



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

# **Sensoren stikstofdioxide en fijnstof**

**Eerste ervaringen ...**

**Joost Wesseling / Peter Zandveld / Derko Drukker /  
Lou Gast / Sjoerd van Ratingen**



- Waarom sensoren?
- Sensoren stikstofdioxide
- Sensoren fijnstof
- Kennis-/Dataportaal
- De komende jaren



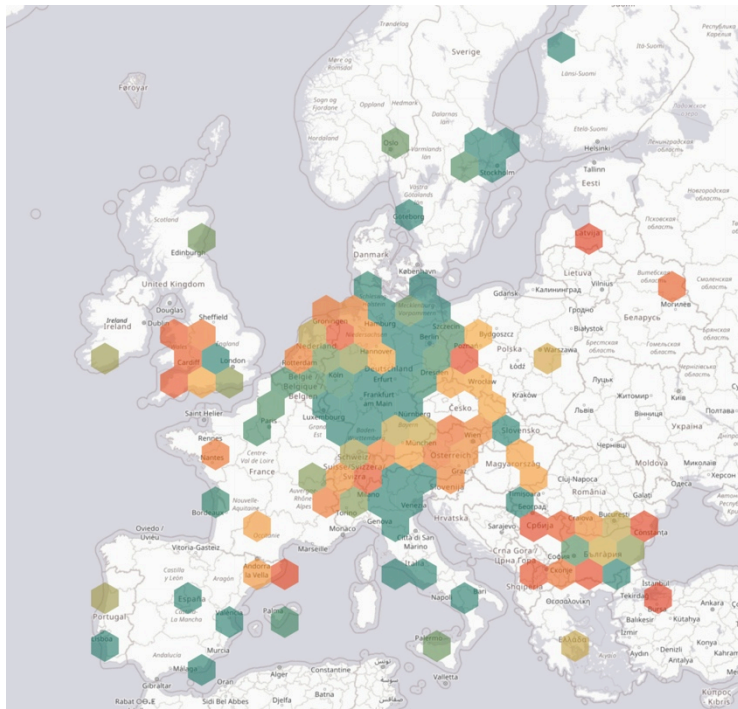
## Waarom sensoren?



- Het is onderdeel van de tijdgeest dat mensen zelf aan hun omgeving willen meten.
- Gedeeltelijk uit een behoefte om de overheden te controleren.
- Soms omdat het kan en leuk is, hobby.
- Sensoren kosten slechts enkele tientallen euro's en ogen professioneel.
- Er zijn ook commerciële aanbieders van sensormetingen.
- "Omdat er nu eenmaal sensoren zijn ....."



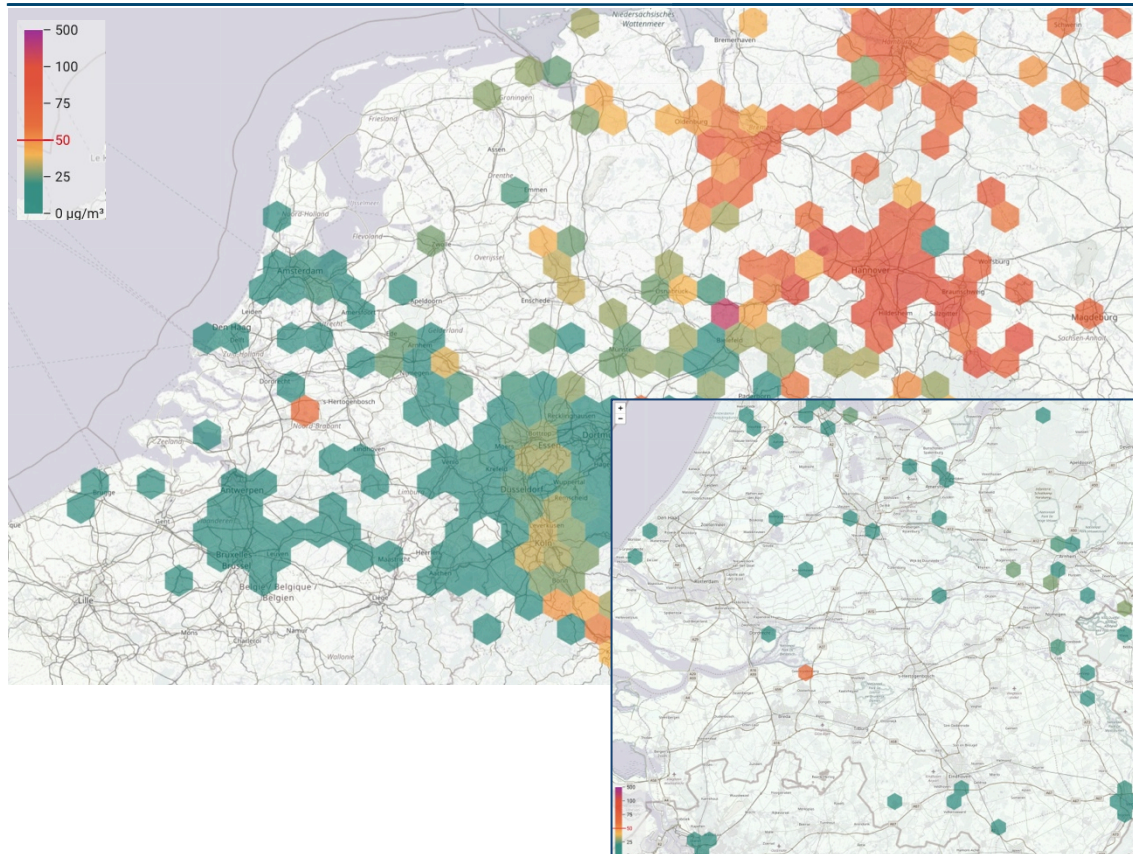
## Luftdaten project



- Een voorbeeld van een grootschalig en succesvol sensorproject is het Duitse Luftdaten project met de verschillende spin-offs.
- PM10/PM2.5 sensoren, Shinyei/Nova, veel landen in de EU, circa 3700 unieke meetlocaties wereldwijd.
- Het grote aantal sensoren maakt het zeer interessant voor studie en tests.
- Er wordt nu eenmaal gemeten, er komen dus vragen naar overheden.
- Door ook met deze soorten sensoren te gaan meten doe je ervaring op en kun je de resultaten beter duiden.



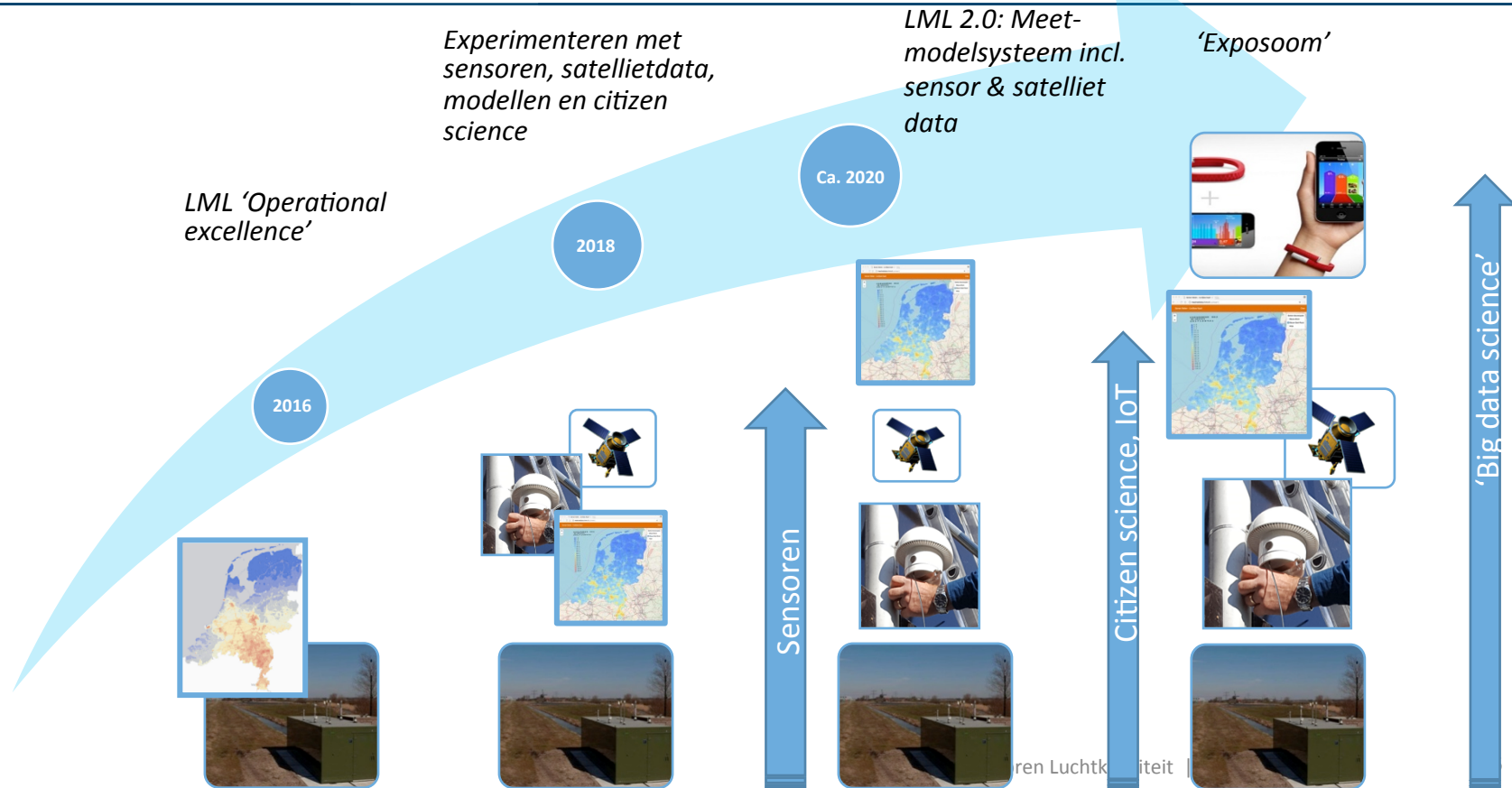
## Luftdaten project



- Hoe met dit soort data omgaan in discussies?
- Dat sensoren slechter presteren dan officiële apparatuur is evident.
- Wat kan dan wel?
- Hoe van dit soort data profiteren?



# Roadmap RIVM





## Inzet sensoren

$$\bar{\Delta}_{MR} = \frac{\sum_{i=1}^K (M_i - R_i)}{K} = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta_i}{K} = \bar{M} - \bar{R}$$

$$s_{\Delta MR}^2 = \frac{s_M^2 + s_R^2}{K}$$

$$s_{\Delta}^2 = \sum \left( \left( \frac{\partial}{\partial x_i} f(x_1, x_2, x_3) \right)^2 s_{x_i}^2 \right)$$

$$\bar{\Delta} = \frac{\bar{\Delta}_{MR} + \left( \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} \right) \bar{\Delta}_{ME}}{1 + \left( \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} \right)}$$

$$s_{\Delta}^2 = \frac{s_{\Delta MR}^2 + \left( \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} \right)^2 s_{\Delta ME}^2}{\left( 1 + \left( \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} \right) \right)^2} = \frac{s_{\Delta MR}^2 \left( 1 + \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} \right)}{\left( 1 + \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} \right)^2} = \frac{s_{\Delta MR}^2}{1 + \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2}} = \frac{s_{\Delta ME}^2 s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2 + s_{\Delta MR}^2}$$

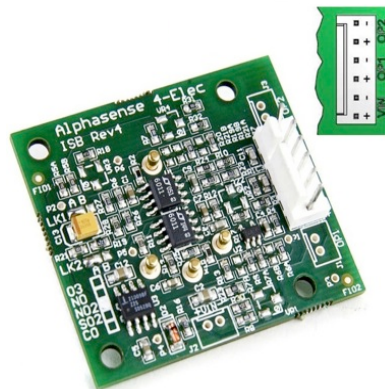
$$\frac{s_{\Delta MR}^2}{\beta} = \frac{s_{\Delta ME}^2 s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2 + s_{\Delta MR}^2} \Leftrightarrow \frac{1}{\beta} = \frac{s_{\Delta ME}^2}{s_{\Delta ME}^2 + s_{\Delta MR}^2} \Leftrightarrow \frac{s_{\Delta ME}^2 + s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2} = \beta$$

$$\beta = 1 + \frac{s_{\Delta MR}^2}{s_{\Delta ME}^2}$$

- Onder een aantal aannames kun je laten zien dat monitoring van luchtkwaliteit met een slimme combinatie van officiële apparatuur en sensoren goede resultaten kan geven.
- Zelfde kwaliteit, meer detail en vermoedelijk lagere kosten.
- Hoe dit het beste kan worden gerealiseerd gaan we de komende jaren uitvinden.



## Sensoren stikstofdioxide



- Veel partijen gebruiken momenteel de Alphasense B43F NO2 sensor, in combinatie met het "Individual Sensor Board" (ISB) van Alphasense.
- Het ISB is met circa 95 euro duurder dan de sensor zelf (circa 55 euro) maar lijkt het geld wel waard.
- De sensor werkt op 5 Volt, is makkelijk met elektronica als een Arduino uit te lezen en gaat niet snel kapot.
- Al te hoge temperaturen kan de sensor niet tegen → vol in de zon op een zonnige zomerdag geeft problemen.
- De sensor is ook erg gevoelig voor ozon.
- Oftewel, de ruwe output van de sensoren moet met temperatuur/vocht en ozon worden omgerekend naar NO2.

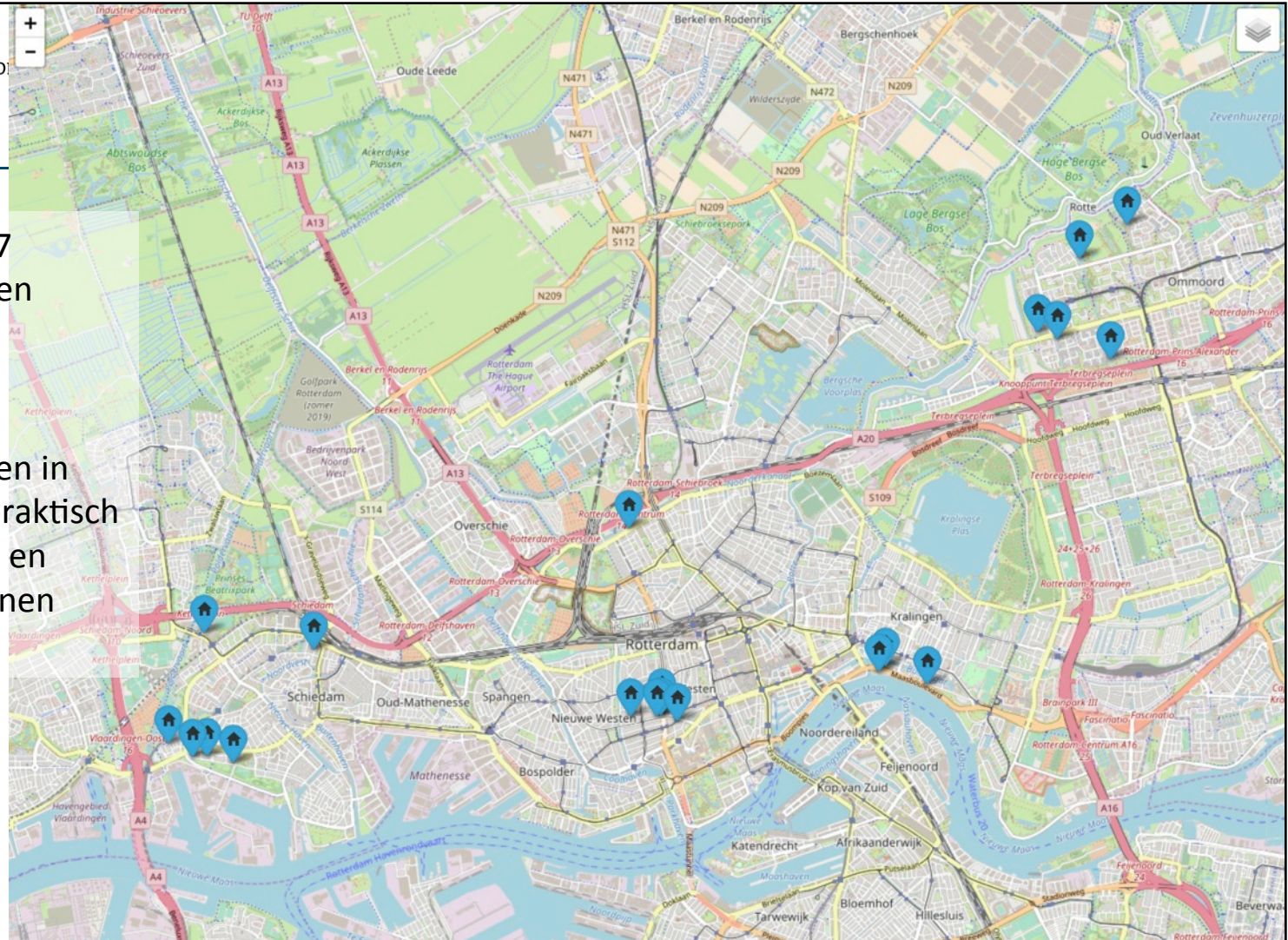




Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport

Als eerste zijn er in 2017  
sensoren in paddestoelen  
ingezet in Rotterdam /  
Schiedam.

Belangrijk doel was kijken in  
hoeverre de sensoren praktisch  
kunnen worden ingezet en  
vragen van burgers kunnen  
beantwoorden.



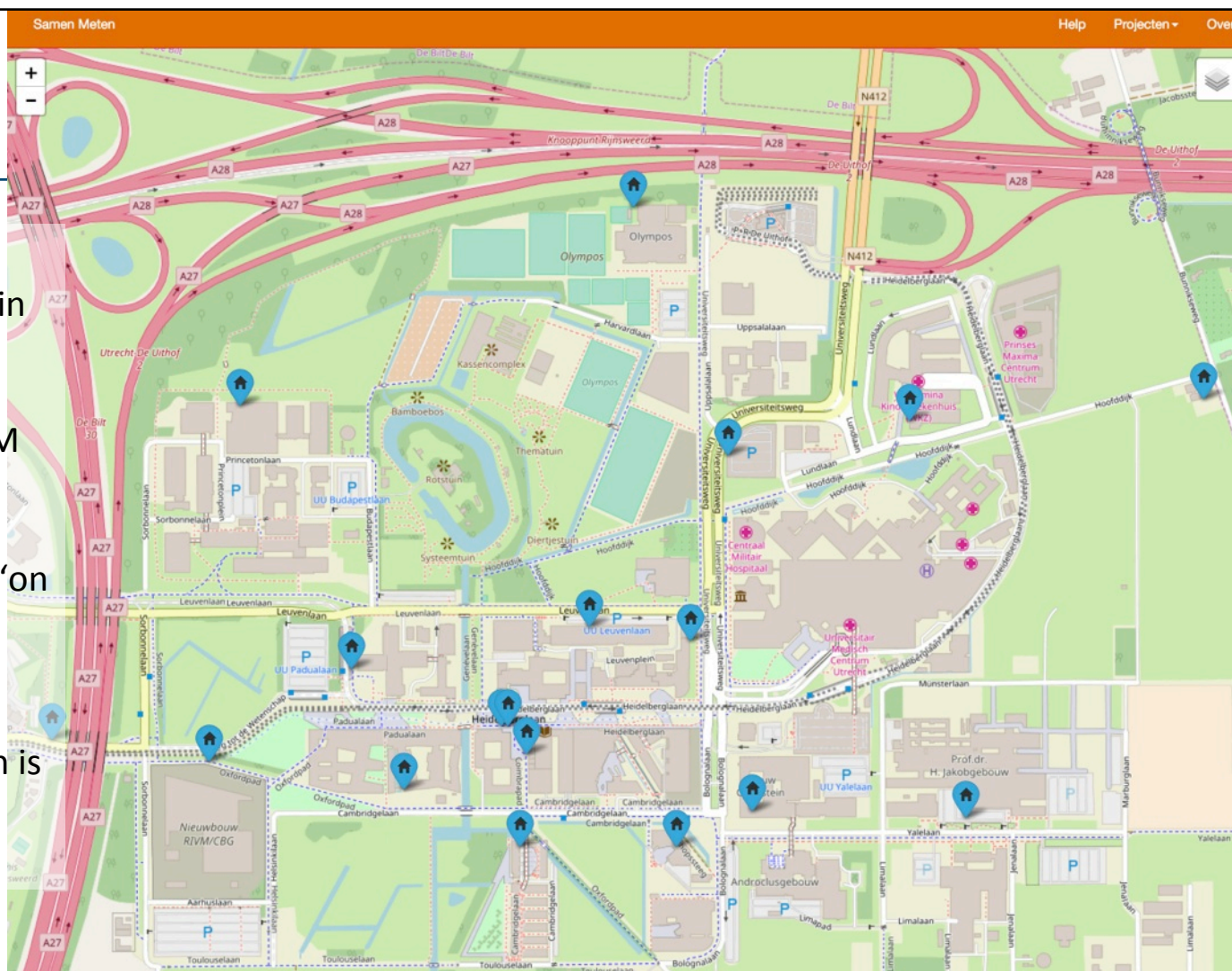


Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport

Sinds medio augustus 2017  
worden er sensoren ingezet in  
Utrecht op de Uithof.

Belangrijk doel voor het RIVM  
was nagaan in hoeverre het  
verloop van de ijking kan  
worden vastgesteld en deze 'on  
the fly' kan worden  
bijgestuurd.

De plaatsing van de sensoren is  
wat meer uniform dan in  
Rotterdam.

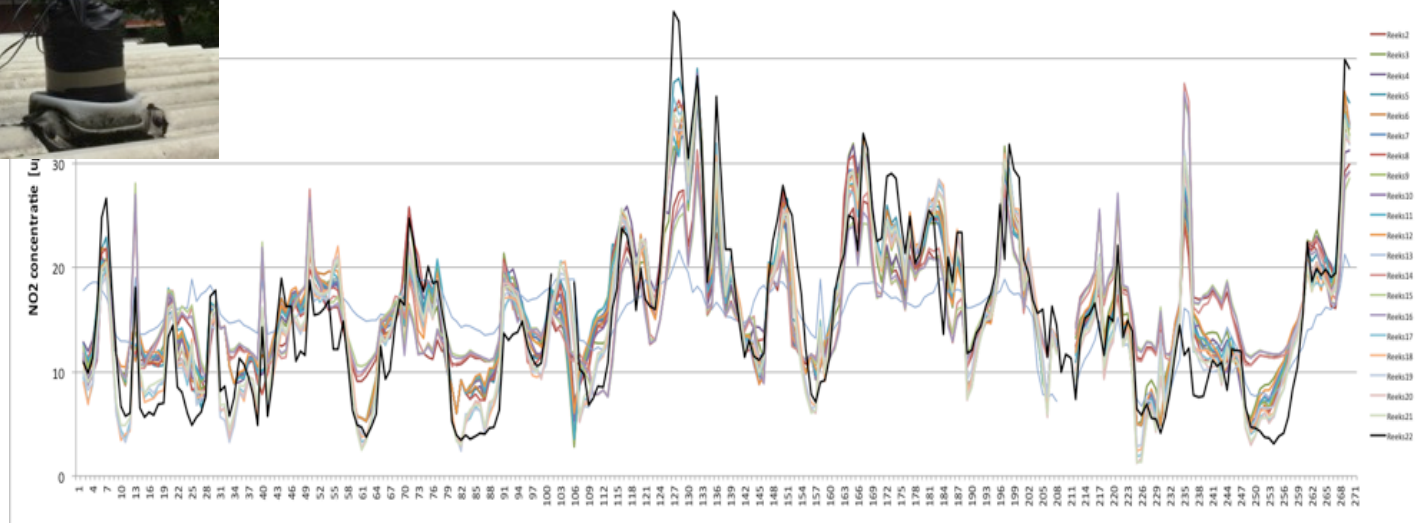




## Ijking stikstofdioxide

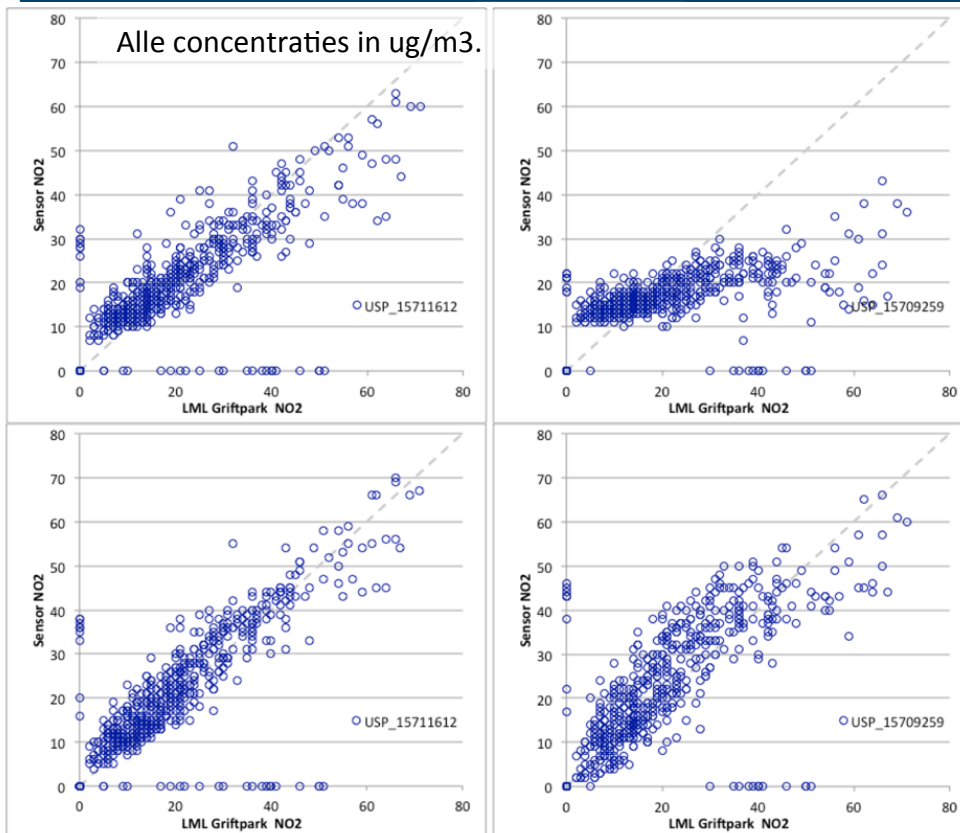


- De NO<sub>2</sub> sensoren worden gekalibreerd aan referentiemetingen.
- Eventueel kan ijking ook aan een uurlijks berekende waarde → minder accuraat!





## IJking stikstofdioxide



De Alphasense NO2 sensoren verlopen na enige tijd, sommige weinig, sommige veel. Het verloop kan mbv nabijgelegen LML data of met de uurlijks berekende kaart (geijkt aan het LML) worden gedetecteerd en gecorrigeerd.

Vergelijking tussen sensoren op USP en de meting in het Griftpark gedurende de avond/nacht → zo nodig bijstelling: “Nachtijking”

Links het effect van de kalibratie op een “goede” sensor en rechts het effect op een “verlopende”.

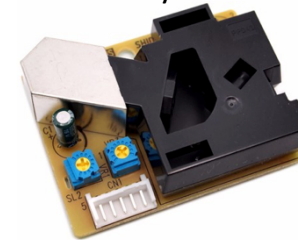
De reeds goede wordt nog iets beter terwijl de verlopende veel beter wordt. De spreiding wordt bij de verlopende wel een stuk groter.



## Sensoren fijnstof

- Voor fijnstof, PM10 en PM2.5, zijn geen echte sensoren beschikbaar.
- Meting wordt gedaan door deeltjes te tellen en die om te zetten naar massa ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Er zijn verschillende populaire deeltjestellers, bijvoorbeeld Nova SDS, Shinyei PPD en Sharp GP2Y.
- Kosten allen circa € 10-15.
- De sensoren werken op 5 Volt, zijn makkelijk met elektronica als een Arduino uit te lezen en gaan niet snel kapot.
- Deeltjes kleiner dan circa  $0.5 \mu\text{m}$  kunnen niet worden geteld, worden niet door de laser/lichtbundel gezien.
- Emissies van verkeer en luchtvaart zijn veel kleiner dan  $0.5 \mu\text{m}$  → die zie je dus niet!
- Deeltjestellers zijn erg gevoelig voor vocht, zien dat als deeltjes.

Shinyei PPD42

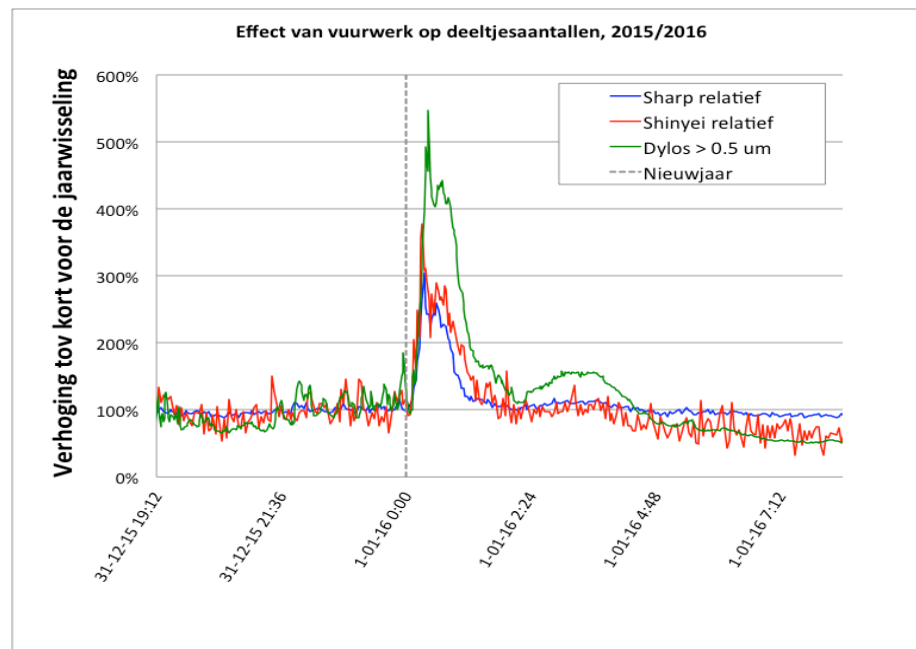


Sharp GP2Y1010AU0F



Nova SDS011

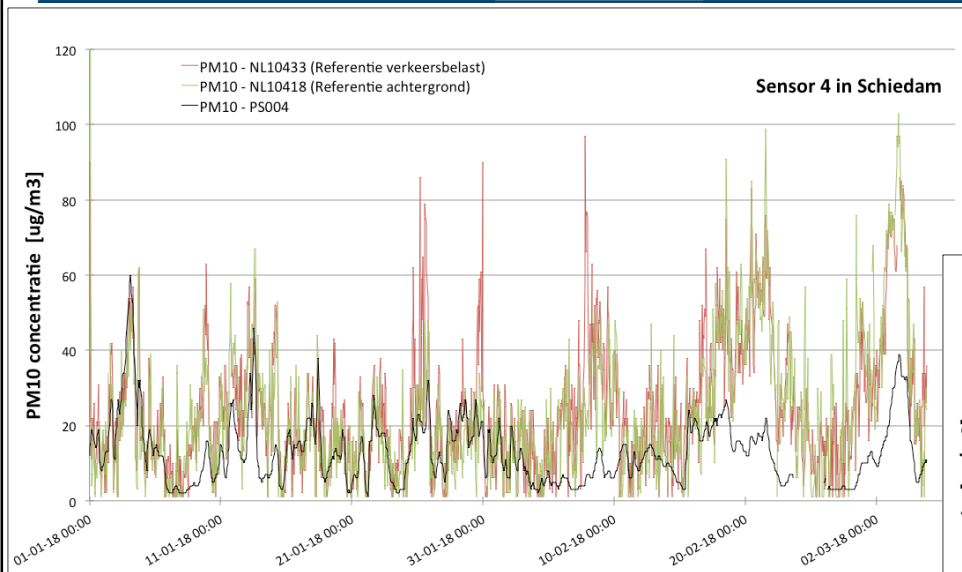




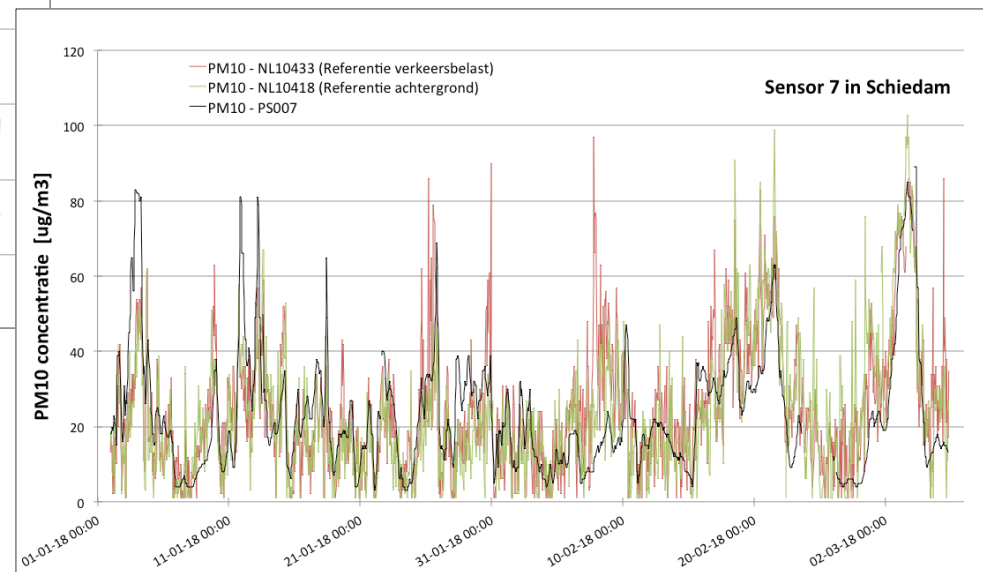
- Het RIVM gebruikt de Shinyei PPD42 deeltjesteller in haar huidige meetkits.
- Circa 80 van deze sensoren zijn gedurende de jaarwisseling 2016/2017 ingezet om stof te meten tgv vuurwerk.
- Daarna is gedurende enkele maanden doorgemeten.
- De output van de sensor is een digitale puls die apart naar fijnstof concentraties moet worden omgerekend.
- Er zijn geen algemene ijkingen beschikbaar, RIVM heeft een eigen ijking gedaan aan LML meetstations.

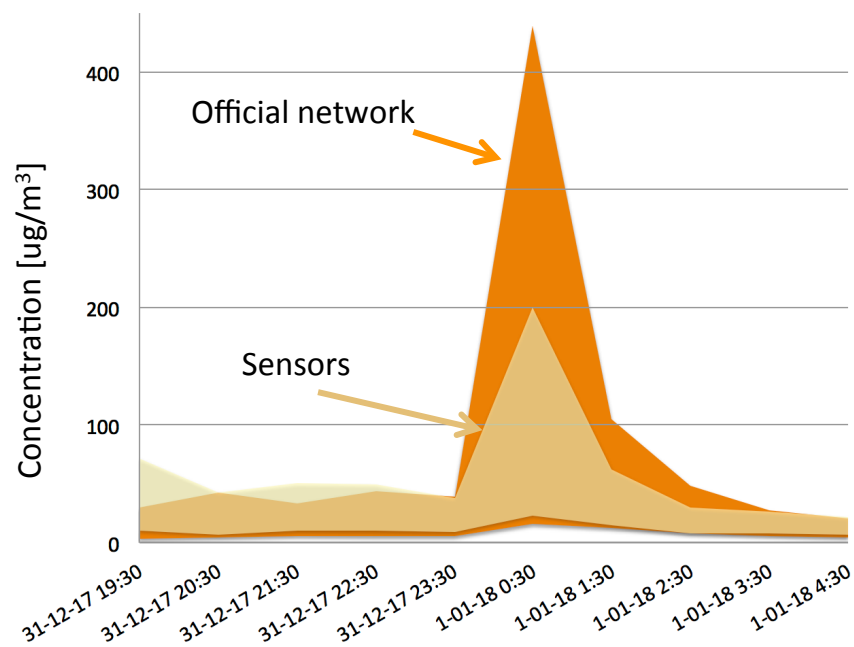


# Shinyei PPD42



Praktijk in Schiedam, Shinyei's  
inclusief ijking RIVM.



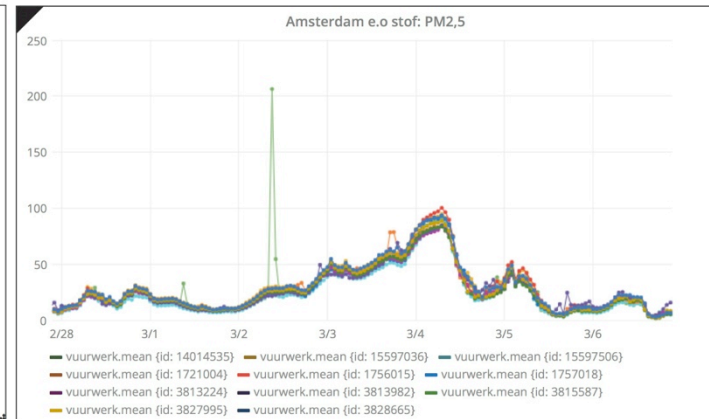
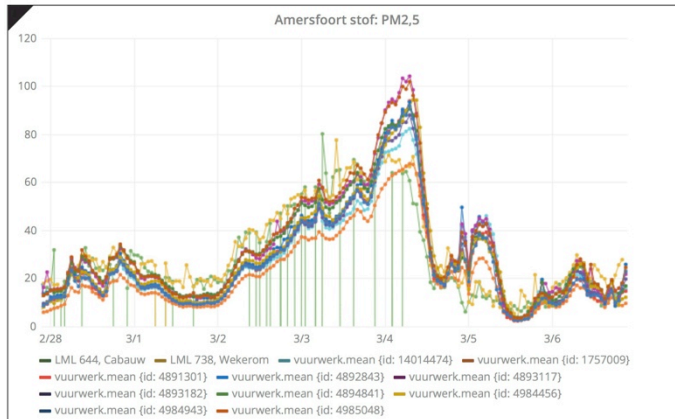
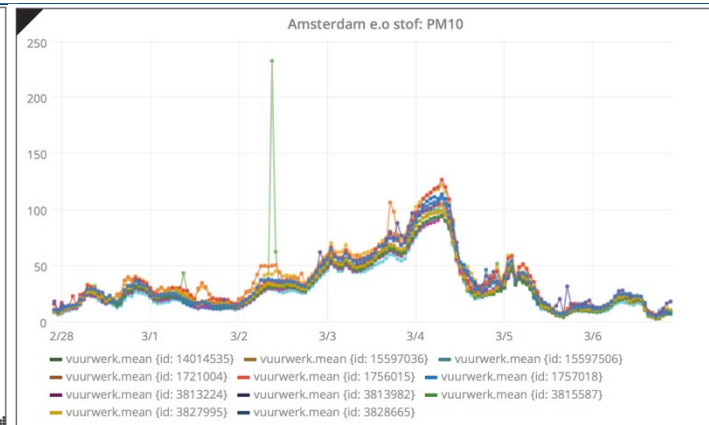
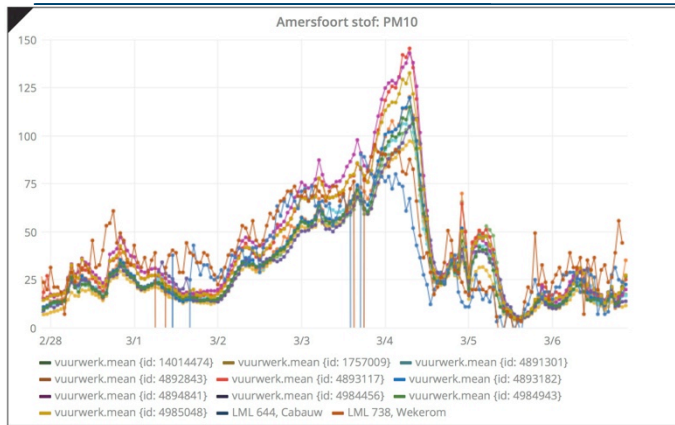


- Het laatste jaar is de Nova SDS011 populair geworden, wordt veel gebruikt in kits en los door burgers.
- Voordeel: geeft zelf al PM10 en PM2.5 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Nadeel: het is onbekend hoe de concentraties uit deeltjesaantallen worden berekend.
- De SDS heeft op papier enkele voordelen:
  - Ventilator ingebouwd.
  - Laser ipv led.
  - Meer real-time output.
- De SDS laat meer dynamiek zien dan de Shinyei.
- Gedurende de jaarwisseling 2017/2018 is op circa 75 locaties met de SDS gemeten, deels van het RIVM en deels van groepen burgers.



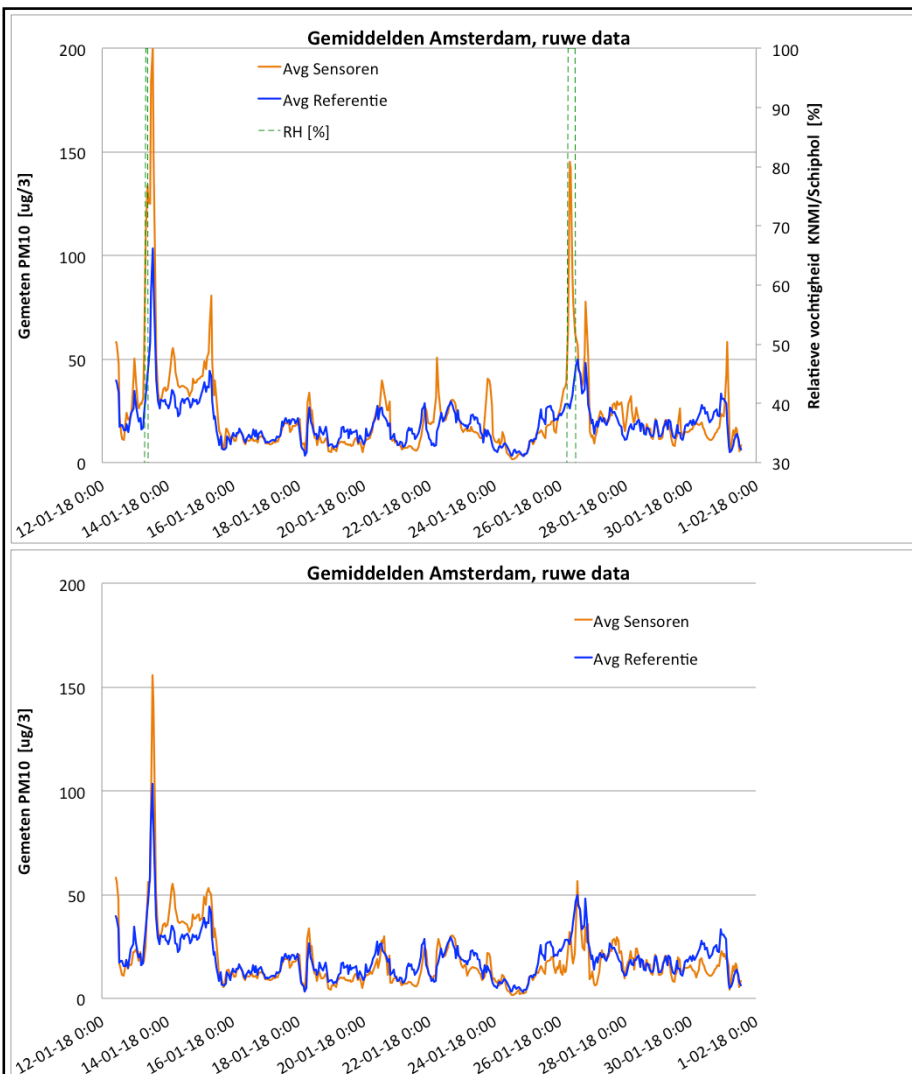


## Nova SDS011



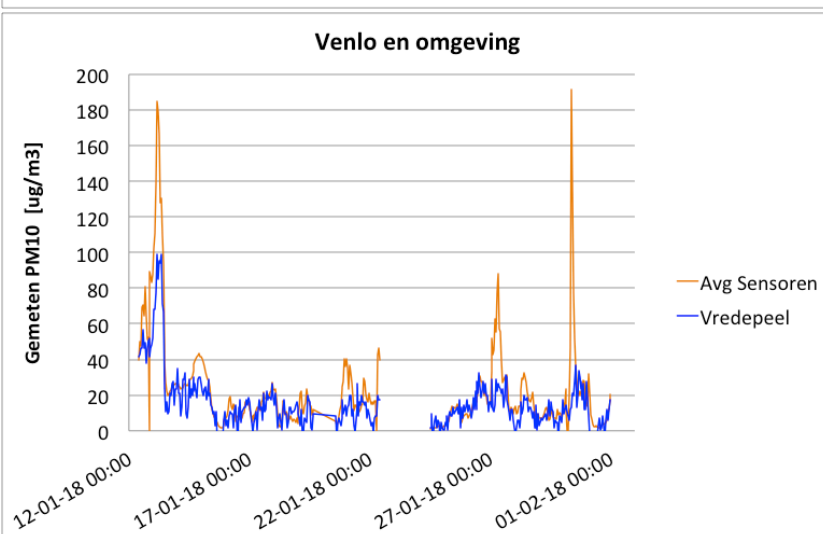
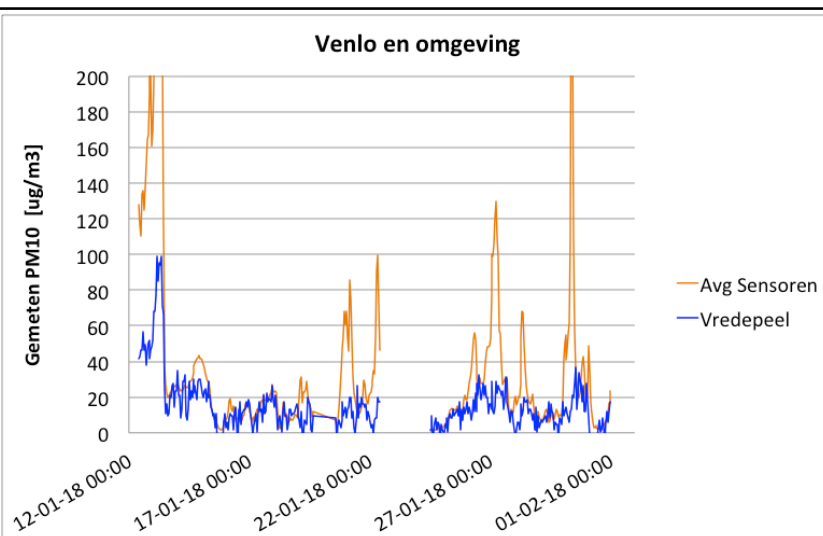
- De metingen van enkele tientallen sensoren lopen nog steeds.
- De resultaten van de verschillende sensoren lijken sterk op elkaar.
- Soms zijn er onbegrepen pieken, echter veel minder dan bij de Shinyei.

# Nova SDS011



- De SDS011 blijkt erg gevoelig te zijn voor vocht.
- Bij relatieve vochtpercentages van 90% en hoger geeft de SDS een concentratie die 2-5 keer zo hoog is als de officieel gemeten waarde.
- Omdat de meeste SDS sensoren hier grofweg op dezelfde manier last van hebben is er soms een aanzienlijk verschil in nationaal beeld officieel/SDS.
- De eerste suggesties van wantrouwen zijn al geuit ...
- Op basis van de data in januari is een correctie voor vocht bepaald.
- Correctie obv meteo Schiphol laat alle hoge pieken in Amsterdam verdwijnen.
- Vraag: is dit specifiek voor deze set sensoren?

## Nova SDS011



- Correctie van de SDS011 sensoren in de omgeving van Venlo met de in Amsterdam afgeleide formule scheelt sterk in de pieken, maar er blijven nog enkele uitbijters.
- Deze kunnen echt zijn of aan onvoldoende meteo-data liggen.
- De correctie toegepast op in Duitsland in 2017 verzamelde data laat wel de goede structuur zien maar heeft andere parameters nodig.
- Meer data over een langere periode en meer onderzoek zijn duidelijk nodig.



<https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl>

The screenshot shows the homepage of the website. At the top right is the logo of the Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Below it is a navigation menu with links: Home, Meten, Stoffen, Projecten, Dataportaal, FAQ, Contact, International, and Literatuur. The main heading is 'Home'. Below the heading is a colorful illustration of a city with various buildings and sensors. The text below the illustration reads: 'Welkom op het kennisportaal 'Samen meten aan luchtkwaliteit''. Below this is a paragraph of text: 'Technologische ontwikkelingen maken het mogelijk dat iedereen steeds beter zelf de kwaliteit van de lucht kan meten. Maar wat meet je dan, hoe meet je dat het best, en wie zijn er nog meer met deze methoden bezig? Om die vragen te beantwoorden biedt deze website een overzicht van de stoffen, sensoren en apparaten die beschikbaar zijn. Ook geven we informatie over projecten in steden en het delen en gebruiken van data. Heeft u zelf ervaring? Deel deze met ons!'.

- Veel informatie over sensoren en projecten met sensoren wordt verzameld op het kennisportaal [www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl](https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl) .
- Zowel algemene gegevens over het zelf meten van luchtkwaliteit zijn beschikbaar, als specifieke gegevens over de hardware, software en bijkomende aspecten.
- Er worden ook verslagen bijgehouden van meetings over sensoren en luchtkwaliteit.
- Iedereen die een project heeft kan dat laten vermelden. Enige voorwaarde is dat het project en de data "open" zijn.
- Momenteel vooral informatie over luchtkwaliteit, binnenkort hopelijk ook data uit andere milieucompartimenten.

<https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/>

<https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/>



## Dataportaal

- Alle data van het RIVM zelf wordt op een dataportaal weergegeven: <https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/>
- Op het portaal is ook data van anderen welkom, mits openbaar beschikbare en toegankelijke .
- Inmiddels:
  - RIVM Utrecht Science Park / Schiedam / Rotterdam
  - RIVM Vuurwerk/stofsensoren
  - Omgeving Venlo sensoren ("Behoud de Parel"/ Fontyss)
  - Omgeving Apeldoorn ("Apeldoorn in Data")
  - Lufdaten
  - National Smart City Living Lab
- Binnenkort: meerdere locaties Zuid-Holland, Zwolle.



startdatum 2018-02-20

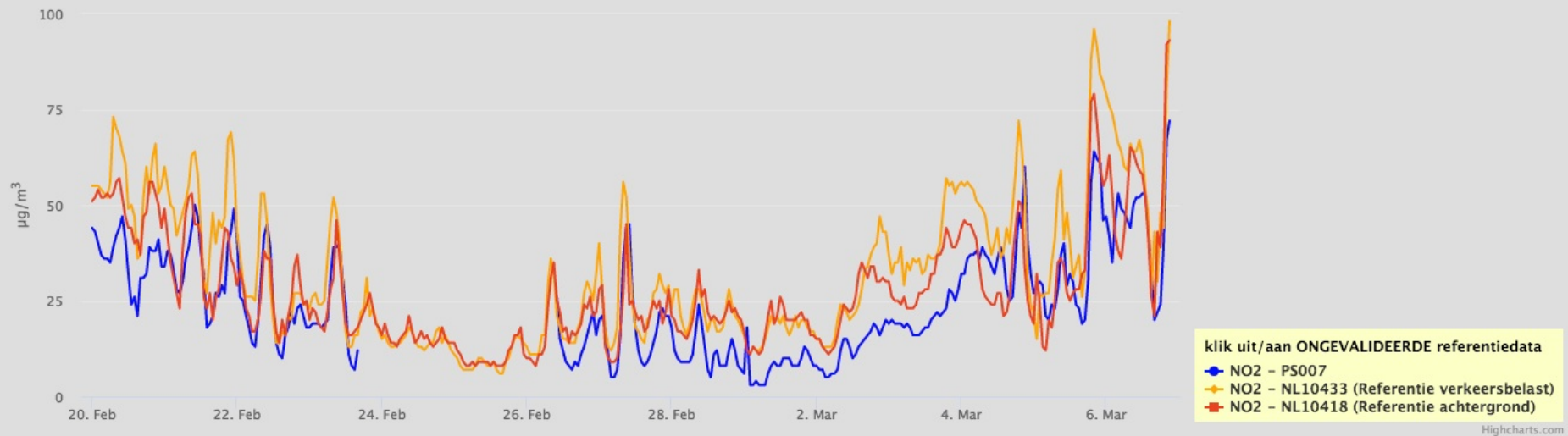
einddatum 2018-03-06

Toon grafiek

- De resultaten van de metingen zijn real-time beschikbaar.
- Download is mogelijk.
- Direct vergelijking met officiële data ter vergelijk/duiding.

NO2 **PM10** [Temperatuur](#) [Relatieve vochtigheid](#) [Luchtdruk](#)

INDICATIEVE uurgemiddelde waarden van kit: PS007

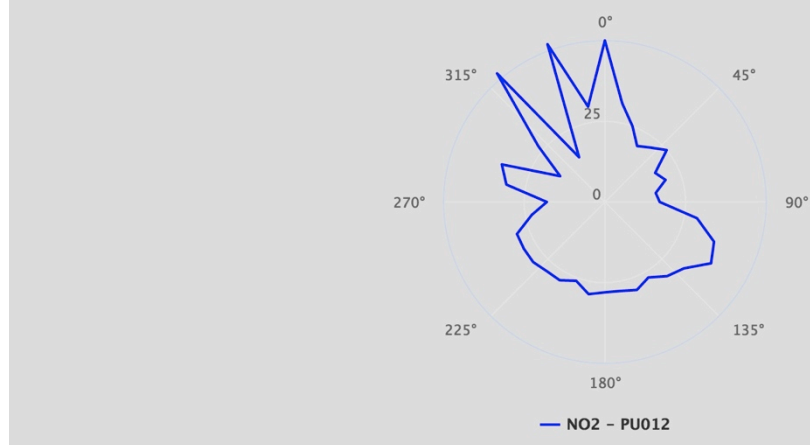




- Soms is vooral de richting van de belangrijkste bronnen belangrijk, dit is te zien in windroos-plots.
- Voordeel van windroos-plots is dat een beetje verloop in de sensoren daarvoor niet zo veel uitmaakt.

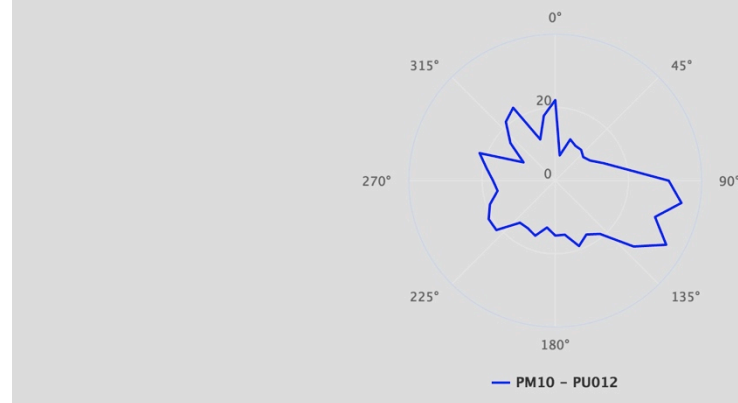
NO2 PM10

Polar Chart van kit: PU012 (USP\_15709689)



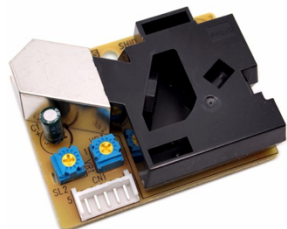
NO2 PM10

Polar Chart van kit: PU012 (USP\_15709689)





## De komende jaren ...



- Sensoren, of de resultaten daarvan, zijn en blijven onderdeel van discussies tussen (groepen) burgers en overheden.
- Dat sensoren slechter presteren dan officiële apparatuur is evident, ze zullen wel steeds beter worden.
- De vraag/uitdaging is te bedenken wat dan wel kan. Hoe kunnen we op alle niveaus, nationaal en lokaal, maximaal van sensordata profiteren?
- Het RIVM heeft een roadmap opgesteld die er van uitgaat dat het bestaande LML de komende jaren zal worden uitgebreid met o.a. sensordata van zowel overheden en burgers en gegevens van satellieten.
- Er zijn veel uitdagingen de komende jaren.
- De komende jaren werkt het RIVM graag samen met overheden, burgers, bedrijfsleven, ... om de inzet van sensoren te onderzoeken en optimaliseren.
- Overigens niet alleen voor luchtkwaliteit!



# Vragen?