



Briefrapport 680709001 | 2008

Arkel, F.Th. van | Hafkenscheid, Th.L. | Ingen Housz, F.C. | Jonge, D. de, | Kumm, P.J., |
Meulen A. van der

PM_{2,5}-performancetest

Vergelijk automatische PM_{2,5}-meetapparatuur

RIVM Briefrapport 680709001/2008

PM_{2,5}-performancetest

Vergelijk automatische PM_{2,5}-meetapparatuur

Arkel, F.Th. van¹, Hafkenscheid, Th.L.¹, Ingen Housz, F.C.¹, Jonge, D. de²,
Kummu, P.J.³, Meulen, A. van der¹

¹ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

² GGD Amsterdam

³ DCMR Milieudienst Rijnmond

Contact: Frits van Arkel
 Laboratorium voor Milieumetingen
 frits.van.arkel@rivm.nl

Dit onderzoek is verricht in het kader van de vernieuwing van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

© RIVM 2008

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'.

Rapport in het kort

PM_{2,5}-performance test

In de publieke opinie is een groeiende belangstelling voor de luchtkwaliteit, waarbij veel aandacht is voor de heersende fijnstofconcentraties (PM_{2,5}). In antwoord op de groeiende belangstelling en het voldoen aan het gestelde in de wet- en regelgeving is het toerusten van monitoringsnetwerken met continue automatische PM_{2,5}-meetsystemen nodig. Binnen de Nederlandse context gelden strikte eisen voor de prestaties van automatische continue meetsystemen. De eisen volgen uit de nieuwe Europese richtlijn voor luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. Het belang dat aan deze eisen wordt gehecht blijkt uit een aantal (recente) uitspraken van de Raad van State. Om de eenduidigheid van toetsen van de heersende fijnstofconcentraties aan geldende wet- en regelgeving te garanderen staat de **referentiegelijkwaardigheid** bij de selectie van automatische continue meetsystemen centraal.

Uit een gehouden vergelijkende test volgt dat er twee continue automatische meetsystemen aan de gestelde criteria voor referentiegelijkwaardigheid voldoen. Slechts één systeem levert daarnaast uurwaarden die wenselijk zijn om het concentratieverloop gedurende een dag te kunnen volgen, zodat het publiek hierover kan worden geïnformeerd.

Trefwoorden: fijn stof PM_{2,5}, referentie, prestaties, vergelijkbaarheid

Abstract

PM_{2,5} performancetest

There is a growing interest in the concentration of the finer fraction of Particulate Matter, PM_{2.5} (in the public domain) in the Netherlands. In answer to the growing interest, the monitoring system of this finer fraction needs to be improved. Improvement is also a necessity to fulfill the requirements of the new directive on cleaner air for Europe and air quality. Consequently, within the Dutch monitoring systems there are strict criteria for the performance of continuous automatic PM_{2.5} measurement systems. To guarantee a univocal check of the particulate matter concentration, following the upcoming EU Directive on ambient air quality and cleaner air for Europe, the **equivalence** of the measurement systems to the PM_{2.5} reference method is most important.

The result of a PM_{2.5} continuous automatic monitoring system performance test is that there are two continuous automatic systems available that are equivalent to the reference method. Only one system has hourly mean values available to inform the public continuously.

Key words: Particulate Matter PM_{2.5}, reference method, equivalence, performance

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Context	6
1.2 Doel	6
1.3 Leeswijzer en achtergronden	7
2 Meetstrategie	8
2.1 Meetlocaties vergelijkende test	8
2.2 Selectie PM _{2,5} -meetapparatuur	8
2.3 Opzet meetcampagne	9
3 Dataverwerking	10
3.1 Afspraken over dataverwerking	10
3.2 Nadere afspraken bij vergelijkende test	10
3.3 Vaststellen van de referentiegelijkwaardigheid	11
4 Resultaten	12
4.1 Verloop van de meetcampagne	12
4.2 Referentiegelijkwaardigheid	13
4.2.1 Referentiegegevens	13
4.2.2 Resultaten voor continue automatische systemen	14
4.3 Nader bekeken	14
5 Evaluatie	16
5.1 Onderwerp	16
5.2 Resultaat	16
5.3 Conclusie	16
Literatuur	17
Verklarende woordenlijst	18
Appendix I Besluitvormingsproces	19
Appendix II Foto's locaties	20
Appendix III Procedure vaststellen van de referentiegelijkwaardigheid	22
Appendix IV Verschillende beïnvloeding	23

Samenvatting

De voorbereidingen voor de Europese aanbesteding van PM_{2,5}-monitoren zijn momenteel in volle gang. Binnen monitoringsnetwerken is inpassing van PM_{2,5}-meetsystemen nodig, niet in de laatste plaats met het oog op de nieuwe Europese richtlijn 2008/EC/50, Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe [1].

De betrokken meetinstanties willen in gezamenlijkheid de procedure voor de aanbesteding van automatische continue meetapparatuur doorlopen. De meetinstanties gaan ervan uit dat een gezamenlijk optrekken bij aanbesteden leidt tot een meer eenduidige meetstrategie tussen de betrokken meetnetwerken. De betrokken meetinstanties zijn:

- o DCMR Milieudienst Rijnmond,
- o GGD Amsterdam,
- o Provincie Limburg,
- o Provincie Noord-Brabant,
- o RIVM.

Om een onderbouwde keuze voor een PM_{2,5}-monitor te kunnen maken is besloten tot een vergelijkende studie, waarbij de prestaties van automatische monitoren met elkaar is vergeleken. Het doel van de testperiode is het verkrijgen van inzicht in de prestaties van continue automatische PM_{2,5}-meetapparatuur.

In de periode van november 2007 tot en met mei 2008 zijn op een viertal locaties vergelijkende metingen verricht tussen een aantal automatische continue meetsystemen voor het meten van fijn stof (PM_{2,5}). De monitoren zijn vergeleken met de referentie.

De definitief geselecteerde meetlocaties zijn:

- o Beverwijk, industrieel station;
- o Amsterdam A10, straatstation;
- o Biest Houtakker, regionaal station;
- o Schiedam, stadsachtergrondstation.

Geconcludeerd is dat vanwege het belang van de referentiegeijkwaardigheid binnen de Nederlandse context de keuze in meetapparatuur beperkt is tot twee beschikbare monitoren.

1 Inleiding

1.1 Context

De voorbereidingen voor de Europese aanbesteding van PM_{2,5}-monitoren zijn momenteel in volle gang. Binnen luchtmeetnetwerken, waaronder het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, is inpassing van PM_{2,5}-meetsystemen nodig met het oog op de nieuwe Europese richtlijn 2008/EC/50, Luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa.

In gezamenlijkheid willen de betrokken meetinstanties de procedure voor de aanbesteding van automatische continue meetapparatuur doorlopen. De betrokken meetinstanties zijn:

- o DCMR Milieudienst Rijnmond;
- o GGD Amsterdam;
- o Provincie Limburg;
- o Provincie Noord-Brabant;
- o RIVM.

Enkele voordelen van in gezamenlijkheid meetapparatuur selecteren zijn:

1. meer eenduidigheid bij het toetsen aan normen binnen de Nederlandse context (slechts één type monitor bij toetsing aan normen), door betrokken meetinstanties;
2. het betrekken van de aanwezige deskundigheid bij meerdere meetinstanties;
3. meetinstanties kunnen eenvoudiger wederzijds van de diensten gebruik maken.

Over de context van het onderzoek is te zeggen dat het meten van fijn stof binnen Nederland een veelvuldig besproken onderwerp is. Een goed inzicht in de heersende fijnstofconcentraties (PM_{2,5}) is van toenemend belang. Binnen de Nederlandse context gelden hierom:

1. strikte eisen aan de prestaties van monitoren, die volgen uit de Europese richtlijn voor luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa;
2. een zorgvuldige procedure waarop de referentie gelijkwaardigheid wordt aangetoond.

Het beoordelen van automatische continue meetsystemen – maar niet het gebruik - in een meetnetwerk is in het voorliggende rapport beschreven.

1.2 Doel

Om een onderbouwde keuze voor een PM_{2,5}-monitor te kunnen maken is besloten tot een vergelijkende studie, waarbij de prestaties van continue automatische monitoren met elkaar zijn vergeleken. Het doel van de testperiode is het verkrijgen van inzicht in de prestaties van PM_{2,5}-meetapparatuur. De rapportage maakt geen onderdeel uit van de aanbesteding, maar is bedoeld om een beter inzicht te verkrijgen in de (te stellen eisen aan) prestaties van meetapparatuur.

1.3 Leeswijzer en achtergronden

Het rapport over de prestaties van automatische continue meetsystemen kent de volgende opbouw. Er is achtereenvolgens ingegaan op de:

- o gekozen meetstrategie (hoofdstuk 2);
- o gehanteerde verwerking van data en gestelde criteria aan prestaties (hoofdstuk 3);
- o meetresultaten na verwerking volgens beschrijving (hoofdstuk 4);
- o conclusies (hoofdstuk 5).

De keuze voor de meetstrategie is gemaakt door de projectgroep die voor de duur van de test is aangesteld. De projectgroep draagt zorg voor de uitvoering van de vergelijkende test. De projectgroep bestaat uit vijf leden, één afgevaardigde door de gemeentelijke gezondheidskundige dienst (GGD) van Amsterdam, één afgevaardigde door de Milieudienst Rijnmond (DCMR) en drie afgevaardigden namens het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM.

Er is aandacht besteed aan de werking van apparatuur onder verschillende beïnvloedingssferen, zoals de beïnvloedingssferen door verkeer en industrie. Harmonisatie van $PM_{2,5}$ -metingen binnen Nederland is reden om in gezamenlijkheid de aanbestedingsprocedure te volgen. In Appendix I zijn enkele in gezamenlijkheid genomen acties om tot een voor al de meetinstanties acceptabele aanbesteding te komen beschreven.

In de voorliggende conceptrapportage is drie kwart van de resultaten verwerkt. Ten tijde van verschijnen van de conceptrapportage is de meetcampagne op Schiedam nog niet afgerond. De meetcampagne te Schiedam wordt op 15 juni 2008 afgerond. De resultaten op de locatie Schiedam worden in een eindrapportage toegevoegd.

Wetgevend kader

Op basis van het jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratieniveau geldt vanaf 2015 een grenswaarde van $25 \mu g/m^3$ en geldt vanaf 2020 een grenswaarde van $20 \mu g/m^3$.

Om de gemiddeld heersende stadsachtergrondconcentraties van de fijnere fractie van fijn stof ($PM_{2,5}$) te verminderen is er een blootstellingsindex geïntroduceerd. Er geldt voor de gemiddelde blootstellingsindex een grenswaarde van $20 \mu g/m^3$ in 2015 en er geldt een streefwaarde voor de afname van $PM_{2,5}$ -concentratieniveaus van 15% of 20% afhankelijk van de vastgestelde gemiddelde blootstellingsindex.

2 Meetstrategie

2.1 Meetlocaties vergelijkende test

Om de prestaties van PM_{2,5}-meetapparatuur binnen de Nederlandse omstandigheden te kunnen beoordelen, is onder verschillende omstandigheden de apparatuur getest. De apparatuur is gedurende circa twee maanden elk geplaatst in een stedelijke omgeving, een regionale omgeving en in een situatie waarbij sprake is van beïnvloeding door verkeer en door industrie.

In de periode van november 2007 tot en met mei 2008 zijn op een viertal locaties vergelijkende metingen verricht tussen een aantal automatische continue meetsystemen (AMS) voor het meten van PM_{2,5}. De monitoren zijn volledigheidshalve vergeleken met een tweetal uitwerkingen van de referentiemethode die in de vergelijkende test zijn betrokken. In paragraaf 3.3 is nader op de resultaten van de referentiemetingen ingegaan. Tot nu toe zijn van een drietal locaties de resultaten gerapporteerd. De voorliggende rapportage is een eerste oriëntatie op grond van tussentijdse resultaten (drie kwart van testresultaten).

De definitief geselecteerde meetlocaties zijn:

- o Beverwijk, industrieel station;
- o Amsterdam A10, straat station;
- o Biest Houtakker, regionaal station;
- o Schiedam, stadsachtergrondstation.

In Appendix II zijn enkele foto's van de locaties toegevoegd.

2.2 Selectie PM_{2,5}-meetapparatuur

Bij de selectie van de PM_{2,5}-meetapparatuur gedurende de testfase is uitgangspunt dat van de verschillende meetprincipes minimaal één monitor aanwezig is. Verder is met het oog op de kosten besloten om zoveel mogelijk gebruik te maken van de bij meetinstanties beschikbare meetapparatuur.

De selectie betreft niet de selectie zoals gesproken in het Besluit aanbestedingsregels voor overheidsopdrachten, maar geldt een selectie in het kader van voorliggend onderzoek. In voorliggend onderzoek is immers het doel om te komen tot een binnen de Nederlandse context proportionele eis (in de zin van het Besluit aanbestedingsregels voor overheidsopdrachten) aan de referentiegieljkwaardigheid. Gezien het belang dat de gelijkwaardigheid in het debat in het publieke domein heeft (zie tekstkader Nederlandse context), is een strikte eis van referentiegieljkwaardigheid wenselijk. De selectie van apparatuur is er vooral op gericht dat al de beschikbare (combinaties van) meetprincipes in de test zijn betrokken.

Tekstkader Nederlandse Context

Een eenduidige toetsing is binnen de Nederlandse context van toenemend belang. De koppeling in geldend wet- en regelgeving tussen ruimtelijke ordening en milieu draagt er toe bij dat het aantal uitspraken van de Raad van State over de luchtkwaliteit is toegenomen. De inpasbaarheid van voorgenomen activiteiten met het oog op de luchtkwaliteit vormt meer en meer een onderdeel van toetsing. Het belang van een eenduidige, transparante en gelijkwaardige toets is dan ook binnen Nederland van toenemend belang. Een uitgangspunt en een voorwaarde bij toetsen is dat er sprake is referentiegeijkwaardigheid. Hierom is voorgesteld om bij gunning van PM_{2,5}-meetapparatuur een criterium aan de referentiegeijkwaardigheid te stellen. Het criterium wordt als een zogenaamd knock-out criterium gehanteerd. Beschikbaarheid van uurwaarden is van belang in verband met informatie van het publiek, vergelijk met PM10-resultaten en validatie van beschikbare modellen.

De apparatuur is door de betrokken meetinstanties gehuurd of aangeschaft. Er zijn geen verplichtingen aangegaan met leveranciers. Uitgangspunt bij het selecteren van de automatische continue meetsystemen is de deelname van meetprincipes die met de huidige stand van de techniek bruikbaar zijn voor het meten van de fijnere fractie van fijn stof. De geselecteerde automatische continue meetsystemen, zijn gebaseerd op de volgende meetprincipes:

- o Gravimetrie
- o Optische techniek
- o Bètaverzwakking
- o Trillingsfrequentie

Eveneens is in de test een meetsysteem gebaseerd op een combinatie van de meetprincipes bètaverzwakking en de optische meettechniek betrokken. In totaal zijn er acht monitoren AMS getest.

Van vier verschillende leveranciers is apparatuur in de test is gebruikt. De meetinstanties hebben beschikbare meetapparatuur geplaatst. Het betreft veelal onlangs aangeschafte meetapparatuur. De test is daarom niet bruikbaar voor het vaststellen van benodigd onderhoud.

Gedurende de test zijn incidenteel aanpassingen uitgevoerd aan beschikbaar gestelde apparatuur door storingen aan de monitoren, namelijk:

- De door RIVM beschikbaar gestelde TEOM FDMS presteerde niet voldoende door een defect aan de droger. Gedurende het defect heeft de GGD Amsterdam een extra monitor beschikbaar gesteld. Na verhelpen van het defect is de initieel beoogde monitor alsnog geplaatst.
- De door DCMR beschikbaar gestelde Grimm 180 presteerde niet voldoende. De monitor is teruggezonden naar de leverancier. Zowel de droger als de inlaat van de monitor waren defect. Er is gedurende de metingen te Schiedam een extra Grimm 180 geplaatst.

2.3 Opzet meetcampagne

De opzet van de PM_{2,5}-performancetest is dat dezelfde monitoren worden gebruikt gedurende de testperiode. Er is gekozen voor een identieke wijze van plaatsen van de monitoren, zoals een identieke meethoogte, meetlocatie en onderhoudsfirma van de meetapparatuur. In een enkele situatie is aan de leverancier van de apparatuur gevraagd de apparatuur te installeren en in een enkele situatie is er afgeweken van het gebruik van dezelfde monitor. De afstanden tussen de individuele monitoren zijn afhankelijk van de beschikbare ruimte in de meetbehuizing. Wanneer nodig is er aanvullende behuizing geplaatst.

3 Dataverwerking

3.1 Afspraken over dataverwerking

In de in Europa geldende Standaard (verder: de Europese standaard) voor het meten van fijn stof is aandacht voor de dataverwerking. Bij de dataverwerking is er aandacht voor het vaststellen van de prestaties van automatische meetapparatuur. In de Europese standaard is dit uitgewerkt naar:

- o onzekerheid bij het gebruik van de in Europa geldende referentiemethode;
- o (individuele) bronnen van meetonzekerheid;
- o jaargemiddelde gecombineerde meetonzekerheid;
- o in Europa geldende kwaliteitsdoelstellingen.

Binnen Nederland zijn voorts aanvullende afspraken gemaakt. In een Nederlandse Technische Afspraak (NTA:8019, ref. 2) is een verbeterde werkwijze voor het meten van fijn stof beschreven. De afspraak is in een publicatieblad verschenen in december 2007, juist gedurende de uitvoering van de test. Binnen de aangescherpte Nederlandse afspraken is er geen aanscherping over de wijze van dataverwerking overeengekomen.

3.2 Nadere afspraken bij vergelijkende test

De apparatuur is op basis van etmaalgemiddelde waarden met elkaar vergeleken. Ter vergelijking is gebruik gemaakt van de referentiemethode, waarbij de werkwijze conform de in Nederland gemaakte (technische) afspraken is.

Er is een tweetal referentie-apparaten voor het meten van fijner fijn stof ($PM_{2,5}$) ingezet. Beide instrumenten, van verschillende leveranciers, zijn gebaseerd op zogenaamde 'low-volume sampling' met een automatische filterwisseling. In beide gevallen worden Whatman QMA filters gebruikt. Deze werden tot 1 maart 2008 op verschillende wijze voorbehandeld alvorens te worden gewogen. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan in de gemeten referentiewaarden.

De procedure waarbij gelijkwaardigheid van automatische meetmethoden wordt aangetoond binnen de Nederlandse context is beschreven in Appendix III.

3.3 Vaststellen van de referentiegeijkwaardigheid

Essentiële prestatiekenmerken van de continue automatische meetsystemen, met betrekking tot referentiegeijkwaardigheid, zijn de databeschikbaarheid en de meetonzekerheid. De databeschikbaarheid is beoordeeld op basis van het percentage (valide) dagresultaten van het continue automatische meetsysteem. De meetonzekerheid is beoordeeld door vergelijking van meetresultaten van het automatische continue systeem met die van de referentiemethode zoals beschreven in de ‘Guide to the Demonstration of Equivalence’. In de Europese standaard [3] is de toetsing van de equivalentiegeijkwaardigheid van automatische monitoren beschreven. De dataverwerking van de PM_{2,5}-performancetest is conform het in de Europese Standaard gestelde.

De mate van referentiegeijkwaardigheid is mede afhankelijk van:

- de grenswaarde waarbij de geijkwaardigheid wordt bepaald,
- de meetonzekerheid bij het gebruik van de referentiemethode.

De gehanteerde uitgangspunten bij het vaststellen van de equivalentiescore zijn:

- o de random onzekerheid bij gebruik van de referentiemethode bedraagt 1,15 µg/m³,
- o jaargemiddelde grenswaarde van 20 µg/m³; bij het vaststellen van de onzekerheid zijn individuele waarnemingen (etmaalgemiddelden) het uitgangspunt.
- o meetonzekerheid van continue automatisch meetsysteem moet <25% zijn.

Toelichtend kader referentie

Om de referentiegeijkwaardigheid te kunnen vaststellen is er gedurende de test gebruikgemaakt van twee referenties, namelijk een zogenaamd low-volume sampler van firma Leckel en een low-volume sampler van de firma Derenda. De standaardprocedures van GGD Amsterdam en het RIVM zijn van toepassing bij het vaststellen van de referentiewaarden. Het spreekt voor zich dat bij twee uitwerkingen van de referentiemethode ook de resultaten kunnen verschillen. Hierom zijn de resultaten getest op robuustheid bij aanpassing van referentieniveaus. Uit de test volgt dat de conclusies niet wijzigen bij aanpassing van referentieniveaus. In appendix IV is de data verwerking verder uitgewerkt.

Een mogelijke complicatie is dat vanaf 1 maart 2008 het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit haar werkwijze heeft aangepast aan de Nederlands Technische Afspraak (NTA): 8019.

4 Resultaten

4.1 Verloop van de meetcampagne

In de periode van juni 2007 t/m oktober 2008 zijn achtereenvolgens:

- de opzet van de meetcampagne besproken,
- de meetapparatuur geselecteerd,
- de leveranciers (mondeling) geïnformeerd,
- de meetapparatuur geïnstalleerd.

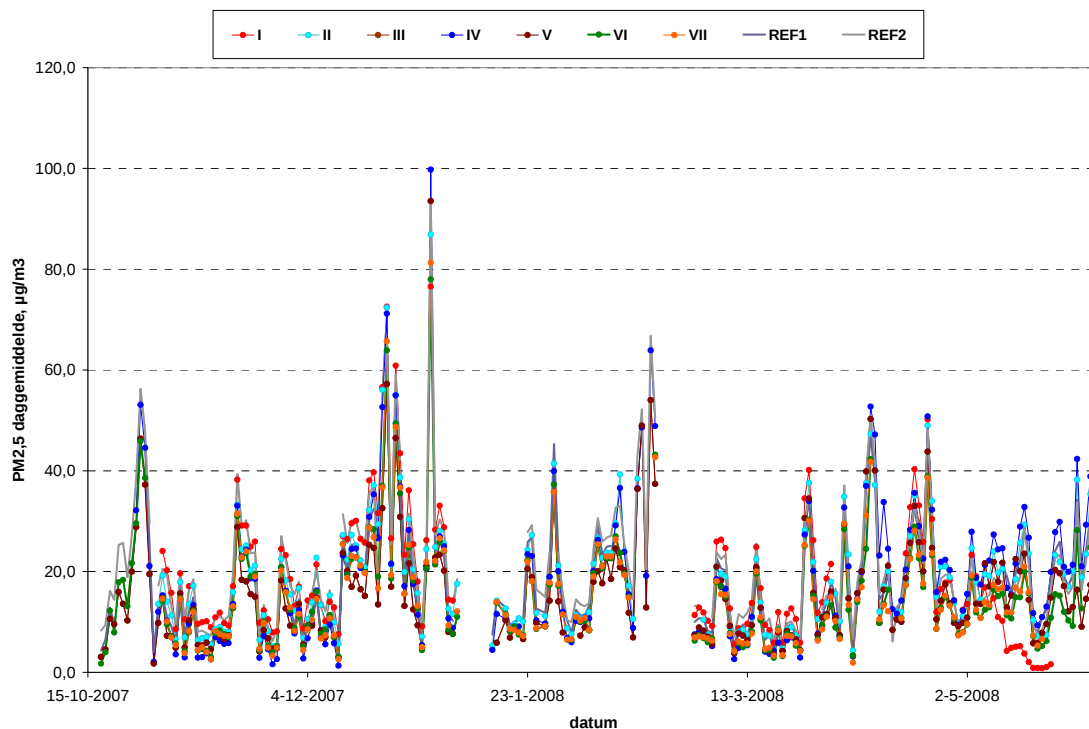
De meetcampagne is gestart op 15 oktober 2007. Er heeft gedurende de meetcampagne gezamenlijk overleg plaatsgevonden tussen de leden van de projectgroep om het verloop van de meetcampagne te bespreken.

Tabel 4.1 Aantal beschikbaar dagwaarden

Type	Periode	I	II	III	IV	V	VI	VII
Beverwijk	15/10/2007 – 9/1/2008	66	67	84	73	81	73	73
A10 Zuid	15/1/2008 – 26/2/2008	0	34	41	34	38	37	37
Biest	1/3/2008 – 15/4/2008	32	43	37	47	40	42	42
Houtakker	16/4/2008 – 1/6/2008	21	47	47	47	45	45	33
Schiedam								
Totaal		119	191	209	202	204	197	173

Er zijn slechts beperkt resultaten beschikbaar van de optische meetmethodiek ten gevolge van een defect aan de monitor. De databeschikbaarheid van de overige monitoren voldoet aan het gestelde criterium van 90%.

In Figuur 4.1 is het daggemiddelde verloop van de fijnstofconcentratie $PM_{2,5}$ gegeven. Het verloop gedurende de testperiode is representatief verondersteld voor de concentraties binnen Nederland. Een concentratiebereik tot $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is minimaal nodig.



Figuur 4.1 Daggemiddelde verloop in de tijd van de PM_{2,5}-concentratie

4.2 Referentiegeijkwaardigheid

4.2.1 Referentiegegevens

In de loop van het onderzoek is gebleken dat de beide toepassingen van de referentiemethode verschillende resultaten geven. Er lijkt sprake te zijn van een systematische afwijking tussen de beide referentiemethoden voor alle resultaten verkregen in de eerste 3 campagnes. Eén van de hypothesen is dat de inpassing van de (bij Nederlandse Technische Afspraak) gemaakte verbeteringen in de werkwijze leiden tot een systematische afwijking van circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gebaseerd op een etmaalgemiddelde.

Het verband tussen de resultaten van de beide toepassingen is onderzocht volgens de procedure beschreven in de Guide to the Demonstration of Equivalence [4]. Bij de evaluatie is gebruik gemaakt van gevalideerde datasets. De correlatie tussen de beide toepassingen levert een systematisch verschil van $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij een *random* onzekerheid van $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hierop is besloten alle referentiewaarden van het LML voor de eerste 3 campagnes te verlagen met $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De uiteindelijk gebruikte referentiegegevens zijn verkregen door middeling van de na deze correctie beschikbare individuele datasets.

Momenteel vindt binnen LML nog een nadere analyse plaats naar de mogelijke oorzaken van de verschillen. Hierover wordt naar verwachting eind 2008 gerapporteerd.

Het gevonden systematische verschil heeft overigens geen invloed op de resultaten van het onderzoek naar referentiegelijkwaardigheid, aangezien hier in eerste instantie wordt gekeken naar de *random* meetonzekerheid.

4.2.2 Resultaten voor continue automatische systemen

De referentiegelijkwaardigheid van de automatische continue monitoringssystemen gebaseerd op daggemiddelde meetwaarden is vastgesteld. De mate van spreiding van de resultaten is uitgedrukt in een *random* meetonzekerheid. Bij een grenswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dient deze onzekerheid in elk geval kleiner dan $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (12,5% van de grenswaarde) te zijn. Wanneer het verband tussen referentiegegevens en resultaten van het meetsysteem significant afwijkt van $\text{AMS} = 1,00 \cdot \text{REF}$, mogen de resultaten van het meetsysteem worden gecorrigeerd. De onzekerheid van de correctie dient dan te worden toegevoegd aan de *random* onzekerheid.

Tabel 4.2 Referentiegelijkwaardigheid

	Aantal dataparen	Random onzekerheid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Verspreiding tussen referentie (REF) en meetsysteem (AMS)
I	119	3,2	$\text{AMS} = 1,02 (0,05) \cdot \text{REF} + 2,9 (1,0)$
II	191	2,3	$\text{AMS} = 1,04 (0,03) \cdot \text{REF} + 0,1 (0,7)$
III	209	2,9	$\text{AMS} = 0,84 (0,03) \cdot \text{REF} - 2,2 (0,8)$
IV	202	3,4	$\text{AMS} = 1,13 (0,04) \cdot \text{REF} - 2,4 (0,9)$
V	206	2,9	$\text{AMS} = 0,92 (0,03) \cdot \text{REF} - 1,7 (0,8)$
VI	197	1,5	$\text{AMS} = 0,89 (0,02) \cdot \text{REF} - 1,2 (0,5)$
VII	173	1,4	$\text{AMS} = 0,92 (0,02) \cdot \text{REF} - 1,2 (0,5)$

* Getallen tussen () zijn uitgebreide onzekerheden (95%) van coëfficiënten.

In Tabel 4.2 is de *random* onzekerheid gegeven als maat voor de referentiegelijkwaardigheid, alsmede de verbanden tussen de referentiemeetwaarden en die van de continue automatische systemen. De berekeningen zijn verricht zoals beschreven in de Guide to the Demonstration of Equivalence [4].

Uit deze resultaten blijkt dat voor drie continue automatische systemen (II, VI en VII) – waarvan twee van hetzelfde type – kan worden vastgesteld dat deze referentiegelijkwaardig zijn. Systeem II geeft meetwaarden die gemiddeld nagenoeg gelijk zijn aan die verkregen m.b.v. de referentiemethode. Systemen VI en VII geven beduidend lagere meetwaarden. Bij gebruik in meetnetwerken dienen de resultaten van systemen VI en VII te worden gecorrigeerd, hetgeen is toegestaan volgens de richtlijnen gegeven in [4].

4.3 Nader bekeken

In Tabellen 4.3 en 4.4 is ingegaan op de prestatie bij verschillende beïnvloedingssferen. In Appendix IV is de verdere uitwerking gegeven.

Tabel 4.3 Verband tussen referentie (REF) en meetsysteem (AMS) bij verschillende beïnvloedingssferen.

	<i>Industrie</i>	<i>Straat</i>
I	AMS = 0,98 (0,06)*REF + 4,4 (1,4)	
II	AMS = 1,02 (0,05)*REF + 0,9 (1,2)	AMS = 1,02 (0,08)*REF - 0,7 (1,8)
III	AMS = 0,71 (0,05)*REF - 2,2 (1,0)	AMS = 0,96 (0,05)*REF - 1,0 (1,2)
IV	AMS = 1,04 (0,04)*REF - 0,9 (1,0)	AMS = 0,96 (0,05)*REF - 0,6 (1,2)
V	AMS = 0,92 (0,04)*REF - 2,0 (0,9)	AMS = 0,91 (0,06)*REF - 3,1 (1,7)
VI	AMS = 0,90 (0,03)*REF - 0,6 (0,6)	AMS = 0,89 (0,06)*REF - 0,8 (1,3)
VII	AMS = 0,94 (0,03)*REF - 0,6 (0,7)	AMS = 0,87 (0,06)*REF - 0,2 (1,4)
	<i>Regionaal</i>	<i>Stadsachtergrond</i>
I	AMS = 1,19 (0,07)*REF + 0,7 (1,0)	AMS = 1,16 (0,14)*REF - 2,4 (3,0)
II	AMS = 1,02 (0,04)*REF + 0,1 (0,8)	AMS = 1,14 (0,10)*REF - 1,7 (2,1)
III	AMS = 0,91 (0,06)*REF - 1,8 (1,1)	AMS = 0,74 (0,12)*REF - 2,1 (2,6)
IV	AMS = 1,11 (0,11)*REF - 0,5 (2,0)	AMS = 1,18 (0,11)*REF - 0,1 (2,3)
V	AMS = 1,07 (0,06)*REF - 2,1 (1,0)	AMS = 0,87 (0,14)*REF - 0,5 (3,1)
VI	AMS = 0,86 (0,05)*REF - 0,9 (0,9)	AMS = 0,87 (0,06)*REF - 2,2 (1,3)
VII	AMS = 0,89 (0,04)*REF - 1,4 (0,7)	AMS = 0,82 (0,06)*REF - 0,5 (1,2)

Tabel 4.4 Onzekerheden etmaalgemiddelde PM_{2,5} concentraties bij verschillende beïnvloedingssferen (in µg/m³).

	<i>Industrie</i>	<i>Straat</i>	<i>Regionaal</i>	<i>Stadsachtergrond</i>
I	3,5 (2,3)	NA	1,5	2,6
II	2,9 (1,1)	1,7	0,9	2,4
III	2,4	1,4	1,7	3,2
IV	2,4 (0,8)	1,5	3,6	2,7
V	2,3	2,1	1,5	3,8
VI	1,3	1,1	1,2	1,2
VII	1,3	1,3	0,5	0,7

Uit Tabel 4.4 volgt dat er grote verschillen bestaan in robuustheid tussen de verschillende meetsystemen, zoals kan worden vastgesteld uit de verschillen in de verbanden met de referentiemethode en de meetonzekerheden. Opnieuw blijken systemen II, VI en VII het best te “scoren”. De onzekerheden van de systemen VI en VII zijn echter minder gevoelig voor de beïnvloedingssfeer. Bij het industriestation voldoet de onzekerheid van systeem II niet aan het criterium $< 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Echter, bij nadere bestudering van de dataset volgt dat in de meetperiode van 20 tot en met 22 december 2007 door een aantal meetsystemen (I, II en IV) significant afwijkende (verhoogde) meetwaarden zijn geregistreerd. Wanneer de meetserie van 20 tot en met 22 december 2007 niet in beschouwing wordt genomen, resulteren de *random* onzekerheden gegeven tussen (). Echter, uitgangspunt is de afwijkende resultaten niet te verwerpen wanneer geen technische oorzaak kan worden vastgesteld.

Het is aan te bevelen om bij praktisch gebruik van de meetsystemen een procedure te hanteren waarbij de referentiegelijkwaardigheid van een individuele monitor periodiek wordt gecontroleerd. In de procedure kan eventueel rekening worden gehouden met de beïnvloedingssfeer waaraan de monitor is blootgesteld.

5 Evaluatie

5.1 Onderwerp

Het meten van fijn stof is binnen Nederland een veelvuldig besproken onderwerp. Een goed inzicht in de heersende fijnstofconcentraties (PM_{2,5}) is van toenemend belang. Meetsystemen nemen hierbij een belangrijke plaats in. Binnen Europa (en binnen Nederland in het bijzonder) gelden strikte eisen aan de prestaties van automatische continue meetsystemen.

5.2 Resultaat

De betrokken meetinstanties hebben onder meer aangegeven sterk waarde te hechten aan de referentiegetrouwheid van de meetapparatuur. In Tabel 5.1 zijn de resultaten van de vergelijkende test gegeven.

Tabel 5.1 Uitgebreid samenvattend overzicht

Continu Automatisch Monitoring Systeem							
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Onzekerheid (µg/m ³)	3,2	2,3	2,9	3,4	2,9	1,5	1,4

5.3 Conclusie

Geconcludeerd is dat er bij het selecteren van meetapparatuur extra belang moet worden gehecht aan de prestaties van PM_{2,5}-meetapparatuur. Het is belangrijk om bij de beoordeling van de prestaties van automatische continue meetsystemen de mate van equivalentie te betrekken, zoals beschreven in de Guide to the Demonstration of Equivalence.

Literatuur

- [1] EU Directive 2008/50/EC. Ambient air quality and cleaner air for Europe.
- [2] NTA:8019. Nederlandse Technische Afspraak. Luchtkwaliteit – Meeteisen voor fijnstofmetingen.
- [3] NEN-EN 14907: 2005. Ambient air quality- Reference gravimetric measurement method for the demonstration of the PM_{2,5} mass fraction of suspended particulate matter.
- [4] EC Guide to the Demonstration of Equivalence of Ambient Air monitoring Methods.
- [5] Arkel, F.Th. van, Kummu, P.J., Loon van, J.P.L., Meulen, van der A., Severijnen, M., Visser, J.H., 2007. Overzicht van onderzoek naar automatische meetmethoden voor het vaststellen van fijn stof. Stand der techniek PM_{2,5}-meetmethoden. RIVM rapportnummer 680708004/2007.
- [6] Jonge, D. de, Meulen, A. van der, Elshout, S. van den, Laan, J. van der, Kummu, P., Loon, J. van, Severijnen, M., 2005. Overzicht van onderzoek naar correctiefactoren voor automatische PM₁₀ metingen in Nederland. RIVM rapport 680500002.

Verklarende woordenlijst

BAM	Bèta Attenuation Monitor, werkt op principe van verzwakking van bètastraling door massa op een filterband
FDMS	Filter Dynamic Measurement System, dat het meten van vluchtige en niet-vluchtige componenten mogelijk maakt
GCN kaart	Generieke (grootschalige) concentratiekaart voor Nederland, geproduceerd door het Milieu en Natuurplanbureau. De kaart geeft een grootschalig beeld van de luchtkwaliteit in Nederland
Meetonzekerheid	Mate van overeenstemming tussen de resultaten van opeenvolgende metingen van dezelfde meetgrootte, die onder dezelfde meetomstandigheden zijn verricht
PM _{2,5}	Deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner of gelijk aan 2,5 micrometer
Robuustheid	Robuustheid kwantificeert de verandering van het meetresultaat door afwijkingen in uitvoering, omstandigheden en hoedanigheid van materiaal. Met andere woorden de mate van (on)gevoeligheid van het meetresultaat voor afwijkingen, zoals deze zich in de praktijk kunnen voordoen
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance, gravimetrische massabepaling door frequentieverandering van een oscillerende microbalans

Appendix I Besluitvormingsproces

Besluitenlijst van gehouden overleg

Overleg	Onderwerp	Besluiten overleg
18 januari 2007	Vaststellen van gunningcriteria	1) Programma van Eisen (PvE) vastgesteld 2) Waardering op basis van een klassiek model gebaseerd op puntentelling.
11 februari 2007	Vaststellen van gunningcriteria	1) Gesloten EU procedure 2) Een prekwalificatie op algemene gronden 3) Wegingsfactoren vastgesteld 4) Meer centrale rol van RIVM in proces van aanbesteding
4 juni 2007	Voortgang gezamenlijk aanbesteden	1) Performancetest PM _{2,5} duur t/m mei 2008 2) Conformereren betrokken meetinstanties aan de uitkomsten van de PM _{2,5} -performancetest
4 april 2008	Voortgang performancetest	1) Rapportage performancetest in mei 2008 2) Benodigde documenten door RIVM 3) Nadere afstemming wijze van gunning door RIVM

Er is van ieder overleg een beknopte verslaglegging door het RIVM verzorgd. De wegingfactoren zijn in februari 2007 als volgt vastgelegd:

Wegingsfactoren, februari 2007

Omschrijving	Punten op basis van 100
Programma van Eisen	20
Equivalentie	35
Kalibratiefactor	30
Multifunctionaliteit	15

Het samenvattende deskundigenoverzicht in februari 2007 is als volgt

Samenvattend deskundigenoverzicht, februari 2007

Meetinstantie	Optische technieken	Bèta verzwakking	TEOM FDMS
DCMR Milieudienst Rijnmond	65-85	50-70	60-80
GGD Amsterdam	90	75	88
NMi	60	62,5	70
Provincie Limburg	75-85	75-80	85-90
RIVM	70	70	70

Uit het deskundigenoverzicht volgt dat er verschillen zijn van inzicht bij deskundigen. Er blijkt in februari 2007 onvoldoende basis om in gezamenlijkheid een aanbestedingsprocedure PM_{2,5}-meetapparatuur te kunnen volgen. In een overleg van juni 2007 zijn de meetinstanties alsnog een testperiode overeengekomen om de prestaties van de automatische meetmethoden te onderzoeken. De meetinstanties hebben aangegeven zich te willen binden aan de uitkomsten van de PM_{2,5}-performancetest en op basis van testresultaten de aanbestedingsprocedure gezamenlijk te willen doorlopen. De wensen van de meetinstanties zijn geïnventariseerd in een overzicht [5]

Appendix II Foto's locaties



Foto 1 Locatie Beverwijk



Foto 2 Locatie A10 Zuid



Foto 3 Locatie Biest Houtakker



Foto 4 Locatie Schiedam

Appendix III Procedure vaststellen van de referentiegeijkwaardigheid

Voor PM_{10} is een stappenplan vastgesteld om de kalibratiefactor te bepalen [6]. In het verlengde hiervan is voor $PM_{2,5}$ een algemene procedure opgesteld voor het vaststellen van de referentiegeijkwaardigheid.

1. De resultaten van de gravimetrische bepaling en omrekening naar concentraties worden volgens interne procedures van de betrokken meetinstantie verwerkt.
2. De validatie vindt plaats conform de opgestelde interne procedures, waarin dient te zijn vastgelegd dat er geen 'outliers' worden verwijderd op grond van statistische verwerking. Er dient te zijn beschreven hoe er met eventuele 'artefacten' is omgegaan.
3. Om referentiegeijkwaardigheid te kunnen aantonen is het noodzakelijk uit te gaan van het in Europa geldende standaard EN14907 gestelde. Met de binnen Nederland geldende afspraken dient rekening te worden gehouden.
4. Er vindt periodiek een evaluatie plaats van de benodigde kalibratiefactor. Afhankelijk van de prestaties van de monitoren, dient te worden vastgesteld:
 - o een factor afhankelijk van bijvoorbeeld de exacte locatie, de gebiedsindeling, het stationstype (de beïnvloedingssfeer) of het seizoen,
 - o voor al de stations eenzelfde kalibratiefactor
5. De referentiegeijkwaardigheid wordt vastgesteld conform de meest recente inzichten, zoals vastgesteld in de Guide to the Demonstration of Equivalence
6. Aanbeveling is om uit te gaan van minimaal 40 etmaalgemiddelde concentraties om de kalibratiefactor van een individuele monitor (met oog op kwaliteitsborging) te bepalen.
7. Verdere aanbeveling is om periodiek bij de individuele continu automatische samplers een kalibratie te verrichten.
8. Een periodieke rapportage over de uitkomsten is nodig.

Appendix IV Verschillende beïnvloeding

<i>I</i>	<i>Aantal dataparen</i>	<i>PM_{2,5},REF μg/m³</i>	<i>PM_{2,5},AMS μg/m³</i>	<i>Random onzekerheid, μg/m³</i>	<i>Slope</i>	<i>Intercept</i>
Beverwijk	66	18,6	22,6	3,5	0,98 (0,06)	4,4 (1,4)
Biest	32	12,0	15,1	1,5	1,19 (0,07)	0,7 (1,0)
Beverwijk excl. 20-22 dec 2007	63	17,6	21,1	2,3	0,91 (0,05)	5,0 (1,1)
Schiedam	21	20,5	21,4	2,6	1,16 (0,14)	-2,4 (3,1)
<i>II</i>	<i>Aantal dataparen</i>	<i>PM_{2,5},REF μg/m³</i>	<i>PM_{2,5},AMS μg/m³</i>	<i>Random onzekerheid, μg/m³</i>	<i>Slope</i>	<i>Intercept</i>
Beverwijk	69	18,0	18,7	2,9	1,02 (0,05)	0,9 (1,2)
A10	32	18,5	18,1	1,7	1,02 (0,08)	-0,7 (1,8)
Biest	43	15,1	15,5	0,9	1,02 (0,04)	0,1 (0,8)
Beverwijk excl. 20-22 dec 2007	66	17,5	18,2	1,0	0,95 (0,03)	1,7 (0,6)
Schiedam	47	19,7	20,7	2,4	1,14 (0,10)	-1,7 (2,1)
<i>III</i>	<i>Aantal dataparen</i>	<i>PM_{2,5},REF μg/m³</i>	<i>PM_{2,5},AMS μg/m³</i>	<i>Random onzekerheid, μg/m³</i>	<i>Slope</i>	<i>Intercept</i>
Beverwijk	81	19,0	14,7	2,4	0,71 (0,05)	-2,2 (1,0)
A10	35	21,8	14,6	1,4	0,96 (0,05)	-1,0 (1,2)
Biest	46	14,8	11,6	1,7	0,91 (0,06)	-1,8 (1,1)
Schiedam	47	19,7	12,4	3,2	0,74 (0,12)	-2,1 (2,6)
<i>IV</i>	<i>Aantal dataparen</i>	<i>PM_{2,5},REF μg/m³</i>	<i>PM_{2,5},AMS μg/m³</i>	<i>Random onzekerheid, μg/m³</i>	<i>Slope</i>	<i>Intercept</i>
Beverwijk	73	19,5	18,1	2,4	1,04 (0,04)	-0,9 (1,0)
A10	36	21,4	17,8	1,5	0,96 (0,05)	0,6 (1,2)
Biest	46	14,8	16,2	3,6	1,11 (0,11)	-0,5 (2,0)
Beverwijk excl. 20-22 dec 2007	70	18,6	16,7	0,8	1,07 (0,02)	-3,3 (0,5)
Schiedam	47	19,7	23,2	2,7	1,18 (0,11)	-0,1 (2,3)
<i>V</i>	<i>Aantal dataparen</i>	<i>PM_{2,5},REF μg/m³</i>	<i>PM_{2,5},AMS μg/m³</i>	<i>Random onzekerheid, μg/m³</i>	<i>Slope</i>	<i>Intercept</i>
Beverwijk	81	19,0	15,4	2,3	0,92 (0,04)	-2,0 (0,9)
A10	32	23,0	17,9	2,1	0,91 (0,06)	-3,1 (1,7)
Biest	46	14,8	13,8	1,5	1,07 (0,06)	-2,1 (1,0)
Schiedam	47	19,7	16,6	3,8	0,87 (0,14)	-0,5 (3,1)

VI	Aantal dataparen	$PM_{2,5,REF}$ $\mu g/m^3$	$PM_{2,5,AMS}$ $\mu g/m^3$	Random onzekerheid, $\mu g/m^3$	Slope	Intercept
Beverwijk	79	19,2	16,8	1,3	0,90 (0,03)	-0,6 (0,6)
A10	29	19,5	16,5	1,1	0,89 (0,06)	-0,8 (1,3)
Biest	44	14,4	11,5	1,2	0,86 (0,05)	-0,9 (0,9)
Schiedam	45	19,8	14,9	1,2	0,87 (0,06)	-2,2 (1,3)

VII	Aantal dataparen	$PM_{2,5,REF}$ $\mu g/m^3$	$PM_{2,5,AMS}$ $\mu g/m^3$	Random onzekerheid, $\mu g/m^3$	Slope	Intercept
Beverwijk	66	18,2	16,5	1,3	0,94 (0,03)	-0,6 (0,7)
A10	30	19,1	16,3	1,3	0,87 (0,06)	-0,2 (1,4)
Biest	44	14,7	11,6	0,5	0,89 (0,04)	-1,4 (0,7)
Schiedam	33	19,0	15,1	0,7	0,82 (0,06)	-0,5 (1,2)

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl