



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

## **Vergelijkbaarheid van referentie-meetapparatuur en filtertypes voor fijnstof (PM<sub>10</sub>)**

RIVM Briefrapport 680708010/2011

J. Vonk | Th.L. Hafkenscheid | D. Mooibroek



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

## **Vergelijkbaarheid van referentie- meetapparatuur en filtertypes voor fijnstof (PM<sub>10</sub>)**

RIVM Rapport 680708010/2011  
J. Vonk | Th.L. Hafkenscheid | D. Mooibroek

## Colofon

© RIVM 2011

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'.

J. Vonk  
Th.L. Hafkenscheid  
D. Mooibroek

Contact:  
Theo Hafkenscheid  
Centrum voor MilieuMonitoring  
[theo.hafkenscheid@rivm.nl](mailto:theo.hafkenscheid@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie IenM, in het kader van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

## Rapport in het kort

### **Vergelijkbaarheid van referentie-meetapparatuur en filtertypes voor fijnstof (PM<sub>10</sub>)**

Om de bruikbaarheid van referentie-apparatuur voor kalibratie en controle van automatische meetsystemen voor fijnstof (PM<sub>10</sub>) in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) vast te stellen is in 2006 onderzoek verricht naar onderlinge vergelijkbaarheid van een aantal referentie-instrumenten.

Tevens is hierbij een aantal filtertypes getest op bruikbaarheid. Reden hiervoor is dat het tot dan toe voor referentie-metingen gebruikte type Schleicher & Schuell QF20 uit productie zou worden genomen.

Onderlinge verschillen tussen referentie-instrumenten bedragen 0 tot 15%; de tussen-instrument spreiding bedraagt 1,63 µg/m<sup>3</sup> (7,5%) bij een gemiddelde concentratie van 21,8 µg/m<sup>3</sup>.

Voor de verschillende filtertypes liggen de gemiddelde waarden tussen 20 en 23 µg/m<sup>3</sup>, hetgeen overeenkomt met een spreiding van ca. 14%.

De verschillen in meetwaarden kunnen niet worden verklaard door verschillen in debieten van de verschillende referentie-instrumenten maar deels wel door onderlinge hindering in de vrije aanzuiging van de instrumenten. Desondanks voldoet de tussen-instrument spreiding aan de Europese eis van  $\leq 2$  µg/m<sup>3</sup>.

Evaluatie van de resultaten voor de 4 filtertypes geven aan dat Whatman QMA de meest geschikte vervanger is voor het uit productie genomen Schleicher & Schuell QF20.

Trefwoorden:

Fijnstof; referentie-metingen; filters

## Abstract

### **Comparability of reference measurement devices and filter types for particulate matter (PM<sub>10</sub>)**

To assess the suitability of reference measurement devices for calibration and checking of automated measurement systems for particulate matter (PM<sub>10</sub>) in the National Air Quality Monitoring Network (NAQMN), in 2006 research has been conducted into between instrument comparability.

In addition a number of filter types has been tested for suitability. Reason for this is the future unavailability of the type that has hitherto been used (Schleicher & Schuell QF20).

Eight reference instruments have been equipped with the filter types Schleicher & Schuell QF20, Whatman QMA, Pall 'Pallflex' and Machery & Nagel MN QF1 according to a fixed schedule so as to obtain four pairs of instruments for between instrument comparison, and to have filters sampled in duplicate by differing instruments.

Differences between instruments amount from 0 to 15% with a between instrument variation of 1,63 µg/m<sup>3</sup> (7,5%) at a mean concentration of 21,8 µg/m<sup>3</sup>.

The mean concentrations for the different filter types range from 20 to 23 µg/m<sup>3</sup> (ca. 14%).

Evaluation with ANOVA shows that the factors "instrument", "filter", "day of measurement". together with the interaction "filter - day of measurement" are significant; after removing the factor "day of measurement" a variation of about ± 5% around the mean between instruments results.

The results for the filter types QF20 and QMA are not significantly different, but are significantly higher than those for Pallflex and MN QF1.

Flow variations between instruments have been detected, but correcting for these does not explain the differences in measurement results. Obstruction of the free flow towards instrument sampling inlets partly explains the differences. Nevertheless the between instrument variation still meets the European requirement of ≤2 µg/m<sup>3</sup>.

Results for the filter types show that Whatman QMA is the most suitable replacement for Schleicher & Schuell QF20 which is no longer in production.

Keywords:

particulate matter; reference measurements; filters

## Inhoud

Samenvatting—6

### **1 Inleiding—7**

### **2 Apparatuur en materialen—9**

2.1 Apparatuur—9

2.1.1 Referentie-apparatuur—9

2.1.2 Weegfaciliteiten—9

2.2 Materialen—9

2.2.1 Filtertipes—9

### **3 Opzet en uitvoering van het onderzoek—11**

### **4 Data exploratie – gelijkwaardigheid—13**

4.1 Algemeen—13

4.2 Berekening van de tussen-instrument spreiding—14

4.3 Berekening van de spreiding tussen de filtertipes—14

### **5 Data exploratie - ANOVA—17**

5.1 Algemeen—17

5.2 Verwijderen dageffect—18

5.3 Controle op invloed windrichtingen—21

5.4 Controle debieten LVS—22

### **6 Conclusies—25**

### **7 Literatuur—27**

Bijlage 1: Gebruikte data (gegroepeerd per LVS, alleen verschilweging ( $\mu\text{g}$ ))—29

Bijlage 2: Gebruikte data (gegroepeerd per Filter, alleen verschilweging ( $\mu\text{g}$ ))—  
31

Bijlage 3: Gebruikte data voor ANOVA analyse—33

## Samenvatting

Om automatische meetsystemen voor fijnstof (PM<sub>10</sub>) in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit te kalibreren en controleren wordt referentie-apparatuur gebruikt. Hierbij wordt lucht met constante snelheid aangezogen over een filter, waarvan massa voor en na monsterneming bepaald wordt door weging. Om bruikbaarheid hiervan te bepalen is in 2006 onderzoek verricht naar de onderlinge vergelijkbaarheid van referentie-instrumenten.

Tevens is hierbij een aantal filtertypes getest op bruikbaarheid. Reden hiervoor is dat het tot dan toe voor referentie-metingen gebruikte type Schleicher & Schuell QF20 uit productie zou worden genomen.

Van 31 mei tot 27 juni hebben acht referentie-instrumenten parallel gedraaid op de meetlocatie Bilthoven. Elk apparaat is daarbij volgens een vast schema voorzien van de filtertypes Schleicher & Schuell QF20, Whatman QMA, Pall 'Pallflex' en Machery & Nagel MN QF1. Met deze opzet kunnen vier paren referentie-instrumenten worden vergeleken, terwijl elk type filter steeds in duplo door de verschillende instrumenten bemonsterd is.

Uit de gemiddelde resultaten per instrument blijkt dat onderlinge verschillen tussen de 0 en 15% liggen. De tussen-instrument spreiding voor de vier paren referentie-instrumenten komt uit op 1,63 µg/m<sup>3</sup> (7,5%) bij een gemiddelde concentratie van 21,8 µg/m<sup>3</sup>. Ten opzichte van dit algemene resultaat over alle filtertypes komen QF20 en QMA 0,9 danwel 1,3 µg/m<sup>3</sup> hoger uit, Pallflex respectievelijk MN QF1 0,5 en 1,7 µg/m<sup>3</sup> lager. Het maximale verschil bedraagt derhalve bijna 14%.

De gegevens zijn geëvalueerd met een drieweg ANOVA met de factoren "instrument", "filter" en "meetdag". Alle drie zijn significant, evenals de interactie "filter - dag". Ook na het verwijderen van het dageffect blijven de factoren instrument en filter significant verschillend, met voor de factor "instrument" een spreiding van ongeveer ± 5% om het gemiddelde. Tussen QF20 en QMA kan geen verschil worden aangetoond, Pallflex en MN QF1 geven significant lagere resultaten.

De onderling significant verschillende meetwaarden kunnen niet worden toegeschreven aan geconstateerde debietverschillen. Meest waarschijnlijke verklaring is de hindering van de vrije aanzuiging door omringende instrumenten. Voor een deel kunnen verschillen inderdaad worden verklaard vanuit de overheersende windrichting. Desondanks voldoet de tussen-sampler spreiding aan de Europese eis van  $\leq 2$  µg/m<sup>3</sup>.

Bevindingen over de filtertypes geven aan dat Whatman QMA de meest geschikte vervanger is voor het eerder gebruikte, maar uit productie genomen Schleicher & Schuell QF20.

## 1 Inleiding

Het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM maakt sinds 2003 gebruik van referentie-apparatuur voor het meten van fijnstof (PM<sub>10</sub>) in buitenlucht. Het meetprincipe van deze apparatuur is gebaseerd op het aanzuigen met een bepaalde, constante snelheid van lucht door een filter gedurende 24 uur. De massa van het filter wordt voor en na de monsterneming bepaald door weging. De uitvoering van de meting is conform de Europese norm EN 12341 (CEN, 1998). De gebruikte apparaten zijn voorzien van automatische filterwisselaars. Hierdoor kunnen de apparaten gedurende 14 dagen onbewaakt operationeel zijn.

De referentie-apparatuur wordt met name toegepast ter kalibratie en controle van de in het meetnet gebruikte continue automatische meetsystemen (AMS) voor PM10. Deze AMS worden ingezet voor het verzamelen van gegevens die worden gerapporteerd aan het publiek via het internet<sup>1</sup> en aan de Europese Commissie. Tevens worden de referentie-apparaten ingezet voor het verzamelen van fijnstof met het oog op het vaststellen van de samenstelling hiervan door chemische analyse.

Om de bruikbaarheid van de apparatuur voor bovenstaande doelen vast te stellen is in 2006 onderzoek verricht waarbij meetresultaten van een aantal referentie-apparaten verkregen gedurende een langere periode met elkaar zijn vergeleken. Gedurende 28 dagen zijn 11 apparaten ingezet voor het verzamelen van monsters fijnstof op de meetlocatie Bilthoven (627). Acht hiervan zijn gebruikt voor het bepalen van de onderlinge vergelijkbaarheid van de verkregen meetresultaten.

Tijdens dit onderzoek zijn deze acht apparaten getest met een viertal filtertypes. Reden hiervoor is dat het destijds voor referentiemetingen gebruikte filtertype uit productie is genomen en dient te worden vervangen. Om discontinuïteiten in meetreeksen verkregen met de referentie-apparaten te vermijden is gezocht naar een alternatief waarmee – zoveel mogelijk – gelijkwaardige meetwaarden worden verkregen.

In dit rapport worden de opzet en uitvoering van het onderzoek naar de gelijkwaardigheid van de referentie-apparaten en filters beschreven, en worden de verkregen resultaten gepresenteerd en geëvalueerd.

<sup>1</sup> <http://www.lml.rivm.nl/data/kaart/actueel.html>





## 2 Apparatuur en materialen

### 2.1 Apparatuur

#### 2.1.1 Referentie-apparatuur

Als referentie-instrument is de low-volume sampler (LVS) met filterwisselaar van het type SEQ 47/50, fabrikaat Sven Leckel, gebruikt (aanzuigdebiet van 2,3 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>).

#### 2.1.2 Weegfaciliteiten

Weging van filters is verricht conform EN 12341 in een weegkamer met een constante temperatuur van 20 ± 1 °C en een constante relatieve luchtvochtigheid van 50 ± 5% RH. De gebruikte balans is een Mettler MX5 met resolutie van 1 µg.

### 2.2 Materialen

#### 2.2.1 Filtertipes

De volgende filtertypes (allen kwartsvezel filters) zijn getest:

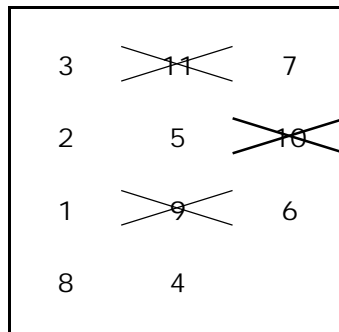
- Type 1: Schleicher & Schuell QF20 (oude type, uit productie genomen)
- Type 2: Whatman QMA
- Type 3: Pall 'Pallflex'
- Type 4: Machery & Nagel MN QF1.



### 3 Opzet en uitvoering van het onderzoek

In de periode 31 mei tot en met 27 juni 2006 hebben parallele metingen plaatsgevonden op de meetlocatie Bilthoven. Hierbij zijn 8 LVS ingezet voor de boven beschreven doeleinden. Daarnaast zijn nog 3 LVS voor andere doeleinden ingezet. Alle instrumenten zijn geplaatst in een portacabin voorzien van airconditioning.

In onderstaande figuur worden de locaties van de instrumenten in de cabine weergegeven. De instrumenten die niet zijn gebruikt voor het testen van onderlinge vergelijkbaarheid van de instrumenten en filters zijn doorgekruist. De plaatsing van de instrumenten in de cabine is door loting bepaald.



Figuur 1 Plaatsing van de LVS in de meetcabine

Tijdens de meetperiode is elke LVS volgens een vast schema voorzien van de verschillende filtertypes. Het schema voor een periode van 14 dagen is onderstaand weergegeven.

Tabel 1 Bemonsteringsschema

	LVS 1	LVS 2	LVS 3	LVS 4	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8
<b>Dag 1</b>	Type 1	Type 2	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 4
<b>Dag 2</b>	Type 2	Type 3	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 1
<b>Dag 3</b>	Type 3	Type 4	Type 1	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 2
<b>Dag 4</b>	Type 4	Type 1	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 2	Type 3
<b>Dag 5</b>	Type 1	Type 2	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 4
<b>Dag 6</b>	Type 2	Type 3	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 1
<b>Dag 7</b>	Type 3	Type 4	Type 1	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 2
<b>Dag 8</b>	Type 4	Type 1	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 2	Type 3
<b>Dag 9</b>	Type 1	Type 2	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 4
<b>Dag 10</b>	Type 2	Type 3	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 1
<b>Dag 11</b>	Type 3	Type 4	Type 1	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 2
<b>Dag 12</b>	Type 4	Type 1	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 2	Type 3
<b>Dag 13</b>	Type 1	Type 2	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 3	Type 4
<b>Dag 14</b>	Type 2	Type 3	Type 4	Type 3	Type 2	Type 1	Type 4	Type 1

Door deze opzet kunnen bepaalde paren LVS worden gebruikt voor het vaststellen van hun onderlinge gelijkwaardigheid (1 en 5; 2 en 4; 3 en 7; 6 en 8). Door deze wijze van uitvoering zijn de verschillende filtertypes bij bepaalde LVS-paren oververtegenwoordigd. Bij LVS paar 6 en 8 worden bijvoorbeeld 4 paren meetwaarden verkregen m.b.v. Type 1 tegen 3 met Type 3. Hiermee wordt bij de verdere evaluatie rekening gehouden.

Elk filter is voor en na plaatsing in duplo gewogen. Uit de verschilwegingen (in  $\mu\text{g}$ ) is de werkelijke concentratie  $\text{PM}_{10}$  (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) berekend door gebruik te maken van de gegevens van de interne debiet meting (in  $\text{m}^3$ ) van de LVS.

Tabel 2. Concentraties  $\text{PM}_{10}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verkregen met verschillende LVS op verschillende dagen met wisselende types filters.

	Type 1		Type 2		Type 3		Type 4		
	LVS1	LVS2	LVS3	LVS4	LVS5	LVS6	LVS7	LVS8	Gemiddeld
Dag 1	17,2	16,8	16,6	17,7	16,9	15,4	15,9	16,0	16,5
Dag 2	17,0	14,2	14,7	15,1	16,3	16,3	14,8	18,1	15,8
Dag 3	17,7	14,2	20,4	16,0	16,1	18,6	19,5	21,8	18,0
Dag 4	22,8	25,4	28,6	26,9	21,7	24,9	27,3	26,6	25,5
Dag 5	14,7	13,1	13,5	14,8	13,5	14,6	11,8	12,7	13,6
Dag 6	13,8	10,6	11,2	11,8	12,3	12,5	10,8	14,3	12,1
Dag 7	16,2	13,9	19,5	15,3	15,4	17,9	18,5	19,4	17,0
Dag 8	27,1	30,0	32,8	31,8	25,8	29,9	32,5	32,3	30,3
Dag 9	26,4	21,8	23,8	26,1	22,1	22,0	22,0	26,3	23,8
Dag 10	29,3	21,1	27,0	27,5	23,9	23,5	24,8	29,2	25,8
Dag 11	29,1	25,4	29,8	31,1	23,3	25,3	26,2	30,7	27,6
Dag 12	27,2	22,6	28,5	29,1	24,7	22,1	25,3	26,6	25,8
Dag 13	27,3	22,8	25,4	28,3	24,3	23,1	23,1	27,9	25,3
Dag 14	38,3	30,3	35,5	34,8	33,0	32,7	32,2	38,2	34,4
Dag 15	32,2	32,2	31,0	32,3	30,9	23,9	29,3	25,7	29,7
Dag 16	23,3	21,2	18,2	21,1	22,1	22,7	17,1	23,8	21,2
Dag 17	13,9	11,0	14,8	12,2	12,8	14,1	13,4	15,1	13,4
Dag 18	14,7	13,8	16,4	15,8	13,5	14,0	15,2	17,7	15,1
Dag 19	27,8	25,1	25,8	27,8	25,1	26,4	25,5	29,2	26,6
Dag 20	32,5	27,8	28,2	27,9	30,1	30,5	27,7	32,5	29,6
Dag 21	16,5	15,4	17,5	16,1	16,2	17,9	16,9	19,5	17,0
Dag 22	15,0	18,8	20,1	19,4	15,0	19,1	19,8	20,2	18,4
Dag 23	23,8	22,1	21,3	22,5	22,0	20,7	20,6	22,6	21,9
Dag 24	20,4	17,6	17,6	17,7	19,7	19,5	16,8	20,6	18,7
Dag 25	26,7	24,4	27,8	24,3	25,7	28,0	26,8	27,9	26,4
Dag 26	27,2	34,8	37,2	35,0	27,3	34,6	36,1	36,5	33,6
Dag 27	24,8	25,5	23,0	24,1	24,0	18,8	23,6	18,9	22,8
Dag 28	11,9	10,2	8,8	9,4	11,2	9,7	7,9	11,0	10,0
Gemiddeld	22,7	20,8	22,7	22,6	20,9	21,4	21,5	23,6	

## 4 Data exploratie – gelijkwaardigheid

### 4.1 Algemeen

Om de eventuele invloed van een onevenredige vertegenwoordiging van bepaalde filtertypes te elimineren, zijn de gegevens van dagen 13, 14, 27 en 28 niet in de verdere beschouwing betrokken. De gebruikte set gegevens is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. Concentraties  $PM_{10}$  verkregen met verschillende LVS gerangschikt naar te vergelijken paren LVS

			Type 1	Type 2	Type 3	Type 4			Gemiddeld
	LVS1	LVS5	LVS2	LVS4	LVS3	LVS7	LVS6	LVS8	
Dag 1	17,2	16,9	16,8	17,7	16,6	15,9	15,4	16,0	16,5
Dag 2	17,0	16,3	14,2	15,1	14,7	14,8	16,3	18,1	15,8
Dag 3	17,7	16,1	14,2	16,0	20,4	19,5	18,6	21,8	18,0
Dag 4	22,8	21,7	25,4	26,9	28,6	27,3	24,9	26,6	25,5
Dag 5	14,7	13,5	13,1	14,8	13,5	11,8	14,6	12,7	13,6
Dag 6	13,8	12,3	10,6	11,8	11,2	10,8	12,5	14,3	12,1
Dag 7	16,2	15,4	13,9	15,3	19,5	18,5	17,9	19,4	17,0
Dag 8	27,1	25,8	30,0	31,8	32,8	32,5	29,9	32,3	30,3
Dag 9	26,4	22,1	21,8	26,1	23,8	22,0	22,0	26,3	23,8
Dag 10	29,3	23,9	21,1	27,5	27,0	24,8	23,5	29,2	25,8
Dag 11	29,1	23,3	25,4	31,1	29,8	26,2	25,3	30,7	27,6
Dag 12	27,2	24,7	22,6	29,1	28,5	25,3	22,1	26,6	25,8
Dag 15	32,2	30,9	32,2	32,3	31,0	29,3	23,9	25,7	29,7
Dag 16	23,3	22,1	21,2	21,1	18,2	17,1	22,7	23,8	21,2
Dag 17	13,9	12,8	11,0	12,2	14,8	13,4	14,1	15,1	13,4
Dag 18	14,7	13,5	13,8	15,8	16,4	15,2	14,0	17,7	15,1
Dag 19	27,8	25,1	25,1	27,8	25,8	25,5	26,4	29,2	26,6
Dag 20	32,5	30,1	27,8	27,9	28,2	27,7	30,5	32,5	29,6
Dag 21	16,5	16,2	15,4	16,1	17,5	16,9	17,9	19,5	17,0
Dag 22	15,0	15,0	18,8	19,4	20,1	19,8	19,1	20,2	18,4
Dag 23	23,8	22,0	22,1	22,5	21,3	20,6	20,7	22,6	21,9
Dag 24	20,4	19,7	17,6	17,7	17,6	16,8	19,5	20,6	18,7
Dag 25	26,7	25,7	24,4	24,3	27,8	26,8	28,0	27,9	26,4
Dag 26	27,2	27,3	34,8	35,0	37,2	36,1	34,6	36,5	33,6
Gemiddeld	22,2	20,5	20,5	22,3	22,6	21,4	21,4	23,5	21,8

Uit de gemiddelde resultaten per LVS blijkt dat de onderlinge verschillen tussen 0% en 15% bedragen. LVS 5 en 2, 7 en 6, en 1, 3 en 4 geven vergelijkbare resultaten; het resultaat van LVS 8 is 4% hoger dan het eerstvolgende hoogste gemiddelde (LVS3). Op de mogelijke oorzaak hiervoor wordt verder in dit rapport nader ingegaan.

De dataset in Tabel 3 is verder gebruikt voor een nadere studie van de 'tussen-instrument' en 'tussen-filtertype' spreidingen. Deze zijn een maat voor de gelijkwaardigheid van de instrumenten, respectievelijk de filtertypes.

Nadere beschouwing van een tussen-meetdag effect is weinig zinvol, aangezien deze een beeld geeft van de invloed van een onbeïnvloedbare parameter: de dag-tot-dag verschillen in concentraties PM<sub>10</sub>.

#### 4.2 Berekening van de tussen-instrument spreiding

Op basis van de meetresultaten van paren met dezelfde filtertypes (LVS1 en LVS5; LVS2 en LVS4; LVS3 en LVS7; LVS6 en LVS8), is de tussen-instrument spreiding berekend volgens

$$u_{bs}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}$$

Hierin is:

- $u_{bs}$  = tussen-instrument spreiding
- $y_{i,j}$  = meetresultaat van LVS j op dag i; 1 en 2 zijn subscripts voor de 2 instrumenten die parallel zijn gebruikt
- $n$  = totaal aantal paren, in dit geval 4x24 (zonder dagen 13, 14, 27 en 28)

De tussen-instrument spreiding bedraagt 1,63 µg/m<sup>3</sup>, oftewel 7,5% bij de gemiddelde concentratie van 21,8 µg/m<sup>3</sup>. Deze spreiding voldoet aan de Europese eis van ≤ 2 µg/m<sup>3</sup> (EC Working group, 2005).

Verdere beschouwing van subsets van de volledige dataset is weinig zinvol op grond van de gevonden verschillen in gemiddelde waarden per instrument voor de paren welke dezelfde filtertypes bevatten.

#### 4.3 Berekening van de spreiding tussen de filtertypes

Voor de berekening van de 'tussen-filtertype' spreiding worden uit de gegevens in Tabel 3 de gemiddelde meetresultaten per filtertype over de gehele meetperiode berekend. Tevens wordt uit alle gegevens een 'algemeen' gemiddelde meetwaarde voor alle filtertypes over de gehele periode berekend.

Het verschil van het gemiddelde de resultaten per filtertype en het algemene gemiddelde geeft een indicatie van het effect van de verschillende filtertypes op de gemeten concentratie PM<sub>10</sub>.

De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Gemiddelden en tussen-filter spreidingen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Filtertype	Gemiddelde meetwaarde	Vershil t.o.v. algemeen gemiddelde
Type 1	22,7	+0,9
Type 2	23,1	+1,3
Type 3	21,4	-0,5
Type 4	20,1	-1,7
	<b>21,8</b>	

Uit deze berekening blijkt dat Types 1 en 2 op gemiddeld  $+0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectievelijk  $+1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  uitkomen, terwijl Type 3 op  $-0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en Type 4 op  $-1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  uitkomen t.o.v. de gemiddelde waarde over alle filtertypes. Het maximale verschil (Type 1 vs. 4) bedraagt derhalve bijna 14%. Tevens blijkt dat de resultaten van filtertype 2 het best vergelijkbaar zijn met die van het te vervangen type 1.





## 5 Data exploratie - ANOVA

### 5.1 Algemeen

Om te onderzoeken in welke mate verschillende factoren bijdragen aan de (verschillen in) de gemeten concentraties  $PM_{10}$  is een lineair model 'gefit' op de concentraties  $PM_{10}$ . Iedere factor heeft zijn eigen niveau en draagt daarmee bij aan de concentratie. De vraag is of de niveaus per factor significant van elkaar verschillen. Daarom is een Analysis of Variance (variantie-analyse; ANOVA) uitgevoerd op het lineaire model met het statistische pakket R, (R is de open source versie van MATLAB).

De in deze evaluatie gebruikte ANOVA is een drieweg ANOVA op de drie factoren, *LVS*, *Filter* en *Dag*. Een complicatie bij deze analyse is dat de interacties tussen de factoren kunnen optreden. In deze evaluatie zijn de mogelijke interacties:

- LVS:Filtertype
- Filtertype:Dag
- LVS:Dag.

Beschouwing van de laatste interactie is echter weinig zinvol vanwege het (te) geringe aantal beschikbare gegevens.

De interactieterm *LVS:Filtertype* wordt meegenomen in het model om na te gaan of een bepaald soort filtertype significant anders scoort in een bepaalde LVS: er is dan sprake van een interactie tussen filtertype en LVS.

De nulhypothese voor een variantie-analyse is dat de populatiegemiddelden van twee of meer groepen niet van elkaar verschillen. Om na te gaan of de nulhypothese waar of niet waar is wordt gebruik gemaakt van een variantie-analyse tabel. De tabel voor de ANOVA op de drie factoren en hun interacties (gebaseerd op  $PM_{10}$  concentraties in  $\mu g/m^3$ ) worden in Tabel 5 weergegeven.

Tabel 5. ANOVA - response:concentratie  $PM_{10}$  in  $\mu g/m^3$

Analysis of Variance Table

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>LVS</i>	7	226.1	32.3	18.7740	1.454e-15 ***
<i>Filter</i>	3	348.1	116.0	67.4495	< 2.2e-16 ***
<i>Dag</i>	27	10070.9	373.0	216.7999	< 2.2e-16 ***
<i>LVS:Filtertype</i>	18	29.1	1.6	0.9394	0.534520
<i>Filtertype:Dag</i>	72	242.2	3.4	1.9550	0.001098 **
<i>Residuals</i>	96	165.2	1.7		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Indien de nulhypothese niet waar is zal de F-waarde (F-value in de tabel) statistisch grotere waarden aannemen, waardoor de nulhypothese verworpen wordt bij grote waarden van F. De overschrijdingskans  $p$ , in de tabel weergegeven als  $Pr(>F)$  wordt ook gebruikt als toetsingwaarde. Wanneer  $F < 1$  is de overschrijdingskans  $p > 0.5$  en dan is er geen reden om de nulhypothese te verwerpen.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat voor alle termen, met uitzondering van de interactieterm *LVS:Filtertype*, de nulhypothese verworpen kan worden. Er is dus sprake van significante verschillen tussen de populatiegemiddelden.

De nulhypothese wordt niet verworpen voor de interactieterm *LVS:Filtertype*, waardoor geconstateerd kan worden dat het concentratieniveau niet wordt beïnvloed door het plaatsen van een bepaalde filter in een bepaalde LVS.

De kwadratensom (*Sum Sq*) achter elke term beschrijft de variatie binnen de groepen als gevolg van de afwijkingen binnen elke groep ten opzichte van het algemene gemiddelde. De belangrijkste factor heeft een grote kwadratensom (en daarmee overigens ook automatisch de grootste F-waarde).

## 5.2 Verwijderen dageffect

Aangezien er sprake is van een sterk dag-tot-dag verschil is geprobeerd dit effect als volgt te neutraliseren. Aangezien de gebruikte filterset per dag niet verandert (alleen in andere instrumenten geplaatst wordt) en wanneer aangenomen wordt dat er geen sprake is van een verschil tussen de instrumenten kan het gemiddelde per dag over alle instrumenten worden berekend.

De gemeten waarden van de gehele dataset zijn vervolgens gedeeld door het gemiddelde van die dag (genormaliseerd) waardoor het onderlinge verschil tussen de dagen verwijderd is.

Vervolgens is er met behulp van het pakket MATLAB (R2006a) met de Statistics Toolbox een tweeweg ANOVA uitgevoerd met de volgende resultaten:

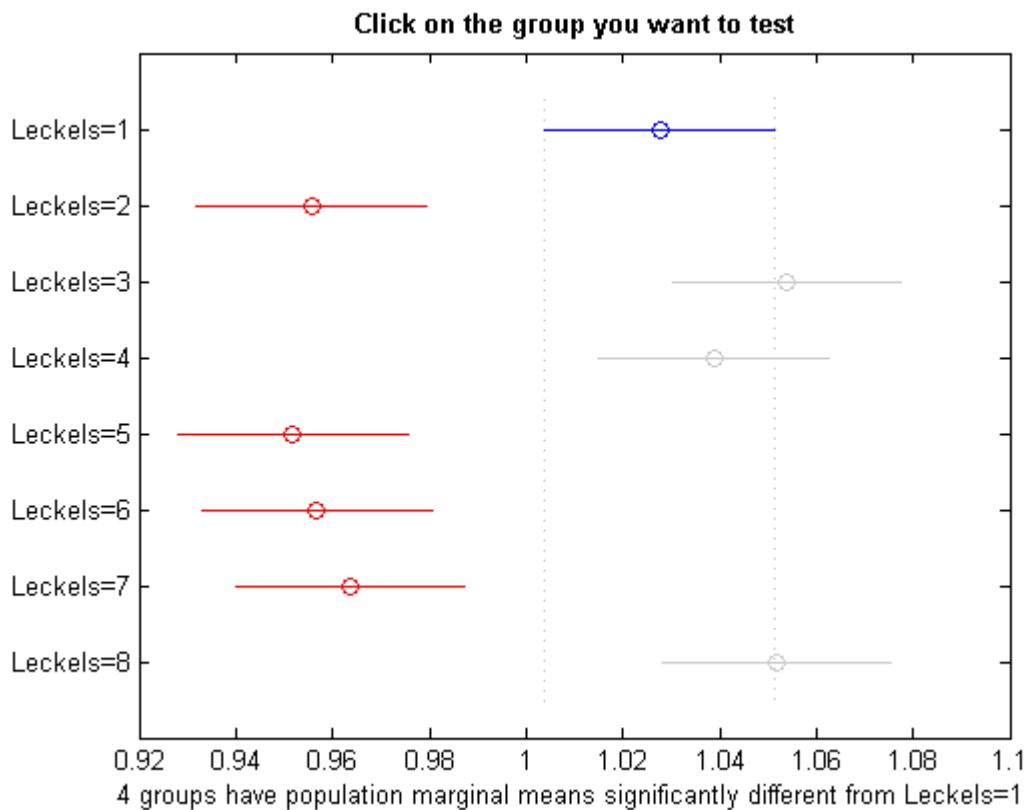
Tabel 6. ANOVA - response: concentratie  $PM_{10}$  in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
LVS	0.4203	7	0.06004	17.92	0
Filtertype	0.73071	3	0.24357	72.69	0
LVS:Filtertype	0.04118	21	0.00196	0.59	0.9254
Error	0.64337	192	0.00335		
Total	1.83506	223			

Uit bovenstaande tabel blijkt dat voor alle termen, met uitzondering van de interactieterm *LVS:Filtertype*, de nulhypothese verworpen kan worden. Er is dus nog steeds sprake van significante verschillen tussen de populatiegemiddelden.

In Figuur 2 worden de populatiegemiddelden van de 8 LVS weergegeven met daaromheen een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Op het moment dat de betrouwbaarheidsintervallen overlap vertonen kan er statistisch gezien geen verschillen tussen de gemiddelden worden aangetoond.

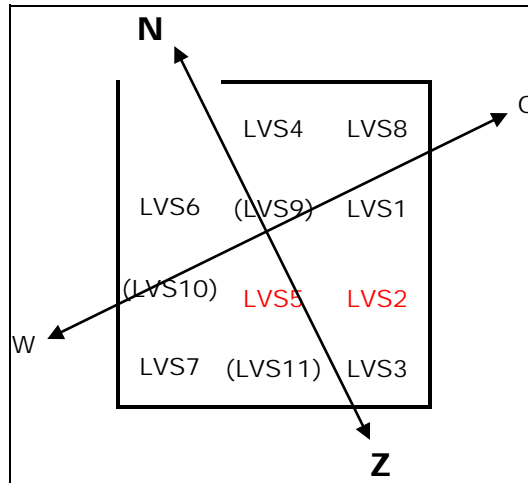
Er zijn duidelijk twee groepen te zien in de figuur. De rode groep (nummers 2, 5, 6 en 7) heeft een lager gemiddelde dan de blauwe groep (nummers 1, 3, 4 en 8). Op basis van de gebruikte methode om het dageffect te verwijderen (normalisatie) zou het gemiddelde ongeveer 1 moeten bedragen. Uit Figuur 2 blijkt dat de spreiding om het gemiddelde ongeveer  $\pm 5\%$  bedraagt. Het maximale verschil tussen de LVS nummers 3 en 5 bedraagt echter meer dan 10%.



Figuur 2. Genormaliseerde populatiegemiddelden voor verschillende LVS

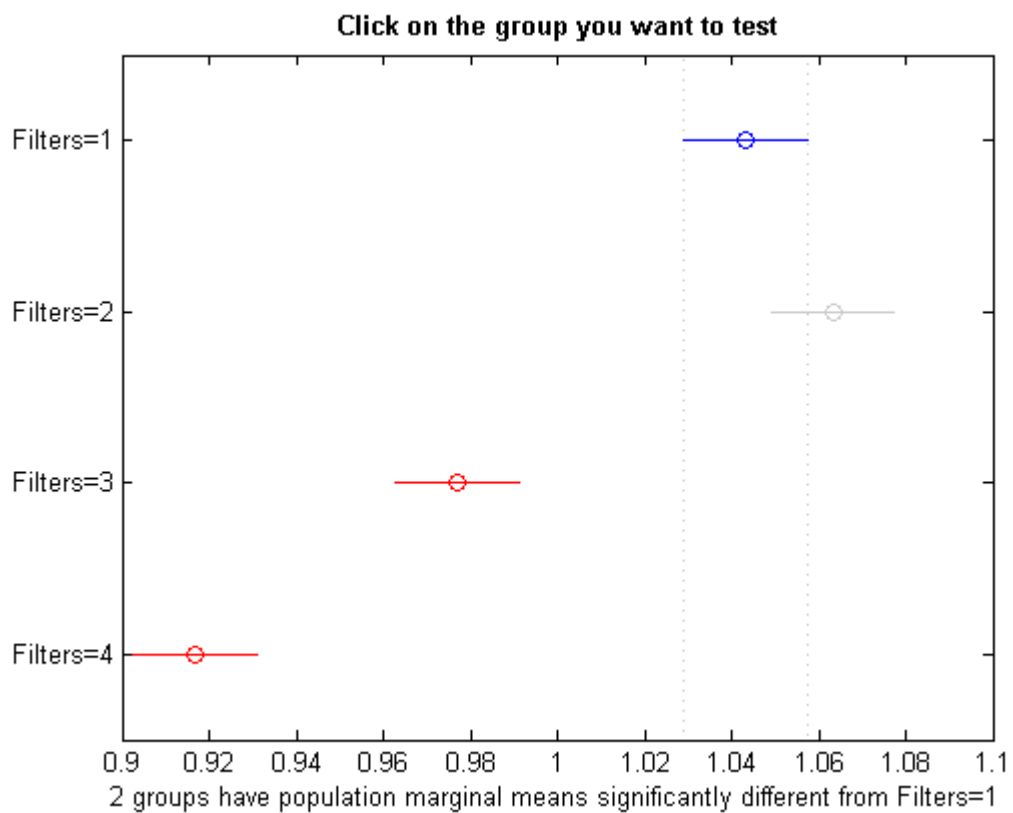
In onderstaand diagram is de plaatsing van de instrumenten in de meetcabine weergegeven.

Het verschil kan eventueel worden verklaard uit 'wederzijdse hindering' van de inlaten van de samplers wanneer de heersende windrichting overwegend noord tot noordoost zou zijn (linkerbovenhoek in de diagram). Ter onderbouwing van deze veronderstelling is een nadere bestudering per dag van de meetresultaten als functie van de overheersende windrichting noodzakelijk.



*Figuur 3. Plaatsing van de LVS in de meetcabine t.o.v. windrichting*

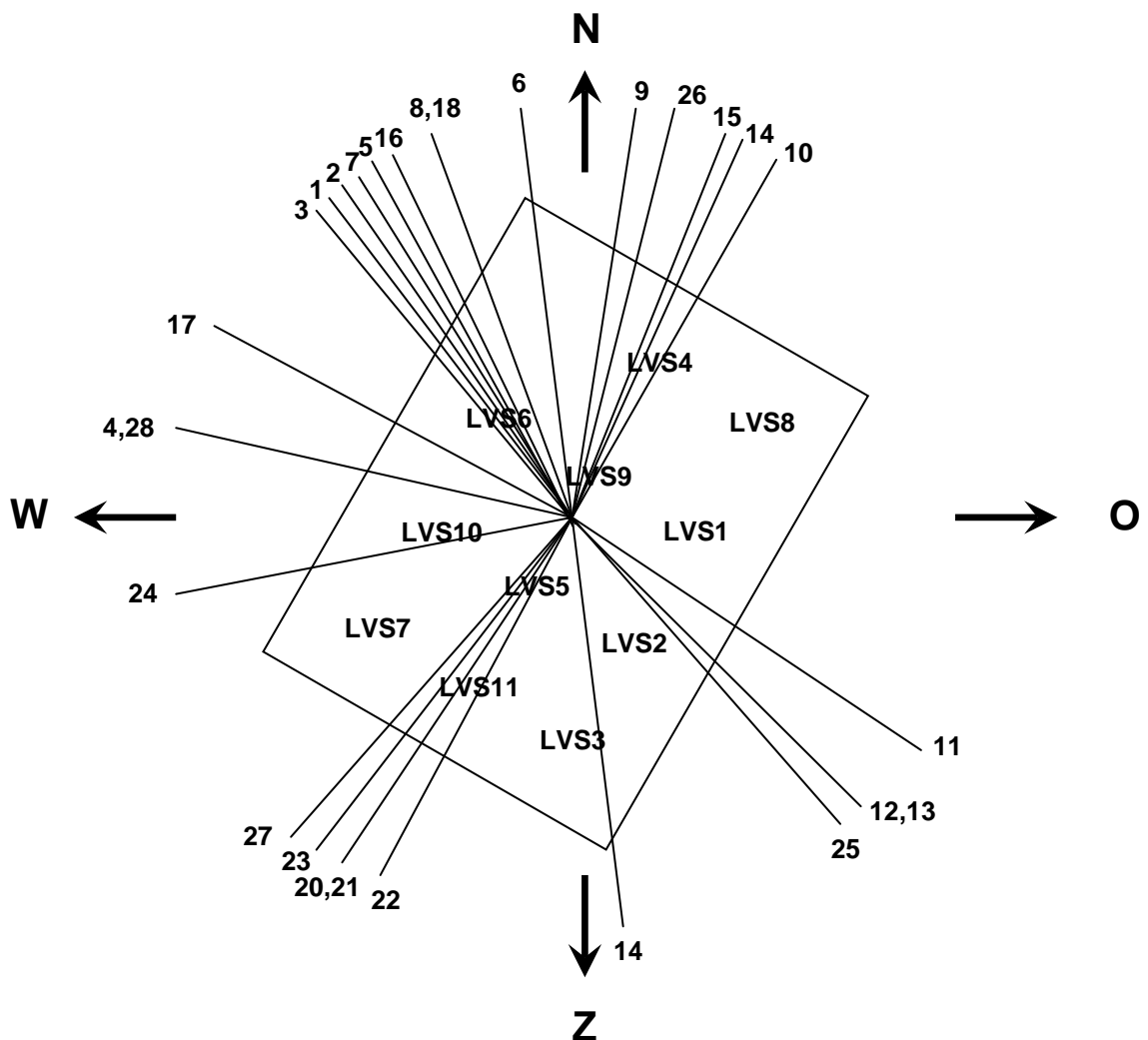
Uit Figuur 4 blijkt dat tussen de populatiegemiddelden van de Types 1 en 2 filters geen verschil kan worden aangetoond. De Types 3 en 4 filters meten gemiddeld genomen lager dan de Types 1 en 2, waarbij Type 4 de laagste resultaten geeft (gemiddelde ongeveer 15% lager dan Type 1).



*Figuur 4. Genormaliseerde populatiegemiddelden voor verschillende filtertypes*

### 5.3 Controle op invloed windrichtingen

Het verschil tussen de twee groepen LVS kan mogelijk worden verklaard uit 'wederzijdse hindering' van de inlaten van de samplers wanneer de overheersende windrichting noord tot noordoost zou zijn. Ter onderbouwing van deze veronderstelling is een nadere bestudering per dag van de meetresultaten als functie van de overheersende windrichting noodzakelijk. Uit gegevens van het KNMI blijkt dat de overheersende windrichting NW (14 van de 28 dagen) was. In onderstaande figuur worden de windrichtingen per dag weergegeven.



Figuur 5. Overheersende windrichting per dag gedurende de meetperiode

Met name LVS2 en LVS5 geven de laagste concentraties hetgeen – inderdaad - waarschijnlijk te verklaren is door 'wederzijdse hindering'. De lagere resultaten van LVS6 en LVS7 zijn echter niet direct hierdoor verklaarbaar en kunnen waarschijnlijk alleen worden toegeschreven aan intrinsieke verschillen tussen de verschillende instrumenten. De meest waarschijnlijke bron van intrinsieke verschillen is het aanzuigdebiet van de LVS.

#### 5.4 Controle debieten LVS

De debietregeling van de LVS vindt plaats aan de hand van de via sensoren gemeten luchttemperatuur en luchtdruk. Daarom mag worden verondersteld dat eventuele verschillen in debieten uitsluitend zijn toe te schrijven aan de instellingen van de in de LVS aanwezige flowregelaars.

Ter controle op eventuele verschillen zijn op één dag in duplo controle metingen uitgevoerd van de werkelijke debieten. Deze zijn in Tabel 7 vergeleken met de aangegeven debieten.

Tabel 7. Gemeten en aangegeven debieten

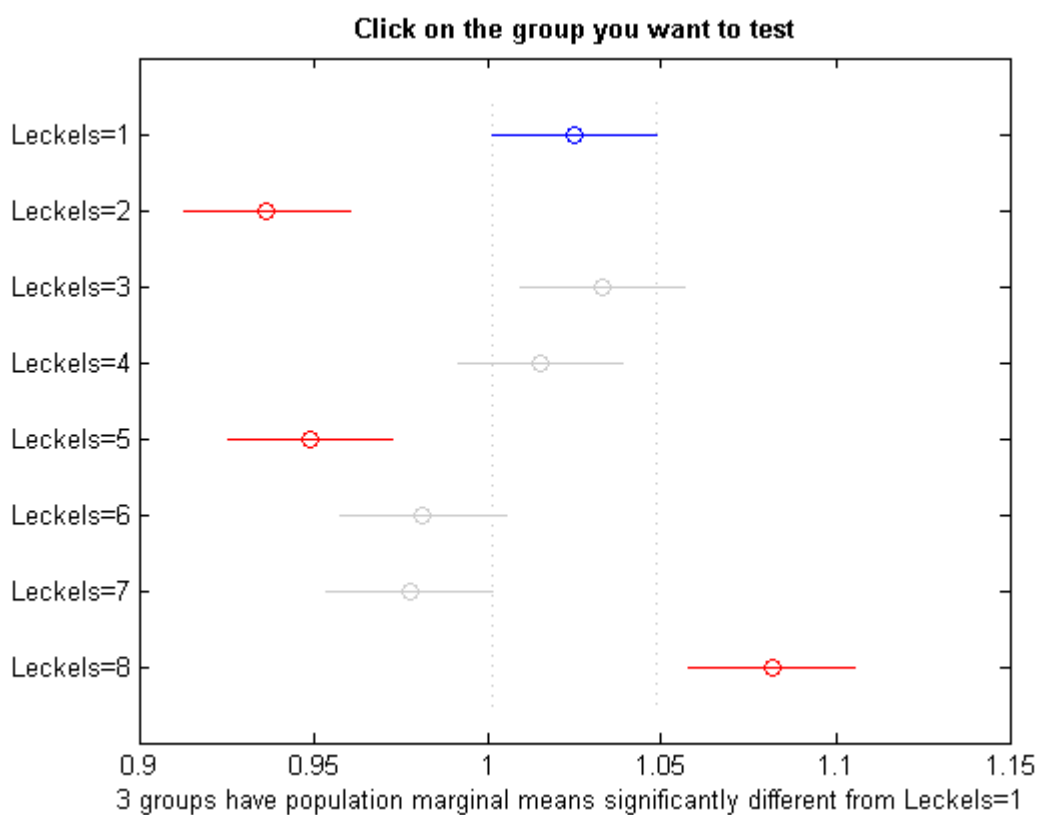
	Meettijd (s)	Debiet (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	Afwijking t.o.v. aangegeven debiet (%)	Corr. Factor
LVS 1	175,0	2,37	2,86	0,97
LVS 2	172,0	2,41	4,65	0,96
LVS 3	172,0	2,41	4,65	0,96
LVS 4	171,5	2,41	4,96	0,95
LVS 5	175,0	2,37	2,86	0,97
LVS 6	N/A	N/A	N/A	1
LVS 7	178,0	2,3	1,1	1,0
LVS 8	180,5	2,3	-0,3	1,0

Aannemende dat de metingen met voldoende betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en juistheid zijn uitgevoerd is het maximale verschil tussen de opgegeven en het bepaalde debiet ca. 5%, hetgeen hoger is dan de specificatie van 1% opgegeven door de fabrikant.

Deze afwijking kan echter niet de oorzaak zijn tussen de verschillen tussen de LVS aangezien LVS1 en LVS5 ongeveer dezelfde afwijking hebben maar in ANOVA bij verschillende groepen worden ingedeeld. Een tweeweg ANOVA op PM<sub>10</sub> concentraties gecorrigeerd voor debietverschillen bevestigt dit beeld (correctie is uitgevoerd door de concentraties met de correctiefactor te vermenigvuldigen). Een en ander wordt weergegeven in Tabel 7 en Figuur 6.

Tabel 8. ANOVA - response: concentratie PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup>

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
LVS	0.44055	7	0.06294	18.66	0
Filtertype	0.72868	3	0.24289	72.04	0
LVS:Filtertype	0.0398	21	0.0019	0.56	0.9392
Error	0.6474	192	0.00337		
Total	1.84487	223			



*Figuur 6. Genormaliseerde populatiegemiddelden voor verschillende LVS na correctie voor debietverschillen*





## 6 Conclusies

Uit de evaluaties van de verkregen onderzoeksresultaten kan het volgende worden geconcludeerd.

1. De geteste referentie-instrumenten geven vergelijkbare resultaten. De berekende gemiddelde 'tussen-instrument' spreiding voor de 8 gebruikte LVS bedraagt  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Deze waarde voldoet aan de eis van  $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gesteld in (EC Working Group, 2005). Deze waarde zal verder worden gebruikt in het onderzoek naar gelijkwaardigheid van de in het Landelijke Meetnet Luchtkwaliteit gebruikte continue automatische meetsystemen.
2. De 4 geteste filtertypes geven gemiddeld verschillende resultaten. Er is sprake van twee groepen: (Schleicher & Schuell QF20 en Whatman QMA; Pallflex en Machery & Nagel QF1). Het verschil tussen de gevonden extrema bedraagt 14%.
3. Gebaseerd op deze bevinding is de Whatman QMA de meest geschikte vervanger voor de uit productie genomen Schleicher & Schuell QF20.
4. Verschillende groepen van LVS blijken onderling significant verschillende meetwaarden te leveren. Nader onderzoek wijst uit dat deze verschillen niet kunnen worden toegeschreven aan plaatsing van de filtertypes in de LVS, noch aan geconstateerde verschillen in aanzuigdebieten. De meest waarschijnlijke verklaring voor dit verschijnsel is hindering van de onbelemmerde aanzuiging van een aantal LVS door omringende exemplaren.



## 7 Literatuur

EN 12341:1998. Air quality – Determination of the PM<sub>10</sub> fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurements. Comité Européen de Normalisation (CEN) 1998.

EC Working Group on Guidance for the Demonstration of Equivalence. Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods, version May 2005.



Bijlage 1: Gebruikte data (gegroepeerd per LVS, alleen verschilweging ( $\mu\text{g}$ ))

	LVS1	LVS5	LVS2	LVS4	LVS3	LVS7	LVS6	LVS8
D1	975,5	957,0	968,5	1024,0	958,5	889,0	849,0	881,0
D2	963,5	924,0	823,0	876,0	848,0	828,5	900,0	994,5
D3	1004,5	915,5	817,5	926,0	1179,5	1089,5	1024,0	1201,5
D4	1293,5	1233,5	1466,5	1557,0	1653,5	1524,5	1374,5	1462,0
D5	836,5	769,0	756,5	857,0	777,0	657,5	806,0	697,5
D6	781,5	701,0	610,0	684,0	644,5	602,5	687,5	787,0
D7	922,5	874,5	802,0	886,5	1129,0	1034,5	988,0	1065,5
D8	1540,0	1464,5	1735,0	1844,0	1895,0	1811,5	1648,5	1778,5
D9	1500,0	1255,0	1260,0	1511,5	1377,0	1229,5	1216,5	1447,0
D10	1663,5	1359,5	1221,5	1593,5	1561,0	1386,5	1299,5	1605,0
D11	1654,5	1324,0	1469,0	1803,0	1720,0	1461,5	1395,5	1691,0
D12	1543,5	1401,5	1306,0	1685,5	1643,5	1410,0	1220,0	1467,0
D13	1550,5	1377,0	1319,0	1639,0	1466,5	1290,0	1276,5	1533,5
D14	2173,5	1876,0	1749,0	2019,0	2048,0	1796,5	1806,5	2103,5
D15	1830,0	1755,0	1859,0	1869,0	1792,0	1636,5	1321,5	1415,0
D16	1324,5	1256,5	1222,5	1222,5	1052,0	952,5	1252,5	1311,0
D17	790,5	726,5	633,0	704,0	854,5	750,0	780,0	829,0
D18	834,0	768,0	797,0	917,5	945,5	848,0	771,0	976,5
D19	1576,5	1426,0	1449,0	1610,0	1489,5	1426,0	1457,5	1606,5
D20	1844,5	1710,0	1605,0	1614,5	1631,0	1544,0	1684,0	1788,5
D21	934,0	917,5	889,5	932,0	1010,0	945,5	988,0	1071,5
D22	849,5	854,0	1087,5	1121,5	1163,5	1107,0	1053,0	1113,5
D23	1349,5	1248,0	1275,5	1303,0	1228,5	1148,0	1141,0	1243,0
D24	1158,0	1121,0	1016,0	1026,0	1015,0	935,5	1078,5	1135,5
D25	1513,5	1458,0	1409,0	1408,0	1604,0	1498,5	1544,5	1534,0
D26	1544,5	1548,5	2011,5	2030,5	2150,5	2013,0	1911,0	2009,5
D27	1408,5	1361,0	1472,0	1399,0	1331,5	1316,5	1039,0	1039,5
D28	676,0	634,0	587,5	544,0	510,0	443,0	537,5	607,5



Bijlage 2: Gebruikte data (gegroepeerd per Filter, alleen verschilweging ( $\mu\text{g}$ ))

	QF20		QMA		PallFlex		MN QF1	
D1	975,5	957,0	968,5	1024,0	958,5	889,0	849,0	881,0
D2	900,0	994,5	963,5	924,0	823,0	876,0	848,0	828,5
D3	1179,5	1089,5	1024,0	1201,5	1004,5	915,5	817,5	926,0
D4	1466,5	1557,0	1653,5	1524,5	1374,5	1462,0	1293,5	1233,5
D5	836,5	769,0	756,5	857,0	777,0	657,5	806,0	697,5
D6	687,5	787,0	781,5	701,0	610,0	684,0	644,5	602,5
D7	1129,0	1034,5	988,0	1065,5	922,5	874,5	802,0	886,5
D8	1735,0	1844,0	1895,0	1811,5	1648,5	1778,5	1540,0	1464,5
D9	1500,0	1255,0	1260,0	1511,5	1377,0	1229,5	1216,5	1447,0
D10	1299,5	1605,0	1663,5	1359,5	1221,5	1593,5	1561,0	1386,5
D11	1720,0	1461,5	1395,5	1691,0	1654,5	1324,0	1469,0	1803,0
D12	1306,0	1685,5	1643,5	1410,0	1220,0	1467,0	1543,5	1401,5
D13	1550,5	1377,0	1319,0	1639,0	1466,5	1290,0	1276,5	1533,5
D14	1806,5	2103,5	2173,5	1876,0	1749,0	2019,0	2048,0	1796,5
D15	1830,0	1755,0	1859,0	1869,0	1792,0	1636,5	1321,5	1415,0
D16	1252,5	1311,0	1324,5	1256,5	1222,5	1222,5	1052,0	952,5
D17	854,5	750,0	780,0	829,0	790,5	726,5	633,0	704,0
D18	797,0	917,5	945,5	848,0	771,0	976,5	834,0	768,0
D19	1576,5	1426,0	1449,0	1610,0	1489,5	1426,0	1457,5	1606,5
D20	1684,0	1788,5	1844,5	1710,0	1605,0	1614,5	1631,0	1544,0
D21	1010,0	945,5	988,0	1071,5	934,0	917,5	889,5	932,0
D22	1087,5	1121,5	1163,5	1107,0	1053,0	1113,5	849,5	854,0
D23	1349,5	1248,0	1275,5	1303,0	1228,5	1148,0	1141,0	1243,0
D24	1078,5	1135,5	1158,0	1121,0	1016,0	1026,0	1015,0	935,5
D25	1604,0	1498,5	1544,5	1534,0	1513,5	1458,0	1409,0	1408,0
D26	2011,5	2030,5	2150,5	2013,0	1911,0	2009,5	1544,5	1548,5
D27	1408,5	1361,0	1472,0	1399,0	1331,5	1316,5	1039,0	1039,5
D28	537,5	607,5	676,0	634,0	587,5	544,0	510,0	443,0





## Bijlage 3: Gebruikte data voor ANOVA analyse

# Leckel	# Filter	# Dag	Toename ( $\mu\text{g}$ )	Luchthoeveelheid ( $\text{m}^3$ )	Conc, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Corrfactor debiet	Corr Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	1	1	975,5	55,18	17,68	0,97	17,19
2	2	1	968,5	55,19	17,55	0,96	16,77
3	3	1	958,5	55,18	17,37	0,96	16,60
4	2	1	1024,0	55,18	18,56	0,95	17,68
5	1	1	957,0	55,18	17,34	0,97	16,86
6	4	1	849,0	55,17	15,39	1,00	15,39
7	3	1	889,0	55,19	16,11	0,99	15,93
8	4	1	881,0	55,18	15,97	1,00	16,01
1	2	2	963,5	55,14	17,47	0,97	16,99
2	3	2	823,0	55,14	14,93	0,96	14,26
3	4	2	848,0	55,15	15,38	0,96	14,69
4	3	2	876,0	55,15	15,88	0,95	15,13
5	2	2	924,0	55,14	16,76	0,97	16,29
6	1	2	900,0	55,14	16,32	1,00	16,32
7	4	2	828,5	55,15	15,02	0,99	14,86
8	1	2	994,5	55,15	18,03	1,00	18,08
1	3	3	1004,5	55,14	18,22	0,97	17,71
2	4	3	817,5	55,14	14,83	0,96	14,17
3	1	3	1179,5	55,14	21,39	0,96	20,44
4	4	3	926,0	55,14	16,79	0,95	16,00
5	3	3	915,5	55,15	16,60	0,97	16,14
6	2	3	1024,0	55,14	18,57	1,00	18,57
7	1	3	1089,5	55,15	19,76	0,99	19,54
8	2	3	1201,5	55,15	21,79	1,00	21,85
1	4	4	1293,5	55,15	23,45	0,97	22,80
2	1	4	1466,5	55,14	26,60	0,96	25,41
3	2	4	1653,5	55,15	29,98	0,96	28,65
4	1	4	1557,0	55,15	28,23	0,95	26,90
5	4	4	1233,5	55,15	22,37	0,97	21,74
6	3	4	1374,5	55,15	24,92	1,00	24,92
7	2	4	1524,5	55,14	27,65	0,99	27,34
8	3	4	1462,0	55,16	26,50	1,00	26,58
1	1	5	836,5	55,15	15,17	0,97	14,75
2	2	5	756,5	55,16	13,71	0,96	13,11
3	3	5	777,0	55,15	14,09	0,96	13,46
4	2	5	857,0	55,14	15,54	0,95	14,81
5	1	5	769,0	55,14	13,95	0,97	13,56
6	4	5	806,0	55,14	14,62	1,00	14,62
7	3	5	657,5	55,15	11,92	0,99	11,79
8	4	5	697,5	55,14	12,65	1,00	12,68
1	2	6	781,5	55,14	14,17	0,97	13,78
2	3	6	610,0	55,15	11,06	0,96	10,57
3	4	6	644,5	55,15	11,69	0,96	11,17
4	3	6	684,0	55,14	12,40	0,95	11,82
5	2	6	701,0	55,14	12,71	0,97	12,36
6	1	6	687,5	55,14	12,47	1,00	12,47

# Leckel	# Filter	# Dag	Toename ( $\mu\text{g}$ )	Luchthoeveelheid ( $\text{m}^3$ )	Conc, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Corrfactor debiet	Corr Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
7	4	6	602,5	55,15	10,92	0,99	10,80
8	1	6	787,0	55,15	14,27	1,00	14,31
1	3	7	922,5	55,15	16,73	0,97	16,26
2	4	7	802,0	55,14	14,54	0,96	13,90
3	1	7	1129,0	55,15	20,47	0,96	19,56
4	4	7	886,5	55,14	16,08	0,95	15,32
5	3	7	874,5	55,15	15,86	0,97	15,42
6	2	7	988,0	55,15	17,91	1,00	17,91
7	1	7	1034,5	55,14	18,76	0,99	18,55
8	2	7	1065,5	55,15	19,32	1,00	19,37
1	4	8	1540,0	55,14	27,93	0,97	27,15
2	1	8	1735,0	55,15	31,46	0,96	30,06
3	2	8	1895,0	55,15	34,36	0,96	32,83
4	1	8	1844,0	55,14	33,44	0,95	31,86
5	4	8	1464,5	55,14	26,56	0,97	25,82
6	3	8	1648,5	55,15	29,89	1,00	29,89
7	2	8	1811,5	55,15	32,85	0,99	32,48
8	3	8	1778,5	55,15	32,25	1,00	32,34
1	1	9	1500,0	55,14	27,20	0,97	26,45
2	2	9	1260,0	55,14	22,85	0,96	21,84
3	3	9	1377,0	55,15	24,97	0,96	23,86
4	2	9	1511,5	55,14	27,41	0,95	26,12
5	1	9	1255,0	55,15	22,76	0,97	22,12
6	4	9	1216,5	55,14	22,06	1,00	22,06
7	3	9	1229,5	55,15	22,29	0,99	22,05
8	4	9	1447,0	55,14	26,24	1,00	26,32
1	2	10	1663,5	55,14	30,17	0,97	29,33
2	3	10	1221,5	55,15	22,15	0,96	21,16
3	4	10	1561,0	55,14	28,31	0,96	27,05
4	3	10	1593,5	55,14	28,90	0,95	27,53
5	2	10	1359,5	55,13	24,66	0,97	23,97
6	1	10	1299,5	55,14	23,57	1,00	23,57
7	4	10	1386,5	55,14	25,15	0,99	24,87
8	1	10	1605,0	55,14	29,11	1,00	29,19
1	3	11	1654,5	55,15	30,00	0,97	29,17
2	4	11	1469,0	55,14	26,64	0,96	25,46
3	1	11	1720,0	55,14	31,19	0,96	29,81
4	4	11	1803,0	55,14	32,70	0,95	31,15
5	3	11	1324,0	55,15	24,01	0,97	23,34
6	2	11	1395,5	55,15	25,30	1,00	25,30
7	1	11	1461,5	55,14	26,51	0,99	26,21
8	2	11	1691,0	55,15	30,66	1,00	30,75
1	4	12	1543,5	55,15	27,99	0,97	27,21
2	1	12	1306,0	55,14	23,69	0,96	22,63
3	2	12	1643,5	55,15	29,80	0,96	28,48
4	1	12	1685,5	55,15	30,56	0,95	29,12
5	4	12	1401,5	55,15	25,41	0,97	24,71
6	3	12	1220,0	55,14	22,13	1,00	22,13
7	2	12	1410,0	55,14	25,57	0,99	25,29

# Leckel	# Filter	# Dag	Toename ( $\mu\text{g}$ )	Luchthoeveelheid ( $\text{m}^3$ )	Conc, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Corrfactor debiet	Corr Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
8	3	12	1467,0	55,14	26,61	1,00	26,68
1	1	13	1550,5	55,14	28,12	0,97	27,34
2	2	13	1319,0	55,14	23,92	0,96	22,86
3	3	13	1466,5	55,15	26,59	0,96	25,41
4	2	13	1639,0	55,14	29,72	0,95	28,32
5	1	13	1377,0	55,15	24,97	0,97	24,27
6	4	13	1276,5	55,14	23,15	1,00	23,15
7	3	13	1290,0	55,15	23,39	0,99	23,13
8	4	13	1533,5	55,14	27,81	1,00	27,89
1	2	14	2173,5	55,14	39,42	0,97	38,32
2	3	14	1749,0	55,14	31,72	0,96	30,31
3	4	14	2048,0	55,15	37,14	0,96	35,48
4	3	14	2019,0	55,14	36,62	0,95	34,89
5	2	14	1876,0	55,15	34,02	0,97	33,07
6	1	14	1806,5	55,15	32,76	1,00	32,76
7	4	14	1796,5	55,14	32,58	0,99	32,22
8	1	14	2103,5	55,14	38,15	1,00	38,25
1	1	15	1830,0	55,14	33,19	0,97	32,27
2	2	15	1859,0	55,14	33,71	0,96	32,22
3	3	15	1792,0	55,15	32,49	0,96	31,05
4	2	15	1869,0	55,14	33,90	0,95	32,29
5	1	15	1755,0	55,15	31,82	0,97	30,94
6	4	15	1321,5	55,14	23,97	1,00	23,97
7	3	15	1636,5	55,15	29,67	0,99	29,34
8	4	15	1415,0	55,14	25,66	1,00	25,73
1	2	16	1324,5	55,14	24,02	0,97	23,35
2	3	16	1222,5	55,15	22,17	0,96	21,18
3	4	16	1052,0	55,15	19,08	0,96	18,23
4	3	16	1222,5	55,14	22,17	0,95	21,12
5	2	16	1256,5	55,15	22,78	0,97	22,15
6	1	16	1252,5	55,15	22,71	1,00	22,71
7	4	16	952,5	55,15	17,27	0,99	17,08
8	1	16	1311,0	55,14	23,78	1,00	23,84
1	3	17	790,5	55,15	14,33	0,97	13,94
2	4	17	633,0	55,15	11,48	0,96	10,97
3	1	17	854,5	55,15	15,49	0,96	14,81
4	4	17	704,0	55,16	12,76	0,95	12,16
5	3	17	726,5	55,14	13,18	0,97	12,81
6	2	17	780,0	55,15	14,14	1,00	14,14
7	1	17	750,0	55,14	13,60	0,99	13,45
8	2	17	829,0	55,15	15,03	1,00	15,07
1	4	18	834,0	55,14	15,13	0,97	14,70
2	1	18	797,0	55,14	14,45	0,96	13,81
3	2	18	945,5	55,15	17,14	0,96	16,38
4	1	18	917,5	55,14	16,64	0,95	15,85
5	4	18	768,0	55,14	13,93	0,97	13,54
6	3	18	771,0	55,14	13,98	1,00	13,98
7	2	18	848,0	55,15	15,38	0,99	15,21
8	3	18	976,5	55,15	17,71	1,00	17,76

# Leckel	# Filter	# Dag	Toename ( $\mu\text{g}$ )	Luchthoeveelheid ( $\text{m}^3$ )	Conc, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Corrfactor debiet	Corr Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	1	19	1576,5	55,14	28,59	0,97	27,80
2	2	19	1449,0	55,14	26,28	0,96	25,11
3	3	19	1489,5	55,15	27,01	0,96	25,81
4	2	19	1610,0	55,14	29,20	0,95	27,82
5	1	19	1426,0	55,14	25,86	0,97	25,14
6	4	19	1457,5	55,14	26,43	1,00	26,43
7	3	19	1426,0	55,15	25,86	0,99	25,57
8	4	19	1606,5	55,14	29,13	1,00	29,22
1	2	20	1844,5	55,15	33,45	0,97	32,52
2	3	20	1605,0	55,15	29,10	0,96	27,81
3	4	20	1631,0	55,14	29,58	0,96	28,26
4	3	20	1614,5	55,15	29,27	0,95	27,89
5	2	20	1710,0	55,15	31,01	0,97	30,15
6	1	20	1684,0	55,14	30,54	1,00	30,54
7	4	20	1544,0	55,15	28,00	0,99	27,69
8	1	20	1788,5	55,15	32,43	1,00	32,52
1	3	21	934,0	55,14	16,94	0,97	16,47
2	4	21	889,5	55,14	16,13	0,96	15,41
3	1	21	1010,0	55,14	18,32	0,96	17,50
4	4	21	932,0	55,15	16,90	0,95	16,10
5	3	21	917,5	55,14	16,64	0,97	16,18
6	2	21	988,0	55,14	17,92	1,00	17,92
7	1	21	945,5	55,15	17,14	0,99	16,95
8	2	21	1071,5	55,15	19,43	1,00	19,48
1	4	22	849,5	55,14	15,41	0,97	14,98
2	1	22	1087,5	55,14	19,72	0,96	18,85
3	2	22	1163,5	55,15	21,10	0,96	20,16
4	1	22	1121,5	55,14	20,34	0,95	19,38
5	4	22	854,0	55,15	15,49	0,97	15,05
6	3	22	1053,0	55,15	19,09	1,00	19,09
7	2	22	1107,0	55,14	20,08	0,99	19,85
8	3	22	1113,5	55,14	20,19	1,00	20,25
1	1	23	1349,5	55,14	24,47	0,97	23,79
2	2	23	1275,5	55,14	23,13	0,96	22,10
3	3	23	1228,5	55,15	22,28	0,96	21,29
4	2	23	1303,0	55,15	23,63	0,95	22,51
5	1	23	1248,0	55,14	22,63	0,97	22,00
6	4	23	1141,0	55,14	20,69	1,00	20,69
7	3	23	1148,0	55,15	20,82	0,99	20,58
8	4	23	1243,0	55,15	22,54	1,00	22,60
1	2	24	1158,0	55,15	21,00	0,97	20,41
2	3	24	1016,0	55,14	18,43	0,96	17,61
3	4	24	1015,0	55,14	18,41	0,96	17,59
4	3	24	1026,0	55,14	18,61	0,95	17,73
5	2	24	1121,0	55,14	20,33	0,97	19,77
6	1	24	1078,5	55,14	19,56	1,00	19,56
7	4	24	935,5	55,15	16,96	0,99	16,77
8	1	24	1135,5	55,14	20,59	1,00	20,65
1	3	25	1513,5	55,15	27,44	0,97	26,68

# Leckel	# Filter	# Dag	Toename ( $\mu\text{g}$ )	Luchthoeveelheid ( $\text{m}^3$ )	Conc, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Corrfactor debiet	Corr Conc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2	4	25	1409,0	55,15	25,55	0,96	24,41
3	1	25	1604,0	55,15	29,08	0,96	27,79
4	4	25	1408,0	55,15	25,53	0,95	24,32
5	3	25	1458,0	55,15	26,44	0,97	25,70
6	2	25	1544,5	55,14	28,01	1,00	28,01
7	1	25	1498,5	55,14	27,18	0,99	26,87
8	2	25	1534,0	55,14	27,82	1,00	27,90
1	4	26	1544,5	55,14	28,01	0,97	27,23
2	1	26	2011,5	55,14	36,48	0,96	34,86
3	2	26	2150,5	55,15	38,99	0,96	37,26
4	1	26	2030,5	55,15	36,82	0,95	35,08
5	4	26	1548,5	55,15	28,08	0,97	27,30
6	3	26	1911,0	55,15	34,65	1,00	34,65
7	2	26	2013,0	55,13	36,51	0,99	36,11
8	3	26	2009,5	55,15	36,44	1,00	36,54
1	1	27	1408,5	55,15	25,54	0,97	24,83
2	2	27	1472,0	55,14	26,70	0,96	25,51
3	3	27	1331,5	55,16	24,14	0,96	23,07
4	2	27	1399,0	55,14	25,37	0,95	24,17
5	1	27	1361,0	55,14	24,68	0,97	24,00
6	4	27	1039,0	55,14	18,84	1,00	18,84
7	3	27	1316,5	55,15	23,87	0,99	23,61
8	4	27	1039,5	55,14	18,85	1,00	18,90
1	2	28	676,0	55,14	12,26	0,97	11,92
2	3	28	587,5	55,15	10,65	0,96	10,18
3	4	28	510,0	55,14	9,25	0,96	8,84
4	3	28	544,0	55,14	9,87	0,95	9,40
5	2	28	634,0	55,14	11,50	0,97	11,18
6	1	28	537,5	55,13	9,75	1,00	9,75
7	4	28	443,0	55,14	8,03	0,99	7,94
8	1	28	607,5	55,14	11,02	1,00	11,05

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)