



National Institute for Public Health
and the Environment
Ministry of Health, Welfare and Sport

NO₂ meten met sensoren

Ijking en gedoe van/met de Alphasense B43F

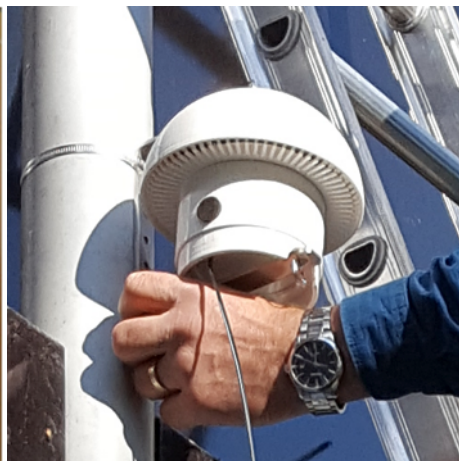
Joost / Peter / Derko / Lou / Sjoerd



- RIVM Paddestoel
- Projecten
- IJking
- Praktijk
- 'On the Fly' bijsturing
- Conclusies / Outlook



Paddestoel



Na enig experimenteren met behuizingen is het RIVM op een 3D-geprinte paddenstoel-achtige vorm uitgekomen.

De vorm is herkenbaar en is al snel geassocieerd aan het RIVM.

Door een speciale beugel kan de paddenstoel makkelijk aan gebouwen, buizen etc. Worden bevestigd.

Er zit een dunne voedingskabel (9V) aan de paddenstoel en er is een WiFi verbinding nodig.



Paddestoel



Het binnenwerk bestaat uit een 3D-geprint frame.

In de kap van de paddenstoel zitten de sensoren voor NO₂, stof, meteo en een ADC voor uitlezing van de Alphasense.

In de voet zitten een voeding, microcomputer (Arduino UNO R3) en WiFi chip (ESP8266).

Er is bewust gekozen voor relatief simpele elektronica om het geheel ook na te kunnen laten bouwen door geïnteresseerde burgers.

Inmiddels is het ook mogelijk om data van sensoren via een LoRa verbinding te laten sturen.



Alphasense B43F

Figure 1 NO₂-B43F Schematic Diagram

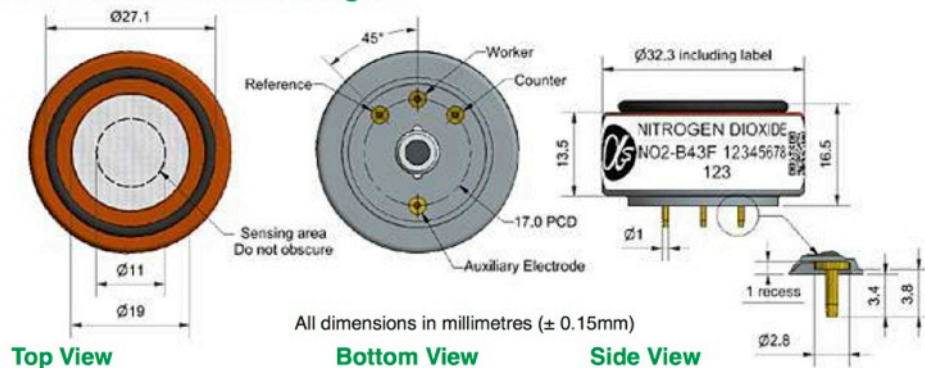
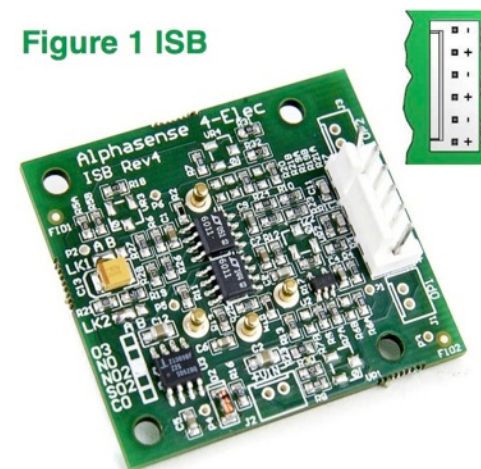
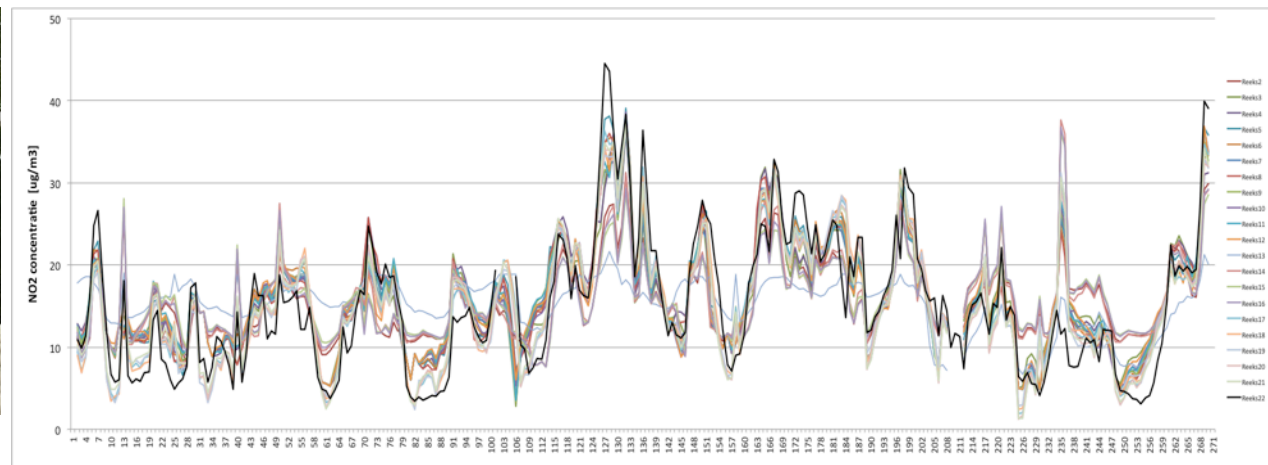


Figure 1 ISB



We gebruiken momenteel de Alphasense B43F NO₂ sensor, in combinatie met het “Individual Sensor Board” (ISB) van Alphasense. Het ISB is duurder dan de sensor zelf maar lijkt het geld wel waard. De twee uitgangsspanningen van het USB worden met een 16bit ADC uitgelezen.



De sensoren worden voor de kalibratie eerst enkele weken naast referentieapparatuur voor NO₂ en O₃ gehangen. De NO₂ van de sensor wordt berekend met de volgende relatie:

$$\text{NO}_2_s = c_0 + c_1 T + c_2 \text{O}_3 + c_3 \text{dOP} + c_4 \text{dOP O}_3$$

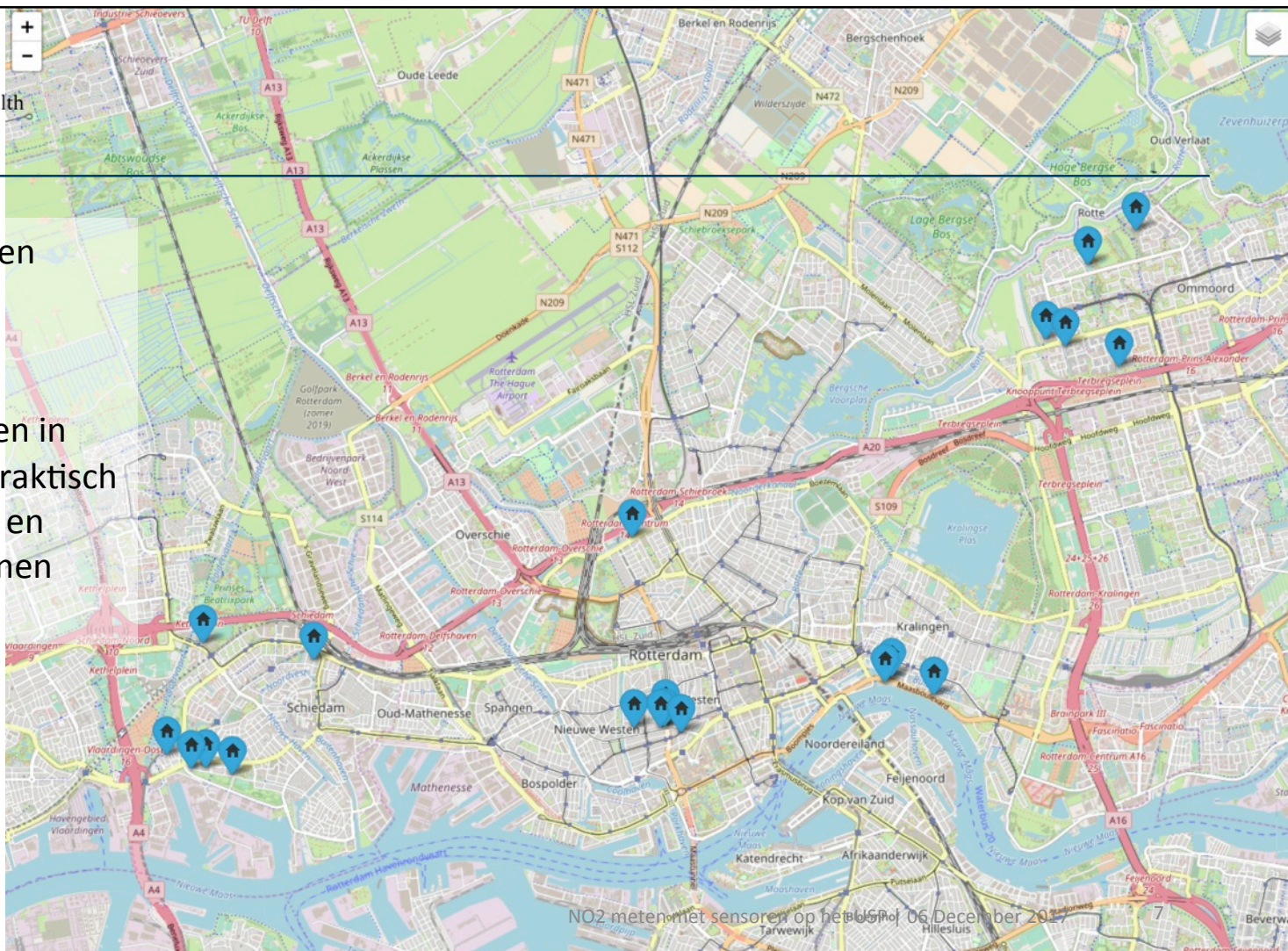
Hierbij zijn de parameters $c_0 - c_4$ met R gefit op basis van een vergelijking met de referentiemetingen.



National Institute for Public Health
and the Environment
Ministry of Health, Welfare and Sport

Als eerste zijn er sensoren
ingezet in Rotterdam /
Schiedam.

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



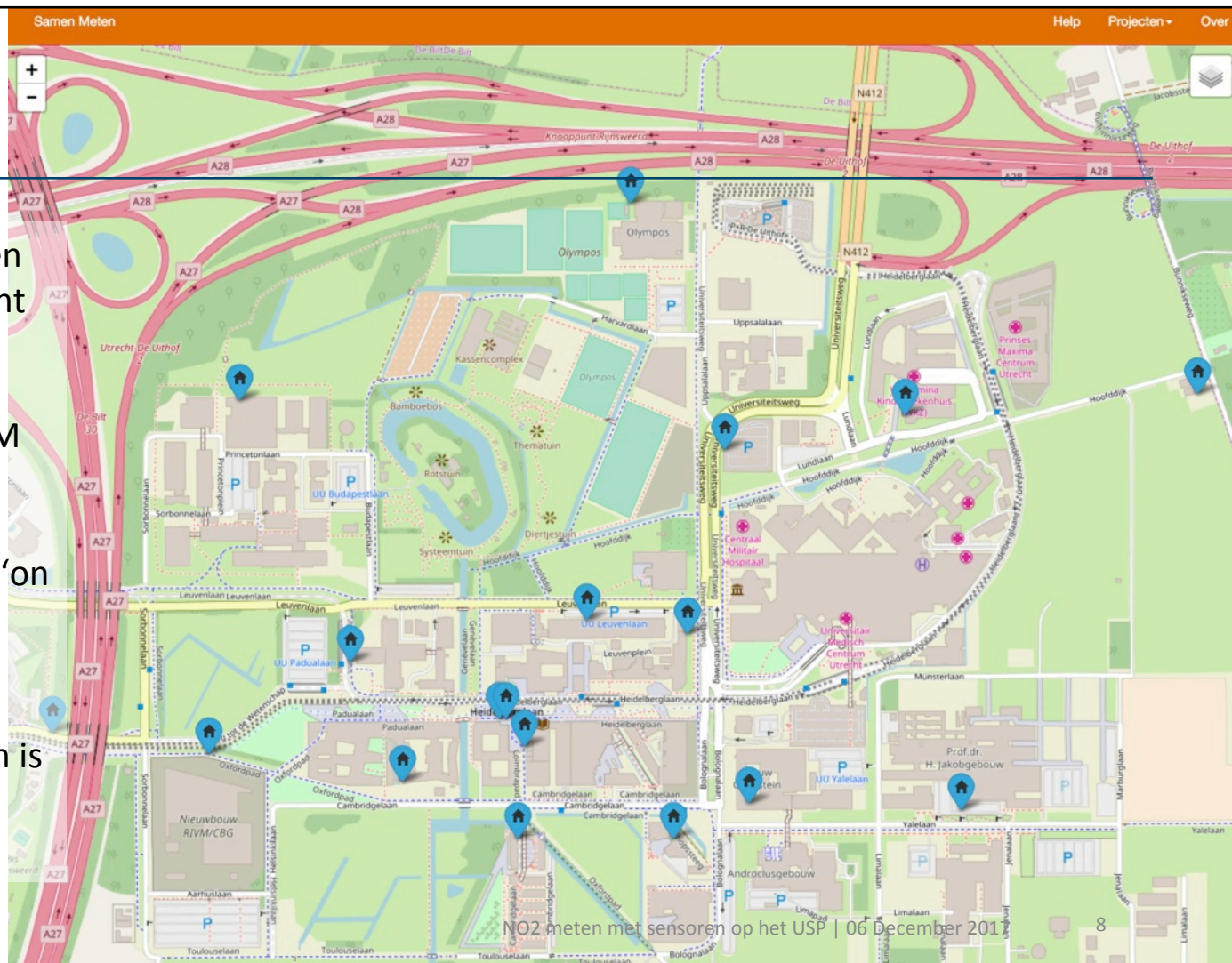


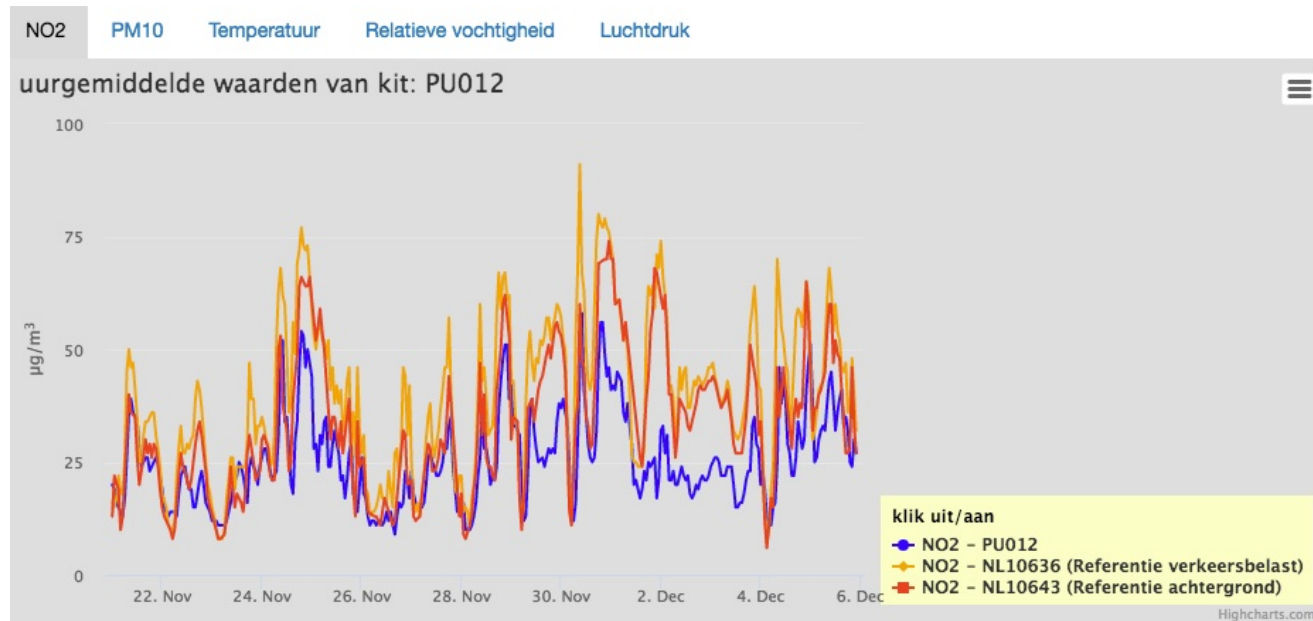
National Institute for Public Health
and the Environment
Ministry of Health, Welfare and Sport

Sinds medio augustus 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.



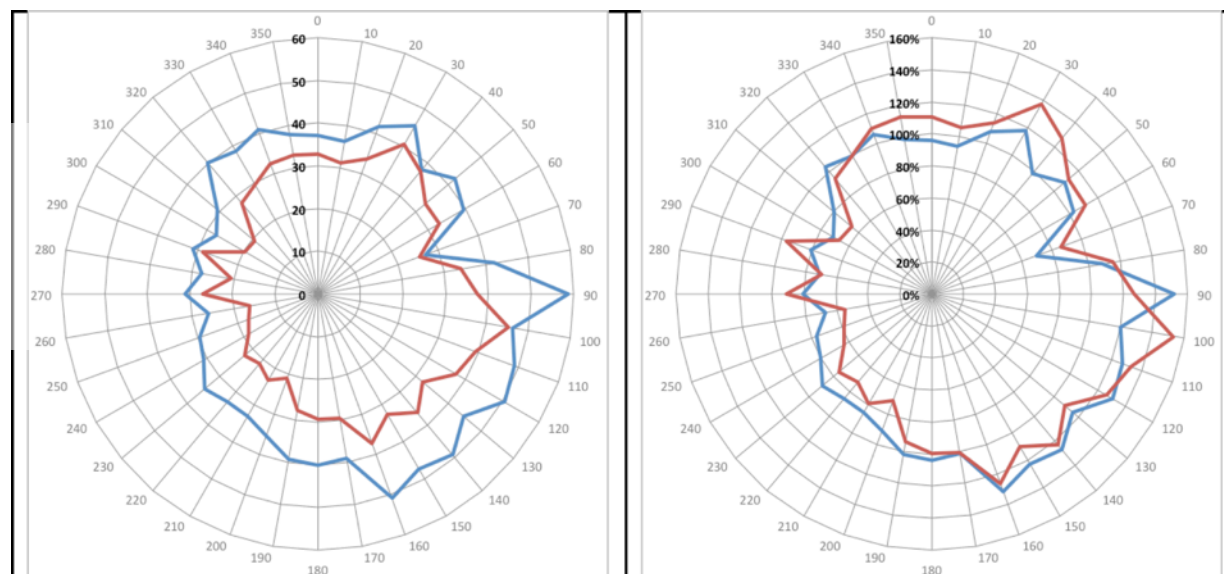


Weergave van de resultaten van meetkit 12 (blauwe lijn) op het USP vergeleken met die van twee officiële stations, Griffpark (achtergrond, rode lijn) en Kardinaal de Jongweg (verkeersbelast, oranje lijn).



Windrozen

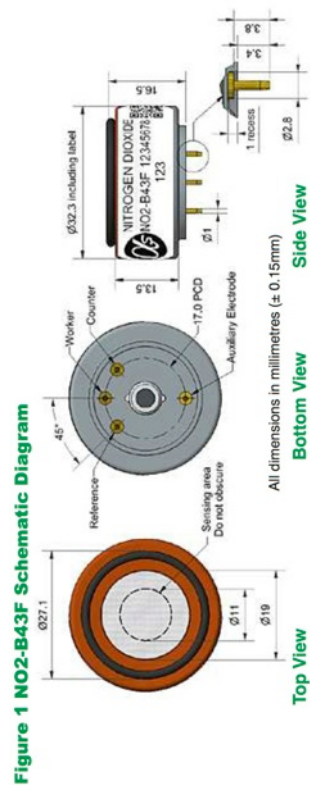
Windrozen kunnen nuttige informatie geven over de verdeling van bronnen in de omgeving.



Gemiddelde concentraties gemeten op een nabijgelegen achtergrondlocatie (rode lijn) en door de sensor (blauwe lijn). Links worden de absolute gemeten concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ getoond en rechts de relatieve waarde, genormeerd op 100%.



Gevoeligheden/verloop IJking

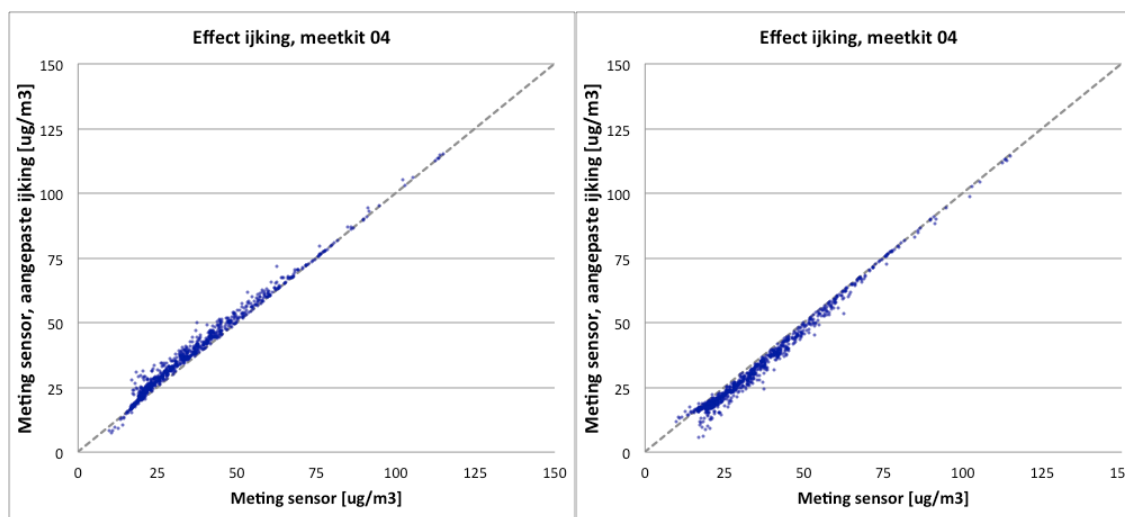


- Volgens de specificaties van Alphasense kan de B43F tot circa 50% aan gevoeligheid verlopen in twee jaar tijd.
- Er is een kruisgevoeligheid voor Temperatuur/RH/O3 → hoe verloopt die in de tijd?
- Het is niet realistisch om langer dan enkele weken te kalibreren → seizoensveranderingen?
- Hoe kan verloop van de ijking worden geconstateerd?
- Is het verloop random of systematisch?
- Is bijsturing mogelijk?



Gevoeligheden IJking

Gegeven een bestaande kalibratie kun je testen hoe de door de sensor gerapporteerde NO₂ verandert bij veranderingen in de kalibratie.

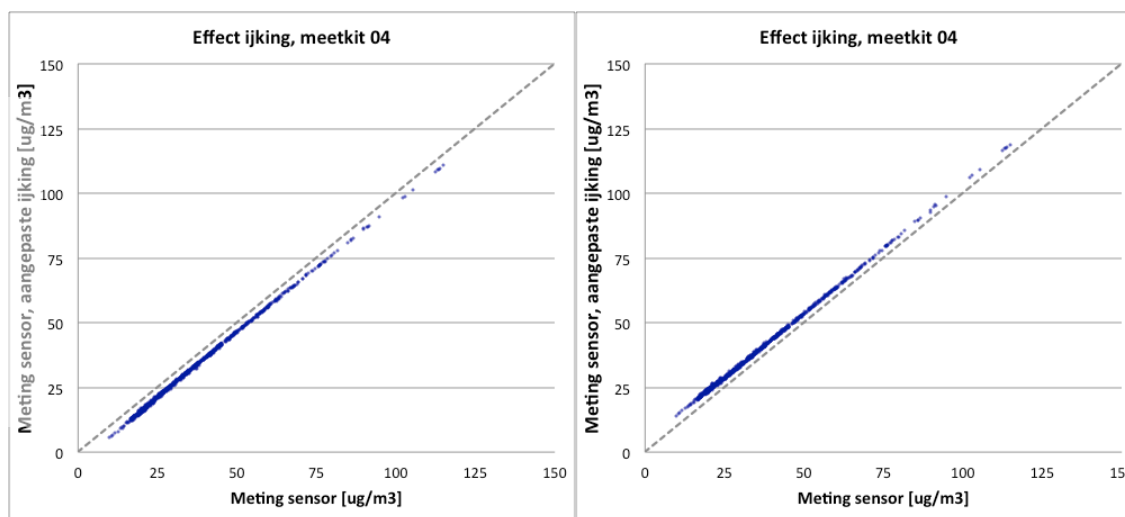


Effect op de in een meetkit gerapporteerde NO₂ concentraties als de ozon 25% lager is dan in de ijking wordt aangenomen (links) of juist 25% hoger is dan aangenomen (rechts).



Gevoeligheden IJking

Gegeven een bestaande kalibratie kun je testen hoe de door de sensor gerapporteerde NO₂ verandert bij veranderingen in de kalibratie.

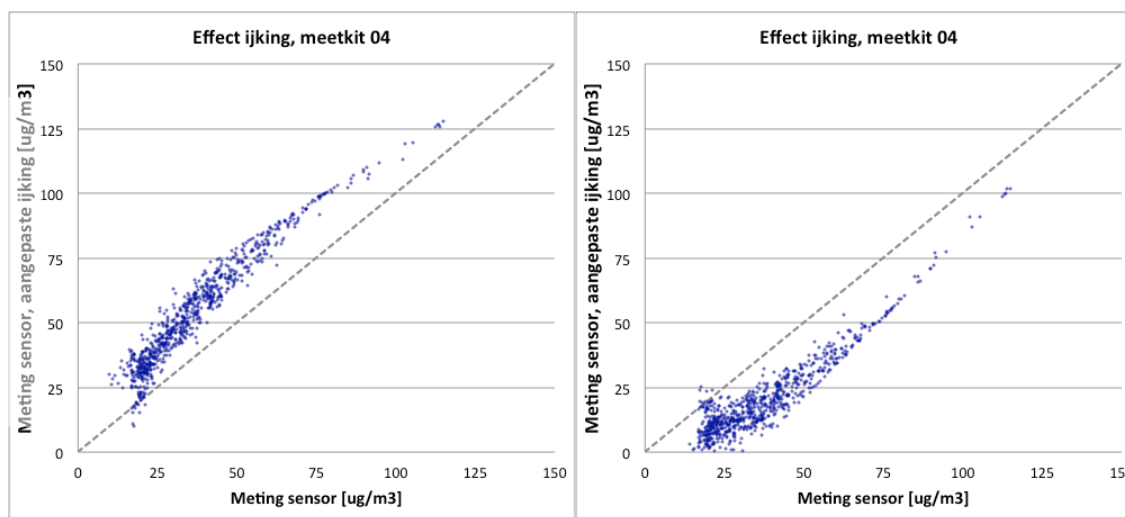


Effect op de door een meetkit gerapporteerde NO₂ concentraties als de temperatuur 25% lager is dan in de ijking wordt aangenomen (links) of juist 25% hoger is dan aangenomen (rechts).



Gevoeligheden IJking

Gegeven een bestaande kalibratie kun je testen hoe de door de sensor gerapporteerde NO₂ verandert bij veranderingen in de kalibratie.



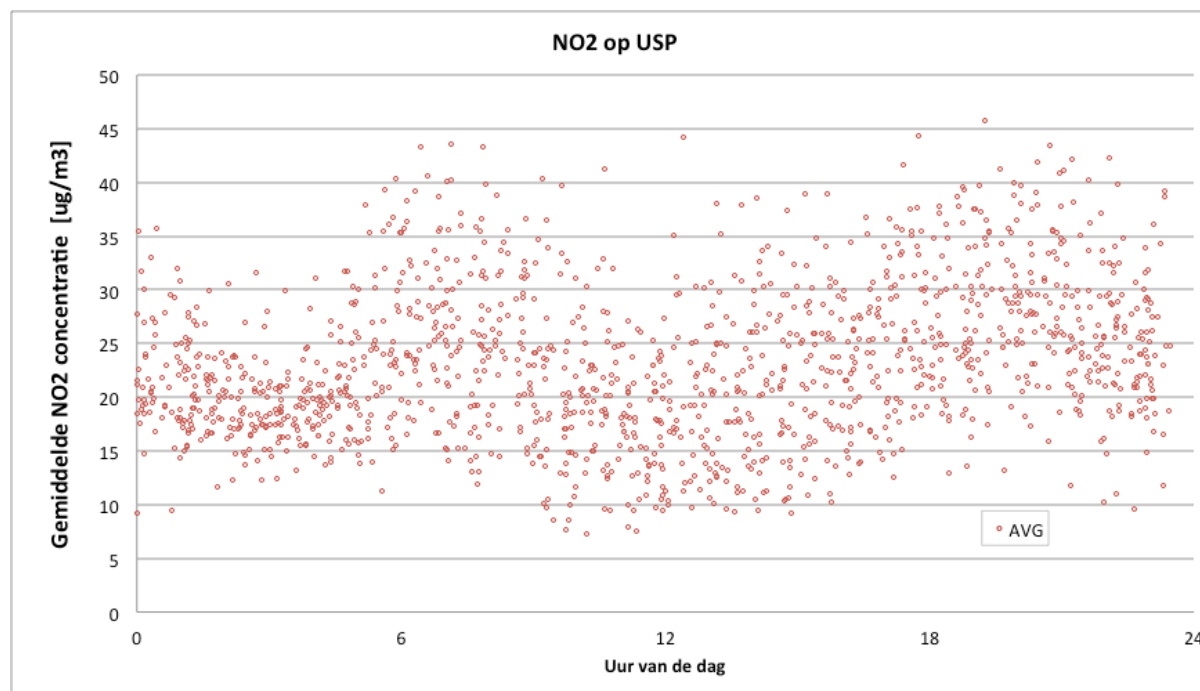
Effect op de door een meetkit gerapporteerde NO₂ concentraties als de gevoeligheid van de sensor 25% lager is dan in de ijking wordt aangenomen (links) of juist 25% hoger is dan aangenomen (rechts).



NO2 uur van de dag USP

Kijk naar het gedrag van de 20 sensoren op USP.

Zowel absolute concentraties als relatief ten opzichte van de gehele groep sensoren.



Gemiddelde NO2 concentraties van alle sensoren op USP per uur van de dag.
Alle concentraties in ug/m3.

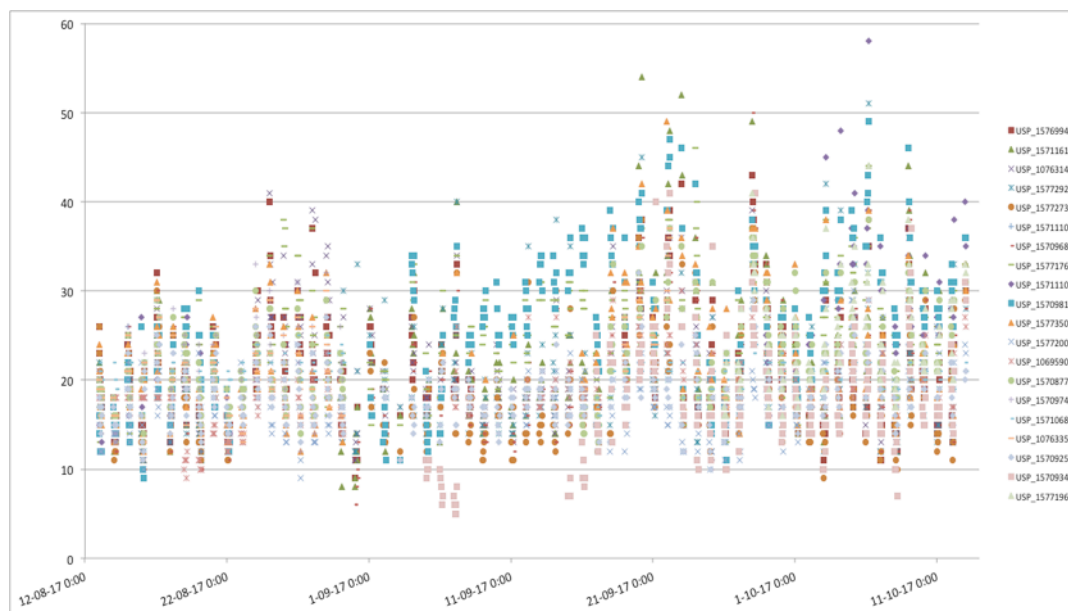


Gedrag van de sensoren in de avond en nacht.

Tussen 20:00 en 06:00 uur is er op het USP praktisch geen lokaal verkeer.

Er is enige invloed van de omliggende snelwegen.

Meeste verschillen vermoedelijk tgv de sensoren.



De concentraties van sensoren in de avond/nachtelijke uren (20 t/m 5).
Alle concentraties in ug/m3.

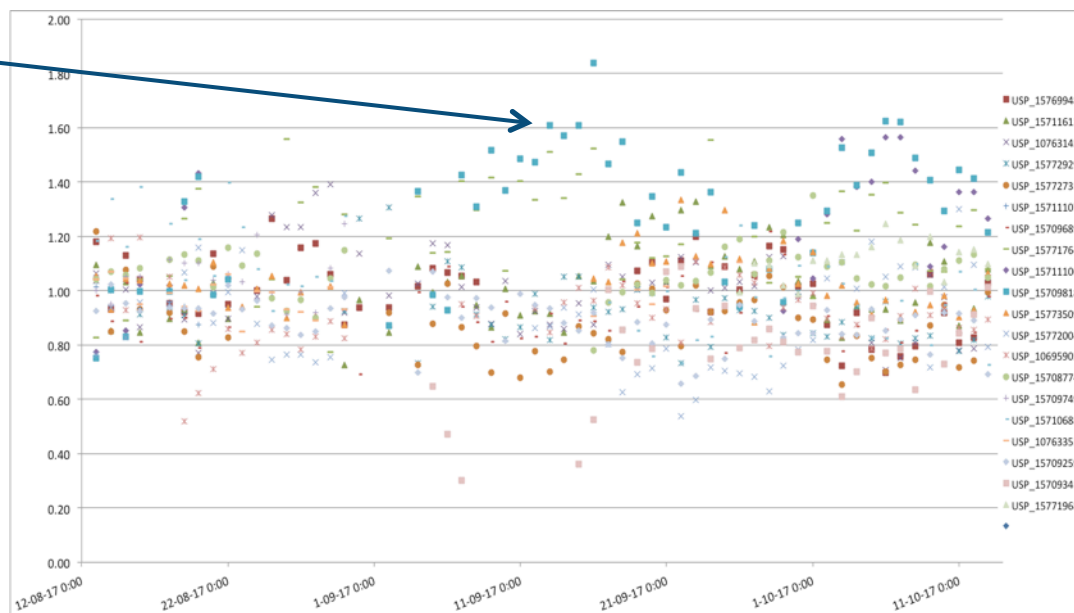


Nacht USP

Verschillende sensoren verschillen sterk van de gemiddelde waarde van de groep sensoren.

Een deel van de sensoren blijft dicht bij de gemiddelde waarde van de groep sensoren, de waarde 1.00.

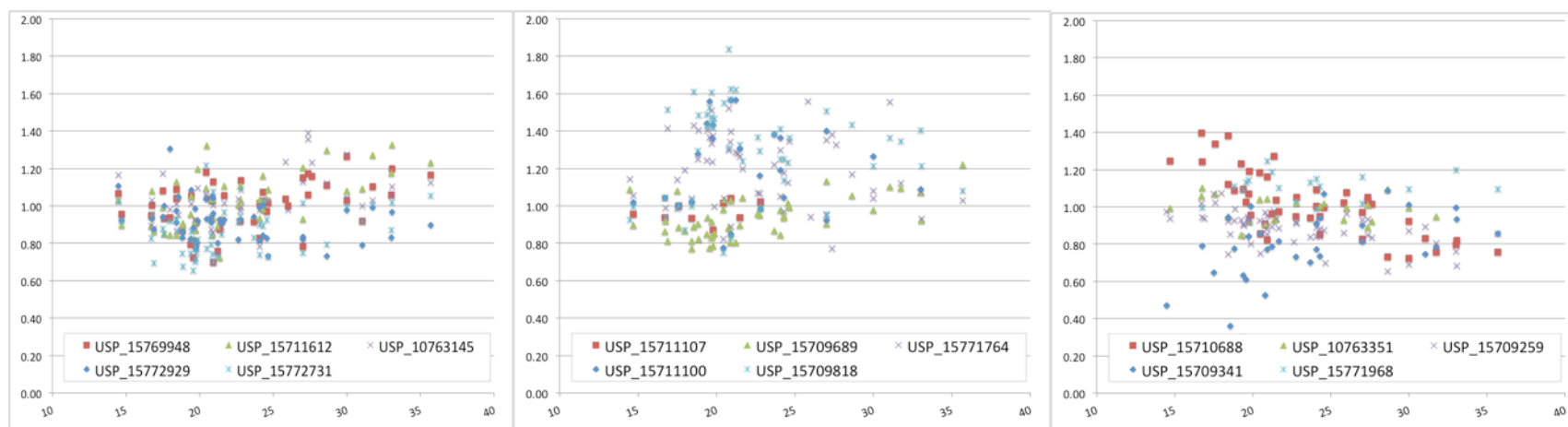
De spreiding in de “beste” groep bedraagt circa +/- 15-20%.



De verhoudingen tussen de concentraties van sensoren en het uurgemiddelde van alle USP sensoren, gemiddeld per nacht.



Nacht USP

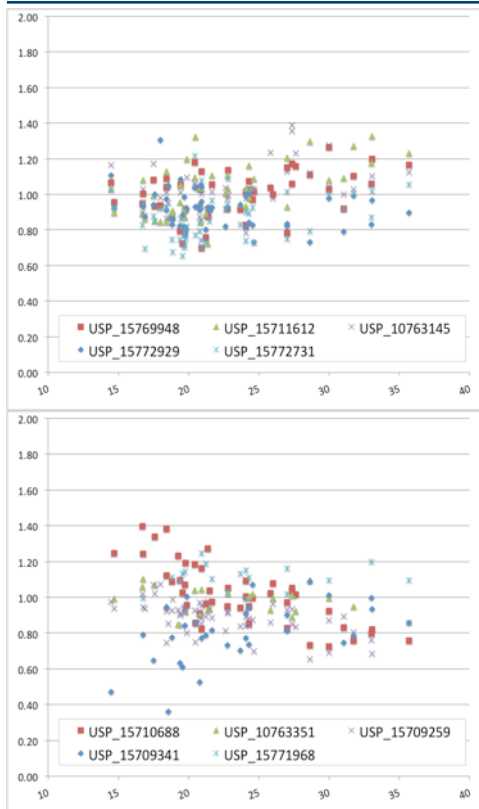


De verhoudingen tussen de concentraties van sensoren en het uurgemiddelde van alle USP sensoren, uitgetzet tegen de gemiddelde concentraties per nacht (horizontaal, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

De gevoeligheid van verschillende sensoren varieert met de absolute concentratieniveaus.



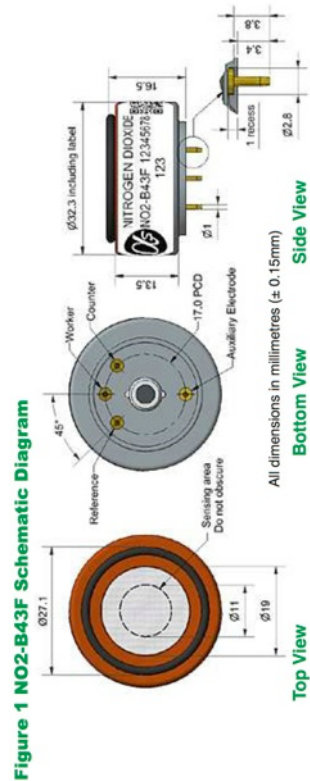
‘On the fly’ bijsturing ijking



- We zien dat de sensoren driften, sommige weinig en andere veel.
- De gevoeligheid en respons op externe condities verandert in de tijd.
- Hoe automatisch te detecteren en voor te corrigeren?
- Doe elke dag een nieuwe ijking aan de data van de laatste twee maanden gedurende de avond/nacht.
- Gebruik het gemiddelde van de sensoren om aan te ijken.



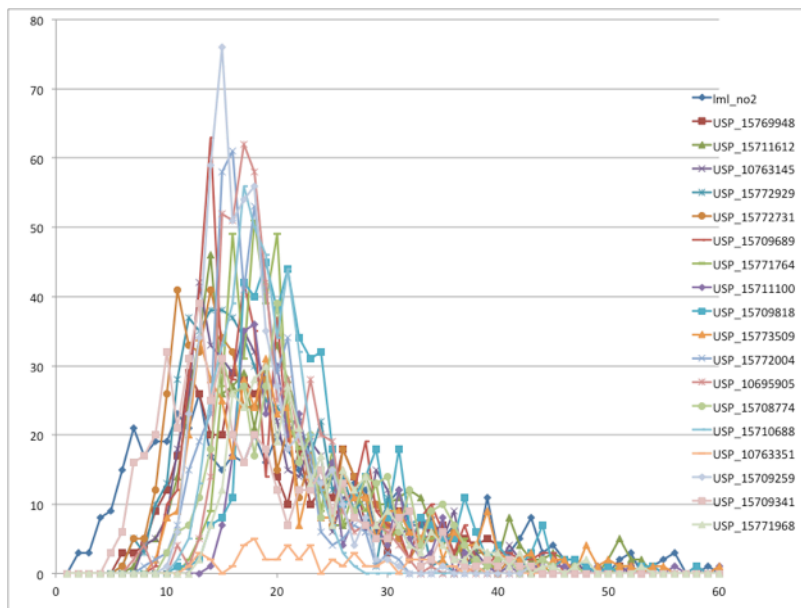
Gedrag van sensoren



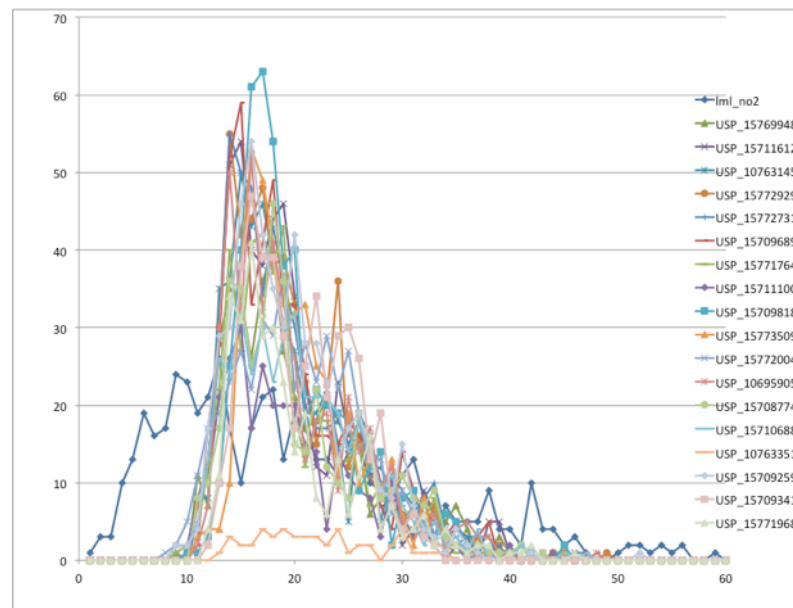
- Hoe kan het gedrag van een groep sensoren tov een ijkwaarde makkelijk inzichtelijk worden gemaakt zonder voor elke sensor een correlatie te beoordelen?
- Een optie is om voor alle sensoren en een nabijgelegen referentiemeting de frequentie van voorkomen van alle concentraties op alle apparaten bij te houden.
- In de praktijk hebben dergelijke verdelingen een lognormale vorm.



NO₂ verdeling



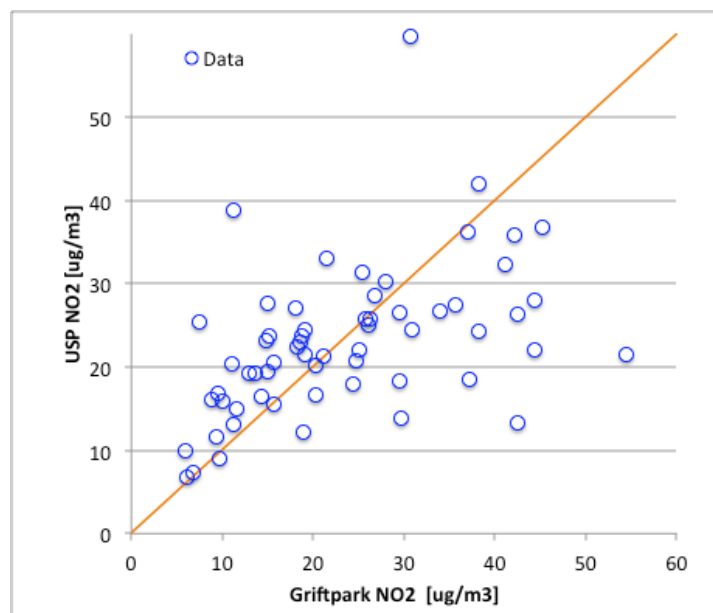
Aantallen keren dat concentraties (op de horizontale as) in de avond/nacht door de sensoren en op het LML zijn gemeten. Analyse met oorspronkelijke kalibratie voorafgaand aan de meetperiode.



Aantallen keren dat concentraties (op de horizontale as) in de avond/nacht door de sensoren en op het LML zijn gemeten. Situatie na kalibratie op gemiddelde sensoren gedurende avond/nacht.



IJking nacht aan LML

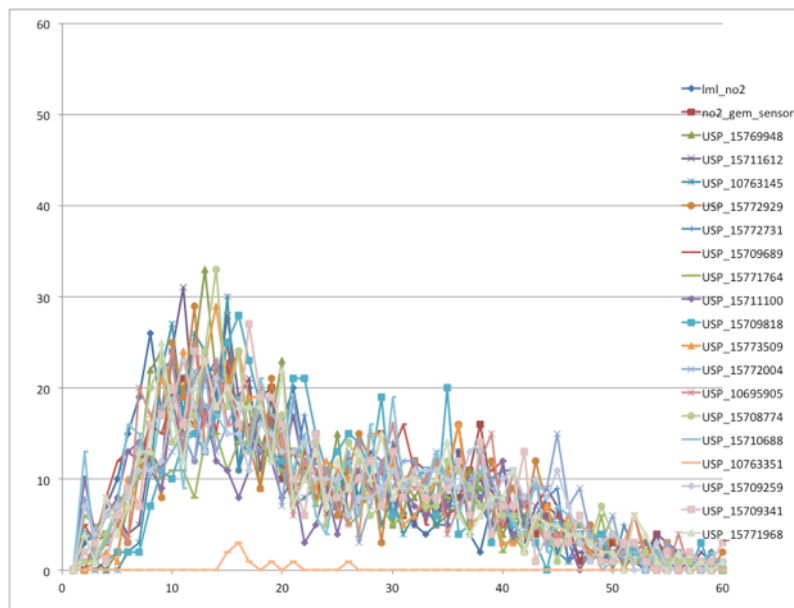
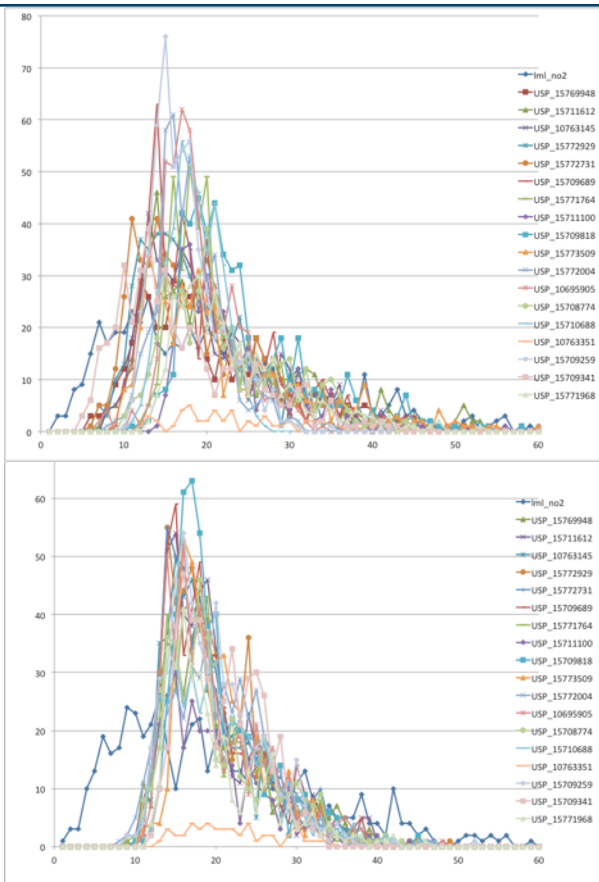


Vergelijking tussen de NO₂ avond/nacht-gemiddelde metingen in het Griftpark en op het USP gedurende (grotendeels) de maanden september – november.

- IJking op het gemiddelde van de sensoren geeft de juiste gemiddelde waarde maar niet de juiste verdeling.
- Bij lage concentraties zijn de sensoren te hoog en bij hogere te laag.
- Wellicht beter ijken op nabijgelegen LML station?
- Is dat in de avond en nacht voldoende representatief?



IJking nacht aan LML



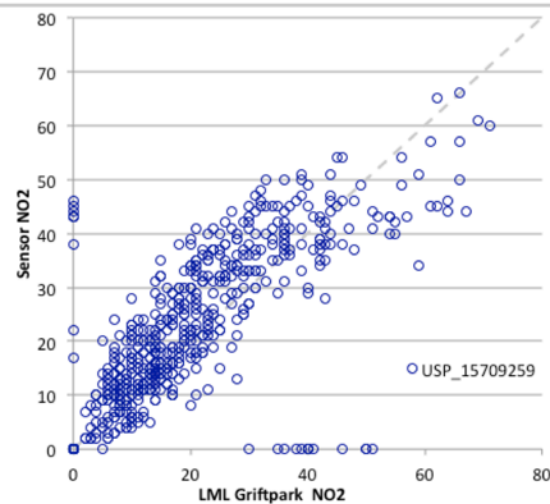
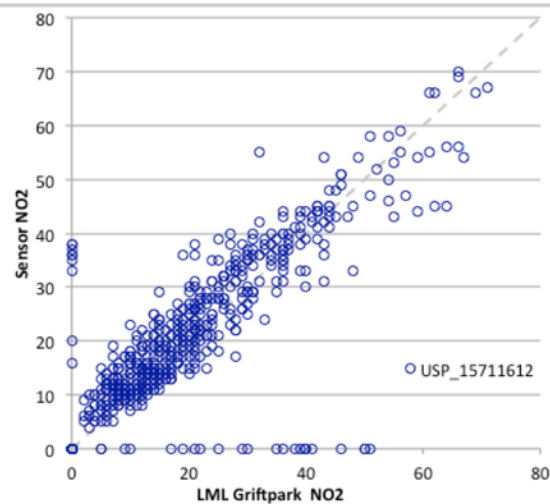
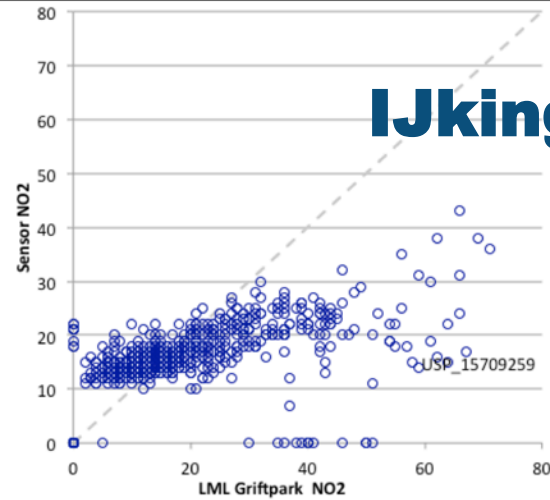
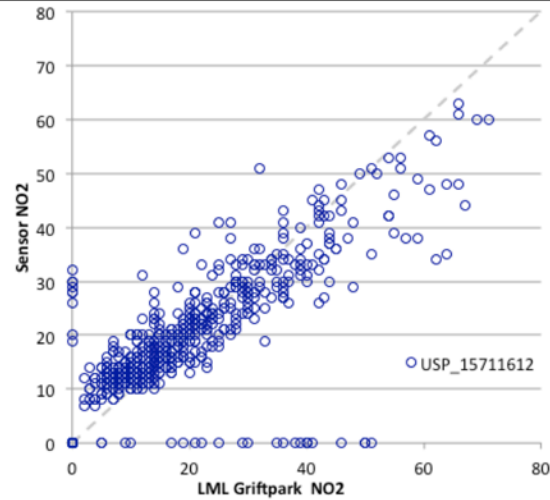
Aantallen keren dat concentraties (op de horizontale as) in de avond/nacht door de sensoren en op het LML zijn gemeten.
Situatie na kalibratie op LML Griftpark gedurende avond/nacht.

IJking nacht aan LML

Vergelijking tussen sensoren en de meting in het Griftpark gedurende de avond/nacht.
Alle concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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.

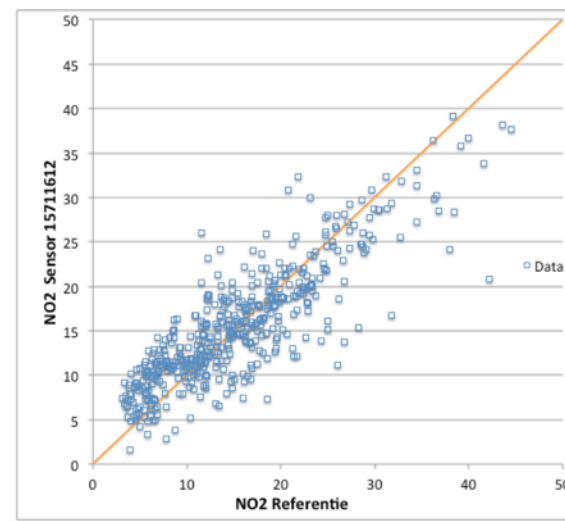
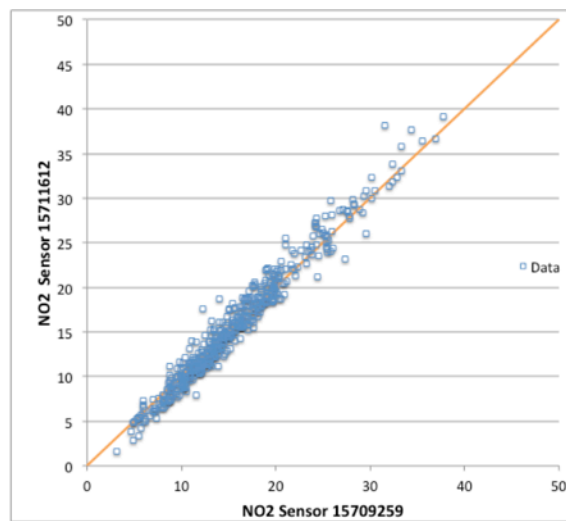




IJking nacht aan LML

De getoonde “goede” en “verlopende” sensor leken bij de oorspronkelijke kalibratie sterk op elkaar en ook redelijk goed op de referentiemetingen.

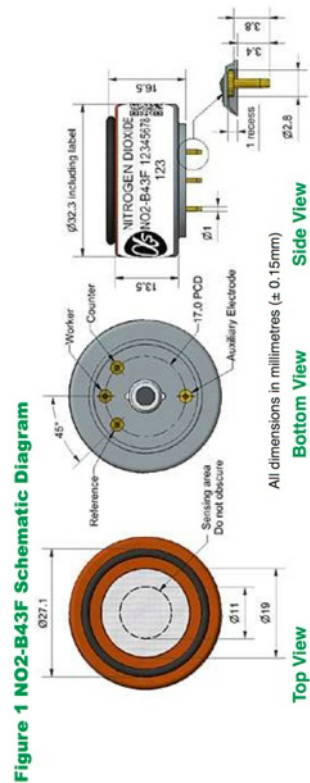
De later geconstateerde verschillen zijn blijkbaar het gevolg van verlopende gevoeligheid.



Links: vergelijking tussen de NO₂ metingen van de sensoren 15711612 en 15709259 gedurende de kalibratieperiode van eind juli tot eind augustus. Rechts: vergelijking tussen sensor 15711612 en de referentiemeting gedurende de kalibratie.



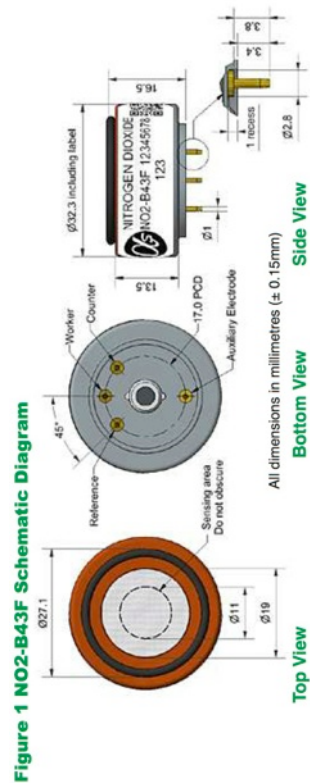
Voorlopige conclusies / Outlook



- Een initiële ijking van de Alphasense B43F NO₂ sensor kan relatief simpel en met een eenvoudige relatie worden bereikt.
- Correctie voor ozon in door verkeer belaste situaties is nog nodig in de huidige analyse. Dit gaat om circa -15%.
- In een groep van 20 sensoren in praktijkomstandigheden kan na enkele maanden al een duidelijk verloop van verschillende sensoren worden geconstateerd.
- De spreiding in de “beste” subgroep op het USP bedraagt circa +/- 15-20%.



Voorlopige conclusies / Outlook



- (Her)Ijking op basis van uren in de avond/nacht is technisch goed mogelijk.
- Groepsgemiddelde gedrag van de sensoren kan worden gedomineerd door verlopende sensoren.
- Een nabijgelegen meetpunt volstaat voor ijking in de avond/nacht.
- Wat nu als er geen stations nabij zijn?
 - Uurlijkse kaart?
 - Verder weg gelegen stations?
 - Ijken op “beste” sensoren (obv lognormale verdeling)?

Vragen?