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

Metingen van stikstofdioxideconcentraties (NO_2) met Palmes buisjes

Periode 2012-2015

RIVM Briefrapport 2016-0089
P.L.Nguyen | J.Wesseling

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

Metingen van stikstofdioxideconcentraties (NO_2) met Palmes buisjes

Periode 2012-2015

RIVM Briefrapport 2016-0089
P.L.Nguyen | J.Wesseling

Colofon

© RIVM 2016
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

P.L.Nguyen, (auteur), RIVM
J.Wesseling (Projectleider), RIVM

Contact:
Lan Nguyen
ILG
Lan.Nguyen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie I&M, in het kader van Project Beleidsondersteuning meten en modelleren

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Metingen van stikstofdioxideconcentraties (NO2) met Palmes buisjes.
Periode 2012-2015

Zogeheten Palmes-buisjes zijn kleine plastic buisjes met daarin een chemisch actieve stof waarmee de stikstofdioxideconcentratie kan worden bepaald. Deze buisjes kunnen worden ingezet om op eenvoudige wijze met redelijke betrouwbaarheid stikstofdioxideconcentraties te meten op plaatsen waar geen officiële metingen beschikbaar zijn. Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM in het kader van het meten en modelleren van luchtkwaliteit in Nederland.

Met de buisjes zijn stikstofdioxideconcentraties in kaart gebracht rond de uitgang van tunnels (tunnelmonden), vaarwegen, bij kassen en op achtergrondlocaties. De gemeten bijdrage van verkeer aan stikstofdioxideconcentraties nabij tunnelmonden is hoog, tot 26 microgram per kubieke meter. De metingen langs vaarwegen laten een relatief kleine bijdrage van de scheepvaart (binnenvaart) zien van 3-6 microgram per kubieke meter. Metingen op diverse locaties in Schipluiden laten de invloed van de kassen (verwarmingsinstallaties) zien. De gemeten waarden zijn namelijk tot 11 microgram per kubieke meter hoger dan de achtergrondconcentraties die op plaatsen nabij de kassen berekend is.

Buisjes van verschillende leveranciers laten in recente analyses van het RIVM geen systematische afwijking in de metingen zien. De onzekerheidsmarge van de Palmes-metingen wordt geschat op circa 24,2 procent.

Kernwoorden: NO2,Palmes, Buro Blauw, Gradko, scheepvaart,GCN

Synopsis

Measurement of Nitrogen dioxides (NO2) using so-called Palmes tubes.
Period 2012-2015

The so-called Palmes tubes are small plastic tubes containing a chemical reagent which can be used to measure nitrogen dioxide concentration. These tubes can be used to measure nitrogen dioxides (NO2) in a simple way at locations where there is no official, continuous measurement. This is concluded from research conducted by the Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) within the framework of the measurement and modelling of air quality in the Netherlands.

NO2 concentrations nearby tunnels,waterways, greenhouses and at background locations are measured using Palmes tubes. Large NO2 increments due to traffic are measured nearby tunnels, up to 26µg/m3. Measurements along waterways show only a relatively small contribution of inland shipping on NO2 concentration, about 3-6 µg/m3 . Measurements in Schipluiden show influence of greenhouses (heating units). Nearby the greenhouses, measured concentrations are up to 11 µg/m3 higher than calculated background concentrations.

Research of the RIVM does not show systematically differences between measurements using tubes from different producers. The uncertainty of measurements with Palmes tubes is estimated at ±24.2%.

Keywords: NO2,Palmes, Buro Blauw, Gradko, shipping,GCN

Inhoudsopgave

1 Inleiding — 9

2 Methoden — 11
2.1 Meetmethoden — 11
2.2 Meetperioden — 12
2.3 Validatie — 12
2.4 IJking — 13
2.5 Data capture — 15
2.6 Onzekerheid — 15
2.7 Vergelijking met de ijkingmethode van het MAN — 20

3 Meetlocaties — 23
3.1 Metingen op referenties locaties — 23
3.2 Snelwegen — 23
3.3 Tunnelmonden — 24
3.4 Vaarwegen — 24
3.5 Stadsachtergrond bij vrijwilligers — 24
3.6 Metingen van achtergrondconcentratie rondom Schipluiden — 25
3.7 Diversen — 25

4 Resultaten — 27
4.1 Scheepvaart bijdrage — 27
4.2 Bijdrage van glastuinbouw — 29
4.3 Metingen bij vrijwilligers — 30
4.4 Metingen oostelijk en westelijk van station LML237 in Eindhoven — 30
4.5 Metingen bij tunnelmonden — 31
4.6 Parallele metingen Gradko en Buro Blauw — 31

5 Conclusies — 35

Literatuur — 37

Bijlage 1 Coördinaten van de meetpunten — 39

Bijlage 2 Meetresultaten 2010 — 41

Bijlage 3: Meetresultaten 2012: geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden — 42

Bijlage 4 Meetresultaten 2013:geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden. — 44

Bijlage 5 Meetresultaten 2014: geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden — 46

Bijlage 6 Meetresultaten 2015: geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden — 48

1 Inleiding

Om de luchtkwaliteit te meten op plaatsen waar geen uurlijkse metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM plaatsvinden, voert het RIVM sinds 2010 stikstofdioxide (NO_2) metingen met behulp van Palmes buisjes uit.

Deze metingen vinden plaatst langs verschillende snelwegen, drukke vaarwegen, bij enkele tunnelmonden en op een aantal stedelijke achtergrondlocaties. Tevens zijn vanaf 2015 metingen in de omgeving van Schipluiden ingericht om het effect van verwarming van glastuinbouw op de luchtkwaliteit te meten. Tot en met 2014 zijn de metingen uitgevoerd met buisjes van de Britse leverancier Gradko; vanaf 2015 zijn deze buisjes grotendeels vervangen door de buisjes van de Nederlandse leverancier "Buro Blauw". De buisjes van Buro Blauw zijn niet langer duurder dan die van Gradko[1], wat in het verleden het geval was, terwijl er bij verschillende overheden goede ervaringen zijn met deze buisjes.

Dit rapport geeft een overzicht van de meetresultaten vanaf 2012. Voor meetresultaten van een eerdere periode zie Uiterwijk et al., 2011 en bijlage 2.
Naast het presenteren van de meetresultaten is een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van de twee buisjes leveranciers en het ijken van de metingen met twee verschillende methoden.

[1] Prijs in 2016: Gradko: 6.25 €/buisje, Buro Blauw: 6 €/buisje ex BTW

2 Methoden

2.1 Meetmethoden

De meetmethode met diffusiebuisjes is in 1976 voor het eerst in de literatuur beschreven (Palmes,1976) en wordt sindsdien op grote schaal toegepast (Bush e.a, 2001; Stevenson e.a., 2001). Een Palmes diffusiebuisje is circa 10 cm lang en 1 cm in diameter. Het buisje wordt verticaal opgehangen, aan de onderzijde geopend en gedurende een vastgestelde tijd (meestal 4 weken) aan de lucht blootgesteld. De bovenzijde van het buisje is gesloten, hierin bevindt zich een gaasje geïmpregneerd met tri-ethanolamine (TEA) dat NO_2 uit de lucht absorbeert. Na de meetperiode wordt het geabsorbeerde nitriet geëxtraheerd en wordt de hoeveelheid door middel van spectrofotometrie bepaald. Uit de hoeveelheid nitriet wordt de concentratie in de lucht ($\mu g/m^3$) via een omrekening met diffusie coëfficiënt en bemonsteringsduur bepaald. Deze concentratie wordt vervolgens door middel van een ijking met referentiemetingen gecorrigeerd voor systematische afwijkingen.

Er zijn verschillende uitvoeringen van de Palmes buisjes. De Palmes buisjes van firma Gradko uit Engeland bevatten 20% TEA in water; de buisjes van Buro Blauw te Wageningen bevatten 50%TEA in aceton. Tot en met 2014 werden de buisjes van Gradko door het RIVM gebruikt. Vanaf 2015 zijn deze metingen grotendeels vervangen door buisjes van Buro Blauw. Langs snelwegen wordt met beide buisjes gemeten om te controleren of er verschil is tussen de methoden. De reden om voor de buisjes van Blauw te kiezen zijn de goede ervaringen van andere overheden (o.a. GGD Amsterdam en gemeente Utrecht) en omdat de prijs van Blauw buisjes - die vroeger veel duurder waren - op dit moment vergelijkbaar is met de prijs van Gradko buisjes.

Voor het ophangen van de buisjes is gebruik gemaakt van zelfgemaakte houders (Figuur 1 links). In 2015 is het aantal meetpunt uitgebreid met 11 metingen in Schipluiden en omgeving. Om praktische redenen zijn voor deze metingen de houders van het Buro Blauw gebruikt (Figuur 1 rechts). De buisjes zijn op een hoogte van circa 2 meters opgehangen. Voor meer informatie over metingen met Gradko buisjes zie Uiterwijk et al., 2011.

Figuur 1 Links: Door RIVM gemaakte houder met 3 Palmes buisjes van Gradko. Rechts: houder met buisjes van Buro Blauw

2.2 Meetperioden

De Palmes buisjes worden gedurende circa 4 weken opgehangen. Het jaargemiddelde is het gemiddelde van 13 meetperioden (na ijking aan referentie metingen, zie 2.4).Omdat de meetlocaties verspreid over heel Nederland liggen is het niet mogelijk om alle buisjes op dezelfde dag te wisselen. De buisjes worden in 2 dagen door het RIVM gewisseld, met uitzondering van de buisjes in Amsterdam. Deze worden door een medewerker van de GGD gewisseld. Circa 9 meetlocaties zijn achtergrondlocaties bij vrijwilligers; op deze locaties worden de buisjes door de vrijwilligers zelf gewisseld. Om deze praktische redenen lopen de meetperioden niet exact gelijk. Van locatie tot locatie kunnen de meetperioden 1 week verschuiven. Een meet-jaar loopt ook niet exact van 1 jan tot 1 jan maar kan zonder probleem tot 1 week verschuiven. De bemonsteringsduur is grofweg 4 weken maar met name in de vakantie kan de meetperiode korter of langer zijn. Bij het omrekenen van hoeveelheid nitriet naar NO_2 concentratie wordt de werkelijke bemonsteringsduur gebruikt.

2.3 Validatie

De metingen met Gradko buisjes zijn in triplo uitgevoerd. Uit iedere set wordt de relatieve standaard deviatie bepaald. Indien deze groter is dan 10% van de gemiddelde meetwaarde worden de waarden gecontroleerd op uitbijters. Als na het verwijderen van een van de waarden de relatieve standaard deviatie met tenminste een factor 2 is gedaald, wordt deze waarde als echte uitbijter beschouwd en verwijderd.

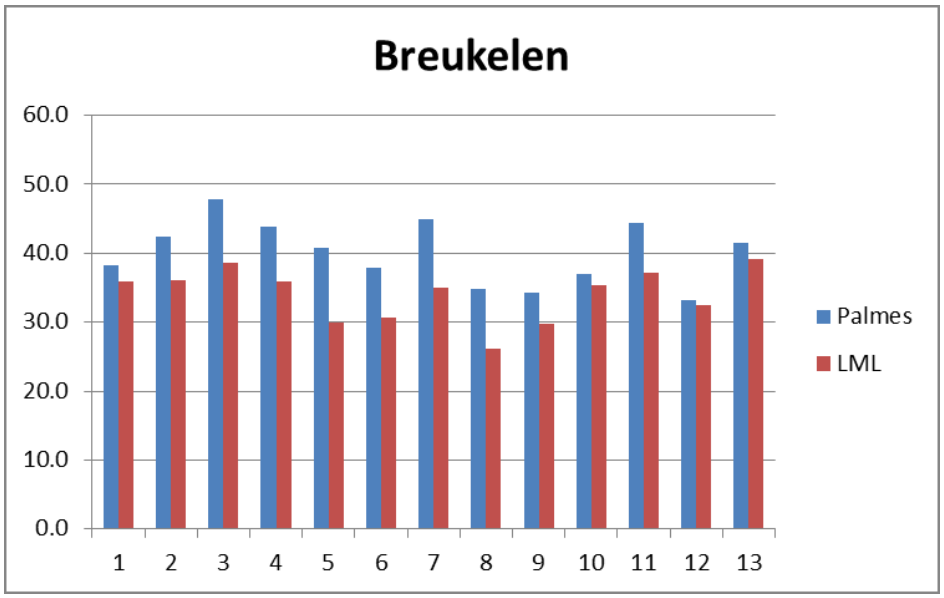
De metingen met buisjes van Blauw zijn in duplo uitgevoerd. Uit de eerste 500 metingen blijkt dat circa 4% van de metingen een relatieve standaard deviatie hoger dan 15% hebben. In dit onderzoek wordt

daarom een bovengrens van 15% gehanteerd. Duplo waarden waarvan de relatieve standaard deviatie hoger is dan 15% worden verwijderd. In enkele gevallen heeft een locatie geen duplo maar slechts een enkele meting omdat een van de buisjes verdwenen of beschadigd is. In dit geval is het niet mogelijk om de metingen op deze manier te beoordelen. Er wordt dan gekeken of de meetwaarde logisch in lijn is met overige meetwaarden. Als dat niet het geval is wordt de waarde verwijderd.

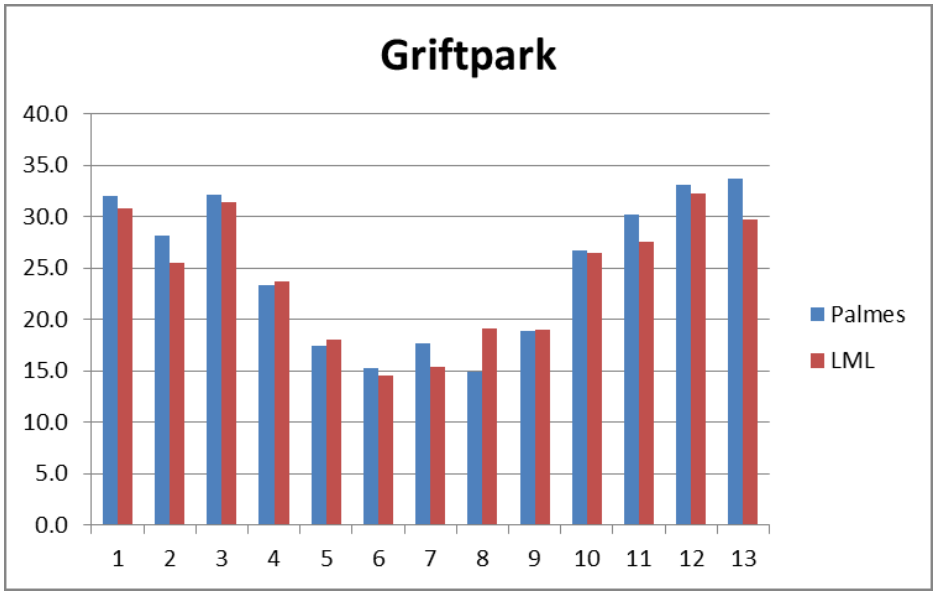
2.4 IJking

Het is bekend dat meetresultaten met Palmes buisjes beïnvloed worden door de meteorologie. In de literatuur is beschreven dat met name windsnelheid, en in mindere mate temperatuur en relatieve luchtvochtigheid, van invloed zijn op de gemeten concentraties (Gair & Penkett, 1995; Plaisance et al., 2004). Bij de omrekening van hoeveelheid geabsorbeerde nitriet naar concentratie is een vaste waarde van diffusie coëfficiënt genomen terwijl deze in werkelijkheid afhankelijk is van de temperatuur. Verder heeft windsnelheid een relatief groot effect. Bij hoge windsnelheid wordt de diffusielengte verkort door turbulentie aan het open einde van het buisje en geeft de meting een overschatting van concentratie. Om deze redenen is het noodzakelijk dat de Palmes resultaten geijkt worden aan referentiemetingen.

Als voorbeeld zijn in figuren 2 en 3 de concentraties gemeten met Palmes buisjes van Gradko en met de referentie methode op een snelweglocatie (LML641,snelweg Breukelen) en een achtergrondlocatie (LML643,Griftpark)weergegeven. De metingen met Palmes buisjes volgen het patroon van de referentie metingen goed maar liggen meestal hoger. Ook is duidelijk dat het verschil tussen de Palmes metingen en de referentiemetingen afhankelijk is van het type locatie (achtergrond of verkeersbelast).

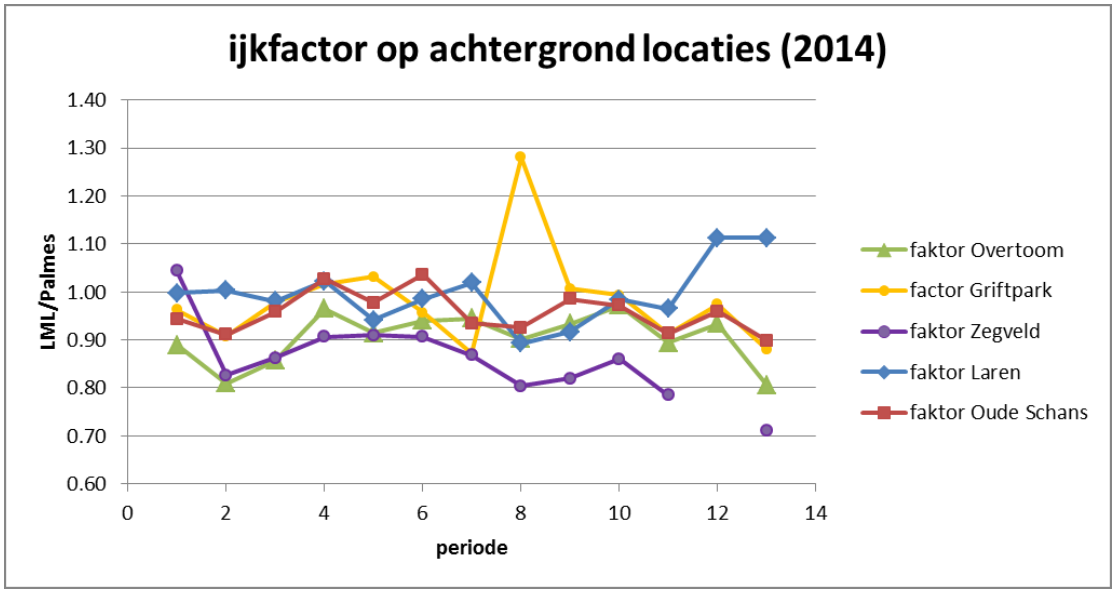


Figuur 2 Referentiemeting en meting met Palmes buisjes in 2014 op snelweg A2 in Breukelen (LML641).

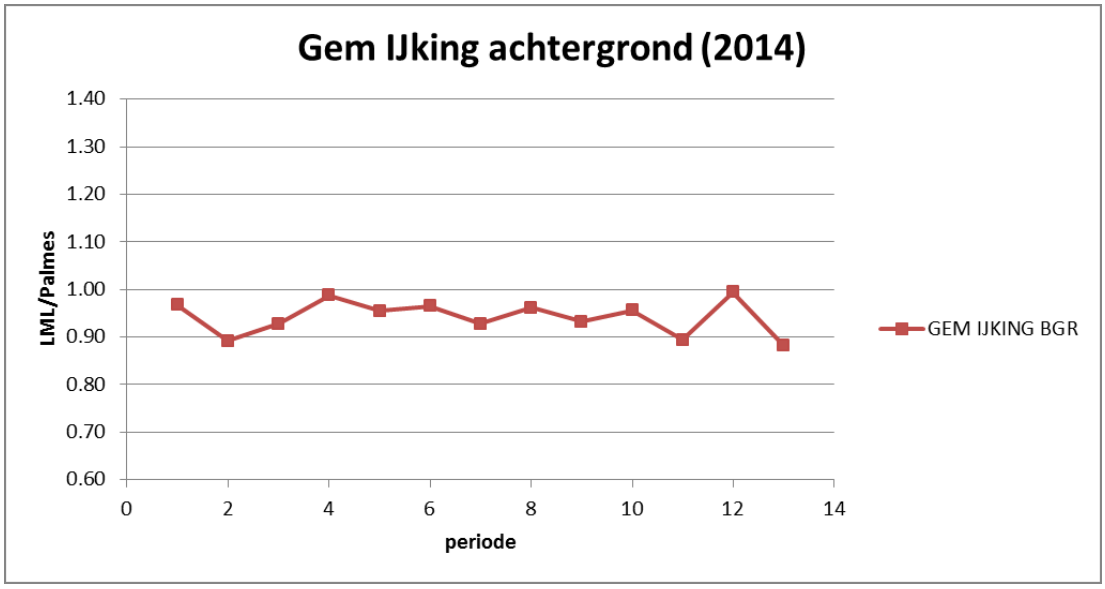


Figuur 3 Referentiemeting en meting met Palmes buisjes in 2014 in Griftpark (LML643).

Om de metingen zo goed mogelijk te ijken zijn op 5 achtergrondlocaties Palmes buisjes opgehangen bij het referentiemeetstation. Per meetperiode wordt de ijkfactor (ijkfactor=referentie meting/Palmes) bepaald. Het gemiddelde van alle ijkfactoren in een periode wordt gebruikt om de Palmes metingen op achtergrondlocaties in die periode te corrigeren. In figuren 4 en 5 zijn individuele ijkfactoren van Gradko metingen en de gemiddelde ijkfactor op achtergrondlocaties weergegeven



Figuur 4 Individuele ijkfactoren in 2014 op achtergrondlocaties. Periode 8 van Giftpark wijkt af. Omdat er geen objectieve reden is om aan de analyseresultaten te twijfelen is deze waarde niet verwijderd.



Figuur 5 Gemiddelde ijkfactor op achtergrondlocaties in 2014.

Op een analoge wijze worden verkeersbelaste locaties tot en met 2014 geijkt met de gemiddelde ijkfactor die bepaald is op twee verkeersbelaste locaties, een snelweglocatie (LML641 in Breukelen) en een straat in Utrecht (LML639). Omdat bijna alle verkeersbelaste locaties waar met Palmes buisjes worden gemeten nabij snelwegen liggen is het wenselijk dat op meer snelweglocaties wordt geijkt. Daarom worden vanaf 2015 op nog twee andere referentiestations langs snelwegen met Palmes buisjes gemeten: GGD7 (A10 Einsteinweg in Amsterdam) en DCMR491 (snelweg A13 in Overschie).
Op referentiestation Stadhouderskade (GGD17) in Amsterdam zijn ook Palmes metingen uitgevoerd maar de ijkfactor op deze locatie wijkt dusdanig af dat er besloten wordt om deze niet mee te nemen in de bepaling van de gemiddelde ijkfactor. De reden(en) voor de afwijkingen zijn niet bekend.

2.5 Data capture

Incidenteel komt het voor dat Palmes buisjes slachtoffer van vandalisme werden of dat metingen niet uitgevoerd kunnen worden door infrastructurele werkzaamheden. Ook kunnen analyseresultaten bij de validatie worden afgekeurd. Wanneer op een meetlocatie gedurende minder dan tien van de dertien meetperioden meetgegevens beschikbaar waren, wordt het jaargemiddelde op die locatie als niet geldig beschouwd.

2.6 Onzekerheid

De onzekerheid van de Palmes metingen worden bepaald door:

- Onzekerheid in de analyse (analysefout)
- Onzekerheid door onregelmatigheden
- Onzekerheid in de ijking ten opzichte van de referentiemethode
- Onzekerheid in de referentiemeting zelf

Analyse-onzekerheid
De analyseonzekerheid kan worden geschat op basis van de gepoolde variantie S van alle in triplo (of duplo) uitgevoerde metingen.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{s_i^2}{\bar{x}_i^2}}{n}$$

s_i : standaard deviatie van triplo i
$\bar{x}_i$ = gemiddelde van de 4-weekse meting i

Analysefout = $\sqrt{S}$

De analyseonzekerheid uit 647 geldige triplo's metingen in 2014 (metingen met Gradko buisjes) bedroeg 5.8%.

Analyse fout op een in triplo bepaalde concentratie is: $\frac{5.8}{\sqrt{3}} = 3.3\%$

De analyseonzekerheid op het jaargemiddelde, dat uit 13 perioden bestaat, is: $\frac{3.3}{\sqrt{13}} = 0.9\%$.
Bij 95% betrouwbaarheid is de analysefout: 2*0.9=1.8%.

Het komt vooral in de zomer voor dat de buisjes bewoond worden door spinnen. In dit geval worden de spinnen en het web zo goed mogelijk verwijderd, zonder het beladen gaasje aan te raken. Ondanks alle zorgvuldigheden is het niet ondenkbaar dat dergelijke onregelmatigheden nadelig effect hebben op de nauwkeurigheid van de metingen. Deze onzekerheid wordt of opgevangen in de validatie (verwijderen van uitbijters)of is impliciet verwerkt in de analysefout en in de onzekerheid van de ijking (indien de spinnen in ijkbuisjes zaten).

Onzekerheid in de ijking ten opzichte van de referentiemethode
Uit Figuren 4 en 5 is duidelijk dat de ijkfactor afhankelijk is van het type locatie. Voor het ijken van achtergrondlocaties zijn in 2014 metingen op 5 referentielocaties beschikbaar: Zegveld (LML633), Laren (LML529), Griftpark (LML643), Overtoom (GGD14), Oude Schans (GGD19). Uit vijf ijkfactoren wordt de gemiddelde ijking bepaald die vervolgens wordt gebruikt om alle achtergrondlocaties te ijken. Voor het ijken van straatlocatie zijn in 2014 metingen op 2 referentielocaties beschikbaar: Breukelen (LML641) en Erzeijstraat (LML639) beschikbaar.
In tabel 1 is duidelijk te zien dat het verschil tussen individuele ijkfactoren soms behoorlijk kan zijn. Daarom wordt met een gemiddelde ijkfactor gewerkt maar dit introduceert op lokaal niveau een extra onzekerheid.

Om de onzekerheid in de ijking in te schatten worden de ijkfactoren in 2014 gebruikt. In tabel 1 zijn de standaard deviatie (s) en variantie (s2) van alle individuele ijkfactoren op achtergrondlocaties weergegeven.

Tabel 1 Minimale, maximale en gemiddelde ijkfactor en de standaard deviatie van individuele ijkfactoren per periode op achtergrondlocaties in 2014.

Periode	**IJkfactor, minimaal**	**IJkfactor, maximaal**	**IJkfactor, gemiddeld**	**s**	**s2**
1	0.89	1.04	0.97	0.06	0.0033
2	0.81	1.00	0.89	0.08	0.0060
3	0.86	0.98	0.93	0.06	0.0039
4	0.91	1.03	0.99	0.05	0.0027
5	0.91	1.03	0.95	0.05	0.0025
6	0.91	1.04	0.96	0.05	0.0024
7	0.87	1.02	0.93	0.06	0.0038
8	0.80	1.28	0.96	0.18	0.0340
9	0.82	1.01	0.93	0.07	0.0053
10	0.86	0.99	0.96	0.05	0.0030
11	0.79	0.96	0.89	0.07	0.0044
12	0.93	1.11	0.99	0.08	0.0064
13	0.71	1.11	0.88	0.15	0.0220
Som van alle variaties					0.0998

De onzekerheid in de ijkfactor per periode kan worden berekend uit het gemiddelde van alle variaties: (0.0998/13)^0.5=0.088.
Indien de ijkfactoren per periode onafhankelijke variabelen zijn, kan de onzekerheid in de ijking op jaargemiddelde concentratie (die uit 13 perioden bestaat) als volgt worden berekend: 0.088/(13^0.5)=0.024 (d.w.z. 2.4%). Deze waarde geldt voor achtergrondlocaties.
De onzekerheid in de ijking van straatlocaties is iets hoger, 3.3%

De onzekerheid in de referentie methode is 9.1% (Mooibroek et al.,2014).
Totale onzekerheid in de ijking op achtergrondlocaties wordt :
sqrt(2.4^2+9^2)= 9.3%
Hierbij wordt opgemerkt dat alleen de random onzekerheid in de LML resultaten afneemt bij middeling.

Bij 95% betrouwbaarheid is de onzekerheid in de ijking 2*9.3=18.6%.

Omdat de meetperioden in de praktijk tot 1 week van elkaar zijn verschoven wordt nog een extra onzekerheid in de ijking geïntroduceerd. Deze onzekerheid zit nog niet in bovenstaande inschatting.

De onzekerheid in de ijking kan ook worden bepaald met metingen op referentielocaties. Figuur 6 geeft de concentratie gemeten met de referentie methode (d.w.z. Palmes concentratie na ijking met eigen ijkfactor) en de concentratie bepaald met gemiddelde ijkfactor, op referentie locaties weer. Uit het verschil tussen deze waarden kan de onzekerheid worden ingeschat.

Tabel 2a Vergelijking van jaargemiddelde metingen op referentielocaties.

Aantal paren van metingen op referentie locaties	29
Gemiddelde concentratie, referentie	27.7
Gemiddelde concentratie, geijkt met gemiddelde ijking	27.9
Gemiddeld verschil (eigen ijking- gemiddelde ijking)	-0.2
Standaard deviatie van het verschil	2.0

Bij 95% betrouwbaarheid is het verschil tussen de concentratie geijkt met eigen ijking en geijkt met gemiddelde ijking -0.2±4.0, wat betekent dat de gebruikte ijkingprocedure niet tot systematische afwijking heeft geleid.
De bijdrage van onzekerheid in de ijking is 2.0/27.7=7.2%.
Bij 95% betrouwbaarheid is de onzekerheid in de ijking 2*7.2=14.4%.

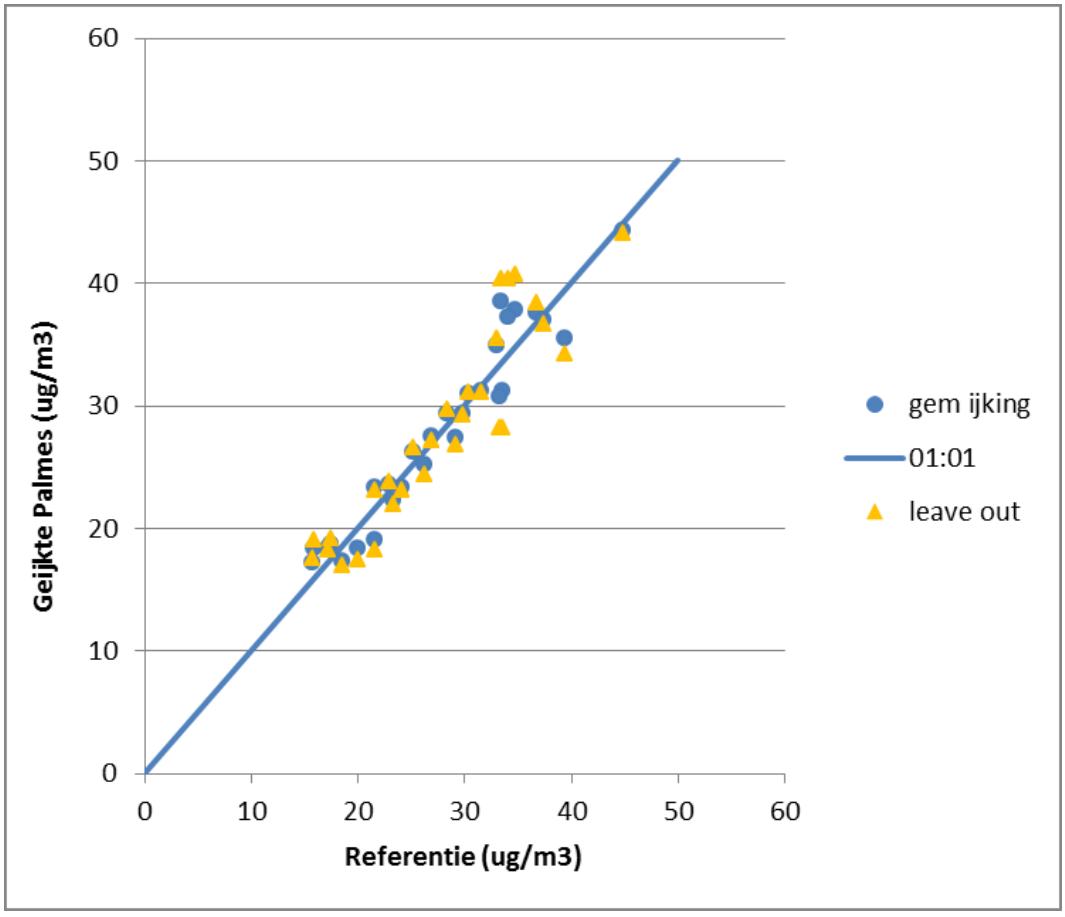
In deze vergelijking doet een referentiestation steeds mee in de ijking van zichzelf. Om dit effect te elimineren wordt de "Leave One Out" (LOO) methode toegepast. Hierbij wordt steeds per meetstation de passief gemeten jaargemiddelde NO2-concentratie berekend op basis van ijking aan de overige meetstations. De actief gemeten NO2-concentratie op het meetstation zelf wordt alleen gebruikt om achteraf vast te stellen hoeveel de passieve concentratie afwijkt van de 'werkelijke' NO2-concentratie, die immers ook bekend is.

Tabel 2b Vergelijking van jaargemiddelde metingen op referentielocaties, LOO methode

Aantal paren van metingen op referentie locaties	29
Gemiddelde concentratie, referentie	27.7
Gemiddelde concentratie, geijkt met LOO methode	28.0
Gemiddeld verschil (eigen ijking- gemiddelde ijking)	-0.3
Standaard deviatie van het verschil	3.1

Opmerking: voor een zuivere bepaling zouden we data van één leverancier moeten gebruiken. Omdat er te weinig data beschikbaar zijn, is in deze analyse gebruikt gemaakt van zowel data van Gradko (2012 t/m 2014) als die van Blauw (2015).

Bij 95% betrouwbaarheid is het verschil tussen de concentratie geijkt met eigen ijking en geijkt met gemiddelde ijking -0.3±6.2, wat betekent dat de gebruikte ijkingprocedure niet tot systematische afwijking heeft geleid.
De bijdrage van onzekerheid in de ijking is 3.1/27.7=11.2%.
Bij 95% betrouwbaarheid is de onzekerheid in de ijking 2*11.2=22.4%.



Figuur 6 Referentieconcentratie en de concentratie bepaald met gemiddelde ijkfactor op referentielocaties over de periode van 2012 tot en met 2015.

De LOO methode geeft zoals verwacht een hogere onzekerheid dan wanneer een referentiestation meedoet aan de ijking van zichzelf. De onzekerheid bepaald met de LOO methode is vergelijkbaar met de onzekerheid bepaald met de ijkfactor.

Onzekerheid in de referentiemetingen
De referentiemetingen zijn automatische metingen gebaseerd op chemieluminescentie. Deze methode heeft een onzekerheid van 9.1% (Mooibroek et al.,2014).
Uit bovenstaande analyse kan worden geconcludeerd dat de ijking de grootste bijdrage aan de onzekerheid is.

Totale onzekerheid van Palmes metingen
De onzekerheid van Palmes metingen wordt opgebouwd uit:

- Analyse fout 1.8%
- Onzekerheid in de ijking 22.4% (LOO methode)
- Onzekerheid in referentie metingen 9.1%

Indien we aannemen dat alle onzekerheden onafhankelijke variabelen zijn, kan de samengestelde onzekerheid worden bepaald uit de som van alle varianties.
Totale onzekerheid op jaargemiddelde concentraties:
= sqrt(1.8^2+ 22.4^2+9.1^2)=24.2%.

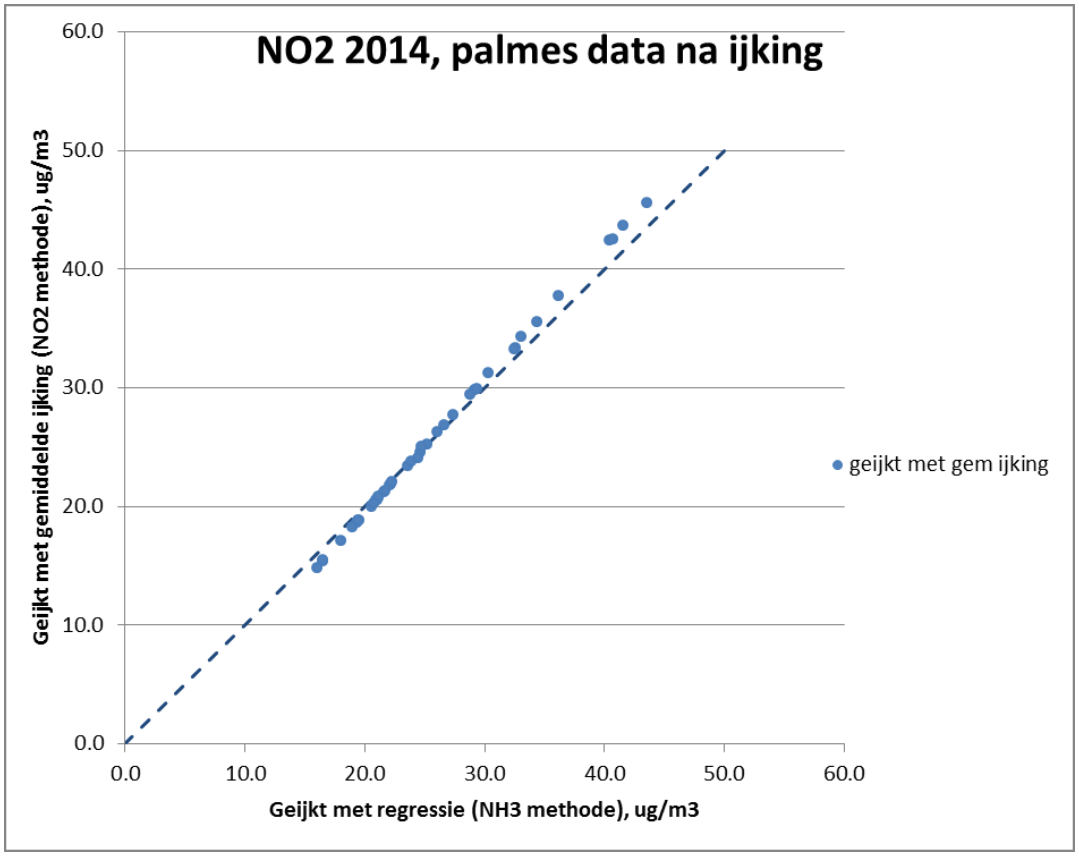
Omdat een deel van de onzekerheid van de referentiemethode al impliciet in de LOO methode zit, is deze waarde een kleine overschatting van de werkelijke onzekerheid.

2.7 Vergelijking met de ijkingmethode van het MAN

Het MAN (het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden) gebruikt NH3 buisjes van firma Gradko om ammoniak in natuurgebieden te meten. Anders dan bij NO_2 meting worden de NH3 metingen niet in triplo maar in enkelvoud uitgevoerd. Per gebied zijn er wel meerdere meetpunten; het gemiddelde van alle meetpunten in een gebied is de concentratie van het gebied. Op deze manier kan een ruimtelijke variatie worden meegenomen. Het valideren van de meetwaarden geschiedt door deze strategie ook anders dan bij NO_2 meetnet. Bij NO_2 wordt het afkeuren van een meetwaarde gebaseerd op de standaard deviatie van de triplo (of duplo) metingen. De NH3 metingen in een gebied zijn geen echte in veelvoud gemeten metingen en kunnen niet op deze manier worden gevalideerd. Daarom wordt de waarde op een meetpunt gevlagd indien deze buiten de 3-sigma's van alle meetwaarden op dat punt ligt. Het is ook mogelijk dat een combinatie van lokale bronnen en ongunstige winden de oorzaak van deze uitbijter is. Met behulp van windrozen wordt betrouwbaarheid van gevlagde waarden beoordeeld.

Een ander verschil is de manier hoe meetwaarden worden geijkt. Bij NO_2 metingen wordt de gemiddelde ijkfactor van een locatietype (verkeerbelast of achtergrond) gebruikt om metingen op die locatie te ijken. Bij het MAN meetnet wordt de ijking bepaald door middel van een regressie tussen Palmes metingen op referentielocaties en de referentie zelf. Op deze manier wordt de metingen per periode gecorrigeerd. In totaal zijn er 6 referentielocaties; de Palmes metingen op deze locaties zijn wel in triplo uitgevoerd.

Om na te gaan of het ijken door middel van regressie voor de NO2 meting met Palmesbuisjes tot andere resultaten leidt, worden de metingen van 2014 (41 data punten) met beide methoden geijkt. Figuur 7 laat zien dat beide methoden vergelijkbare resultaten geven.

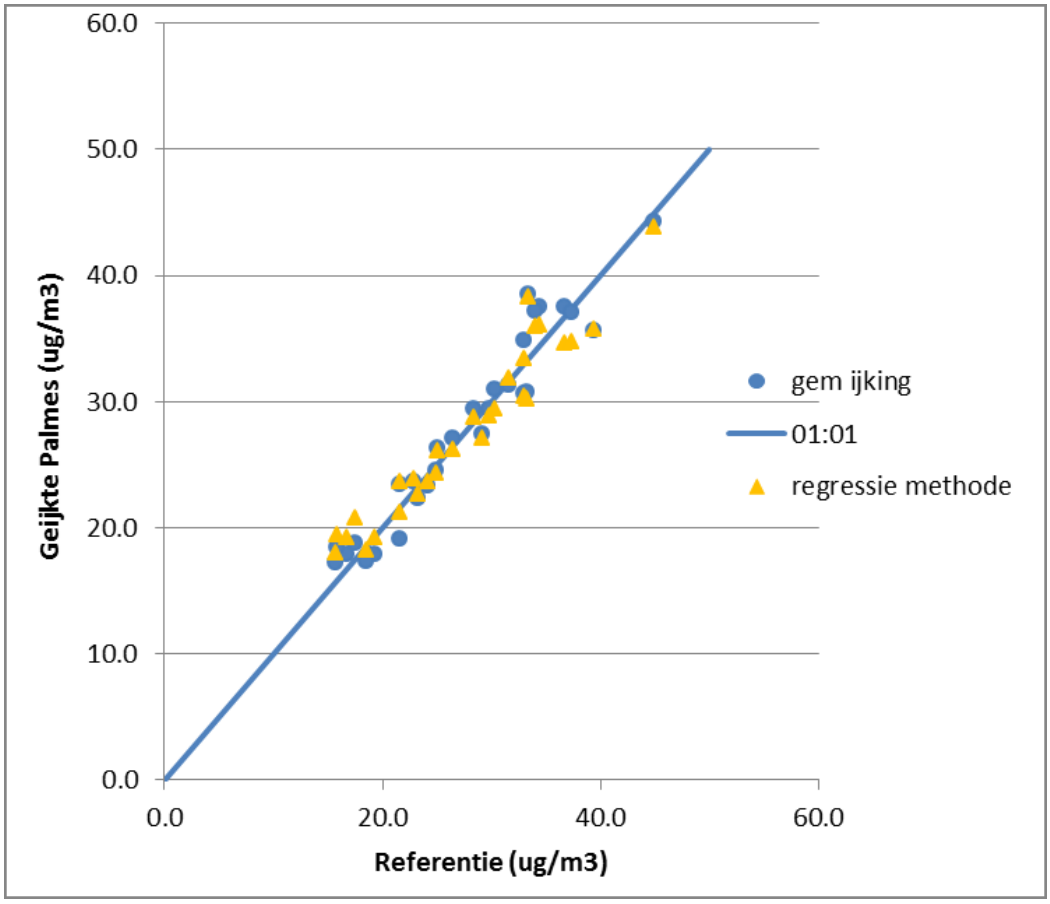


Figuur 7 Palmes metingen in 2014: ijking door middel van gemiddelde ijking versus ijking door middel van regressie.

Een vergelijking met de referentieconcentratie geeft de volgende resultaten (zie tabel 3 en figuur 8):

Tabel 3 Vergelijking tussen referentieconcentraties en concentratie geijkt met twee verschillende methoden: met gemiddelde ijking en met regressie. Data op referentielocaties over de periode van 2012 tot en met 2015

	Gemiddelde ijking	**Geijkt met regressie**
Aantal paren van metingen op referentie locaties	29	
Gemiddelde concentratie, referentie	27.7	
Gemiddelde concentratie, geijkt	27.9	27.8
Gemiddeld verschil (referentie- geijkt)	-0.2	0.1
Standaard deviatie van het verschil	2.0	2.1
Onzekerheid bij 95% betrouwbaarheid	14.4	15.1



Figuur 8 Vergelijking tussen referentieconcentraties en concentratie geijkt met twee verschillende methoden.

Ook uit deze vergelijking kunnen we concluderen dat beide methoden vergelijkbaar zijn.

3 Meetlocaties

Zie bijlage 1 voor de coördinaten van de meetpunten

3.1 Metingen op referenties locaties

Op een aantal referentielocaties, verspreid over heel Nederland, zijn Palmes buisjes opgehangen. Uit deze metingen worden de ijkfactoren bepaald. Tabel 4 geeft een samenvatting van deze stations.

Tabel 4 Referentie locaties gebruikt voor ijking.

Stationnr	Type	2012	2013	2014	2015
14	stadsachtergrond	X	X	X	X
19	stadsachtergrond	X	X	X	X
404	stadsachtergrond				X
549	regionale achtergrond	X	X	X	
633	regionale achtergrond	X	X	X	X
643	stadsachtergrond		X	X	X
7	snelweg				X
491	snelweg				X
639	stadsverkeer	X	X	X	X
641	snelweg	X	X	X	X

3.2 Snelwegen

Direct langs drukke snelwegen (A1, A2, A4, A12 en A13) en ook op een paar honderd meters verwijderd hiervan zijn NO_2 concentraties met Palmes buisjes gemeten. Deze metingen geven inzicht in de bijdrage van desbetreffende snelwegen en kunnen worden gebruikt in een vergelijking van gemeten en berekende concentraties.

Tabel 5 Locaties langs snelwegen met Palmes metingen.

Code	Type	Omschrijving	2012	2013	2014	2015
A1EB1	snelweg	Nabij A1 bij Eembrugge (Baarn)	X	X	X	X
A1EB2	achtergrond	Op circa 750m	X	X	X	X
A2ZB1	snelweg	Nabij A2 in Esch	X	X	X	X
A2ZB2	achtergrond	op circa 800m	X	X	X	X
A4SC1	snelweg	Nabij A4, Schiphol-Rijssenhout	X	X	X	X
A4SC2	achtergrond	Op circa 800m	X	X	X	X
A12DM1	snelweg	Nabij A12 te Harmelen	X	X	X	X
A12DM2	achtergrond	Op circa 400m	X	X	X	X
A13DZ1	snelweg	Nabij A13 te Delft	X	X	X	X
A13DZ2	achtergrond	Op circa 650 m	X	X	X	X
A12U1	snelweg	Nabij A12 in Utrecht				X
A12U2	achtergrond	Op circa 270m				X
A12U3	achtergrond	Op circa 850m				X
OVS1	achtergrond	Circa 300m verwijderd van meetstation 491 van DCMR				X
OVS2	achtergrond	Circa 850m verwijderd van meetstation 491 van DCMR				X

3.3 Tunnelmonden

Nabij twee drukke tunnels in Amsterdam, de IJtunnel en de Zeeburgertunnel, zijn buisjes opgehangen. Verder van de tunnelmonden zijn meetbuisjes voor de achtergrondconcentratie opgehagen.

Tabel 6 Locaties nabij tunnel met Palmes metingen.

Code	Type	Omschrijving	2012	2013	2014	2015
AMTY1	tunnelmond	Monding IJtunnel, Amsterdam	X	X	X	X
AMTY2	achtergrond	Achtergrond IJtunnel	X	X	X	X
AMTZ1	tunnelmond	Monding zeeburgertunnel,A'dam	X	X	X	X
AMTZ2	achtergrond	Achtergrond Zeeburgertunnel	X	X	X	X

3.4 Vaarwegen

Om scheepvaartbijdrage te meten zijn langs drie grote waterwegen van Nederland, het Amsterdam-Rijnkanaal en de Waal, en langs de Oude Maas, buisjes opgehangen.
Langs het Amsterdam-Rijnkanaal in Weesp zijn meetopstellingen op verschillende afstanden geplaatst. Deze metingen worden echter beïnvloed door bomenrijen op deze locatie. Vanaf 2015 is daarom nog een meetpunt in Loenen ingericht. Dit is het dichtstbijzijnde meetpunt van de drie meetpunten waarop in de periode april-augustus 2014 uitvoerig zijn gemeten (Hensen et al.,2014 en Erbrink,2014).

Tabel 7 Locaties nabij vaarwegen met Palmes metingen.

Code	Type	Omschrijving (*)	2012	2013	2014	2015
ARKB1	scheepvaart	Amst-Rijnkanaal in Weesp,20m	X	X	X	
ARKB2		Amst-Rijnkanaal,Weesp,125m	X	X	X	X
ARKB3		Amst-Rijnkanaal,Weesp,275m	X	X	X	
ARKB4		Amst-Rijnkanaal,Weesp,445m	X	X	X	
ARKB5		Amst-Rijnkanaal,Weesp,710m	X	X	X	X
ARKB6		Amst-Rijnkanaal,Weesp,955m	X	X	X	
WLB1	scheepvaart	Waal Herwijnen,35m	X	X	X	X
WLB2		Waal Herwijnen,170m	X	X	X	X
WLB3		Waal Herwijnen,315m	X	X	X	X
WLB4		Waal Herwijnen,495m	X	X	X	X
WLB5		Waal Herwijnen,655m	X	X	X	
WLB6		Waal Herwijnen,1025m	X	X	X	X
RDS1	scheepvaart	Oude Maas Barendrecht,25m	X			
RDS2		Oude Maas Barendrecht,75m	X			
RDS3		Oude Maas Barendrecht,140m	X			
RDS4		Oude Maas Barendrecht,320m	X			
RDS5		Oude Maas Barendrecht,605m	X			
RDS6		Oude Maas Barendrecht,945m	X			
Loenen1						X

(*): afstand tot rand van waterweg

3.5 Stadsachtergrond bij vrijwilligers

Op 9 locaties worden buisjes door vrijwilligers opgehangen nabij hun woonlocaties, meestal in hun tuin. Deze vrijwilligers zijn grotendeels (oud) medewerkers van het RIVM. De meetlocaties zijn ruimtelijk gezien redelijk verdeeld over de Randstad c.q. het centrum van het land.

Tabel 8 Palmes metingen bij vrijwilligers.

Code	Omschrijving	2012	2013	2014	2015
AFAJ	metingen bij vrijwilliger in Amersfoort	X	X	X	X
DBAF	metingen bij vrijwilliger in Den Bosch	X	X	X	X
ZSAR	metingen bij vrijwilliger in Zaanstad (Wormerveer)	X	X	X	X
DHAR	metingen bij vrijwilliger in Den Haag	X	X		
HZAW	metingen bij vrijwilliger in Huizen	X	X	X	
BRAA	metingen bij vrijwilliger in Breda	X			
HDAW	metingen bij vrijwilliger in Hoofddorp	X	X	X	X
AERO	Lage vliegtuigen, metingen bij een andere locatie in Hoofddorp	X	X	X	X
AGR	metingen bij vrijwilliger in Amsterdam nabij de grachten		X	X	X

3.6 Metingen van achtergrondconcentratie rondom Schipluiden

Schipluiden is een gebied dat gekenmerkt wordt door veel glastuinbouw. Tot en met 2012 stond op deze locatie het meetstation 411 van het LML en werden meetdata van dit station gebruikt in de ijking van GCN kaarten. Vanaf 2013 is dit station niet meer operationeel en zijn er in de omgeving Schipluiden geen meetdata waaraan de GCN kaart kan worden geijkt. Vanaf 2015 zijn in dit gebied 8 Palmes meetpunten ingericht. Deze meetpunten hebben tot doel om vast te kunnen stellen of glastuinbouw invloed heeft op de NO_2 concentratie en of de gemeten concentratie in lijn is met gerekende concentratie van GCN kaart.
In figuur 10 (Hoofdstuk 4) zijn deze locaties weergegeven.

3.7 Diversen

Om na te gaan of een meetpunt representatief is voor een langer stukje weg zijn nabij het meetstation 237 van het LML twee Palmes meetpunten ingericht die respectievelijk 50m oostelijk resp. 30m westelijk van het referentiepunt staan.

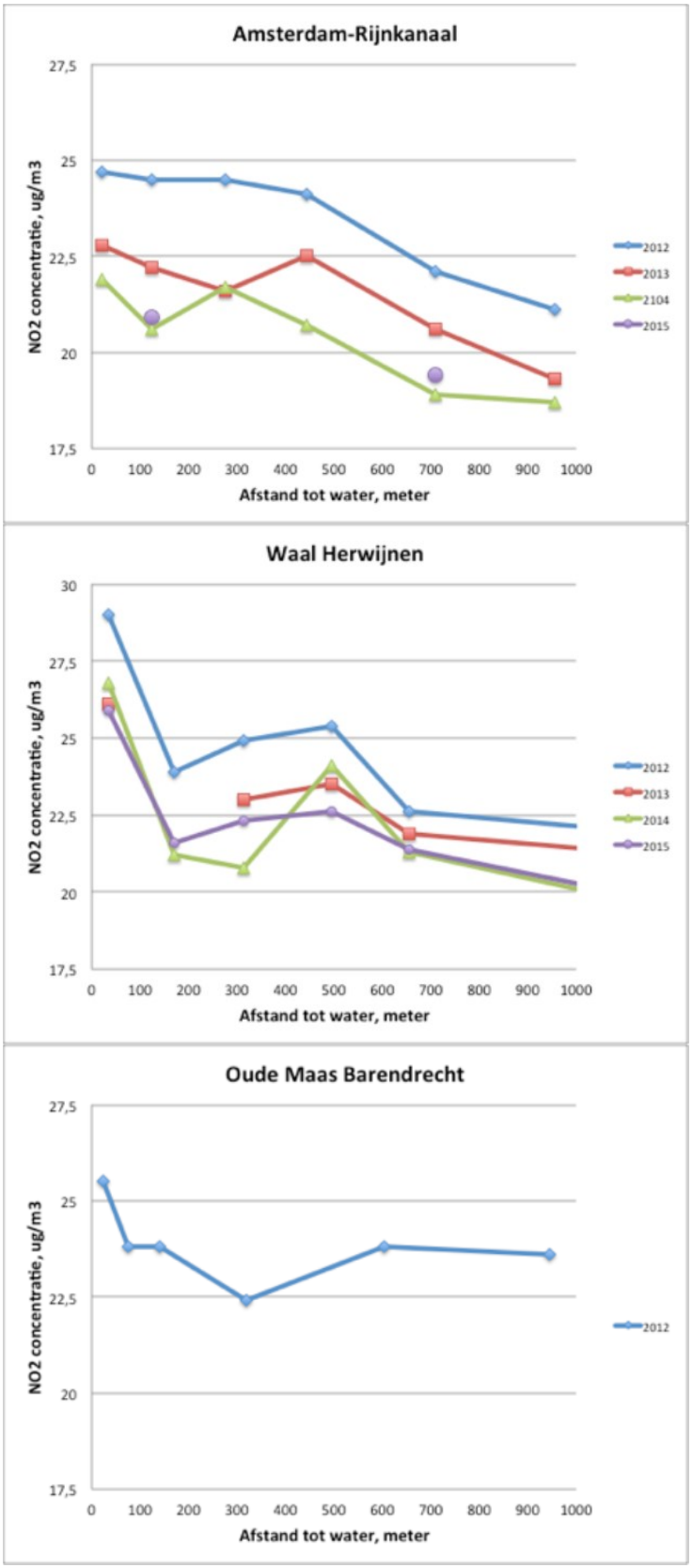
4 Resultaten

In bijlage 1 worden de coördinaten van alle meetlocaties weergegeven. In bijlagen 2 tot en met 5 zijn alle meetresultaten van 2012 tot en met 2015 weergegeven. Meetpunten langs snelwegen en op achtergrondlocaties worden gebruikt bij de meet en reken vergelijking (Wesseling et al., 2016). De resultaten van overige meetpunten worden in dit hoofdstuk nader besproken. Alle concentraties zijn geijkte en geldige jaargemiddelden.

4.1 Scheepvaart bijdrage

Tabel 9 Palmes metingen langs het Amsterdam- Rijnkanaal, de Waal en de Oude Maas.

Omschrijving	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Amst-Rijnkanaal in Weesp,20m	24.7	22.8	21.9	
Amst-Rijnkanaal,Weesp,125m	24.5		20.6	20.9
Amst-Rijnkanaal,Weesp,275m	24.5	21.6	21.7	
Amst-Rijnkanaal,Weesp,445m	24.1	22.5	20.7	
Amst-Rijnkanaal,Weesp,710m	22.1	20.6	18.9	19.4
Amst-Rijnkanaal,Weesp,955m	21.1	19.3	18.7	
Waal Herwijnen,35m	29.0	26.1	26.8	25.9
Waal Herwijnen,170m	23.9		21.2	21.6
Waal Herwijnen,315m	24.9	23.0	20.8	22.3
Waal Herwijnen,495m	25.4	23.5	24.1	22.6
Waal Herwijnen,655m	22.6	21.9	21.3	
Waal Herwijnen,1025m	22.1	21.4	20.0	20.2
Oude Maas Barendrecht,25m	25.5			
Oude Maas Barendrecht,75m	23.8			
Oude Maas Barendrecht,140m	23.8			
Oude Maas Barendrecht,320m	22.4			
Oude Maas Barendrecht,605m	23.8			
Oude Maas Barendrecht,945m	23.6			
Amst-Rijnkanaal in Loenen, 25m				23.5

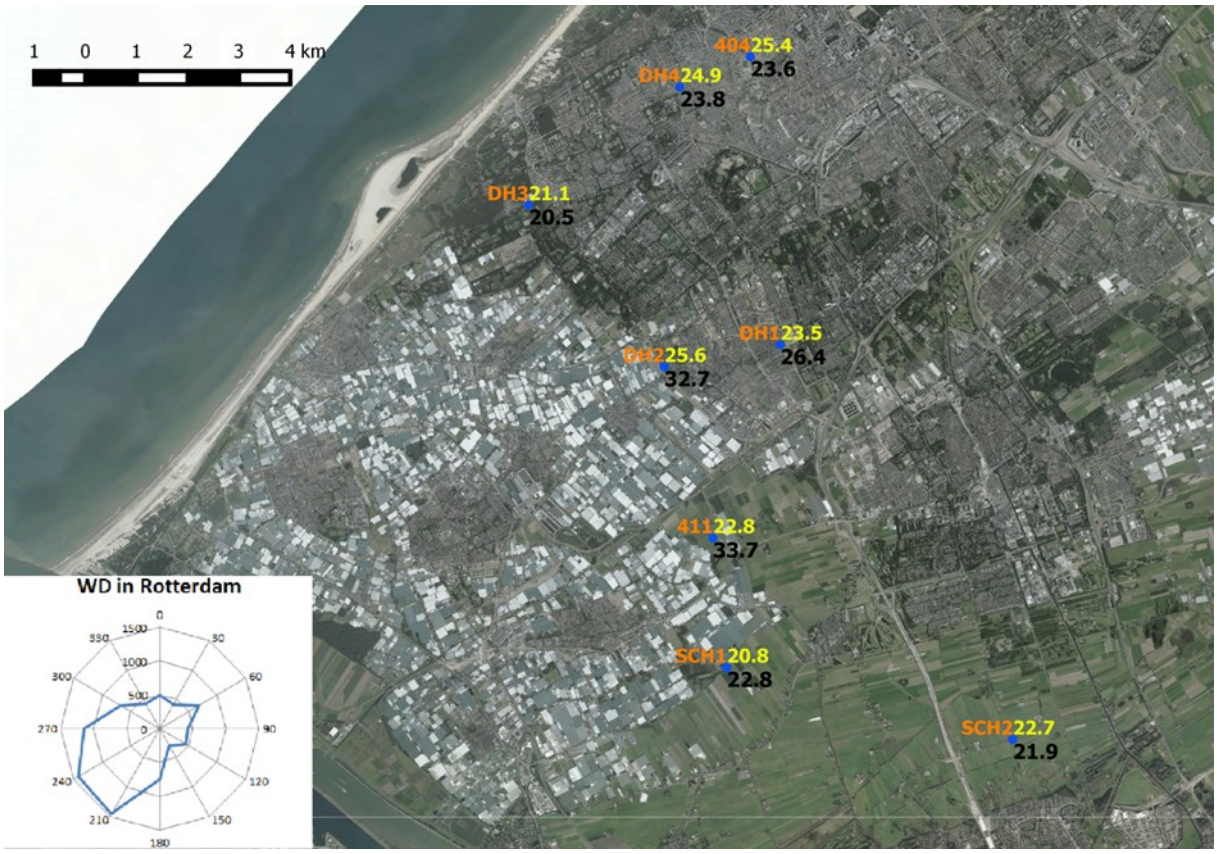


Figuur 9 Gemeten NO_2 concentraties langs grote vaarwegen

Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat de scheepvaartbijdrage dicht langs het Amsterdam-Rijnkanaal ongeveer 3 µg/m^3 bedraagt; de bijdrage langs de Oude Maas is ongeveer 2 µg/m^3 en de bijdrage langs de Waal is ongeveer 6 µg/m^3. Deze gemeten bijdrage langs de Waal komt overeen met de resultaten van een eerder uitgevoerd onderzoek van het RIVM, waar de scheepvaart bijdrage van de Waal in Nijmegen middels buisjesmetingen gedurende een jaar werd bepaald (Bloemen et al., 2006).

4.2 Bijdrage van glastuinbouw

In figuur 10 zijn de Palmes concentraties gemeten in 2015 in Schipluiden en omgeving weergegeven. Tevens zijn de concentratie volgens de GCN kaart 2016 weergegeven. Het effect van glastuinbouw is duidelijk waarneembaar op de locatie van het voormalige station LML411 en op locatie DH2. Deze twee locaties staan dichtbij de bron en op de heersende windrichting. Op deze locaties is de NO_2 concentratie volgens de GCN kaart respectievelijk 11 en 8 µg/m^3 lager dan gemeten. Op DH1 is het verschil nog 3 µg/m^3. Op locaties verder weg of dicht bij de kust is geen verschil tussen gemeten en gerekend. De hoge concentratie op LML411 komt overeen met waarnemingen op deze locaties toen het meetstation nog operationeel was.



Figuur 10 NO2 concentraties gemeten met Palmes buisjes en concentraties volgens de GCN kaart op locaties in Schipluiden. Zwart: Palmes meting. Geel: NO_2 concentratie in GCN kaart.

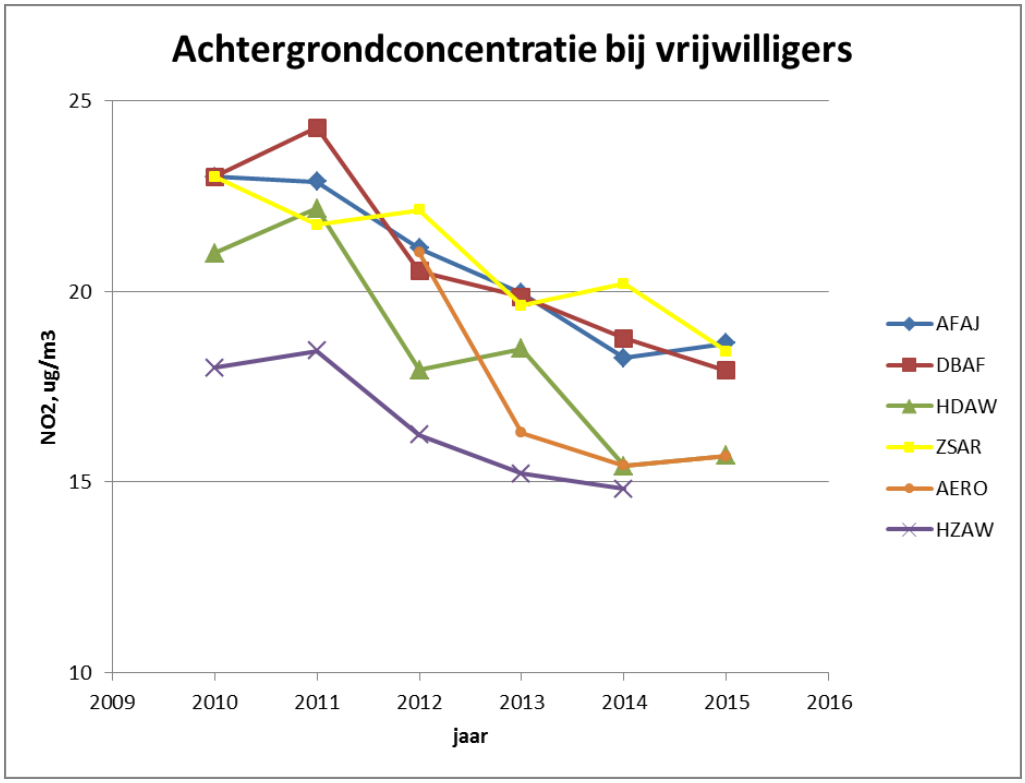
Opmerking: wegens vandalisme had het meetpunt SCH1 in 2015 maar 9 meetwaarden en zou geen geldig jaargemiddelde hebben. Correctie voor ontbrekende maanden met behulp van elders beschikbare data (Nguyen & Hoogerbrugge, 2014) heeft echter nagenoeg geen invloed op de resultaten: het jaargemiddelde wordt 23.2 ipv 22.8µg/m^3.

4.3 Metingen bij vrijwilligers

Tabel 10 en figuur 11 geven het concentratieverloop op achtergrondlocaties bij vrijwilligers weer. Grofweg is een afname van 4 tot 5 µg/m^3 NO_2 waargenomen. Deze afname is consistent met de waargenomen landelijke afname over de periode vanaf 2004 van 0.9 µg/m^3 NO_2 op stedelijke locaties (Hoogerbrugge et al., Artikel in Lucht, 2016).

Tabel 10 NO_2 concentraties op achtergrondlocaties bij vrijwilligers

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
AFAJ	23	22.9	21.1	20.0	18.2	18.6
DBAF	23	24.3	20.5	19.9	18.8	17.9
HDAW	21	22.2	17.9	18.5	15.4	15.7
HZAW	18	18.4	16.2	15.2	14.8	
ZSAR	23	21.8	22.1	19.6	20.2	18.4
AERO			21.0	16.3	15.4	15.7
AGR				34.3	34.3	35.9



Figuur 11 Verloop van NO_2 concentratie op achtergrondlocaties bij vrijwilligers.

4.4 Metingen oostelijk en westelijk van station LML237 in Eindhoven

Op 30 meter westelijk en 50 meter oostelijk van het huidige meetstation LML237 zijn Palmes meetpunten ingericht om na te gaan of de gemeten

concentratie op het referentie station representatief is voor een langere wegsegment. Dit blijkt uit de metingen inderdaad het geval. Binnen de onzekerheid van de metingen is er geen indicatie dat er grote concentratieverschillen zijn over dit stukje weg.

Tabel 11 NO_2 concentratie op 30m oostelijk en 50m westelijk van het meetpunt LML237(Eindhoven-Noordbrabantlaan)

	2013	**2014**	**2015**
237O	32.3	33.3	31.6
237W	31.7	33.2	30.8
237 referentie	33.3	33.8	31.3

4.5 Metingen bij tunnelmonden

Nabij de IJtunnel en de Zeeburgertunnel in Amsterdam zijn eveneens als in eerder onderzoek, forse lokale verhoging van NO_2 concentraties gemeten (tot 26 µg/m^3, zie bijlage 3).

4.6 Parallele metingen Gradko en Buro Blauw

In 2015 zijn de Gradko metingen grotendeels vervangen door buisjes van Buro Blauw. Op 8 snelweg locaties is met beide buisjes gemeten. Deze parallelle metingen moeten antwoord op de volgende vragen geven:

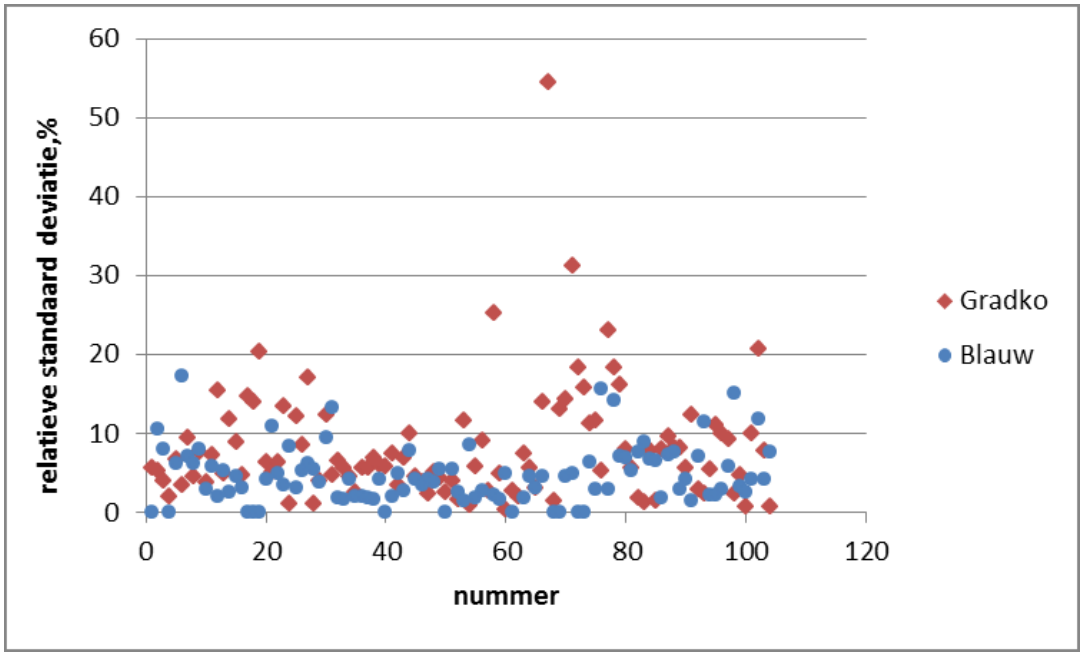
- Hoe verhoudt zich de onzekerheid van Gradko metingen tot metingen met buisjes van Buro Blauw?
- Komen de concentraties gemeten met beide buisjes met elkaar overeen? Met andere woorden: is er trendbreuk als gevolg van het vervangen van de leverancier van de buisjes?

Vergelijking van onzekerheden
Om de onzekerheid van twee methoden met elkaar te vergelijken worden data van alle parallelle metingen in 2015 (8 locaties * 13 perioden = 104 paren) gebruikt. Op basis van de gepoolde variantie (zie hoofdstuk 2.6) wordt de analysefout van beide bepalingen bepaald. Hieruit blijkt dat de onzekerheid van de analyse van Buro Blauw bijna een factor twee kleiner is dan die van Gradko (tabel 12). Figuur 12 geeft alle relatieve standaard deviaties weer.

Tabel 12 Analysefout van parallelle metingen tussen Gradko en Buro Blauw in 2015.

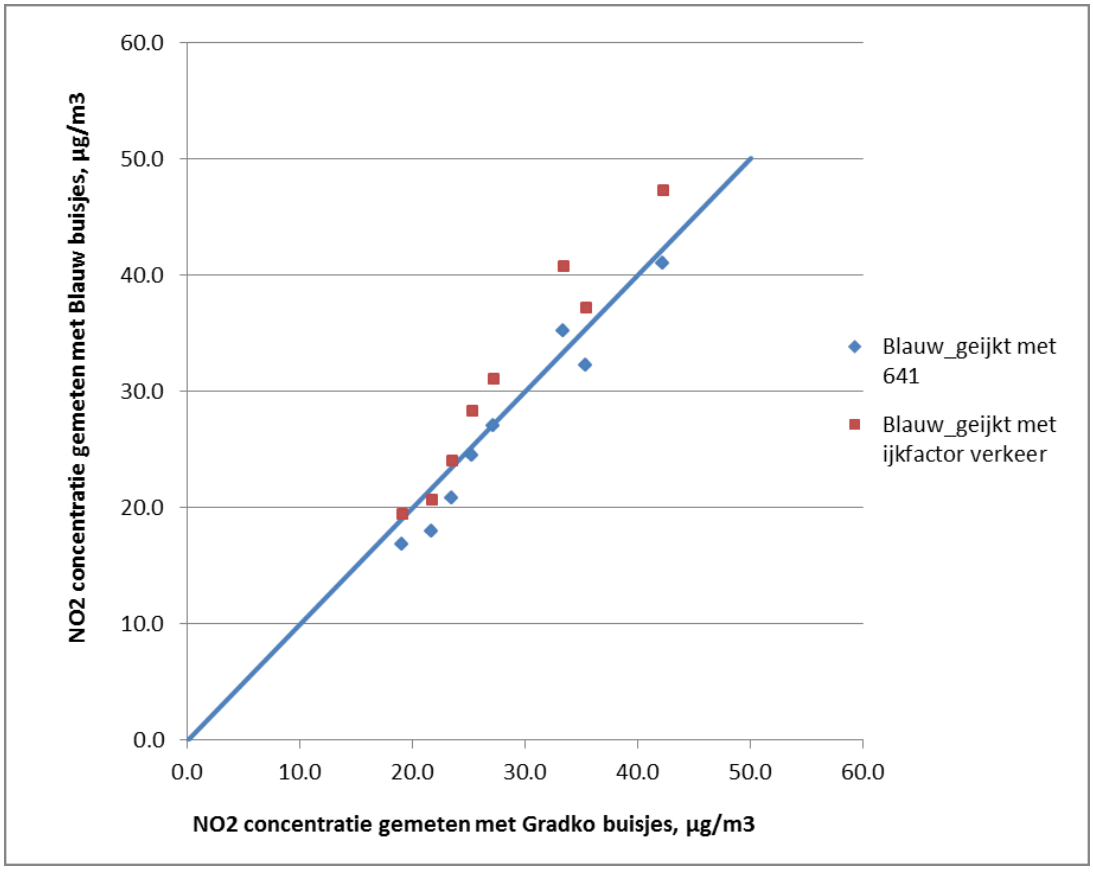
	Gradko	**Blauw**
Aantal metingen	104	102 (*)
Analysefout	**11.0**	**6.0**

(*) bij 2 metingen van Buro Blauw ontbreekt een van de twee analyses en kan geen standaard deviatie worden bepaald



Figuur 12 Relatieve standaard deviatie van 104 parallelle metingen tussen Gradko en Blauw in 2015

Vergelijking van jaargemiddelden verkregen met parallelle metingen
In 2015 zijn op 8 snelweg locaties en op referentie station LML641 met beide buisjes gemeten. Daarnaast zijn op 3 referentie straatstations LML639, GGD7 en DCMR491 metingen met Buro Blauw-buisjes uitgevoerd. Het gemiddelde van deze vier ijkfactoren worden gebruikt voor de ijking van metingen van Blauw op verkeersbelaste locaties. Voor het ijken van Gradko metingen zijn echter alleen metingen op station LML641 beschikbaar. Om zuiver te kunnen vergelijken worden de metingen van Blauw daarom op twee manieren gecorrigeerd, met het gemiddelde van alle vier ijkfactoren en alleen met de ijkfactor op locatie LML641. In tabel 13 en figuur 13 zijn de resultaten van de vergelijking weergegeven



Figuur 13 Parallelle metingen tussen Gradko en Buro Blauw. Metingen van Buro Blauw zijn met twee verschillende manieren geijkt.

Tabel 13 Verschil tussen metingen van Blauw en Buro Gradko

code	Gradko (geijkt met 641)	Buro Blauw Geijkt met 641	Buro Blauw Geijkt met gemiddelde ijking	Gradko-Buro Blauw Geijkt met 641	Gradko-Buro Blauw Blauw geijkt met gemiddelde ijking
A1EB1	25.3	24.5	28.3	0.9	-2.9
A1EB2	19.1	16.9	19.5	2.3	-0.3
A4SC1	33.5	35.2	40.7	-1.8	-7.2
A4SC2	23.5	20.8	24.0	2.7	-0.5
A12DM1	35.4	32.3	37.1	3.1	-1.7
A12DM2	21.8	18.0	20.7	3.8	1.1
AMTY1	42.3	41.0	47.3	1.3	-5.0
AMTY2	27.2	27.0	31.0	0.2	-3.8
Gemiddeld verschil (Gradko-Blauw)				1.5	-2.5
Standaard deviatie				1.8	2.8
95% interval van het verschil				[-2.1 5.1]	[-3.1 8.1]

Het verschil tussen beide sets is kleiner dan het 95% betrouwbaarheidsinterval. Als gevolg kunnen we concluderen dat er (op basis van de beschikbare gegevens) geen trendbreuk is als gevolg van het gebruiken van nieuw type buisjes. Het is wel duidelijk dat de

onzekerheid groter wordt indien verschillende ijkmethoden worden toegepast.

5 Conclusies

Palmes buisjes zijn goede alternatieven om stikstofdioxide concentraties te bepalen op locaties waar geen officiële continu metingen zijn. De metingen langs snelwegen en op stedelijke achtergrondlocaties kunnen goed worden gebruikt in de meet/reken vergelijking. Langs vaarwegen, nabij de tunnel monden en in Schipluiden geven de metingen met Palmes buisjes inzicht in het verloop van de luchtkwaliteit op deze locaties:

- De scheepvaarbijdrage langs het Amsterdam –Rijnkanaal bedraagt circa 3 µg/m^3. Langs de Waal is een bijdrage circa 6 µg/m^3 gemeten in Herwijnen. Deze resultaten komen overeen met de bijdrage die in een eerder onderzoek van het RIVM in Nijmegen was gemeten
- Op achtergrondlocaties bij vrijwilligers is grofweg een afname van 4 tot 5 µg/m3 NO_2 in 5 jaar waargenomen. Deze afname is consistent met de waargenomen landelijke afname over de periode vanaf 2004 van 0.9 µg/m^3 NO_2 op stedelijke locaties
- Langs de tunnelmonden zijn aanzienlijke verhoging van NO_2 gemeten (tot 26 µg/m^3).
- Emissies van de glastuinbouw in Schipluiden hebben duidelijk effect op de NO_2 concentratie in dat gebied. Aan de rand van de kassen en beneden de heersende windrichting is een forse bijdrage van de kassen gemeten. Een verschil met de GCN concentratie van maximaal 11 µg/m^3 is waargenomen. Op afstanden van een paar kilometers van de kassen is er nagenoeg geen verschil tussen gemeten concentratie en de concentratie in de GCN kaart.
- Er zijn in de beschikbare dataset geen systematische afwijkingen gevonden tussen metingen met Gradko buisjes en die van Buro Blauw. De reproduceerbaarheid van de metingen met buisjes van Buro Blauw blijkt ongeveer een factor twee beter te zijn dan die van Gradko.

Literatuur

Bush, T., S. Smith, K. Stevenson, S. Moorcroft (2001) Validation of nitrogen dioxide diffusion tube
methodology in the UK. Atmospheric Environment,35: 289-296.

Bloemen, H.J.Th.,Uiterwijk,W.,van Putten,E.M.,Verboom,J.H. (2006) Locale Invloed Scheepvaart Emissie-LISE. RIVM rapport 680280001/2006.

Gair AJ, SA Penkett. The effects of wind speed and turbulence on the performance of diffusion tube samplers. Atmospheric Environment 1995;29:2529-2533.

Heal MR, MA O'Donoghue, JN Cape. Overestimation of urban nitrogen dioxide by passive diffusion tubes: a comparative exposure and model study. Atmospheric Environment 1999;33:513-524.

Hensen, A. et al. (2014) Sheepvaartmetingen Loenen 2014. ECN rapport ECN-E-14-044.

Hoogerbrugge,R.,Nguyen,L.,Wesseling,J.,van den Elshout,S., Willers,S., Visser,J.,van der Zee,S. (2016) Trendanalyse toont: concentraties PM_{10} en NO_2 blijven dalen. Tijdschrift Lucht 3 (2016).

Nguyen, L., Hoogerbrugge, R. (2014) Methods used to compensate for the effect of missing data in air quality measurements. RIVM Letter report 2014-0079.

Palmes E.D., A.F. Gunnison, J. Dimattio, C. Tomezyk (1976) Personal sampler for nitrogen dioxide.
American Industrial Hygiene Association, 37: 570-577.

Plaisance H, A. Piechocki-Minguy, S Garcia-Fouque, JC Galloo. Influence of meteorological factors in the NO2 measurements by passive diffusion tube. Atmospheric Environment 2004;38:573-580.

Stevenson K, T Bush, D Mooney. Five years of nitrogen dioxide measurement with diffusion tube samplers at over 1000 sites in the UK. Atmospheric Environment 2001:35;281-287.

Uiterwijk, W., Wesseling,J., Nguyen,L. (2011) Een vergelijking tussen (passieve) NO_2-metingen en rekenresultaten in 2010. RIVM rapport 680705020/2011.

Wesseling,J., van der Zee,S., Nguyen,L..Gemeten en berekende NO_2-concentraties in Amsterdam in 2008. RIVM Rapport 680705015/2010.

Wesseling,J., van Velze,K.,Hoogerbrugge, R.,
Nguyen,L.,Beijk,R.,Ferreira,J. (2013) Gemeten en berekende (NO_2) concentraties in 2010 en 2011. RIVM rapport 680705027/2013.

Wesseling,J., Nguyen,L.,Hoogerbrugge, R. (2013) Gemeten en berekende concentraties in de periode 2010 t/m 2015 (Update). RIVM rapport M/240027/16/2016.

Bijlage 1 Coördinaten van de meetpunten

Code lokatie	Lokatie	x	y
A1EB1	A1 Eembrugge 1	150692	469791
A1EB2	A1 Eembrugge 2	150903	470437
A2ZB1	A2 Vught/Esch 1	149753	404933
A2ZB2	A2 Vught/Esch 2	149081	404065
A4SC1	A4 Schiphol-Rijssenhout 1	107973	475740
A4SC2	A4 Schiphol-Rijssenhout 2	108504	475126
A12DM1	A12 Harmelen 1	124589	454831
A12DM2	A12 Harmelen 2	125159	455239
A13DZ1	A13 Delft Zuid 1	87280	442768
A13DZ2	A13 Delft Zuid 2	87821	443085
491	DCMR_491	89226	439335
OVS1	Zestienhovensekade, Rotterdam, coordinaten zijn van een locatie op ca 20m verder op	89518	439455
OVS2	van der Duijn van Maasdamweg/Deelenweg, Rotterdam	90124	440038
A12U1	Pagelaan / Herautlaan, Utrecht, aan lantaarnpaal	136398	452304
A12U2	Liesbosweg / Julianalaan, Utrecht, aan lantaarnpaal	136418	452501
A12U3	Hooft Graaflandstraat nr 205, Utrecht	136619	453038
ARKB2	AR kanaal-Weesp, 125m	130230	478936
ARKB5	AR kanaal-Weesp, 710m	130812	479018
Loenen1	aan lantaarnpaal, scheepvaart meetpunt 1	129196	471716
WLB1	Waal-Boveneind, 33m	139274	425524
WLB2	Waal-Boveneind, 170m	139272	425658
WLB3	Waal-Boveneind, 315m	139274	425768
WLB4	Waal-Boveneind, 500m	139270	425987
WLB5	Waal-Boveneind, 655m	139220	426144
WLB6	Waal-Boveneind, 1025m	139084	426499
AMTY1	Amsterdam, IJtunnel ,schatting	122650	487400
AMTY2	Amsterdam, IJtunnel achtergrond,schatting	122650	487400
AMTZ1	Amsterdam, Zeeburgertunnel	126794	488167
AMTZ2	Amsterdam, Zeeburgertunnel achtergrond	126902	488138
AFAJ	Achtergrond vrijwilliger	156101	466850
DBAF	Achtergrond vrijwilliger	150040	412881
HDAW	Achtergrond vrijwilliger	106676	480005
HZAW	Achtergrond vrijwilliger	146694	479009
ZSAR	Achtergrond vrijwilliger	115558	499615
AGR	Woonboot Prinsengracht , A'dam	120615	486955
237O	gevel oostelijk van LML237	159051	383920
237W	gevel westelijk van LML237	158981	383889
411	paar meter vanaf station LML411	79003	445499
SCH1	Dorppolderweg / Klinkaertpad, Schipluiden, aan nadering voorrangswegbord	79274	442973
SCH2	Octave De Coninckpad, Schiedam	84860	441568
DH1	Vogelenzanglaan,Rijswijk	80319	449271
DH2	Rozemarijn/Blauwe Wijngaardrank,Wateringen Westland	78054	448839
DH3	Ockenburghstraat/Loosduinse Hoofdstraat,DH . Aan lantaarnpaal nr 594	75404	451995

Code lokatie	Lokatie	x	y
DH4	Boksdoornstraat 15, Den Haag	78356	454298
GGD07	GGD_7,Einsteinweg	118098	488302
641	LML641 Breukelen Snelweg	127667	468231
639	LML639 Utrecht, Erzeijstraat	136715	453312
404	LML404 DenHaag, Rebecquestraat	79733	454889
633	LML633 Zegveld, Oude Meije	117409	461225
549	LML549 Laren, Jagerspad	144674	474373
643	achtergrond LML636 Utrecht-Griftpark	137254	457033
AMST01	Amsterdam, Stadhouderskade	121789	485682
AMST03	Amsterdam, Overtoom	119518	485887
AMST04	Amsterdam, Oude Schans	122135	487249

Bijlage 2 Meetresultaten 2010

Onderstaande tabel geeft de met de Palmesbuisjes gemeten NO2-concentraties voor de meetperioden 1 t/m 13. In de kolom 'JM' staat de geijkte jaargemiddelde concentratie op die locatie (Uiterwijk et al.,2011).

periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	JM
stadsachtergrond														
Breda		27	24	22	17	18	17	17	17	8	19		24	19
Amersfoort	33	34	28	27	20	19	21	16	16	12	21	27	29	23
Den Bosch	30	35	28	23	20	16	20	17	16	13	22	26	31	23
Zaanstad	36	33	27	28	20	17	20	17	10	11	21	23	33	23
Den Haag	40	36	30	34	25	17	22	20	19	10	24	29	34	26
Hoofddorp										12	24	25	25	21
Huizen	29	29	23	21	15	11	13	12	14	11	15	20	24	18
Utrecht	36	41	38	39	40	37	46	35	33	30	39	51		39
Snelwegen														
A1 verkeer	36	36	38	35	25	23	24	28	27	31	38	39	37	32
A1 achtergrond	28	28	32	29	19	17	17	20	19	20	23	29	30	24
A2 verkeer	42		46	34	41	42		33	22		34	38	42	37
A2 achtergrond	30	35	27	23	19	18	19		17	17	20	25	28	23
A4 verkeer	42	57	48	54	49	65	57	53	35	43	36	52	53	50
A4 achtergrond	37	42	39	36	27	29	29	28	22	26	31	37	39	33
A12 verkeer	46	52	45	41	32	24	21	30		34	41		50	38
A12 achtergrond	36	40	37	33		19	21	21		20	30	31	36	29
A13 verkeer	51	59	54	64	48	48	56	54	56	49	57	60	62	55
A13 achtergrond	43	45	43	35	27	25	24	26	27	23	33	32	40	32
scheepvaart	29	40	28	30	23	23	26	24	24	23	24	30	33	28
scheepvaart achtergrond	33		30	29	22	20	20	21	20	20	24	27	37	25
tunnels														
Amsterdam, IJtunnel			55	70	62	77	72	67	55	48	50	60	59	62
Amsterdam, Ijtunnel achtergrond			40	40	34	34	35	33	29	20	34	35	42	34
Amsterdam, Zeeburgertunnel			60	59	57	61	58	60	38	32	53	46	64	53
Amsterdam, Zeeburgertunnel achtergrond			33	33	22	18	20	22	23	22	31	29	36	26

Bijlage 3: Meetresultaten 2012: geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2012 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
A1EB1	Eembrugge 1	49,1	48,3	30,4	25,3	24,6	19,3		21,6	31,2	36,6	30,7	41,7	24,4	31,9	12	31,9
A1EB2	Eembrugge 2	36,5	37,9	23,5	17,3	15,8	11,5		13,7	17,5	20,7	23,5	36,6	19,2	22,8	12	22,8
A2ZB1	Esch 1	39,7		40,9	24,7	24,8	28,1		25,9	24,3	21,0	31,1	38,5	17,9	28,8	11	28,8
A2ZB2	Esch 2	28,1	36,2	24,3	17,0	17,0	13,6		12,3	14,9	16,5	22,8	30,8	15,2	20,7	12	20,7
A4SC1	Schiphol 1	49,5	61,7	49,1	37,5	51,7	35,2		41,4	49,6	37,6	37,4	46,9	30,6	44,0	12	44,0
A4SC2	Schiphol 2	28,4	44,4	31,5	23,7	22,1	18,2		21,6	19,5	28,4	29,7	39,1	23,8	27,5	12	27,5
A12DM1	Harmelen 1	45,7	51,0	36,1	36,1	34,2			37,8	40,3	45,1	38,3	58,5	32,0	41,4	11	41,4
A12DM2	Harmelen 2	38,5	41,4	27,1					17,2	20,5	23,3	27,2	40,8	19,3	28,4	9	
A13DZ1	Delft Z 1	54,5	77,0	53,9	57,1	57,5	42,0		46,6	57,8	59,3	54,9	70,1	39,7	55,9	12	55,9
A13DZ2	Delft Z 2	43,2	49,4	30,1	27,8	22,4	17,1		19,5	22,6	32,0	37,5	46,2	26,9	31,2	12	31,2
ARKB1	AR kanaal Weesp, 20m	29,2	29,1	29,5	21,3	22,0	16,1		17,9	23,4	23,0	22,9	40,0	21,7	24,7	12	24,7
ARKB2	AR kanaal Weesp, 125m	31,5	31,4	33,2	16,7	18,9	14,7		16,7	21,7	21,0	23,8	43,5	21,6	24,5	12	24,5
ARKB3	AR kanaal Weesp, 275m	31,3	31,4	33,7	18,5	17,7	14,6		17,1	21,4	22,5	25,1	35,8	24,3	24,5	12	24,5
ARKB4	AR kanaal Weesp, 445m	29,2	30,2	30,7	18,0	19,2	13,4		15,7	20,2	21,5	24,2	42,7	23,9	24,1	12	24,1
ARKB5	AR kanaal Weesp, 710m	26,4	33,4	28,6	16,8	15,7	12,5		13,8	17,6	20,1	21,3	36,8	21,9	22,1	12	22,1
ARKB6	AR kanaal Weesp, 955m	26,4	30,6	29,0	15,6	14,6	12,8		14,8	17,7	19,1	21,2	30,3	20,8	21,1	12	21,1
WLB1	Waal Herwijnen, 35m	37,9	39,1	34,7	19,0	21,0	18,6		20,5	26,7	25,5	28,9	47,6	28,8	29,0	12	29,0
WLB2	Waal Herwijnen, 170m	28,8	34,0	28,4	17,8	19,0	14,1		17,6	19,8	20,7	22,2	38,1	25,9	23,9	12	23,9
WLB3	Waal Herwijnen, 315m	31,6	35,4	30,4	15,1	17,8	14,1		14,4	19,1	20,5	24,2	46,7	29,2	24,9	12	24,9
WLB4	Waal Herwijnen, 495m	25,8	32,5	30,3	17,7	19,1	15,3		17,5	20,6	22,6	27,1	51,5	24,4	25,4	12	25,4
WLB5	Waal Herwijnen, 655m	24,9	31,8	27,5	16,8	16,5	15,1		17,7	22,0	20,3	21,6	34,5	22,6	22,6	12	22,6
WLB6	Waal Herwijnen, 1025m	24,5	31,2	25,7	15,8	17,0	12,9		15,5	20,8	19,6	22,1	39,3	20,8	22,1	12	22,1
RDS1	Oude Maas Barendrecht, 25m	24,8	30,9	31,5	21,7	22,3	16,1		22,4		22,4	25,7	39,7	22,6	25,5	11	25,5
RDS2	Oude Maas Barendrecht, 75m	24,3	28,9	31,7	21,4	21,7	14,8		20,3		23,3	24,9	25,1	25,1	23,8	11	23,8
RDS3	Oude Maas Barendrecht, 140m	29,4	28,5	23,4	21,8	22,2	15,7		21,1		23,7	24,8	31,2	20,3	23,8	11	23,8
RDS4	Oude Maas Barendrecht, 320m	26,6	27,2	30,7	22,1	21,5			18,9		22,1	23,8	32,4	21,1	24,6	10	24,6
RDS5	Oude Maas Barendrecht,	26,2	26,6	31,3	22,6	20,3	14,4		18,4		21,6	23,0	35,4	22,0	23,8	11	23,8

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2012 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
	605m Oude Maas Barendrecht,																
RDS6	945m	25,7	26,4	34,9	22,1	22,0	14,6		16,7		22,2	24,0	30,4	20,6	23,6	11	23,6
AMTY1	A'dam IJtunnel 1	66,0	88,6	60,9	68,1	52,7	46,7		51,7	56,8	63,4	64,5		43,6	60,3	11	60,3
AMTY2	A'dam IJtunnel 2	38,8	45,2	38,4	36,4	29,9	23,6		25,2	28,6	34,4	36,6	40,5	29,9	33,9	12	33,9
AMTZ1	A'dam Zeeburgertunnel 1	53,5	57,3	57,2	50,0	40,5	54,3		51,5	41,6	37,5	52,3	64,4	35,0	49,6	12	49,6
AMTZ2	A'dam Zeeburgertunnel 2	49,8	37,9	29,3	21,1	18,3	15,6		16,7	25,5	30,1	28,6		25,1	27,1	11	27,1
AMST01	A'dam Stadhouderskade	63,9	59,5	49,1	49,2	39,3	39,3		40,0	44,8	53,6	56,5	53,6	47,6	49,7	12	49,7
AMST02	A'dam Haarlemmerweg	66,5	71,8	62,7	64,2	51,5	46,2		47,0	65,2	73,1	59,8	71,1	51,3	60,9	12	60,9
AMST03	A'dam Overtoom	36,8	36,1	41,7	27,7	23,0	19,9		16,9	22,5	21,9	30,2	40,1	35,8	29,4	12	29,4
AMST04	A'dam Oude Schans	42,0	41,8	39,7	34,6	25,9	21,6				30,8	34,9	41,9	35,7	34,9	10	34,9
AMST05	A'dam J.v.Galenstraat	66,9	64,2	55,9	61,0	43,7	41,0		43,0		48,4	52,6	52,4	35,7	51,3	11	51,3
AMST06	A'dam L3 J.v.Galenstraat 151	70,6	58,8	54,1	57,2	37,9	34,4		41,0	48,2	52,0	49,5	43,1	41,9	49,1	12	49,1
AMST07	A'dam P.v.d. Doesstraat 67	41,3	44,1	46,7	35,0	27,3	23,9		26,3	30,0	29,5	37,5	50,0	35,9	35,6	12	35,6
AMST08	A'dam L2 J.v.Galenstraat 227	57,6	65,4	52,1	50,2	36,8	33,9		35,8	38,7	39,4	43,3	49,2	32,7	44,6	12	44,6
AMST09	A'dam L1 J.v.Galenstraat 255	56,5	67,6	67,2	62,0	48,7	46,3		46,9	54,6	57,6	52,4	54,6	40,9	54,6	12	54,6
AFAJ	Amersfoort, achtergrond	25,6	27,4	23,7	14,4	18,3	12,7		18,2	18,4	17,7	20,8	35,6	20,6	21,1	12	21,1
BRAA	Breda, achtergrond	20,3	25,5	22,9	14,6	16,4	11,1		17,9	14,2		16,9			17,8	9	
DBAF	Den Bosch, achtergrond	25,7	28,4	24,6	13,2	14,7	13,1		16,7	19,5	18,0	20,1	33,4	18,9	20,5	12	20,5
DHAR	Den Haag, achtergrond	25,8	30,4	28,6	18,4	19,1	14,8		20,3	19,6	19,4	24,7	31,7	27,0	23,3	12	23,3
HDAW	Hoofddorp, achtergrond	20,7	23,9	22,8	13,6	16,3	9,3		15,2	13,6	14,5	19,0	25,4	21,2	17,9	12	17,9
HZAW	Huizen, achtergrond	22,2	21,8	18,7	11,8	12,2	9,0		11,4	12,8	15,0	16,9	24,7	18,3	16,2	12	16,2
ZSAR	Zaanstad, achtergrond	25,5	36,7	23,8	17,8	15,6	11,8		15,8	15,0	17,7	23,5	39,6	22,7	22,1	12	22,1
AERO	Hoofddorp, lage vliegtuigen	22,4	54,6	22,8	16,1	14,4	8,3		14,7	14,0	16,8	19,8	29,7	18,7	21,0	12	21,0

Bijlage 4 Meetresultaten 2013:geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden.

(opmerking: concentraties in kolom Geldig zijn gecorrigeerd voor de dubbele periode)

lokatie		periode	1	2	3	4	dubbele periode 5	6	7	8	9	10	11	12	NO2_2013 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
A1EB1	Eembrugge 1		27,4	21,5	20,3	24,7	18,6	17,9	23,1	25,8	25,1	28,6	32,8	29,5	24,6	13	24,1
A1EB2	Eembrugge 2		24,7	18,2	16,9	17,5	11,5	12,3	12,8	17,0	18,6	24,8	29,7	25,6	19,1	13	18,5
A2ZB1	Esch 1		38,4	32,4	46,1	30,2	24,6	24,5	22,4	28,0	25,0	23,2	36,7	28,6	30,0	13	29,5
A2ZB2	Esch 2		31,4	23,9	24,4	15,6	14,0	10,8	13,4	17,0	19,5	19,6	29,6	20,4	20,0	13	19,5
A4SC1	Schiphol 1		45,6	36,5	33,7	37,3	38,8	35,0	32,5	36,9	30,9	37,1	50,0	34,0	37,4	13	37,4
A4SC2	Schiphol 2		31,2	25,7	25,7	24,7	18,8	17,6	18,4	22,7	22,0	27,3	33,7	32,4	25,0	13	24,5
A12DM1	Harmelen 1		43,1	29,1	33,1	35,8	26,7	19,9	32,1	34,4	32,0	40,0	42,2	46,6	34,6	13	33,9
A12DM2	Harmelen 2		30,7	24,1	23,4	22,0			15,7	22,2	24,0	24,7	32,4	31,5	25,1	10	25,1
A13DZ1	Delft Z 1		44,6	41,7	32,3	36,3	37,3	32,9	47,0	45,6	41,2		57,7	64,8	43,8	12	43,1
A13DZ2	Delft Z 2		38,9	28,5	29,7	23,1	17,8	14,0	16,4	20,2	24,3	34,4	33,4	43,3	27,0	13	26,2
ARKB1	AR kanaal Weesp, 20m		27,1	21,6	19,2	19,1	17,7	16,6	18,4	25,0	23,6	24,1	34,4	31,9	23,2	13	22,8
ARKB2	AR kanaal Weesp, 125m		29,3	22,1							23,0	26,0	30,5	32,0	27,2	6	
ARKB3	AR kanaal Weesp, 275m		29,0	23,0	20,8	19,1	14,9	13,5	17,0	23,7	22,5	23,8	31,7	27,6	22,2	13	21,6
ARKB4	AR kanaal Weesp, 445m		30,5	20,9	20,2	19,5		12,6	16,0	23,0	22,5	23,7	29,5	29,3	22,5	11	22,5
ARKB5	AR kanaal Weesp, 710m		27,4	21,6	22,9	18,6	12,4	12,0	15,3	20,9	21,7	23,2	29,5	30,8	21,4	13	20,6
ARKB6	AR kanaal Weesp, 955m		26,8	20,3	21,3	16,8	12,2	10,4	15,3	20,1	20,3	21,1	28,3	25,8	19,9	13	19,3
WLB1	Waal Herwijnen, 35m		36,3	26,4	29,9	28,8	16,0	15,8	20,2	25,3	27,7	28,3	37,0	32,5	27,0	13	26,1
WLB2	Waal Herwijnen, 170m		34,3	23,9							20,0	20,6	27,4	25,2	25,2	6	
WLB3	Waal Herwijnen, 315m		34,8	25,6	25,0	20,2	16,2	13,3	16,4	22,7	21,9	21,2	32,5	33,5	23,6	13	23,0
WLB4	Waal Herwijnen, 495m		33,9	24,7	26,0	22,7	15,2	14,5	18,6	25,8	25,5	25,3	35,4		24,3	12	23,5
WLB5	Waal Herwijnen, 655m		31,1	24,0	22,2	19,5	16,4	14,2	17,8	23,9	22,1	21,9	30,5	25,7	22,4	13	21,9
WLB6	Waal Herwijnen, 1025m		30,4	24,7	23,0	19,2	16,2	14,4	16,6	23,0	21,4	20,3	28,2	25,6	21,9	13	21,4
RDS1	Oude Maas Barendrecht, 25m		26,5	26,9	22,5		18,0	17,2	19,2	24,2					22,1	8	
RDS2	Oude Maas Barendrecht, 75m		27,2	25,4											26,3	2	
RDS3	Oude Maas Barendrecht, 140m		29,9	26,4	24,2		17,2	16,5	18,5	24,1					22,4	8	
RDS4	Oude Maas Barendrecht, 320m		27,9	27,9	22,6		18,3	14,5	18,0	22,6					21,7	8	

lokatie	periode	1	2	3	4	dubbele periode 5	6	7	8	9	10	11	12	NO2_2013 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
RDS5	Oude Maas Barendrecht, 605m	29,6	25,3	24,5		18,1	14,9	17,0	22,2					21,7	8	
RDS6	Oude Maas Barendrecht, 945m	28,3	27,5	24,5		17,3	14,9	17,8	23,2					21,9	8	
AMTY1	A'dam IJtunnel 1	47,3	44,6	37,5	39,4	54,0	45,1	37,3	45,7	44,4	48,3	67,1	49,1	46,7	13	47,0
AMTY2	A'dam IJtunnel 2	36,1	28,0	28,8	30,3	25,4	21,1	22,7	27,8	29,1	36,7	39,9	36,7	30,2	13	29,8
AMTZ1	A'dam Zeeburgertunnel 1	49,6	36,9	51,2	43,0	39,9	42,6	34,0	42,4	37,5	44,7	50,0	42,8	42,9	13	42,5
AMTZ2	A'dam Zeeburgertunnel 2	29,4	22,0	21,8	15,9	15,7	13,1	15,2	19,8	23,3	34,1	36,5	33,9	23,4	13	22,8
AMST01	A'dam Stadhouderskade	42,6	44,0	43,4	42,9	39,4	36,3	31,8	38,7	38,2	51,5	51,2	52,0	42,7	13	42,3
AMST02	A'dam Haarlemmerweg	54,7	43,3	49,9	46,9	44,8	37,8	44,5	43,2	45,6	58,7	60,4	57,3	48,9	13	48,5
AMST03	A'dam Overtoom	34,2	27,2	31,9	26,3	20,7	20,3	19,1	25,5	24,9	28,1	36,9	35,7	27,6	13	27,0
AMST04	A'dam Oude Schans	36,5	30,5		28,2		20,3	22,8	28,3	28,0	32,9	40,4	42,2	31,0	10	31,0
AMST05	A'dam J.v.Galenstraat	46,5	47,3	41,0	35,9	37,9	33,9	37,9	42,1	41,6	50,7	63,2	49,6	44,0	13	43,4
AMST06	A'dam L3 J.v.Galenstraat 151	47,1	40,7	42,0	38,0	34,1	29,0	35,7	37,7	39,7	49,5	48,8	49,6	41,0	13	40,4
AMST07	A'dam P.v.d. Doesstraat 67	44,4	35,5	34,5	32,1	24,5	23,6	25,2	32,4	33,1	34,2	42,2	37,0	33,2	13	32,5
AMST08	A'dam L2 J.v.Galenstraat 227	45,0	42,0	44,7	39,4	32,3	33,8	28,5	39,6	38,0	39,1	51,0	44,0	39,8	13	39,1
AMST09	A'dam L1 J.v.Galenstraat 255	46,2	46,3	51,7	47,0	48,5	43,4	41,7	43,5	42,1	55,0	55,9	53,3	47,9	13	47,8
AFAJ	Amersfoort, achtergrond	24,0	23,2	20,9	18,5	14,5	15,1	17,1	20,6	22,0	20,3	28,0	21,0	20,4	13	20,0
AGR	Woonboot Prinsengracht , A'dam				40,1	25,6	28,7	33,3	34,5	36,4	34,3	48,0	37,6	35,4	10	34,3
DBAF	Den Bosch, achtergrond	25,7	23,6	22,0	18,0	13,4	13,5	16,2	19,5	19,6	19,7	31,4	22,5	20,4	13	19,9
DHAR	Den Haag, achtergrond	31,6	21,8	23,4	22,8	14,7	15,1	18,5	21,5	21,3				21,2	10	20,5
HDAW	Hoofddorp, achtergrond	27,4	19,6	23,5	19,0	12,8	13,1	15,1	17,1		12,6	20,5	28,7	19,0	12	18,5
HZAW	Huizen, achtergrond	21,1	15,5	16,8	14,3	9,9	8,4	12,3	14,4	15,4	20,6	18,0	21,7	15,7	13	15,2
ZSAR	Zaanstad, achtergrond	25,8	21,5	23,0	20,1	13,3	10,8	16,2	17,5	17,2	22,9	25,5	28,7	20,2	13	19,6
AERO	Hoofddorp, lage vliegtuigen	23,0	17,2	19,3	15,7	12,6	10,8	12,8	15,5		11,6	19,4	25,2	16,7	12	16,3
237Z	achtergrond LML237 Eindhoven-Gelderlandplein 25	32,0	27,9	26,2	20,6	16,6	14,3	18,5	25,7	22,4		33,7	30,4	24,4	12	23,7
237O	gevel oostelijk van LML237	40,7	34,9	39,0	29,5	25,9	24,7	28,1	34,5	33,6	34,9	36,2	33,7	33,0	13	32,3
237W	gevel westelijk van LML237	37,7	35,6	34,5	28,2	25,1	26,1	26,8	34,2	30,8	36,1	39,3	33,8	32,4	13	31,7
448Z	achtergrond LML448 Rotterdam-hoek Sonoy- / Lumeystr.	35,6	33,2	25,7	29,2	20,9	21,0	24,2	30,3	30,2	30,1		31,0	28,3	12	27,6

Bijlage 5 Meetresultaten 2014: geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2014 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
A1EB1	Eembrugge 1	30,6	29,7	33,2	24,2	21,9	16,1	22,5	21,1	22,5	32,8	30,1	36,5	38,8	27,7	13	27,7
A1EB2	Eembrugge 2	27,4	21,8	20,8	15,5	13,7	10,6	12,6	12,2	17,2	27,2	21,8	32,0	33,6	20,5	13	20,5
A2ZB1	Esch 1	30,5	24,1	35,7	32,9	29,0	28,3	20,3	25,5	28,2	37,9	22,6	47,4	24,8	29,8	13	29,8
A2ZB2	Esch 2	18,2	16,0	19,9	18,5	14,2	12,1	11,0	10,9	15,0	21,1	15,8	27,2	23,0	17,1	13	17,1
A4SC1	Schiphol 1	31,5	30,2	37,4	39,7	37,4	36,9	37,4	28,1	40,4	37,6	28,2	34,4	42,4	35,5	13	35,5
A4SC2	Schiphol 2	30,5	23,6	26,9	24,9	21,3	18,5	17,5	14,9	23,4	27,5	26,1	31,2	32,3	24,5	13	24,5
A12DM1	Harmelen 1	45,3	39,7	43,1	36,2	34,5	22,7	26,4	25,6	30,6		43,0	52,1	53,6	37,7	12	37,7
A12DM2	Harmelen 2	29,2	26,3	29,0	22,4	17,8	14,7	14,9	12,7	18,3	30,2	25,2	35,4	28,2	23,4	13	23,4
A13DZ1	Delft Z 1	59,0	50,5	46,5	43,7	36,3	38,1	45,2	37,8	43,3	46,0	53,7	43,2	49,7	45,6	13	45,6
A13DZ2	Delft Z 2	37,6	32,8	28,8	24,2	19,3	16,5	17,1	14,2	20,5	24,0	28,3	35,0	29,8	25,2	13	25,2
ARKB1	AR kanaal Weesp, 20m	24,5	23,4	24,2	22,5	19,0	19,2	18,2	16,6	21,4	22,6	26,2	24,0	22,9	21,9	13	21,9
ARKB2	AR kanaal Weesp, 125m	28,4	19,8	22,7	21,4	17,3	16,5	17,1	14,4	20,1	21,4	24,8	23,0		20,6	12	20,6
ARKB3	AR kanaal Weesp, 275m	21,8	20,3	25,0	23,6	18,1	17,9	17,7	14,6	20,6	21,6	28,3	28,9	24,1	21,7	13	21,7
ARKB4	AR kanaal Weesp, 445m	24,8	21,9	25,5	22,4	16,5	14,8	16,1	14,6	18,9	19,2	23,0	24,8	26,7	20,7	13	20,7
ARKB5	AR kanaal Weesp, 710m	24,4	19,0	21,3	19,5	14,5	12,9	13,9	12,8	17,2	19,0	23,8	25,5	21,3	18,9	13	18,9
ARKB6	AR kanaal Weesp, 955m	24,7	19,4	22,0	19,9	14,3	13,0	14,9	12,4	15,4	18,9	21,3	24,8	21,6	18,7	13	18,7
WLB1	Waal Herwijnen, 35m	34,8	29,2	30,0	25,5	26,9	17,7	15,7	18,6	24,9	26,8	36,7	32,3	29,2	26,8	13	26,8
WLB2	Waal Herwijnen, 170m	26,3	21,2	26,2	20,5	20,1	15,5	13,8	15,5	17,9	21,9	22,2	27,7	27,0	21,2	13	21,2
WLB3	Waal Herwijnen, 315m	26,3	22,4	28,8	23,8	18,3	14,6	11,6	14,7	15,1	21,0	25,2	27,7		20,8	12	20,8
WLB4	Waal Herwijnen, 495m	30,0	30,7	26,3	21,6	17,9		14,7	16,5	20,2	22,2	25,5	27,5	36,0	24,1	12	24,1
WLB5	Waal Herwijnen, 655m	23,5	21,4	26,0	23,9	19,1	15,6	13,1	14,9	20,4	22,1	23,2	26,1	27,2	21,3	13	21,3
WLB6	Waal Herwijnen, 1025m	23,6	18,4	25,4	20,4	17,0	14,3	13,7	14,2	20,0	21,2	20,8	27,4	23,5	20,0	13	20,0
AMTY1	A'dam IJtunnel 1	44,1	40,4	48,3	46,4	40,4	38,7	55,9	34,9	39,7	47,5	37,7	43,4	50,2	43,6	13	43,6
AMTY2	A'dam IJtunnel 2	35,5	31,4	35,9	35,2	26,2	24,6	22,7	20,7	26,4	33,0	28,6	36,3	31,7	29,9	13	29,9
AMTZ1	A'dam Zeeburgertunnel 1	39,5	36,0	49,9	45,9	42,6	45,9	34,5	38,5	37,6	49,4	36,8	54,9	39,8	42,4	13	42,4

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2014 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
AMTZ2	A'dam Zeeburgertunnel 2	31,4	28,6	28,7	21,1	16,3	14,7	15,4	14,0	20,6	22,8	29,7	33,3	32,2	23,8	13	23,8
AMST01	A'dam Stadhouderskade	45,9	46,5	49,5	41,6	39,4	33,3	30,9	33,5	45,6	48,5	42,4	48,7	46,7	42,5	13	42,5
AMST03	A'dam Overtoom	31,3	31,0	34,7	30,0	21,8	20,1	17,8	18,5	20,8	25,0	25,4	34,4	30,8	26,3	13	26,3
AMST04	A'dam Oude Schans	35,3	31,4	34,6	32,6	26,5	23,0	20,6	22,4	25,3	31,1	29,3	38,8	31,4	29,4	13	29,4
AMST07	A'dam P.v.d. Doesstraat 67	32,7	34,6	39,5	36,6	27,7	26,2	24,4	24,4	27,0	31,9	30,6	41,1	29,8	31,3	13	31,3
AFAJ	Amersfoort, achtergrond	20,4	14,1	31,7	19,5	15,2	13,2	11,3	11,7	20,1	20,3	19,6	21,2	18,8	18,2	13	18,2
AGR	Woonboot Prinsengracht, A'dam	37,3	35,1	39,7	37,9	33,4	32,8	30,6	28,0	27,1	37,9	36,2	37,8	31,5	34,3	13	34,3
DBAF	Den Bosch, achtergrond	22,2	16,8	23,0	20,8	14,9	14,4	12,7	13,2	16,2	20,8	19,8	27,2	22,0	18,8	13	18,8
HDAW	Hoofddorp, achtergrond	25,7	10,0	23,9	16,4	12,7	6,3	7,8	10,9	12,7	19,6	18,0	24,4	12,0	15,4	13	15,4
HZAW	Huizen, achtergrond	19,5	19,8	18,4	15,3	10,9	6,5	9,1	9,4	10,3	16,1	20,2	20,8	16,3	14,8	13	14,8
ZSAR	Zaanstad, achtergrond	30,1	30,8	25,3	19,7	14,0	10,7	12,2	12,9	14,2	21,2	26,7	27,6	17,3	20,2	13	20,2
AERO	Hoofddorp, lage vliegtuigen	21,2	20,5	20,5	15,4	11,9	6,5	10,6	9,9	11,5	17,5	20,6	22,9	11,7	15,4	13	15,4
237Z	achtergrond LML237 Eindhoven-Gelderlandplein 25	27,9	21,9	25,3	22,8	19,3	15,9	14,7	16,8	20,5	24,9	23,8	30,7		22,0	12	22,0
237O	gevel oostelijk van LML237	34,4	29,1	37,7	33,0	31,8	29,6	31,0	22,6	32,8	41,2	31,2	37,5	41,4	33,3	13	33,3
237W	gevel westelijk van LML237	32,1	36,5	35,6	33,7	31,9	28,8	30,4	22,8	33,9	42,0	32,0	36,1	36,4	33,2	13	33,2
448Z	achtergrond LML448 Rotterdam-hoek Sonoy-/ Lumeystr		14,8	34,4	25,7	22,4	20,0	20,9	20,5	24,2	29,5	30,5	32,4		25,0	11	25,0

Bijlage 6 Meetresultaten 2015: geijkte concentraties per periode en geijkte jaargemiddelden

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2015 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
A1EB1	A1 Eembrugge 1	32,7	32,5	27,1	20,7	24,9		26,8	22,7	24,4	23,9	37,5	29,8	35,9	28,3	12	28,3
A1EB2	A1 Eembrugge 2	25,9	30,1	23,0	15,6	14,1	12,9	15,0	12,8	13,3	20,0	26,2	19,5	24,6	19,5	13	19,5
A2ZB1	A2 Vught/Esch 1	25,0	27,7	28,6	32,1		23,7	22,3	25,2	25,3	31,7	36,0		22,3	27,3	11	27,3
A2ZB2	A2 Vught/Esch 2		20,9		14,5		10,9	13,2		10,6	18,1	21,6	13,4	15,5	15,4	9	
A4SC1	A4 Schiphol-Rijssenhout 1	41,8	50,5	56,7	54,4	40,6	39,0	39,6	33,6	30,8	33,7	40,6	37,6	30,0	40,7	13	40,7
A4SC2	A4 Schiphol-Rijssenhout 2	30,0	32,5	29,6	26,4	19,5	16,3	18,7	16,3	17,0	25,4	31,9	22,5	25,9	24,0	13	24,0
A12DM1	A12 Harmelen 1	42,3	40,3	38,3	27,5		31,1	37,8	28,6	40,4	31,7	40,6	40,2	40,9	36,6	12	36,6
A12DM2	A12 Harmelen 2	28,2		27,6	17,6	16,8	14,3	17,3	13,8	20,2	22,9		21,2	27,3	20,7	11	20,7
A13DZ1	A13 Delft Zuid 1	53,6	52,9	45,4	44,1	46,0	41,0	48,2	39,0	47,3	39,5	42,2	45,8	42,7	45,2	13	45,2
A13DZ2	A13 Delft Zuid 2	29,5	34,0	26,5	21,8	18,9	14,8	17,3	15,3	18,4	22,4	26,2	20,8	24,1	22,3	13	22,3
ARKB2	AR kanaal-Weesp, 125m	26,2	28,8	26,2	17,8	15,9	14,3	17,3	14,6	16,9	21,0	26,9	23,5	22,6	20,9	13	20,9
ARKB5	AR kanaal-Weesp, 710m	25,3	27,3	25,2	16,3	14,2	12,1	14,8	13,5	14,8	20,0	26,9	23,0		19,4	12	19,4
WLB1	Waal-Boveneind, 33m	33,5	32,3	28,9	20,9	19,9	16,5		18,3	22,7	24,4	37,4	26,4	29,0	25,9	12	25,9
WLB2	Waal-Boveneind, 170m	33,0	27,3	25,2	18,3	17,7	13,8	17,3	15,1	19,5		27,9	21,6	22,6	21,6	12	21,6
WLB3	Waal-Boveneind, 315m	31,1	28,3	26,8	17,8	17,7	14,3	17,8	14,6	17,9	18,0	31,1	28,8	26,3	22,3	13	22,3
WLB4	Waal-Boveneind, 500m	31,1	29,3	25,7	18,8		13,8	15,8	15,1	20,6	21,0	29,5	25,0	25,4	22,6	12	22,6
WLB6	Waal-Boveneind, 1025m	25,3	24,7	23,6	16,3			16,3	14,0	17,4	19,0	25,8	19,7	20,3	20,2	11	20,2
AMTY1	Amsterdam, IJtunnel	53,6	60,2	55,1	48,2	42,7	41,5	48,7	37,0	44,6	45,4	49,3	42,8	45,0	47,3	13	47,3
AMTY2	Amsterdam, IJtunnel achtergrond	36,4	42,2	32,2	32,7	25,4	23,7		21,2	26,2	33,2	37,0	28,5	33,7	31,0	12	31,0
AMTZ1	Amsterdam, Zeeburgertunnel	40,0	50,0	42,9	45,6	37,9	36,6	39,1	24,7	44,1	53,2	58,1	29,0	32,7	41,1	13	41,1
AMTZ2	Amsterdam, Zeeburgertunnel achtergrond	33,2	33,0	23,5	22,8	17,3	15,3	16,8	14,8	17,0	22,9	28,8	23,4	30,0	23,0	13	23,0
AMST01	Amsterdam, Stadhouderskade	45,4	42,2	40,8	43,6	32,5	34,1		26,7	26,2	42,4	45,2	40,2	42,3	38,5	12	38,5
AMST03	Amsterdam, Overtoom	33,5	32,8	29,9	15,8	17,7	17,1	17,8	14,0	17,9	23,9	31,6	24,0	28,1	23,4	13	23,4
AMST04	Amsterdam, Oude Schans	36,0	36,9	29,9	32,6	20,5	20,4	21,8	14,6	23,2	30,4	33,7	27,4	28,6	27,4	13	27,4
GGD07	GGD_7,Einsteinweg	46,4		49,0	49,8	42,2	41,5	41,9	30,6	44,1	52,7	55,0	35,9	42,3	44,3	12	44,3
AERO	Hoofddorp, laag vliegverkeer	20,9	26,8			9,7	9,9	11,4	9,7	12,1	18,0	20,6	17,8		15,7	10	15,7

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2015 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
AFAJ	Amersfoort Achtergrond Joost	23,3	23,7	22,0	16,8	13,1	12,7	10,9	15,6	15,3	23,4	24,8	22,1	18,4	18,6	13	18,6
DBAF	Den Bosch Achtergrond Ferd	23,3	24,7	21,0	17,8	13,7	11,6	14,3	11,9	14,8	22,0	23,2	17,3	17,5	17,9	13	17,9
HDAW	Hoofddorp Achtergrond, Wesseling	19,0	24,7			8,5	11,6	11,4	11,9	13,7	18,0	24,3	13,9		15,7	10	15,7
ZSAR	Zaanstad Achtergrond Ronald	21,9	27,8	22,6	15,8	12,5	11,6	12,9	13,5	13,7	19,0	25,3	16,8	26,3	18,4	13	18,4
AGR	Woonboot Prinsengracht , A'dam	40,8	42,9	38,8	36,6	31,9	28,7	31,7	31,8	35,3	38,4	41,1	32,2		35,9	12	35,9
237Z	achtergrond LML237 Eindhoven-Gelderlandplein 25	23,3	27,3	28,3	18,3		15,4	17,8	15,1	17,9	22,0	28,5	20,2	19,8	21,2	12	21,2
237O	gevel oostelijk van LML237	35,5	34,9	39,8	33,2			28,2	25,7	25,3	32,2	36,5	28,1	27,7	31,6	11	31,6
237W	gevel westelijk van LML237	32,7	32,0	34,2	31,6		37,6		22,7	25,7	31,7	36,0	28,1	26,8	30,8	11	30,8
549	LML549 Laren, Jagerspad	26,7	24,2	18,4	12,2		11,0	13,4	10,8	14,2	15,0	21,6	19,2	22,1	17,4	12	17,4
633	LML633 Zegveld, Oude Meije	22,4	27,8	21,5	13,2	12,0		12,9	10,8		15,5	23,7	19,2	23,5	18,4	11	18,4
639	LML639 Utrecht, Erzeijstraat	36,4	39,3	34,7	28,5	24,3	24,2	27,8	24,2	33,6	33,2	37,5	30,7	31,8	31,2	13	31,2
639Z	achtergrond LML639 Utrecht-Erzeijstraat	34,0	32,3	32,0	20,9	18,8	16,5	20,3	16,2	22,7	23,9	32,7	25,9	26,7	24,8	13	24,8
641	LML641 Breukelen Snelweg	49,1	50,5	41,9	36,8	41,1	29,7	36,9	30,6	34,0	31,2	41,6	41,5	35,9	38,5	13	38,5
643	achtergrond LML636 Utrecht-Griftpark	29,6	30,8	25,2	18,8	14,8	14,3		14,0	20,0	20,5	31,1	24,0	24,0	22,3	12	22,3
UU1	Leuvenlaan. Aan lantaarnpaal naast de weg	36,8	38,3	34,7	27,5		22,7		21,2	20,2			29,4	24,1	28,3	9	
A12U1	Pagelaan / Herautlaan, Utrecht, aan lantaarnpaal	39,1	38,8	35,7	27,0	29,2	24,2	28,7		32,2	30,7	38,0	31,6	34,6	32,5	12	32,5
A12U2	Liesbosweg / Julianalaan, Utrecht, aan lantaarnpaal	30,9	32,0		24,4	23,3	16,3	20,5	17,8	23,0	24,4	25,7	24,7	28,2	24,3	12	24,3
A12U3	Hooft Graaflandstraat nr 205, Utrecht		34,0	35,2	29,6		21,3	22,3	19,3	26,2	29,8	33,9	28,5	29,1	28,1	11	28,1
404	LML_404	28,7	33,8		21,4	17,1	14,9	18,3	15,1	20,0	25,4	35,3	22,6	30,4	23,6	12	23,6
DH1	Vogelenzanglaan,Rijswijk	38,4	34,3	29,9	21,9	20,5	16,0	18,3	15,1	22,1	26,9	34,3	28,8	36,9	26,4	13	26,4
DH2	Rozemarijn/Blauwe Wijngaardrank,Wateringen Westland	47,6	40,9	37,2		27,9	22,1	23,7	22,1	27,4	30,9	38,0	34,6	40,1	32,7	12	32,7
DH3	Ockenburghstraat/Loosduinse Hoofdstraat,DH . Aan lantaarnpaal nr 594	22,8	26,3	24,1	18,3	15,9		14,8	13,5	14,8	19,5	28,5		27,2	20,5	11	20,5

lokatie	periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NO2_2015 ug/m3	aantal perioden	Geldig ug/m3
DH4	Boksdoornstraat 15, Den Haag	29,2	32,8	31,5	22,4	18,2	16,0	16,8	15,1	20,0	24,9	33,7	21,6	27,7	23,8	13	23,8
411	paar meter vanaf station LML411	51,0	41,4		30,0		21,5	24,7	21,0	24,8	32,4	44,8	39,4	40,1	33,7	11	33,7
SCH1	Dorppolderweg / Klinkaertpad, Schipluiden, aan nadering voorrangswegbord	29,6					16,5	18,3	16,2	19,5	23,0	31,1	24,0	26,7	22,8	9	
SCH2	Octave De Coninckpad,Schiedam	28,2	30,3	25,7	19,8		14,3	16,8	14,0	17,4	21,5	25,3	23,0	26,7	21,9	12	21,9
491	DCMR_491	45,0	44,2	39,8	34,2	31,4	27,7	30,5	26,2	34,5	33,7	39,6	38,5	37,3	35,6	13	35,6
OVS1	Zestienhovensekade, Rotterdam, coordinaten zijn van een locatie op ca 20m verder op	32,7		27,6	23,3	21,1	15,3	20,0	16,3	19,3	26,3	31,9	24,7	30,0	24,0	12	24,0
OVS2	van der Duijn van Maasdamweg/Deelenweg, Rotterdam	34,1	36,9	32,7	25,4	22,2	17,3	20,0	17,8	23,0		38,0	29,8	34,1	27,6	12	27,6
LOENEN1	aan lantaarnpaal, scheepvaart meetpunt 1	30,6		26,2	19,8	21,1	17,1	20,8	16,7	21,6		27,4	27,8	29,5	23,5	11	23,5

RIVM
De zorg voor morgen begint vandaag