

MEETNETWERK ZANDKANT - NOORDKANT

Gemeente Sint Anthonis
Postbus 40
5845 ZG Sint Anthonis

Monique van der Gaag
Projectleider veehouderij, welzijn en gezondheid
06 13 75 19 97

Sandra van Kampen (Connecting Agri & Food)
Veerle Slegers (Comunicamos)
Vic Luijkx (Innoviction)

Datum
22-12-2020



Innoviction



MEETNETWERK ZANDKANT - NOORDKANT

Gemeente Sint Anthonis
Postbus 40
5845 ZG Sint Anthonis

Monique van der Gaag (Connecting Agri & Food)
Projectleider veehouderij, welzijn en gezondheid
m.vandergaag@connectingagriandfood.nl
06 13 75 19 97

Sandra van Kampen (Connecting Agri & Food)
Veerle Slegers (Comunicamos)
Vic Luijkx (Innoviction)

Datum
22-12-2020

Met speciale dank aan:

Gemeente Sint Anthonis
Provincie Noord Brabant
Agro Proeftuin de Peel

Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk & Vereniging Behoud de Parel
RIVM
GGD Brabant - team Gezondheid, Milieu & Veiligheid

Samenvatting

De gemeente Sint Anthonis heeft in 2019 meetnet opgezet met fijnstofsensoren in het pilotgebied Zandkant - Noordkant. Het meetnetwerk beoogt met sensoren een beeld te krijgen van de actuele situatie van de luchtkwaliteit, de patronen in de tijd, de invloed van weersomstandigheden op deze patronen en indien mogelijk de invloed van diverse bronnen. Het gebied heeft bewoning, veehouderij, andere economische activiteiten, recreatie, evenals een provinciale weg en de A73 nabij. Het gebied ligt tegen een woonkern aan. Voor het meetnetwerk zijn acht fijnstofsensoren op 'neushoogte' verspreid in het gebied geplaatst. Daarnaast was een aanvullende wens om ook in de buurt van bronnen van fijnstof te meten, zoals veehouderijbedrijven, locaties waar hout gestookt wordt en de provinciale weg.

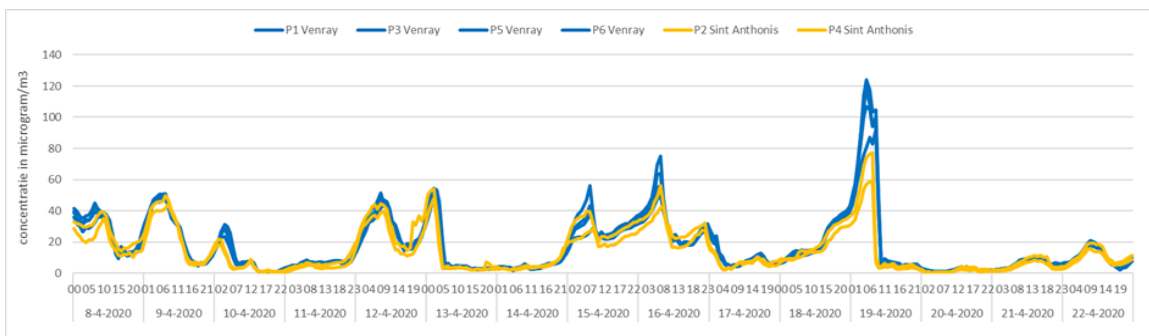
Voor het meetnetwerk is een sensor gekozen die zowel het kleinere fijnstof kan meten (PM1, PM2,5) als het grovere fijnstof (PM10). De sensor bleek geschikter voor het PM2,5 dan voor PM10. De analyses zijn derhalve uitgevoerd voor dit type fijnstof. Iedere 10 minuten worden de meetwaarden doorgegeven via het LoRa netwerk. De meetwaarden zijn alleen geanalyseerd op de patronen en niet op de absolute waarden. Over de exacte concentraties kan geen uitspraak worden gedaan. Tevens worden elk uur de weergegevens geregistreerd (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windrichting en -snelheid).

Daarnaast is ammoniak gemeten nabij een veehouderijbron, en is tevens een geurcomponent in een varkensstal gemeten. Deze laatste twee experimenten zijn voorbereidend op toepassingen in een toekomstig meetnetwerk. Vijf ammoniaksensoren zijn in september geplaatst bij een pluimveebedrijf, buiten het meetgebied Zandkant/Noordkant, achter de droogtunnel. In oktober zijn twee sensoren op 15 meter afstand van de stal geplaatst. Tot slot is een sensor getest in een varkensstal die H₂S kan meten in lage concentraties.

Op 20 november 2019 heeft een kick-off bijeenkomst met belanghebbenden plaats gevonden. In deze bijeenkomst was het mogelijk voor de bewoners om vragen te stellen en wensen kenbaar te maken. Deze wensen zijn waar mogelijk meegenomen in de locatiekeuze voor de sensoren. Mede op verzoek van de bewoners is een digitale nieuwsbrief opgezet en gekozen voor invulling middels de website www.metensa.nl. Op de website zijn de uitkomsten vermeld en gedeeld met de bewoners uit het gebied en andere geïnteresseerden. Met enkele agrarische ondernemers in het gebied en met bewoners die een sensor op hun terrein hebben geplaatst zijn gesprekken gevoerd. Op 13 oktober 2020 is een tweede informatie bijeenkomst online georganiseerd. De bijeenkomst is terug te zien op <https://youtu.be/57qZn2VmcBQ>.

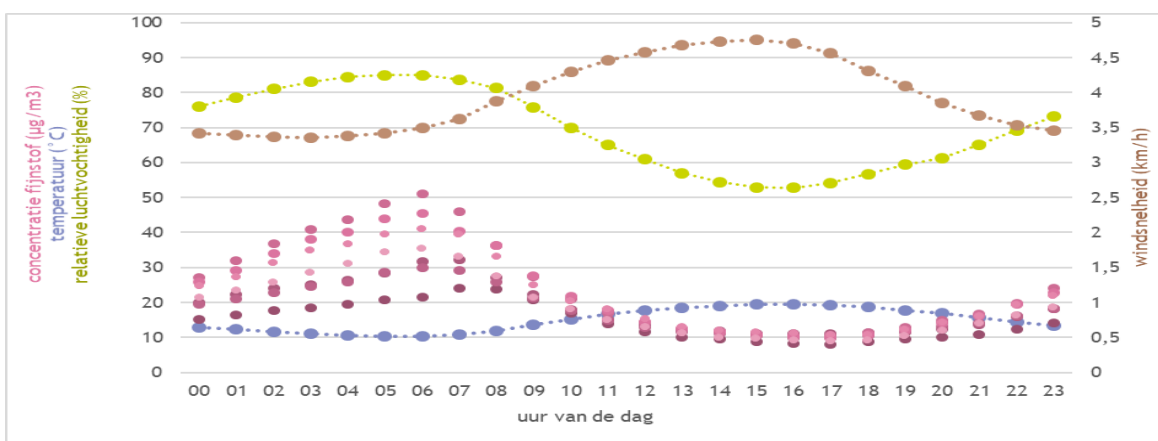
Patronen fijnstof vergelijkbaar op alle sensorlocaties

De fijnstof meetwaarden geven vergelijkbare patronen in het gebied Zandkant/Noordkant en ook in vergelijking met hetzelfde type sensoren op 15 km afstand in Venray.



Gemeten data fijnstof van 7 t/m 23 april 2020 van zes sensoren in Venray en Sint Anthonis

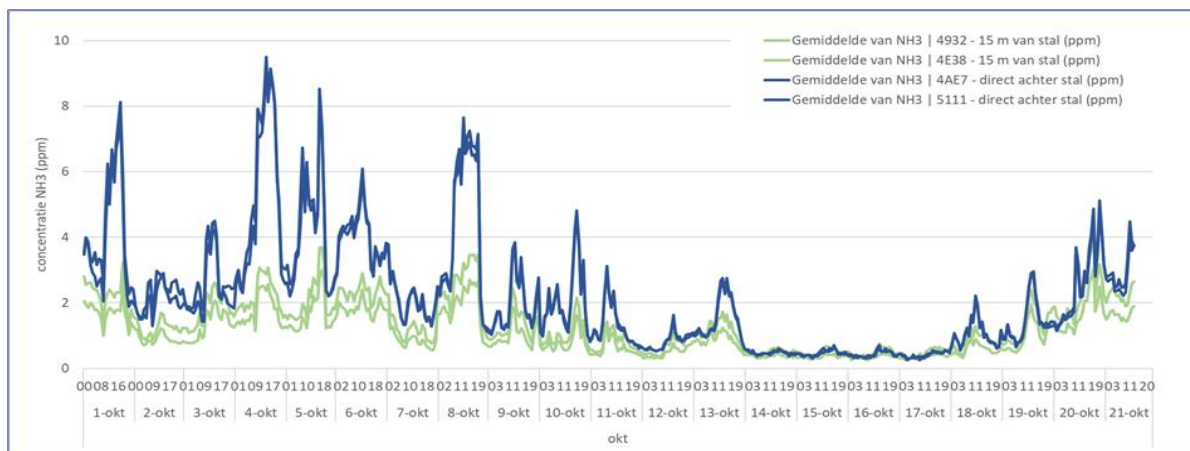
Er zijn grote verschillen gemeten tussen dagen. Er zijn dagen waarop alleen lage concentraties gemeten worden en dagen waarop de gehele dag de concentratie beduidend hoger is. De luchtkwaliteit lijkt gemiddeld genomen overdag beter dan 's nachts. Dit komt mogelijk ook omdat de windsnelheid lager is en omdat de relatieve luchtvochtigheid in de nacht vaak hoger is en dat kan van invloed zijn op het meetresultaat.



Gemiddelde concentratie fijnstof (6 sensoren) en de weers-omstandigheden (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid) gedurende de dag (maart-november 2020)

Tevens zijn er verschillen in patronen gezien gedurende de meetperiode die samenhangen met de weersomstandigheden. Bij hardere wind wordt minder fijnstof gemeten. De hogere waarden bij hogere luchtvochtigheid kan mede veroorzaakt zijn doordat dit de sensorwaarde direct beïnvloed. De gemeten waarden waren het hoogst bij oosten en zuidoostenwind. Er waren echter ook maanden dat er meer stof gemeten werd bij andere windrichtingen. De gemeten waarden zijn bij hoge temperaturen boven de 25°C relatief lager.

De gemeten ammoniakconcentraties bij de pluimveelocatie variëren met het tijdstip waarop de mest dagelijks uit de stal wordt verwijderd en gedroogd. De sensoren op 15 meter afstand van de stal laten eenzelfde patroon zien maar met lagere concentraties. De geteste ammoniaksensoren bleken ongeschikt om nog lagere concentraties te meten, en de toepassing ervan vanuit het oogpunt van stikstofdepositie biedt voorsnog weinig perspectief. Voor toepassing bij doelvoorschriften is het echter wel mogelijk en zinvol om de ammoniakemissie van een locatie te meten.



Meetwaarden ammoniakconcentratie op verschillende afstanden achter de luchtuitleat (uurbasis).

Geconcludeerd wordt dat sensortechnologie geschikt is voor fijnstof meetnetwerken, met dien verstande dat de in deze pilot gebruikte sensortechnologie geschikt is voor het meten van de patronen, maar niet voor absolute concentraties. Het patroon van de fijnstofconcentratie was overal in het meetnetwerk overwegend gelijk, waarmee een grofmazig meetnetwerk volstaat. De relatie met bronnen in het gebied was echter niet goed zichtbaar. Bij de variërende gemeten concentraties fijnstof in de dag, week en maand spelen weersomstandigheden en mogelijk ook specifieke bronnen buiten het meetnetwerk een rol. Met name de windsnelheid is van invloed: bij hogere windsnelheden is minder fijnstof gemeten. Voor kennis over bronnen van fijnstof is een fijnmaziger meetnetwerk dicht bij de bron benodigd met nauwkeuriger sensoren.

Aanbevolen wordt het fijnstofmeetnetwerk uit te breiden op minder fijnmazige basis en over een groter gebied. Open communicatie met alle bewoners en andere betrokkenen over de metingen vergroot het draagvlak en betrokkenheid van mensen. De data dienen nádat deze zijn gefilterd en gecorrigeerd te worden geïnterpreteerd zodat het relevante informatie wordt. Het draagt bij om de resultaten te vergelijken met andere locaties, ook buiten de gemeente. Een dergelijk meetnetwerk wordt dan niet alleen vóór bewoners maar ook met en van de bewoners en van de samenleving.

Inhoudsopgave

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| SAMENVATTING | 3 |
| 1 INLEIDING | 7 |
| 1.1 Achtergrond leefomgeving..... | 7 |
| 1.1.1 Fijnstof..... | 7 |
| 1.1.2 Ammoniak..... | 9 |
| 1.1.3 Geur..... | 11 |
| 1.2 Onderzoeksvraag..... | 12 |
| 1.3 Locatie meetnetwerk..... | 13 |
| 2 AANPAK VAN HET ONDERZOEK | 14 |
| 2.1 Keuze voor fijnstofsensoren..... | 14 |
| 2.2 Locatie fijnstofsensoren..... | 15 |
| 2.3 Experiment met ammoniakmetingen in buitenlucht en met geur in de stal..... | 17 |
| 2.3.1 Ammoniakmetingen in buitenlucht..... | 17 |
| 2.3.2 Sensor voor geurcomponent in de stal..... | 18 |
| 2.4 Van data naar informatie..... | 19 |
| 2.5 Communicatie en afstemming in de regio..... | 19 |
| 3 RESULTATEN | 21 |
| 3.1 Fijnstof..... | 21 |
| 3.1.1 Data opschoning en sensor vergelijking..... | 21 |
| 3.1.2 Vergelijking patronen van sensoren..... | 22 |
| 3.1.2.1 Informatie per locatie..... | 23 |
| 3.1.2.2 Vergelijking Sint Anthonis en Venray..... | 23 |
| 3.1.3 Patronen in de tijd..... | 24 |
| 3.1.3.1 Dagpatronen..... | 24 |
| 3.1.3.2 Patronen over het jaar..... | 26 |
| 3.1.4 Relatie met weersomstandigheden..... | 27 |
| 3.1.5 Mogelijke bronnen..... | 32 |
| 3.2 Ammoniak in de buitenlucht..... | 32 |
| 3.3 Geurcomponent in een stal..... | 34 |
| 4 CONCLUSIE EN DISCUSSIE | 36 |
| 4.1 Conclusies..... | 36 |
| 4.2 Discussie..... | 37 |
| 4.2.1 Fijnstof..... | 37 |
| 4.2.2 Ammoniak..... | 37 |
| 5 AANBEVELINGEN | 39 |
| GERAADPLEEGDE BRONNEN | 40 |
| BIJLAGE AANTAL GRAFIEKEN ANALYSE VERGELIJKING SENSOREN EN WEERSINVLOEDEN | 41 |

1 Inleiding

Op 8 november 2018 is in de raadsvergadering van Sint Anthonis unaniem een motie aangenomen om, samen met burgers en agrariërs, een opzet te maken voor een meetnet luchtkwaliteit. De volgende punten waren aanleiding tot dit besluit:

- Schone lucht is van belang voor het leefmilieu van mensen, dieren en planten;
- Het gezamenlijk doen van continu-metingen helpt bij het verzamelen van feitelijke informatie. Feiten kunnen helpen in de dialoog in de samenleving over luchtkwaliteit;
- Het meten van luchtverontreinigende stoffen (zoals fijnstof en ammoniak) is tegenwoordig relatief goedkoop en eenvoudig uit te voeren middels sensoren. De beoogde sensoren zijn goedkoper en kleiner dan officiële meetapparatuur, maar zijn in staat om met hoge tijdsresolutie te meten. De sensoren kunnen aangesloten worden op het LoRa netwerk waar ook de Smart City technologie op draait;
- Agrariërs hebben belang bij het beter monitoren van de uitstoot van hun bedrijf, om hiermee reductiedoelstellingen te behalen en om bij te kunnen sturen in hun dagelijkse bedrijfsvoering;
- Omwonenden willen inzicht in concentraties waaraan zij worden blootgesteld en welke invloed lokale bronnen daar op hebben. Ook willen zij de momenten waarop problemen worden ervaren, kunnen koppelen aan de activiteit van lokale bronnen.

De gemeenteraad heeft Connecting Agri & Food gevraagd om in samenwerking met Veerle Slegers van Comunicamos en Vic Luijckx van Innoviction dit project uit te voeren. Hierbij is de communicatie met de bewoners in het meetgebied in handen van Comunicamos en Innoviction. Connecting Agri & Food heeft zorg gedragen voor de metingen in het gebied.

In de gemeente Sint Anthonis is ook de Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk actief met het meten van fijnstof in de het buitengebied. Deze burgerwetenschappers zijn aangesloten bij Behoud de Parel en worden ook vanuit de gemeente ondersteund in het opzetten en onderhouden van de metingen. In het project heeft regelmatig afstemming plaatsgevonden met de Stichting.

1.1 Achtergrond leefomgeving

Voor een veilige en gezonde leefomgeving zijn in de nieuwe omgevingswet diverse omgevingswaarden benoemd (www.aandeslagmetdeomgevingswet.nl). Deze omgevingswaarden zijn bedoeld om een goede leefomgeving te bereiken en in stand te houden. Het gaat dan bijvoorbeeld om de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater, de veiligheid van waterkeringen en om luchtkwaliteit. Bij de vaststelling van de omgevingswaarden zijn meerdere belangen meegewogen, zoals gezondheid, veiligheid, milieu, economie en ruimte voor ontwikkeling en het uitvoeren van activiteiten.

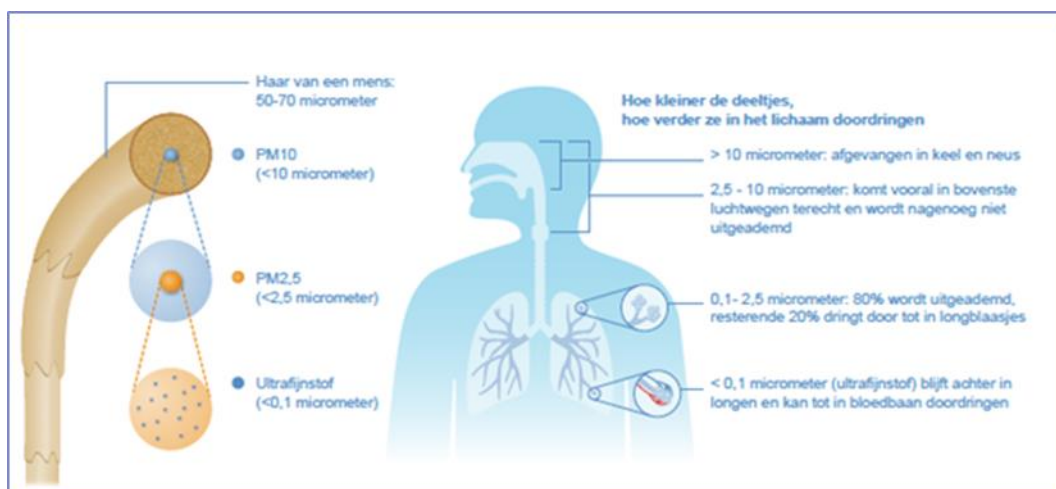
In dit project is onderzoek gedaan naar de luchtkwaliteit in het pilotgebied Zandkant - Noordkant, waarbij de focus heeft gelegen op het meten van fijnstof omdat dit vanuit volksgezondheid een belangrijke component van luchtkwaliteit is. De volgende twee aspecten die in een vervolg opgenomen kunnen worden zijn ammoniak en geur. In parallel lopende pilots in andere projecten zijn enkele experimenten uitgevoerd als basis voor meetnetwerken voor luchtkwaliteit. De resultaten zijn beknopt ook in deze rapportage opgenomen.

1.1.1 Fijnstof

Een belangrijk aspect van luchtkwaliteit is fijnstof. Fijnstof betreft alle deeltjes in de lucht kleiner dan 10 micrometer. Fijnstofdeeltjes kunnen zowel van antropogene (door de mens veroorzaakt) als

van natuurlijke bronnen komen. Het meeste fijnstof (zo'n 75- 80%) in de lucht heeft een antropogene bron. Zo ontstaat fijnstof onder andere bij de verbrandingsprocessen in de industrie, het verkeer, overslaan van bulkgoederen, landbouw en veehouderij en houtverbranding.

Fijnstof wordt vaak afgekort tot PM, wat afkomstig is van de Engelse afkorting voor 'Particulate Matter'. Naast PM10 (fijnstof kleiner dan 10 μm) komt er ook steeds meer aandacht voor PM2,5, fijnstof kleiner dan 2,5 μm . Deeltjes kleiner dan 0,1 μm worden aangeduid als ultra fijnstof (UFP). Vanuit het oogpunt van de gezondheid is de grootte van het deeltje van belang. Ruwweg kan gesteld worden: hoe kleiner het deeltje, hoe groter het risico voor de gezondheid. Uit figuur 1 blijkt namelijk dat UFP dieper in de longen kan doordringen dan PM10.

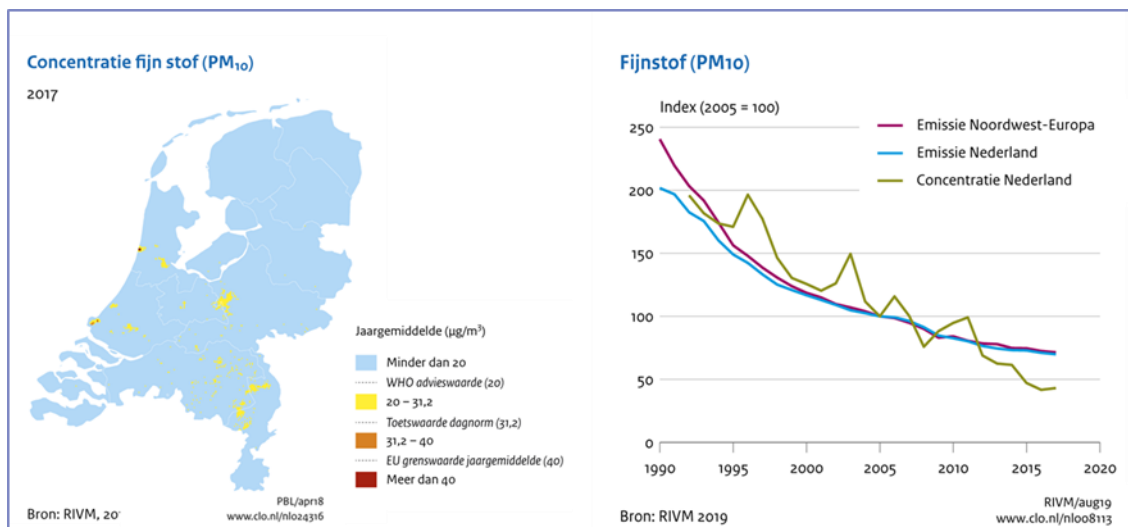


Figuur 1 Grootte deeltjes van fijnstof en waar deze deeltjes in het luchtwegen terecht kunnen komen

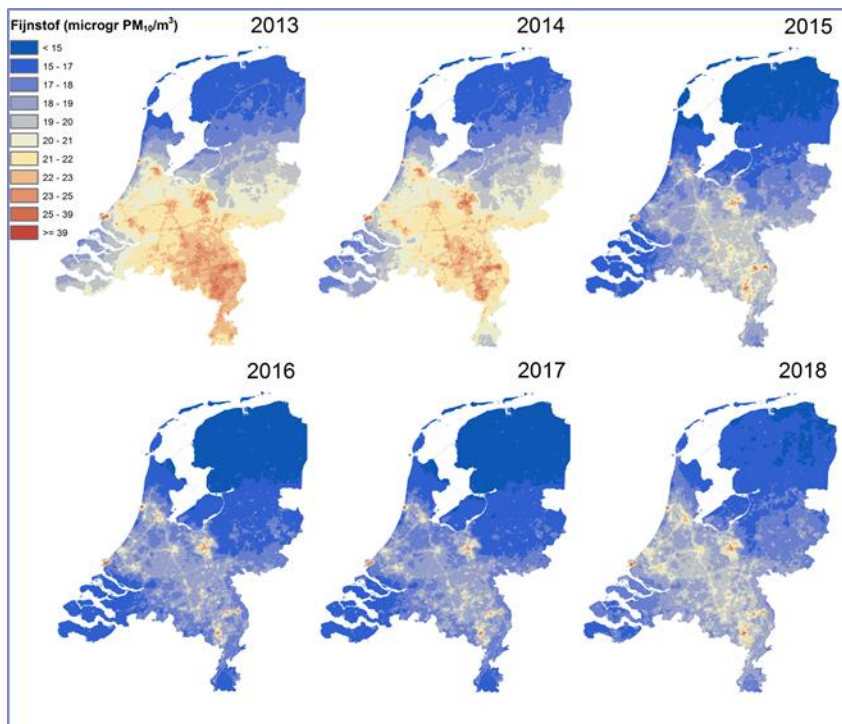
Tevens zijn er onderzoeken die aangeven dat fijnstof ook een drager kan zijn voor andere componenten zoals endotoxinen, ziektekiemen of geurstoffen. Endotoxinen zijn kleine stukjes van bepaalde bacteriën. Het zijn dode deeltjes die geen infecties veroorzaken, maar mensen kunnen er wel luchtwegklachten van krijgen. Door inademing van lucht met fijnstof komen de deeltjes in de luchtwegen.

Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen de emissies en de concentraties van fijnstof. Met emissies (uitgedrukt in b.v. gram/jaar) wordt de uitstoot van fijnstof door bronnen (verkeer, landbouw, industrie) bedoeld. De concentratie in de buitenlucht (uitgedrukt in microgrammen per kubieke meter of $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt bepaald door de uitstoot en de meteorologische omstandigheden.

Uit onderstaande figuren 2 en 3 blijkt dat de emissie van fijnstof in Nederland de laatste decennia afneemt. Ook de concentratie laat een dalende lijn zien. In 2018 is een verhoging zichtbaar die mogelijk wordt veroorzaakt door de lange warme droge zomer in dat jaar. Er zijn duidelijke verschillen binnen Nederland zichtbaar waarbij bepaalde regio's een hogere concentratie kennen dan andere gebieden. Een jaargemiddelde geeft niet dezelfde informatie als een continumeting. Er kunnen grote fluctuaties zijn binnen een jaar. Daarom is vanuit het oogpunt van luchtkwaliteit, het belangrijk om continu te monitoren. Voor de gezondheid van mens en dier is zowel de concentratie als de blootstellingsduur van belang.



Figuur 2 Het jaargemiddelde van de concentratie fijnstof in 2017 en het verloop van de emissie en de concentratie van fijnstof van 1990 tot 2017 (index: 2005=100)



Figuur 3 Overzicht fijnstofconcentratie Nederland 2013 - 2018

1.1.2 Ammoniak

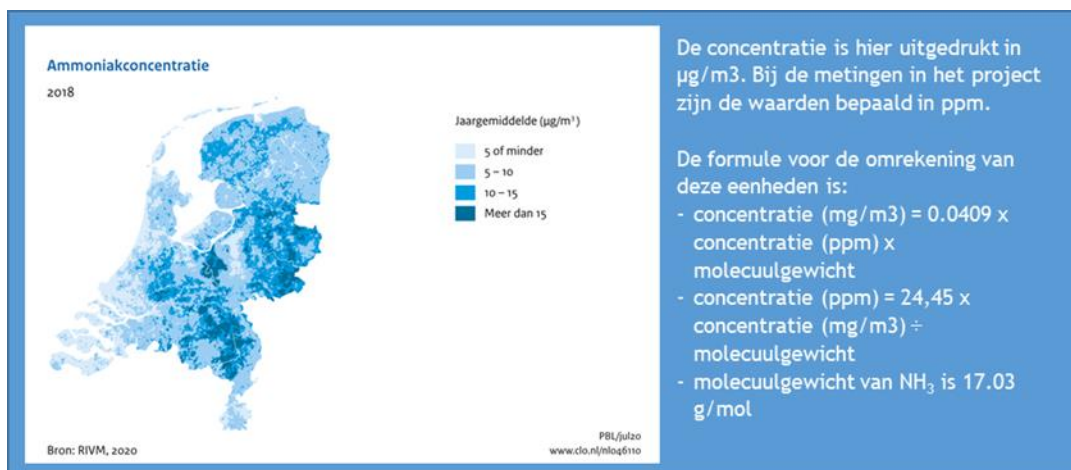
Naast fijnstof is er ook belangstelling voor ammoniak. Ammoniak (NH₃) wordt onder andere gebruikt voor het maken van kunstmest, schoonmaakmiddelen en koelmiddel voor grote koelinstallaties. Ammoniak ontstaat ook uit mest en urine. De veehouderij is in Nederland de grootste bron van ammoniakemissie. In het project is gekeken of het mogelijk is om ook realtime ammoniak te meten in de buitenlucht en deze patronen naast de data van de fijnstofsensoren te leggen.

Tijdens het project is getest met sensoren voor NH₃. Echter, het meten van ammoniak in de buitenlucht is met (betaalbare) sensoren nog niet goed mogelijk omdat de concentraties te laag zijn voor de momenteel beschikbare sensoren. Het continu meten van ammoniak is niet eenvoudig. De apparatuur die hiervoor wordt gebruikt bij het LML van het RIVM is duur en niet geschikt om op grotere schaal in te zetten om de concentraties ammoniak te meten. Er zijn vele sensoren op de markt die veel voordeliger zijn, maar deze zijn vooralsnog niet geschikt om juist de lagere concentraties goed te meten. De concentratie in Nederland is gemiddeld 7,7 µg/m³, dit komt overeen met 0,01 ppm. In gebieden met veel (intensieve) veehouderij is de concentratie enkele malen hoger.

De agrarische sector is de belangrijkste bron van ammoniak in de buitenlucht. Ammoniak komt vrij uit stallen, mestopslagen, bij aanwending van (kunst)mest op het land en tijdens beweiding. Deze bronnen nemen in totaal ca. 85% van de emissie in Nederland voor hun rekening (CLO website, 2020).

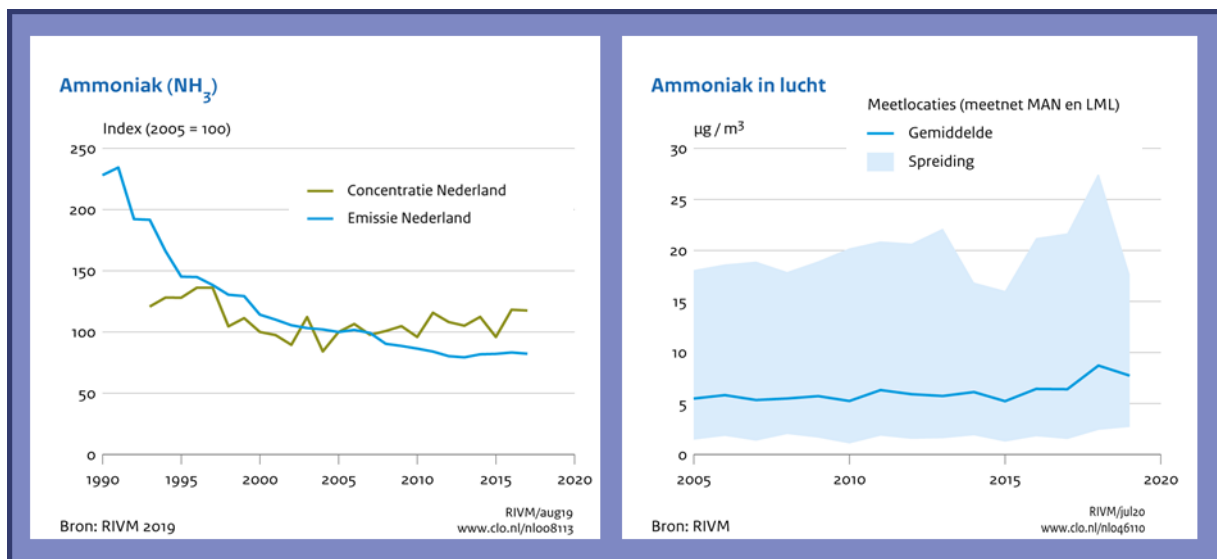
Ammoniak is een belangrijke stof vanuit het oogpunt van natuur- en luchtkwaliteit. Bij de bron kunnen hoge concentraties optreden. De hoogste neerslag (depositie) vind dichtbij de bron plaats, de meeste depositie is verder weg. Dit kan in een droge en natte vorm (respectievelijk droge en natte depositie). Deze depositie is van belang omdat verhoogde stikstofdepositie kan leiden tot meer verzuring, vermessing en daardoor een vermindering van de biodiversiteit.

In Nederland meet het RIVM ammoniak in de lucht middels het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) en het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit). Onderstaande figuur 4 laat de jaargemiddelde ammoniakconcentratie in de lucht over Nederland zien. Hieruit blijkt dat er gebieden zijn waar de gemiddelde concentratie hoger is en gebieden met een lagere gemiddelde concentratie.



Figuur 4 Jaargemiddelde van de concentratie ammoniak in Nederland

De emissie van ammoniak is de laatste decennia afgenomen en de gemeten concentraties zijn de laatste 20 jaar redelijk gelijk gebleven. Dit blijkt uit onderstaande figuur 5 “De emissie en concentratie van ammoniak op jaarbasis in Nederland”.



*Figuur 5 Links: De emissie en concentratie van ammoniak op jaarbasis in Nederland (y-as index: 2005 = 100)
Rechts: De gemiddelde concentratie ammoniak en de spreiding per jaar in µg/m³.*

1.1.3 Geur

De meeste geurstoffen zijn al te ruiken bij heel lage hoeveelheden die niet schadelijk zijn voor de gezondheid. Wel kunnen geuren verschillende nadelige effecten oproepen, zoals (ernstige) hinder, en ze kunnen het algemene dagelijkse leven beïnvloeden. Blootstelling aan geur, zeker bij herhaling, kan ook stressgerelateerde gezondheidseffecten oproepen. Voorbeelden zijn dan hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid en vermoeidheid. Er bestaan geen gezondheidskundige normen voor geur, waardoor het niet eenvoudig is om te bepalen hoeveel geur gezondheidskundig gezien aanvaardbaar is (M. Venselaar-Mooij et al. 2015).

Het goed en eenduidig meten van geur is lastig en duur. Er zijn verschillende methoden om geuremissie en geurhinder vast te stellen, dit kan met modelberekeningen, metingen van bepaalde stoffen en bepaling van de hedonische waarde met behulp van de menselijke neus. De hedonische waarde is een maat voor de (on)aangenaamheid van een geur. Hierbij wordt volgens vaste protocollen gewerkt, die deels ook nog in ontwikkeling zijn. Dit zijn de NTA 9065 voor 'Meten en rekenen geur' en de NTA 9055 voor 'Elektronische luchtmonitoring' uitgegeven door NEN, Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut.

In dit project is geur vanuit de veehouderij niet meegenomen. Er was aanvankelijk voorzien in een monsternamen van zakken lucht in en om veehouderijbedrijven. In het gebied is er bij bewoners soms sprake van geurhinder. Een éénmalige meting is bedoeld om de verschillen in luchtsamenstelling bij bedrijven in kaart te brengen. Dit is een eerste stap om te komen tot meer mogelijkheden tot inzicht en handelingsperspectief binnen het bedrijf en een beeld van de mate waarin de geurstoffen ook buiten het bedrijf voorkomen. Op basis van deze geuranalyse is er nog geen inzicht in de geurstoffen in de buitenlucht in de tijd. Het geeft een beeld van de mogelijke geurcomponenten die bij geuronderzoek gemeten kunnen worden. In dit meetnetwerk zou het naar verwachting geen directe meerwaarde hebben en juist verstorend kunnen werken bij de opbouw van het relationeel vertrouwen. Dit mede vanwege de complexiteit van het onderwerp en het beperkt aantal veebedrijven in het meetnetwerk. Daarnaast vergden de andere onderdelen van het project meer tijd en geld waarna in overleg met de opdrachtgever deze keuze is gemaakt. Wel is er

een klein experiment uitgevoerd dat bij kan dragen aan toekomstige geurmetingen. Dit is aan het eind van deze paragraaf beschreven.

Het aanwezig zijn van geur kan leiden tot geurhinder. De mate van hinder die door individuen wordt ervaren, wordt door meerdere factoren bepaald, denk aan concentratie van geur, intensiteit en weersomstandigheden en per individu ook van beleving en reukvermogen. Om dit te objectiveren kan gekeken worden naar de luchtsamenstelling. Zo kunnen de bronnen van hinder beter in beeld gebracht worden. En daarmee ook de mogelijkheden om hinder te voorkomen en te verminderen. Hiervoor is het belangrijk om in detail te weten waaruit de geur bestaat. Zo kunnen de meeste mensen heel goed het verschil ruiken tussen een varkens- en een kippenstal. Uit eerste experimenten betreffende de luchtsamenstelling van veestallen, waren er verschillen aantoonbaar tussen diertypen. Echter ook de leeftijd van de dieren, het type voer(samenstelling), de stalrichting, hygiëne en management spelen een rol bij het luchtprofiel van een stal en bedrijf.

Enkele belangrijke componenten voor geur zijn waterstofsulfide (H_2S), vluchtige organische componenten (VOC) en ook ammoniak (NH_3). De concentraties in de buitenlucht zijn dermate laag dat er nog geen betaalbare uitgekristalliseerde techniek is die deze lage concentraties betrouwbaar en realtime kan meten. Veel sensoren voor bijvoorbeeld H_2S en NH_3 zijn ontwikkeld om concentraties te meten die vanuit volksgezondheid een (acuut) gevaar opleveren. De geurdrempel ligt echter veel lager. Zo ligt de geurdrempel voor H_2S onder 0,1 ppm (parts per million) en beginnen gezondheidsklachten pas bij een concentratie die veel hoger ligt. De MAC, maximaal aanvaarde concentratie, is vastgesteld op 1,6 ppm. Dit is de maximaal toelaatbare gemiddelde grenswaarde over een periode van 8 uur.

1.2 Onderzoeksvraag

Het doel van het meetnetwerk was een goed beeld te krijgen van de luchtkwaliteit. Hierbij ging het om de actuele situatie, de variatie in de tijd en de mogelijke invloed van diverse bronnen en weersomstandigheden die ook een relatie hebben met de luchtkwaliteit. Om dit inzicht te verkrijgen was de insteek om gedurende een jaar te meten op meerdere locaties in een relatief beperkt gebied.

De kernvraag is:

- Kunnen we aan de hand van real time metingen met sensoren inzicht krijgen in de actuele situatie van de luchtkwaliteit in het pilotgebied?

Hieronder ligt een aantal deelvragen:

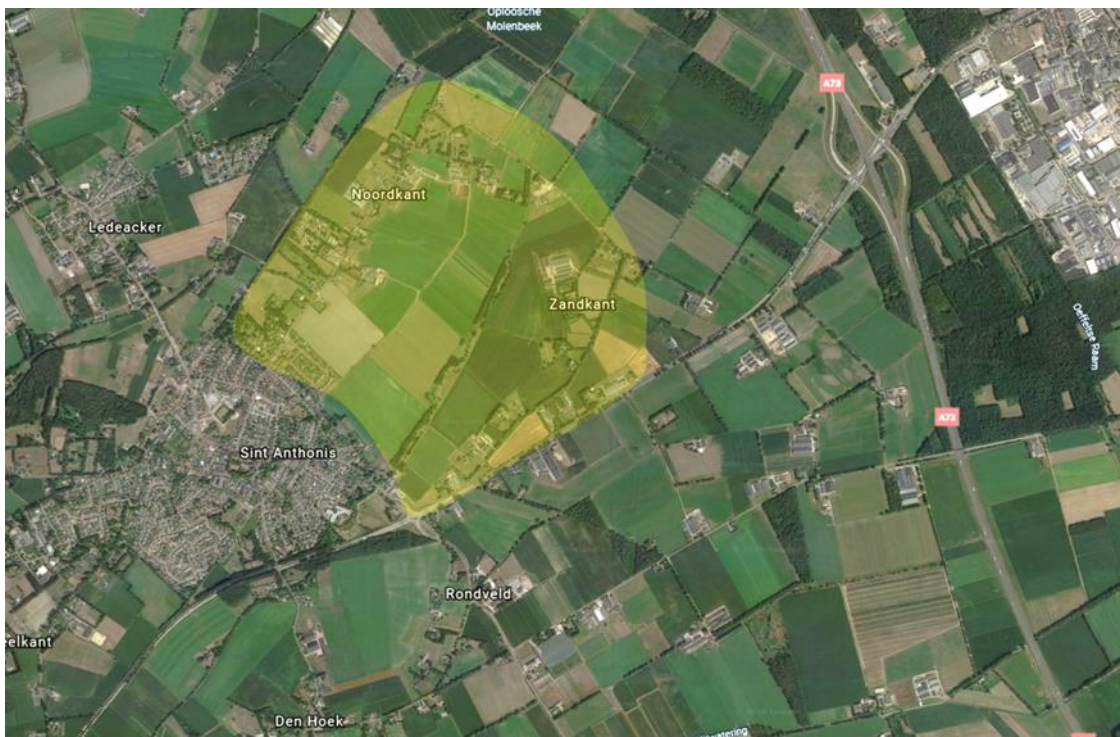
- Wat zijn de verschillen tussen de meetwaarden van sensoren op verschillende locaties in het gebied?
- Zijn er patronen te herkennen in de tijd in de meetwaarden?
- Is er een relatie met de weersomstandigheden?
- Is er een mogelijke oorzaak aanwijsbaar van veranderende patronen, zijn er mogelijke bronnen binnen of buiten het gebied?
- Als inzicht verkregen is in de mogelijke bronnen, is er dan handelingsperspectief dat leidt tot verbetering?

Naast de technische metingen is ook de betrokkenheid van inwoners van het meetgebied relevant. Daarom is tevens opgenomen in het project dat zij geïnformeerd en actief worden betrokken bij deze pilot.

1.3 Locatie meetnetwerk

Vanuit de gemeente Sint Anthonis was er behoefte aan een meetnet om in de gemeente een beter beeld te krijgen van de daadwerkelijke luchtkwaliteit. Om dit eerst op kleine schaal in een pilot invulling te geven, heeft de gemeente gekozen om eerst te meten in het gebied binnen Zandkant, Noordkant en de provinciale weg N272. Binnen dit gebied is naast bewoning ook allerlei bedrijvigheid, zoals veehouderij (varkens-, pluimvee- en rundveebedrijven), recreatie (onder andere een camping en bed & breakfast) en ander ondernemerschap. Langs de rand van het pilotgebied is een relatief drukke provinciale weg en op korte afstand ligt de A73. Het is een stuk buitengebied tegen een woonkern aan.

Deze kenmerken tezamen zorgen ervoor dat het een interessant gebied is om deze pilot uit te voeren. In onderstaande figuur 6 zijn de ruwe contouren van het pilotgebied geel gekleurd. Luchtkwaliteit houdt niet op en verandert niet bij grenzen. Het voordeel van een beperkt gebied is dat er op veel plekken bij elkaar in de buurt gemeten kan worden en zo ook beter inzichtelijk wordt wat de impact van lokale bronnen is op de luchtkwaliteit. Dit biedt ook eerder mogelijkheden tot lokale handelingsperspectieven.



Figuur 6 Het gebied tussen Zandkant, Noordkant en de provinciale weg is aangewezen als pilotgebied voor de realtime metingen

2 Aanpak van het onderzoek

Om het meetnetwerk te organiseren, zijn in het gebied een aantal sensoren geplaatst. Deze sensoren moeten een beeld geven van de luchtkwaliteit in de regio. Idealiter zou bij ieder huis, bij ieder bedrijf één of enkele sensoren staan en tevens sensoren verspreid in de regio, die heel nauwkeurig en realtime metingen uitvoeren. Dit is praktisch gezien echter niet haalbaar. Er is in samenspraak met opdrachtgever en betrokkenen gekeken naar opties die praktisch uitvoerbaar waren met de huidige stand der techniek en waarbij gekeken is naar een kosteneffectieve invulling.

Vanuit het oogpunt van volksgezondheid is het meten van fijnstof onontbeerlijk. In het betreffende gebied speelt geur vanuit de veehouderij een belangrijke rol in de beleving van luchtkwaliteit. In het meetgebied zijn varkens-, pluimvee- en melkveebedrijven aanwezig. Per tak zijn wel enkele specifieke geurcomponenten bekend maar er zijn nog geen goede en betaalbare sensoren beschikbaar om een 24/7 meetnetwerk op te zetten voor geur. Derhalve is de focus gelegd op fijnstof.

Voor het meetnetwerk zijn 6 fijnstofsensoren aangeschaft. Daarnaast is één sensor tijdelijk toegevoegd voor aanvullende metingen. Deze sensoren zijn verspreid in het gebied geplaatst, zie ook § 2.2. Daarnaast is een experiment uitgevoerd om ammoniak te meten in de buurt van een bron en om een geurcomponent in een varkensstal te meten. Deze laatste twee experimenten zijn geen onderdeel van het meetnetwerk maar voorbereidend op mogelijke toepassingen in een meetnetwerk in de toekomst.

2.1 Keuze voor fijnstofsensoren

Er zijn veel aanbieders van sensoren op de markt. De technische ontwikkelingen gaan heel snel waarbij de kwaliteit voortdurend wordt verbeterd en in sommige gevallen wordt de prijs ook gunstiger. Het is echter vooral essentieel om te meten met sensoren van voldoende kwaliteit en deze regelmatig te valideren opdat de opgeleverde data in de juiste range liggen. Er zijn in Nederland meetstations van het RIVM waar met hoogwaardige apparatuur gemeten wordt. Het RIVM biedt initiatiefnemers de mogelijkheid om op deze stations tijdelijk eigen sensoren bij te plaatsen en zo de eigen sensor te vergelijken met de meetwaarden van het RIVM. Een van de aangeschafte fijnstofsensoren is derhalve in Vredepeel geplaatst. Ook de Stichting BurgerWetenschappers Land van Cuijk heeft hier al meerdere metingen uitgevoerd en geanalyseerd.

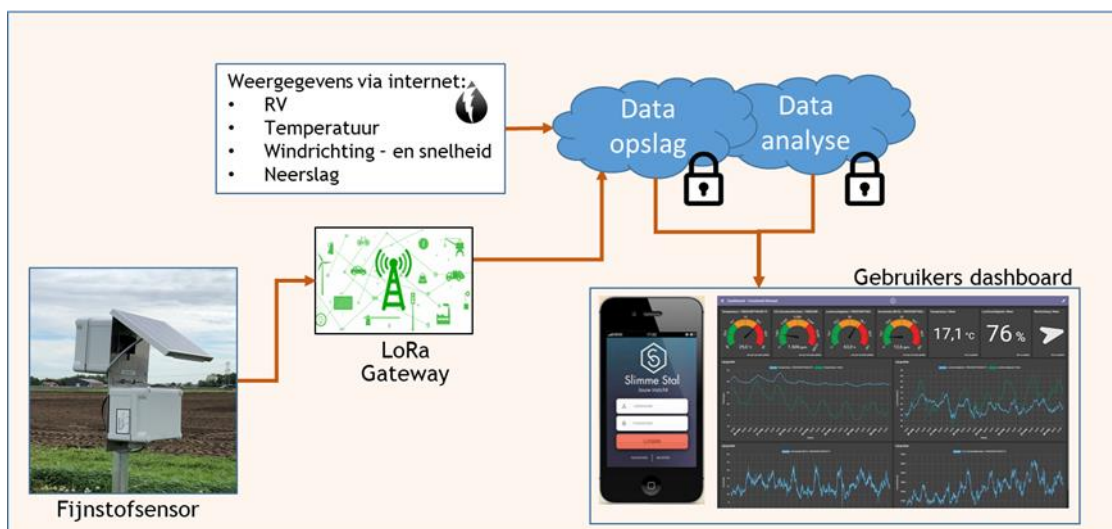
Het meetnetwerk richt zich op fijnstof, waarbij een sensor is gekozen die zowel het grovere fijnstof (PM10) als het fijnere stof (PM2,5 en PM1) kan meten. Er is gekozen voor een sensormetkit van Green Tech Lab van Fontys Hogeschool (zie figuur 7). Vereniging Behoud de Parel heeft aan de basis van deze sensorkit gestaan bij de ontwikkeling, componentkeuze en software. In deze kit is een Plantower sensor ingebouwd. De nauwkeurigheid van de sensoren voor PM2,5 is $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ binnen het bereik van $0\text{--}100 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Bij hogere waarden is het 10%. Voor PM10 is de nauwkeurigheid $15 \mu\text{g} / \text{m}^3$ in het bereik tussen $0\text{--}100 \mu\text{g} / \text{m}^3$ daarboven is het 15%.

De stroomvoorziening is dubbel uitgevoerd. Er is een aansluiting voor het elektriciteitsnet en er is een zonnepaneel. Uit de testen blijkt dat de sensor zonder problemen op minder zonnige dagen en in de nacht blijft functioneren omdat de accu toch voldoende wordt opgeladen door de aanwezige zonneshijn overdag. Iedere 10 minuten wordt de concentratie fijnstof doorgegeven via het LoRa netwerk en is direct zichtbaar op een dashboard waar de data worden opgeslagen voor analyse. In figuur 8 is schematisch weergegeven hoe dit systeem is opgezet.



Figuur 7 De assemblage van de sensorkits en een fijnstofsensoren met zonnepaneel in het veld

Tevens worden eens per uur de weergegevens geregistreerd, dit zijn de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windrichting en -snelheid. Omdat het meetgebied een beperkte omvang heeft, zijn de weerdata opgevraagd voor de coördinaat in het midden van het gebied Zandkant/Noordkant.



Figuur 8 Opzet datasysteem: de data van de fijnstofsensoren wordt via het LoRa Network verstuurd. De informatie over de weergegevens worden vanaf internet ingelezen via de service van DarkSky. Alle data worden opgeslagen en weergegeven op een dashboard.

2.2 Locatie fijnstofsensoren

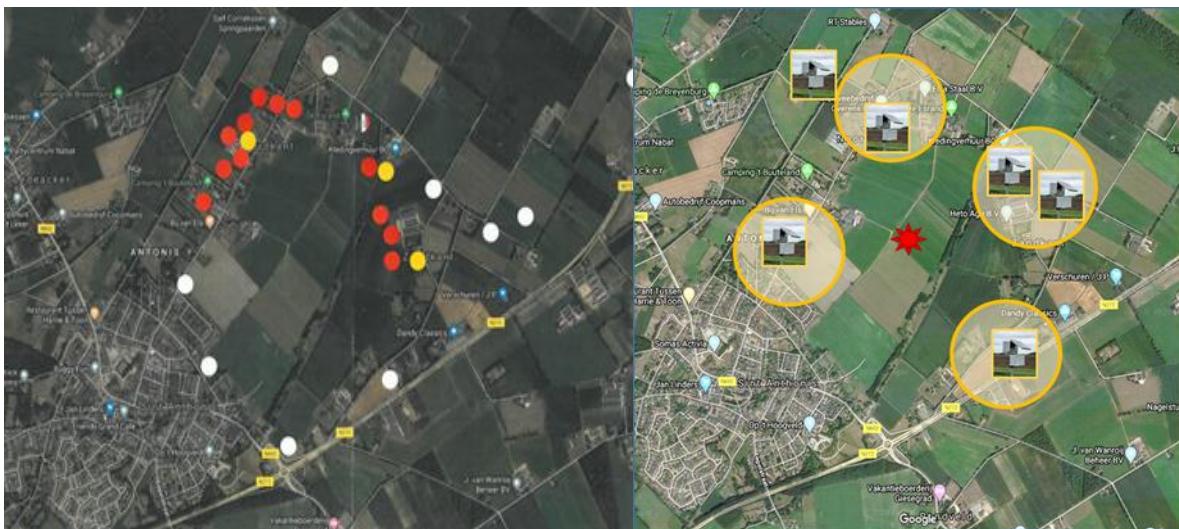
Verspreid over het gebied is een aantal sensoren geplaatst om een beeld te verkrijgen van de luchtkwaliteit in het gebied. De beste locatie van de sensoren hangt af van de doelstelling van het project. In dit project was het doel inzicht te verkrijgen in de luchtkwaliteit in het meetgebied, dit pleit ervoor om de sensoren zoveel mogelijk verspreid te plaatsen. Hoe meer sensoren er beschikbaar zijn, hoe fijnmaziger het meetnetwerk kan zijn. Er was in dit geval een aanvullende, specifieke wens om ook in de buurt van bronnen van fijnstof te meten. Bij Zandkant/Noordkant zijn dat in de eerste instantie de veehouderijbedrijven, de locaties waar hout gestookt wordt en de provinciale weg.

Bij de bewonersbijeenkomst op 20 november 2019 is aan alle aanwezigen gevraagd om met behulp van twee stickers aan te geven op welke plek zij zelf graag een sensor zouden willen plaatsen. In figuur 9 is dit weergegeven waarbij de kleuren aangeven of de sticker is geplakt door een burger (rood), een veehouder (geel) of iemand anders (wit).

Tevens is bij de bepaling van de locatie van de sensoren gebruik gemaakt van een door Connecting Agri & Food en Wageningen UR ontwikkeld model dat gemaakt is voor het plaatsen van geursensoren in een meetnetwerk. Hoewel in deze pilot fijnstof gemeten wordt en geen geur, is het model toegepast als ondersteuning voor de locatie bepaling.

Tot slot was een randvoorwaarde dat de bewoner toestemming zou geven om een sensor te plaatsen. De locatie van de sensor in het veld is belangrijk omdat de plaats mede bepaalt wat er gemeten kan worden. Een sensor moet op een afstand van minimaal 5 meter van obstakels die alle wind tegen houden staan en niet bijvoorbeeld achter een grote struik of schutting. Deze “obstakels” kunnen de wind, lucht en ook de fijnstofdeeltjes belemmeren om in de sensor te komen en gemeten te worden. Ook kan fijnstof gaan circuleren in een hoek wat een onterecht hoge meting kan veroorzaken.

De data zijn gedeeld met het RIVM, de gemeente en de Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk.



*Figuur 9 Linker foto: De stickers die op de bewonersbijeenkomst zijn geplakt door de aanwezigen. De rode stickers zijn afkomstig van de burgers in het gebied, de gele van de veehouders en de witte van andere aanwezigen, zoals gemeente, GGD.
Rechterfoto: De locaties van de sensoren, het rode zonnetje in het midden is de locatie voor de weergegevens.*

Omdat de luchtkwaliteit voor de bewoners centraal staat in de pilot zijn de sensoren tussen de 1,5 en 2 meter hoogte geplaatst. Dit is grofweg “neushoogte”, dus de hoogte waarop we de buitenlucht inademen. Tevens is het hoog genoeg om niet beïnvloed te worden door kleine luchtbewegingen over de grond die stof kunnen doen opwaaien. In Figuur 10 is dit aangegeven en zijn twee foto’s waarop sensoren uit het meetnetwerk te zien zijn.

In 2020 zijn er in totaal 8 sensoren geplaatst. De eerste twee zijn op 2 maart 2020 geplaatst, op 9 april zijn er drie sensoren bij gekomen en op 11 september 2020 nog drie sensoren.



Figuur 10 De sensoren zijn geplaatst op 1,5 tot 2 meter hoogte (“neushoogte”), lucht is altijd in beweging wat met de kleurovergangen is geïllustreerd. De twee foto’s zijn de sensoren in het meetnetwerk

2.3 Experiment met ammoniakmetingen in buitenlucht en met geur in de stal

2.3.1 Ammoniakmetingen in buitenlucht

In samenwerking met een meetproject van de provincie Limburg in Venray is dit experiment uitgevoerd. De meeste ammoniaksensoren onder de €1500 zijn geschikt om concentraties van 1,5 ppm of hoger te meten. Op basis van tests met sensoren is gekozen om verder te gaan met EuroGas100 sensor die volgens de fabrikant vanaf 0,5 ppm kan meten. Deze sensor gaf in eerdere testen redelijk vergelijkbare resultaten met het Landelijk Meetnetwerk Luchtkwaliteit (LML) in Vredepeel. Er zijn in een ander project van Connecting Agri & Food 6 van deze sensoren aangeschaft voor gebruik voor het meten van ammoniak in het buitengebied in veedichte gebieden. Bij goede resultaten zouden deze sensoren ook een optie zijn voor het meetnetwerk in Zandkant/Noordkant.

Begin 2020 zijn de sensoren eerst allen geplaatst bij het LML in Vredepeel (foto 1 van Figuur 11) en bleken hier geen goed vergelijkbare meetresultaten te geven ten opzichte van de officiële metingen. De concentraties ammoniak bij het meetstation bleken toch te laag. Met één van de sensoren is verder onderzoek gedaan om te testen of het met aanpassingen mogelijk is om de sensor toch geschikt te maken voor de gewenste metingen. De overige vijf sensoren zijn verplaatst naar een pluimveebedrijf waar ze iets achter de droogtunnel zijn geplaatst (foto 2 en 3 van figuur 11). Deze locatie voor de sensoren is gekozen, omdat ze hier langere tijd konden blijven staan en niet in de weg stonden voor de dagelijkse activiteiten op het bedrijf. Alle sensoren zijn hier bij elkaar gezet en tevens is hier een DOL53 sensor aan toegevoegd. Deze laatste sensor meet vanaf 1,5 ppm en diende ter validatie indien er waarden van meer dan 1,5 ppm gemeten zouden worden.



*Figuur 11 Foto links: sensoren bij het meetstation van het RIVM in Vredepeel
Foto midden en rechts: experiment met NH₃ sensoren in de buitenlucht - opstelling bij de stal*

De sensoren hebben in september allen bij elkaar gestaan en in oktober zijn 2 sensoren op 15 meter afstand van de stal geplaatst.

2.3.2 Sensor voor geurcomponent in de stal

Geur is nog niet goed meetbaar op realtime en objectieve basis. Voor handelingsperspectief voor reductie van geur is het ook relevant om te weten welke geurcomponenten een rol spelen bij geur vanuit een specifieke bron. Er is een klein experiment uitgevoerd om een sensor die continu lage concentraties H₂S kan meten, te testen onder praktijkomstandigheden in een varkensstal. Het is bekend dat H₂S uit mest ontstaat en met name in de varkenshouderij een rol kan spelen bij geur. Hiervoor is een ondernemer met varkens gevraagd om mee te werken. Het doel van het experiment was het uittesten van de apparatuur in een stal omdat voor geuronderzoek het van belang is om juist ook de lagere concentraties nauwkeurig en continu te kunnen meten.

Het experiment is uitgevoerd met G4S en Honeywell (Figuur 12). Deze sensor is nog niet eerder in de veehouderij ingezet. Als het mogelijk is om in de stal de concentraties te meten geeft dat ook een beeld van de patronen gedurende de tijd.



Figuur 12 Sensor voor H₂S, links de display van de sensor, midden stukje tape dat wordt gebruikt voor de meting en rechts de aanvoer van lucht uit de afdeling boven de biggen

2.4 Van data naar informatie

De sensoren in dit project moeten real time kunnen meten. Dit betekent dat ze met een bepaalde frequentie (bijv. eens per 5 of 10 minuten) de meetwaarden doorzenden via een datanetwerk. Zo is altijd te zien wat de actuele stand van de luchtkwaliteit is. Sensoren leveren, zeker als er realtime gemeten wordt, een enorme hoeveelheid data op. Data krijgen waarde als deze worden vertaald naar beheersbare hoeveelheden bruikbare informatie. Welke informatie dit is, hangt af van de vraag en doelstelling van de gebruiker. De gebruiker is vaak niet zo zeer geïnteresseerd in de totale hoeveelheid data maar meer naar de concluderende samenvatting en de belangrijke afwijkingen. De stap van informatie naar handelingsperspectief is van belang en verschilt per gebruiker. Zowel de omzetting van data naar informatie als de omzetting van informatie naar handelingsperspectief is derhalve maatwerk per gebruiker.

Bij Connecting Agri & Food komen de data van de sensoren binnen op het platform Slimme Stal. Op een dashboard worden de data direct toegankelijk gemaakt voor de projectpartners. Omdat er nog een slag over deze ruwe data heen gemaakt wordt, komen de data niet direct beschikbaar voor iedereen.

In dit project stonden bij de analyse van de data naar relevante informatie de onderzoeksvragen zoals beschreven in paragraaf 1.2 centraal.

2.5 Communicatie en afstemming in de regio

Luchtkwaliteit is een veelomvattend begrip. In de gemeente ligt de nadruk op fijnstof en geur uit verkeer en veehouderij. Door te gaan meten kan inzicht verkregen worden en ook gewerkt worden aan een onderliggende wens: het (her)bouwen van het vertrouwen en de onderlinge relatie tussen bewoners, ondernemers en gebruikers van het gebied. Met het meetnetwerk waaruit objectieve realtime meetwaarden komen, kan communicatie tussen de (agrarische) ondernemers en overige inwoners ondersteund worden.

Ervaringen uit andere regio's en projecten leren dat het belangrijk is om een communicatieplatform op te zetten waarbij de mensen voortdurend de mogelijkheid hebben om de ontwikkelingen te volgen. Veerle Slegers van Comunicamos en Vic Luijkx van Innoviction verzorgen de communicatie tussen overheid, ondernemers en bewoners in de regio. Comunicamos heeft hierin de lead genomen. Er is eerst afgestemd met de gemeente om gevoel te krijgen voor de situatie in

het pilotgebied en wat de wensen en mogelijkheden van de gemeente zijn om bij te dragen aan verbeteringen.

Aan het begin van het project, november 2019, heeft een kick-off bijeenkomst plaats gevonden, waarbij het project aan de belanghebbenden is gepresenteerd. In deze bijeenkomst was het mogelijk voor de bewoners om aanvullende wensen kenbaar te maken. Deze wensen zijn meegenomen in de locatiekeuze voor de sensoren. Mede op verzoek van de bewoners is een digitale nieuwsbrief opgezet door Innoviction en gekozen voor invulling middels de website www.metensa.nl.

Op de website zijn de uitkomsten vermeld en gedeeld met de bewoners uit het gebied en andere geïnteresseerden. Ook stonden de contactgegevens van de projectmedewerkers op de site waartoe bewoners zich te allen tijde konden wenden met vragen en opmerkingen. Met enkele agrarische ondernemers in het gebied en met bewoners die een sensor op hun terrein hebben geplaatst zijn zowel aan de keukentafel, telefonisch en per mail gesprekken gevoerd. Daarnaast is er veelvuldig contact geweest met de Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk voor nadere afstemming en om bij te dragen aan de doelstelling dat de metingen en daarmee de uitkomsten complementair zouden zijn.

Op 13 oktober 2020 is een tweede bijeenkomst georganiseerd. Vanwege de maatregelen met betrekking tot de coronapandemie is deze online gehouden. De bijeenkomst is terug te zien op <https://youtu.be/57qZn2VmcBQ>.

3 Resultaten

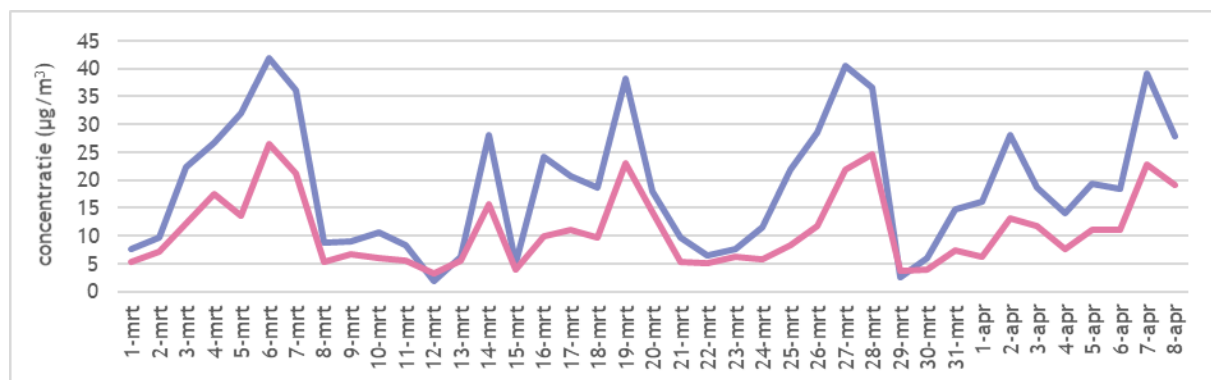
3.1 Fijnstof

De resultaten worden behandeld op basis van de onderzoeksvragen met als kernvraag: Kunnen we aan de hand van real time metingen met sensoren inzicht krijgen in de actuele situatie van de luchtkwaliteit in het pilotgebied? Het antwoord hierop is dat er inderdaad meer inzicht verkregen is in de variatie in de luchtkwaliteit ten aanzien van fijnstof. Via de onderstaande deelvragen wordt hier nader op ingegaan. Let wel, de analyse is uitgevoerd op de *patronen* en niet op de absolute waarden omdat deze niet accuraat zijn maar veelal hoger dan de daadwerkelijke fijnstofconcentratie bij de sensor.

3.1.1 Data opschoning en sensor vergelijking

Alvorens de metingen in Zandkant/Noordkant zijn gestart, zijn de sensoren een periode van enkele weken bij elkaar geplaatst en vergeleken met de waarden van sensoren type Nova SDS011 die het RIVM in het project Boeren en Buren in Venray inzet en onderwerpt aan een experimentele kalibratie met behulp van officiële metingen. Hieruit kwam naar voren dat de sensoren structureel een hogere waarde aangeven, met name bij hogere concentraties. Er is grofweg wel een vergelijkbaar patroon te zien (zie ook figuur 13), In deze figuur blijkt duidelijk dat de gemeten waarden hoger liggen dan de gekalibreerde waarden van de SDS011 sensoren. Omdat het in de pilot Zandkant/Noordkant gaat over de patronen is er geen herijking van de waarden uitgevoerd. Alle gemeten waarden geven geen betrouwbaar beeld van de absolute waarden, maar wel van de patronen in de tijd. Er kunnen derhalve geen conclusies getrokken worden uit de absolute meetwaarden, maar alleen uit de patronen van de meetwaarden.

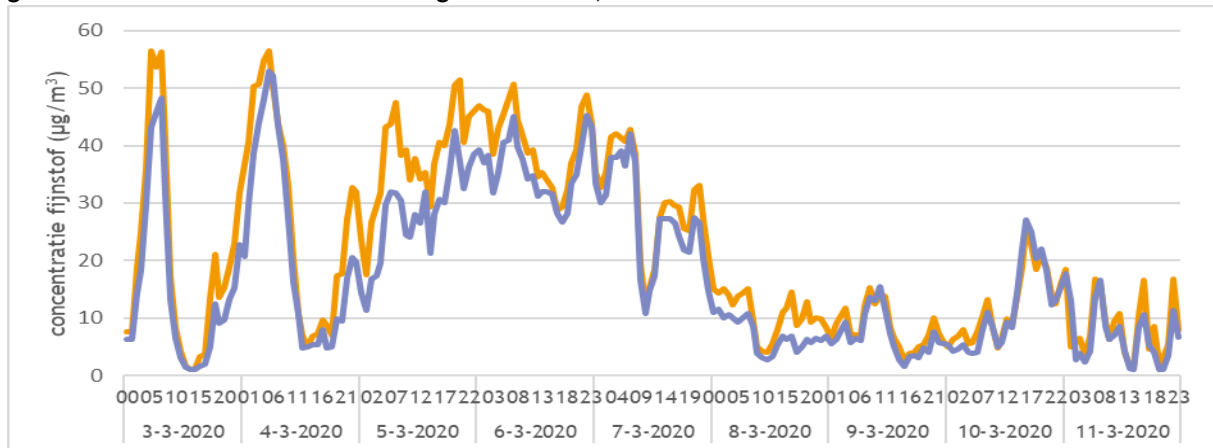
De data zijn gefilterd waarbij waarden zijn geschrapt indien $PM_{10} > 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, als $PM_{10} < PM_{2,5}$ en als de gemeten waarde 0 was.



Figuur 13 Concentratie gemeten fijnstof ($PM_{2,5}$) van de sensoren toegepast in Sint Anthonis (blauwe lijn) en de sensoren van het RIVM uit het project Boeren en Buren (roze lijn)

De Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk heeft dit jaar in samenwerking met het RIVM een aantal sensortypen vergeleken, waaronder de Plantower, Sensirion SPS30 en type Nova SDS011. Ook hieruit kwam naar voren dat de gekalibreerde Nova SDS011 sensoren van het RIVM een vergelijkbaar patroon maar met lagere absolute waarden meten. Ook bleken er verschillen zijn in accuratesse van de verschillende typen sensoren. Bij de Plantower is met name de meting van de grovere fijnstofdeeltjes minder goed. Dit komt overeen met de bevindingen van de meetwaarden van de sensoren in deze pilot. In de voorbereidende fase zijn de sensoren ook dicht bij veestallen geplaatst

omdat bekend is dat deze met name het grovere fijnstof emitteren. Uit de data kwam deze verwachte hoger liggende patronen voor PM10 niet duidelijk naar voren. In de analyse is derhalve gerekend met de data van de metingen voor PM2,5 en niet de PM10.



Figuur 14 Concentratie fijnstof (PM2,5) van twee sensoren naast elkaar op dezelfde locatie in Zandkant

Bij de vergelijking van de sensoren onderling kwam het beeld naar voren dat de absolute waarde op uurbasis kan verschillen. Zo is op 4 en 5 maart in de figuur 14 te zien dat de sensor die is weergegeven met de oranje lijn op bepaalde uren een ruim 2 keer hogere waarde registreert dan de sensor met de blauwpaarse lijn in de grafiek. Een enkele keer is de oranje lijn lager. Het patroon is ook hier wel vergelijkbaar. Zoals eerder aangegeven is in deze pilot de focus gelegd op patronen in de tijd en niet op de absolute meetwaarden. Dit geldt zowel voor de vergelijking tussen sensoren als voor de patronen in de tijd.

3.1.2 Vergelijking patronen van sensoren

De eerste deelvraag is: Wat zijn de verschillen tussen de meetwaarden van sensoren op verschillende locaties in het gebied?

Het beknopte antwoord is: Op hoofdlijnen geven de sensoren vergelijkbare patronen binnen het gebied Zandkant/Noordkant en ook in vergelijking met hetzelfde type sensoren op 15 km afstand in Venray.

Zoals in paragraaf 3.1.1 aangegeven ligt de focus op de patronen en niet op de absolute meetwaarden. In onderstaande figuur zijn de gemiddelde meetwaarden per dag weergegeven per sensor. Net als in figuur 14 waar de sensoren naast elkaar stonden, is in figuur 15 te zien dat de patronen over het algemeen vergelijkbaar zijn. Sommige perioden zijn bepaalde sensoren meer afwijkend. Het is uit deze metingen niet met zekerheid te zeggen of dit afwijkingen waren in het patroon omdat de gemeten verschillen ook veroorzaakt kunnen worden door de mate van betrouwbaarheid van de sensoren. Een aantal sensoren is gedurende de meetperiode uitgevallen of uit de pilot genomen. Dit kan door een defect aan de sensor waardoor er geen output meer is, door drift (dit is wanneer de output van de sensor langzaam verandert zonder dat er veranderingen in de te meten concentraties is, de sensor gaat geleidelijk afwijken) of door een storing in het datatransport.



Figuur 15 Verloop van de gemeten waarden fijnstof (PM_{2,5}) per maand van meerdere sensoren in het gebied Zandkant/Noordkant (april t/m juli)

3.1.2.1 Informatie per locatie

Twee sensoren zijn dichtbij een bron geplaatst (veebedrijf). De meetresultaten zijn de oranje en roze lijn in de figuur 15. Hoewel deze lijnen vaak aan de bovenkant van de grafiek te zien zijn, volgen ze wel dezelfde patronen als de sensoren elders in het pilotgebied. Er is een aantal keer contact geweest met de betreffende veehouder bij hogere meetwaarden, er is hierbij gesproken over mogelijke oorzaken als activiteiten op het bedrijf, draaiende aggregaten, beregening of ploegen van akkerbouwgronden naast het bedrijf of andere aspecten. Bij geen van deze activiteiten was een relatie te vinden met de hogere meetwaarden. Hierbij is ook de windrichting en de windsnelheid in ogenschouw genomen.

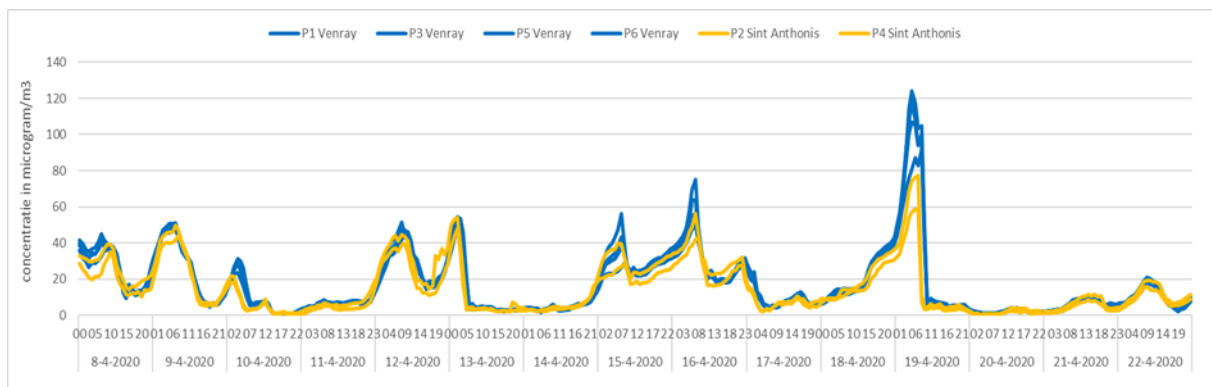
Als test is bij de sensor bij het veebedrijf een extra paar sensoren geplaatst. Hieruit kwam eveneens eenzelfde patroon naar voren, deze extra sensoren hebben echter slechts korte tijd goed gemeten en zijn verder uit de analyse gelaten.

Een van de sensoren is naast de provinciale weg geplaatst. Deze sensor heeft geen afwijkend patroon ten opzichte van de andere sensoren. Vanaf oktober heeft de sensor geen goede data doorgegeven, er waren veel hiaten en afwijkende waarden. Er is dit jaar vanaf maart ook relatief weinig verkeer geweest vanwege de corona pandemie en bijbehorende maatregelen. Wellicht heeft dit hier ook een rol gespeeld.

Een van de sensoren is geplaatst bij een bewoner met een houtkachel en op enkele tientallen meters van een veehouderijbedrijf. Een andere sensor stond op iets grotere afstand aan de andere kant van dit bedrijf. Deze sensoren hadden geen afwijkend patroon ten opzichte van de andere sensoren in het meetnetwerk.

3.1.2.2 Vergelijking Sint Anthonis en Venray

Voor de pilot in Zandkant/Noordkant en voor een project in Venray zijn dezelfde fijnstof sensoren in gebruik. Ze zijn in twee batches geleverd en van de eerste serie van 6 sensoren zijn er 2 in Sint Anthonis in het meetgebied Zandkant/Noordkant geplaatst en vier in Venray in het buitengebied. Hemelsbreed liggen deze locaties tussen de 15 en 20 km uit elkaar.



Figuur 16 Gemeten data fijnstof (PM_{2,5}) van 7 t/m 23 april 2020 van zes sensoren in Venray en Sint Anthonis

In grafiek 16 valt als eerste op dat de patronen gelijk zijn. Op enkele dagen zijn er wat verschillen tussen de metingen maar zoals gezegd kunnen geen conclusies getrokken worden uit de absolute waarden. De Burgerwetenschappers Land van Cuijk zien dit ook terug in een groot deel van de meetresultaten van hun sensoren in de gehele gemeente Sint Anthonis.

3.1.3 Patronen in de tijd

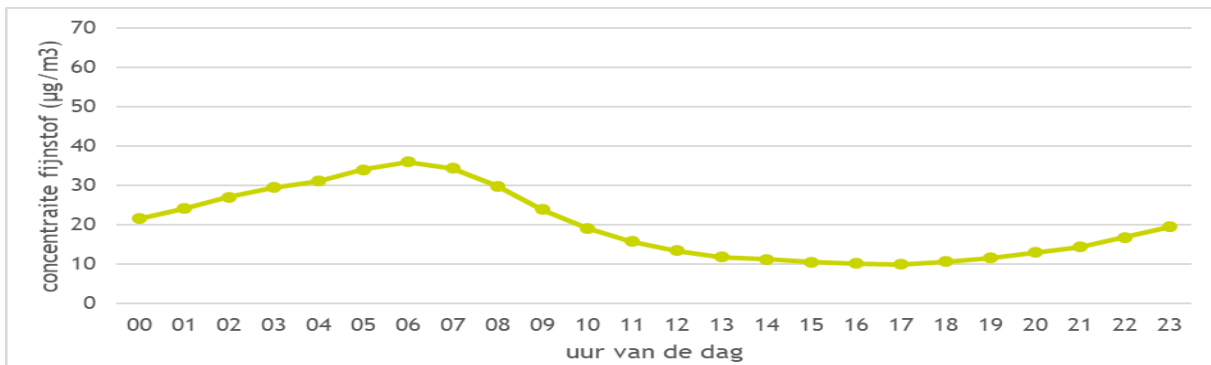
De tweede deelvraag was: Zijn er patronen te herkennen in de tijd in de meetwaarden?

Het beknopte antwoord is: Ja er zijn op hoofdlijnen patronen over de dag die echter per dag wel sterk kunnen verschillen. Tevens zijn er verschillen gedurende de meetperiode die samenhangen met onder andere de weersomstandigheden. De weersomstandigheden zijn per seizoen verschillend wat in ieder geval een deel van de variatie kan verklaren. Hieronder volgt een nadere toelichting.

3.1.3.1 Dagpatronen

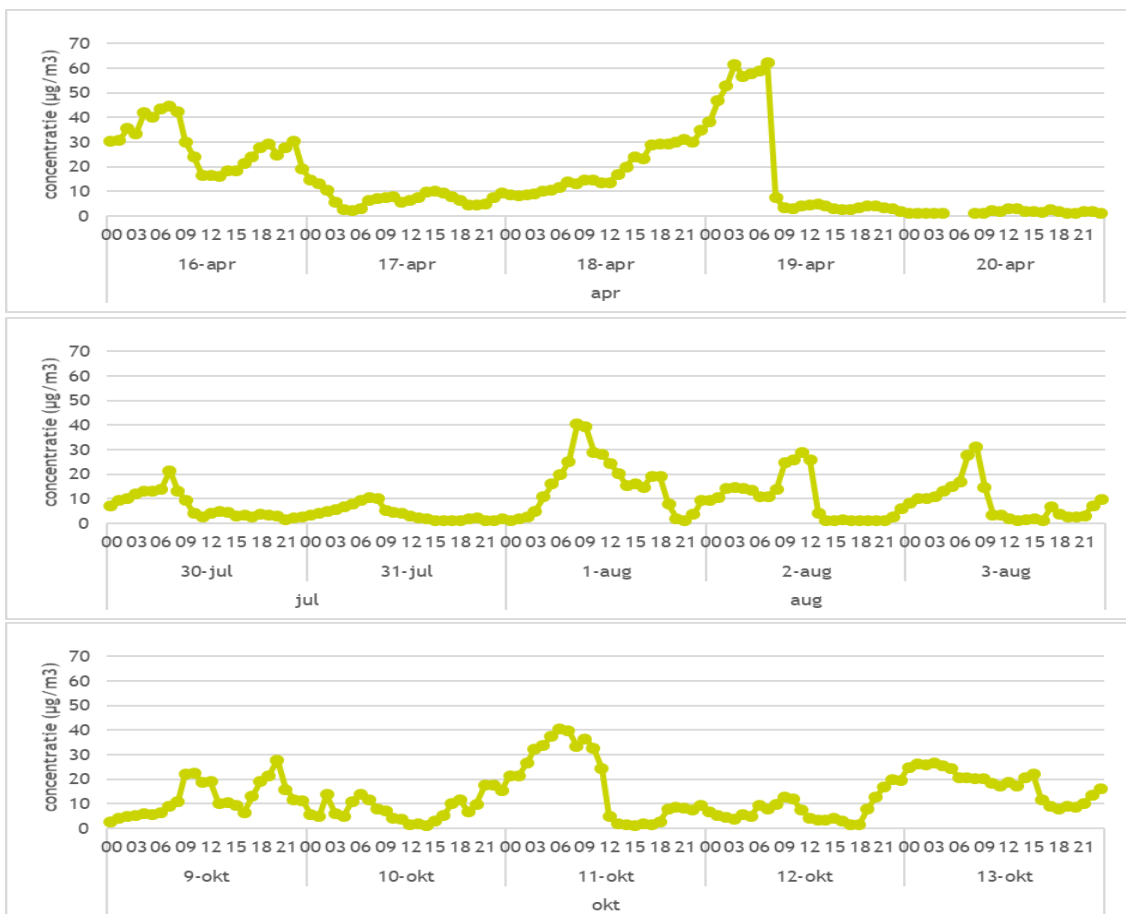
Er zijn grote verschillen tussen dagen gemeten. Er zijn dagen waarop gedurende de 24 uur alleen lage concentraties gemeten worden en dagen waarop de gehele dag de concentratie beduidend hoger is.

In Figuur 17 is de gemiddelde concentratie per uur uitgezet over de periode maart tot en met oktober. Dit betekent dat het gemiddelde is uitgerekend voor alle metingen die bijvoorbeeld tussen 0.00 en 1.00 uur zijn gedaan. Dit gemiddelde resulteert in een gemiddelde waarde voor 1.00 uur 's nachts. Dit is zo voor alle 24 uur van de dag uitgevoerd. Het blijkt dat de gemiddelde concentratie in de nacht hoger is dan gedurende de dag. Gegeven de grote spreiding per dag is dit geen voorspellende trend per dag maar wel over een langere tijd. De luchtkwaliteit lijkt daarmee overdag beter dan 's nachts, hier kan echter ook sprake zijn van vertroebeling omdat de relatieve luchtvochtigheid in de nacht ook vaak hoger is. Ook deze resultaten geven aan dat er nader onderzoek moet worden uitgevoerd naar de accuratesse van de verschillende sensortypen om de herijking op meerdere factoren goed uit te voeren. Dit blijkt ook uit figuur 25 in paragraaf 3.1.4. Vanuit het oogpunt van blootstelling over een langere periode kan dit relevant zijn.



Figuur 17 Gemiddelde concentratie per uur van de dag in de periode maart t/m oktober 2020 van 5 sensoren

Ter illustratie zijn in onderstaande figuur 18 een aantal reeksen van willekeurige dagen weergegeven. In de bovenste grafiek is te zien dat op 16 april de gemeten concentratie vanaf het middaguur toeneemt, op 17 april is de concentratie het laagst aan het eind van de nacht tussen 3 en 6 uur, terwijl op 19 april een duidelijke piek zichtbaar in de nacht en op 20 april is de concentratie de hele dag relatief laag. Tijdens de hittegolf eind juli/begin augustus waren de hoogste waarden gemeten aan het begin van de ochtend tussen 6 en 9 uur. De dagen in oktober fluctueren ook waarbij de hoogste concentraties ook niet altijd in de nacht zijn gemeten.

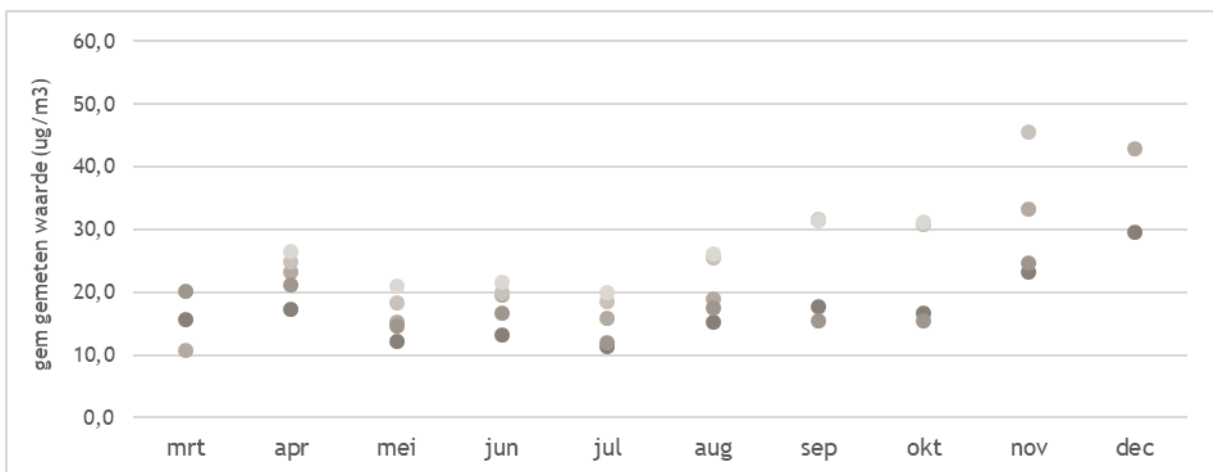


Figuur 18 Gemiddelde concentratie PM_{2,5} op 5 achtereenvolgende dagen in juli/augustus. Hieruit blijkt dat het patroon over de dag sterk varieert, hoewel over langere tijd wel een duidelijk patroon zichtbaar is

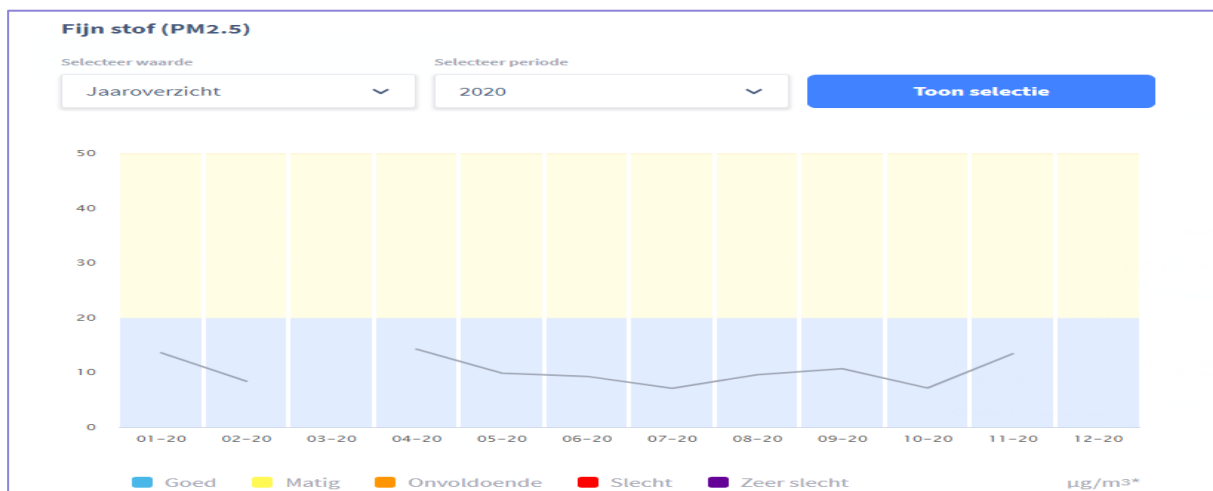
3.1.3.2 Patronen over het jaar

Gedurende een half jaar is met meerdere functionerende sensoren gemeten. Op basis van het maandgemiddelde van de meetwaarden lijken de waarden bij een deel van de sensoren in het najaar van 2020 toe te nemen (figuur 19). Deze sensoren zijn aanwezig bij een veehouderijbedrijf waar de daar aanwezige activiteiten tot verhogingen kunnen leiden. Deze kunnen gerelateerd zijn aan de bedrijfsvoering en/of aan bouwactiviteiten in de buurt van de sensor en/of aan andere lokale bronnen.

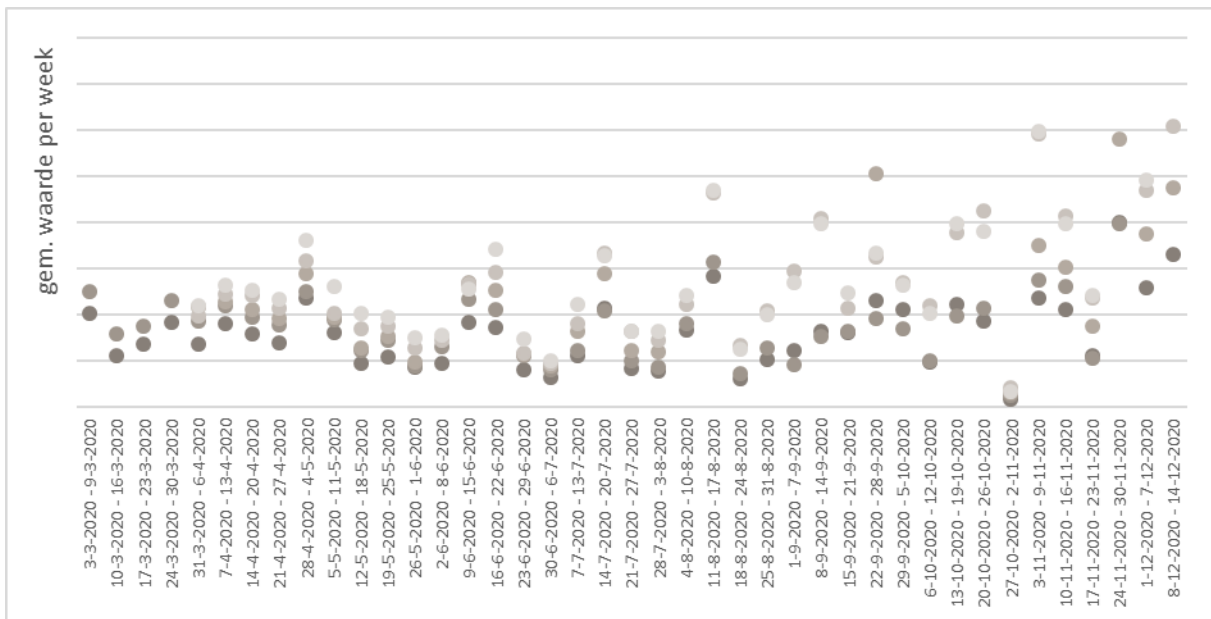
In de figuur 20 daaronder zijn voor dezelfde periode de gemiddelde waarden per week weergegeven. Hier is een veel grilliger beeld te zien dat in ieder geval tot en met augustus een vergelijkbaar patroon laat zien tussen de sensoren. Daarna gaan de patronen meer uit elkaar lopen. De oorzaak hiervan is op basis van de beschikbare data niet te achterhalen. Wel laten de weekgemiddelden ten opzicht van de maandgemiddelden zien dat het voor een goed beeld van de luchtkwaliteit van belang is om continu te meten en dat met jaar- of maand- of weekgemiddelden gemiddelden veel informatie verloren gaat. De patronen geven in november/december een meer wisselend beeld en de waarden lijken toe te nemen.



Figuur 19a Gemiddelde gemeten waarde per maand van april t/m december 2020 per sensor (NB: data zijn niet herijkt, absolute sensorwaarden in deze pilot geven een te hoge waarde, het gaat om de patronen)



Figuur 19b De concentraties van het RIVM meetstation in Vredepeel voor PM2,5 (<https://www.luchtmeetnet.nl/meetpunten?station=NL10131&component=PM25>)



Figuur 20 Gemiddelde concentratie per week van maart t/m half december 2020 per sensor

3.1.4 Relatie met weersomstandigheden

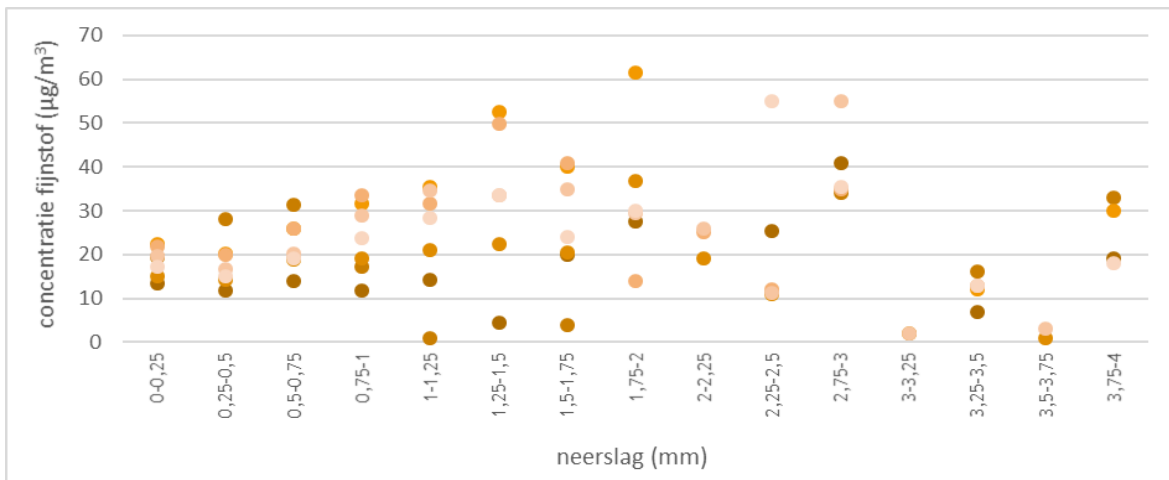
De derde deelvraag was: Is er een relatie met de weersomstandigheden?

Het beknopte antwoord is: Ja, er is een relatie met de weersomstandigheden. Zo is de windsnelheid duidelijk van invloed op de meetwaarden van de sensoren (bij hardere wind wordt minder fijnstof gemeten). Verder blijkt dat de sensoren bij sommige weersomstandigheden meer uiteenlopende waarden geven. Hieronder volgt een nadere toelichting.

Bij de weersomstandigheden zijn meerdere aspecten bekeken: temperatuur, windrichting, windsnelheid, relatieve luchtvochtigheid en neerslag. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat weersomstandigheden een rol spelen.

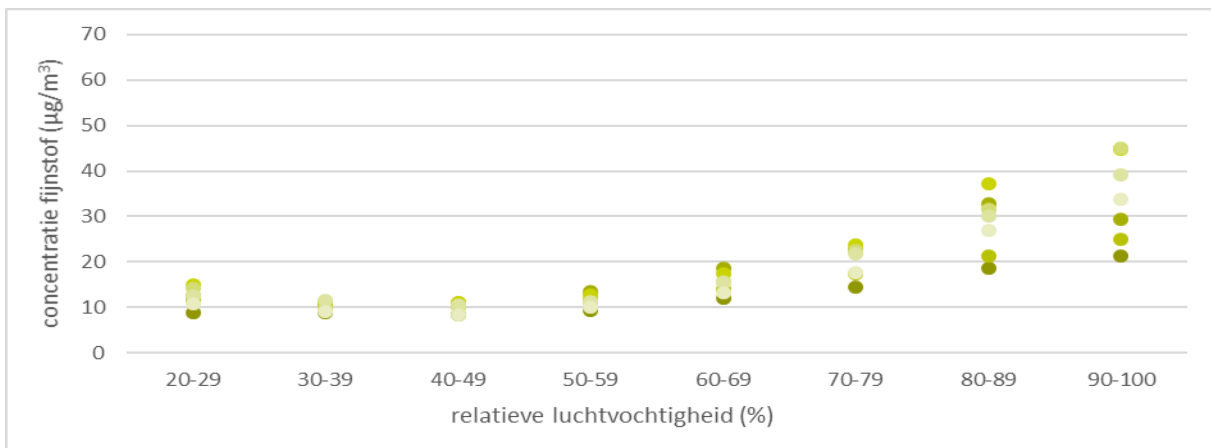
Deze informatie over de weersomstandigheden is afkomstig van de online beschikbare weerdata die eens per uur opgehaald is voor een GPS coördinaat midden in het gebied Zandkant/Noordkant. De weergegevens zijn derhalve bij alle sensoren gelijk.

De data zijn gesorteerd op de neerslag die is geregistreerd, vervolgens zijn de neerslaggegevens gebundeld in categorieën van 0,25 mm. De gemiddelde fijnstofconcentratie die gemeten is per categorie neerslag is weergegeven in onderstaande figuur 21. Uit deze grafiek en ook uit de uitgevoerde analyses komt geen verband naar voren tussen de hoeveelheid neerslag en de gemeten concentraties fijnstof. Er is wel een grote spreiding tussen de sensoren, met name in het gebied tussen de 1 en 3 mm neerslag. Enkele mogelijke oorzaken zijn dat de weergegevens niet corresponderen met de daadwerkelijk situatie bij de sensor of dat sensor bij bepaalde weersomstandigheden minder accuraat is. Dit kan op basis van deze pilot niet geconcludeerd worden.



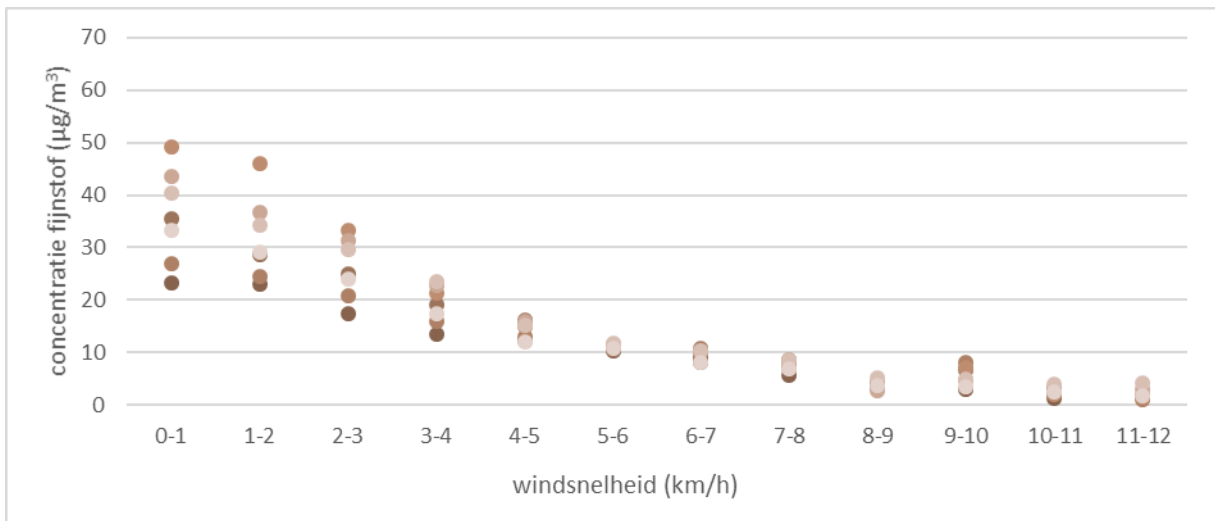
Figuur 21 De gemiddelden van de gemeten fijnstofconcentraties (PM2,5) van 6 sensoren uitgezet tegen de hoeveelheid neerslag (periode maart-oktober)

Bij een hogere relatieve luchtvochtigheid zijn gemiddeld hogere concentraties fijnstof gemeten. Echter, het is mogelijk dat de sensor ook beïnvloed wordt in de meting door hogere luchtvochtigheid. De spreiding in de meetwaarden neemt ook toe bij hogere luchtvochtigheid. Uit testen met sensoren blijkt dat hogere luchtvochtigheid kan resulteren in onzuiverdere metingen waarbij vaak een hogere waarde wordt gemeten hoewel er niet meer fijnstof aanwezig is. Nadere testen met sensoren kunnen hier meer inzicht in verschaffen.



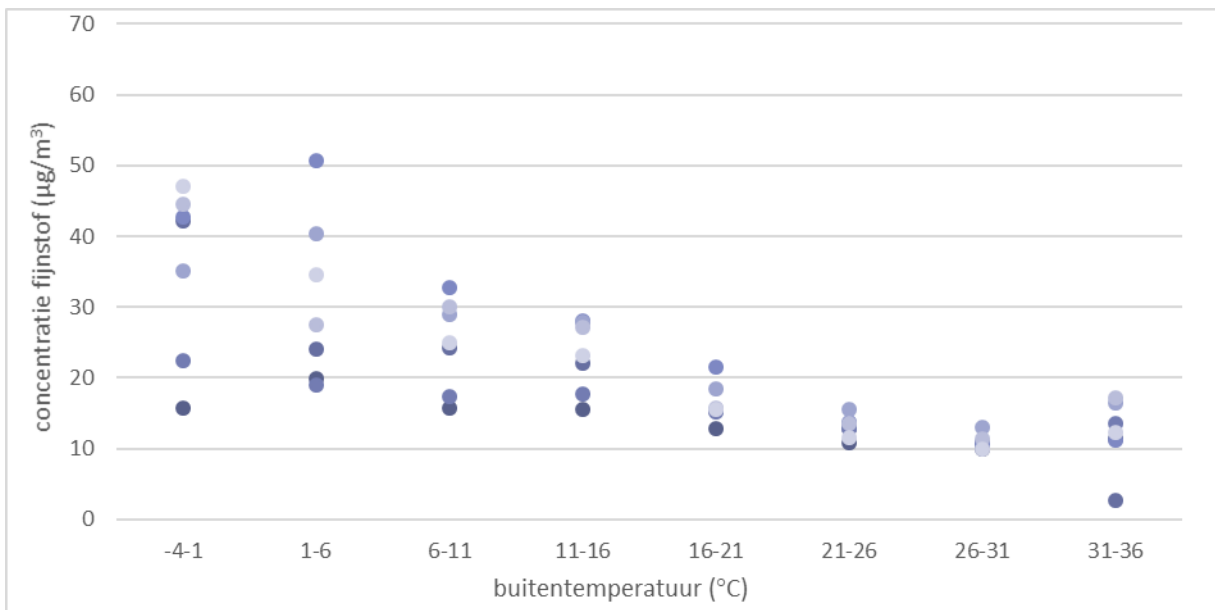
Figuur 22 De gemiddelden van de gemeten fijnstofconcentraties (PM2,5) van 6 sensoren uitgezet tegen de relatieve luchtvochtigheid (periode maart-oktober)

De windsnelheid is een belangrijke factor. Bij hogere windsnelheden worden lagere concentraties fijnstof gemeten. Bij lage windsnelheden worden zowel concentraties van laag tot hoog gemeten. De windrichting kan hierbij ook een rol spelen. Het kan zijn dat wind uit een bepaalde richting meer fijnstof meevoert dan uit andere richtingen. Uit de data kwam geen eenduidig beeld naar voren dat bij een bepaalde windrichting altijd een hogere waarden in het patroon werden gemeten.



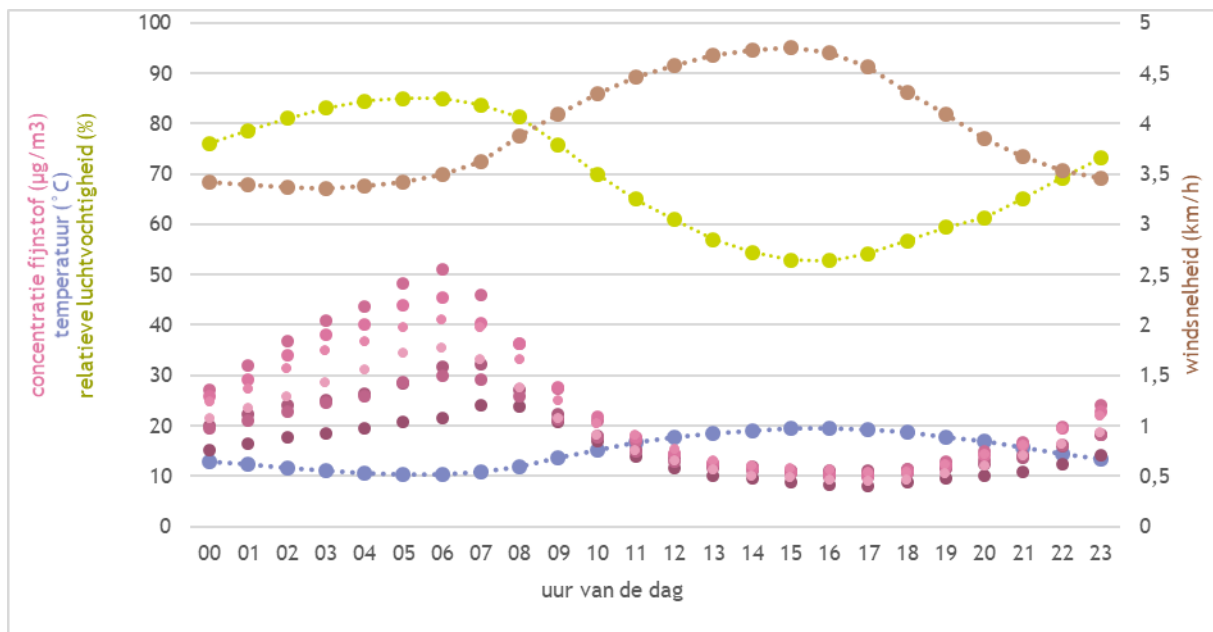
Figuur 23 De gemiddelden van de gemeten fijnstofconcentraties (PM_{2,5}) van 6 sensoren uitgezet tegen de windsnelheid (periode maart-oktober)

Ook bij temperatuur zijn de gemeten waarden bij hoge temperaturen (> 25 °C) altijd relatief lager en bij lagere temperaturen, kunnen de concentraties zowel lager als hoger zijn. Ook hier is de er mogelijke en correlatie effect met de luchtvochtigheid, zie ook figuur 25 in paragraaf 3.1.4.



Figuur 24 De gemiddelden van de gemeten fijnstofconcentraties (PM_{2,5}) van 6 sensoren uitgezet tegen de buitentemperatuur (periode maart-oktober)

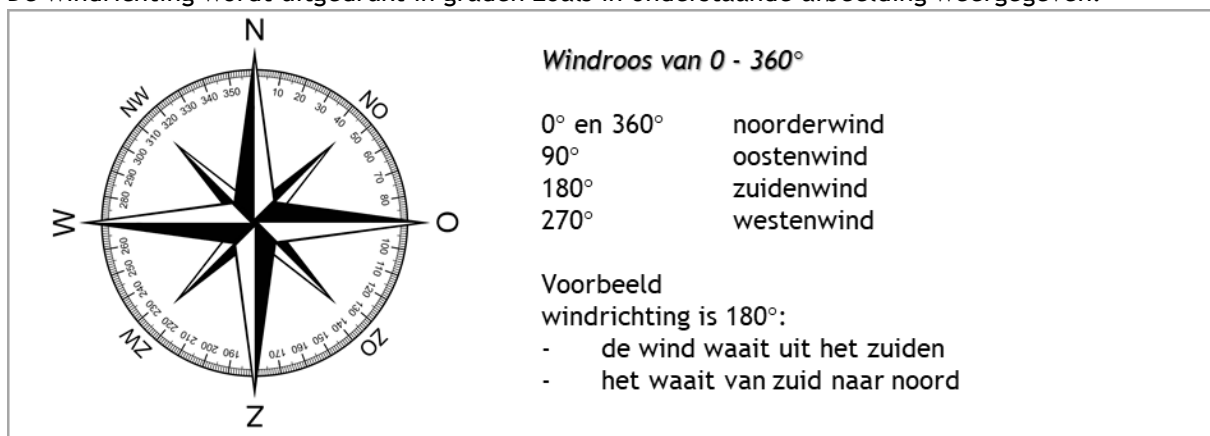
Als de windrichting uitgezet wordt tegen de gemiddelde gemeten fijnstofconcentratie gedurende driekwart jaar komt daar een relatief gelijkmatig beeld uit naar voren (figuur 25). Echter, de windrichting is niet iedere maand constant of vergelijkbaar.



Figuur 25 Gemiddelde waarde per uur van de dag van de concentratie fijnstof (6 sensoren) en de weeromstandigheden (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid) voor de periode maart-november 2020

Opvallend is dat de gemiddelde waarden in de nacht tussen de sensoren veel verschil laten zien. Een mogelijke verklaring is dat de sensoren bij hogere luchtvochtigheid minder accuraat zijn. Overdag komen de patronen meer overeen, in die periode is de luchtvochtigheid vaak ook lager. Zowel de windsnelheid als de temperatuur heeft een vergelijkbaar patroon waarbij de waarden in de nacht lager zijn en overdag hoger. Bij de luchtvochtigheid en de concentratie fijnstof (PM_{2,5}) is dit juist andersom. Het kan zijn dat de sensoren bij een toenemende relatieve luchtvochtigheid een grotere afwijking laten zien. Dan zien we in figuur 25 in een relatie tussen de accuratesse van de sensor en de weersomstandigheden. Dit is op basis van deze pilot niet vast te stellen. En let wel, de patronen in de figuren in deze paragraaf zijn gemiddelden van een langere periode. De relatie is niet zo eenduidig als per dag of week wordt gekeken.

De windrichting wordt uitgedrukt in graden zoals in onderstaande afbeelding weergegeven:

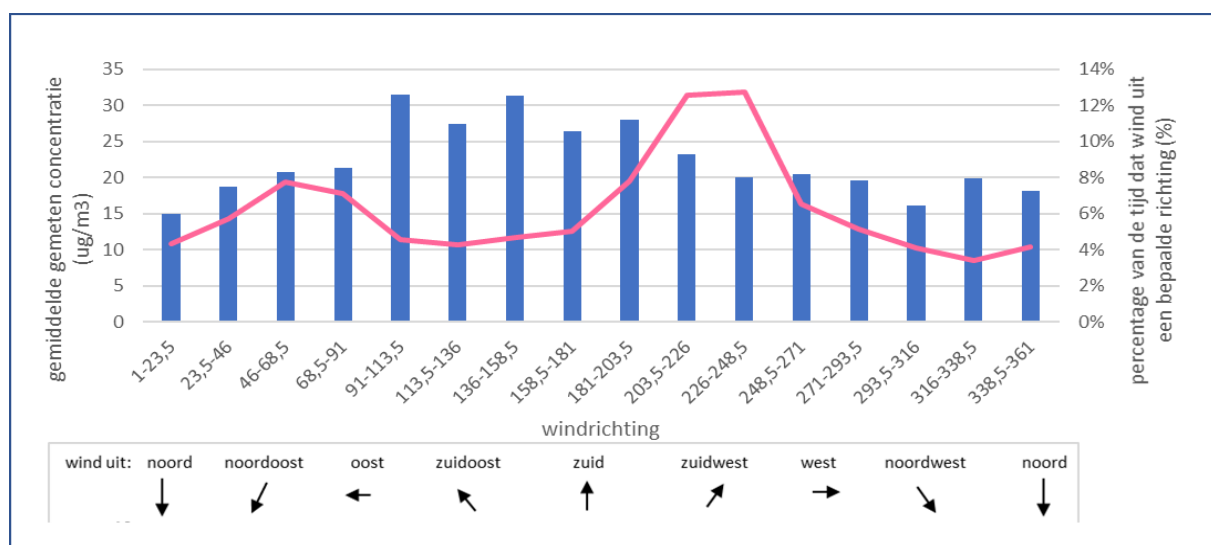


In onderstaande tabel 1 is aangegeven hoeveel procent van de tijd de wind uit een bepaalde richting kwam. Hieruit blijkt dat in het voorjaar de wind relatief vaak uit het noordoosten kwam en in de zomermaanden juist meer uit het zuidwesten. De windrichting is mede van belang omdat de wind fijnstof mee kan voeren en in beweging brengt.

Tabel 1 Percentage van de tijd per maand dat de wind uit een bepaalde richting afkomstig was

| | maart | april | mei | juni | juli | augustus | september | oktober | november | december | Hele periode |
|-------------|-------|-------|-----|------|------|----------|-----------|---------|----------|----------|--------------|
| Noord | 17 | 16 | 24 | 8 | 4 | 4 | 10 | 11 | 0 | 7 | 10 |
| Noordoosten | 19 | 31 | 26 | 18 | 4 | 11 | 16 | 6 | 6 | 5 | 15 |
| Oosten | 11 | 9 | 5 | 13 | 5 | 12 | 6 | 4 | 11 | 10 | 9 |
| Zuidoosten | 4 | 9 | 3 | 6 | 3 | 14 | 8 | 19 | 12 | 36 | 10 |
| Zuiden | 16 | 7 | 6 | 16 | 21 | 25 | 25 | 26 | 41 | 24 | 20 |
| Zuidwesten | 23 | 8 | 17 | 23 | 30 | 18 | 18 | 22 | 24 | 9 | 20 |
| Westen | 7 | 8 | 12 | 12 | 18 | 7 | 8 | 10 | 4 | 4 | 9 |
| Noordwesten | 4 | 12 | 8 | 6 | 15 | 9 | 10 | 2 | 1 | 5 | 8 |

In figuur 26 is weergegeven wat de gemeten waarden zijn per windrichting. Hierbij is de windrichting opgedeeld in 16 windrichtingen. Per windrichting is de gemiddelde gemeten waarde weergegeven (blauwe balken). De lijn geeft aan hoeveel procent van de tijd de wind uit een windrichting kwam. Zo is te zien dat de wind het vaakst uit het zuid/zuidwesten kwam en dat de gemiddelde hoogste concentratie gemeten is bij wind uit het oosten/zuidoosten. Als meer in detail gekeken wordt, bijvoorbeeld per maand komt geen eenduidig patroon naar voren. Het is niet zo dat er uit één bepaalde windrichting altijd een hogere waarde komt dan uit een andere richting.



Figuur 26 De gemiddelde gemeten fijnstofconcentraties (PM_{2,5}) uitgezet tegen het percentage van de tijd dat de wind uit een bepaalde windrichting kwam (periode maart-december)

Wat bij het gemiddelde over een langere periode (figuur 26) niet naar voren komt, kan per maand wel een ander beeld geven. Als per maand gekeken wordt, is wel de indruk dat er gemiddeld een lagere waarde is bij wind uit het noorden. In de bijlage zijn hierover enkele grafieken opgenomen. Mogelijk dat de frequentie dat de wind uit een bepaalde hoek komt, of de windsnelheid uit een bepaalde windrichting hier ook van invloed. Want zoals gezegd, zijn de gemeten waarden lager bij hardere wind.

3.1.5 Mogelijke bronnen

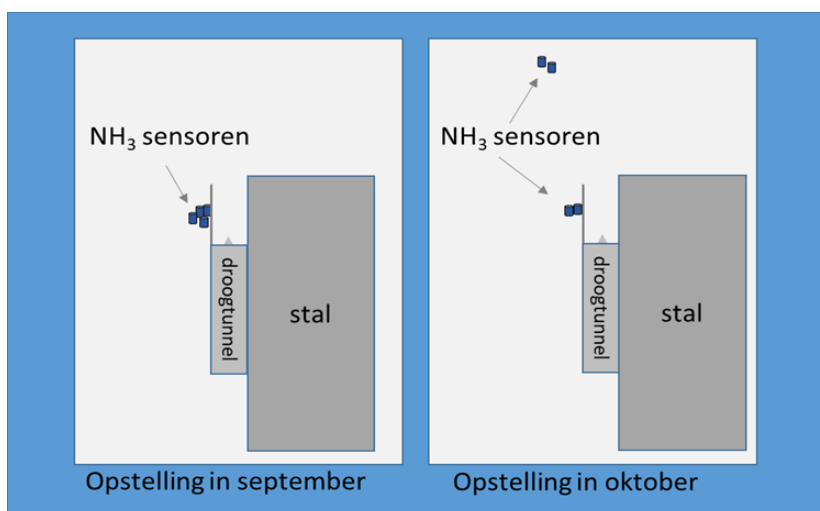
De vierde deelvraag was: Is er een mogelijke oorzaak aanwijsbaar van veranderende patronen, zijn er mogelijke bronnen binnen of buiten het gebied? Als inzicht verkregen is in de mogelijke bronnen, is er dan handelingsperspectief dat leidt tot verbetering?

Het beknopte antwoord is: Op basis van de metingen met de toegepaste sensoren is er geen eenduidig beeld naar voren gekomen van specifieke bronnen binnen of buiten het meetgebied. Naar aanleiding hiervan is er met deze informatie ook geen concreet handelingsperspectief te benoemen. Hieronder volgt een nadere toelichting.

Er is een aantal bekende bronnen van fijnstof in het gebied, waaronder de veehouderijbedrijven, verkeer (met name vanaf drukke wegen) en stook van hout of barbecue. Er was een veehouderijbedrijf waar de sensoren dicht bij de stallen zijn geplaatst. Deze sensoren laten veelal grotendeels eenzelfde patroon zien als de andere sensoren in het gebied. De gemeten waarden waren hier iets hoger. Het kan zijn omdat deze sensoren dicht bij een bron geplaatst zijn. Om te beoordelen of het een fout van de sensoren was, zijn er enkele sensoren bij geplaatst. Deze gaven een vergelijkbaar beeld als de reeds aanwezige sensoren. Opvallend is dat ook bij een veranderende windrichting de patronen in het gehele gebied vergelijkbaar bleven.

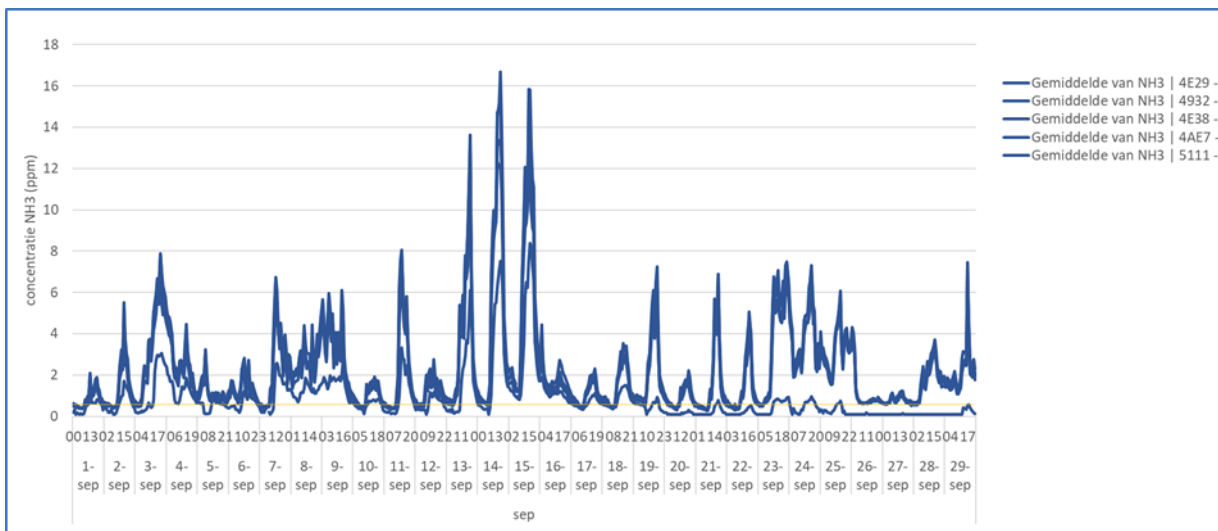
3.2 Ammoniak in de buitenlucht

De test met de ammoniaksensoren is uitgevoerd bij een pluimveebedrijf buiten het meetgebied Zandkant/Noordkant. Het doel van deze test was niet om de ammoniakconcentratie op een specifiek bedrijf te onderzoeken maar om de geschiktheid van de sensoren en de meerwaarde van realtime-metingen van ammoniak in het buitengebied te bepalen. De testopstelling van de ammoniaksensoren is weergegeven in figuur 27.

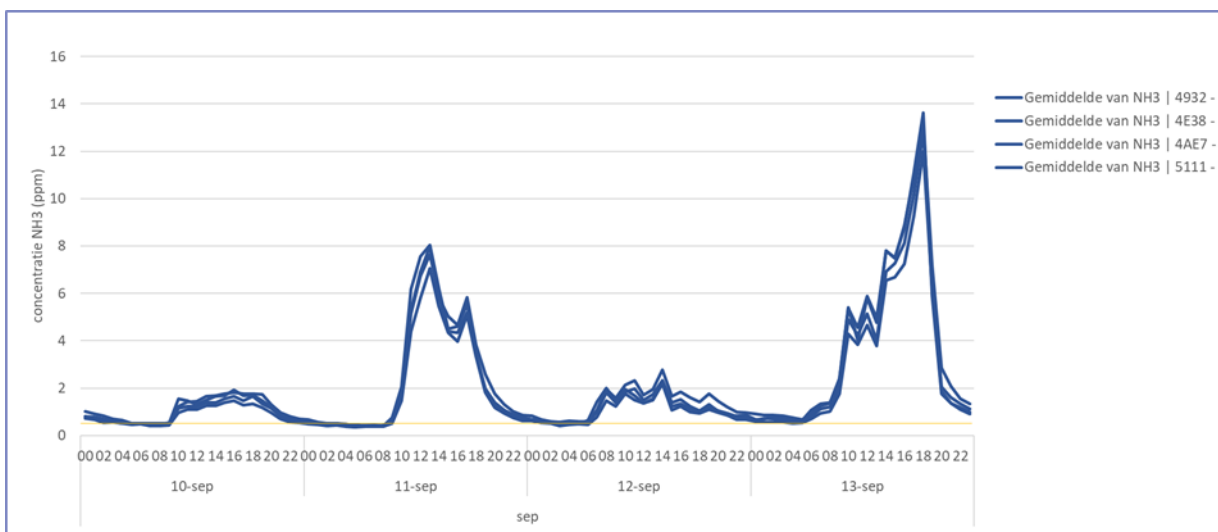


Figuur 27 Opstelling van de ammoniaksensoren

Uit de meetresultaten bleek dat vier van de vijf sensoren in september vergelijkbare meetwaarden gaven (figuur 28). Eén sensor week af, met een patroon met veel lagere waarden, met name vanaf half september. Deze sensor gaf toen met name 0-waarden en is in de analyse niet meegenomen. De meetresultaten van deze sensor zijn in figuur 28 terug te zien als de onderste lijn van de grafiek. Vanaf 29 september zijn 2 sensoren op 15 meter afstand geplaatst.



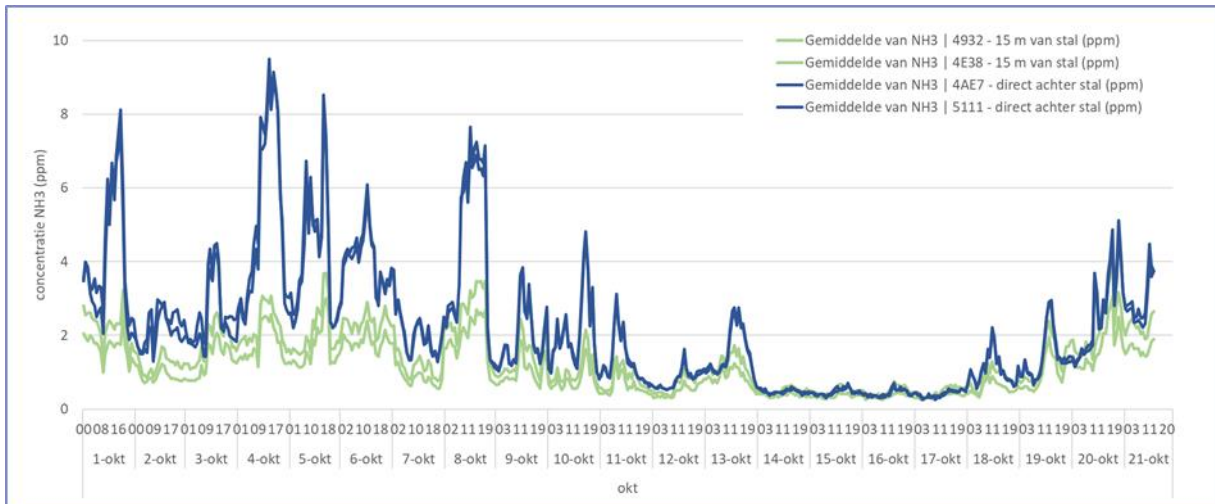
Figuur 28 Meetwaarden ammoniakconcentratie achter de luchtuitlaat op uurbasis van 1 - 29 september 2020



Figuur 29 Dagpatroon ammoniakconcentratie, dagelijks wordt de mest tussen 9 en 11 uur uit de stal verwijderd

In bovenstaande figuur is duidelijk te zien dat er een dagpatroon zichtbaar is. De mest wordt dagelijks uit de stal verwijderd en gedroogd. Dit is te terug te zien in een hogere gemeten concentratie. Dit dagpatroon ziet er niet alle dagen hetzelfde uit, hier zijn meerdere oorzaken voor aanwijsbaar. De weersomstandigheden lijken hier ook een rol te spelen, denk aan de buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid die van invloed zijn op het droogproces van de

mest en ook de windrichting en -snelheid die van invloed zijn op de verspreiding van de lucht vanaf de bron en om de sensoren.



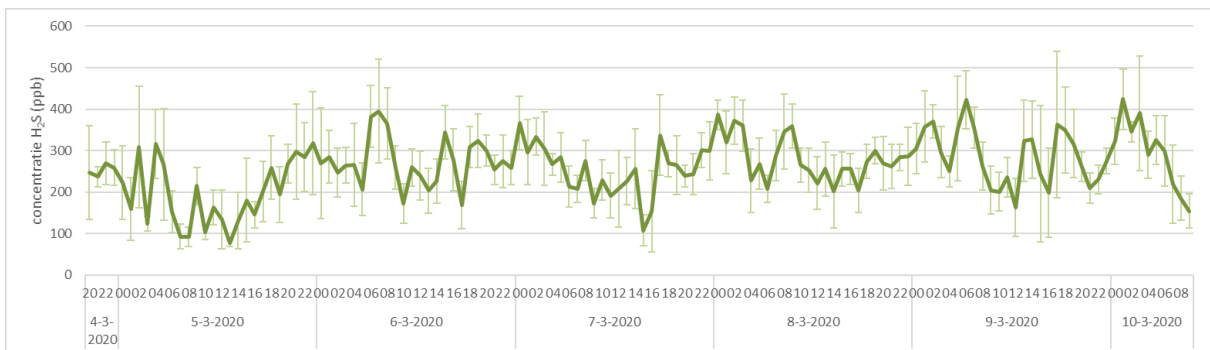
Figuur 30 Meetwaarden ammoniakconcentratie op verschillende afstanden achter de luchtuitlaat op uurbasis van 1 tot 22 oktober 2020.

In figuur 30 is te zien dat de sensoren op afstand van de stal eenzelfde patroon laten zien, maar met lagere concentraties. De concentratie neemt snel af naarmate de afstand tot de stal groter wordt.

3.3 Geurcomponent in een stal

Zoals aangegeven is in het meetnetwerk geen geurmeting opgenomen maar is wel een experiment uitgevoerd om H_2S te meten in een varkensstal met een sensor die niet eerder in de veehouderij is ingezet.

De sensor zelf is niet in de dierafdeling geplaatst maar in de centrale gang. De lucht is via een slangetje aangezogen uit de biggenafdeling. Het is een continue meting met meerdere meetwaarden per minuut. De sensor is in staat om de metingen goed uit te voeren. Er is gedurende de tijd een variabel patroon gemeten met concentraties tussen de 49 en 750 ppb. Deze meetwaarden zijn in de stal gemeten en geven geen direct inzicht in de waarden buiten.



Figuur 31 Gemiddelde concentratie H_2S (ppb) en de standaardafwijking gedurende zes dagen in een biggenafdeling

Uit dit experiment is gebleken dat het mogelijk is om in lage concentraties H_2S te meten in een varkensstal. Bij het opzetten van projecten waarbij de focus op geur vanuit de varkenshouderij ligt, kan deze sensor derhalve een goede kans bieden om de concentraties in de stal te koppelen aan geurbeleving buiten de stal. Deze sensor is duurder dan de andere sensoren waar nu in de praktijk in de veehouderij mee gemeten wordt. Het vraagt enige arbeid in gebruik, zo moet om de paar weken of maanden de cartridge vervangen worden waarmee de metingen worden uitgevoerd. Voor onderzoeksdoeleinden of voor het verkrijgen van inzicht bij overlastsituaties is dit geen probleem. Voor regulier gebruik in de praktijk is dit bewerkelijk.

4 Conclusie en discussie

4.1 Conclusies

Sensortechnologie is geschikt voor meetnetwerken voor luchtkwaliteit. In deze pilot is de focus gelegd op patronen van fijnstof in een relatief klein gebied. De gebruikte sensortechnologie was passend voor het meten van de patronen maar niet voor het bepalen van absolute concentraties. Na meer inzicht in de accuratesse van de meetdata, zijn de patronen van de meetwaarden van deeltjesgrootte PM_{2,5} het meest betrouwbaar. Er is op 1,5 meter gemeten omdat dit het beste beeld geeft van de lucht die buiten ingeademd wordt.

1. De patronen van de concentratie fijnstof waren op alle plekken in het meetnetwerk overwegend gelijk. Voor het meten van patronen van fijnstof in een regio volstaat een grofmazig meetnetwerk. Op basis van dit project is een exacte afstand tussen sensoren niet aan te geven. Als gestart wordt met bijv. 20 km afstand, zou er bij verschil in patronen tussen sensoren er later nog een sensorset extra tussen geplaatst kunnen worden.
2. De relatie met bronnen in het meetgebied is in deze pilot niet goed zichtbaar
 - a. de patronen waren bij bronnen niet anders dan op andere locaties, ook niet als de wind vanaf de bron richting de sensor waait;
 - b. dit betekent niet dat de bronnen geen bijdrage leveren, wel dat er met de gebruikte sensoren op deze locaties en op 1,5 meter hoogte geen ander patroon is gezien;
 - c. nauwkeuriger sensoren die het grovere fijnstof beter meten, kunnen tot andere conclusies leiden.
3. Bij analyse over langere tijd zijn er patronen in concentratie over de dag meetbaar. De sensoren laten in de nacht hogere waarden laten zien dan overdag. Dat kan voor een deel ook veroorzaakt worden door de invloed van de hogere luchtvochtigheid in de nacht op het meetsignaal en door lagere windsnelheden.
4. De patronen van de concentraties gemeten fijnstof variëren sterk in de tijd. Er zijn grote fluctuaties in de dag, week en maand. Mogelijk dat hier specifieke bronnen buiten het meetnetwerk en de weersomstandigheden een rol spelen. Het zijn geen vaste patronen in de tijd.
5. Er is een relatie in het patroon van fijnstof en de weersomstandigheden. Met name de windsnelheid is van invloed waar bij hogere windsnelheden minder fijnstof is gemeten.
6. Het doel van metingen bepaalt de eisen aan de sensor:
 - a. Voor inzicht in de verschillen in patronen in een groter gebied volstaat een grofmazig meetnetwerk met minder hoge eisen aan sensoren;
 - b. Voor kennis over emissiepatronen van bronnen is een fijnmaziger meetnetwerk dicht bij de bron (uitlaatpunten) benodigd met nauwkeuriger sensoren;
 - c. Voor uitspraken over impact op de volksgezondheid is informatie over de absolute waarden van de fijnstofconcentraties en blootstellingsduur nodig. In dit project was dit niet de doelstelling en de gebruikte sensortechnologie is hier niet geschikt voor.
7. Het experiment met de metingen van ammoniak buiten de stal laten zien dat NH₃ op de testlocatie een snelle daling in concentratie bij afstand tot de bron.
8. H₂S is in lage concentraties te meten, dit biedt kansen voor geuronderzoek. Metingen in en buiten de stal geven meer inzicht om vervolgens perspectieven te bieden tot verlaging van deze concentraties en daarmee van geur.

4.2 Discussie

4.2.1 Fijnstof

Om inzicht te verkrijgen in de patronen in het meetgebied is het meetnetwerk in de pilot geschikt gebleken. De eerste conclusie is dat de patronen in het hele meetgebied Zandkant/Noordkant gelijk zijn en ook vergelijkbaar met sensormetingen op 15 km afstand. Dit zou aangeven dat een (groot) deel van het fijnstof dat gemeten wordt, afkomstig is van een concentratie fijnstof dat over een groter gebied “trekt”. Het is bekend dat fijnstof over langere afstanden verspreid kan worden. In feite is het een soort deken die over de wereld ligt. Op sommige plekken is deze deken heel dun en daar wordt dan weinig fijnstof gemeten. Op andere plekken is deze deken dikker en is er sprake van slechtere luchtkwaliteit. Denk hierbij bijvoorbeeld ook aan steden waar de smog 24 uur per dag zichtbaar is of aan natuurlijke bronnen zoals bosbranden en ook zeezout langs de kust zorgt voor de meting van een hogere concentratie fijnstof. Hoge concentraties die vaak voor meer kortdurende verhogingen zorgen zijn bijvoorbeeld vuurwerk en houtstook.

Lokale bronnen zoals in het gebied Zandkant/Noordkant dragen ook bij aan een dikkere deken van fijnstof. Bronnen in dit gebied zijn bijvoorbeeld veehouderij, verkeer, houtstook, akkerbouw of barbecue. Dit betekent dat iedere vermindering van de emissie van fijnstof een positieve bijdrage levert aan de luchtkwaliteit. De impact hiervan is niet altijd direct te meten, want het kan zowel in de buurt als over heel grote afstand verspreid worden. Fijnstof dat in Sint Anthonis wordt gemeten komt voor een (groot) deel uit andere gebieden. Maar het fijnstof dat in Sint Anthonis in de lucht komt, komt voor een (groot) deel ook in andere gebieden terecht. Iedere reductie van fijnstofemissie draagt bij aan het grote geheel maar zal niet altijd direct meetbaar zijn. Fijnstof kan door de wind verspreid worden, in andere luchtlagen terecht komen, op de grond terecht komen of op een nadere manier worden weggevangen, bijvoorbeeld in vegetatie. De ontwikkeling van betere fijnstofsensoren en sensorkits gaat snel. Het is belangrijk om deze ontwikkeling te volgen.

Om meer inzicht te verkrijgen in de bronnen, is het meetnetwerk in deze pilot niet goed geschikt gebleken. De hypothese was dat er in het pilotgebied grotere verschillen zouden zijn per locatie en dat aan de hand van de windrichting ook inzicht verkregen kon worden in de mogelijke bronnen. Deze lokale verschillen blijken minder groot dan van te voren was verwacht en ook de invloed van de bronnen op de meetwaarden blijkt minder eenduidig. Dit kan veroorzaakt zijn doordat het relatieve aandeel van de individuele bronnen gering is, dat de foutmarge van de sensoren te groot is voor de te meten verschillen en/of dat de impact van de bronnen op de locatie van de sensor niet goed te meten is. Dit laatste kan samenhangen met uitstoot van een bron op grotere hoogte (bijvoorbeeld meer dan 5 meter hoogte) of uitstoot met grotere snelheid in verticale richting. Ook was de sensor minder geschikt voor het meten van het grovere fijnstof. Uit andere onderzoeken is naar voren gekomen dat bronnen als veehouderijbedrijven juist meer van het grovere fijnstof uitstoten. Er zijn momenteel meerdere initiatieven om in verschillende luchtlagen te meten met behulp van drones en dergelijke. Dit kan een goede indicatie gaan geven, het continu meten op meerdere hoogten is technisch nog een uitdaging.

4.2.2 Ammoniak

De geteste sensoren voor de realtime ammoniakmetingen in het buitengebied bleken niet geschikt om de lage concentraties goed te meten. Uit de test bij de pluimveestal bleken ze wel geschikt om in de buitenlucht concentraties boven de 0,5 ppm te meten dicht bij een bron die ammoniak uitstoot. Het realtime meten van concentraties in het buitengebied is vooralsnog niet haalbaar. Vanuit het oogpunt van luchtkwaliteit met de focus op volksgezondheid is ammoniak niet de eerst

aangewezen stof om te meten. De concentraties liggen veelal onder de 0,5 ppm. Deze concentratie is volgens de huidige inzichten niet gevaarlijk voor de volksgezondheid en ligt onder de geurdrempel. Vlak bij veestallen kan de concentratie hoger zijn.

Vanuit het oogpunt van depositie van stikstof ten gevolge van ammoniakconcentraties is, met de huidige techniek van betaalbare sensoren, het nut van het meten van concentraties in de buitenlucht beperkt. Hierbij kan met behulp van cumulatieve metingen met passieve samplers beter inzicht verkregen worden. Passieve sampling is een meetmethode waarbij gedurende langere tijd (bijvoorbeeld enkele weken) gemeten wordt. De samplers zijn voorzien van een chemische stof waaraan de te meten stof zich bindt. Zo kan een gemiddelde concentratie over een bepaalde periode bepaald worden. De meest gebruikte passieve samplers zijn de Palmes diffusiebuisjes die stikstofdioxide (NO_2) of ammoniak (NH_3) kunnen meten.

Omdat de ammoniak die uit een stal wordt geëmitteerd al snel verdunt, vervliegt en omgezet kan worden, is het vooralsnog met de beschikbare sensoren onder de €1.000 niet zinvol om nader in te zetten op metingen van de depositie rondom veehouderijbedrijven of andere bronnen. Wel is het reeds mogelijk om real time de emissie van een bedrijf te meten. Deze metingen vinden plaats direct bij de luchtuitlaten en is nuttig vanuit het oogpunt van de transitie naar doelvoorschriften.

5 Aanbevelingen

Op basis van de ervaringen in dit project zijn onderstaande acht aanbevelingen geformuleerd:

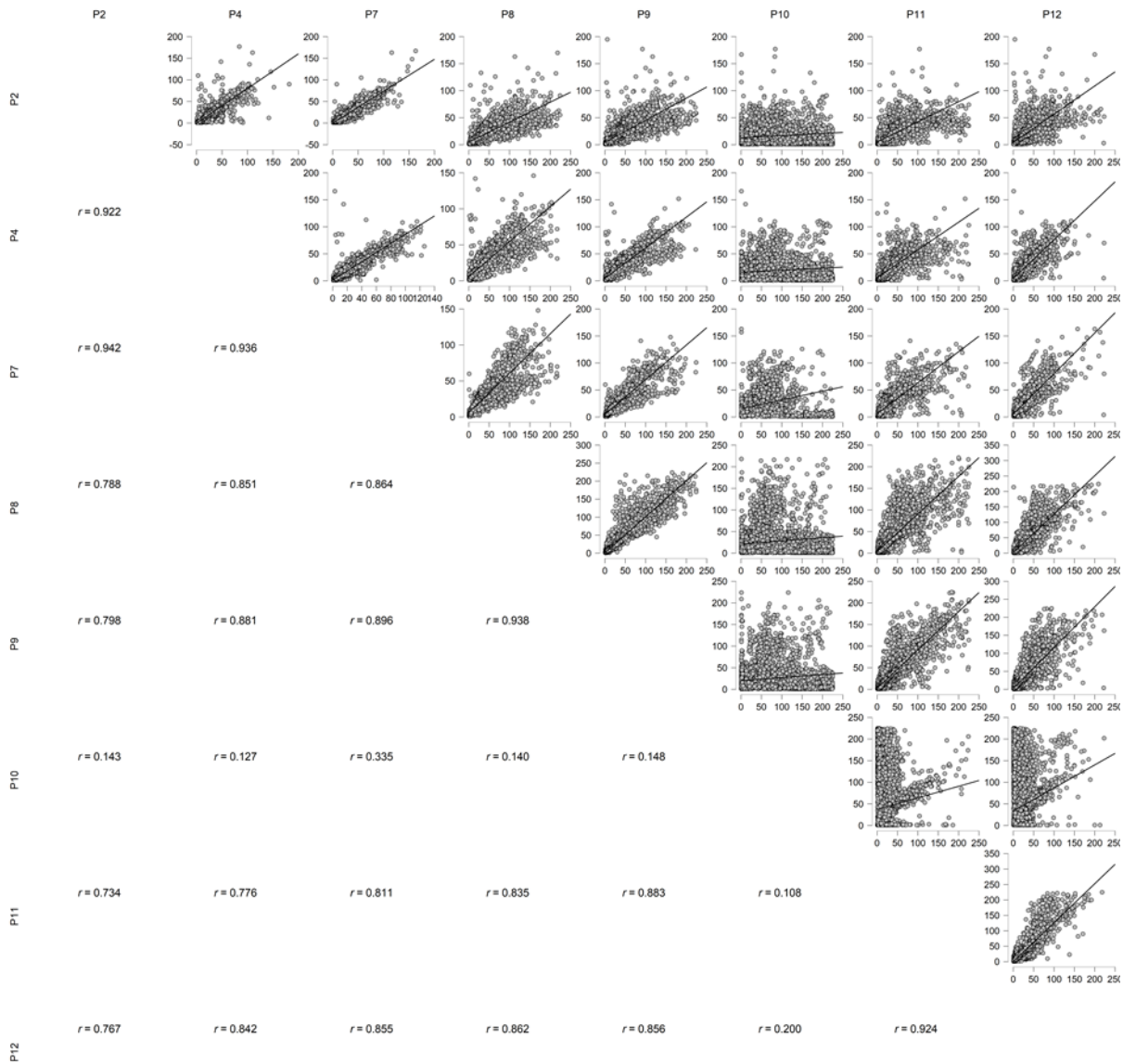
- Fijnstofmeetnetwerk handhaven en uitbreiden op een minder fijnmazige basis en in een groter gebied voor globaal beeld van luchtkwaliteit over de tijd en verschillen tussen locaties. Het is goed om aan te sluiten bij andere partijen die op dit vlak actief zijn zoals Samen meten. Hierbij dient ook aandacht te zijn voor onderhoud van de sensoren inclusief kalibratie en validatie. Een goede optie is het plaatsen van meerdere sensoren per locatie, bijv. 3 bij elkaar voor continue bepaling accuratesse.
- Afhankelijk van het doel, aangepaste sensoren toepassen waarbij in één meetkit zowel de grotere fijnstofdeeltjes (PM10) als de kleinere (PM2,5 en PM1) goed gemeten kunnen worden. Deze meetkit voorzien van een eigen weerstation om de deze weergegevens (waaronder windrichting en -snelheid) op de exacte locatie te kunnen gebruiken bij de analyse van de meetdata.
- Regelmatige data analyse voor (nieuw) inzicht en de mogelijkheden tot handelingsperspectief tot verbetering.
- Technologie is in ontwikkeling, met steeds betere mogelijkheden met betrekking tot accuratesse van de metingen, validatie en kalibratie van sensoren, signaleren afwijkingen door drift en dergelijke. Daarom is het goed om bij vervanging of uitbreiding te kijken naar nieuwe mogelijkheden binnen de gewenste doelstellingen en budget.
- Voor de lokale luchtkwaliteit is geur een belangrijk aspect dat in de toekomst meegenomen zal kunnen worden. Deze aspecten met betrekking tot omgevingskwaliteit zijn meer lokaal bepaald en directer gerelateerd aan lokale bronnen.
- Voor meer inzicht kan het, naast de metingen op neushoogte, ook nuttig zijn om op meerdere hoogten te meten met name in de buurt van bronnen. Tevens is het voor de bepaling van de oorsprong van fijnstof nuttig om de deeltjes zelf meer in detail te onderzoeken. Dit vraagt een andere expertise en is fundamenteeler van aard. Het kan helpen om meetnetwerken en relaties tot de bron beter inzichtelijk te maken.
- De meetactiviteiten dienen het algemeen belang. Open en toegankelijke communicatie met alle bewoners en andere betrokkenen over de metingen -met inachtneming van de AVG- vergroot het maatschappelijk draagvlak en betrokkenheid van mensen, al dan niet actief. Voor draagvlak is het belangrijk dat de data, nádat deze zijn gefilterd en gecorrigeerd, publiekelijk toegankelijk zijn. Naast de data is de interpretatie belangrijk, waaronder benchmarken met andere locaties binnen en buiten de gemeente, zodat data ook relevante informatie wordt. Hierbij is samenwerking van meerdere partijen en een grotere regio wenselijk. Een dergelijk meetnetwerk wordt dan niet alleen vóór bewoners maar ook met en van de bewoners en van de samenleving.
- Tot slot past sensortechnologie ook goed in de transitie van middel- naar doelvoorschriften. Deze transitie vraagt op aanpassing op drie terreinen: technisch, proces & beleid en juridisch. Bij de technische aspecten gaat het onder andere om het betrouwbaar meten van de prestaties en bij beleid om de normstellingen. Meetnetwerken en metingen in en om bronnen spelen hierbij een belangrijke rol en er zijn nog veel stappen te zetten. Het delen van kennis en ervaring, zoals in dit meetnetwerk is onderdeel van deze transitie en kan verder uitgebouwd worden.

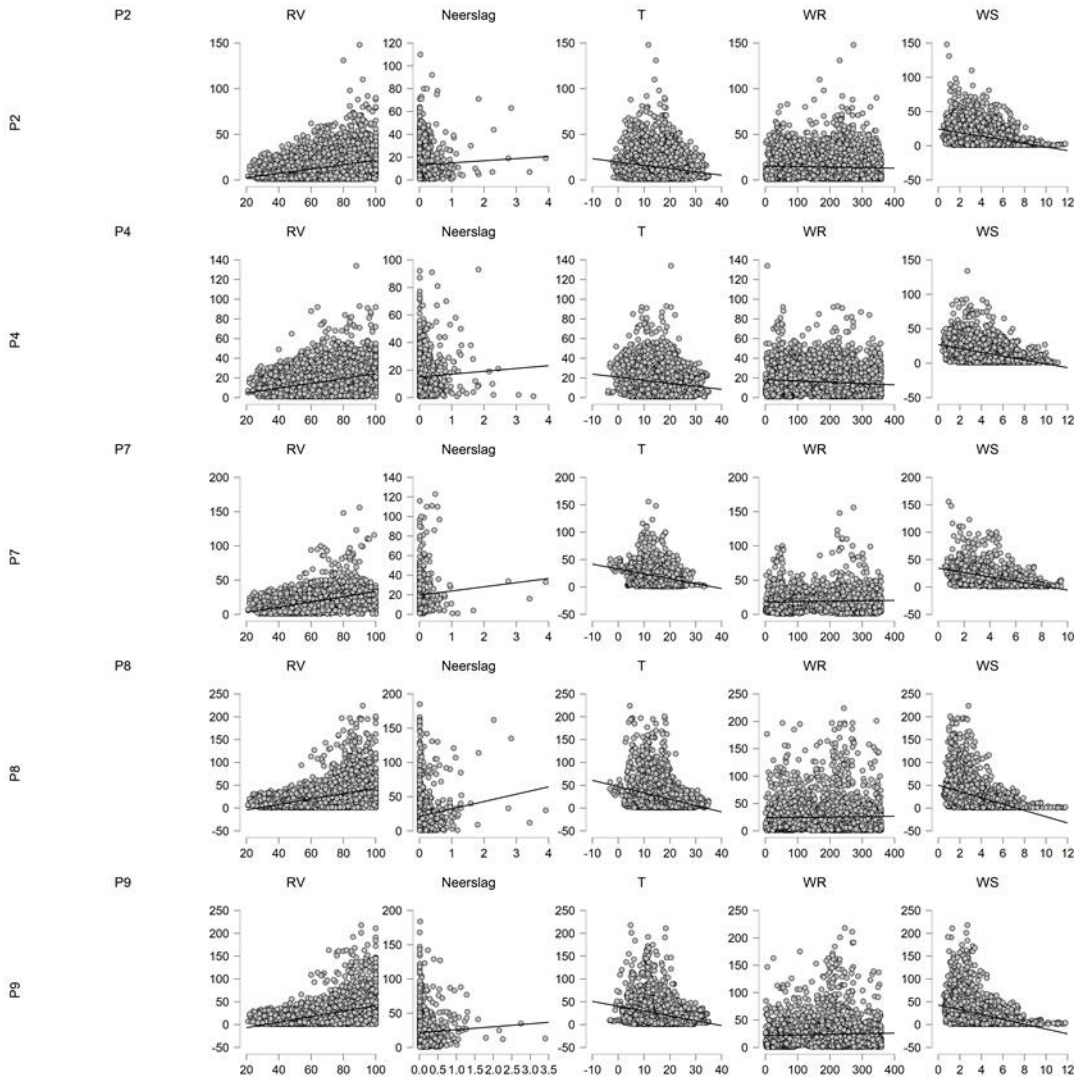
Geraadpleegde bronnen

<https://www.sintanthonis.nl/>
<https://www.metensa.nl>
<https://samenmeten.rivm.nl>
<https://www.rivm.nl/burgerwetenschap/samen-meten-aan-luchtkwaliteit>
<http://www.behouddeparel.nl/>
<https://www.bwlvc.eu/>
<https://www.atlasleefomgeving.nl/meer-weten/lucht/fijnstof>
<https://www.rivm.nl/fijn-stof>
<https://ggdleefomgeving.nl/lucht/luchtvervuiling/luchtvervuiling-en-gezondheid/>
<https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/geur/>
<https://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/omgevingsthema/ammo/>
<https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/stof/>
<https://www.lenntech.nl/calculators/ppm/converter-parts-per-million.htm>
<https://www.honeywellanalytics.com/nl-nl/product/portable-gas-detection>
<https://www.g4s.com/nl-nl>
Venselaar-Mooij M., et al. (2015) *Geur en gezondheid GGD-richtlijn medische milieukunde*
RIVM Rapport 2015-0106, Bilthoven

Bijlage Aantal grafieken analyse vergelijking sensoren en weersinvloeden

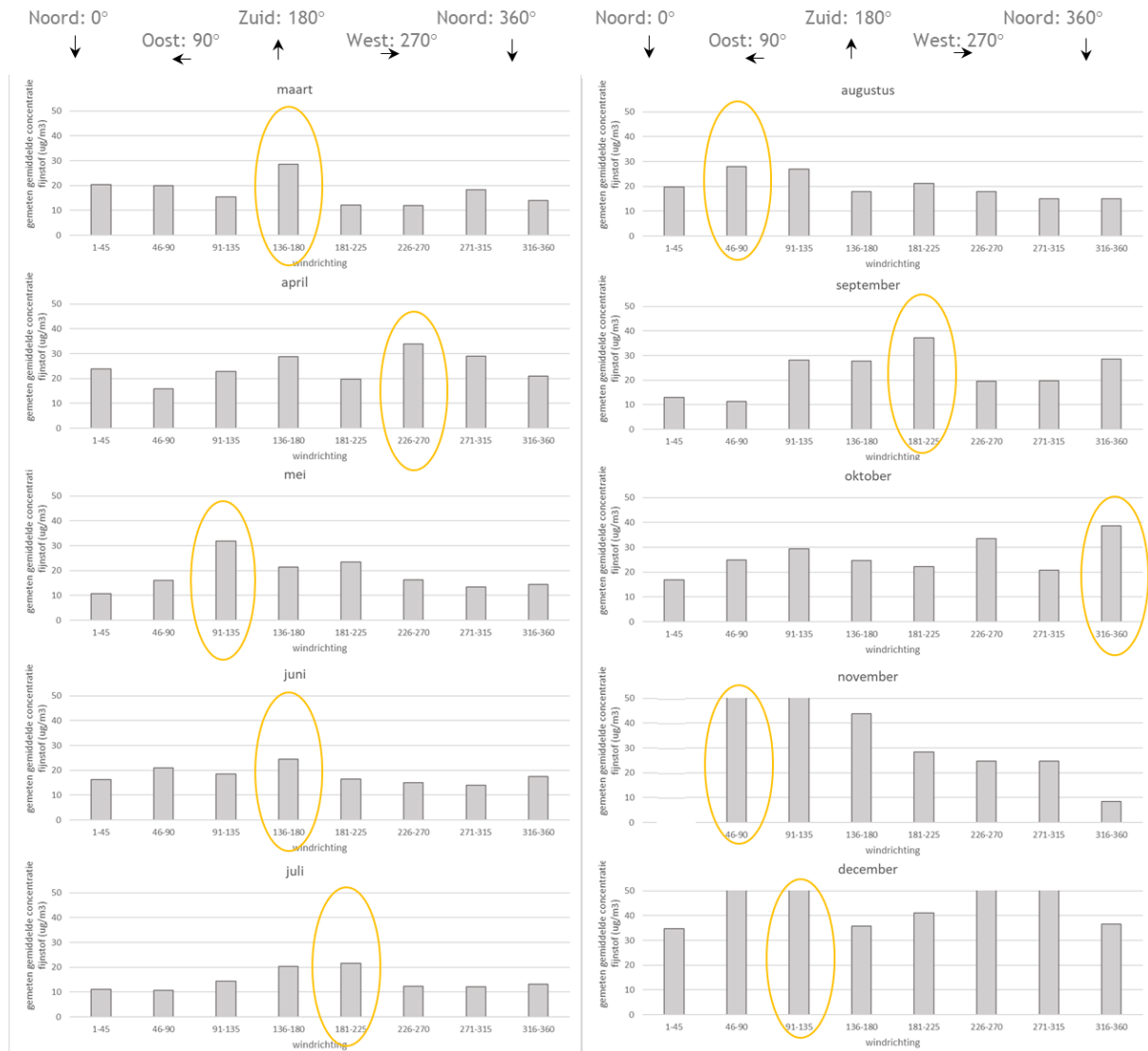
Aanvullende informatie over de correlatie tussen de 7 sensoren die in Zandkant/Noordkant hebben gestaan. Sensor P10 vertoont afwijkende waarden ten opzichte van de andere sensoren. Deze sensor is naast P8 geplaatst ter vergelijking en liet ook geen vergelijkende waarden zien met deze sensor. P10 is in de analyses niet verder meegenomen.





Gemiddelde gemeten stofconcentratie per windrichting per maand (over 5 sensoren)

De gemiddelde concentratie is niet iedere maand gelijk per windrichting, dit kan ook samenhangen met de duur dat de wind uit een bepaalde richting komt. Dit was per maand ook verschillend. De onderstaande figuren zijn indicatief en geven de variatie over de tijd aan.



Colofon

Algemene contactgegevens:

Connecting Agri & Food BV.
Oostwijk 5
Postbus 511
5400 AM Uden
info@connectingagriandfood.nl
www.connectingagriandfood.nl
Tel. 0413 33 68 00

Deze publicatie is in opdracht van:

Gemeente Sint Anthonis
Postbus 40
5845 ZG Sint Anthonis

Foto's

Connecting Agri & Food BV

Vormgeving en realisatie

Connecting Agri & Food BV

Disclaimer

De in deze publicatie neergelegde opvattingen zijn gebaseerd op door Connecting Agri & Food BV betrouwbaar geachte gegevens en informatie, die op zorgvuldige wijze in onze analyses en prognoses zijn verwerkt. Noch Connecting Agri & Food, noch ingeschakelde derden kunnen aansprakelijk worden gesteld voor in deze publicatie eventuele aanwezige onjuistheden. De weergegeven opvattingen en prognoses houden niet meer in dan onze eigen visie en kunnen zonder nadere aankondiging worden gewijzigd.

© Connecting Agri & Food, 2020

Deze publicatie is alleen voor eigen gebruik. Het gebruik van tekstdelen en/of cijfers is slechts toegestaan indien de bron duidelijk vermeld wordt. Verveelvoudiging en/of openbaarmaking van deze publicatie is niet toegestaan, behalve indien hiervoor vooraf schriftelijke toestemming is verkregen van Connecting Agri & Food BV.