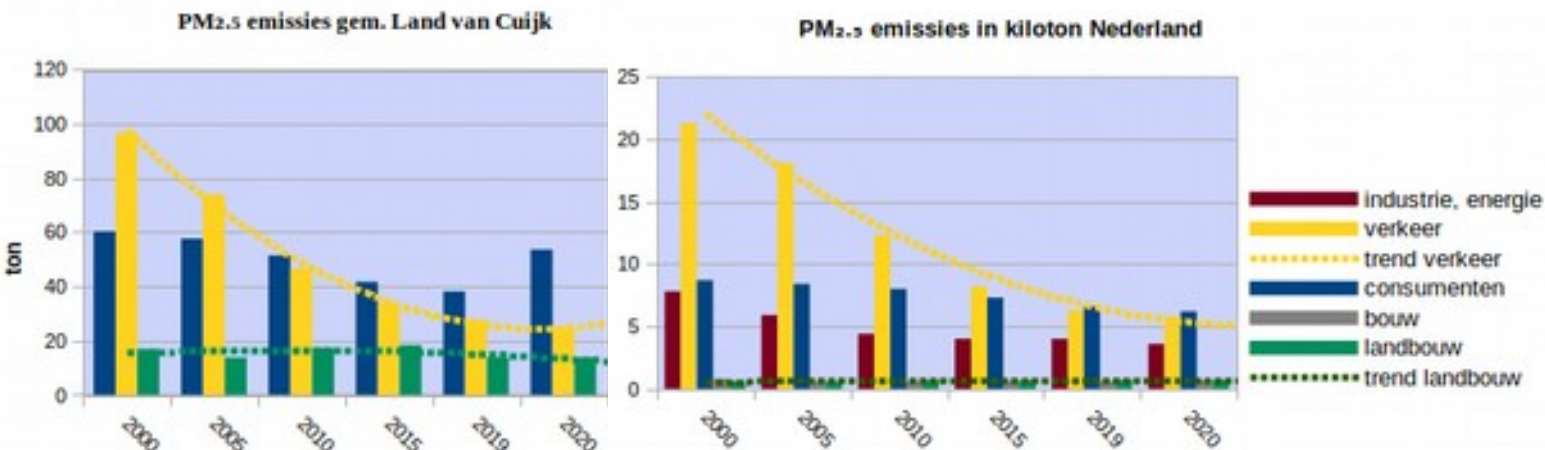
landbouw komen. De aanvankelijk dalende trend stijgt weer sinds 2019. Land van Cuijk landbouwsector wijkt nauwelijks af van deze landelijke trend.



Afgezien van de 25% hogere ammoniak emissiewaarden omstreeks het jaar 2010 in de regio Land van Cuijk laat de trendlijn van ammoniak emissies een vergelijkbare trend zien als de gemiddelde waarden in heel Nederland.



De PM₁₀ trendlijn voor verkeer neemt - in tegenstelling tot het gemiddelde voor alle bedrijfstakken in Nederland - sinds 2019 weer enigszins toe. De PM₁₀ trendlijn voor landbouw is na 2019 vrij stabiel. In tegenstelling tot de trendlijn voor verkeer toont de landbouw voor PM₁₀ een naar verhouding veel hoger emissieniveau. De trendlijn voor consumenten in de regio Land van Cuijk, laat een flinke verhoging zien in 2020. Dit in tegenstelling tot het gemiddelde voor datzelfde jaar in Nederland.

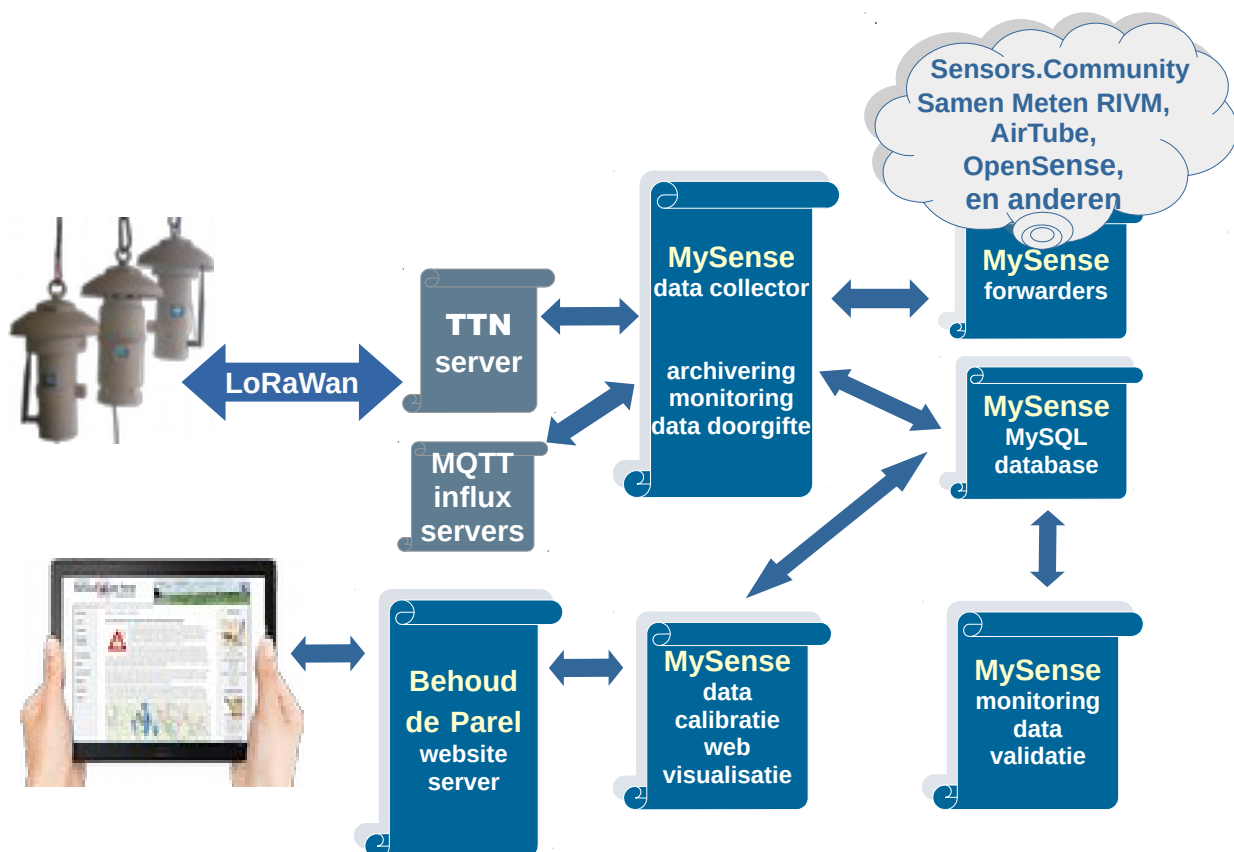


In Land van Cuijk daalt de trendlijn voor de fijnstofemissie $PM_{2.5}$ van verkeer in Land van Cuijk tot 2019, daarna stijgt deze. Dit in tegenstelling tot wat de trendlijn van het gemiddelde in Nederland laat zien. De trendlijn voor de emissie van fijn stof $PM_{2.5}$ voor Land van Cuijk met betrekking tot de landbouwsector daalt licht. Voor Nederland is deze trendlijn vrijwel stabiel. Opvallend voor Nederland als voor Land van Cuijk is de hoogte van de uitstoot van fijn stof $PM_{2.5}$ uit de sectoren 'verkeer' en 'consumenten' en dat geldt vooral voor de piek in 2020 voor de sector 'consumenten' in Land van Cuijk.

Bijlage: Hoe worden de meetdata van de meetkits behandeld?

Een overzicht hoe, waar en wanneer de metingen van de meetkits verzameld, opgeslagen, gemonitord, doorgesluisd, gefilterd, gecorrigeerd en gevisualiseerd worden met gebruikmaking van standaard PC's en uitsluitend Open Source-software:

- *data acquisitie*: ophalen, ontvangen van data en doorgeven.
- *archivering*: opslaan van meetgegevens in een database.
- *monitoren*: metingen, meetkits, applicaties en processen in de gaten gehouden en melden.
- *data forwarding*: meetdata doorspelen naar bijvoorbeeld dataportalen
- *validatie*: check op plausibiliteit van meetgegevens.
- *correcties*: verschillen tussen sensoren bijvoorbeeld weersinvloeden 'verbeteren'.
- *kalibratie*: data correcties met behulp van statistiek naar een bepaald (referentie) type sensor.
- *visualisatie*: meetdata in (statistische) grafieken vertonen. MySense maakt gebruik van.



De gemeten sensorwaarden op de meetkit wordt door een microprocessor in de meetkit ingepakt samen met metagegevens als type sensor (fijnstof, temperatuur en luchtvochtigheid), locatie (GPS), tijdstip van meting, zo nodig het voltage van de accu meestal doorgegeven aan de LoRaWan-en The Things Network- (vrij radio gebaseerd systeem) server en vandaar opgepikt via een open standaard dataprotocol (Mosquitto) door de MySense Data Collector.

De data collector monitort het gedrag van de meetkit via email alerts naar de lokale beheerder, stuurt een deel van de ruwe data met sensorinformatie en tijdstip door ('data forwarding') naar diverse dataportalen (Sensors.Community) en checkt of de meetkit nog op zijn vaste plaats hangt. RIVM dataportaal, AirTube en anderen pikken de real-time data op van Sensors.Community.

MySense zet alle ruwe meetdata en meta gegevens (bijvoorbeeld GPS locatie, sensortype) in een standaard MySQL database. De database is het standaard vehikel vanwaar alle vervolg processen (validatie, visualisatie) plaats vinden.

Elk uur wordt de meetdata gescreend of de meting valide is (buitensporige waarden worden geïnvalideerd met behulp van standaard CHI-kwadraat en Grubbs-Zscore techniek).

De grafiekgenerator werkt elk uur de uurgemiddelde grafieken bij, corrigeert en kalibreert zo nodig bij, maakt een meting overzicht met de Lucht Kwaliteit Index (LKI) marker op een regionaal kaartje.

De webserver zorgt voor de samenstelling van de website pagina's en visualisatie (High Charts).

Om uitwisseling van meetdata mogelijk te maken is een open Measurements Data Exchange Formcat (MDEF in draft) gedefinieerd. De MySense data acquisitie software maakt gebruik van dit uitwisselingsformaat.

De verschillende modules communiceren met elkaar over internet. Dit betekent dat de modules op verschillende servers hun functie kunnen uitvoeren. Op kritieke punten wordt 'mirroring' toegepast zodat bij het falen van een module een meetdata herstel mogelijk gemaakt wordt.

Bijlage: Kalibratie van vier fijnstofsensoren

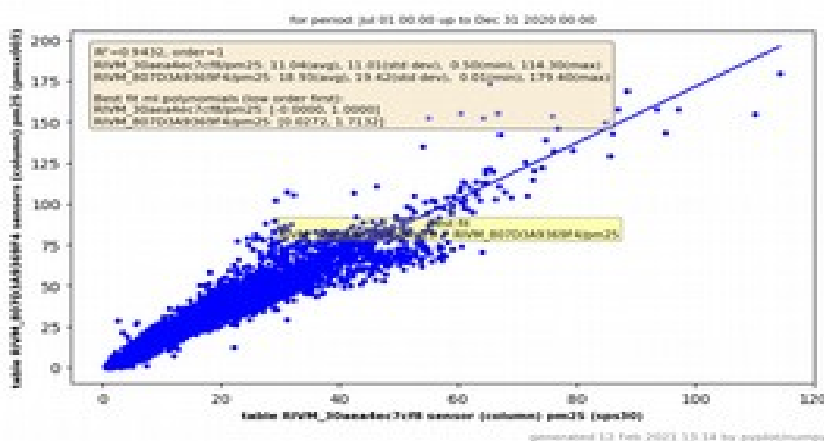
Om verschillen tussen de diverse types sensoren en fabrikanten⁷⁶ te kunnen vergelijken ontbreekt het momenteel aan een gestandaardiseerde methodiek. Voor fijnstofsensoren⁷⁷ wordt een begin gemaakt wat betreft low-cost PM_{2.5} sensors met als focus het landelijk emissiemodel⁷⁸.

Naar aanleiding van het probleem dat fijnstofsensoren verschillen is bekeken wat hier aan te doen is. Er is een statistisch onderzoek⁷⁹ gestart samen met het RIVM en het initiatief Scapeler.

Op het dak van het RIVM/NSL-meetstation in Vredepeel (hemelsbreed zo'n 9 km van de regio St. Anthonis) staan drie MySense-meetkits vanaf eind 2019 opgesteld. De drie meetkits verschillen alleen wat betreft de fijnstofsensor: Nova SDS011, Plantower PMSx003 en Sensirion (SPS30). Dit maakt het mogelijk om niet alleen de verschillende MySense-meetkits in het veld te vergelijken⁸⁰ met wat gemeten wordt in Vredepeel maar ook met de fijnstofsensor van NSL (BAM1020). De opstelling biedt ook de mogelijkheid om de weersinvloeden, zoals luchtvochtigheid en temperatuur, op de fijnstofmetingen te onderzoeken. De BAM1020 meet met gedroogde lucht aanvoer.



De low-cost fijnstofsensoren meten direct in de buitenlucht. Een probleem is dat de low-cost luchtvochtigheids- en temperatuursensoren⁸¹ (ten behoeve van de statistische verwerking) weinig bestand zijn tegen toepassingen in de buitenlucht en hebben daarom een te korte levensduur.



Bovenstaand wordt één van de regressietests getoond met betrekking tot het verschil in waarden gedurende de periode juli-december 2020 door de SPS30 en Plantower PMSx003.

76 Per fabrikant van fijnstofsensoren zijn er verschillen. Daarom is voortdurende kalibratie onderling van de toegepaste sensoren noodzakelijk met behulp van de low-cost referentiesensor van Sensirion SPS30.

77 Stikstofsensoren zijn nog ver weg, wat ontwikkeling betreft.

78 https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/event/presentation/Brussels-technical-2021/20211007_CT6_JWesseling_RIVM.pdf

79 <http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/20180921-MySense-RIVM.pdf> (Bijeenkomst RIVM "Samen Meten aan luchtkwaliteit", mei 2018)

80 De afwijking van wat lokaal gemeten wordt en wat het achtergrondniveau is, is indicatief voor de lokale situatie. Het blijkt dat de PM₁₀ kalibratie een te grote onzekerheid geeft. De focus ligt op PM_{2.5} (ten opzichte van kalibratiereferentie $R^2 > 0.7$).

81 Luchtvochtigheid en temperatuur hebben een niet lineaire invloed op meetwaarden (verhoging voor RH > 70%).

Voor de volledige rapportage met alle toegepaste low-cost sensoren in MySense meetkits en BAM1020 wordt verwezen naar het statistisch rapport (Github PDF document⁸²). Het regressierapport beschrijft ook de lineaire (orde 1) kalibratie constanten voor elk paar fijnstofsensoren.

De onderstaande tabel is afgeleid uit de regressie berekeningen en beschrijft de onzekerheidsfactor die zich manifesteert bij de toegepaste calibratie berekeningen.

weergaven in massa type sensors	$PM_{2.5}$ R square (R^2)	$PM_{2.5}$ beste fit (lineaire regressie)	PM_{10} R square (R^2)	PM_{10} beste fit (lineaire regressie)
SPS30 ↔ SDS011	0.89	+ 4%	0.79	+ 20%
PMSx003 ↔ SDS011	0.90	- 50%	0.71	- 66%
SPS30 ↔ PMSx003	0.94	+ 71%	0.80	+ 45%
BAM1020 ↔ SDS011	0.58	+ 36%	0.14	- 50%
BAM1020 ↔ SPS30	0.73	+ 40%	0.19	- 43%
BAM1020 ↔ PMSx003	0.65	+ 234%	0.14	+ 57%

Een ingekorte tabel met de kalibratie gegevens tussen de vier fijnstofsensoren (locatie RIVM/NSL- meetstation in Vredepeel).

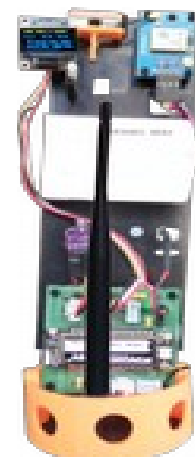
Bijvoorbeeld bij de calibratie berekening van waarden afkomstig van een Plantower (PMS) fijn stof sensor naar een Sensirion (SPS) fijnstof sensor is er sprake van meer dan 93% zekerheid dat het toegepaste omrekeningsalgoritme juist is.

82 https://github.com/teusH/MySense/blob/master/statistics/CorrelationReport_2021-02-12_Vredepeel_4-dustsensors_2020.pdf

Bijlage: MySense meetkit, de technische details

De hardware modules die toegepast worden in de MySense meetkits:

- *fijnstof sensor*: Nova SDS011, Plantower PMSX003, en Sensirion SPS30.
- *meteo sensor*: Bosch BME280, BME680, of Sensirion SHT31.
- *lokatie (GPS) sensor*: NEO-6.
- *energie voorziening*: solar (loodaccu of LiPo accu) met accu-bescherming, V230-V5 adapter
- *datacommunicatie*: open LoRaWan (The Things Network) met LoRaWan zg gateways (doorgifte: vertaalt radio data-pakket naar een internet data-pakket) in de regio.
- *microprocessor*: MyCom LoPy-4 gebaseerd op ESP ('end of life' december 2022).
- *MySense firmware* meetkit: micro Python3.
- *Processor Connector Board (PCB)* met energie besturing voor alle sensoren (FET).
- *weergave metingen*: mini OLED display.
- *behuizing*: dubbelwandige witte PVC behuizing (dakdoorvoerontluchtingskap en regenbuis en 3D geprinte bevestigingsframe).



Een meer gedetailleerde beschrijving van de meetkit (3^e generatie) is in januari 2022 gepresenteerd op de Koppelingconferentie met de titel "How did they do it" ⁸³.

Welke functionaliteit wordt in de MySense meetkit zelf ondersteund?

- Remote management en "Over The Air" (OTA) updates.
- Remote verandering van vrijwel alle firmware configuratie parameters, zoals sample tijd, sample interval tijd, verbindingsgegevens, power safe bij accu gebruik, automatische detectie type sensoren, sensor data correcties op drietal niveaus, op afstand display aan-/uitzetten of zelfs stopzetten van metingen, schoon-blazen van fijnstofsensor, ontvochtigen van vochtsensor, etc. Het remote gegeven commando wordt door de kit via LoRa bevestigd.
- Bewaking van accu gebruik.
- Bewaking van functioneren van de sensors en firmware.
- Automatische herkenning van gekoppelde sensoren en vaste locatie van installatie.
- Versturen van meta data (bijvoorbeeld locatie, type sensor, etc.) vanuit de sensorkit.
- De manier van opslaan van tellingen in 'bins' verschilt per fabrikant. Bijvoorbeeld Plantower geeft een telling aan per minimale grootte. Dit wordt teruggerekend naar maximale grootte per 'PM bin'.

⁸³ <http://behouddeparel.nl/sites/behouddeparel.nl/files/20220129-Koppeling-Amersfoort-MySense-Kit.pdf>

Bijlage: Lijst van meetlocaties in St. Anthonis en Venray

<i>operatie- neel sinds</i>	<i>label</i>	<i>straat</i>	<i>plaats</i>	<i>latitude, longitude</i>	<i>sensor configuratie</i>
2019-02-17	bwlvc-76dc	Koningslinde	Wanroij	51.6596, 5.8238	BME680,PMSX003,NEO-6
2019-10-04	bwlvc-5731	Molenstraat	St. Anthonis	51.6262, 5.8801	NEO-6,PMSX003,SHT31
2019-10-17	bwlvc-5cb8	Mullemsedijk	Stevensbeek	51.6063, 5.9434	BME680,NEO-6,SPS30
2019-10-31	bwlvc-6dbc	Ledeackerse- straat	Ledeacker	51.6397, 5.8888	NEO-6,PMSX003,SHT31
2019-11-29	bwlvc-7129	Kerkstraat	Westerbeek	51.5743, 5.8675	BME280,NEO-6,PMSX003
2019-11-25	bwlvc-7140	Lamperen	Wanroij	51.6453, 5.8411	NEO-6,PMSX003,SHT31
2019-12-08	bwlvc-8a24	Kolzinstraat	St. Anthonis	51.6242, 5.8865	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-12-14	bwlvc-571d	Schape- ndreef	Landhorst	51.6185, 5.7925	NEO-6,PMSX003,SHT31
2019-12-31	bwlvc-9ca5	W-Alexander- laan	Haps	51.6921, 5.8604	BME280,NEO-6,PMSX003
2019-03-29	bwlvc-9eb4	Althof	Boxmeer	51.6458, 5.9522	NEO-6,PMSX003,SHT31
2020-05-29	bwlvc-8cc4	Noordkant-3	St. Anthonis	51.6394, 5.8927	BME280,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-8fe9	Cerespark	Stevensbeek	51.6063, 5.9128	BME680,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-8ff9	Zandkant	St. Anthonis	51.6350, 5.9065	BME680,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-7500	Boompjes- weg	Landhorst	51.6375, 5.7850	BME680,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-95e9	Noordkant-2	St. Anthonis	51.6387, 5.8920	BME280,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-9cd5	Vloetweg	Oploo	51.6047, 5.8702	BME680,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-a6b9	Bosweg	St. Anthonis	51.6236, 5.8547	BME680,NEO-6,PMSX003
2020-05-29	bwlvc-ad0d	Spekklef	Oploo	51.5955, 5.8464	NEO-6,PMSX003,SHT31
2020-05-29	bwlvc-b311	Noordkant-1	St. Anthonis	51.6340, 5.8856	BME680,NEO-6,PMSX003
2019-05-02	cal-5888	Vredeweg	Vredepeel	51.5405, 5.8530	NEO-6,SDS011,SHT31
2019-07-09	cal-7cf8	Vredeweg	Vredepeel	51.5405, 5.8531	NEO-6,SHT31,SPS30

<i>operatie- neel sinds</i>	<i>label</i>	<i>straat</i>	<i>plaats</i>	<i>latitude, longitude</i>	<i>sensor configuratie</i>
2019-11-13	cal-69f4	Vredeweg	Vredepeel	51.5405, 5.8531	NEO-6,PMSX003,SHT31
2019-04-25	K1-NO	Wusterweg	Castenray	51.4976, 6.0263	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-04-25	K2-NW	Wusterweg	Castenray	51.4977, 6.0247	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-04-25	K3-A73	Wusterweg	Castenray	51.4993, 6.0269	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-04-25	K4-Z	Wusterweg	Castenray	51.4971, 6.0256	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-04-25	K5-ZO	Wusterweg	Castenray	51.4970, 6.0264	BME680,PMSX003,ACCU, NEO-6
2019-04-25	K7-ZW	Wusterweg	Castenray	51.4972, 6.0243	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-04-25	K8-N	Wusterweg	Castenray	51.4977, 6.0256	ACCU,BME680,NEO-6, PMSX003
2019-04-25	K9- kantine	Wusterweg	Castenray	51.4974, 6.0266	BME680,NEO-6,PMSX003
2019-04-25	K6-inpak	Wusterweg	Castenray	51.4974, 6.0265	BME680,NEO-6,PMSX003