

Rapportage Fijnstofmeting Castricum 2021-2022

Een burgerinitiatief



Door: Scapeler (André van der Wiel en Dieter Pientka)

Versie: 1.0

Datum: 3 februari 2023



Dit werk is gelicenseerd onder een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie. Bezoek <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/nl/> om een kopie te zien van de licentie of stuur een brief naar Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	5
1.1 Over Scapeler.....	6
2 Samenvatting.....	7
2.1 Fijnstof van lokale bronnen.....	7
2.2 Objectief houtrook(overlast) in beeld brengen.....	7
3 Plan van aanpak, verkenning van onderzoeksmogelijkheden.....	8
3.1 Hoge resolutie.....	8
3.2 Datakwaliteit.....	8
3.3 Externe data.....	9
3.4 Meetlocaties.....	10
4 Data verzamelen en voorbereiden.....	11
4.1 Databronnen.....	12
4.1.1 ApriSensor sensorkit.....	12
4.1.2 Meetstations landelijke luchtmeetnet.....	12
4.1.3 Satellietdata van CAMS.....	13
4.1.4 KNMI meetstation.....	13
4.1.5 Logboeken.....	13
4.2 Voorbereiding data.....	14
4.2.1 Kalibratie van ruwe sensor meetdata.....	14
4.2.2 Meetwaarden per minuut, per uur of toch per 20 seconden?.....	14
4.2.3 Toegepaste filters.....	15
4.3 Verkregen meetresultaten in aantallen.....	16
4.4 Beoordeling satelliet data.....	17
4.4.1 Meetstations vergeleken met satellietdata (jaar 2020).....	17
4.4.2 Vergelijkingsresultaten jaar 2020.....	18
4.4.3 Conclusie beoordeling satellietdata.....	18
4.5 Analyse door visualisatie.....	19
4.6 Achtergrondniveau en ‘Top-waarde’.....	20
4.6.1 Analyse van de Top-waarde en ‘uitschieters’.....	22
4.6.2 Schematische indeling van het fijnstof.....	23
4.6.3 Fijnstof Top-waarde en wind.....	24
4.6.4 Gemiddelde per uur?.....	25
4.6.5 Uitschieters als toegevoegde waarde.....	26
5 Resultaten in diagrammen over gehele periode.....	27
5.1 Resultaten van Top-waarden over de gehele periode.....	28
5.2 Resultaten van uitschieters gehele periode.....	29
5.3 Resultaten Top-waarde boxplot per uur van de dag gehele periode.....	30
5.4 Resultaten Top-waarden lijngrafiek gehele periode.....	31
6 Analyse aan de hand van logboeken.....	32
6.1 Logboek: Notitie van 9 november 2021.....	32
6.2 Logboek: Notitie van 4 november 2021.....	33
6.3 Logboek: Notitie van 18 november 2021.....	34
6.4 Logboek: Notitie van 22 november 2021.....	35
6.5 Logboek: Notitie van 10 december 2022.....	36
6.6 Logboek: Notitie van 19 december 2022.....	37
7 Bevindingen.....	38
7.1 Locatie 1.....	38
7.2 Locatie 2.....	40
7.3 Locatie 3.....	41
8 Conclusies.....	43

Tabel van afbeeldingen

Afbeelding 1: Bron: IJmuider Courant, 11 september 2021.....	5
Afbeelding 2: De initiatiefnemers van dit project bij een referentie monitor met daarop een in eigen beheer ontwikkelde sensorkit, de ApriSensor.....	6
Afbeelding 3: Schematische weergave fijnstof bronnen.....	7
Afbeelding 4: overzicht meetlocaties.....	10
Afbeelding 5: sensorlocaties ingezoomd op wijkniveau.....	10
Afbeelding 6: Verwerkingsschema.....	11
Afbeelding 7: CAMS Model Ensemble. Afbeelding is afkomstig van de Copernicus website 3.....	13
Afbeelding 8: Correlatie tussen gekalibreerde PMSA003 meetwaarde met de SPS30 voor PM2.5.....	14
Afbeelding 9: Vergelijking meetresultaten van de PMSA003 ruwe meetwaarde (rode lijn), gekalibreerde meetwaarde (groene lijn) met de SPS30 fijnstofsensor (blauwe lijn), gemeten in één sensorkastje!!.....	14
Afbeelding 10: Locatie meetstations en resolutie van de satelliet meetwaarde.....	17
Afbeelding 11: Correlatieplot meetstation Beverwijk West met satellietdata.....	18
Afbeelding 12: Correlatieplot meetstation De Rijp met satellietdata.....	18
Afbeelding 13: Beverwijk West (rood) vs satelliet (blauw).....	18
Afbeelding 14: De Rijp (rood) vs satelliet (blauw).....	18
Afbeelding 15: Schematische weergave fijnstof bronnen.....	20
Afbeelding 16: Voorbeeld achtergrondniveau met daarboven in rood waar de lokale fijnstof meetwaarde hoger is.....	20
Afbeelding 17: Voorbeeld lokale fijnstof zonder het aandeel van het achtergrondniveau.....	20
Afbeelding 18: Top-waarde boxplot per uur van de dag locatie 2, maand december.....	22
Afbeelding 19: Boxplot Top-waarde per dag van de week locatie 2, maand december.....	22
Afbeelding 20: Boxplot per windrichtinglocatie 2, maand december.....	22
Afbeelding 21: Schematische weergave fijnstof indeling.....	23
Afbeelding 22: Voorbeeld metingen in een uur met Top-waarden en uitschieters.....	23
Afbeelding 23: Windroos december.....	24
Afbeelding 24: Zuid- tot zuidwestenwind.....	32
Afbeelding 25: Windroos.....	32
Afbeelding 26: Fijnstofgrafiek.....	32
Afbeelding 27: Pollutieroos.....	32
Afbeelding 28: Kaart met buurten van Castricum met de meetlocaties aangegeven met stippen.....	35
Afbeelding 29: Top-waarden -> ook fijnstof bronnen op grotere afstand.....	38
Afbeelding 30: Alleen de uitschieters -> fijnstofbron dichtbij de sensor.....	38
Afbeelding 31: Flatgebouw in het midden van de luchtfoto met de sensor aan de noord-west zijde. Luchtfoto van PDOK (https://app.pdok.nl/viewer/).....	39
Afbeelding 32: Locatie 1 gehele periode Top-waarden.....	39
Afbeelding 33: Boxplot december 2021 locatie 2.....	40
Afbeelding 34: Polarplot januari 2022.....	40
Afbeelding 35: Polarplot december 2021 locatie 2.....	40

1 Inleiding

Nieuwsgierig geworden door de onderzoeksresultaten van het RIVM naar luchtvervuiling in de regio IJmond (Tata Steel)¹, is in 2021 het idee ontstaan om in Castricum fijnstof te gaan meten, als burgerinitiatief wel te verstaan.

Castricum is in het rapport van het RIVM genoemd als stad waar opmerkelijk hoge PAK's-waarden zijn gemeten welke niet afkomstig zou zijn van Tata Steel (te grote afstand voor de grotere deeltjes). De oorzaak zou lokale luchtvervuiling door houtstook zijn.

“De hoge PAK-depositie op de meetlocatie in Castricum tijdens de tweede en derde meetperiode is mogelijk veroorzaakt door nabijgelegen open haarden”

Blijkbaar zijn de onderzoekers van het RIVM mede daarop gewezen door de bewoners van Castricum. Het probleem van houtrook in Castricum is dus niet zomaar uit de lucht gegrepen:

“Dit is gebaseerd op informatie die is verzameld met behulp van een vragenlijst aan deelnemers aan het onderzoek.”

Er was in Castricum nog geen meetstation voor fijnstof dus vandaar het idee om een aantal meetstations te plaatsen. Een oproep via Twitter leverde al snel reacties op waarna op drie locaties een meetstation is geplaatst. Daarmee kon het citizen science project Castricum 2021-2022 van start gaan.

Hoofdindeling rapportage:

- Verkenning van onderzoeksmogelijkheden, vooraf en gaandeweg geconstateerde zaken welke richtinggevend zijn geweest voor het onderzoek
- Data verzamelen en voorbereiden. Benoemen van databronnen en verzamelingen en hoe deze zijn voorbereid voor de analyse
- Analyse en visualisatie van de data.
- Resultaten over de gehele periode. De resultaten per maand en andere specifieke selecties zijn uit praktische overweging in het document met bijlagen opgenomen.
- Analyse aan de hand van de logboeken
- Bevindingen
- Conclusies

Bij dit document hoort het document “Bijlagen Fijnstofmetingen Castricum 2021-2022”. Met daarin aanvullende informatie over de onderzoeksresultaten.



Afbeelding 1: Bron: IJmuider Courant, 11 september 2021

1 RIVM onderzoek IJmond: <https://www.rivm.nl/publicaties/onderzoek-herkomst-van-neergedaald-stof-en-stoffen-in-de-lucht-in-ijmond-regio>

1.1 Over Scapeler

Scapeler is een privaat initiatief welk zichzelf als doel heeft gesteld om kennis en kunde in te zetten voor een schone leefomgeving met focus op luchtkwaliteit. Onafhankelijkheid is daarbij een belangrijk gegeven. Met passie bewandelen we nieuwe wegen waarbij vele experimenten ons leiden naar nieuwe inzichten welke ons bewust maken van de kwetsbaarheid van het geheel. Die bewustwording proberen we over te dragen aan anderen in verwachting daarmee veranderingen op gang te kunnen brengen die bijdragen aan het doel.

Op de foto van afbeelding 2 de initiatiefnemers van dit project bij een officieel meetinstrument zoals ook voor het Landelijk Meetnet voor Luchtkwaliteit wordt gebruikt, een BAM1020. Met dit instrument als referentie is onder andere een kalibratieprocedure ontwikkeld voor de fijnstof sensor met de naam ApriSensor. De ApriSensor sensorkit staat hier op de behuizing van de BAM1020.



Afbeelding 2: De initiatiefnemers van dit project bij een referentie monitor met daarop een in eigen beheer ontwikkelde sensorkit, de ApriSensor.

2 Samenvatting

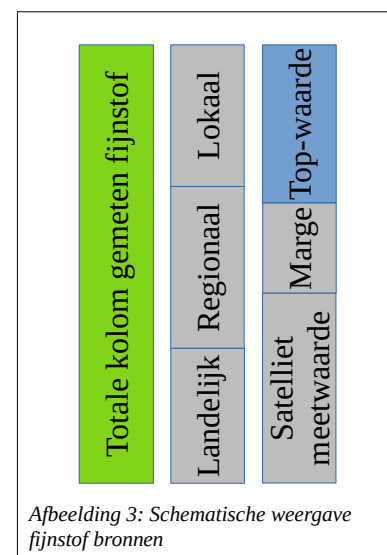
Je kunt wel zeggen dat dit project vanuit een spontaan opgekomen idee is ontstaan waarbij in eerste instantie simpelweg gestart is met het plaatsen van sensorkastjes en daarmee het verzamelen van sensordata. In Castricum werd er nog niet actief fijnstof gemeten en zeker niet met het doel om houtrook in beeld te brengen.

Met inmiddels jaren aan ervaring met het ontwikkelen van sensorkastjes, meten van fijnstof en interpreteren van de resultaten vooral in relatie met houtrook, hebben we natuurlijk een stevig basis om deze klus aan te pakken maar dit was ook een unieke gelegenheid om nieuwe ideeën een kans te geven. Zoals het inzetten van satellietdata, experimenteren met hoge dataresolutie (veel meetmomenten), experimenteren met nieuwe analysemethoden en de data op een eigen wijze samen brengen en interpreteren.

We troffen enthousiaste deelnemers die behalve het faciliteren van de meetlocatie zich ook actief inzetten om zoveel mogelijk informatie te leveren over de locaties. In eerste instantie met hun verhaal hoe ze het probleem beleefden maar ook door tijdens de meetperiode informatie te geven over wat er in hun omgeving gebeurde. Op deze wijze werd context geleverd bij de ruwe meetwaarden. Daarbij werden tevens logboeken bijgehouden met waardevolle informatie voor de analyse.

2.1 Fijnstof van lokale bronnen

Een lokale fijnstof bron (houtkachel/pelletkachel/(open)haard/barbecue/vuurkorf) voegt fijnstof toe aan de concentratie fijnstof welke normaal gesproken altijd wel aanwezig is. Om te bepalen wat lokaal wordt toegevoegd is de zogenaamde achtergrondwaarde van belang. Satelliet waarnemingen als achtergrondwaarde blijkt een goed alternatief voor de vaste meetstations van het Landelijke meetnetwerk (LMN). In afbeelding 3 is de opsplitsing van de lokaal gemeten fijnstof in landelijk, regionaal en lokaal schematisch weergegeven. De satelliet meetwaarde wordt daarin getoond als achtergrondwaarde waar bovenop nog een extra marge (verhoging) is toegepast om invloed van regionale bronnen zoveel als mogelijk weg te nemen. Wat dan overblijft is de gewenste 'boven gemiddelde' fijnstof meetwaarden of wel Top-waarde. Deze Top-waarde geeft inzicht in lokaal toegevoegde fijnstof als gevolg van houtstook. Het afstellen van deze marge heeft ons ook geleerd dat er mogelijkheden zijn om regionale bronnen zichtbaar te maken zoals in dit geval de regionale industrie van IJmuiden, de Zaanstreek en Amsterdam maar dat heeft verder weinig aandacht gekregen in dit onderzoek.



Afbeelding 3: Schematische weergave fijnstof bronnen

2.2 Objectief houtrook(overlast) in beeld brengen

Het combineren van de fijnstof meetresultaten met meteorologische gegevens (wind) en dat op een specifieke manier te doen (veel detailgegevens en toepassen van filters en statistische berekeningen) laat zien dat er mogelijkheden zijn om lokale bronnen van fijnstof in beeld te brengen. Richting en afstand van de sensor tot een bron levert specifieke meetwaarden op, veel pieken (dichtbij) of juist geleidelijke verhoging (op grotere afstand) en natuurlijk beïnvloed door de wind.

Het objectief in beeld krijgen van houtrook in relatie tot de bron biedt mogelijkheden voor o.a. lokale overheden om hierop beleid te maken en houtrook problematiek onder controle te krijgen.

3 Plan van aanpak, verkenning van onderzoeksmogelijkheden

Aanvankelijk is beoogd de data met een vrije blik te benaderen waarna toch besloten is om een kleine plan van aanpak te maken. Dit naar aanleiding van een eerste analyse van de data uit Castricum. Gezien de lijvige aard van de data en de vele onderzoeksmogelijkheden die hiermee gepaard gaan, blijkt het nuttig om enige richting te geven aan de methodologie en onderzoeksdoelen. Maar een belangrijk uitgangspunt is:

Dit burgerinitiatief is een speelveld gecreëerd voor nieuwe ideeën en experimenten.

In eerste instantie is de abductieve onderzoeksmethode de meest logische methode van onderzoek. Deze methode kenmerkt zich in het zoeken naar ‘uitzonderlijkheden’ in de gegeven data, waarna toegewerkt wordt naar een passende theorie of hypothesestelling.

Vooraf was het duidelijk dat er een hoofddoel was om de problematiek van houtstook en rookoverlast in beeld proberen te brengen. Gaandeweg werd duidelijk dat de data ons daarin de weg zou wijzen. Wat zo onder andere de revue passeerde waren de onderstaande verwachtingen en of voorbedachte doelstellingen:

1. Zichtbaar maken houtrook op de sensorlocaties (Intensiteit, windrichting/kracht, stookmomenten)
2. Methode bedenken voor gebruik data als ‘niveau achtergrond’ (satellietdata)
3. Verband met IJmuiden (Tata Steel) of industrie vanuit Zaanstreek / Amsterdam aantonen. (regionale fijnstof bronnen)
4. Het gaat om het leerproces

Een eerste globale blik op de data over de gehele periode gaf al enige inzicht in wat te verwachten stond en daaruit bleek onder andere dat het opdelen van de data per maand zinvol was. De resultaten in deze rapportage zijn dan ook op die volgorde in beeld gebracht, eerst vanuit een totaaloverzicht en daarna per maand. Vervolgens voor een aantal dagen ingezoomd naar detailniveau. Dat laatste mede ingegeven door de dagboeken welke door de bewoners is bijgehouden.

3.1 Hoge resolutie

Vooraf was bedacht een opsplitsing te maken voor de verwerking van data per uur en per minuut, er zouden daarmee twee analyses parallel worden uitgevoerd. Maar al gaandeweg kwamen we erachter dat voor het in beeld brengen van het fijnstof van lokale bronnen (open) haarden, houtkachels, pelletkachels, etc.) juist de detailinformatie van belang is. Uiteindelijk zijn de analyses met een zo hoog mogelijk detailniveau uitgevoerd. Dat wil zeggen voor de fijnstofsensoren de continue meting (per seconde een meetwaarde) gemiddeld per 20 seconden.

3.2 Datakwaliteit

Voor dit onderzoek zijn vooral contrastverschillen interessant maar ook die zijn bij voorkeur vanuit waarheidsgetrouwe data te extraheren. Daarom zijn de ruwe meetwaarden volgens de Visibilis-methode² gekalibreerd waarbij invloed van luchtvochtigheid en temperatuur worden gecorrigeerd.

Om de bruikbaarheid van de metingen nog meer te waarborgen, zijn een paar uitzonderlijke situaties verwijderd zoals de uren dat het eindejaarsvuurwerk een rol van betekenis speelde of een moment dat er bouwwerkzaamheden plaatsvonden dichtbij een van de locaties.

2 Meer informatie over de Visibilis-methode: <https://www.scapeler.com/index.php/visibilis/>

3.3 Externe data

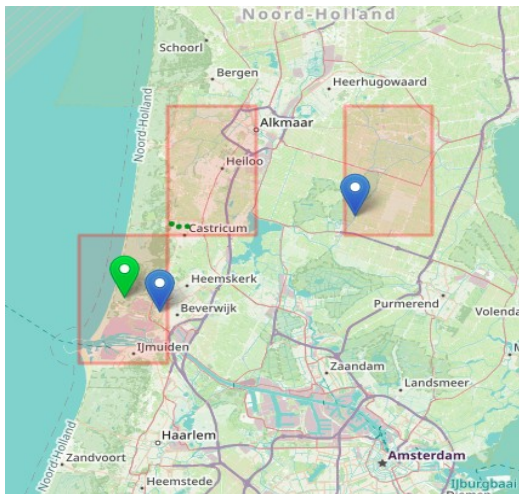
Er is gebruik gemaakt van externe data aanvullend op de eigen data van de geplaatste sensorkastjes. Voor gegevens over de wind is gebruik gemaakt van open data van het KNMI en voor fijnstof de satellietdata van CAMS. De satellietdata is gevalideerd met behulp van data van het Landelijk Meetnetwerk Luchtkwaliteit (LML).

3.4 Meetlocaties

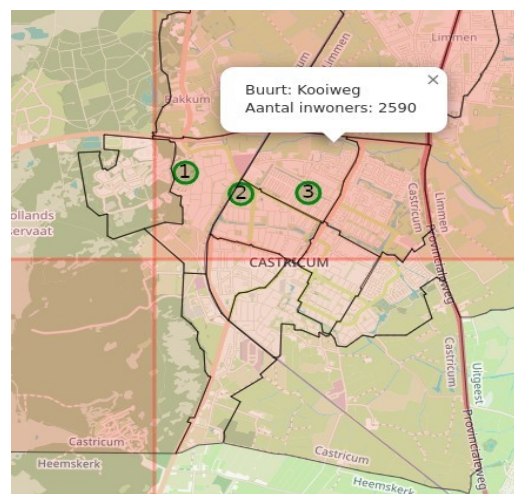
De drie sensorkastjes zijn geplaatst op een locatie in het gebied aangegeven met een stip/cirkel op de kaart waarvan hieronder plaatjes te zien zijn. Om privacyredenen van de deelnemers zijn de cirkels op de kaart niet meer dan richtinggevend. De locaties liggen redelijk op een west-oost lijn met een onderlinge afstand tussen 600-700 meter. Dit is een voldoende afstand om er zeker van te zijn dat lokale houtrookbronnen slechts één locatie tegelijk kan 'raken'. De locaties zijn van west naar oost genummerd met 1, 2 en 3.

De blauwe markers zijn de locaties van de meetstations van het landelijke luchtmeetnet (LMN) waar ook fijnstof PM2.5 wordt gemeten. (<https://www.luchtmeetnet.nl/meetpunten?component=PM25>). Voor het bepalen van een achtergrondniveau fijnstof is gekozen niet deze stations te gebruiken maar satellietdata. De LMN-meetstations meten de waarde op één locatie en op flinke afstand van de sensorkastjes. De satelliet waarneming geeft een gemiddelde over het gebied waarin de sensorkastjes zijn geplaatst en daarmee beter om als achtergrondniveau te gebruiken, maar daar later meer over.

De drie gekleurde rechthoeken laten de gebiedsgrootte zien waarvoor met een satelliet een meetwaarde wordt vastgesteld. Een zo'n vlak geeft de resolutie weer (kleinst mogelijk gebied) waarvoor een meetwaarde fijnstof PM2.5 is vastgesteld, ongeveer 6,7 bij 11,2 kilometer. Alleen de satellietdata van het middelste vak, waarbinnen de sensorkastjes zich bevinden, zijn gebruikt voor dit project.



Afbeelding 4: overzicht meetlocaties



Afbeelding 5: sensorlocaties ingezoomd op wijkniveau

De groene marker geeft de positie van het KNMI meetstation IJmuiden (meteodata over wind).

Het rechter plaatje geeft ook de CBS-buurtindeling (2021) weer. De drie locaties van de sensorkastje vallen binnen drie verschillende buurten van Castricum. Van links naar rechts zijn dat:

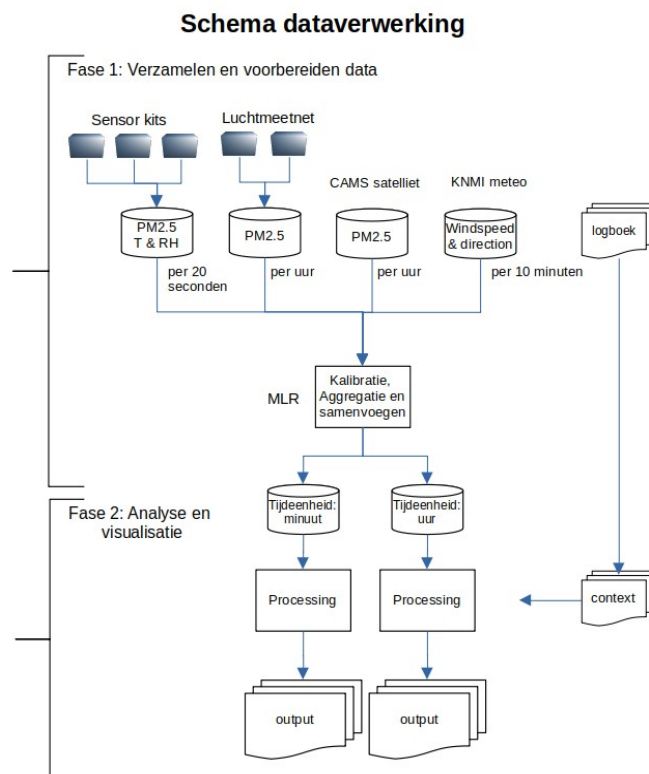
1. Bakkum-Zuid – aantal inwoners: 2065
2. Oranjebuurt – aantal inwoners: 3000
3. Kooiweg – aantal inwoners: 2590

4 Data verzamelen en voorbereiden

De data van meerdere bronnen zijn verzameld en bewerkt zoals in bijgaand afbeelding 7 schematisch is weergegeven.

De gebruikte data is afkomstig van de volgende databronnen:

- drie sensorkits
- twee meetstations van het landelijke luchtmeetnet
- Satellietdata
- Meteodata van KNMI meetstation IJmuiden
- logboeken voor context



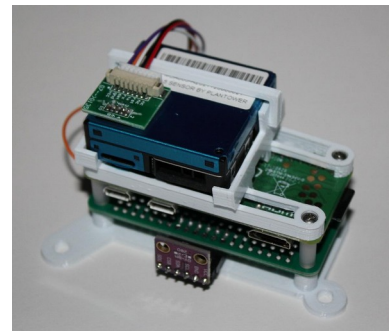
Afbeelding 6: Verwerkingsschema

4.1 Databronnen

4.1.1 ApriSensor sensorkit

Op elke van de drie meetlocaties heeft een ApriSensor sensorkit metingen uitgevoerd voor fijnstof, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Er zijn een aantal varianten van de ApriSensor sensorkit met verschillende soorten (fijnstof) sensoren of combinaties daarvan. Voor dit project is gekozen voor de variant met de Plantower PMSA003 fijnstof sensor. Deze sensor is gevoelig voor luchtvochtigheid en om dat probleem te omzeilen zijn de ruwe meetwaarden gekalibreerd. Daarover meer in hoofdstuk 4.2.1.

De ApriSensor sensorkit meet continue (1x per seconde) en die meetwaarden worden per 20 seconden gemiddeld. De 20-seconden gemiddelde meetwaarden zijn gebruikt voor de analyse (en dus niet een minuut- of uurgemiddelde daarvan). Continue meten is noodzakelijk voor een voldoende detail aan informatie.

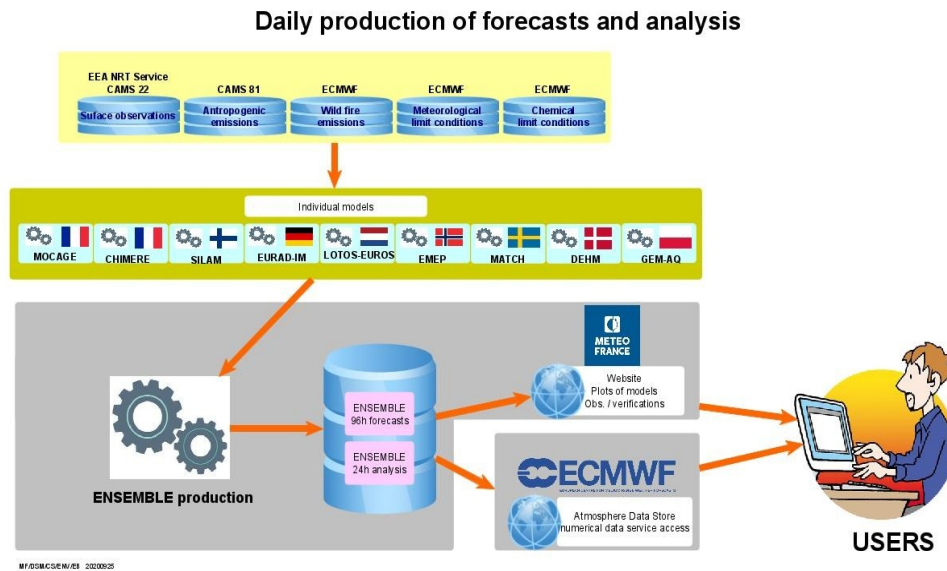


4.1.2 Meetstations landelijke luchtmeetnet

Van het landelijke luchtmeetnet zijn fijnstof data van twee meetstations gebruikt, IJmuiden (49570) en Berkhout (49566). Het gaat hier om de fijnstof PM2.5 welke als uurwaarde beschikbaar is. Uiteindelijk is deze data alleen gebruikt voor het beoordelen van de satellietdata.

4.1.3 Satellietdata van CAMS

De satellietdata is afkomstig van Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)³. De gebruikte variant is volgens model Ensemble (Analysis) wat gezien kan worden als het resultaat van een combinatie van een aantal andere modellen (zie afbeelding 7). De satellietdata levert een uurwaarde.



Afbeelding 7: CAMS Model Ensemble. Afbeelding is afkomstig van de Copernicus website 3

4.1.4 KNMI meetstation

De wind is een belangrijke factor als het gaat om fijnstof. Voor dit project is het KNMI meetstation IJmuiden als dichtstbijzijnde meetstation gebruikt. Windsnelheid en windrichting zijn per 10 minuten beschikbaar.

4.1.5 Logboeken

De deelnemers aan dit project hebben een logboek bijgehouden waarin zij hun bevindingen hebben genoteerd. Deze aanvullende informatie is van belang om bepaalde situaties te kunnen verklaren. Het geeft extra informatie over de omstandigheden, de context.

3 Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) <https://atmosphere.copernicus.eu/>

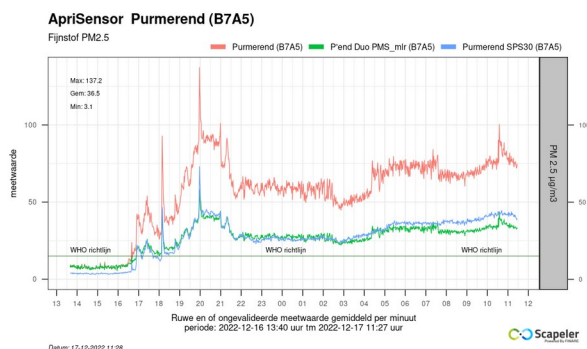
4.2 Voorbereiding data

4.2.1 Kalibratie van ruwe sensor meetdata

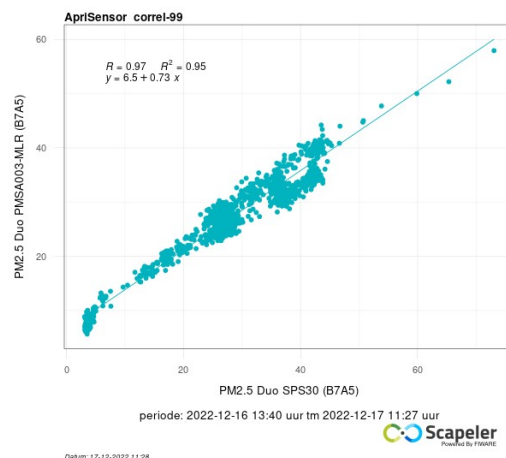
De gebruikte fijnstofsensor is gevoelig voor luchtvochtigheid en om dat probleem te omzeilen zijn de ruwe meetwaarden eerst gekalibreerd conform de Visibilis MLR methode⁴. De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid worden in die methode gebruikt om de fijnstof waarde te corrigeren.

Met deze kalibratie is het resultaat van de Plantower PMSA003 te vergelijken met de duurdere Sensirion SPS30, een sensor die voor PM2.5 door het RIVM als goed bruikbaar wordt gewaardeerd.

In een dagelijkse praktijktest bewijst de Visibilis MLR methode zijn waarde met 24-uurs correlatie resulterend in een hoge R^2 waarde. De bijgaande afbeeldingen zijn daarvan een momentopname.



Afbeelding 9: Vergelijking meetresultaten van de PMSA003 ruwe meetwaarde (rode lijn), gekalibreerde meetwaarde (groene lijn) met de SPS30 fijnstofsensor (blauwe lijn), gemeten in één sensorkastje!!



Afbeelding 8: Correlatie tussen gekalibreerde PMSA003 meetwaarde met de SPS30 voor PM2.5

4.2.2 Meetwaarden per minuut, per uur of toch per 20 seconden?

Vooraf was bedacht om het onderzoek op twee manieren te laten verlopen. Één waarin het 'zichtbaar' maken van houtrook van belang was (en dus veel detail in de data noodzakelijk) en één waarin de data meer globaal geanalyseerd zou worden. Maar uiteindelijk is gekozen voor de route van veel detail wat nodig is voor het goed zichtbaar maken van lokale houtstookbronnen (houtkachels, pelletkachels, (open) haarden).

Voor de procesgang met 20-seconde meetwaarden zijn deze data simpelweg gekoppeld aan de uurwaarden van de andere databronnen Luchtmeetnet en CAMS/satelliet. Op een gelijke wijze zijn de 10-minuut waarden van de KNMI data gekoppeld.

4 Visibilis project <https://www.scapeler.com/index.php/visibilis/>

4.2.3 Toegepaste filters

Waar nodig zijn een aantal filters toegepast om overbodige of 'verstorende' data te verwijderen. Voor het gehele onderzoek zijn onderstaande filters toegepast.

1. Meetgegevens buiten de onderzoeksperiode 1-11-2021 tot en met 27-2-2022 zijn verwijderd
2. Meetgegevens verwijderd bij ontbreken van fijnstof of temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (benodigd voor kalibratie)
3. Meetgegevens verwijderd indien data over windsnelheid en -richting ontbreken
4. In verband met fijnstofpieken als gevolg van het vuurwerk zijn de meetdata van de sensorkits weggefilterd vanaf 31-12-2021 14:00 tot 01-01-2022 6:00 uur
5. Bouwwerkzaamheden, verwijderd: 2022-11-02 10:00 – 17:00 (alleen locatie 3)
6. Verwijderd: 1x uitschieter 2022-01-03 06:09 om reden eenmalig incident met verstorend effect op de grafieken (alleen locatie 2)
7. Verwijderd meetwaarden sensorkits indien PM2.5 (ruwe meetwaarde) kleiner of gelijk is aan 5 µg/m³. Erg lage fijnstof meetwaarden zijn minder betrouwbaar, juist ook voor de toegepaste kalibratie methode, en ook minder interessant voor het inzichtelijk maken van (hout)rook

4.3 Verkregen meetresultaten in aantallen

De volgende tabel geeft het aantal observaties per maand en hoeveel verwijderd zijn door toegepaste filters. Dit betreffen de aantallen met minuutwaarden. Uiteindelijk zijn de analyses op basis van 20-seconden meetwaarden gedaan. De aantallen kunnen daarom in principe met 3 vermenigvuldigd worden.

Sensor locatie 1 (DF78):

Maand	Start	excl. PM25	excl. T/RV	excl. ws	excl. vuurwerk	excl. outliers	excl. lage PM25	Eind aantal fase 1
2021-11	43200	112	16	10			24847	18215
2021-12	44640		11	30	600		18504	25495
2022-01	44640			10	360		23860	20410
2022-02	38820		94	128			27823	10775
Totaal:	171300	112	121	178	960		95034	74895

Sensor locatie 2 (2147):

Maand	Start	excl. PM25	excl. T/RV	excl. ws	excl. vuurwerk	excl. outliers	excl. lage PM25	Eind aantal fase 1
2021-11	43200	354	155	10			17100	25581
2021-12	44640	287	188	30	576		10480	33079
2022-01	44640	3093	607	9	358	1	11277	29295
2022-02	38820	409	394	124			12925	24968
Totaal:	171300	4143	1344	173	934	1	51782	112923

Sensor locatie 3 (B7A5):

Maand	Start	excl. PM25	excl. T/RV	excl. ws	excl. vuurwerk	excl. outliers	excl. lage PM25	Eind aantal fase 1
2021-11	43200			10		420	19383	23387
2021-12	44640	6		30	600		12267	31737
2022-01	44640			10	360		15886	28384
2022-02	38820			130			18778	19912
Totaal:	171300	6	0	180	960	420	66314	103420

Betekenis kolommen:

- Start – Begin aantal records per maand. In verband met aansluiting op hele weken heeft februari een dag minder.
- T/RV – Verwijderd ivm ontbreken temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (benodigd voor kalibratie)
- ws – Verwijderd aantal ivm ontbreken windsnelheid
- vuurwerk – Verwijderd ivm vuurwerk (2021-12-31 14:00 – 2022-01-01 06:00 UTC)
- outliers – Verwijderd om andere reden
 - sensor 2: 1x uitschieter 2022-01-03 06:09
 - sensor 3: Gevolgen van werkzaamheden in de buurt (2022-11-02 10:00 – 17:00)
- lage PM2.5 – Verwijderd om reden PM2.5 meetwaarde < 5 µg/m³
- Eind – Totaal aantal records waarmee de analyse is gedaan.

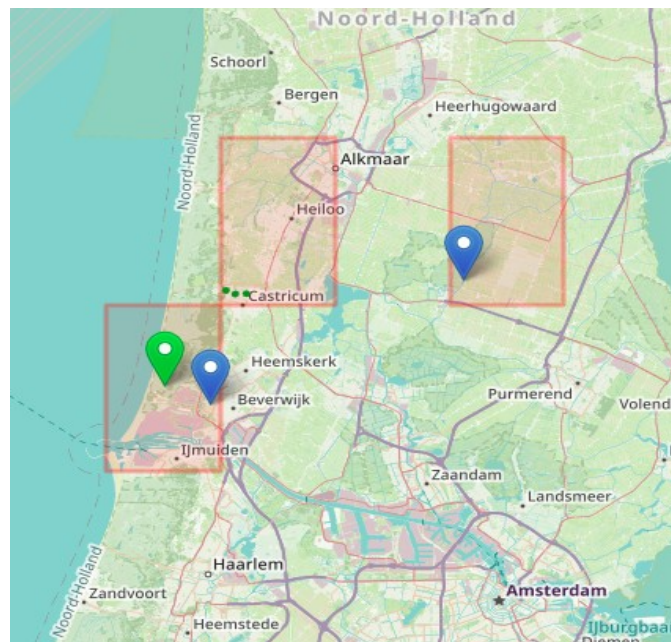
Filters zijn in de volgorde van de kolommen uitgevoerd.

4.4 Beoordeling satelliet data

Naast de meetstations van het Landelijk Luchtmeetnet wordt in dit project voor het eerst satellietdata gebruikt om sensordata mee te vergelijken. Deze satellietdata wordt geleverd door Copernicus Atmospheric Monitoring Services (CAMS)⁵ en is ‘analysis’⁶ data van het model ‘Ensemble’⁷.

Om te kunnen beoordelen of deze satellietdata ook werkelijk bruikbaar is, zijn de resultaten van het gehele jaar 2020 vergeleken met de metingen zoals gedaan met twee meetstations in het Landelijke Luchtmeetnet (grondobservatie). In afbeelding 10 zijn deze meetstations aangegeven met een blauwe marker.

De gekleurde rechthoeken geven een drietal gebieden aan welke voor dit project zijn gebruikt. Met een zo’n gebied wordt gelijk duidelijk wat de resolutie is van de satellietdata.



Afbeelding 10: Locatie meetstations en resolutie van de satelliet meetwaarde

4.4.1 Meetstations vergeleken met satellietdata (jaar 2020)

Van de twee voor dit project gebruikte meetstations zijn de meetdata over het gehele jaar 2020 (2021 was nog niet beschikbaar) vergeleken met de satellietdata van het gebied waarin een meetstation zich bevindt. Voor de vergelijking zijn alleen meetwaarden tussen 0 en 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meegenomen om de invloed van bijzondere situaties zoals van het eindejaarsvuurwerk en ontbrekende data (Luchtmeetnet) te beperken.

⁵ Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) <https://atmosphere.copernicus.eu/>

⁶ ‘analysis’ betekent dat de model berekende waarde opnieuw geanalyseerd zijn en waar nodig bijgesteld met behulp van o.a. grondobservaties

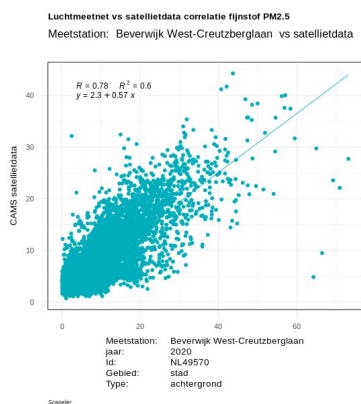
⁷ Model ‘Ensemble’ staat voor een combinatie van resultaten van andere modellen

4.4.2 Vergelijkingsresultaten jaar 2020

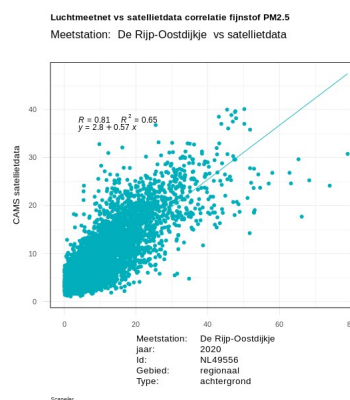
In de correlatieplots van afbeeldingen 11 en 12 en de lijngrafieken van afbeeldingen 13 en 14 zijn de resultaten te zien van de vergelijking van de meetstations met de satellietdata. In de onderstaande tabel de jaargemiddelde waarden voor fijnstof in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ met daarbij de R/R^2 waarden uit de correlatiediagrammen.

Meetstation	Fijnstof PM2.5	Satelliet PM2.5	R	R ²	Richtingscoëfficiënt
Beverwijk West	9,6	7,8	0,78	0,60	0,57
De Rijp	8,7	7,7	0,81	0,65	0,57

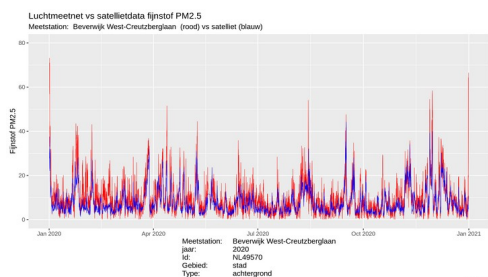
De R , R^2 en rc zijn overgenomen uit de onderstaande correlatieplots.



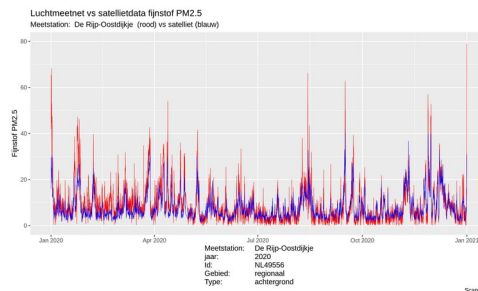
Afbeelding 11: Correlatieplot meetstation Beverwijk West met satellietdata



Afbeelding 12: Correlatieplot meetstation De Rijp met satellietdata



Afbeelding 13: Beverwijk West (rood) vs satelliet (blauw)



Afbeelding 14: De Rijp (rood) vs satelliet (blauw)

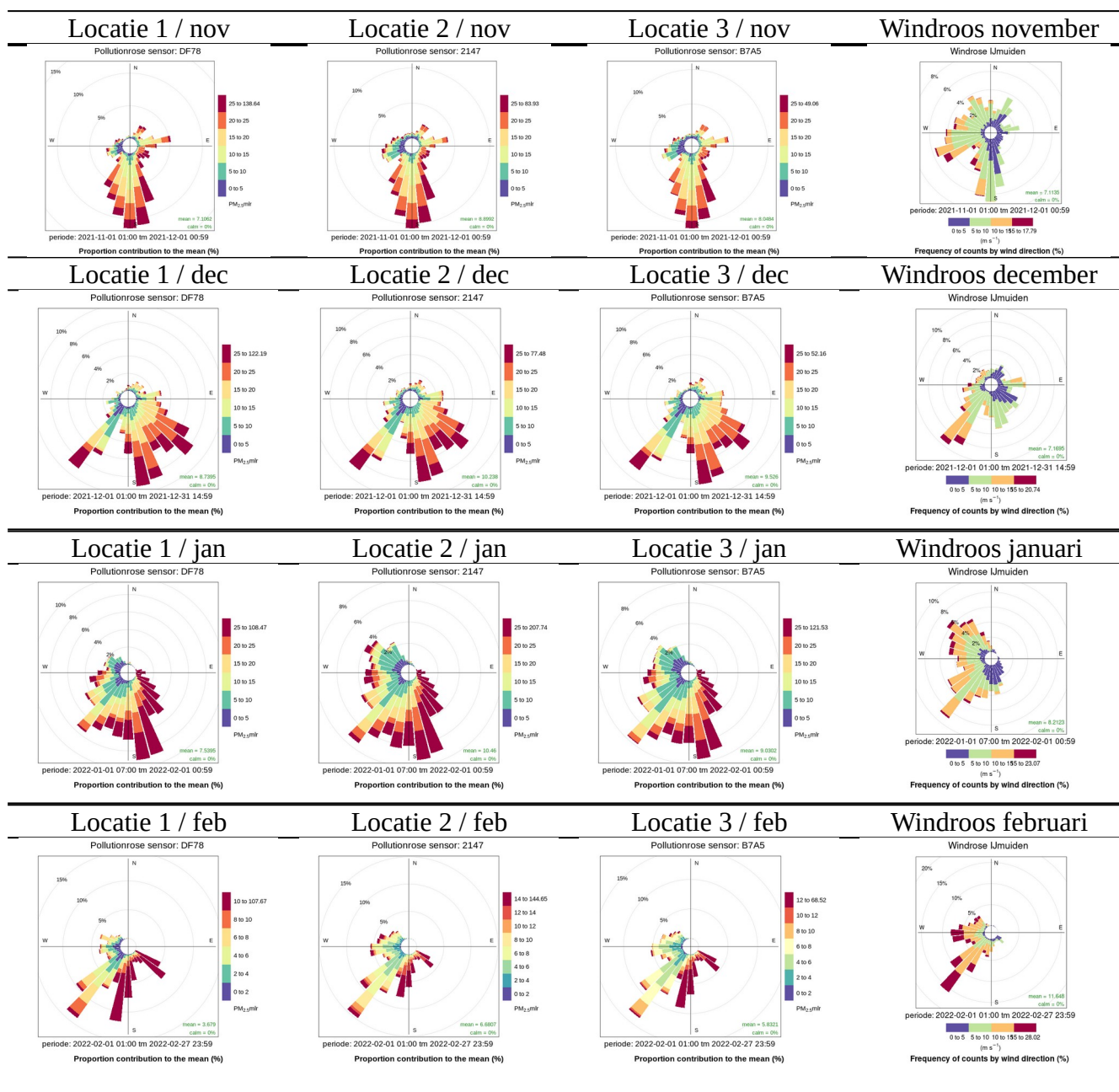
4.4.3 Conclusie beoordeling satellietdata

Het mag duidelijk zijn dat meetwaarden van grondobservaties van een meetstation op een vaste locatie altijd zal afwijken van fijnstof gezien over een groter gebied en dat een vergelijking met de satellietresultaten altijd een verschil zal geven. Maar hetzelfde kan gezegd worden over de geïnterpoleerde waarde van een bepaald meetstation naar een willekeurig andere locatie. Grondobservaties of satelliet data hebben dus beide een risico als het om interpretatie naar een bepaalde locatie gaat. Het voordeel van de satelliet is dan dat het een waarde levert voor een groter gebied, wat gezien het beoogde doel om als achtergrondniveau te dienen een beter alternatief lijkt.

De satellietdata is daarom verkozen tot brondata voor een achtergrondniveau op de locatie

4.5 Analyse door visualisatie

Voor een eerste inzicht in de data zijn de volgens het Visibilis model⁸ gekalibreerde fijnstof PM2.5 meetwaarden per maand vergeleken met de wind gegevens (daarvoor de windroos, meeste rechtse diagram in de rijen hieronder). Een maand per rij met per locatie een pollutieroos. Op het eerste oog lijkt het meeste fijnstof uit richting IJmuiden en Zaanstad/Amsterdam te komen. Wat opvalt zijn de overeenkomsten tussen de diagrammen van de drie locaties.



8 Visibilis model: <https://www.scapeler.com/index.php/visibilis/>

4.6 Achtergrondniveau en 'Top-waarde'

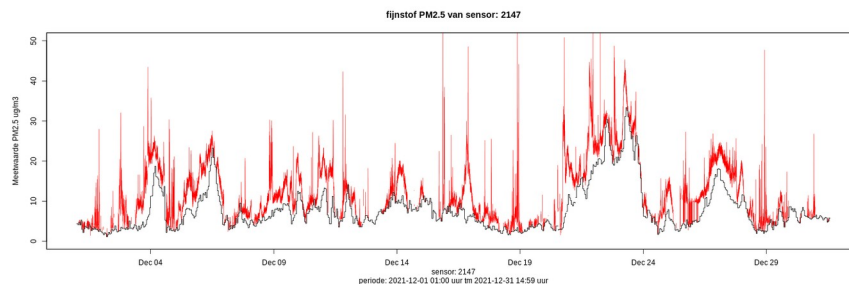
De overeenkomstige diagrammen van de vorige analyse laat interessante informatie zien over mogelijk fijnstof uit de regio. Dit onderzoek heeft echter meer de focus op het lokaal geproduceerde fijnstof en daarom moet er op een andere manier naar de data worden gekeken. De schematische weergave van afbeelding 15 laat zien hoe vervolgens de fijnstof concentratie van enig moment is geïnterpreteerd. Hoe tot deze interpretatie gekomen is wordt hieronder beschreven.

Voor onderzoek naar lokale bronnen van fijnstof is het van belang te weten wat ongeveer het achtergrondniveau is. Het achtergrondniveau zegt iets over wat als 'normaal' beschouwd kan worden in een bepaald gebied. 'Normaal' is betrekkelijk en afhankelijk van wat er aan de hand is in het gebied, de regio of nog verder. Een achtergrondniveau kan relatief hoog zijn maar ook dan zal de extra toevoeging van bijvoorbeeld houtrook bovenop het achtergrondniveau zichtbaar moeten worden. Zoals eerder al aangegeven wordt de satellietdata als achtergrondniveau gebruikt.

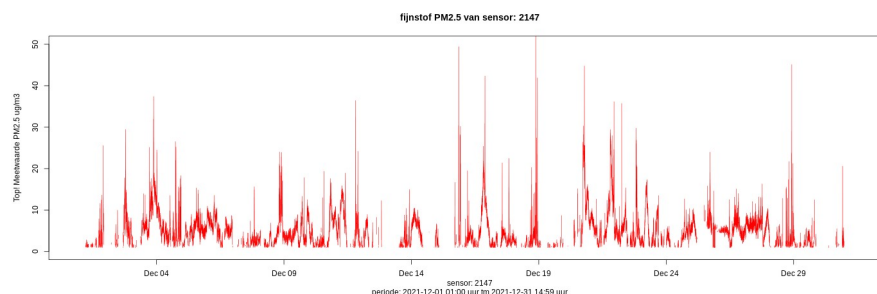
In afbeelding 16 een voorbeeld van het achtergrondniveau van de december 2021. De zwarte lijn laat duidelijk zien hoe dit niveau door de maand heen kan verschillen. De rode lijn geeft aan waar de gekalibreerde waarde van de sensorkit boven het achtergrondniveau uitkomt. In principe dus de lokale verhoging door bijvoorbeeld houtrook. De flinke pieken in dit voorbeeld zijn een aanwijzing dat hier met regelmaat sprake is van houtrook. Door nu het achtergrondniveau te verminderen op de gekalibreerde fijnstof meetwaarde, houden we simpel gesteld het lokaal toegevoegde fijnstof over zoals in afbeelding 17. We noemen dit de 'Top-waarde'.



Afbeelding 15: Schematische weergave fijnstof bronnen



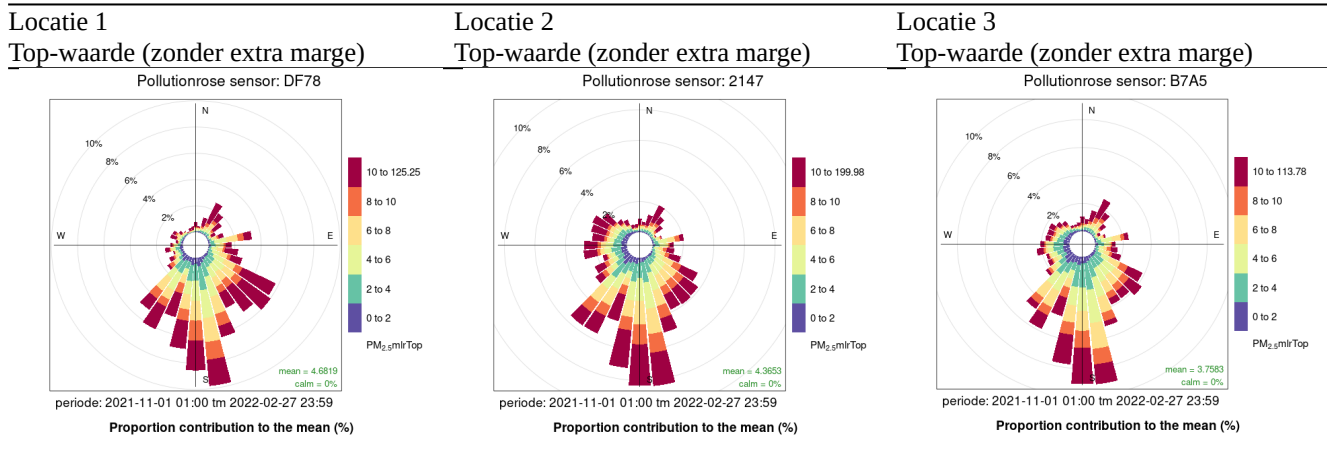
Afbeelding 16: Voorbeeld achtergrondniveau met daarboven in rood waar de lokale fijnstof meetwaarde hoger is



Afbeelding 17: Voorbeeld lokale fijnstof zonder het aandeel van het achtergrondniveau

Extra marge bovenop achtergrondniveau:

In de onderstaande drie pollutieroos diagrammen zijn voor de drie locaties de Top-waarden over de gehele periode weergegeven. Specifiek voor de pollutieroos is dat de mate van fijnstof concentratie daarin is meegenomen.

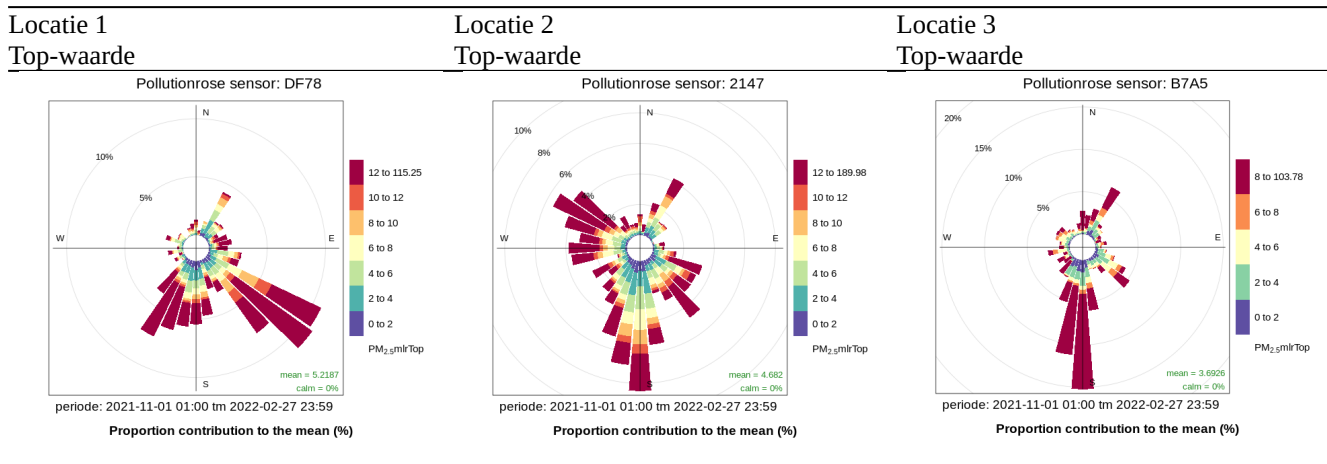


Deze diagrammen lijken teveel op elkaar, we verwachten immers dat de lokale vervuiling ook per locatie duidelijk verschillende resultaten laten zien. Blijkbaar heeft het achtergrondniveau hier nog een te grote invloed. Daarom is ervoor gekozen om een extra marge toe te voegen bovenop het achtergrondniveau van de satellietdata. Voor de hoogte van die extra marge is gekeken naar de verschillen tussen de drie locaties. We willen immers vooral de bronnen dichtbij de sensor in beeld zien te krijgen en dan moet dat duidelijke verschillen tussen de diagrammen opleveren.

Proefondervindelijk is gezocht naar een marge die de grote overeenkomsten tussen de pollutieroos van de drie locaties zoveel mogelijk deed verdwijnen en toch voldoende data overbleef om de lokale verschillen te kunnen duiden. Uiteindelijk is de waarde voor de marge uitgekomen op +10 µg/m³.

$$\text{Top-waarde} = \text{totaal gemeten fijnstof (gekalibreerd)} - \text{achtergrondniveau} - \text{marge}$$

Hieronder het resultaat inclusief de extra marge voor het achtergrondniveau. De drie locaties laten een van elkaar afwijkend patroon zien. De getoonde fijnstof concentraties zijn dus van lokale bronnen afkomstig (relatief dichtbij de sensor, zoals houtkachels in de buurt).

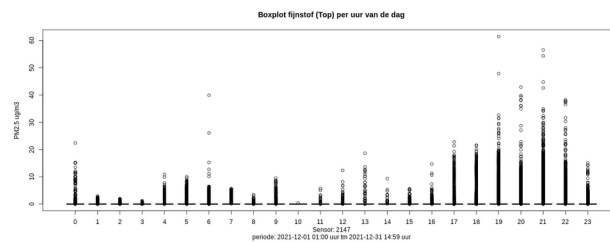


4.6.1 Analyse van de Top-waarde en ‘uitschieters’

De uurnummers in de boxplots zijn GMT dus neem plus 1 voor de Nederlandse tijd! (Dit geldt alleen voor de deze boxplots)

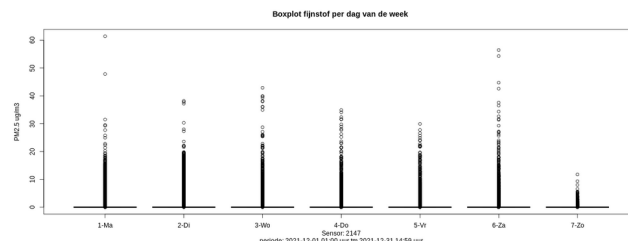
Van de Top-waarde is een boxplot per uur van de dag gemaakt over de maand december 2021 (afbeelding 18). Een boxplot laat de gemeten waarden zien in vier delen met elk 25 procent van het aantal metingen. Eerste deel bevat de laagste meetwaarden, tweede deel meetwaarden daarboven, enzovoort. Statistisch gezien zijn er ook meetwaarden die sterk afwijken van een gemiddelde en daardoor het ‘normale’ beeld verstoren. Deze metingen worden niet meegenomen in de vierdeling maar gekenmerkt als uitschieter. De bolletjes/rondjes in de afbeelding zijn deze uitschieters. (zie ook het volgende hoofdstuk met daarin een voorbeeld)

In de onderstaande boxplot diagram van meetlocatie 2 (maand december 2021) zijn de boxplots (vierdeling) zo goed als onzichtbaar door de vele uitschieters. Houtrook geeft sterk wisselende fijnstof meetwaarden (zeker dichtbij gemeten) en vandaar de vele uitschieters in de uren dat er wordt gestookt. Vooral in de avonduren wanneer de pelletkachel, houtkachel of haard wordt aangezet maar ook in de ochtenduren wordt er blijkbaar gestookt.



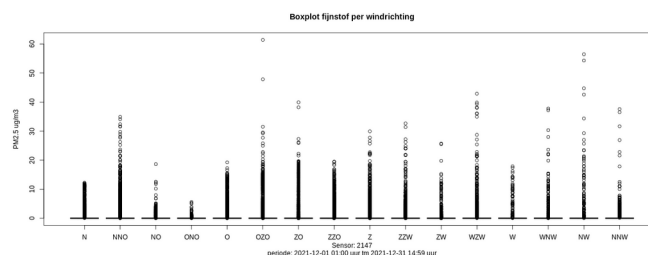
Afbeelding 18: Top-waarde boxplot per uur van de dag locatie 2, maand december

Een boxplot van de Top-waarde per dag van de week zou iets kunnen zeggen over het stookgedrag, bijvoorbeeld alleen gebruikt in het weekend. Dit voorbeeld laat echter zien dat alle dagen van de week wordt gestookt en juist op de zondag minder.



Afbeelding 19: Boxplot Top-waarde per dag van de week locatie 2, maand december

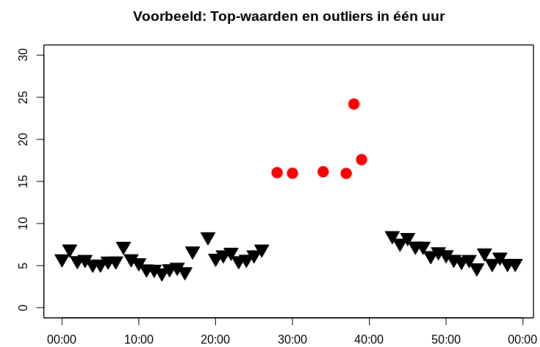
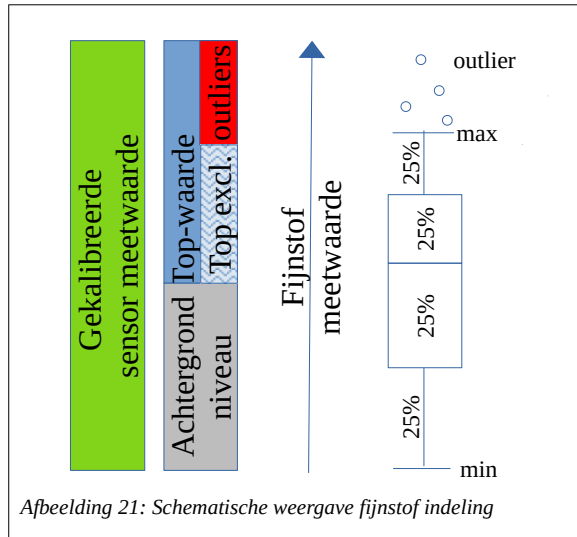
Een boxplot per windrichting (afbeelding 20) maakt in het onderstaande voorbeeld duidelijk dat alleen windrichting oost-noord-oost gunstig is. De duiding per windrichting zegt iets over de locatie van bron van het fijnstof. Daarbij op te merken dat hoe dichterbij de bron, des te duidelijker dat in de diagram zichtbaar wordt (meer uitschieters te verwachten).



Afbeelding 20: Boxplot per windrichtinglocatie 2, maand december

4.6.2 Schematische indeling van het fijnstof

De informatie uit de boxplots zegt dus iets over houtrook, stookgedrag en locatie van de bron. De achterliggende techniek gebruiken we daarom ook in de analyse waarbij de Top-waarde en uitschieters een belangrijke rol spelen. En om nogmaals te duiden wat met Top-waarde bedoeld wordt, de onderstaande afbeelding 21 met een schematische weergave van de fijnstof indeling. In diezelfde afbeelding ook een boxplot met de vierdeling van metingen met de horizontale lijntjes als begrenzings voor de meetwaarden. Daarboven zijn een viertal uitschieters als cirkeltjes zichtbaar. In afbeelding 22 een voorbeeld met metingen van een uur met Top-waarden als zwarte driehoekjes en uitschieters als rode stippen.



Afbeelding 22: Voorbeeld metingen in een uur met Top-waarden en uitschieters

Het schema van afbeelding 21:

- Groene vlak: Gekalibreerde meetwaarde. Kalibratie volgens Visibilis MLR methode
- Grijs vlak: Achtergrondniveau. Satellietdata over het gebied inclusief een extra marge.
- Blauwe vlak: Top-waarde, de van lokale bronnen afkomstige fijnstof.
- Rode vlak: Uitschieters binnen het deel van de Top-waarde
- Blauw gearceerd: Top-waarde exclusief uitschieters
- De pijl en de naastliggende voorbeeld boxplot geeft de techniek aan waarbij het aantal fijnstof meetwaarden naar hoogte wordt ingedeeld in vier delen (25% per deel) met de uitschieters als bolletjes daarbovenuit.

Voorbeeld:

Een sensor meting levert een gekalibreerde waarde op van 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het achtergrondniveau van dat moment (satelliet meetwaarde 6 plus marge 10) is 16. De Top-waarde is dan $24 - 16 = 8$.

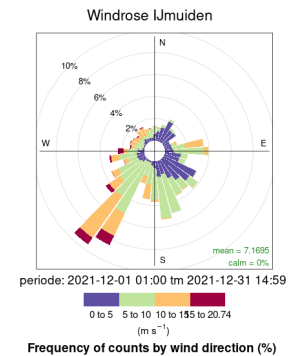
Op de Top-waarde wordt de techniek van de Boxplot toegepast:

In een uur worden 180 meetwaarden geproduceerd met de onderstaande resultaten:

- 45x een meetwaarde tussen 0 en 8 (eerste 25%)
- 45x een meetwaarde tussen 8 en 14 (tweede 25%)
- 45x een meetwaarde tussen 14 en 19 (derde 25%)
- 42x een meetwaarde tussen 19 en 23 (vierde 25%)
- 3x een meetwaarde van 45 wat wordt gezien als uitschieter.

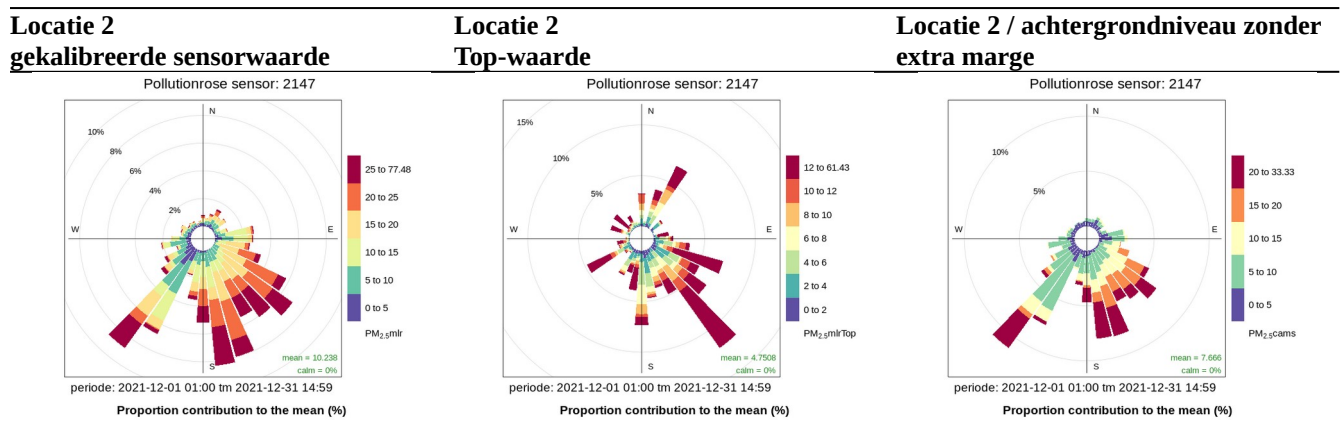
4.6.3 Fijnstof Top-waarde en wind

De wind is een belangrijke factor voor fijnstof in de leefomgeving. Windrichting en windsnelheid bepalen in welke richting de fijnstofdeeltjes worden verplaatst en hoe de verdeling in de lucht is. Voor de analyse zijn data voor windrichting en -snelheid gebruikt van het KNMI-station in IJmuiden. Voor december betrof dat windsnelheden tussen 0 en 20 meter per seconde. Afbeelding 23 laat daarvan de resultaten in een windroos zien.

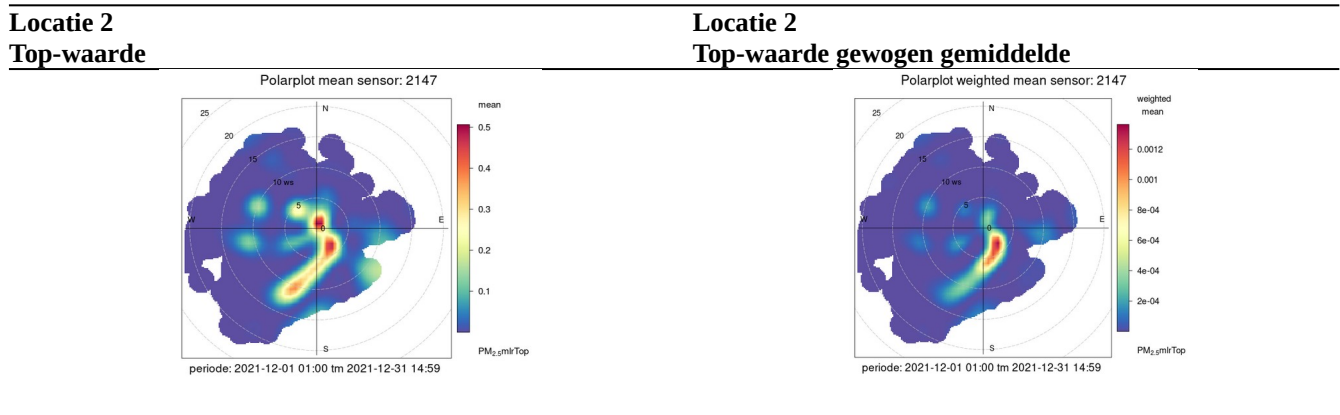


Afbeelding 23: Windroos december

De onderstaande pollutiemoos diagrammen gaan over de maand december 2021 op locatie 2 gemeten fijnstof. Zij laten zien uit welke richting de wind komt en wat daarbij aan fijnstof is gemeten. De drie diagrammen laten daarbij het verschil zien tussen de gekalibreerde meetwaarde, de Top-waarde en ook nog eenmaal de achtergrondwaarde zónder correctie van de extra marge. Duidelijk is te zien dat de extra marge voor het achtergrondniveau van belang is om de lokaal ontstane fijnstof goed zichtbaar te maken.



Van de Top-waarden vervolgens polarplot diagrammen. Linksonder met de gemiddelde Top-waarde en rechts hetzelfde maar dan met een gewogen gemiddelde. De meetwaarden zijn uitgezet naar windrichting en windsnelheid en gekleurd naar hoogte van de (gemiddelde) fijnstof meetwaarde. De ringen van de polarplot geven de windsnelheid aan in meter per seconde. Hoe verder weg van het middelpunt, des te hoger de windsnelheid. Bij een gewogen gemiddelde worden statistisch gezien bepaalde meetwaarden zwaarder 'gewogen' dan andere en dat levert een ander beeld en mogelijk een ander inzicht. Je zou kunnen stellen dat met een gewogen gemiddelde de mate van overlast beter wordt geduid maar alles is relatief.

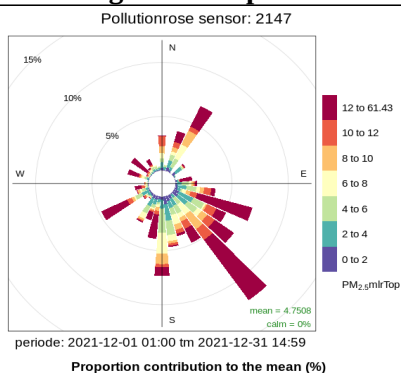


4.6.4 Gemiddelde per uur?

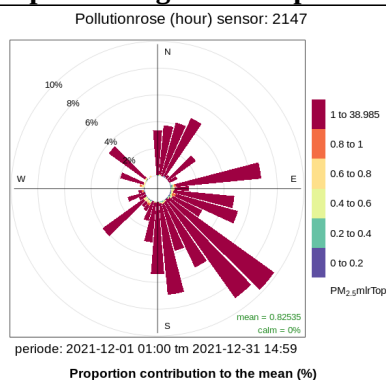
Een sensorkastje meet een keer per seconde het fijnstof (continue meten) en per twintig seconden worden de meetwaarden gemiddeld tot het uiteindelijke meetresultaat. De vraag is wat het effect is als het meetresultaat nog verder wordt gemiddeld naar uurwaarde. Daarvoor zijn hieronder de 20-seconde gemiddelde vergeleken met gemiddelde uurwaarden.

De onderstaande pollutiemoon diagrammen laten het verschil zien. Bij gebruik van uurgemiddelden gaat er veel informatie verloren. Grote verschillen in fijnstof concentraties (zoals bij houtstook het geval) verdwijnen in het geheel als er gemiddeld wordt per uur (vergelijk bijvoorbeeld de maximale en gemiddelde waarden van onderstaande diagrammen). Beide manieren hebben zo hun waarde maar als je naar specifiek naar houtrook(overlast) gaat kijken zijn die details dus van groot belang.

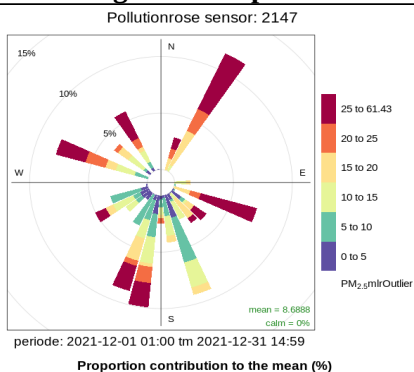
Locatie 2
Top-waarde gemiddeld per 20 seconden



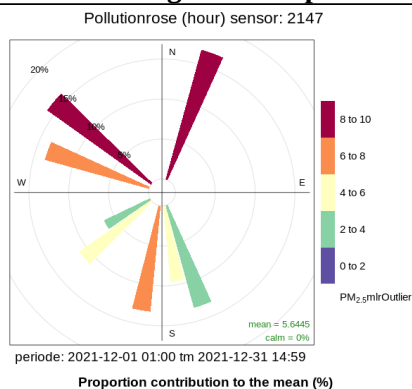
Locatie 2
Top-waarde gemiddeld per uur



Locatie 2
Uitschieters gemiddeld per 20 seconden

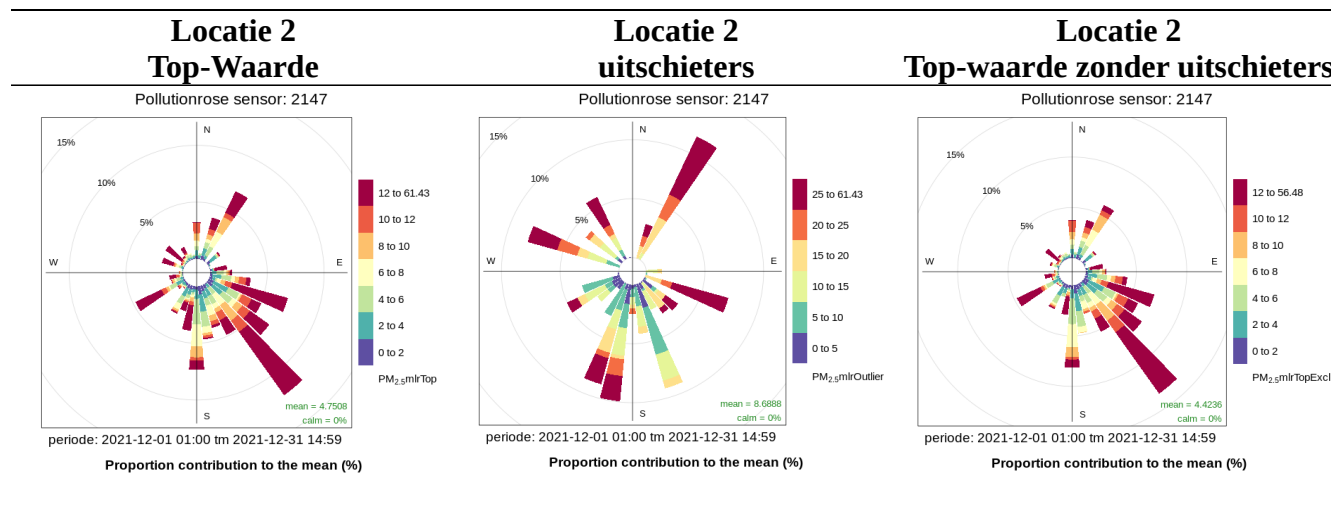


Locatie 2
Uitschieters gemiddeld per uur



4.6.5 Uitschieters als toegevoegde waarde

De Top-waarde gaan we verder analyseren op basis van de 20-seconden gemiddelde meetwaarden (hoge resolutie). De drie onderstaande diagrammen geven de data weer van achtereenvolgens de Top-waarde, de uitschieters en de Top-waarde exclusief de uitschieters. Duidelijk wordt dat de uitschieters als onderdeel van de Top-waarde extra informatie in beeld brengt en dus een toegevoegde waarde oplevert.

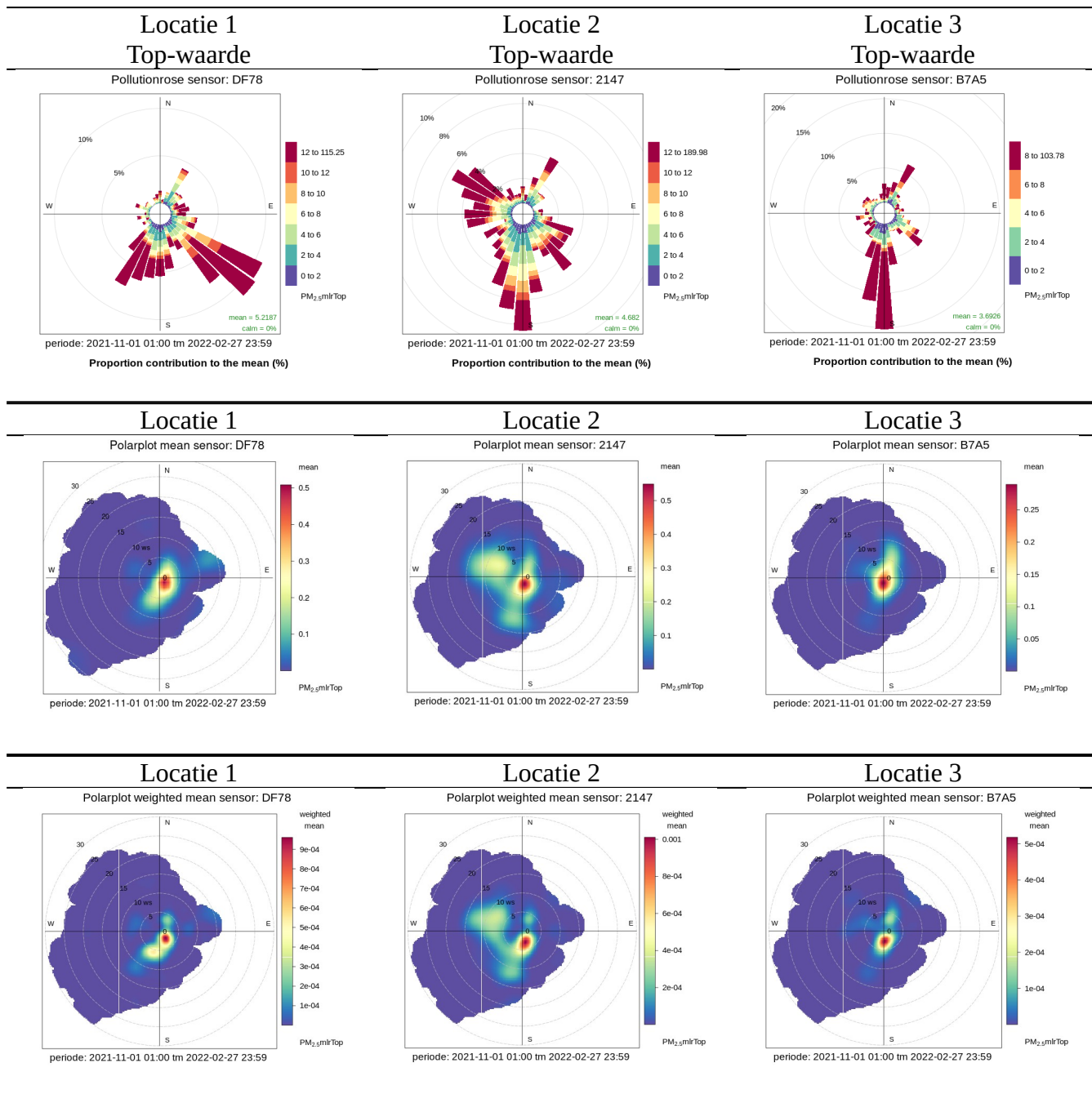


5 Resultaten in diagrammen over gehele periode

De volgende pagina's bevatten de diagrammen per locatie over de gehele periode van vier maanden. Resultaten per maand en andere specifieke analyses zijn terug te vinden in het document met bijlagen.

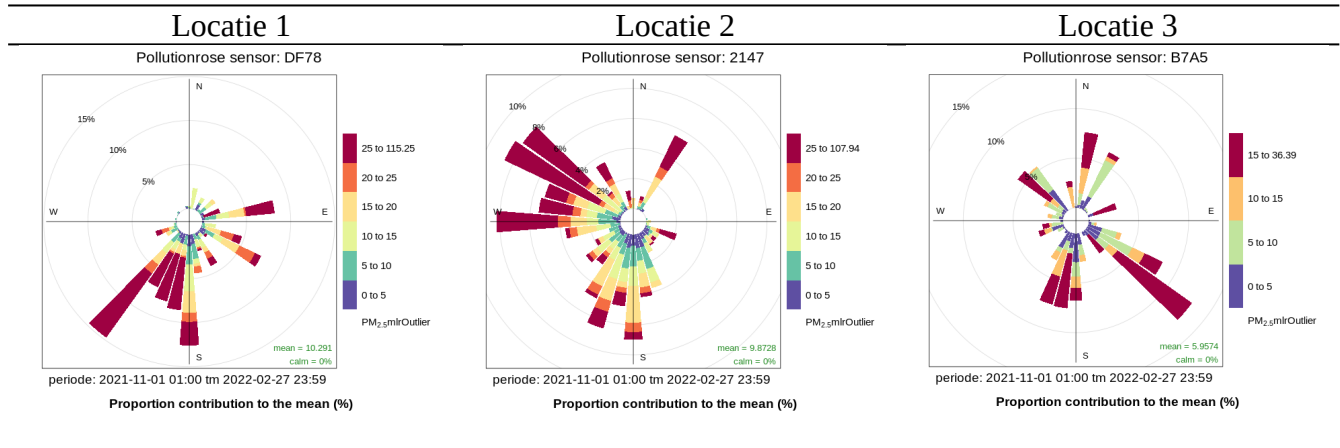
5.1 Resultaten van Top-waarden over de gehele periode

Hieronder de resultaten van de drie locaties over de gehele periode van vier maanden. Gemiddeld gesproken zijn de hogere concentraties fijnstof vooral bij een windsnelheid onder de 5 meter per seconde maar ook duidelijk waarneembaar bij windsnelheid tot 15 meter per seconde of iets hoger. De verkleuringen in de polarplots bij hogere windsnelheid (15 m/s) zoals het geval bij locatie 2, zijn zeer waarschijnlijk veroorzaakt door een fijnstofbron (lees houtkachel o.i.d.) dichtbij de sensor. De pollutiemoes diagrammen geven in algemene zin de richting aan van waaruit de rook komt.

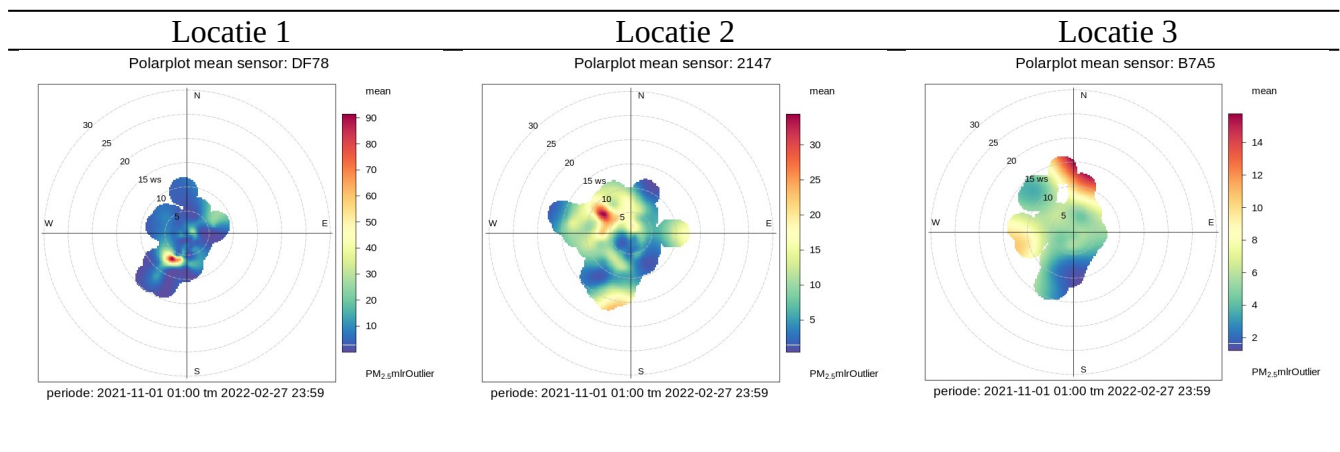


5.2 Resultaten van uitschieters gehele periode

Hieronder de resultaten van de drie locaties over de gehele periode van vier maanden. Hoe dichterbij een fijnstofbron, hoe sterker de verschillen in fijnstof concentratie ofwel meer uitschieters. De onderstaande pollutieroos diagrammen waarin alleen de uitschieters zijn meegenomen, wijzen daarom nog duidelijker dan in hoofdstuk 5.1 de richting aan waar de rook vandaan komt en dus waar de kachels te vinden zijn. Naast de windrichting zijn er ook andere zaken die een luchtstroom kunnen beïnvloeden (zoals gebouwen en bomen) en die moeten daarom ook waar nodig worden meegewogen.



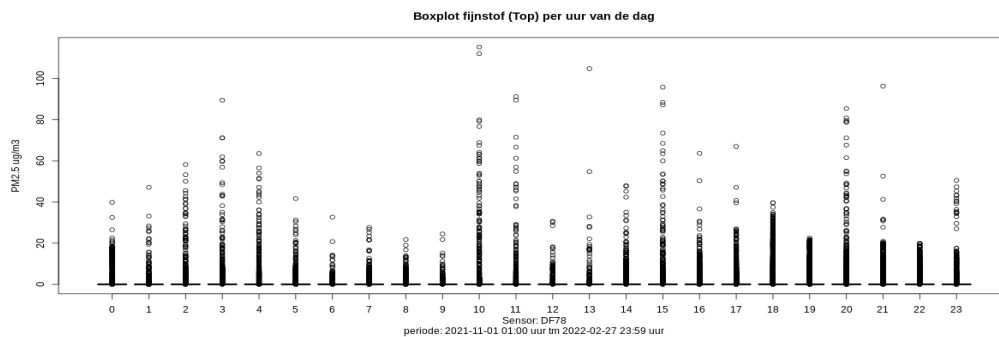
Doordat er veel minder meetdata onder de categorie ‘uitschieters’ valt, worden de polarplots ook minder bruikbaar. Maar toch over de gehele periode gezien toch enige informatie. Locatie 1 vooral overlast bij wind uit het zuidwesten, locatie 2 uit noordwesten en locatie 3 uit het noorden.



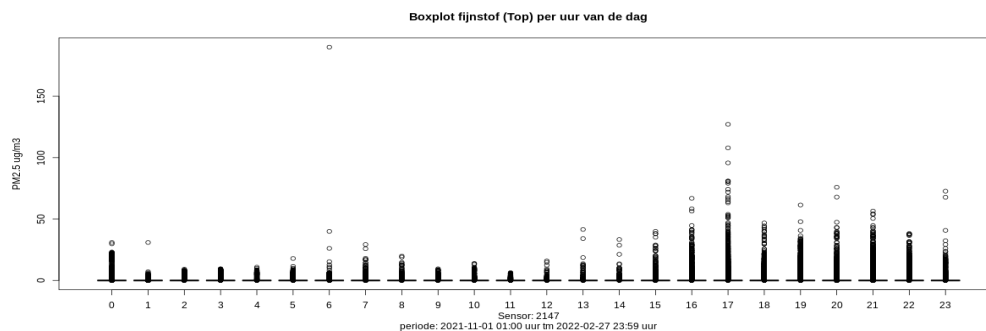
5.3 Resultaten Top-waarde boxplot per uur van de dag gehele periode

De boxplots laten, over de gehele periode gezien, op alle locaties veel uitschieters zien. Locatie 2 en 3 laten de kenmerkende golf van houtrook in de avonduren zien. Op locatie 1 lijkt het stoken van hout of pellets een 24-uurs bezigheid. Zelfs s' nachts gaat het volop door. Je zou hierbij kunnen denken aan meerdere houtkachels, continue stokende pelletkachels of zelfs pelletketels. Wat fijnstof waarde betreft scoort locatie 2 het hoogst en neemt locatie 1 een goede tweede plaats in.

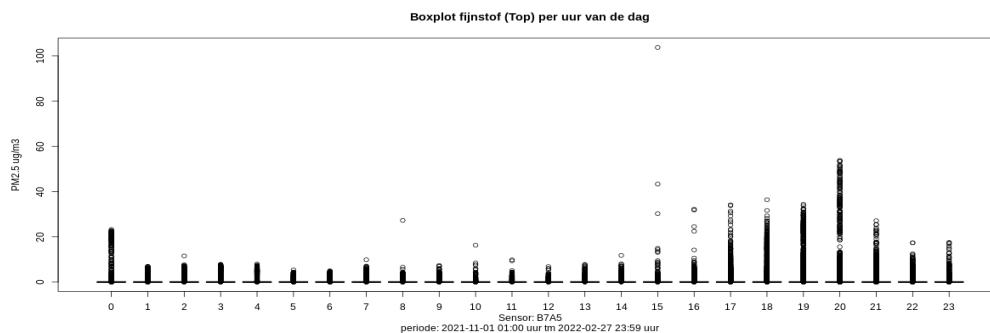
Locatie 1:



Locatie 2:



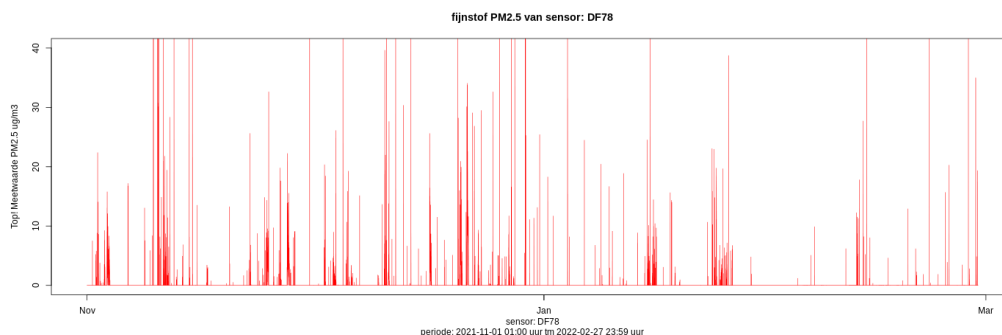
Locatie 3:



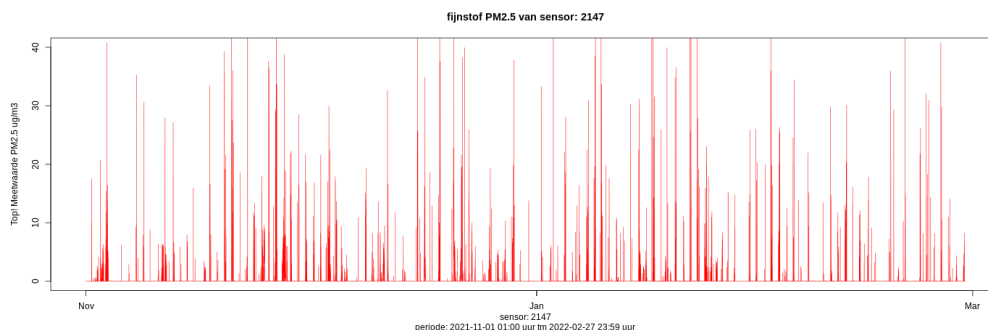
5.4 Resultaten Top-waarden lijngrafiek gehele periode

De onderstaande grafieken laten de Top-waarden zien over de gehele periode. Deze lijngrafieken geven weer op een andere manier een impressie van de verschillen tussen de drie locaties. De grafiek is afgetopt op waarde 40 om daarmee de verhouding van de drie locaties onderling beter te kunnen vergelijken.

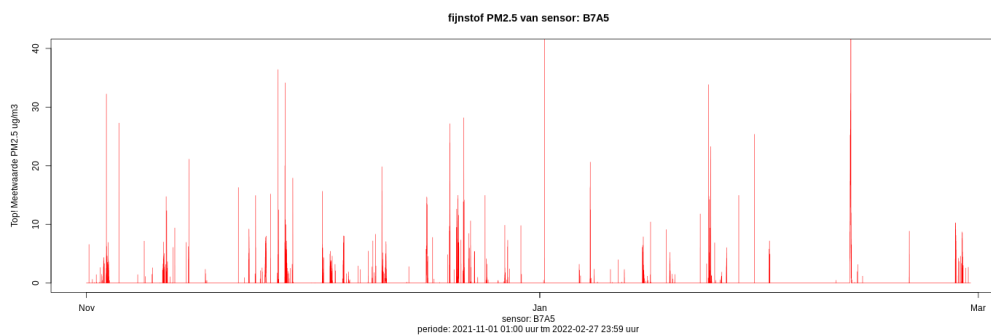
Locatie 1:



Locatie 2:



Locatie 3:



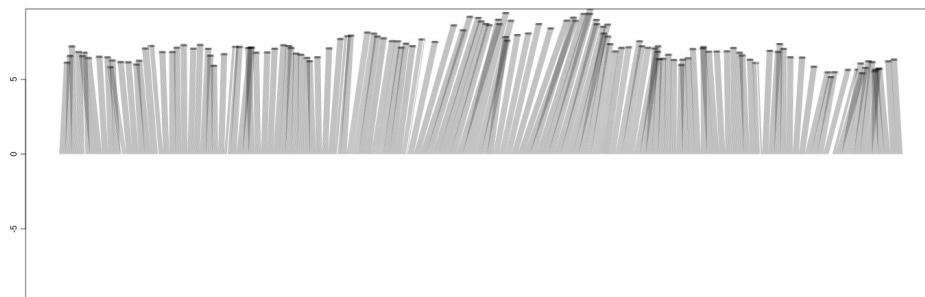
6 Analyse aan de hand van logboeken

In dit hoofdstuk zijn een aantal situaties welke zijn opgemerkt in de logboeken geanalyseerd.

6.1 Logboek: Notitie van 9 november 2021

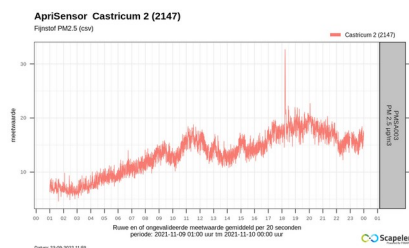
“veel geur in de hele buurt”

Deze dag staat de houtkachel van de directe burens aan (kachel staat meestal aan) maar door de windrichting van die dag zal dat geen overlast hebben geven. De onderstaande grafiek met ‘pijlen’ (vanaf de nullijn naar boven) laat zuid- tot zuidwestenwind zien met snelheid tussen 5 en 10 meter per seconde.

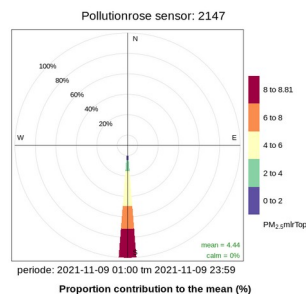


Afbeelding 24: Zuid- tot zuidwestenwind

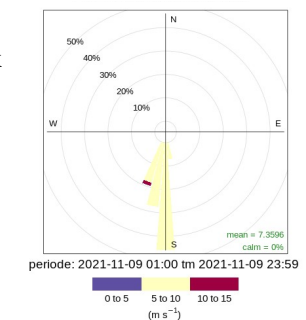
De windroos geeft dat overeenkomstig aan en de pollutiemoes is duidelijk over uit welke richting de vervuiling komt. Maar de fijnstofgrafiek laat weinig contrasten zien. Wel een piek om 18:15 uur maar die kan alsnog van de burens zijn. Met deze windsnelheid zal de bron iets verder ten zuiden liggen (100-300m)



Afbeelding 26: Fijnstofgrafiek



Afbeelding 27: Pollutiemoes

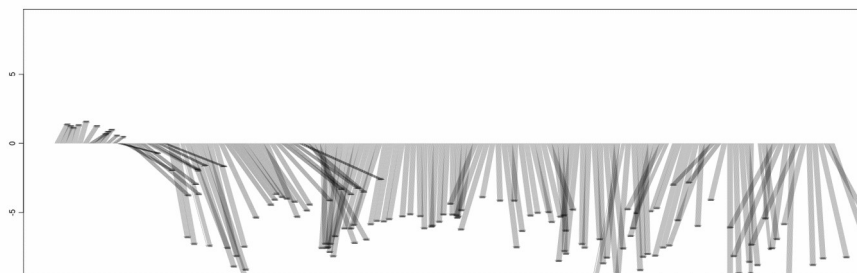


Afbeelding 25: Windroos

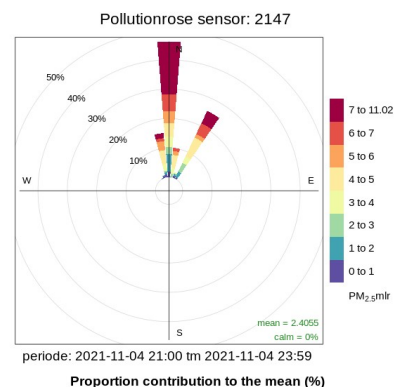
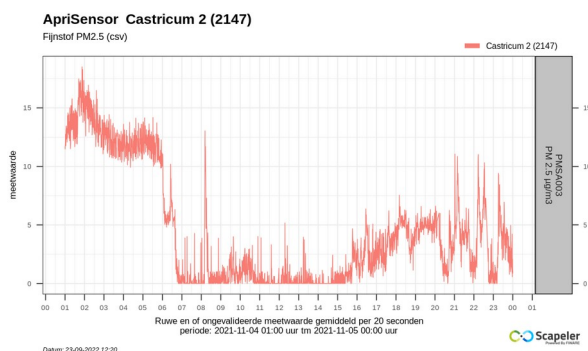
6.2 Logboek: Notitie van 4 november 2021

“vrij veel geur aan achterkant huis”

Ook deze dag is de houtkachel van de burens aan maar de wind vanuit een geheel andere hoek dan op 9 november.



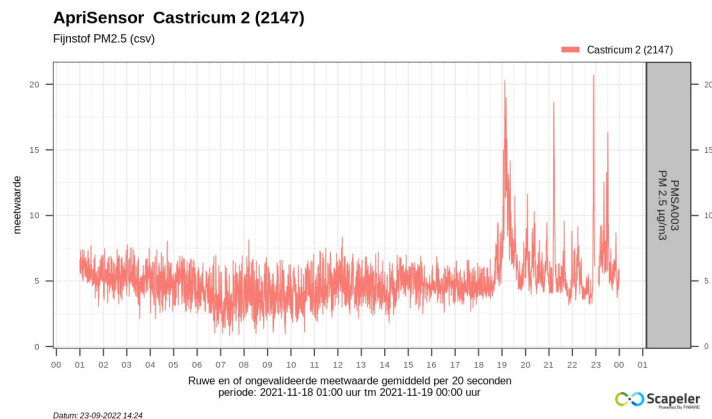
In de fijnstofgrafiek is de omslag naar noordenwind goed te zien. Links in de grafiek een nog hoger achtergrondniveau en zodra de wind draait wordt er schonere lucht aangevoerd. In de avonduren geen hoge fijnstofwaarden, wel wat contrasten te zien maar te weinig fijnstof gemeten om hier duidelijke conclusies uit te trekken. Dat er in de achtertuin toch veel houtrook wordt geroken betekent dat ook bij windkracht 4 a 5 overlast ervaren wordt, zeker als de houtkachel zo dichtbij is. De sensor stond in de voortuin waardoor deze fijnstof in de achtertuin niet is gemeten.



6.3 Logboek: Notitie van 18 november 2021

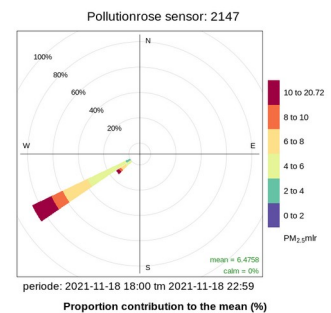
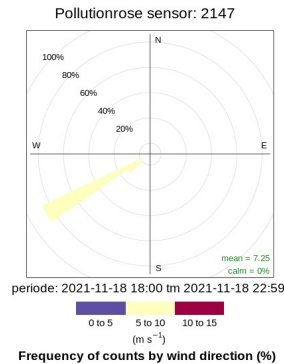
“van geen geur naar veel geur rond 22:00 voorkant , hoge piek in grafiek”

Deze opmerking is terug te zien in de fijnstofgrafiek alhoewel de ‘pieken’ relatief gezien wel meevallen. Het is in ieder geval duidelijk dat de houtkachel s’avonds is aangezet.



En de windroos- en de pollutieroos diagrammen zijn er duidelijk over.

Wat hier waarschijnlijk aan de hand is, is dat de wind het fijnstof van de houtkachel(s) van burens in de straat meeneemt naar het sensorkastje.

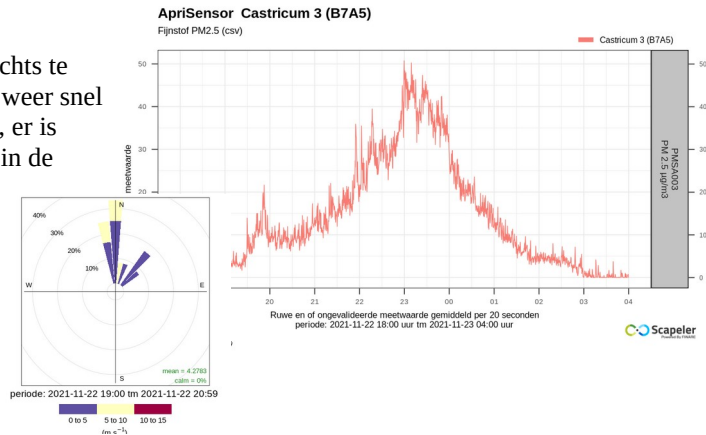


6.4 Logboek: Notitie van 22 november 2021

“22 november hier in huis zelfs stinkt de haard van de burens (geen idee welke)”

De fijnstofgrafiek zag er die avond uit zoals hier rechts te zien is. Tot 23:00 uur een oplopende lijn en daarna weer snel afnemend. De grafiek laat geen heftige pieken zien, er is geen groot contrast in de verdeling van het fijnstof in de lucht. De bron is niet dichtbij.

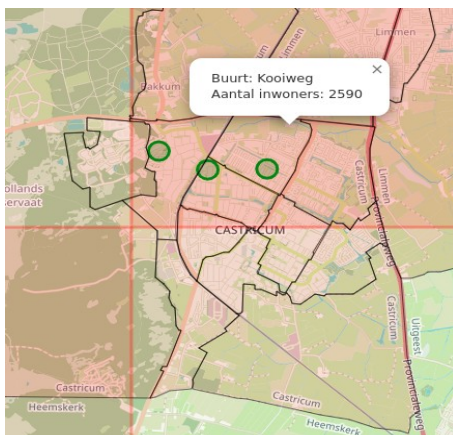
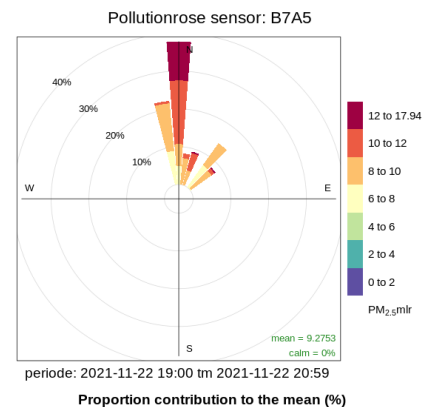
De windsnelheid lag op dat moment tussen 4 en 6 meter per seconde. De windrichting uit het noorden met kort even een draai naar het noordoosten.



De pollutieroos van dat moment laat zien dat het meeste fijnstof vanuit het noorden komt aangewaaid.

Conclusie:

Met een windsnelheid van 4-6 meter per seconde duurt het ongeveer 1 minuut om het fijnstof een afstand te laten afleggen van 200 tot 300 meter. En dat is ongeveer de afstand van de meetlocatie tot de noordkant van Castricum. Verder naar het noorden is het open gebied. De bron moet daarom gezocht worden in de buurt van de Brakersweg.



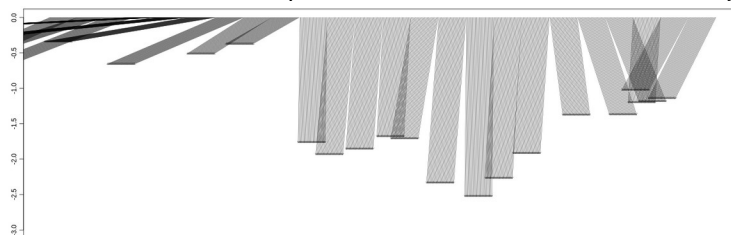
Afbeelding 28: Kaart met buurten van Castricum met de meetlocaties aangegeven met stippen

De Brakersweg ligt aan de noordzijde van de Kooiweg-buurt. In deze buurt wonen iets meer dan 2500 mensen. Bij noordwesten- tot noordoostenwind zal de fijnstof vanaf de Brakersweg verspreid worden over enkele honderden meters de buurt in.

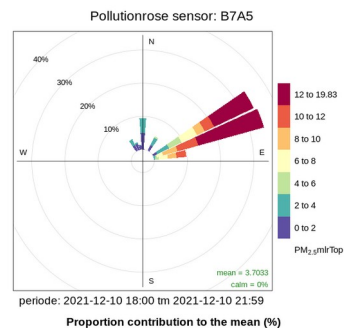
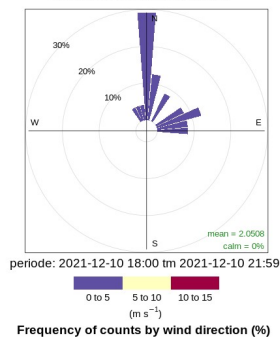
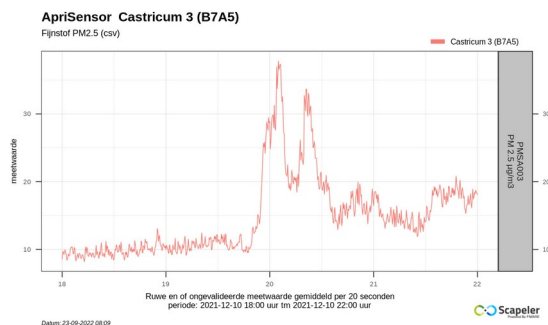
6.5 Logboek: Notitie van 10 december 2022

“10 december, het stonk rond 19-20u verschrikkelijk, ik weet niet wat voor hout ze erop hadden gegooid, maar het leken wel autobanden. (windstil weer, vrijdagavond, koud).”

De onderstaande grafiek laat de windkracht en windrichting zien met de nullijn naar boven geschoven. De wind komt dus uit het noorden met een snelheid van rond de 2 meter per seconde in het middelste deel van de grafiek.



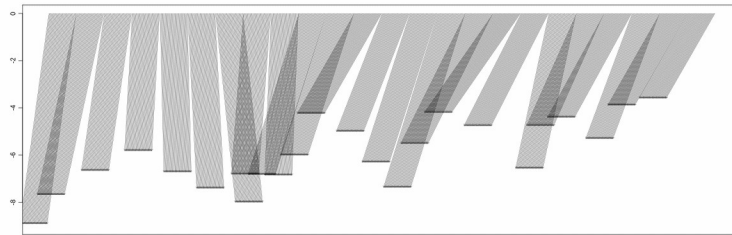
En hieronder de fijnstofgrafiek met verhoogde waarde waarvan het patroon goed lijkt aan te sluiten op het patroon van de windroos. Maar als je dan de windroos vergelijkt met de pollutiemoos dan moet je constateren dat de vervuilde lucht uit een andere richting komt. Geschatte afstand ergens tussen 50 tot 150 meter.



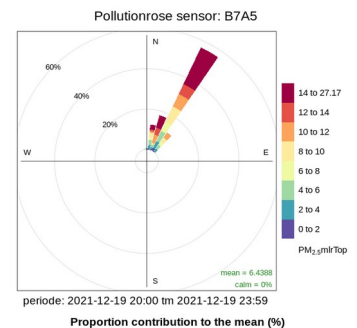
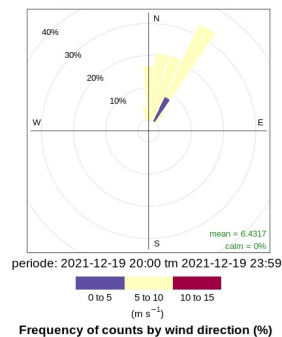
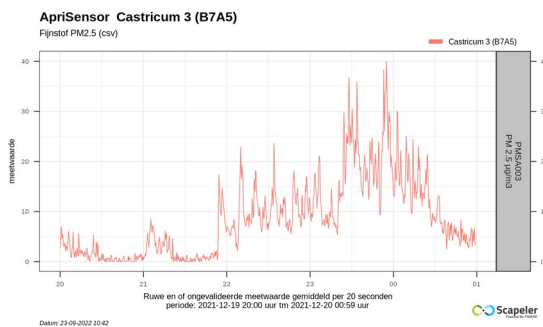
6.6 Logboek: Notitie van 19 december 2022

“Windstil weer en zondagavond, het stonk zo verschrikkelijk buiten dat ik zelf ook stonk toen ik even iets uit de schuur gehaald had. Vreselijk”

De onderstaande grafiek laat de windkracht en windrichting zien met de nullijn naar boven geschoven. De wind komt dus uit het noorden met een snelheid tussen 5 en 8 meter per seconde.



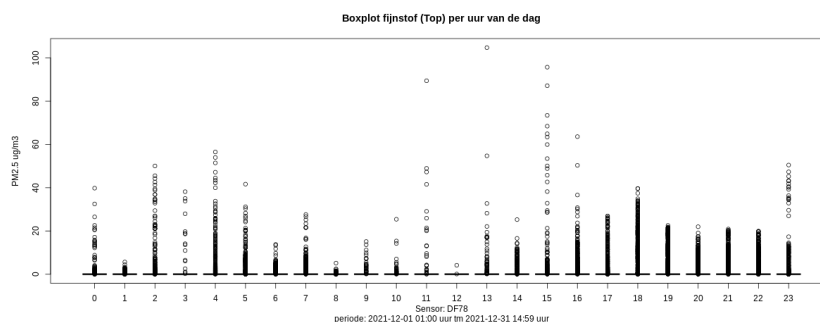
En hieronder de fijnstofgrafiek. De windroos en de pollutieroos sluiten nu goed op elkaar en dat is te verwachten bij een wat hogere windsnelheid. De fijnstofgrafiek laat relatief veel contrast zien (pieken). Geschatte afstand ergens tussen 50 tot 150 meter.



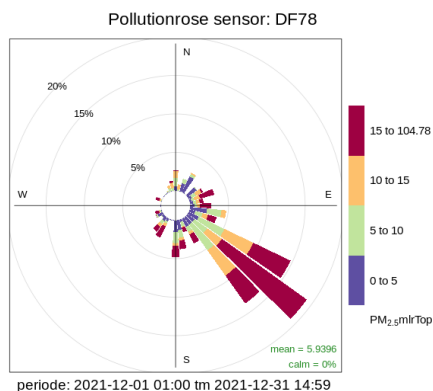
7 Bevindingen

7.1 Locatie 1

Opvallend voor deze locatie is dat er ook in de nachtelijke uren sprake is van houtrook. Eigenlijk kan je stellen dat hier 24 uur per dag wordt gestookt. Normaal gesproken zie je juist tussen 1 en 7 uur in de ochtend een duidelijke afname maar dat is hier dus niet het geval. Een verklaring daarvoor zou het gebruik van pelletkachels kunnen zijn die continue de verwarming op peil houden of beter pelletketels waarvan je kunt aannemen dat die continue branden. Gezien het patroon van de onderstaande boxplotdiagram (december 2021) is het aannemelijk dat hier sprake is van meerdere houtkachels en mogelijk pelletkachels of pelletketels.

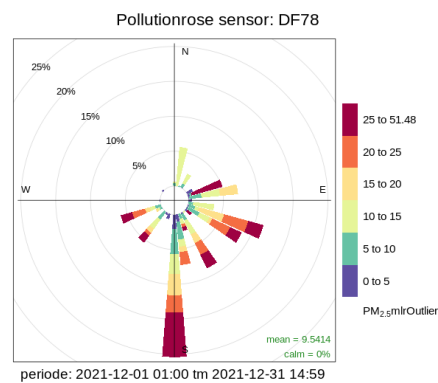


Vooraf hadden de bewoners van locatie 1 aangegeven dat ze het vermoeden hadden dat de houtrook uit westelijke richting zou komen. Voor december 2021 geven de onderstaande pollutieroos diagrammen echter een heel ander beeld. Afbeelding 30 met alleen de uitschieters binnen de Top-waarden geeft een duidelijke aanwijzing richting het zuiden. Afbeelding 29 met Top-waarden geeft aan dat het meeste fijnstof uit richting zuidoost komt. De verschillen tussen deze diagrammen te verklaren zijn door de afstand van de bronnen van fijn stof tot het meetpunt. Afbeelding 29 met alle Top-waarden toont ook het fijnstof van bronnen verder weg, afbeelding 30 met alleen de uitschieters die van dichtbij.



Proportion contribution to the mean (%)

Afbeelding 29: Top-waarden -> ook fijnstof bronnen op grotere afstand



Proportion contribution to the mean (%)

Afbeelding 30: Alleen de uitschieters -> fijnstofbron dichtbij de sensor

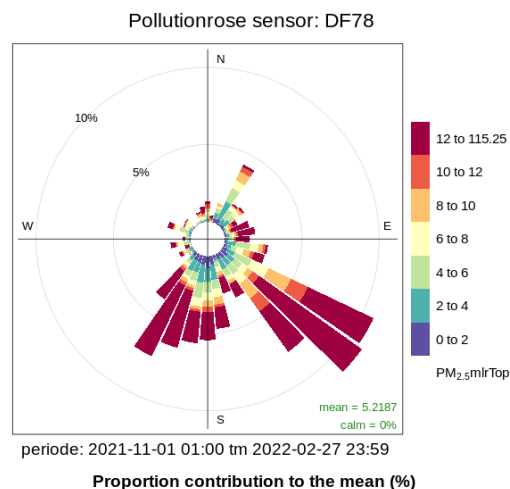
Als je de diagrammen van de maanden november tot en met februari vergelijkt (zie bijlagen), zijn er nogal wat verschillen te constateren. Een belangrijke verklaring daarvoor zijn de veranderende weersomstandigheden. Vooral de wind (richting en kracht) bepaalt natuurlijk in grote mate van welke bronnen fijnstof wordt gemeten. Maar voor deze locatie speelt ook de omgeving een belangrijke rol (gebouwen / bomen). Afbeelding 31 toont de locatie van het flatgebouw (met goedkeuring van de deelnemer) waar de sensor aan de noord-west zijde was opgesteld.

Het is niet uit te sluiten dat wind vanuit het zuiden / zuid-oosten als het ware om het gebouw heen krult en een aanzuigend effect heeft op de rook van houtkachels aan de andere zijde van de flat. Nader onderzoek zou dat moeten uitwijzen.



Afbeelding 31: Flatgebouw in het midden van de luchtfoto met de sensor aan de noord-west zijde. Luchtfoto van PDOK (<https://app.pdok.nl/viewer/>)

Afbeelding 32 toont de Top-waarden van het fijnstof over de gehele periode van vier maanden.

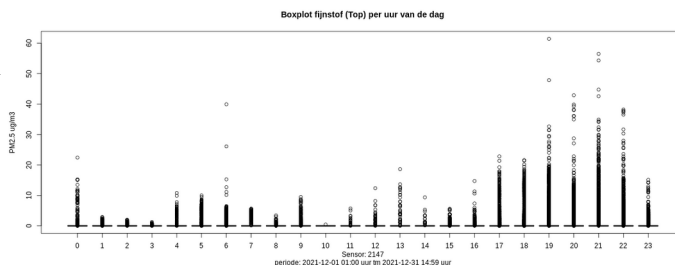


Afbeelding 32: Locatie 1 gehele periode Top-waarden

7.2 Locatie 2

Voor deze locatie was het de bewoners vooraf al duidelijk waar de voornaamste bron van de houtrookoverlast te vinden is, een houtkachel met uitlaat van het rookkanaal op enkele meters afstand van de woning. Maar dat niet alleen, ook vanuit de straat komt met regelmaat de houtrook langs waaien.

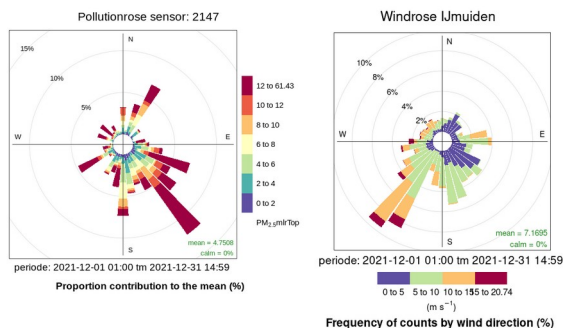
De boxplotdiagram van december 2021 laat dan ook een 'standaard' stookpatroon zien waarbij de houtkachel(s) aan het begin van de avond wordt aangezet maar in de ochtend én middag ook zeker wordt gebruikt.



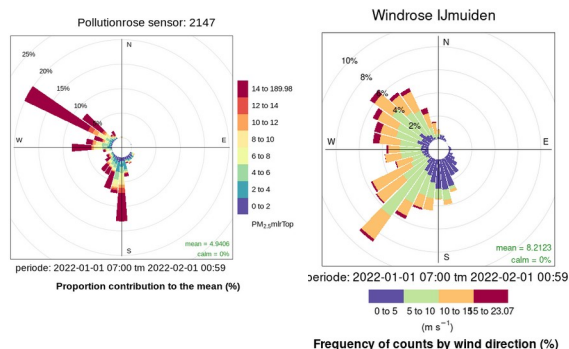
Afbeelding 33: Boxplot december 2021 locatie 2

De pollutieroos van december 2021 laat niet helemaal zien wat de verwachting was maar is deels te verklaren door de wind deze maand met een opvallend de sterke aanwijzing richting het zuidwesten. De pollutieroosdiagrammen van januari 2022, waarin er sprake was van meer wind uit het noordwesten, bevestigingen wel de verwachtingen.

Diagrammen van december 2021:

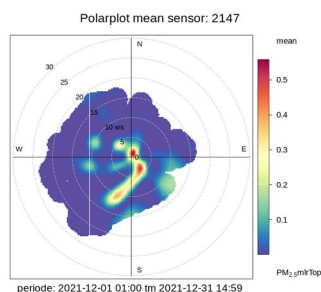


Diagrammen van januari 2022:

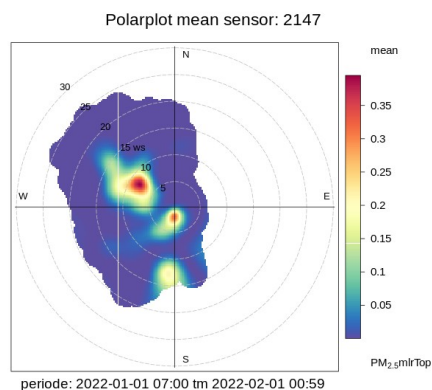


De polarplotdiagrammen geven een mooi beeld waarin de verwachtingen te herkennen zijn met ook daarbij duidelijk de invloed van de kracht van de wind. Bij windkracht 5 (8 tot 10,8 m/s) ook nog een stevige rode stip voor januari 2022. Zeer waarschijnlijk de houtkachel van de naastgelegen woning. De schoorsteen bovenop het dak bij de burens en de sensor op ongeveer een meter boven de grond opgehangen op een afstand van iets meer dan 10 meter van elkaar. De wind slaat de rook dus naar grond. Een veronderstelling dat de rook, ook bij een stevige wind, in de lucht (naar boven) verdwijnt, is hiermee ontkracht. Houtrook komt hoe dan ook in de leefomgeving van de bewoners!

Polarplots december 2021 en januari 2022:



Afbeelding 35: Polarplot december 2021 locatie 2

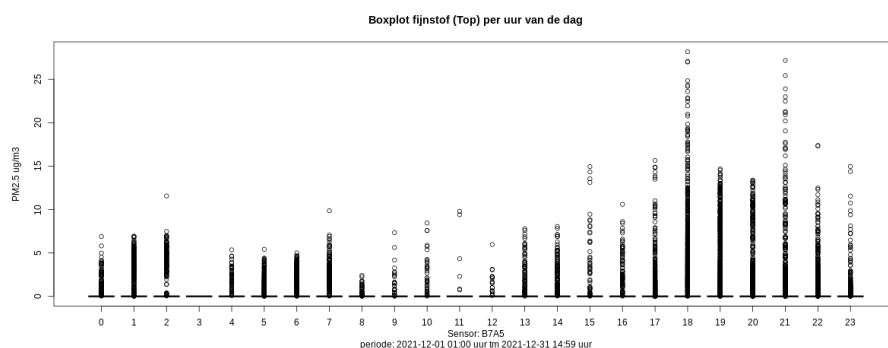


Afbeelding 34: Polarplot januari 2022

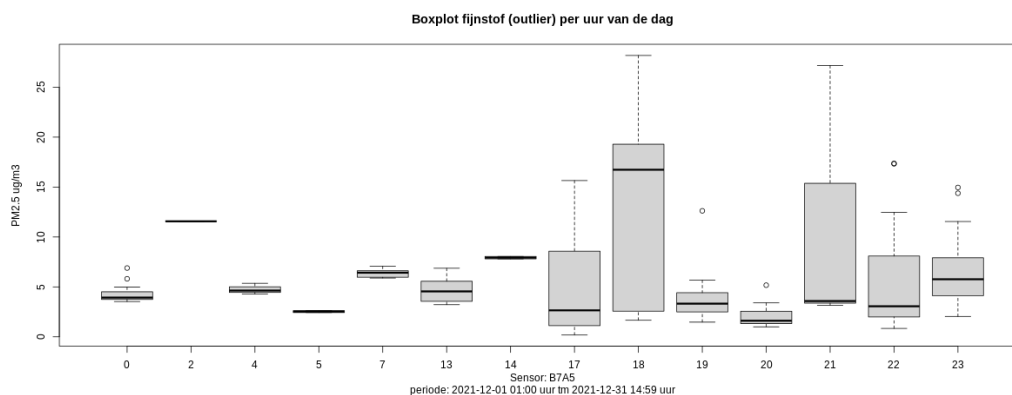
7.3 Locatie 3

De bewoners van deze locatie geven aan overlast door houtrook te ervaren maar is het hen niet duidelijk vanuit welke richting de rook komt. Er zijn in de directe omgeving altijd wel schoorstenen aan te wijzen maar welke daarvan overlast geven is niet duidelijk. Wel is er op paar honderd meter afstand, ten noorden van deze locatie, een gebied waar met regelmaat een flinke hoeveelheid rook / stank wordt waargenomen zo werd aangegeven.

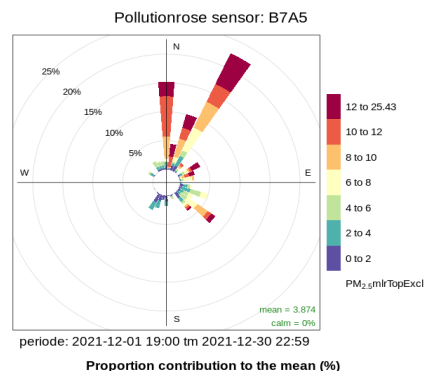
De fijnstofgrafieken (zie bijlagen) voor deze locatie laten, in vergelijking met de andere locaties, een lager gemiddelde meetwaarde zien maar ook hier een duidelijk stookpatroon. Zie onderstaande boxplotdiagram met daarin het fijnstof per uur van de dag.



De kleine cirkels in de boxplotdiagram zijn eigenlijk uitzonderingen op een statistisch gemiddelde (uitschieters), maar juist daarmee een mooie graadmeter voor houtrook. Houtrook zorgt voor grote verschillen in fijnstof concentratie, de rook wappert en golft door de lucht. Door nu alleen deze uitschieters te selecteren en daarvan een boxplotdiagram te maken, wordt nog meer duidelijk op welke uren van de dag het probleem het grootst is. Aan de begin van de avond wordt de kachel aangezet en in de loop van de avond nog een keer opgepookt.

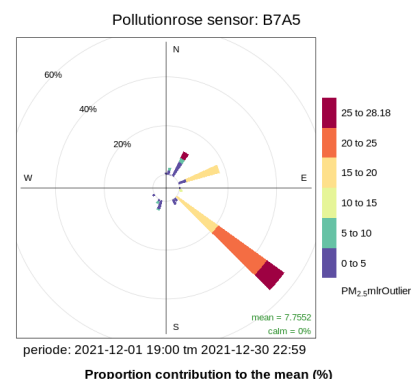


Met de pollutieroos van Top-waarden (in dit geval zonder de uitschieters) over de maand december, wordt duidelijk dat de rookoverlast afkomstig is uit gebied ten noorden van deze meetlocatie. Het gaat hier om een afstand van een paar honderd meter. Met een windsnelheid van 5 meter per seconde duurt het een minuut voordat de rook 300 meter heeft afgelegd.



Selecteer je alleen de uitschieters (wat houtkachels van meer dichtbij laat zien), dan wordt er een duidelijke aanwijzing gegeven richting zuidwesten.

Gedurende de meetperiode werd door de deelnemer een aantal keer aangegeven wél de geur van rook waar te nemen maar dat dat niet duidelijk uit de fijnstofgrafiek was af te lezen. Een verklaring daarvoor kan zijn dat de concentratieverschillen afzwakken als het fijnstof een grotere afstand door de lucht aflegt. Het verschil tussen deze beide pollutieroosdiagrammen kan dus een aanwijzing geven dat een bron dichtbij is of juist verder weg gezocht moet worden.



8 Conclusies

Allereerst de constatering dat ook de gemeente Castricum het probleem van houtrookoverlast kent. De meetlocaties van dit onderzoek zijn niet ‘toevallig’ gekozen, maar men kan er vanuit gaan dat het probleem door de gehele gemeente speelt, niet anders dan een gemiddelde gemeente in Nederland.

In tegenstelling tot regulier onderzoek waar meetgemiddelden fijnstof over een langere periode (per uur of langer) worden toegepast en globale gebiedsaanduidingen kenmerkend zijn, is in dit onderzoek vooral gekeken naar detailinformatie. Detailinformatie door hoge resolutie aan de metingen, maar ook dichtbij de locatie waar overlast wordt ervaren. Daar waar een gemiddelde waarde over een langere periode voor bijvoorbeeld een woonplaats niet alarmerend hoeft te zijn, kan dat op (zeer) lokaal niveau wél het geval zijn. Een of meerdere stokers kunnen de gezondheid van een buurt of zelfs wijk in gevaar brengen (houtrook heeft een bereik van honderden meters). Daarentegen kan houtrookoverlast ook zéér lokaal zijn. Enkele meters op korte afstand van een bron kan al een verschil maken tussen wel of geen overlast. Overlast is sterk afhankelijk van de wind en ook objecten in de omgeving (gebouwen/bomen).

En mede daarom zal een overheid (meer) inspanning moeten leveren om over de gezondheid van haar burgers te kunnen waken en waar nodig te handhaven. ‘Meer’ staat hier tussen haakjes omdat overheden daar tot nu toe weinig tot geen inspanning voor doet. Ook de rechterlijke macht zal zich dit probleem moeten aantrekken. Dat claims op schone lucht afgewezen worden omdat er geen bewijs zou zijn voor schadelijke gevolgen voor de gezondheid, is natuurlijk rechtspraak met oogkleppen op. Schone lucht is een mensenrecht, juist ook in de directe leefomgeving!

Dit onderzoek bewijst dat het wel degelijk mogelijk is om overlast door houtrook in beeld te brengen. Het doorontwikkelen van de gebruikte methode kan hulpmiddelen voor gemeenten opleveren welke steun bieden bij het opsporen en handhaven van houtrook. Tevens kan het een onderbouwing betekenen voor te maken regelgeving. Denk daarbij bijvoorbeeld aan een stookverbod bij een bepaalde windsnelheid of misschien ook zeer lokaal bij een bepaalde windrichting.

Verfijnen van de meetmethode kan mogelijk ook meer informatie opleveren over het effect van regionale vervuilers (Tata Steel, industrie in Amsterdam/Zaanstreek).

Hieronder nog enige conclusies welke betrekking hebben op de methode van meten en analyseren van de data. Niet zozeer als eindconclusie maar wellicht als startpunt voor nieuw onderzoek en nieuwe ontwikkelingen.

1. Houtrook (overlast) is goed in beeld te brengen als voldaan wordt aan een aantal voorwaarden zoals:
 1. Er moet continue worden gemeten met meetgemiddelden maximaal per minuut (korter is beter)
 2. Kennis van de directe omgeving van de locatie (gebouwen, bomen, etc.)
 3. Signalen van bewoners meenemen in de overwegingen (bijvoorbeeld middels logboeken)
 4. Meerdere sensoren inzetten levert een nog beter ruimtelijk inzicht van de bronnen en waar overlast te verwachten is
 5. Wind is een belangrijke factor en wordt het best zo dicht mogelijk bij de meetlocatie vastgesteld (meetapparatuur binnen de gemeente)
2. Technisch gezien:
 1. Satelliet data is geschikt voor vaststellen achtergrondniveau fijnstof.
 2. Rekening houdend met een marge is de Top-waarde een goed middel om fijnstof van lokale bronnen vast te stellen.

3. Tussen achtergrondniveau en Top-waarde zit een marge welke mogelijk geschikt is om regionale vervuiling in beeld te brengen (Tata Steel en industrie uit Zaanstad en Amsterdam)
4. Met redelijke nauwkeurigheid is de locatie van een bron van fijnstof (houtkachel, pelletkachel, (open) haard) vaste stellen. Door de benodigde parameters te optimaliseren zal dit nog verbeterd kunnen worden.