



M+P - raadgevende ingenieurs
Müller-BBM groep
geluid trillingen lucht bouwfysica

Wolfskamerweg 47, Vught
Postbus 2094
5260 CB Vught

T 073-658 9050
F 073-658 9051
Vught@mp.nl
www.mp.nl

Elektrostatisch afvangen van fijnstof

Het gebruik van een horizontale inlaat op een fijnstofmonitor

Opdrachtgever
Rijkswaterstaat
Dienst Verkeer en Scheepvaart
Postbus 5044
2600 GA Delft

Rapportnummer
M+P.DVS.08.07.1

Revisie
0

Datum
17 juli 2009

Opdrachtnummer

Pagina
1 van 38

Auteurs

ing. W.J. van der Heijden

ir. J. Hoogwerff

Samenvatting

Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit zal de werking van het BAM/TUD-concept in een praktijksituatie in de Thomassentunnel (A15, Rozenburg, Zuid-Holland) testen. Tijdens deze praktijkproeven zullen metingen worden uitgevoerd aan de concentraties fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) op verschillende plekken in en net buiten de tunnel.

Voor de uitvoer van de metingen bij dit project wordt de mogelijkheid onderzocht om de fijnstof meetapparatuur te voorzien van een horizontale inlaat. Op deze wijze is het mogelijk om de apparatuur in de servicebuis te plaatsen en door de tunnelwand heen metingen uit te voeren in de tunnelbuis.

Het is niet duidelijk wat de invloed van een horizontale inlaat is op de meetresultaten van de toe te passen fijnstof-meetapparatuur. Voorafgaand aan de experimenten in de Thomassentunnel is daarom onderzoek gedaan naar de invloed van een horizontale inlaatbuis op de fijnstof-meetapparatuur. Hiervoor zijn speciale horizontale inlaatbuizen gemaakt voor een GRIMM en voor een LVS, waarmee vergelijkende metingen zijn uitgevoerd in de proeftuin "Schermen" langs de A28 ter hoogte van strand Nulde en op de binnenplaats van M+P in Vught.

Uit het onderzoek met horizontale inlaten op een GRIMM en LVS zijn de volgende conclusies naar voren gekomen:

- Uit de vergelijkende metingen die zijn uitgevoerd met de GRIMM's is geen significant systematisch verschil gevonden in de meetwaarden voor de PM_{10} -concentratie en de $PM_{2,5}$ -concentratie. Bij de PM_1 -concentratie valt op dat GRIMM 1 ongeveer 3 tot 5% lagere waarden geeft dan de andere GRIMM's op basis van uurwaarden PM_1 .
- De invloed van een horizontale inlaat op een GRIMM geeft een verschil van 17% tot 41% ten opzichte van een verticale inlaat voor de grove fractie van PM_{10} ($>PM_{2,5}$). Wanneer twee GRIMM's met beide een verticale inlaat met elkaar vergeleken worden is het verschil 1% tot 10%. Een horizontale inlaat op een GRIMM zorgt voor een onderschatting in de grove fractie van de PM_{10} -concentratie.
- Bij de LVS zorgt het toepassen van een horizontale inlaat voor een verlaging van de meetwaarden met 6% met een onzekerheid van +/- 18%.
- Wanneer een GRIMM en een LVS met elkaar vergeleken worden geeft de GRIMM 15% (met een onzekerheid van +/- 18%) hogere waarden dan de LVS.

Op basis van de uitkomsten van het onderzoek wordt afgeraden om een horizontale inlaat op de GRIMM's en de LVS-en te gebruiken voor het meten van de PM_{10} -concentratie in de Thomassentunnel.

Inhoud

SAMENVATTING	2	
1	INLEIDING	4
2	ACHTERGROND	5
2.1	Experimenten	5
2.2	Locatie	5
2.3	Meetapparatuur	5
2.4	Meetprincipe	6
2.5	Uitvoering van de tunnel	7
3	ONDERZOEK	9
3.1	Onderzoek horizontale inlaat	9
3.2	Regressiemethode	9
4	ONDERLINGE VERGELIJKING VAN DE GRIMM-APPARATUUR	10
4.1	Vergelijkbaarheid van de GRIMM-fijnstofmonitoren op basis van PM ₁₀	10
4.2	Vergelijkbaarheid van de GRIMM-fijnstofmonitoren op basis van PM _{2,5}	13
4.3	Vergelijkbaarheid van de GRIMM-fijnstofmonitoren op basis van PM ₁	15
5	TOEPASSEN VAN EEN HORIZONTALE INLAAT OP EEN GRIMM	19
5.1	De invloed van een horizontale inlaat op de PM ₁₀ -concentratie	19
5.2	De invloed van een horizontale inlaat op de PM _{2,5} -concentratie	22
5.3	De invloed van een horizontale inlaat op de PM ₁ -concentratie	25
5.4	Invloed op de grove fractie van de PM ₁₀	28
6	INVLOED VAN EEN HORIZONTALE INLAAT OP EEN LVS	33
7	VERGELIJKBAARHEID VAN EEN GRIMM EN EEN LVS	36
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	38

1 Inleiding

Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) werkt in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen. De focus ligt op snelwegen bij dichtbevolkte gebieden. Eén van de projecten binnen het IPL is het project “Overkappen en luchtbehandeling”. In dit project wordt onder andere het elektrostatische concept van BAM/TUD in een praktijksituatie getest.

De fijn stof afvangmethode van BAM/TUD reduceert de fijn stof concentratie door enerzijds het creëren van een elektrostatisch dak boven de weg en anderzijds het opladen van het fijnstof. De afvangmethode maakt gebruik van fijne draden en metalen geaarde schermen van gaas. Door het elektrostatische veld dat ontstaat tussen de draden en de schermen worden de geladen fijn stof deeltjes naar de metalen geaarde schermen geleid.

Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit zal de werking van het BAM/TUD-concept in een praktijksituatie in de Thomassentunnel (A15, Rozenburg, Zuid-Holland) testen. Tijdens deze praktijkproeven zullen metingen worden uitgevoerd aan de concentraties fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) op verschillende plekken in en net buiten de tunnel.

Voor de uitvoer van de metingen bij dit project wordt de mogelijkheid onderzocht om de fijnstof meetapparatuur te voorzien van een horizontale inlaat. Op deze wijze is het mogelijk om de apparatuur in de servicebuis te plaatsen en door de tunnelwand heen metingen uit te voeren in de tunnelbuis. M+P raadgevende ingenieurs heeft ter voorbereiding van de metingen een aantal experimenten gedaan, waarvan de resultaten in dit rapport zijn opgenomen.

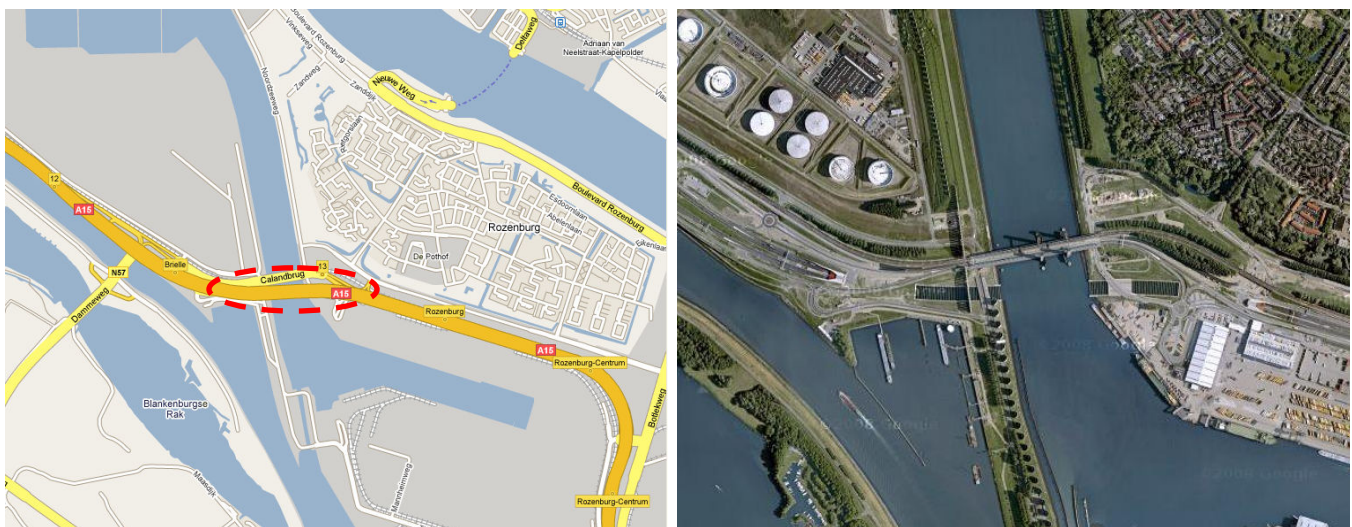
2 Achtergrond

2.1 Experimenten

In dit project wordt het elektrostatische concept van BAM/TUD in een praktijksituatie getest. De fijnstof afvangmethode van BAM/TUD reduceert de fijnstof concentratie door enerzijds het creëren van een elektrostatisch dak boven de weg en anderzijds het opladen van het fijnstof. De afvangmethode maakt gebruik van fijne draden en metalen geaarde schermen van gaas. Door het elektrostatische veld dat ontstaat tussen de draden en de schermen worden de geladen fijnstof deeltjes naar de metalen geaarde schermen geleid.

2.2 Locatie

De locatie van de praktijkproef is de Thomassentunnel. Deze tunnel is gesitueerd tussen km 36,4 en km 37,6 van de A15 bij Rozenburg (figuur 1).



figuur 1 Thomassentunnel - A15 Rozenburg

De fijnstof metingen worden uitgevoerd in een van de twee tunnelbuizen op 3 meetposities in de tunnelbuis en 1 meetpositie buiten de tunnel.

2.3 Meetapparatuur

Om invulling te geven aan de eisen en wensen met betrekking tot de metingen wordt de volgende meetapparatuur gebruikt.

De continu metingen worden uitgevoerd met 4 systemen van het type GRIMM 365. Dit systeem is gebaseerd op lichtverstrooiing. Uit de hoek van buiging van de verstrooiing wordt de grootte van het deeltje ingeschat en de concentratie bepaald, zodat met de GRIMM 365 ook een verdeling van de gemeten stof naar grootte gedaan wordt. De GRIMM 365 kan tegelijkertijd PM_{10} , $PM_{2,5}$ en PM_1 meten.

De referentieapparaten zijn Low Volume Samplers (LVS) van het merk Derenda. De LVS verzameld over een periode van 24 uur het stof op een filter, waarbij na weging in het laboratorium de gemiddelde concentratie over die 24 uur bepaald kan worden. Afhankelijk van de gekozen inlaatkop wordt PM_{10} of $PM_{2,5}$ gemeten.

In figuur 2 zijn foto's weergegeven van GRIMM apparaten en een referentieapparaat.

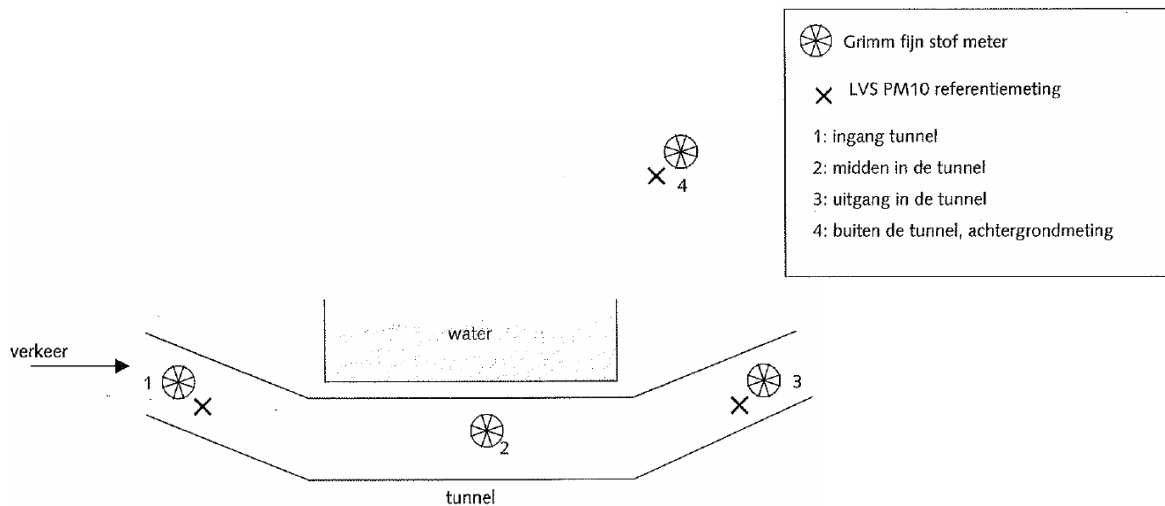


figuur 2

Fijn stof meetapparatuur: GRIMM 365 en een LVS referentieapparaat

2.4 Meetprincipe

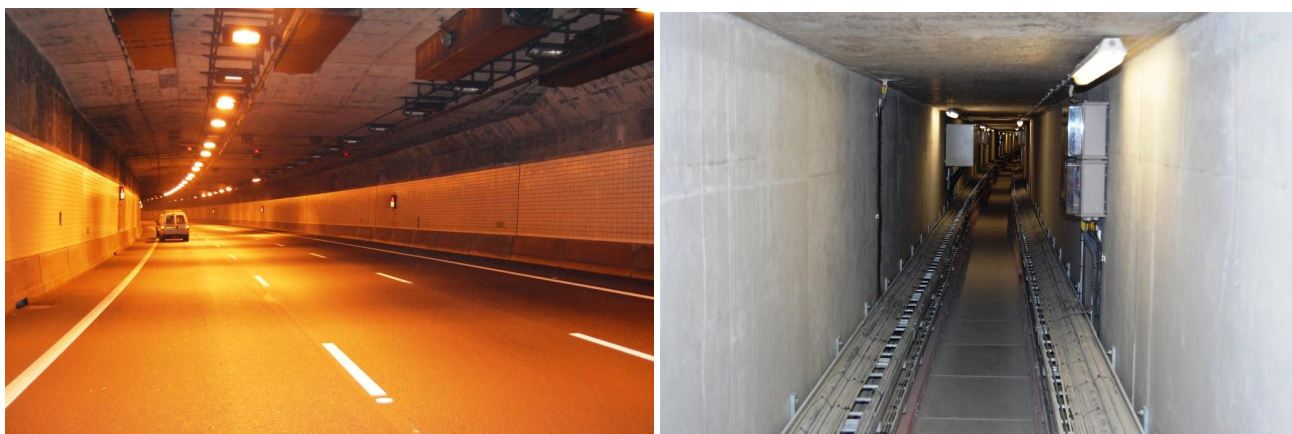
Om het effect van het elektrostatische systeem op de fijn stof concentratie te bepalen, worden op drie punten in de Thomassentunnel en op een punt buiten de tunnel continu de fijn stof concentraties gemeten (zie figuur 3). Ook wordt op een aantal punten de daggemiddelde concentratie gemeten met de referentiemethode. Daarnaast worden de belangrijkste meteogegevens gemeten, zoals temperatuur, luchtvochtigheid.



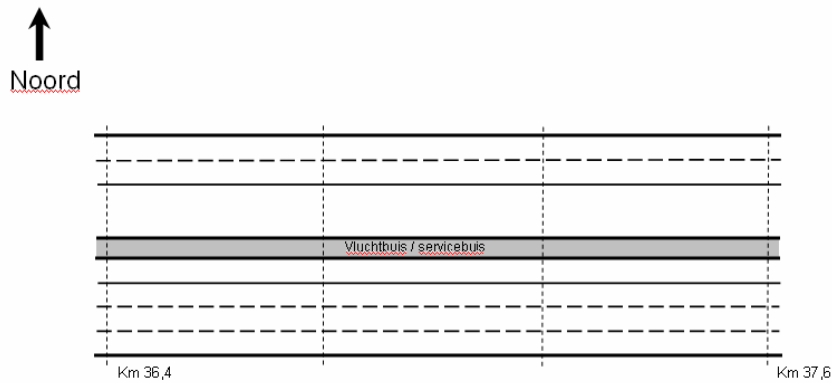
figuur 3 Meetprincipe

2.5 Uitvoering van de tunnel

De Thomassentunnel bestaat uit twee tunnelbuizen, een vluchtbuis en servicebuis. In figuur 4 zijn een foto van de tunnelbuis en een foto van de servicebuis weergegeven en in figuur 5 is een bovenaanzicht van de tunnel weergegeven.



figuur 4 Tunnelbuis (links) en servicebuis (rechts) van de Thomassentunnel



figuur 5 *Bovenaanzicht tunnel*

Om er voor te zorgen dat er in de tunnelbuis geen meetapparatuur komt te staan wordt gekeken of met behulp van een horizontale inlaat op de fijnstof-meetapparatuur vanuit de servicebuis gemeten kan worden. De apparatuur komt in dat geval in de servicebuis te staan en door een gat in de tunnelwand zal dan lucht aangezogen worden uit de tunnelbuis.

3 Onderzoek

3.1 Onderzoek horizontale inlaat

Het is niet duidelijk wat de invloed van een horizontale inlaat is op de meetresultaten van de toe te passen fijnstof-meetapparatuur. Voorafgaand aan de experimenten in de Thomassentunnel is daarom onderzoek gedaan naar de invloed van een horizontale inlaatbuis op de fijnstof-meetapparatuur. Hiervoor zijn speciale horizontale inlaatbuizen gemaakt voor een GRIMM en voor een LVS, waarmee vergelijkende metingen zijn uitgevoerd in de proeftuin "Schermen" langs de A28 ter hoogte van strand Nulde en op de binnenplaats van M+P in Vught.

3.2 Regressiemethode

Er is gebruik gemaakt van orthogonale regressie, waarbij nagegaan is of de regressielijn van de dataset door nul gaat, dan wel of de y-as op een andere plaats doorsneden wordt (het intercept). Wanneer het intercept kleiner is dan twee keer zijn standaarddeviatie, wordt het intercept als niet significant beschouwt. In dat geval wordt de regressielijn door nul gedwongen. Wanneer het intercept significant is, kan de regressielijn niet door nul gedwongen worden omdat niet duidelijk is wat de oorzaak hiervan is. In dat geval wordt het gemiddelde van de door nul gedwongen regressielijn en de niet door nul gedwongen regressielijn gepresenteerd, inclusief de "omhullende" onzekerheid van die twee richtingscoëfficiënten.

4 Onderlinge vergelijking van de GRIMM-apparatuur

Op 6 maart 2009 zijn de vier GRIMM fijnstofmonitoren van M+P in de proeftuin “Schermen” geplaatst. In figuur 6 is een foto weergegeven van de opstelling van de GRIMM's in de proeftuin “Schermen”.



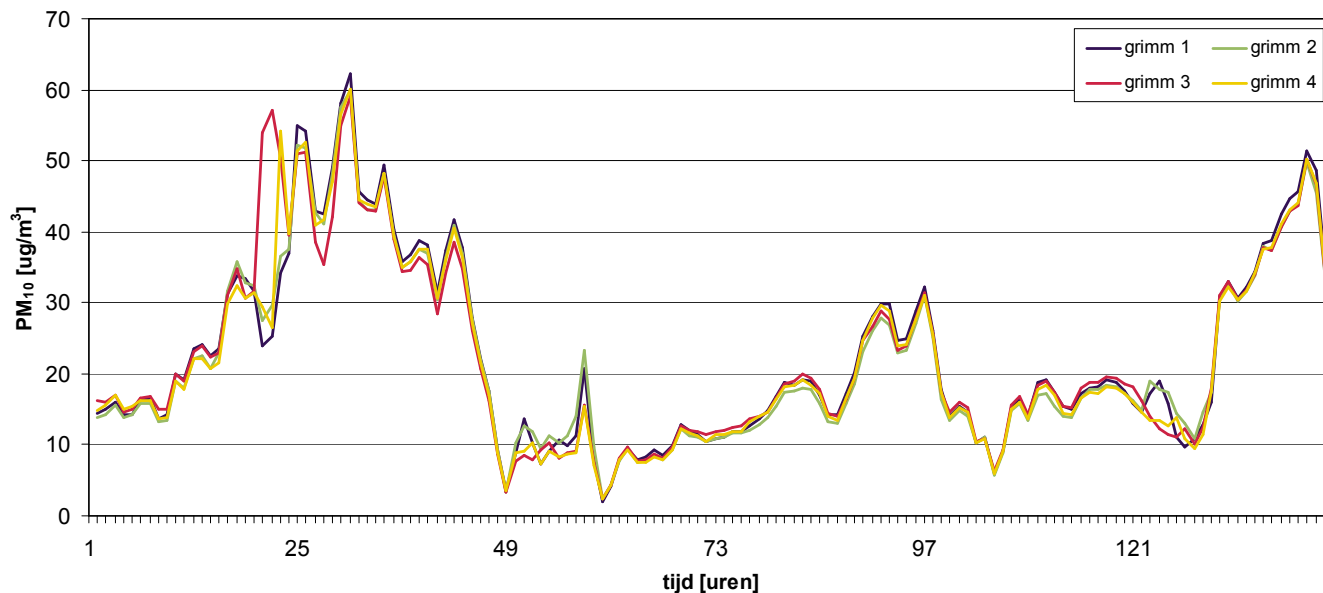
figuur 6 GRIMM's in de proeftuin “Schermen” langs de A28 bij Putten

Van 6 maart 2009 tot 12 maart 2009 hebben de GRIMM's naast elkaar gestaan voor een vergelijkende meting. In de volgende paragrafen wordt per PM-fractie de onderlinge vergelijkbaarheid van de GRIMM monitoren bekeken.

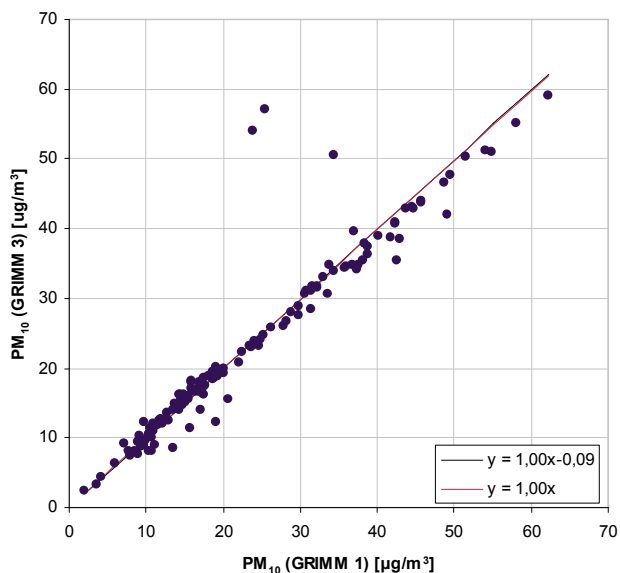
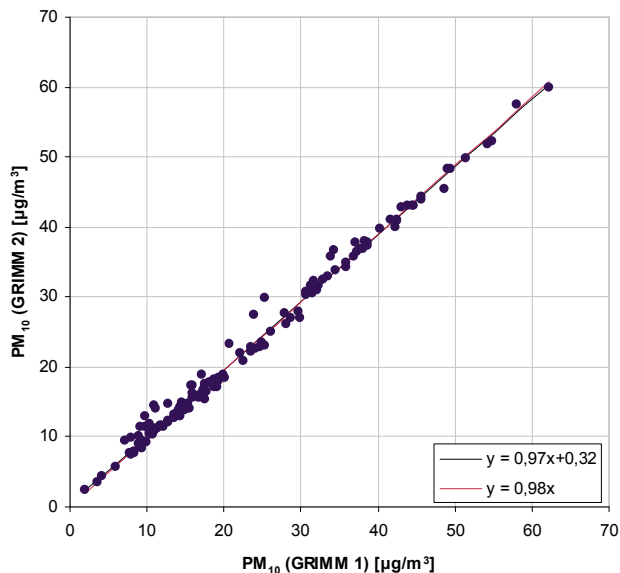
4.1 Vergelijkbaarheid van de GRIMM-fijnstofmonitoren op basis van PM₁₀

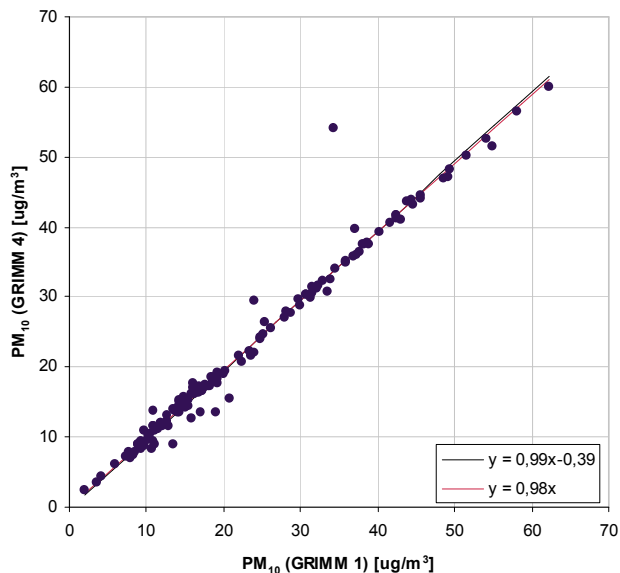
In figuur 7 is de (ruwe) PM₁₀-data weergegeven van de vier GRIMM's in de periode dat deze bij elkaar stonden.

Door de uurwaarden van de verschillende GRIMM's te vergelijken met de uurwaarden van GRIMM 1, zijn met behulp van een regressieanalyse de onderlinge verschillen tussen de GRIMM's vast te stellen. In figuur 8 zijn scatterplots weergegeven waarin de uurwaarden van de GRIMM's zijn uitgezet tegen de uurwaarden van GRIMM 1.



figuur 7 Vergelijkende meting PM₁₀ GRIMM's van 6 tot 12 maart 2009





figuur 8 Scatterplots vergelijking GRIMM's op basis van uurwaarden PM_{10} van 6 maart 2009 tot 12 maart 2009

In tabel I zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel I Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_{10} van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_{10} van GRIMM 1, U =standaard deviatie

GRIMM	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
2	$y = 0,97x + 0,32$	0,01	0,39	$y = 0,98x$	0,01
3	$y = 1,00x - 0,09$	0,03	0,72	$y = 1,00x$	0,04
4	$y = 0,99x - 0,39$	0,03	0,70	$y = 0,98x$	0,02

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel II Uiteindelijke resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_{10} van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_{10} van GRIMM 1, U =standaard deviatie

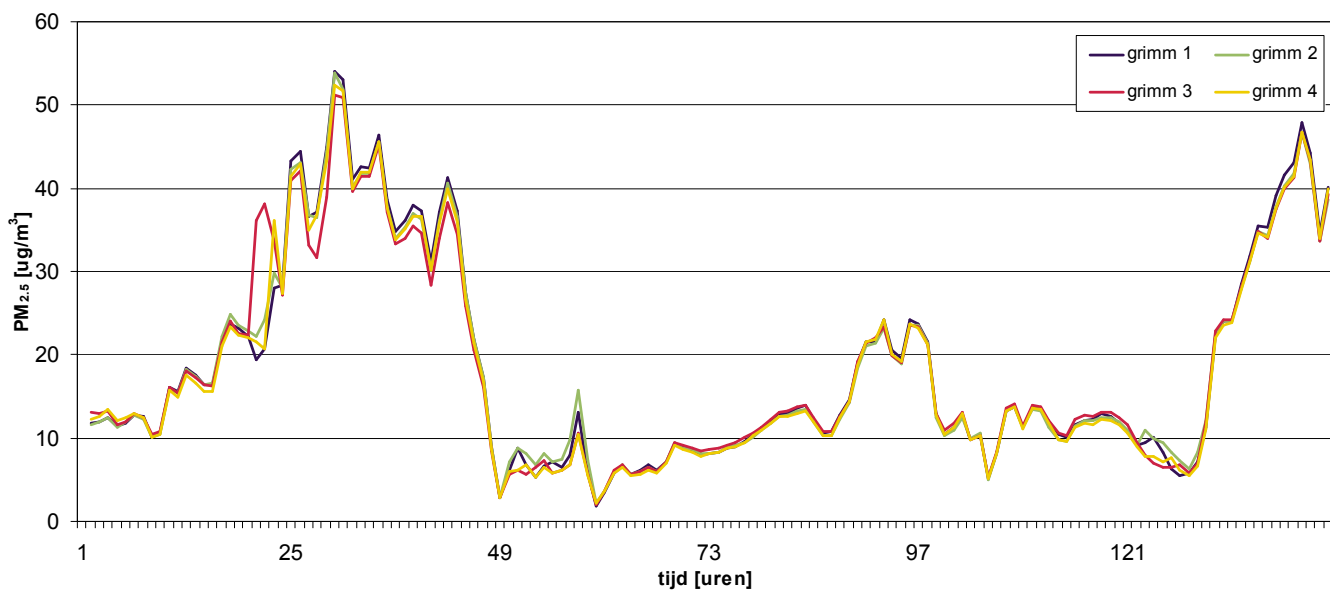
x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 0,98x$	0,01
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 1,00x$	0,04
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 0,98x$	0,02

Uit tabel II is op te maken dat de verschillen tussen de apparaten op basis van uurwaarden PM_{10} niet significant zijn.

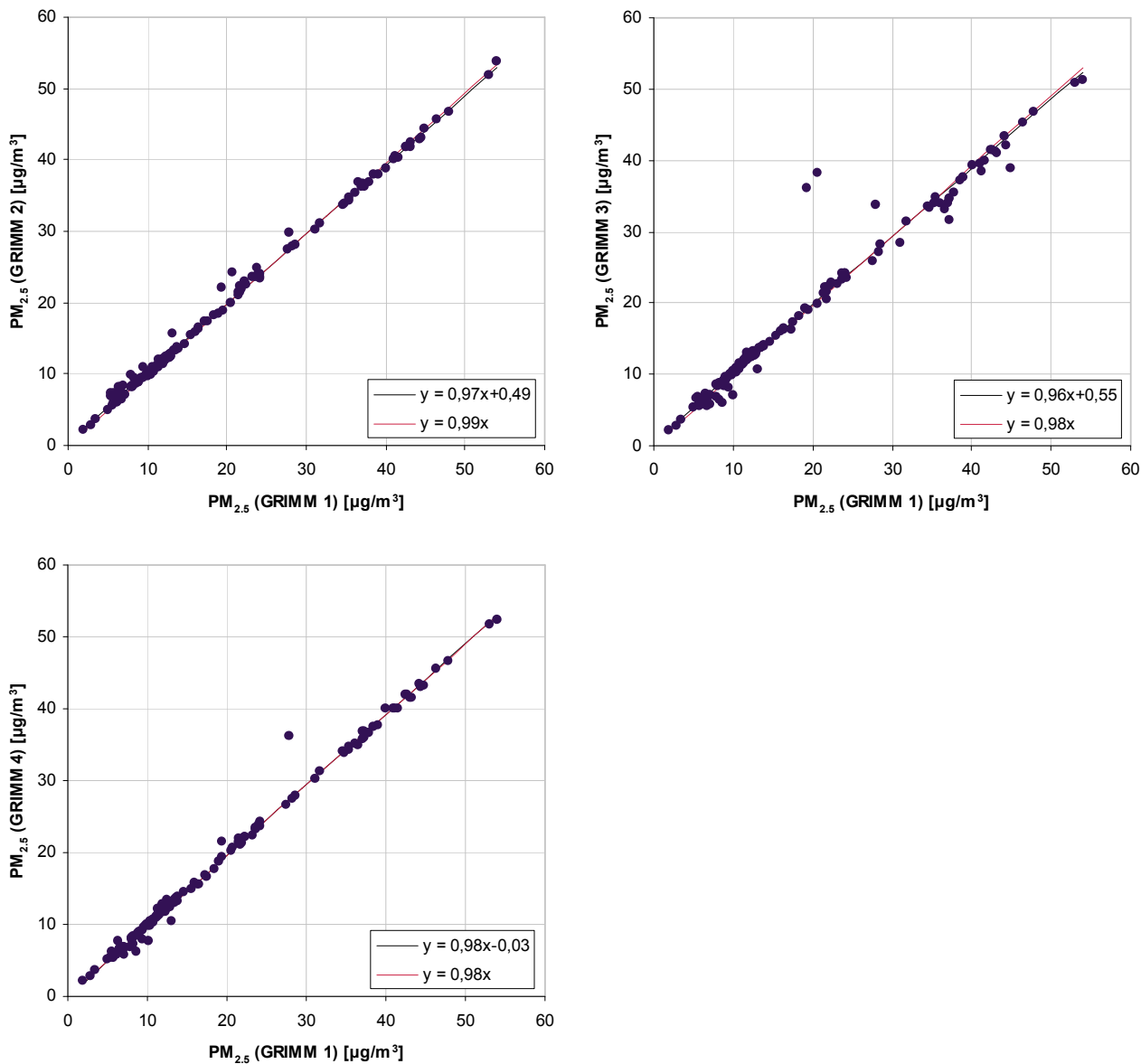
4.2 Vergelijkbaarheid van de GRIMM-fijnstofmonitoren op basis van $PM_{2,5}$

In figuur 9 is de (ruwe) $PM_{2,5}$ -data weergegeven van de vier GRIMM's in de periode dat deze bij elkaar stonden.

Door de uurwaarden van de verschillende GRIMM's te vergelijken met de uurwaarden van GRIMM 1, zijn met behulp van een regressieanalyse de onderlinge verschillen tussen de GRIMM's vast te stellen. In figuur 10 zijn scatterplots weergegeven waarin de uurwaarden van de GRIMM's zijn uitgezet tegen de uurwaarden van GRIMM 1.



figuur 9 Vergelijkende meting $PM_{2,5}$ GRIMM's van 6 tot 12 maart 2009



figuur 10 Scatterplots vergelijking GRIMM's op basis van uurwaarden PM_{2.5} van 6 maart 2009 tot 12 maart 2009

In tabel III zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel III *Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van GRIMM 1, U =standaard deviatie*

GRIMM	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
2	$y = 0,97x+0,49$	0,00	0,10	$y = 0,99x$	0,01
3	$y = 0,96x-0,55$	0,02	0,35	$y = 0,98x$	0,01
4	$y = 0,98x-0,03$	0,01	0,14	$y = 0,98x$	0,00

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel IV *Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van GRIMM 1, U =standaard deviatie*

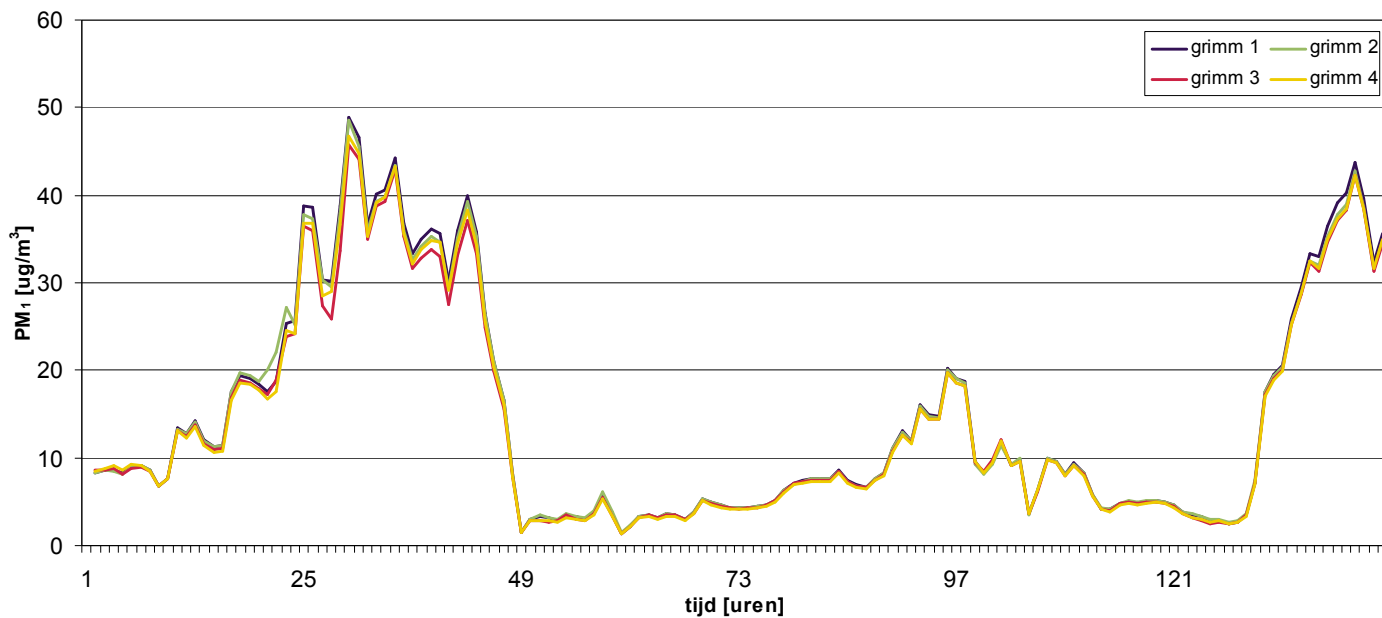
x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 0,99x$	0,01
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 0,98x$	0,01
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 0,98x$	0,01

Uit tabel IV is op te maken dat de verschillen tussen de apparaten op basis van uurwaarden $PM_{2,5}$ niet significant zijn.

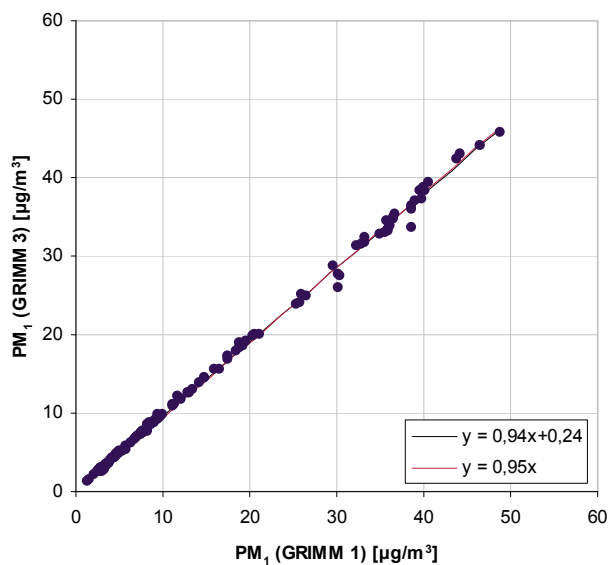
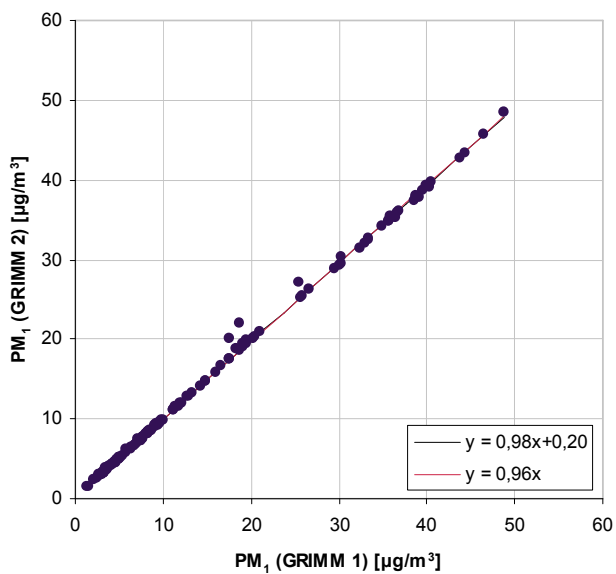
4.3 Vergelijkbaarheid van de GRIMM-fijnstofmonitoren op basis van PM_1

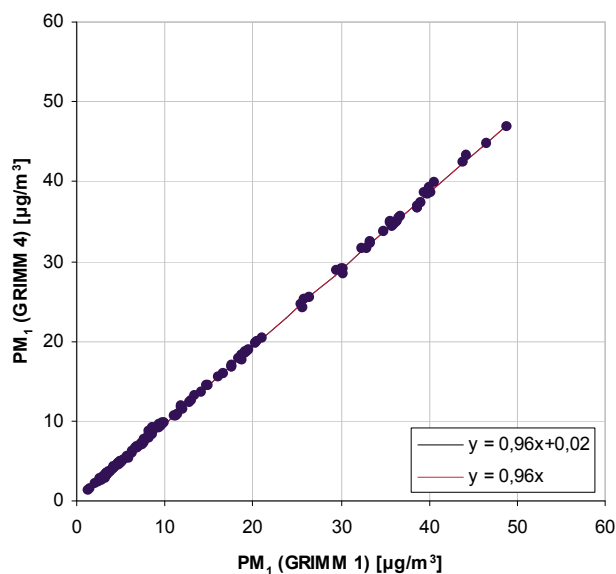
In figuur 11 is de (ruwe) PM_1 -data weergegeven van de vier GRIMM's in de periode dat deze bij elkaar stonden.

Door de uurwaarden van de verschillende GRIMM's te vergelijken met de uurwaarden van GRIMM 1, zijn met behulp van een regressieanalyse de onderlinge verschillen tussen de GRIMM's vast te stellen. In figuur 12 zijn scatterplots weergegeven waarin de uurwaarden van de GRIMM's zijn uitgezet tegen de uurwaarden van GRIMM 1.



figuur 11 Vergelijkende meting PM₁ GRIMM's van 6 tot 12 maart 2009





figuur 12 Scatterplots vergelijking GRIMM's op basis van uurwaarden PM_1 van 6 maart 2009 tot 12 maart 2009

In tabel V zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel V Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_1 van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_1 van GRIMM 1, U =standaard deviatie

GRIMM	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
2	$y = 0,98x + 0,20$	0,00	0,06	$y = 0,96x$	0,00
3	$y = 0,94x + 0,24$	0,00	0,06	$y = 0,95x$	0,00
4	$y = 0,96x + 0,02$	0,00	0,03	$y = 0,96x$	0,00

Het toepassen van de in paragraaf 3.3.3 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel VI Uiteindelijke resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_1 van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_1 van GRIMM 1, U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 0,97x$	0,01
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 0,95x$	0,00
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 0,96x$	0,00

Uit tabel V is op te maken dat GRIMM 1 ongeveer 3 tot 5% afwijkt ten opzichte van de andere apparaten op basis van uurwaarden PM_1 .

5 Toepassen van een horizontale inlaat op een GRIMM

Op 12 maart 2009 is de inlaatbuis van GRIMM 1 vervangen door een horizontale inlaatbuis. Nadat de inlaatbuis van GRIMM 1 is vervangen is opnieuw een vergelijkende meting uitgevoerd, deze meting is uitgevoerd in de periode van 12 maart 2009 tot 20 maart 2009 in de proeftuin "Schermen". In figuur 13 is een foto weergegeven van de GRIMM's tijdens de vergelijkende meting, waarbij GRIMM 1 is voorzien van een horizontale inlaat.

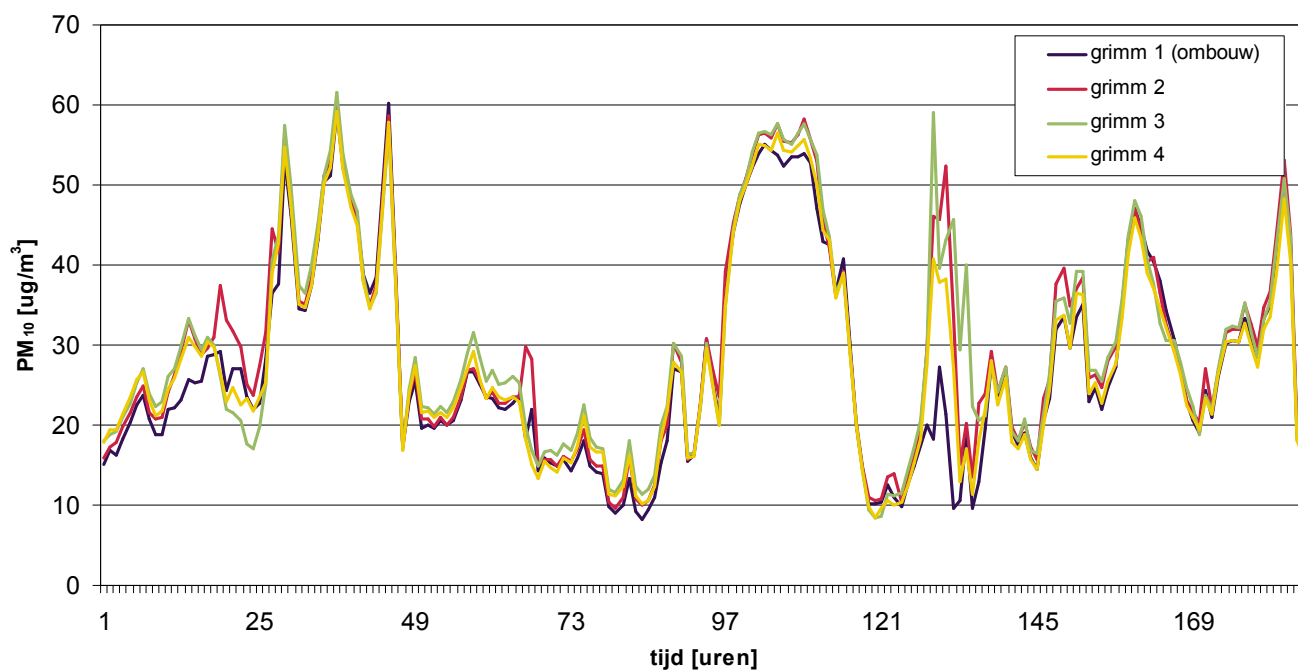


figuur 13 *Opstelling vergelijkende meting met een horizontale inlaat op GRIMM 1*

In de volgende paragrafen wordt per PM-fractie de invloed van de horizontale inlaat op de GRIMM monitoren bekeken

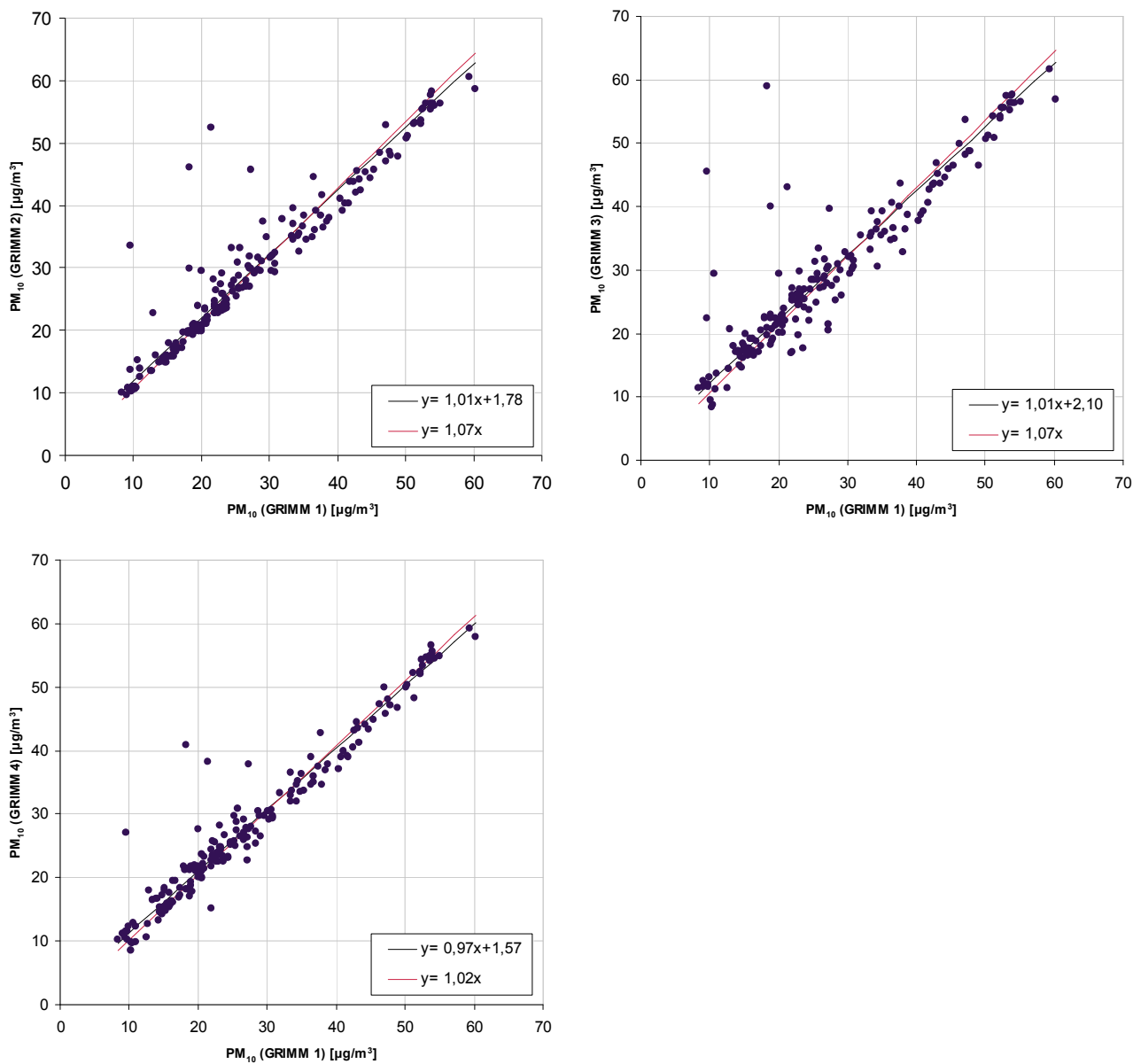
5.1 De invloed van een horizontale inlaat op de PM₁₀-concentratie

In figuur 14 is de (ruwe) PM₁₀-data weergegeven van de vier GRIMM's in de periode, van 12 tot 20 maart 2009, dat deze bij elkaar stonden.



figuur 14 *Vergelijkende meting PM_{10} van de GRIMM's (GRIMM 1 voorzien van horizontale inlaat) van 12 tot 20 maart 2009*

Door de uurwaarden van de verschillende GRIMM's te vergelijken met de uurwaarden van GRIMM 1, zijn met behulp van een regressieanalyse de onderlinge verschillen tussen de GRIMM's vast te stellen. Op deze wijze is dan ook de invloed van een horizontale inlaat op een GRIMM vast te stellen. In figuur 15 zijn scatterplots weergegeven waarin de uurwaarden van de GRIMM's zijn uitgezet tegen de uurwaarden van GRIMM 1.



figuur 15 Scatterplots vergelijking GRIMM's (GRIMM 1 met horizontale inlaat) op basis van uurwaarden PM_{10} van 12 maart 2009 tot 20 maart 2009

In tabel VII zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel VII *Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_{10} van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_{10} van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie*

GRIMM	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
2	$y = 1,01x + 1,78$	0,02	0,71	$y = 1,07x$	0,01
3	$y = 1,01x + 2,10$	0,03	0,90	$y = 1,07x$	0,01
4	$y = 0,97x + 1,57$	0,02	0,53	$y = 1,02x$	0,01

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

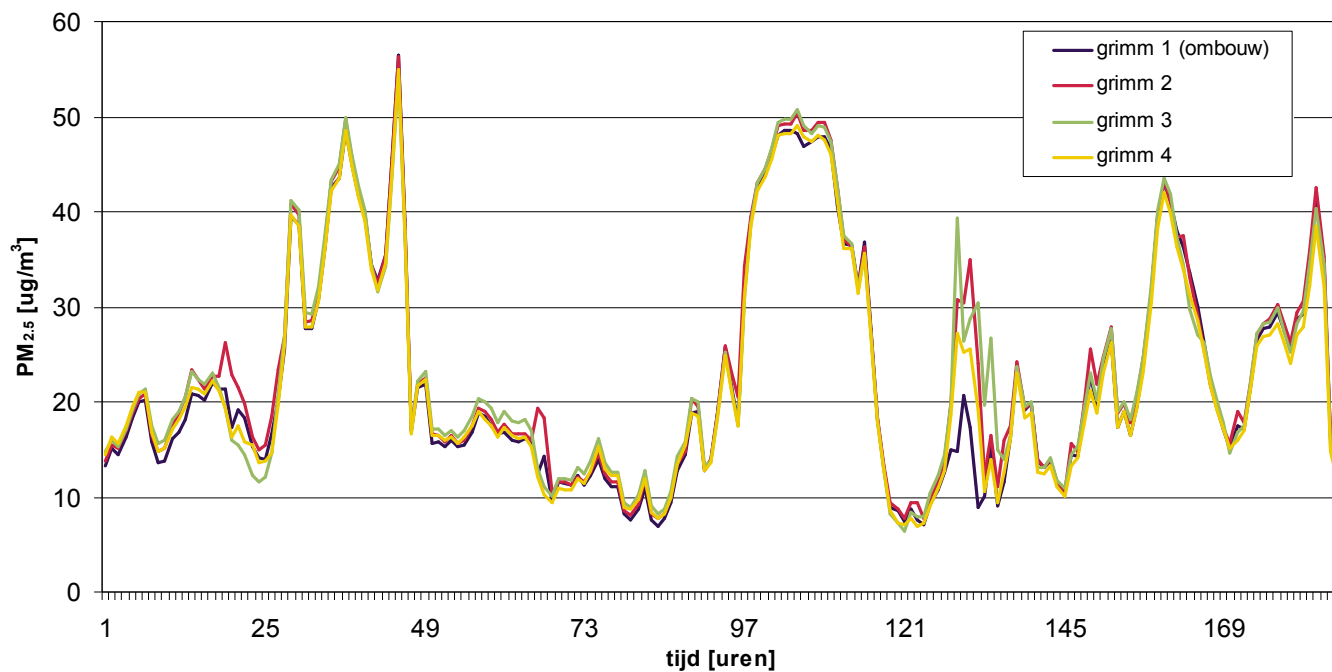
tabel VIII *Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_{10} van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_{10} van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie*

x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 1,03x$	0,03
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 1,02x$	0,04
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 0,99x$	0,03

Uit tabel VIII is af te leiden dat de horizontale inlaat geen significant effect heeft op de uurwaarden PM_{10} .

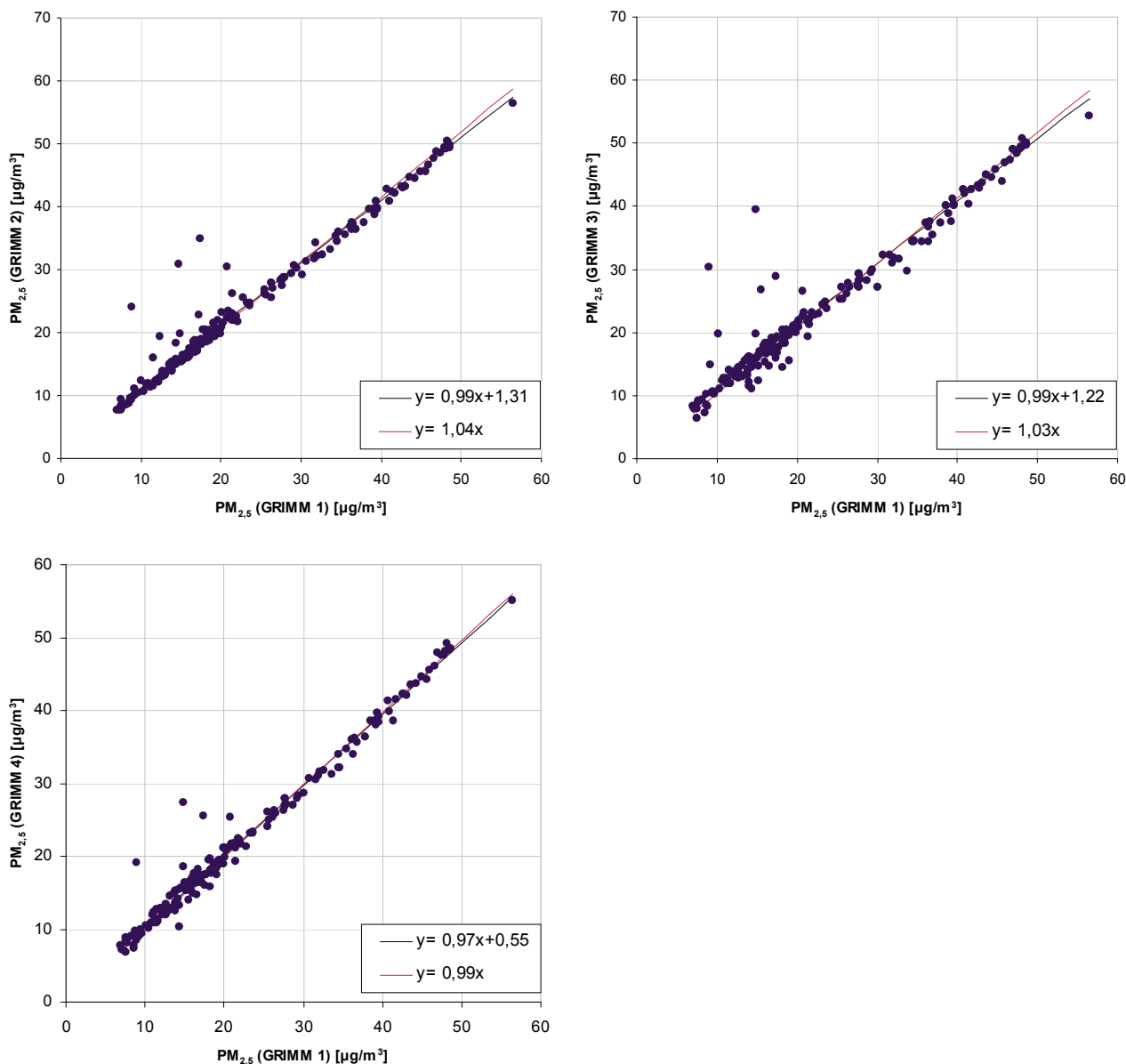
5.2 De invloed van een horizontale inlaat op de $PM_{2,5}$ -concentratie

In figuur 16 is de (ruwe) $PM_{2,5}$ -data weergegeven van de vier GRIMM's in de periode, van 12 tot 20 maart 2009, dat deze bij elkaar stonden.



figuur 16 *Vergelijkende meting PM_{2,5} van de GRIMM's (GRIMM 1 voorzien van horizontale inlaat) van 12 tot 20 maart 2009*

Door de uurwaarden van de verschillende GRIMM's te vergelijken met de uurwaarden van GRIMM 1, zijn met behulp van een regressieanalyse de onderlinge verschillen tussen de GRIMM's vast te stellen. Op deze wijze is dan ook de invloed van een horizontale inlaat op een GRIMM vast te stellen. In figuur 17 zijn scatterplots weergegeven waarin de uurwaarden van de GRIMM's zijn uitgezet tegen de uurwaarden van GRIMM 1.



figuur 17 Scatterplots vergelijking GRIMM's (GRIMM 1 met horizontale inlaat) op basis van uurwaarden PM_{2,5} van 12 maart 2009 tot 20 maart 2009

In tabel IX zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel IX

Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie

GRIMM	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
2	$y = 0,99x + 1,31$	0,01	0,36	$y = 1,04x$	0,01
3	$y = 0,99x + 1,22$	0,02	0,47	$y = 1,03x$	0,01
4	$y = 0,97x + 0,55$	0,01	0,26	$y = 0,99x$	0,00

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel X

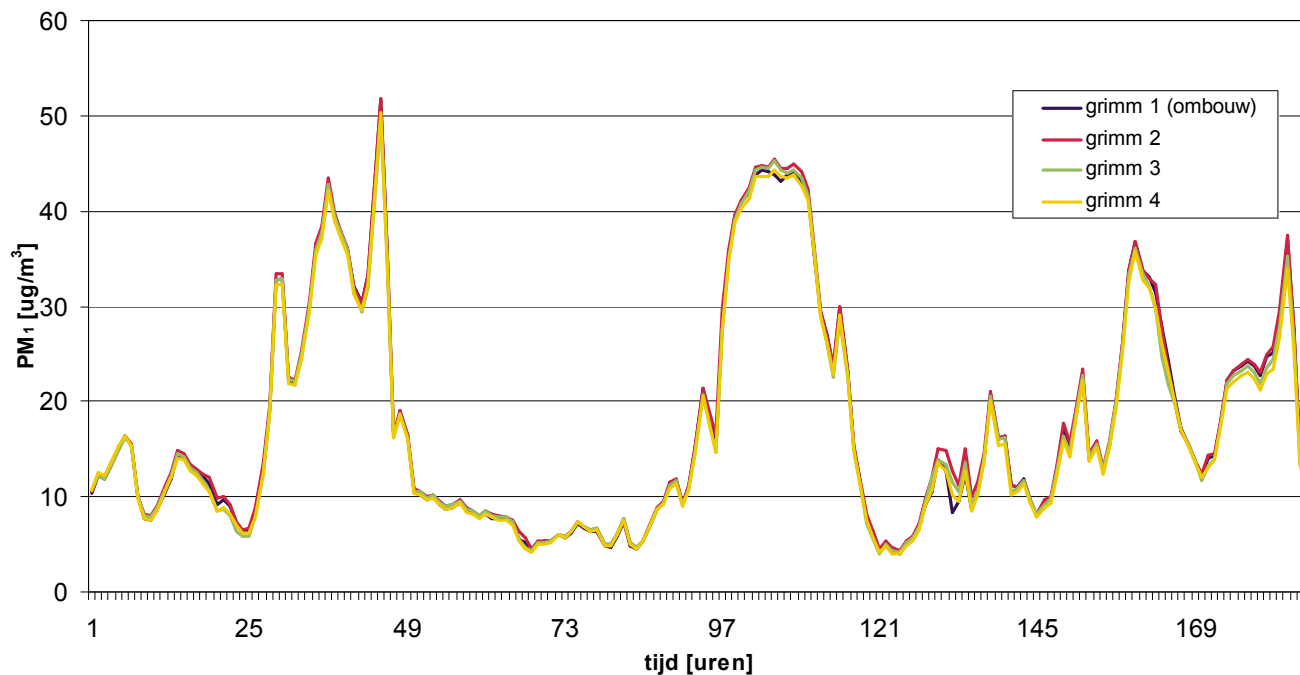
Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden $PM_{2,5}$ van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 1,02x$	0,02
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 1,00x$	0,03
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 0,97x$	0,01

Uit tabel X is af te leiden dat de horizontale inlaat geen significant effect heeft op de uurwaarden $PM_{2,5}$.

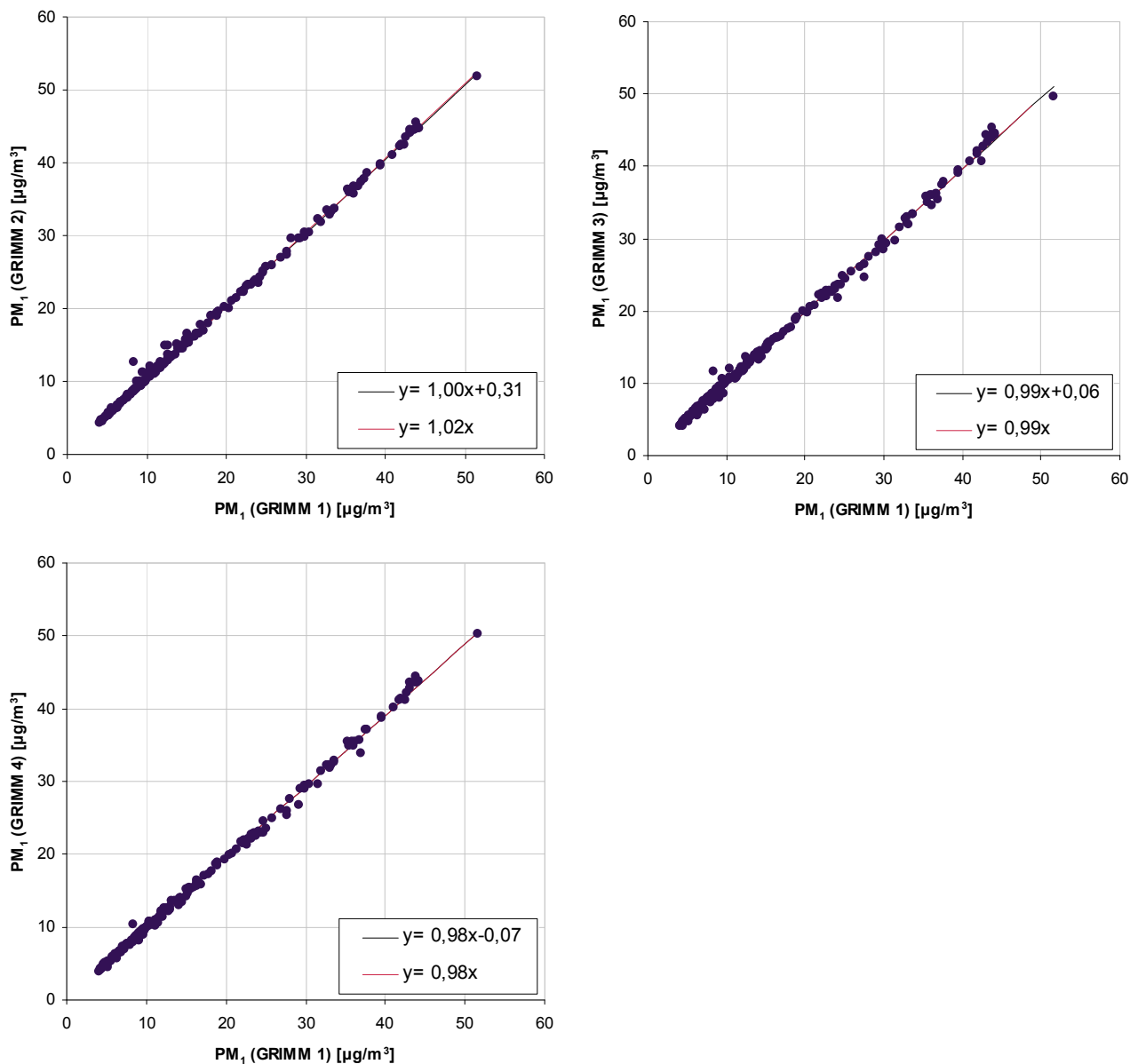
5.3 De invloed van een horizontale inlaat op de PM_{1} -concentratie

In figuur 18 is de (ruwe) PM_{1} -data weergegeven van de vier GRIMM's in de periode, van 12 tot 16 maart 2009, dat deze bij elkaar stonden.



figuur 18 *Vergelijkende meting PM₁ van de GRIMM's (GRIMM 1 voorzien van horizontale inlaat) van 12 tot 20 maart 2009*

Door de uurwaarden van de verschillende GRIMM's te vergelijken met de uurwaarden van GRIMM 1, zijn met behulp van een regressieanalyse de onderlinge verschillen tussen de GRIMM's vast te stellen. Op deze wijze is dan ook de invloed van een horizontale inlaat op een GRIMM vast te stellen. In figuur 19 zijn scatterplots weergegeven waarin de uurwaarden van de GRIMM's zijn uitgezet tegen de uurwaarden van GRIMM 1.



figuur 19 Scatterplots vergelijking GRIMM's (GRIMM 1 met horizontale inlaat) op basis van uurwaarden PM₁ van 12 maart 2009 tot 20 maart 2009

In tabel XI zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel XI

Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_1 van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_1 van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie

GRIMM	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
2	$y = 1,00 + 0,31$	0,00	0,07	$y = 1,02x$	0,00
3	$y = 0,99x + 0,06$	0,00	0,08	$y = 0,99x$	0,00
4	$y = 0,98x - 0,07$	0,00	0,06	$y = 0,98x$	0,00

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel XII

Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden PM_1 van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden PM_1 van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie

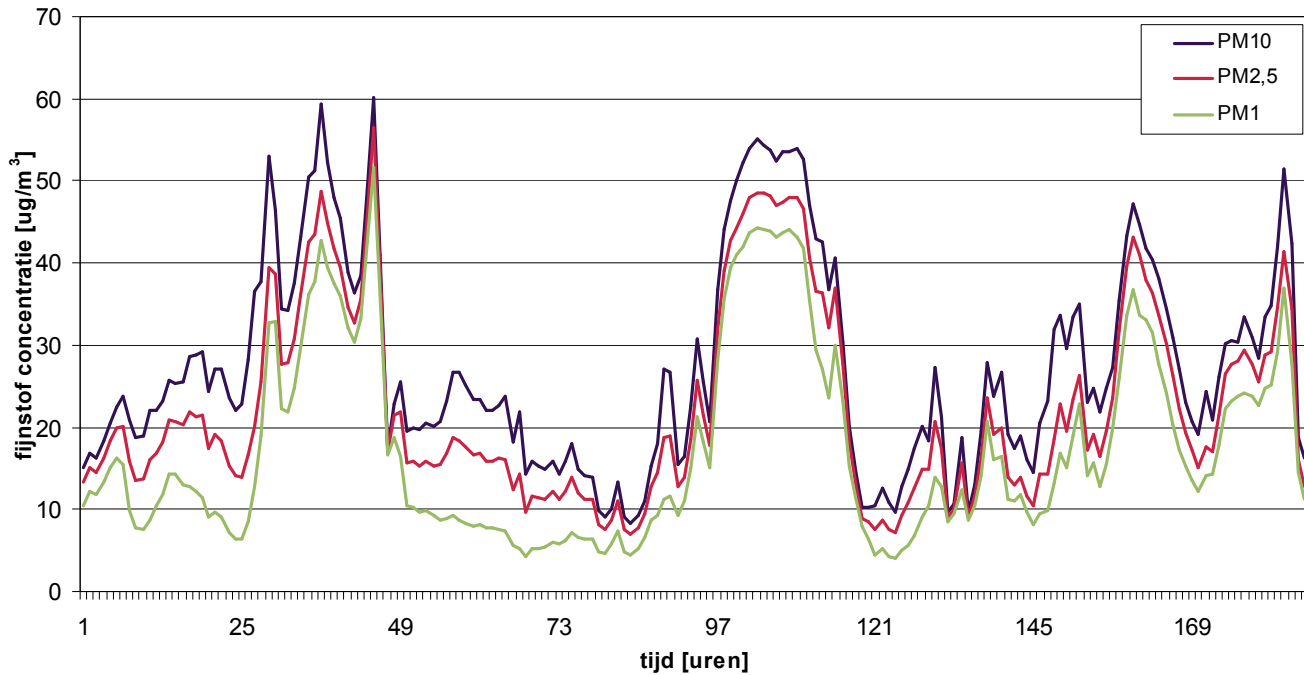
x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 1,01x$	0,01
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 0,99x$	0,00
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 0,98x$	0,00

Uit tabel XII is af te leiden dat de horizontale inlaat geen significant effect heeft op de uurwaarden PM_1 .

5.4 Invloed op de grove fractie van de PM_{10}

Van het gebruik van een horizontale inlaat op een GRIMM-fijnstofmonitor wordt verwacht dat het invloed heeft op de PM_{10} -concentratie. Op de PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - en PM_1 -concentratie is geen significant verschil aangetoond tussen het gebruik van een horizontale of verticale inlaat.

In figuur 20 is de ruwe data weergegeven van de meting van GRIMM 1 met horizontale inlaat. Wanneer hierin naar de verhouding in de PM-fracties wordt gekeken blijkt dat in de periode waarin de vergelijkende metingen zijn uitgevoerd het aandeel van de $PM_{2,5}$ -fractie erg groot is in de massa-concentratie PM_{10} .

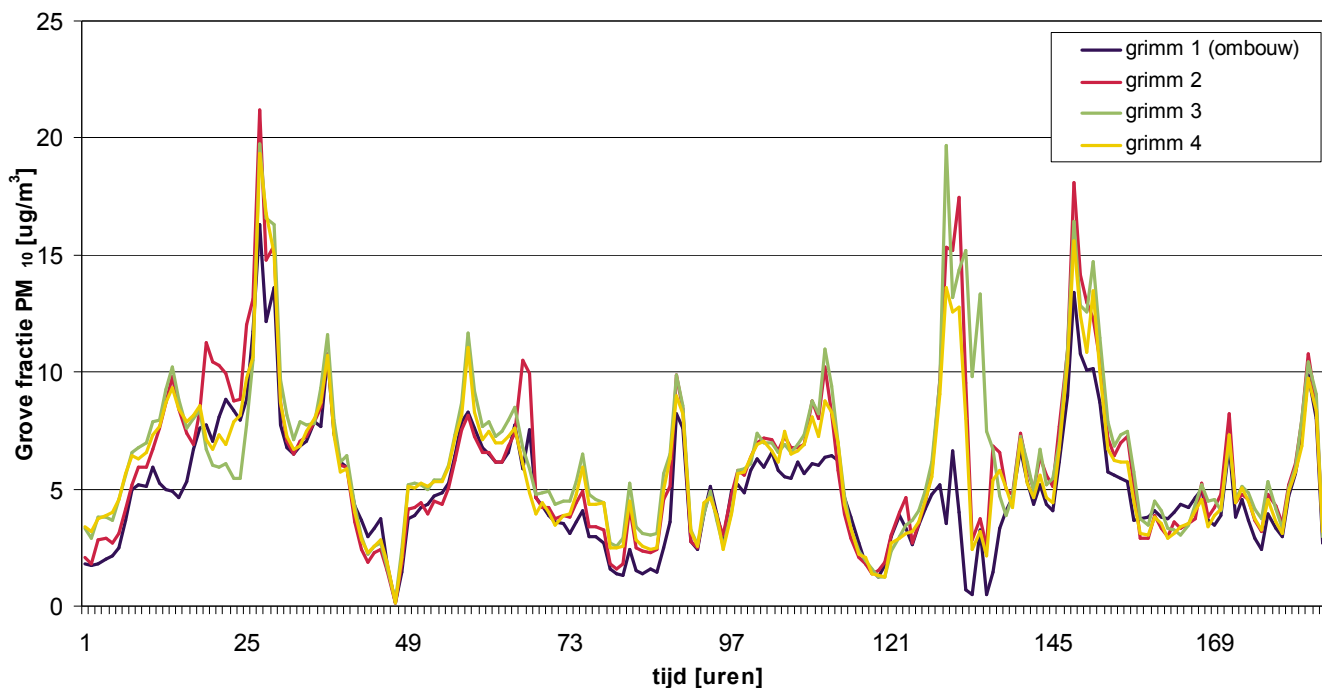


figuur 20 *Ruwe data van GRIMM 1 (met horizontale inlaat) van de vergelijkende meting van 12 maart 2009 tot 20 maart 2009*

Een mogelijkheid (en waarschijnlijk) is dat de horizontale inlaat op een GRIMM alleen invloed heeft op de grove fractie (groter dan $PM_{2,5}$) van de PM_{10} . Een verklaring hiervoor is dat er bij de grotere stofdeeltjes depositie optreedt in het horizontale gedeelte van de inlaatpijp.

Bij de gemiddelde concentraties over de gemeten periode blijkt dat het aandeel $PM_{2,5}$ 81% van de PM_{10} -concentratie bepaald en dat het aandeel PM_1 bedraagt 64% van de PM_{10} -concentratie.

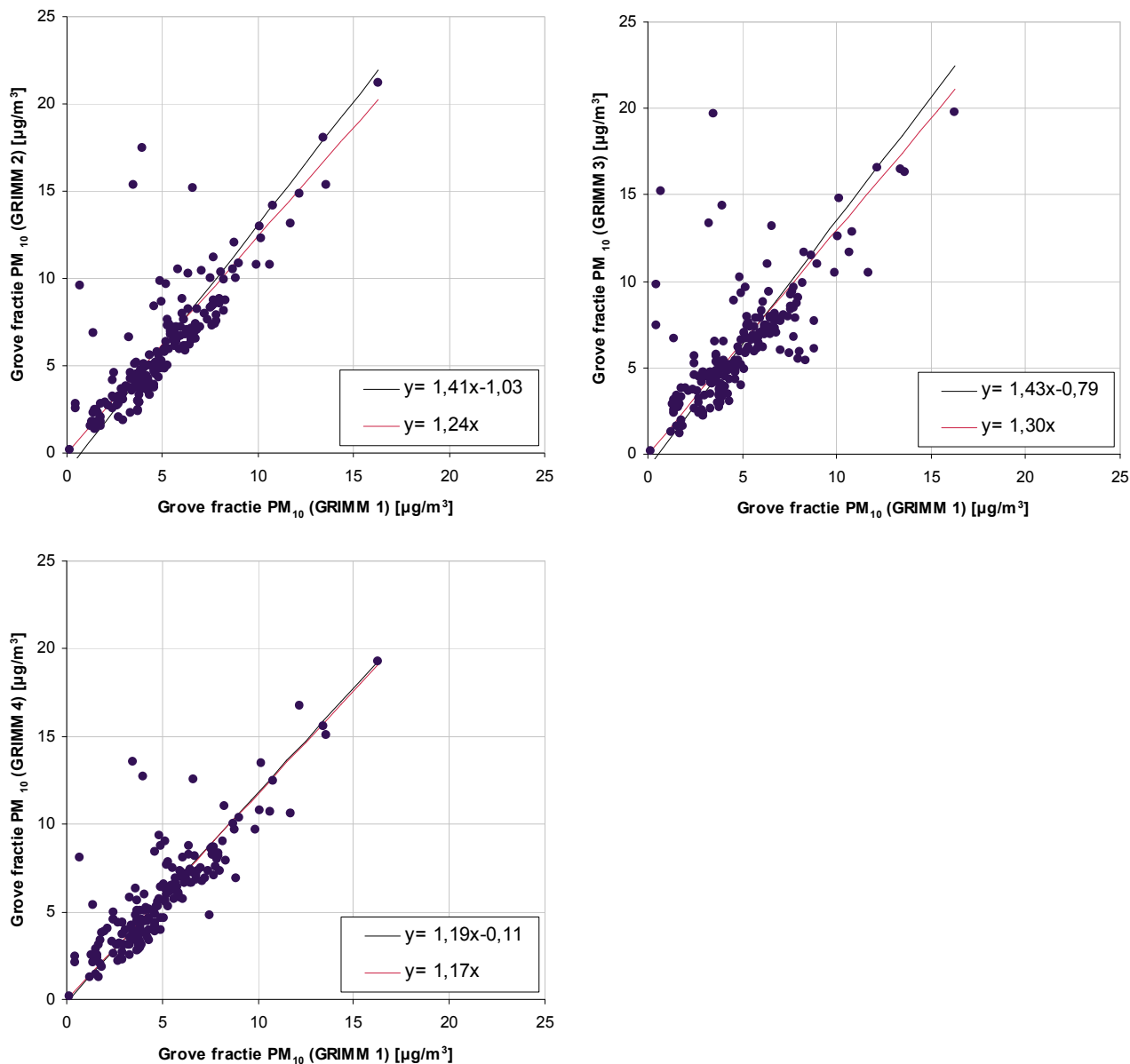
In figuur 21 is de ruwe data weergegeven van de grove fractie van de PM_{10} -concentratie (het verschil tussen de uurwaarden PM_{10} en de uurwaarden $PM_{2,5}$) van de verschillende GRIMM's.



figuur 21 *Vergelijkende meting grove fractie PM_{10} (het verschil tussen de uurwaarden PM_{10} en de uurwaarden $PM_{2,5}$) van de GRIMM's (GRIMM 1 voorzien van horizontale inlaat) van 12 tot 20 maart 2009*

In figuur 21 valt op dat de gemeten uurwaarden van GRIMM 1 (met horizontale inlaat) lager zijn dan de gemeten uurwaarden van de andere GRIMM's. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat bij een horizontale inlaat een deel de grove fractie PM_{10} verloren gaat.

In figuur 22 zijn scatterplots weergegeven waarin voor de verschillende GRIMM's met elkaar worden vergeleken op basis van de grove fractie van de PM_{10} -concentratie (het verschil tussen de uurwaarden PM_{10} en de uurwaarden $PM_{2,5}$).



figuur 22 Scatterplots vergelijking GRIMM's (GRIMM 1 met horizontale inlaat) op basis de grove fractie (het verschil tussen de uurwaarden PM₁₀ en de uurwaarden PM_{2,5}) van PM₁₀ in de periode van 12 maart 2009 tot 20 maart 2009

In tabel XIII zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel XIII Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden van de grove fractie PM_{10} van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden van de grove fractie PM_{10} van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 1,41x - 1,03$	0,05	0,30	$y = 1,24x$	0,02
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 1,43x - 0,79$	0,07	0,38	$y = 1,30x$	0,03
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 1,19x - 0,11$	0,04	0,25	$y = 1,17x$	0,02
GRIMM 2	GRIMM 3	$y = 0,96x + 0,55$	0,03	0,23	$y = 1,03x$	0,02
GRIMM 2	GRIMM 4	$y = 0,86x + 0,65$	0,02	0,14	$y = 0,95x$	0,01
GRIMM 3	GRIMM 4	$y = 0,89x + 0,19$	0,03	0,18	$y = 0,91x$	0,01

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel XIV Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de uurwaarden van de grove fractie PM_{10} van de GRIMM's ten opzichte van de uurwaarden van de grove fractie PM_{10} van GRIMM 1 (GRIMM 1 met horizontale inlaat), U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)
GRIMM 1	GRIMM 2	$y = 1,36x$	0,08
GRIMM 1	GRIMM 3	$y = 1,41x$	0,08
GRIMM 1	GRIMM 4	$y = 1,17x$	0,02
GRIMM 2	GRIMM 3	$y = 0,99x$	0,04
GRIMM 2	GRIMM 4	$y = 0,90x$	0,04
GRIMM 3	GRIMM 4	$y = 0,91x$	0,01

In tabel XIV is te zien dat de concentratie van de GRIMM met verticale inlaat 17% tot 41% hoger liggen dan de GRIMM met horizontale inlaat. Wanneer twee GRIMM's met beide een verticale inlaat met elkaar vergeleken worden is het verschil 1% tot 10%. Een horizontale inlaat op een GRIMM zorgt dus voor een onderschatting in de grove fractie van de PM_{10} .

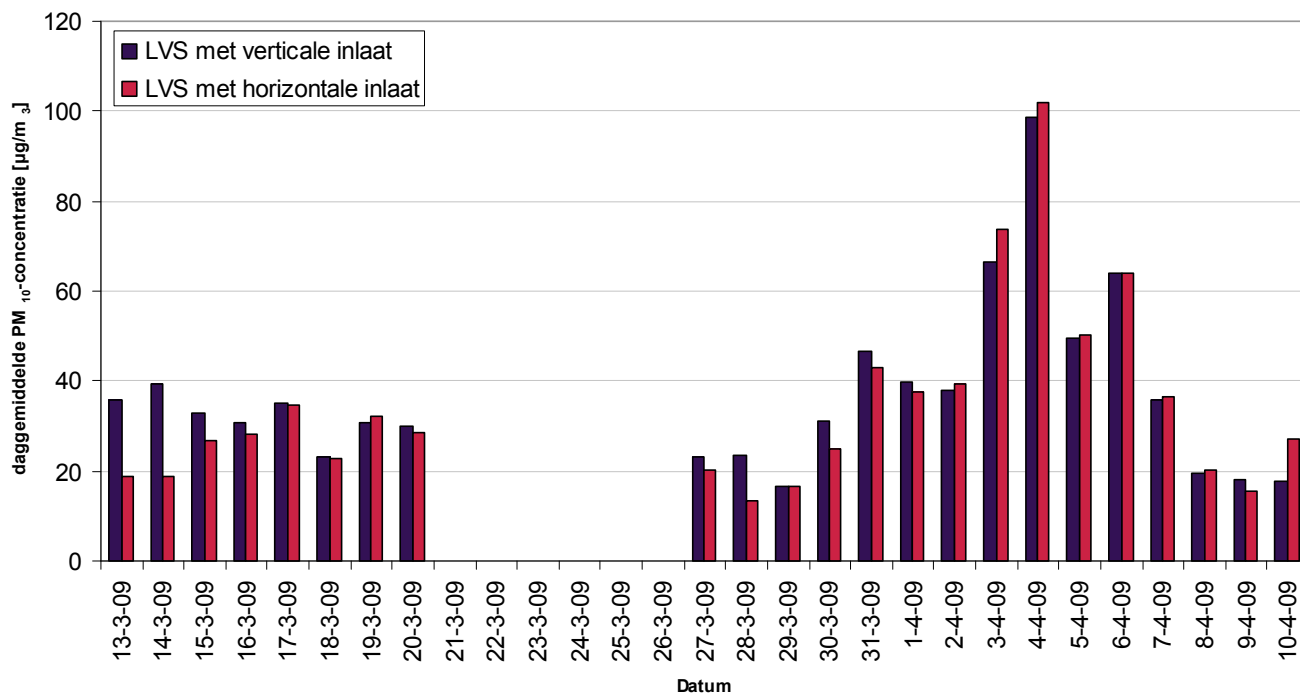
6 Invloed van een horizontale inlaat op een LVS

Voor de LVS is ook een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van een horizontale inlaat op de meetresultaten. In de periode van 13 maart 2009 tot en met 21 maart 2009 zijn vergelijkende metingen uitgevoerd in de proeftuin "Schermen" en in de periode van 27 maart tot en met 10 april 2009 zijn de metingen voortgezet op de binnenplaats bij M+P in Vught. In figuur 23 zijn foto's weergegeven van de meetopstellingen in de proeftuin "Schermen" en op de binnenplaats van M+P in Vught.



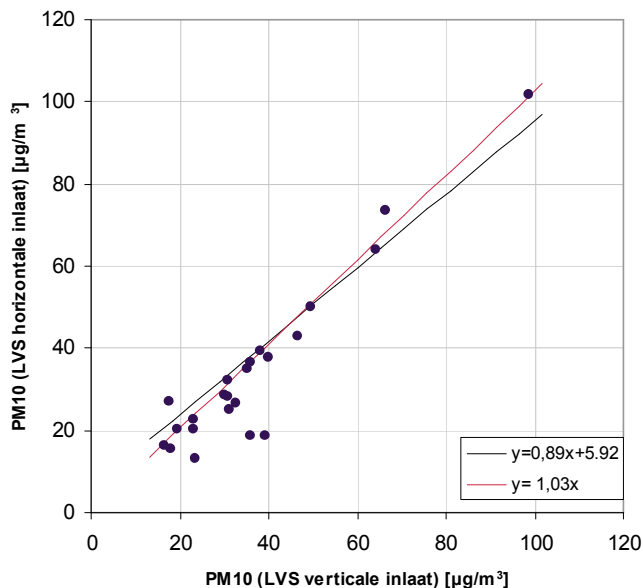
figuur 23 Meetopstelling onderzoek horizontale inlaat op een LVS in de proeftuin "Schermen" (links) en op de binnenplaats van M+P in Vught (rechts)

In figuur 24 zijn per dag de daggemiddelde PM_{10} -concentraties weergegeven van de LVS-en.



figuur 24 *Vergelijkende meting van een LVS met horizontale inlaat en een LVS met verticale inlaat*

Door de uurwaarden van de verschillende LVS-en met elkaar vergelijken kan met behulp van een regressieanalyse de invloed van de horizontale inlaat worden vastgesteld. In figuur 25 is een scatterplot weergegeven waarin de dagwaarden van de LVS met horizontale inlaat zijn uitgezet tegen de dagwaarden van de LVS met verticale inlaat.



figuur 25 Scatterplot vergelijkende metingen LVS met horizontale inlaat en LVS met verticale inlaat

In tabel XV zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel XV Resultaten regressieanalyse van de daggemiddelde waarden PM_{10} van de LVS met horizontale inlaat ten opzichte van de daggemiddelde waarden PM_{10} van de LVS met verticale inlaat, U =standaard deviatie

orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
$y = 0,89x + 5,92$	0,06	2,45	$y = 1,03x$	0,04

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

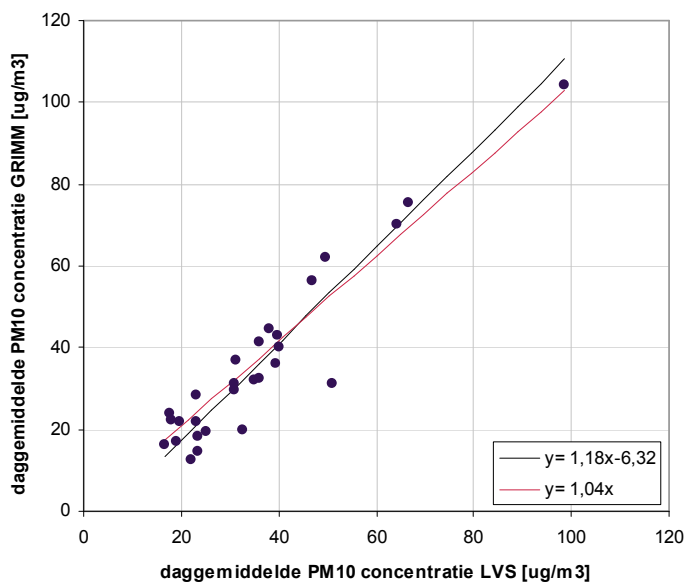
tabel XVI Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de daggemiddelde waarden PM_{10} van de LVS met horizontale inlaat ten opzichte van de daggemiddelde waarden PM_{10} van de LVS met verticale inlaat, U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)
LVS verticale inlaat	LVS horizontale inlaat	$y = 0,94x$	0,09

Uit tabel XVI blijkt dat het toepassen van een horizontale inlaat op een LVS zorgt voor een verlaging van de meetwaarden met 6% met een onzekerheid van +/- 18%.

7 Vergelijkbaarheid van een GRIMM en een LVS

De GRIMM kan vergeleken worden met een LVS op basis van de daggemiddelde PM₁₀-concentraties. In de periode van 7 maart tot en met 10 april 2009 hebben een GRIMM en LVS naast elkaar gestaan voor een vergelijkende meting, hierbij moet opgemerkt worden dat de afstand tussen de LVS en de GRIMM ongeveer 5 meter was (haaks op de snelweg). In figuur 26 is een scatterplot weergegeven van waarin de daggemiddelde concentratie gemeten door de GRIMM wordt vergeleken met de daggemiddelde concentratie gemeten door de LVS.



figuur 26 Scatterplot vergelijking GRIMM en LVS op basis de daggemiddelde PM₁₀-concentratie in de periode van 7 maart 2009 tot en met 10 april 2009

In tabel XVII zijn de resultaten van de regressieanalyse weergegeven.

tabel XVII Resultaten regressieanalyse van de daggemiddelde concentraties PM₁₀ van de GRIMM ten opzichte van de daggemiddelde concentraties PM₁₀ van de LVS, U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)	U (Intercept)	Orthogonale regressie Intercept = 0	U (RC)
LVS	GRIMM	$y = 1,18x - 6,31$	0,07	3,03	$y = 1,04x$	0,03

Het toepassen van de in paragraaf 3.2 beschreven analysemethode levert uiteindelijk het onderstaand resultaat op.

tabel XVIII Uiteindelijke Resultaten regressieanalyse van de daggemiddelde concentraties PM_{10} van de GRIMM ten opzichte van de daggemiddelde concentraties PM_{10} van de LVS, U =standaard deviatie

x	y	orthogonale regressie	U (RC)
LVS	GRIMM	$y = 1,15x$	0,09

Uit tabel XVII is af te leiden dat in de gemeten waarden door de GRIMM ongeveer 15% hoger zijn dan de door de LVS gemeten waarden, met een onzekerheid van +/- 18%.

8 Conclusies en aanbevelingen

Uit het onderzoek met horizontale inlaten op een GRIMM en LVS zijn de volgende conclusies naar voren gekomen:

- Uit de vergelijkende metingen die zijn uitgevoerd met de GRIMM's is geen significant verschil gevonden in de meetwaarden voor de PM_{10} -concentratie en de $PM_{2,5}$ -concentratie. Bij de PM_1 -concentratie valt op dat GRIMM 1 ongeveer 3 tot 5% lagere waarden geeft dan de andere GRIMM's op basis van uurwaarden PM_1 .
- De invloed van een horizontale inlaat op een GRIMM geeft een verschil van 17% tot 41% ten opzichte van een verticale inlaat voor de grove fractie van PM_{10} ($>PM_{2,5}$). Wanneer twee GRIMM's met beide een verticale inlaat met elkaar vergeleken worden is het verschil 1% tot 10%. Een horizontale inlaat op een GRIMM zorgt voor een onderschatting in de grove fractie van de PM_{10} -concentratie.
- Bij de LVS zorgt het toepassen van een horizontale inlaat voor een verlaging van de meetwaarden met 6% met een onzekerheid van +/- 18%.
- Wanneer een GRIMM en een LVS met elkaar vergeleken worden geeft de GRIMM 15% (met een onzekerheid van +/- 18%) hogere waarden dan de LVS.

Op basis van de uitkomsten van het onderzoek wordt afgeraden om een horizontale inlaat op de GRIMM's en de LVS-en te gebruiken voor het meten van de PM_{10} -concentratie in de Thomassentunnel.