

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

Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk

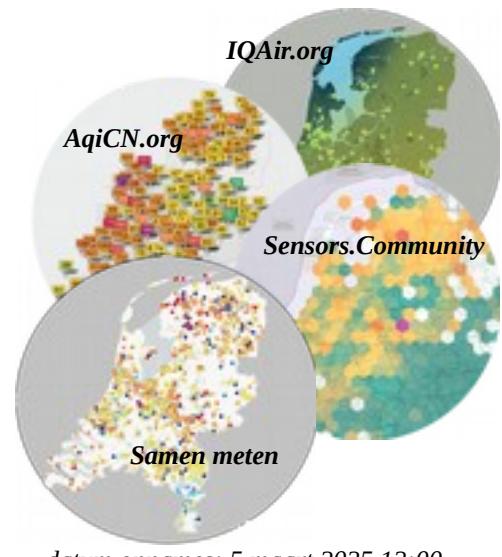
Auteur: teus Hagen, maart 2025

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 dataportal 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}.

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 luchtkwaliteits-meetsensoren: 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 buitenhuis (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 buitenhuis – op een gegeven aangepast moeten kunnen worden. Een remote software update mogelijkheid bijv OTA (Over-the-Air) is meer dan raadzaam.

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



LML (RIVM) meetstations

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 buitenhuis 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. PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀ en soms PM₁. De *omrekening van de meting naar gewicht (µg/m³)* gebeurt door de sensor zelf en gaan uit van (constante) laboratorium omstandigheden. Recente sensoren zoals Plantower en Sensirion geven tonen de PM₁ 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 PM₁₀ (Nova). PM₁ 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 behulpzaam. 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 versturen.

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 luchtmassa 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 programmeertaal 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 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 stekkertjes 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 buitenhuis 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 ($PM_{2.5}$, PM_{10} , 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 of aangegeven dat de functie niet ondersteund wordt.

<i>product naam station</i>	<i>zelfbouw of bouwkit</i>	<i>Aerocount</i>	<i>VINDSTYRKA</i>
<i>fabrikant</i>	<u>Sensors.Community</u> principe	Aerocount	Ikea
			
<i>introductie</i>	ca 2017	ca 2022	ca 2021
<i>kosten low-cost station</i>	€ 40 of € 63 - € 200	€ 140	€ 10 & € 39
<i>datacom kosten</i>	nee	nee	nee
<i>software updates</i>	✓	✗	✗
<i>leverancier</i>	<u>zelf bouw</u> kant en klaar kits: € 63 Nettigo.eu , € 200 Weerhuisje.nl	Bol. AeroCount.nl	led versie Ikea.com lcd versie Ikea.com
<i>toepassingsmogelijkheid</i>	bewustwording	bewustwording	bewustwording
<i>toegepast in regio</i>	Europa OpenSense map		
techniek			
ondersteunde sensoren			
<i>fijnstofsensor</i>	PM (massa), PN (deeltjes)	PM (massa)	PM (massa)
<i>Nova</i>	SDS011 [✗] : PM2.5-10	SDS11 [✗] : PM2.5-10	
<i>Senserion</i>	SPS30 [✓] : PM1.2-5-4-10 PN0.5-1-2.5-10		SEN54 PM2.5-10
<i>Plantower</i>			
<i>andere</i>			Cubic PM1006K PM2.5
<i>meteosensor</i>	temp, RH, luchtdruk BME280	temp, RH [✗] DHT11 geen weergave	temp, RH SEN54
<i>GPS sensor</i>	✗	✗	✗
<i>gas sensor</i>	✗	✗	✗
bijzonderheden			
<i>sample frequentie</i>	60 s, 15 per uur		
<i>sensor sample instelbaar</i>	✗	✗	✗
<i>energie</i>	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	✗ proprietary	✗ proprietary
<i>extra</i>		dichtgesealde kast	luchtconditionering gekalibreerd
<i>vochtgevoeligheid</i>	50%	50%	50%
meetgegevens			
<i>data-communicatie</i>	Open Source (HTTP)	✗ proprietary	Zigbee std
<i>data beschikbaarheid</i>	open Luftdaten, RIVM Things	✗	✗ proprietary
<i>data validatie</i>	✗	✗	✗
<i>referentie meting</i>	✗	✗	✗
<i>eigendom data</i>	publiek (open)	leverancier	nvt
visualisatie meetgegevens			
<i>op sensor</i>	✗	led groen/rood	LCD display
<i>leverancier</i>	app Luftdaten	app leverancier	app leverancier
<i>zichtbaar op internet</i>	Sensors.Community, AQICN, AirTube en Samen Meten		✗
<i>andere projectsensoren</i>	✓	✓ door leverancier	✗
<i>data downloadable</i>	✓	✗	✗
<i>remote software updates</i>	✗		
<i>communicatie via</i>	wifi LoraWan✗	wifi	Zigbee std
<i>koppelprocedure</i>	via webpagina	via account procedure✗	nvt
<i>data analyse / rapportages</i>	✗	✗	✗
<i>afbeelding binnenwerk</i>			

product naam station	zelfbouw of bouwkit	Aerocount	VINDSTYRKA
fabrikant	<u>Sensors.Community</u> 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	V simpele installatie V toegankelijk V volledig open source V kostprijs V publieke weergave		V weergave V kostprijs
con's	X wifi beperkingen X geen validatie X instellingen onduidelijk	X verouderde PM sensor X proprietary X binnenshuis X publieke weergave X wifi beperkingen X datavalidatie niet gespecificeerd	X proprietary X binnenshuis X publieke weergave X wifi beperkingen

Low-cost meetstations voor toepassing buitenhuis

Low-cost (fijnstof) meetstations geschikt voor toepassing buitenhuis 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 dataportalen 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		Sodaq	Scapeler
								
introductie	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
datacomunicatie kosten	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
software updates	X	V	V	V	V	X	V	
leverancier	X BwLvC.eu	<u>zelf bouw</u> 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								
fijnstofsensor	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)	PM (massa), PN (deeltjes)
<i>Nova</i>	SDS011 ^X : PM2.5-10	SDS011 ^X : PM2.5-10						
<i>Senserion</i>	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	

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
Plantower andere	PMSx003: PM1-2.5-10 PN0.3-0.5-1-2.5-10			SEN55 ✓ : 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
meteosensor	temp, RH, luchtdruk,.. (VOC) SHT31, BME680 of BME280	temp, RH, luchtdruk BME280	Temp., RH, bodemvocht, groen dak, boomdikte, licht, mobiele metingen (cityslam) Si7021	SEN55 ✓ Incl. temp en RH	temp, RH, luchtdruk BME280, Dallas	temp, RH ?	temp, RH, luchtdruk, (VOC) BME280/680, Dallas
GPS sensor	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗
gas sensor	VOC ✗ /BME680	✗	✗	VOC (SEN55)	✗	✗	VOC ✗ /BME680
byzonderheden							
sample frequentie	60 s, 4 per uur	60 s, 15 per uur	4 per uur	Default 145 s	60 s, 60 per uur		elke 20 sec
sensor sample instelbaar	✓	✗	✓	✓		✗	✓
energie	5V USB	5V USB	zonnecel, oplaadbare batterijen	5V USB	12V adapter geschikt v. buiten	5V USB	5V USB
kabel	max 2m	max 2m	niet nodig	max 2 m	max 10m	max 2m	max HQ 5m
microcontroller	PyCom ESP LoPy	ESP	STM32	ESP	ESP	ESP	RPi
sensor-software	Open Source 2-way LoRa ✗ , MQTT	Open Source HTTP	Open Source, C++, LoRa, MQTT	Open Source , C++, PlatformIO. basis Sensors.Community	✗ proprietary	✗ proprietary	Open Source 2-way websocket
extra	voorbereid zonnecel		andere sensors mogelijk	MQTT	luchtconditionering gekalibreerd	mobiel door accu	optie dual PM sensor, gekalibreerd
geschikt voor vochtgevoeligheid	80%	50%	0 - 80 %	SEN5X – 95%	90%	80%	80%
meetgegevens							

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
data-communicatie	Open Source (MQTT,json)	Open Source (HTTP)	Open Source (MQTT, JSON)	Open Source (HTTP, MQTT, JSON, InfluxDB)	X proprietary	X proprietary	X proprietary
data beschikbaarheid	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
data validatie	V	X		in de firmware	V	V	V
referentie meting	RIVM meetstation ^v	X	X	RIVM meetstation ^v	NSL meetstation ^v	NSL meetstation ^v	BAM1020 ^v
eigendom data	publiek (open)	publiek (open)	publiek (open)	publiek (open)	publiek (open)	publiek (open)	publiek (open)
visualisatie meetgegevens							
op sensor	RGB led en mini display	X	X	Optie: I2C Oled scherm	X	X	X
leverancier	app leverancier	app Luftdaten	MeetjeStad	website	app leverancier	app leverancier	app leverancier
zichtbaar op internet	leverancier, Samen Meten, Sensors.Community , AQICN, AirTube	Sensors.Community , AQICN, AirTube en Samen Meten	MeetjeStad website	Sensors.Community Madavi, Opensensemap, Aircms, AirTube en Samen Meten, andere	leverancier en Samen Meten	leverancier en Samen Meten	leverancier, Samen Meten
andere projectsenoren	V	V	V	V	V	V	V
data downloadable	V	V	V	V	V XLSX	V	V
remote software updates	V	X	X	V	V		V
communicatie via	LoraWan ^x	wifi LoraWan ^x	LoRaWAN	Wifi	LTE-M ^v	LTE-M ^v	wifi
koppelprocedure	open TTN aanmelding	via webpagina	via MeetjeStad	via webpagina	automatisch		via webpagina

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
data analyse / rapportages		X	MeetjeStad website	Veel mogelijkheden	op aanvraag	X	
afbeelding binnenwerk							
behuizing							
robuustheid IP-code	IP55	IP44	IP55	IP66	IP65	IP65	IP55
dubbelwandig	V	X	V	X	V	X	X
luchtstroom	via condit.	via condit.	via condit.	sensor	via condit.	sensor	extra ventilator
plaatsing	buiten/binnen	buiten	buiten/binnen	buiten/binnen	buiten	buiten/binnen	buiten/binnen
kleur behuizing	wit	grijs of wit	wit	Zwart of wit-grijs	wit zwarte deksel	blauw of wit	licht grijs
openingen beschermd	V	X	X	filter	V		V
duurzaamheid	++	-+	-+	++	+++	++	+++
geschatte levensduur	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							
abonnement LTE-M	niet nodig	niet nodig	niet nodig	niet nodig	inclusief 4 jaar	€ 17.95	niet nodig
abonn. datapres./jaar	nvt	niet nodig	niet nodig	niet nodig	inclusief	inclusief	nvt
data analyse kosten		nvt		nvt			
leverbaarheid	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							

<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>
<i>fabrikant</i>	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 ✓ reparatie ✓ 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"> ✗ wifi beperkingen ✗ zelfdoen ✗ 230 Volt 	<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.