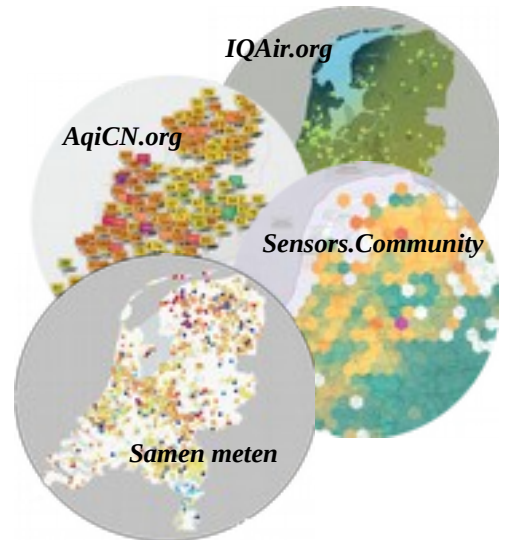


low-cost (fijnstof) meetstations een warenonderzoek van meetwerk in uitvoering

Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk

Auteur: teus Hagen, maart 2025

Met de beschikbaarheid van low-cost gas en fijnstof sensoren werd het mogelijk om zelf met beperkte middelen redelijk kwalitatieve luchtkwaliteitsmetingen te doen. Verspreid over Nederland ontstonden omstreeks 2016-2018 enkele citizen science groepen onder inspiratie van RIVM, GGD's en milieudiensten met de ontwikkeling van low-cost (hardware kostprijs € 20 tot € 300) luchtkwaliteit meetstations. De ontwikkel-inspanning heeft geleid tot wat redelijk meetbaar is, enkele basis sensor keuzes, methoden van data communicatie, data analyse methodieken, visualisatie technieken en meetgegevens uitwisselingsmogelijkheden. Zie bijvoorbeeld Samen Meten dataportaal van RIVM, (maps.)Sensors.Community, AqiCN.org (WAI.info), IQAir.org, en (lokale) anderen. Deze maken gebruik van elkaars gegevens. De focus ligt op fijnstof, met name momenteel PM_{2.5}.



datum opnames: 5 maart 2025 12:00
zoek de verschillen

Het doel is om een fijnmaziger en lokaal luchtkwaliteitsbeeld te geven dan de landelijke meetstations van het Landelijk Meetnetwerk Luchtkwaliteit (RIVM, GGD's, provinciale milieu diensten). Tevens om de kwaliteit van de low-cost metingen te verbeteren door gebruik te maken nabij gelegen stations, hun metingen, hun (Open Source¹) software, de *how-to* en ervaringen.

Grofweg zijn er twee typen van meetstations met luchtkwaliteitsmeetsensoren: voor toepassingen binnenshuis (temperatuur, luchtvochtigheid, kooldioxide CO₂, en fijnstof PM_{2.5} en soms PM₁₀) met eenvoudige visualisatie van metingen (led, simpel display, soms wifi of Zigbee naar de eigen home automatisering of mobiel app, en buitenshuis (temperatuur, luchtvochtigheid, fijnstof (PM₁ t/m PM₁₀, GPS en energievoorziening) in een behuizing bestand tegen weersinvloeden (regen, hogere luchtvochtigheid, opwarming door de zon, wind) en goede datacommunicatie (LoRaWan, wifi, LTE-M G4). De software in het station zal – zeker bij meetstations voor buitenshuis – op een gegeven aangepast moeten kunnen worden. Een remote software update mogelijkheid bijv OTA (Over-the-Air) is meer dan raadzaam.



LML (RIVM) meetstations

Stations ontworpen voor gebruik binnenshuis kunnen niet zonder meer toegepast worden buitenshuis. Een extra inspanning is noodzakelijk om de meetgegevens betrouwbaar door te geven

¹ Open Source will zeggen dat de software vrij toegankelijk is: – inzicht in de *how-to* en functionaliteit, een vrij gebruik van meetresultaten. Afhankelijk van de copyright wordt een licentie aangegeven ta.v., schade claims, (her)gebruik, distributie van software en gegevens en (met name commerciële) toepassingen beperkingen oplegt.

naar elders voor een langere periode van enkele jaren. De validatie, calibratie en locatie informatie van de meetgegevens vanuit dit soort stations is in feite nogal behelpen. Dit soort meetstations is dan ook niet aan te bevelen voor toepassingen buitenshuis en deelname aan bijv. Samen Meten.

De meetstations bestaan in wezen uit een behuizing, energie aansluiting, een micro computer (meestal ESP32 of RPi/ARM met de firmware software) voor de aansturing van diverse sensoren en verzorging van het transport van meetresultaten en indicatie van de werking (minimaal: staat hij aan, heeft hij internet verbinding).

Veel toegepaste sensoren zijn:

- Fijnstof sensoren: Nova SDS, Plantower PMS, en Sensirion SPS. In volgorde van beschikbaarheid en functionaliteit.
- Temperatuur en vochtsensoren: Bosch BME280, BME680, en Sensirion SHT31. In volgorde van beschikbaarheid, functionaliteit en duurzaamheid.



Het warenonderzoek van de Stichting is uitgevoerd naar aanleiding van de behoefte van lokale overheid om lokaal luchtmetingen te gaan doen en keuze van low-cost meetstations aanschaf. Het warenonderzoek is begonnen met aanschaf en het lenen van meetstations, vraagstelling naar enkele leveranciers en verwerking van feedback. Het onderzoek is van redelijke omvang en geeft een aardig beeld t.a.v. de toepassingsmogelijkheden, de methodieken van meten, de manier van dataverwerking, duurzaamheid en onderhoudsvriendelijkheid. Zo'n inzicht is ook van belang aan de doelstelling van het meten van de lokale luchtkwaliteit en emissiebronnen niet alleen in Land van Cuijk maar ook elders. Van een ander type meetstations kan je veel leren. Zo kan je je eigen meetstation verbeteren.

En als je toch voor de keuze staat voor een aanschaf van een meetstation maak dan een bewuste en doordachte keuze. Hopelijk draagt het overzicht hieraan bij.

Natuurlijk verdient het onderzoek aanvullingen. De verschillende leveranciers en enkele initiatieven zijn benaderd om het overzicht compleet te maken. Met dank voor hun medewerking nav een vroege presentatie van het warenonderzoek in november 2024 tijdens de RIVM Samen Meten SLA participatie dag. Opgemerkt wordt wel dat soms de navraag bij de leverancier leidde tot een onduidelijk en/of zelfs 'dit is geheim' (?) antwoord.

Disclaimer:

De stichting heeft zo veel mogelijk geprobeerd ontbrekende informatie te achterhalen, maar is daar niet altijd goed in geslaagd. Duiding van foutieve informatie of ontbrekende informatie ziet de stichting dan ook graag tegemoet.

Low-cost meetstations van luchtkwaliteit en sensors

De focus van het warenonderzoek ligt op toepassing van low-cost meetstations in gebruik bij het meten van fijnstof door burger initiatieven. Metingen van gas emissies is vrijwel geen haalbare kaart voor een burger initiatief met een laag budget.

Aandachtspunten:

- In de tabellen zijn zg. URL links of hypertext verwijzingen opgenomen. Deze URL-verwijzingen geven aan waar meer details over het betreffende item te vinden zijn.
- *Luchtvochtigheid en temperatuur* hebben soms enorme invloed op de meetwaarden. De ene fijnstof sensor is daar gevoeliger voor dan de ander. De low-budget luchtvochtigheid sensor wordt in de loop der tijd onnauwkeurig door de voortdurende blootstelling aan een hoge luchtvochtigheid van de buitenlucht. De duurdere typen vochtsensoren, bijv. SHT85, zijn daarom vaak uitgerust met een dubbel membraan. Sommige sensoren zoals DHT11/22 gaan zelfs na korte tijd defect bij toepassing in de buitenlucht.



Temperatuur en bovenal relatieve vochtmetingen zijn noodzakelijk om de zeer lokale invloed van deze op de fijnstof waardes te kunnen corrigeren.

Lokale temperatuur en luchtvochtigheidsmetingen zijn noodzakelijk om de calibratie van de fijnstofmetingen goed te kunnen doen. KNMI gegevens zijn handig maar niet voldoende.

- Recente sensoren ondersteunen meer functies zoals bijv. een zg ‘*schoonblaas*’ functie in de fijnstof sensor, of een *opwarm functie* in de vochtsensor om zich van opgehoopte vocht te ontdoen. Of de software in het meetstation deze functies dan ook gebruikt blijft meestal onduidelijk. Meer duidelijkheid over het type sensor dat toegepast wordt en hoe de besturing van de sensor is ingesteld is dan ook van groot belang.
- De low-cost fijnstof sensor telt in feite fijnstof deeltjes naar grootte bijv. PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{10} en soms PM_1 . De *omrekening van de meting naar gewicht* ($\mu g/m^3$) gebeurt door de sensor zelf en gaan uit van (constante) laboratorium omstandigheden. Recente sensoren zoals Plantower en Sensirion geven tonen de PM_1 waarden en bovendien de waarden van de tellingen van de deeltjes over een reeks van een 6-tal groottes (PN waarden). De tellingen zijn handig bij brononderzoek. De ene sensor is beter tav. $PM_{2.5}$ metingen (Plantower, Sensirion) als de andere tav PM_{10} (Nova). PM_1 is mogelijk een redelijke waarde voor bijv. de indicatie tav houtstook. De Nova is weer wat beter tav de luchtstroom inlaat. De inlaat en uitlaat zijn wat beter van elkaar gescheiden.



De nieuwe Sensirion SEN54 heeft ook een temperatuur en redelijke vochtsensor. Wat zijn de ervaringen met bijv. de SEN5X of andere nieuwere type sensoren?

- Een goede *gestabiliseerde voeding* van minimaal 5V DC voor de elektronica en met name voor de fan van de fijnstof sensor is noodzakelijk. Een aansluiting voor de voeding buitenshuis – zeker voor langere tijd - is meestal maar behelpen. De USB adapter moet van goede kwalitatief zijn zodat de voeding van minimaal 5 volt op de fan stabiel blijft draaien.

De aansluitkabel mag niet te lang zijn. Bij gebruik van een mindere adapter kan bijv. de wifi beacon de fijnstof meting verstoren.

Pas op: de aansluiting op een stopcontact in de buitenlucht vergt aandacht en beperkt je in de plaatsing van het station.

Een zonnecel maakt plaatsing mogelijk wat verder van een bebouwing. Echter dat vereist behoorlijk wat ingrepen in de software om dat goed mogelijk te maken.

- *De behuizing* beschermt enerzijds tegen de regen en zonnewarmte maar moet ook de luchtstroom goed doorlaten. Insecten en vuil mogen geen toegang vinden tot in de fijnstof sensor. Na een jaar moet de fijnstof sensor schoongemaakt kunnen worden. Het is handig voor de gebruiker als het meetstation meer weergeeft dan alleen of hij aan of uit staat en/of dat de luchtvervuiling hoog of laag is. Een donkere kleur van de behuizing maakt dat de interne temperatuur – al snel hoger als 60 °C! – door de zon enorm kan oplopen. De luchtstroom door de behuizing en nabij de sensor verdient veel aandacht. Je wilt niet alleen de lucht meten die nabij de sensor intern zijn rondjes draait.
- In de meeste gevallen wordt een op ESP gebaseerde *microprocessor* gebruikt. In een enkel geval wordt Python (meer functionaliteit, open en kwalitatief) als programmeer taal gebruikt en/of een RPi ARM processor (met functionaliteit van een PC, open, instelbaar en eenvoudiger van andere software te voorzien of de software te updaten). De processor is bevestigd via een Processor Connect Board (PCB) met de de sensoren. Het blijkt dat als de verbindingen niet gesoldeerd zijn ze niet goed bestand zijn voor toepassingen buitenshuis (oxidatie probleem door vocht). Ook gebruik van stekertjes wordt sterk ontraden. En bescherm de soldeerpunten tegen vocht!
- Door de locatie via een simpele *GPS* door te geven voorkom je veel administratieve fouten. Er zijn meetstations die je vrijwel alle administratie uit handen geeft en soms zelfs het type van de sensor in het meetstation automatisch weten door te geven. Maar zelden is de meetstation in staat zelf voor update van de software zorg te dragen en/of instellingen remote bij te stellen. Elke software in een (nieuw) apparaat zal een keer verbeterd moeten worden. Al is het alleen maar om het feit dat een onderdeel niet meer verkrijgbaar zijn op termijn. 
- *Datacommunicatie*. Uiteindelijk gaat het er om dat de metingen en *metadata* – lokatie, type sensoren, calibratie informatie, etc. – betrouwbaar en zonder haperingen doorgegeven worden naar een server. De laatste jaren zijn er uitstekende mogelijkheden voor het versturen van meetdata (Internet of Things) bijv. via het GSM netwerk. WiFi wordt dan ook afgeraden ivm. de beschikbaarheid en dekking. Gebruik van LTE-M (mobiel IoT netwerk) is aanbevolen.
- *Langdurig meten*. De luchtkwaliteit varieert enorm in de loop der tijd. Er is een dag/nacht verschil, maar ook een seizoensverschil ten aanzien van de bron van de emissies maar ook temperatuur en vochtigheid beïnvloeden de metingen. Het heeft weinig zin om maar voor een beperkte tijd te meten. Bijv. wil je ook nog het effect van een maatregel in de gaten houden?

- *Weten is meer dan alleen meten. Het ophangen van meetstations bij burgers heeft een breder doel als ‘meten om het meten’. Meten is daarom zweten. Met meten weet je meer, maar met die wetenschap moet je dan ook wat zien te doen. Er moet een duidelijk plan liggen wat er met de meetgegevens gedaan wordt. Zonder plan en acties heeft meten geen zin.*
- *Data acquisitie en validatie.* De meetdata moet ergens worden opgeslagen. Hoe staat het met de beschikbaarheid van die data? Worden de metingen gevalideerd? Worden de meetstations en sensoren in de gaten gehouden of ze goed functioneren? Worden de waarden vergeleken met nabije meetstations en vergeleken met de waarden die de meetstations op referentie locaties aangeven. Welke maatregelen zijn er getroffen om te beoordelen of de metingen op een locatie wel plausibel zijn?
- *Samen Meten dataportaal.* Het meten van luchtkwaliteit heeft pas zin als de meetdata publiekelijk vrij beschikbaar gesteld wordt als ‘ruwe’ gegevens in zoveel mogelijke type van metingen zoals de sensor die meet. Bijvoorbeeld via dataportalen zoals RIVM Samen Meten dataportaal (Things API), maar ook Sensors.Community (HTTP post), etc. En nog mooier via data stream applicatie interfaces (DBflux, MQTT, etc.) om bijv. home automation systemen, zoals recent veel gebruikte Home Assistant, er op aan te kunnen sturen.
- *Referentie metingen.* Van belang is om t.a.v. calibratie en validatie een referentie meetstation in de buurt te hebben. Of nog beter om ook een exemplaar van de low-cost meetstation zeer nabij het referentie station van bijv. RIVM LML operationeel te hebben.

Het warenonderzoek

In de onderstaande tabellen met meetkits wordt een onderscheid gemaakt voor meetstations geschikt voor gebruik binnenshuis en voor toepassing buitenshuis.

Low-cost meetstations voor toepassing binnenshuis

Meetstations (of sensoren) voor metingen van luchtkwaliteit binnenshuis worden al vele jaren aangeboden als commercieel product. De prijzen variëren van enkele euro's tot ca € 160. De kwaliteit loopt enorm uiteen. Goedkoop wil niet zeggen dat de kwaliteit zal tegenvallen. Een redelijk low-cost station voor binnenshuis gebruik is eenvoudig zelf als kit te maken met het voordeel dat de resultaten in te zien zijn via eigen home automation systeem (Home Assistant, Alexa of Google Home) en/of app. Voorbeeld is bijv via ESP firmware van Tasmota, ESPHome (5V adapter, ESP32 micro, Sensirion fijnstof en temperatuur/vochtigheids sensor: kostprijs ca € 40) of Ikea station aangesloten via Zigbee. Op de website van Sensor.Community staan uitgebreide instructies voor de samenstelling van een redelijk en veel toegepast meetstation in deze prijsklasse.



Bedenk dat de meetgegevens van dit soort stations niet gekalibreerd zijn en zelfs onderling enorm kunnen verschillen. Ergo: enkele fabrikanten van smart phones geven ook lokale meetgegevens weer zoals luchtvochtigheid en fijnstof (PM_{2.5}) waarden! De meeste stations hebben een koolstof dioxide sensor – maakt gebruik van infra rood (NDIR) – aan boord. CO₂ sensoren moeten wel regelmatig gekalibreerd m.b.v. pure stikstof (nulpunt bepaling) en buitenshuis metingen (ca 400 ppm) worden. Ervaring leert dat de low-cost VOC sensors door de calibratie problematiek te wensen overlaat. Zie voor informatie de website van CO2Meter.com.

Ethon Brooke onderhoudt een blog 'BreathSafeAir' met een soort warenonderzoek van low-cost meetstations voor binnenshuis metingen.

Twee producten vallen op in het onderzoek van Ethon:




- LiveGrid een soort tamagotchi-achtig station (UK £ 250, Open Source) en
- QuinPing Air Gen 2 (PM_{2.5}, PM₁₀, CO₂, temperatuur, vochtigheid, tVOC, geluid en zelfs een klok/wekker voor € 160.



In de onderstaande tabel staat een vergelijking van enkele low-cost meetstations die de Stichting aangeschaft had van Ikea en AeroCount, of zelf samengesteld via Sensors.Community. Ikea en AeroCount zijn eind oktober 2024 benaderd om feedback te geven over de bevindingen. Tot in maart 2025 is er geen respons geweest op het verzoek van de Stichting.

Met een rood kruisje in de tabel wordt een negatief advies aangegeven or aangegeven dat de functie niet ondersteund wordt.

| product naam station | zelfbouw of bouwkit | Aerocount | VINDSTYRKA |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| fabrikant | Sensors.Community principe | Aerocount | Ikea |
| |  |  |  |
| introducectie | ca 2017 | ca 2022 | ca 2021 |
| kosten low-cost station | € 40 of € 63 - € 200 | € 140 | € 10 & € 39 |
| datacom kosten | nee | nee | nee |
| software updates | ✓ | ✗ | ✗ |
| leverancier | zelf bouw kant en klaar kits: € 63 Nettigo.eu , € 200 Weerhuisje.nl | Bol. AeroCount.nl | led versie Ikea.com lcd versie Ikea.com |
| toepassingsmogelijkheid | bewustwording | bewustwording | bewustwording |
| toegepast in regio | Europa OpenSense map | | |
| techniek | | | |
| ondersteunde sensoren | | | |
| fijnstofsensoren | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa) | PM (massa) |
| Nova | SDS011 ^x : PM2.5-10 | SDS11 ^x : PM2.5-10 | |
| Senserion | SPS30 ^v : PM1-2.5-4-10 PN0.5-1-2.5-10 | | SEN54 PM2.5-10 |
| Plantower | | | |
| andere | | | Cubic PM1006K PM2.5 |
| meteosensoren | temp, RH, luchtdruk | temp, RH | temp, RH |
| | BME280 | ✗ DHT11 geen weergave | SEN54 |
| GPS sensor | ✗ | ✗ | ✗ |
| gas sensor | ✗ | ✗ | ✗ |
| bijzonderheden | | | |
| sample frequentie | 60 s, 15 per uur | | |
| sensor sample instelbaar | ✗ | ✗ | ✗ |
| energie | 5V USB | 5V USB | 5V USB |

| <i>product naam station</i> | <i>zelfbouw of bouwkit</i> | <i>Aerocount</i> | <i>VINDSTYRKA</i> |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>fabrikant</i> | Sensors.Community principe | Aerocount | Ikea |
| <i>kabel</i> | max 2m | max 2m | max 2m |
| <i>micro computer</i> | ESP | ESP | ESP |
| <i>sensor-software</i> | Open Source HTTP | X proprietary | X proprietary |
| <i>extra</i> | | dichtgesealde kast | luchtconditionering gekalibreerd |
| <i>vochtgevoeligheid</i> | 50% | 50% | 50% |
| meetgegevens | | | |
| <i>data-communicatie</i> | Open Source (HTTP) | X proprietary | Zigbee std |
| <i>data beschikbaarheid</i> | open Lufdaten, RIVM Things | X | X proprietary |
| <i>data validatie</i> | X | X | X |
| <i>referentie meting</i> | X | X | X |
| <i>eigendom data</i> | publiek (open) | leverancier | nvt |
| visualisatie meetgegevens | | | |
| <i>op sensor</i> | X | led groen/rood | LCD display |
| <i>leverancier</i> | app Lufdaten | app leverancier | app leverancier |
| <i>zichtbaar op internet</i> | Sensors.Community, AQICN, AirTube en Samen Meten | | X |
| <i>andere projectsensoren</i> | V | V door leverancier | X |
| <i>data downloadable</i> | V | X | X |
| <i>remote software updates</i> | X | | |
| <i>communicatie via</i> | wifi LoraWan ^x | wifi | Zigbee std |
| <i>koppelprocedure</i> | via webpagina | via account procedure ^x | nvt |
| <i>data analyse / rapportages</i> | X | X | X |
| <i>afbeelding binnenwerk</i> |  |  |  |

| product naam station | zelfbouw of bouwkit | Aerocount | VINDSTYRKA |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| fabrikant | Sensors.Community principe | Aerocount | Ikea |
| behuizing | | | |
| <i>robuustheid IP-code</i> | IP44 | IP44 | IP44 |
| <i>dubbelwandig</i> | X | X | X |
| <i>luchtstroom</i> | via condit. | sensor | sensor |
| <i>plaatsing</i> | buiten | binnen | binnen |
| <i>kleur behuizing</i> | grijs of wit | donker grijs | wit |
| <i>openingen beschermd</i> | X | X | X |
| <i>duurzaamheid</i> | -+ | - | -+ |
| <i>geschatte levensduur</i> | 1-2 jaar | 1-2 jaar | 1-2 jaar |
| bijkomende kosten | | | |
| <i>abonnement LTE-M</i> | niet nodig | niet nodig | niet nodig |
| <i>abonn. datapres./jaar</i> | niet nodig | €0,00 ? | nvt |
| <i>data analyse kosten</i> | nvt | onduidelijk | nvt |
| <i>leverbaarheid</i> | zelf bouw of kant en klaar kit van bijv € 63 Nettigo (Po), € 200 Weerhuisje | Bol. | Ikea |
| conclusies | | | |
| pro's | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ toegankelijk ✓ volledig open source ✓ kostprijs ✓ publieke weergave | | <ul style="list-style-type: none"> ✓ weergave ✓ kostprijs |
| con's | <ul style="list-style-type: none"> ✗ wifi beperkingen ✗ geen validatie ✗ instellingen onduidelijk | <ul style="list-style-type: none"> ✗ verouderde PM sensor ✗ proprietary ✗ binnenshuis ✗ publieke weergave ✗ wifi beperkingen ✗ datavalidatie niet gespecificeerd | <ul style="list-style-type: none"> ✗ proprietary ✗ binnenshuis ✗ publieke weergave ✗ wifi beperkingen |








Low-cost meetstations voor toepassing buitenshuis

Low-cost (fijnstof) meetstations geschikt voor toepassing buitenshuis zijn voornamelijk ontwikkeld door 'Do It Yourself' (DIY) electronici en software engineering op niet commerciële basis. Ze hebben een ontwikkel traject doorlopen van vele jaren en een beperkt aantal ontwerpen komen recent op meer commerciële basis beschikbaar. Vooral doordat de dataverwerking een complexe materie is en calibratie omslachtig en kostbaar is. De kwaliteit van de huidige low-cost meetstations is hoog zolang er de beschikking is over een referentie meetstation in de buurt.









In onderstaande tabel zijn geen commerciële meetstations van bijv. Libelium, Open Air, Kunak Air, etc. opgenomen. Het beschikbare budget was onvoldoende voor dit soort meetstations.

De tabel met het warenonderzoek geeft een aardig overzicht van de technische ontwikkelingen en mogelijkheden. Duidelijk is dat de mogelijkheid van 'waar stuur in mijn gegevens heen', zodat ze bijv. via Samen Meten dataportaal in te zien zijn en ook een lokale data analyse mogelijk blijft, van groot belang is. De ApriSensor, Ohnics en misschien Sodaq Air springen er uit. De prijsstelling is soms verwarrend: zit er data-acquisitie service en operationele ondersteuning bij in?

| product naam station | MySense V3 | zelfbouw of bouwkit | MeetjeStad V2 | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq Air | ApriSensor-1 |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| fabrikant | BwLvC | Sensors.Community principe | MeetjeStad | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq | Scapeler |
| |  |  |  |  |  |  |  |
| introducectie | ca 2017 | ca 2017 | 2020 | 2024 | 2021 | ca 2021 | ca 2019 |
| kosten low-cost station | € 300 | € 40 of € 63 - € 200 | | Vanaf € 40 | € 1,000 | € 195 | €145 - €175 , duo € 265 |
| datacommunicatie kosten | nee | nee | nee | nee | nee | nee | nee |
| software updates | X | V | V | V | V | X | V |
| leverancier | X BWLvC.eu | zelf bouw kant en klaar kits: € 63 Nettigo.eu , € 200 Weerhuisje.nl | MeetjeStad.nl | Software Fijnstof Leusden | Ohnics.nl | Sodaq per 10x Sodaq.com Air | Scapeler Scapeler.com |
| toepassingsmogelijkheid | regio luchtkwaliteit | bewustwording | bewustwording | bewustwording | regio luchtkwaliteit | bewustwording regio luchtkwaliteit | regio luchtkwaliteit |
| toegepast in regio | N-Limburg, ZO Brabant | Europa OpenSense map | steden Amersfoort , Tilburg en Utrecht | Leusden | oost Nld | Hollandse Luchten prov N-Holland | kaart en dashboard |
| techniek | | | | | | | |
| ondersteunde sensoren | | | | | | | |
| fijnstofsensoren | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa), PN (deeltjes) | PM (massa), PN (deeltjes) |
| Nova | SDS011 ^x : PM2.5-10 | SDS011 ^x : PM2.5-10 | | | | | |
| Senserion | SPS30 ^v : PM1-2.5-4-10 PN0.5-1-2.5-10 | SPS30 ^v : PM1-2.5-4-10 PN0.5-1-2.5-10 | SPS30 ^v : PM1-2.5-4-10 PN0.5-1-2.5-10 | | SPS30 ^v : PM2.5 | SPS30 ^v PM2.5-10 | SPS30 ^v PM1-2.5-4-10 PN0.5-1-2.5-10 |

| <i>product naam station</i> | <i>MySense V3</i> | <i>zelfbouw of bouwkit</i> | <i>MeetjeStad V2</i> | <i>Fijnstof Leusden</i> | <i>Ohnics</i> | <i>Sodaq Air</i> | <i>ApriSensor-1</i> |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|
| fabrikant | BwLvC | Sensors.Community principe | MeetjeStad | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq | Scapeler |
| <i>Plantower</i> <i>andere</i> | PMSx003: PM1-2.5-10 PN0.3-0.5-1-2.5-10 | | | SEN55 ^v : PM1-2.5-4-10 PN0.5-1-2.5-10 | | | PMS-A003: PM1-2.5-10 PN-0.3-0.5-1-2.5-10 |
| <i>meteosensor</i> | temp, RH, luchtdruk,. (VOC) SHT31, BME680 of BME280 | temp, RH, luchtdruk BME280 | Temp., RH, bodenvocht, groen dak, boomdikte, licht, mobiele metingen (cityslam) Si7021 | SEN55 ^v Incl. temp en RH | temp, RH, luchtdruk BME280, Dallas | temp, RH ? | temp, RH, luchtdruk, (VOC) BME280/680, Dallas |
| <i>GPS sensor</i> | v | x | v | x | v | v | x |
| <i>gas sensor</i> | VOC ^x /BME680 | x | x | VOC (SEN55) | x | x | VOC ^x /BME680 |
| byzonderheden | | | | | | | |
| <i>sample frequentie</i> | 60 s, 4 per uur | 60 s, 15 per uur | 4 per uur | Default 145 s | 60 s, 60 per uur | | elke 20 sec |
| <i>sensor sample instelbaar</i> | v | x | v | v | | x | v |
| <i>energie</i> | 5V USB | 5V USB | zonnecel, oplaadbare batterijen | 5V USB | 12V adapter geschikt v. buiten | 5V USB | 5V USB |
| <i>kabel</i> | max 2m | max 2m | niet nodig | max 2 m | max 10m | max 2m | max HQ 5m |
| <i>microcontroller</i> | PyCom ESP LoPy | ESP | STM32 | ESP | ESP | ESP | RPi |
| <i>sensor-software</i> | Open Source 2-way LoRa ^x , MQTT | Open Source HTTP | Open Source, C++, LoRa, MQTT | Open Source , C++, PlatformIO. basis Sensors.Community | x proprietary | x proprietary | Open Source 2-way websocket |
| <i>extra</i> | voorbereid zonnecel | | andere sensors mogelijk | MQTT | luchtconditionering gekalibreerd | mobiel door accu | optie dual PM sensor, gekalibreerd |
| <i>geschikt voor vochtgevoeligheid</i> | 80% | 50% | 0 - 80 % | SEN5X – 95% | 90% | 80% | 80% |
| meetgegevens | | | | | | | |

| <i>product naam station</i> | <i>MySense V3</i> | <i>zelfbouw of bouwkit</i> | <i>MeetjeStad V2</i> | <i>Fijnstof Leusden</i> | <i>Ohnics</i> | <i>Sodaq Air</i> | <i>ApriSensor-1</i> |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| fabrikant | BwLvC | Sensors.Community principe | MeetjeStad | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq | Scapeler |
| <i>data-communicatie</i> | Open Source (MQTT,json) | Open Source (HTTP) | Open Source (MQTT, JSON) | Open Source (HTTP, MQTT, JSON, InfluxDB) | X proprietary | X proprietary | X proprietary |
| <i>data beschikbaarheid</i> | open: RIVM Things, Luftdaten | open Luftdaten, RIVM Things | MeetjeStad website | Keuze: Sensor Community, Madavi, CSV Opensensemap, Aitcms, FeinstaubApp, RIVM | proprietary, RIVM Things | proprietary, RIVM Things | open, RIVM Things |
| <i>data validatie</i> | V | X | | in de firmware | V | V | V |
| <i>referentie meting</i> | RIVM meetstation ^V | X | X | RIVM meetstation ^V | NSL meetstation ^V | NSL meetstation ^V | BAM1020 ^V |
| <i>eigendom data</i> | publiek (open) | publiek (open) | publiek (open) | publiek (open) | publiek (open) | publiek (open) | publiek (open) |
| visualisatie meetgegevens | | | | | | | |
| <i>op sensor</i> | RGB led en mini display | X | X | Optie: I2C Oled scherm | X | X | X |
| <i>leverancier</i> | app leverancier | app Luftdaten | MeetjeStad | website | app leverancier | app leverancier | app leverancier |
| <i>zichtbaar op internet</i> | leverancier, Samen Meten, Sensors.Community , AQICN, AirTube | Sensors.Community , AQICN, AirTube en Samen Meten | MeetjeStad website | Sensors.Communit Madavi, Opensensemap, Aircms, AirTube en Samen Meten, andere | leverancier en Samen Meten | leverancier en Samen Meten | leverancier, Samen Meten |
| <i>andere projectsensoren</i> | V | V | V | V | V | V | V |
| <i>data downloadable</i> | V | V | V | V | V XLSX | V | V |
| <i>remote software updates</i> | V | X | X | V | V | | V |
| <i>communicatie via</i> | LoraWan ^X | wifi LoraWan ^X | LoRaWAN | Wifi | LTE-M ^V | LTE-M ^V | wifi |
| <i>koppelprocedure</i> | open TTN aanmelding | via webpagina | via MeetjeStad | via webpagina | automatisch | | via webpagina |

| <i>product naam station</i> | <i>MySense V3</i> | <i>zelfbouw of bouwkit</i> | <i>MeetjeStad V2</i> | <i>Fijnstof Leusden</i> | <i>Ohnics</i> | <i>Sodaq Air</i> | <i>ApriSensor-1</i> |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| fabrikant | BwLvC | Sensors.Community principe | MeetjeStad | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq | Scapeler |
| <i>data analyse / rapportages</i> | | X | MeetjeStad website | Veel mogelijkheden | op aanvraag | X | |
| <i>afbeelding binnenwerk</i> |  |  |  |  | X niet vrijgegeven |  |  |
| behuizing | | | | | | | |
| <i>robuustheid IP-code</i> | IP55 | IP44 | IP55 | IP66 | IP65 | IP65 | IP55 |
| <i>dubbelwandig</i> | V | X | V | X | V | X | X |
| <i>luchtstroom</i> | via condit. | via condit. | via condit. | sensor | via condit. | sensor | extra ventilator |
| <i>plaatsing</i> | buiten/binnen | buiten | buiten/binnen | buiten/binnen | buiten | buiten/binnen | buiten/binnen |
| <i>kleur behuizing</i> | wit | grijs of wit | wit | Zwart of wit-grijs | wit zwarte deksel | blauw of wit | licht grijs |
| <i>openingen beschermd</i> | V | X | X | filter | V | | V |
| <i>duurzaamheid</i> | ++ | -+ | -+ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| <i>geschatte levensduur</i> | 4-5 jaar | 1-2 jaar | 1-2 jaar excl. reparaties | 4-5 jaar | 3 – 4 jaar | 4-5 jaar | 4-5 jaar |
| bijkomende kosten | | | | | | | |
| <i>abonnement LTE-M</i> | niet nodig | niet nodig | niet nodig | niet nodig | inclusief 4 jaar | € 17.95 | niet nodig |
| <i>abonn. datapres./jaar</i> | nvt | niet nodig | niet nodig | niet nodig | inclusief | inclusief | nvt |
| <i>data analyse kosten</i> | | nvt | | nvt | | | |
| <i>leverbaarheid</i> | X | zelf bouw of kant en klaar kit van bijv € 63 Nettigo (Po), € 200 Weerhuisje | deels zelfbouw | zelf bouw vanaf € 40.00 | Ohnics | Sodaq per 10x | Scapeler |
| conclusies | | | | | | | |

| product naam station | MySense V3 | zelfbouw of bouwkit | MeetjeStad V2 | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq Air | ApriSensor-1 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| fabrikant | BwLvC | Sensors.Community principe | MeetjeStad | Fijnstof Leusden | Ohnics | Sodaq | Scapeler |
| pro's | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ solar optie ✓ toegankelijk ✓ open source ✓ meetdatavalidatie ✓ reparatie ✓ vervanging ander type sensor | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ toegankelijk ✓ open source ✓ kostprijs | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ mobiele metingen ✓ toegankelijk ✓ open source ✓ website met meetgrafieken ✓ chatkanaal voor vragen ✓ reparatie | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ toegankelijk ✓ open source ✓ website met meetgrafieken ✓ bouwbeschrijving ✓ Gerber file PCB ✓ Status in MQTT ✓ cleaning mode | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ LTE-M ✓ meetdatavalidatie ✓ op meerdere dataportalen | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ LTE-M ✓ meetdatavalidatie ✓ op meerdere dataportalen | <ul style="list-style-type: none"> ✓ simpele installatie ✓ duo sensor optie ✓ meetdatavalidatie ✓ op meerdere dataportalen |
| con's | <ul style="list-style-type: none"> ✗ LoRa (LoPy) ✗ wordt niet meer geproduceerd | <ul style="list-style-type: none"> ✗ wifi beperkingen ✗ geen validatie ✗ publieke weergave ✗ instellingen onduidelijk | <ul style="list-style-type: none"> ✗ geen validatie ✗ LoRa | <ul style="list-style-type: none"> ✗ wifi beperkingen ✗ zelfdoen ✗ 230 Volt | <ul style="list-style-type: none"> ✗ proprietary | <ul style="list-style-type: none"> ✗ proprietary | <ul style="list-style-type: none"> ✗ wifi beperkingen |

Dankwoord

Met dank voor de feedback van Hollandse Luchten, Leusden initiatief, Meet je Stad, RUD Zuid Limburg, Aireas, Scapeler Visibilis, Stichting Burgerwetenschappers, e.a.:
Fred, Joan, Harrie, Louis, Jos, Imme/Anabel, Erwin, Peter, Jean-Paul, en Dieter.
En de motivering vanuit RIVM.