

TNO-rapport
TNO-MEP – R 97/339

**TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie**

Laan van Westenek 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn
Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

Luchtkwaliteit in Maastricht: “Nulmeting” Stad & Milieu locatie in Maastricht

Datum
september 1997

Auteur(s)
Dr. M.P. Keuken
Dr. R.F. van Oss

Projectnummer
28225

Trefwoorden
- stad & milieu
- nulmeting
- Maastricht

Bestemd voor
Gemeente Maastricht:
Dienst Stadsontwikkeling en Grondzaken

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1997 TNO

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een
nationaal en internationaal erkend kennis- en contract-
research instituut voor bedrijfsleven en overheid op het
gebied van duurzame ontwikkeling en milieu- en
energiegerichte procesinnovatie.



Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan
TNO zoals gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel
te 's-Gravenhage

Samenvatting

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de nul-meting in het "Stad & Milieu" gebied in Maastricht. Het onderzoek is uitgevoerd door TNO in opdracht van de Gemeente Maastricht. Het beschreven onderzoek betreft luchtconcentraties van benzeen, stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof. Naast dit onderzoek heeft TNO modelberekeningen van NO_2 en fijn stof uitgevoerd in het kader van een m.e.r.-studie in Maastricht. De m.e.r.-studie is nog niet afgerond, zodat de resultaten niet in het beschreven onderzoek kunnen worden gepresenteerd. Echter, bij de interpretatie van de metingen en de conclusies is wel gebruik gemaakt van deze (voor)kennis bij TNO.

Benzeen en NO_2

Benzeen- en NO_2 -luchtconcentraties zijn gemeten in de periode mei/juni 1997 als onderdeel van een separaat onderzoek in Maastricht. Het meest relevant van dat onderzoek is de conclusie dat "met uitzondering van een strook ter breedte van enkele tientallen meters aan weerszijden van de *Frontensingel* wordt verwacht, dat de jaargemiddelde luchtconcentraties van benzeen en NO_2 in het "Stad & Milieu" gebied in Maastricht in het peiljaar 1997 binnen de betreffende luchtkwaliteitsnormen zijn." De AmvB luchtkwaliteitsnorm betreft voor benzeen een grenswaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddelde) en voor NO_2 een grenswaarde van $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (98-percentiel voor uursgemiddelden).

Fijn stof: massa concentratie

De massa van fijn stof luchtconcentraties van deeltjes kleiner dan $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) en $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) zijn gemeten met behulp van "cascade-impactoren" op vier dagen op twee locaties in het proefgebied. De resultaten zijn vergeleken met resultaten van het regionale meetnet van het RIVM, het meetpunt op het Gouvernementsgebouw in Maastricht van de Provincie Limburg en modelberekeningen van de emissie van fijn stof afkomstig van lokale industriële en verkeers-bronnen.

Uit het onderzoek wordt geconcludeerd, dat ten zuiden en oosten van de spoorlijn in het "Stad & Milieu" gebied, de som van de bijdragen van lokale industrie en verkeer aan de jaargemiddelde PM_{10} luchtconcentraties wordt geschat op circa $5 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is een verhoging van 25% boven de regionale achtergrond ter hoogte van $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De afstand tot de *Frontensingel* maar ook de afstand tot lokale industriële bronnen is bepalend voor het overschrijden van de PM_{10} luchtkwaliteitsnorm in het "Stad & Milieu" gebied. De AmvB luchtkwaliteitsnorm voor fijn stof (PM_{10}) heeft een grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddelde).

Fijn stof: chemische samenstelling en aantal deeltjes

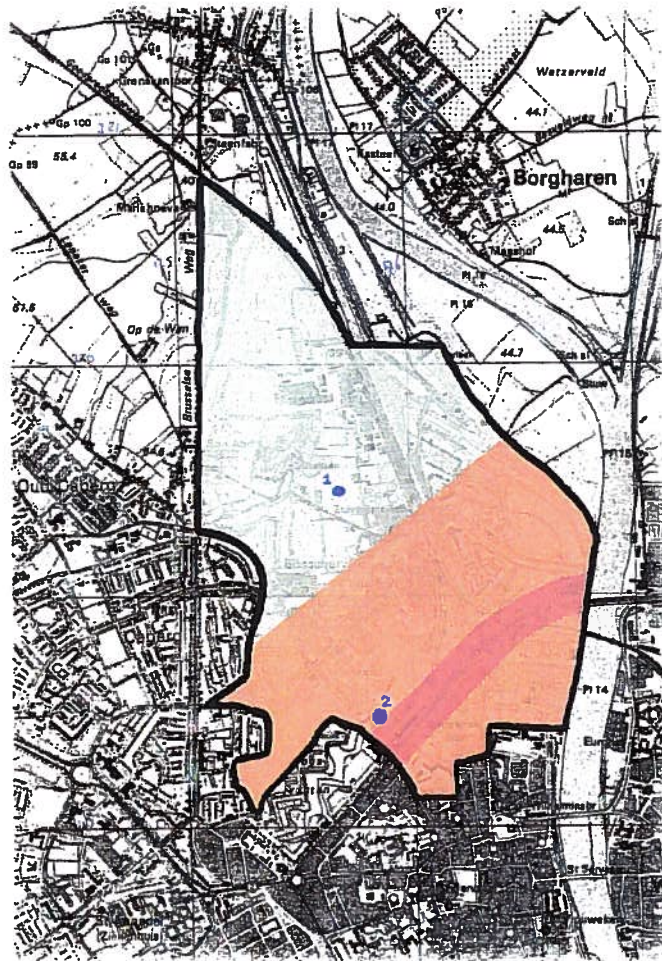
Naast meting van $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} is onderzoek gedaan naar het aantal roetdeeltjes en de chemische samenstelling van fijn stof. De resultaten waren onvoldoende om

betrouwbare conclusies te trekken ten aanzien van de bijdrage van verschillende bronnen aan fijn stof luchtconcentraties op grond van chemische profielen van zware metalen, benzo(a)pyreen en/of aantal roetdeeltjes. Voor de chemische samenstelling en aantal deeltjes zijn geen buitenlucht normen vastgesteld.

Samenvattend wordt geconcludeerd, dat op basis van dit onderzoek drie zones worden onderscheiden in het "Stad & Milieu" gebied in Maastricht: een "groene" zone ten noorden en ten westen van de spoorlijn, een "oranje" zone ten oosten en zuiden van de spoorlijn en een "rode" zone bestaande uit een strook van enkele tientallen meters aan weerszijden van de Frontensingel. Deze indeling is op bijgaande kaart van het "Stad & Milieu" gebied weergegeven. In de groene zone worden geen overschrijdingen verwacht van de luchtkwaliteitsnormen van benzeen, NO_2 en fijn stof. In de oranje zone wordt een overschrijding van de fijn stof luchtkwaliteitsnorm verwacht, terwijl in de rode zone zowel voor benzeen, NO_2 en fijn stof overschrijdingen van luchtkwaliteitsnormen worden verwacht.

Aanbevelingen vervolgonderzoek

In verband met de mogelijkheid om PM_{10} metingen op het Gouvernementsgebouw te gebruiken om de fijn stof niveaus in het "Stad & Milieu" gebied te monitoren, is (in beperkte mate) de ruimtelijke variatie van fijn stof niveaus in Maastricht onderzocht. Op basis van modelberekeningen wordt verwacht dat een aanzienlijke overschrijding van de PM_{10} luchtkwaliteitsnorm met een factor 2 wordt verwacht in de directe omgeving van een aantal industriële puntbronnen en wegen in Maastricht. Tevens wordt verwacht dat PM_{10} metingen op het Gouvernementsgebouw bij zuidelijke wind worden beïnvloed door cement productie. Onderzoek naar de ruimtelijke variatie van $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} luchtconcentratie niveaus en de invloed van lokale bronnen op overschrijding van de PM_{10} luchtkwaliteitsnorm in Maastricht wordt aanbevolen bij voorkeur in samenwerking met de Provincie Limburg.



Figuur 1: De indeling van een groene, oranje en rode zone in het "Stad & Milieu" gebied.

Inhoud

Samenvatting	2
Inhoud.....	5
1. Inleiding.....	6
1.1 Achtergrond.....	6
1.2 Doel van het onderzoek.....	6
1.3 Opzet van het onderzoek	7
1.4 Opzet van het rapport.....	8
2. Meetcampagne	9
2.1 Algemeen.....	9
2.2 Benzeen en NO ₂	10
2.2.1 Ruimtelijke interpolatie van de meetresultaten van benzeen en NO ₂	10
2.2.2 De bijdrage van diesel- en benzineverkeer aan de benzeenluchtconcentraties	12
2.3 Fijn stof	12
2.3.1 Inleiding	12
2.3.2 Resultaten	13
2.3.3 Ruimtelijke interpolatie van fijn stof metingen	14
2.3.4 Metalen analyse van fijn stof	18
2.3.5 Benzo(a)pyreen analyse van fijn stof	19
2.3.6 Aantal roetdeeltjes als functie van de deeltjesgrootte	20
3. Conclusies en aanbevelingen	23
4. Verantwoording.....	24

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

In het kader van het project “Stad & Milieu” is de gemeente Maastricht door het Ministerie van VROM geselecteerd als één van de 25 proefgemeenten. Doel van het project is het opdoen van praktijkervaring met de zogenaamde “Stad & Milieu” benadering, waarbij wordt verondersteld dat meer lokale verantwoordelijkheid en beleidsruimte zal bijdrage aan een beter stedelijk leefkwaliteit¹. Onderdeel van het “Stad & Milieu” project is het vaststellen van de Ausgangssituatie in het projectgebied door een zogenaamde “nul-meting”. De betrokken gemeenten hebben de taak om door deze nul-meting informatie aan te leveren voor externe beoordeling van de resultaten en de voortgang van het project “Stad & Milieu”. Een van de aspecten van de nul-meting is de luchtkwaliteit in het projectgebied.

TNO is benaderd door de projectleider “Stad & Milieu” van de afdeling Milieu van de Gemeente Maastricht voor het vaststellen van de luchtkwaliteit op de proeflocatie in Maastricht.

1.2 Doel van het onderzoek

In het algemeen zijn activiteiten in het kader van het project “Stad en Milieu” vooral van invloed op i.) het verkeer (i.e. intensiteit en aard) en ii.) geplande bebouwing van o.a. (voormalige) bedrijfs- en opslagruimte. Het vaststellen van de luchtkwaliteit is daarom met name gericht op verkeersgerelateerde emissies met een keuze uit stoffen, waarvoor buitenlucht normen zijn vastgelegd in de “Besluiten Luchtkwaliteit” zoals benzeen, NO₂ en fijn stof. Daarnaast heeft het vaststellen van de luchtkwaliteit betrekking op bedrijfsemissies, waarvan de keuze afhankelijk is van de aard van de bedrijvigheid.

Het “Stad & Milieu”gebied in de wijk “Bosscherveld” in Maastricht ligt ten noordwesten van het centrum met een oppervlak van circa 1 km² (zie Figuur 2.1). Industriële activiteiten in en om dit gebied zijn o.a. een papierfabriek, een aardewerkfabriek, een steenfabriek, een waterzuiveringsinstallatie en het bedrijfsterrein *Bosscherveld*. De proeflocatie wordt doorsneden door de *Frontensingel*, die een belangrijke toegangsweg is tot het centrum van Maastricht en eerder genoemd bedrijfsterrein. Daarom is voor de nul-meting in Maastricht gekozen voor benzeen en fijn stof als indicator stoffen voor de verkeersinvloed op de luchtkwaliteit, waarbij fijn stof tevens een maat is voor bedrijfsemissies. Modelleren van stedelijke luchtkwaliteit en vooral de invloed van lokale bronnen is lastig vanwege het ontbreken van betrouwbare emissie gegevens en de complexe verspreiding. Daarom is in dit

¹ Ministerie van VROM (1997): “Informatievoorziening Stad & Milieu projecten”.

onderzoek gekozen voor metingen om de luchtkwaliteit op de proeflocatie vast te stellen en vervolgens zijn de uitkomsten vergeleken met modelberekeningen.

De doelstellingen van de nul-meting zijn als volgt:

1. inzicht in de luchtconcentraties van benzeen, NO₂ en fijn stof in het "Stad & Milieu" gebied in Maastricht in het peiljaar 1997 en
2. identificatie en kwantificering van lokale en regionale bronnen, die bijdragen aan benzeen en fijn stof luchtconcentraties.

De resultaten van het onderzoek dienen bruikbaar te zijn voor rapportage van de nul-meting en voortgang in het kader van het "Stad & Milieu" project en voor het vaststellen van het effect op de luchtkwaliteit na afloop van het project.

1.3 Opzet van het onderzoek

De nul-meting van de luchtkwaliteit is uitgevoerd in de periode juni/juli 1997.

Benzeen (en stikstofdioxide) gegevens zijn verkregen via een separate opdracht van de Gemeente Maastricht aan TNO, die is uitgevoerd in dezelfde periode. De resultaten van dit onderzoek zijn apart gerapporteerd.¹

Fijn stof is verzameld op twee meetlocaties in het projectgebied: de *Sortieweg* en de *Lage Frontweg*. Luchtmonsters zijn verzameld met "cascade-impactoren" in combinatie met "high-volume" monsternemers. Dit maakt het mogelijk fijn stof in verschillende deeltjes grootte fracties te verzamelen. De monsternamen zijn uitgevoerd tussen 09.00 en 13.00 h en tussen 14.00 en 19.00 h. Door meting van het volume en weging van de verzamelde deeltjes fracties zijn de luchtconcentratie verkregen van deeltjes kleiner dan 2.5 µm² (de zogenaamde PM_{2.5} fractie) en kleiner dan 10 µm (de PM₁₀ fractie).

Door meting van verschillende deeltjesgrootte fracties is het mogelijk verschillende bronnen te onderscheiden. In het algemeen is de fractie met deeltjes kleiner dan 2.5 µm afkomstig van menselijke activiteiten (o.a. autoverkeer, energieopwekking, landbouw en industrie), terwijl de grovere fractie afkomstig is van natuurlijke oorsprong (o.a. opwaaiend bodemstof). Tevens is het van belang onderscheid te maken van verschillende deeltjes fracties vanwege mogelijke gezondheidseffecten van vooral deeltjes kleiner dan 2.5 µm die diep in de longen kunnen doordringen.

Naast het meten van de massa van de deeltjes fracties is onderzocht in hoeverre chemische-fysische analyse van fijn stof informatie oplevert over de mogelijke

¹ TNO-MEP (R97/274): Luchtkwaliteit in Maastricht. Onderzoek naar de stads achtergrond en emissies van benzeen door de A2 en parkeerinrichtingen (1997)

² één µm = één micrometer.

herkomst en eventuele gezondheidseffecten. Deze metingen zijn uitgevoerd op twee verschillende manieren: i.) zware metalen en benzo(a)pyreen (BAP)-analyse van fijn stof en ii.) elektronenmicroscopie van stof monsters verzameld op eerder genoemde meetlocaties. De elektronenmicroscopie-analyse levert met name informatie over het aantal roetdeeltjes in verschillende grootte-klassen kleiner dan $2,5\ \mu\text{m}$.

Gegevens van emissies door lokale industrie zijn verkregen uit de Emissie Registratie (ER) en hiermee is de bijdrage van lokale industrie aan PM_{10} luchtconcentraties in het proefgebied berekend. De ER gegevens betreffen emissies in het jaar 1994; dit is het meest recente jaar waarvoor ER gegevens beschikbaar zijn. De berekende luchtconcentraties zijn vergeleken met de gemeten waarden in de nul-meting, waarbij opgemerkt dat de nul-meting is uitgevoerd op slechts twee dagen in juni/juli 1997, terwijl de ER betrekking heeft op het gehele jaar 1994. Tevens zijn fijn stof resultaten vergeleken met regionale gemiddelde luchtconcentraties van PM_{10} afkomstig van het meetpunt "Wijnandsrade" van het Landelijk Meetnet van het RIVM¹. Tenslotte heeft de gemeente Maastricht informatie aangeleverd van de stadsachtergrond van PM_{10} gemeten door de Provincie Limburg op het dak van het Gouvernement in Maastricht, dat circa 2 km ten zuiden van de proeflocatie is gelegen. De gemeten en berekende waarden van PM_{10} zijn vergeleken met wettelijke normen. Voor $\text{PM}_{2,5}$ is op dit moment nog geen luchtkwaliteitsnorm beschikbaar.

Tevens zijn luchtconcentraties van PM_{10} en NO_2 in Maastricht door emissies van lokaal verkeer berekend door TNO in het kader van een MER studie. De resultaten van deze studie kunnen niet in dit rapport worden gemeld, omdat de studie nog niet is afgerond. Echter, bij de interpretatie en conclusies is wel rekening gehouden met deze informatie.

Meteorologische gegevens zijn verkregen van het meetpunt "Vliegveld Beek" van het landelijk meetnet van het KNMI.

1.4 Opzet van het rapport

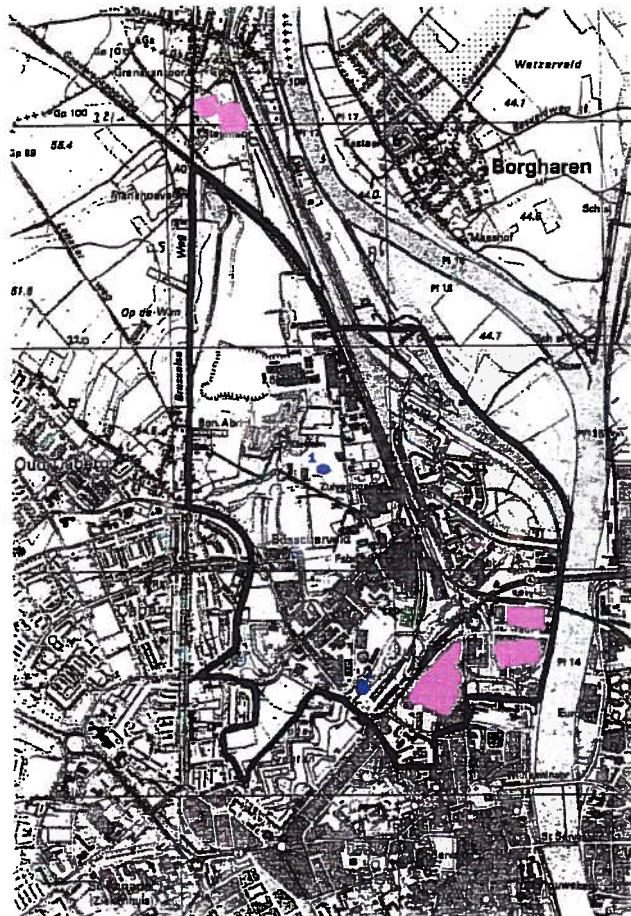
In hoofdstuk 2 worden de resultaten van de meetcampagne in Maastricht gepresenteerd. Hoofdstuk 3 bevat conclusies en aanbevelingen. Hoofdstuk 4 geeft een verantwoording voor het onderzoek.

¹ Meetgegevens van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit zijn ter beschikking gesteld door het RIVM.

2. Meetcampagne

2.1 Algemeen

In het kader van onderzoek naar de luchtkwaliteit in Maastricht zijn met passieve monsternemers benzeen- en stikstofdioxide(NO_2)-luchtconcentraties gemeten in de periode 15-16 mei tot 9-10 juni 1997. Zoals eerder gemeld is, is dit onderzoek separaat gerapporteerd aan de Gemeente Maastricht. De relevante resultaten voor de nul-meting zijn: i.) de “stadsachtergrond” van benzeen- en NO_2 -luchtconcentraties in Maastricht en ii.) de luchtconcentraties op de meetpunten in *Boscherveld* (*Sortieweg* en de *Lage Frontweg*). De meetpunten in *Boscherveld* zijn tevens gebruikt als meetlocaties voor de fijn stof metingen op 9-10 juni en 8-9 juli 1997. De meetlocaties zijn weergegeven op een kaart van de proeflocatie in Maastricht in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 De meetlocaties "1" en "2" van benzeen, NO_2 en fijn stof in Maastricht.

2.2 Benzeen en NO₂

2.2.1 Ruimtelijke interpolatie van de meetresultaten van benzeen en NO₂

Tijdens de monsternamen van benzeen en NO₂ was de windrichting noord-noord-oostelijk (50%), zuid-zuid-westelijk (20%) en "overige" (30%). De weersomstandigheden waren overeenkomstig gemiddelde omstandigheden in de maanden mei/juni in Nederland.

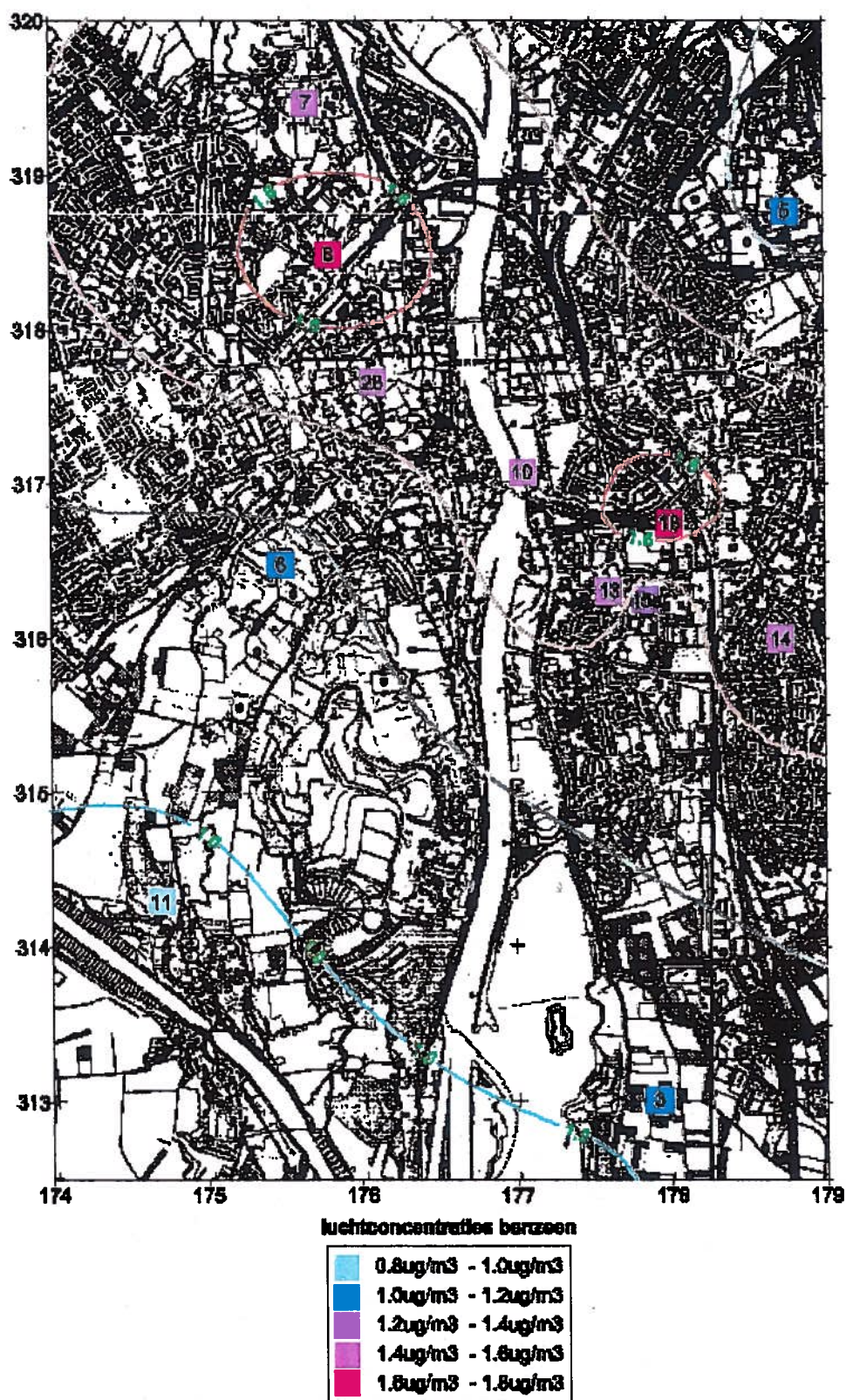
In Tabel 2.1 zijn de relevante resultaten van het benzeen/NO₂ onderzoek in Maastricht samengevat.

Tabel 2.1 Luchtconcentraties in µg/m³ van benzeen en NO₂ op een aantal locaties in en rondom Maastricht en luchtkwaliteitsnormen.

Locatie/Norm	Benzeen (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Bosscherveld (Sortieweg)	1.5	15
Bosscherveld (Lage Frontweg)	1.8	26.7
Stadsachtergrond	1.5	20 ^(*)
Wijnandsrade 1994 (jaar)	1.3	26
Norm (< 2000; > 2000)	15; 10	135/80 ^(**)
Norm WHO-1994	-	40 ^(**)

- (*) De NO₂ stadsachtergrond is indicatief vanwege het beperkt aantal metingen;
- (**) Kortdurende blootstelling en piekconcentraties van NO₂ hebben nadelige effecten voor mens en ecosystemen. De Nederlandse luchtkwaliteitsnorm voor NO₂ is daarom vastgelegd in 98-percentiel waarden van uursgemiddelde NO₂ concentraties: 135 µg/m³ (grenswaarde) en 80 µg/m³ (richtwaarde). Overschrijding van uursgemiddelden zijn niet meetbaar met vier-weekelijkse passieve monsternamen, zoals toegepast in dit onderzoek. In Tabel 2.1 is daarom tevens de WHO-norm vermeld van een jaargemiddelde NO₂ luchtconcentratie van 40 µg/m³, die door het RIVM wordt gehanteerd als norm voor langdurige blootstelling.

Door middel van interpolatie technieken is een kaart geconstrueerd, waarop contouren van luchtconcentraties van benzeen zijn ingekleurd op de proeflocatie.



Figuur 2-2 De ruimtelijke verdeling van de luchtconcentraties van benzeen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de proeflocatie en de nummers van de meetlocaties.

Op de kaart zijn locatienummers weergegeven en kleurencodes verwijzen naar de concentraties van benzeen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De contourlijnen zijn een maat voor de concentratieverschillen in de stad en de proeflocatie.

De resultaten van meting van de benzeen en NO_2 luchtconcentraties, zoals vermeld in Tabel 2.1 geven aan dat het proefgebied ten noorden van de *Frontsingel* door verkeer wordt belast. Echter, de verschillen met de stads- en regionale achtergrond zijn gering. Op basis van deze metingen wordt verwacht dat de jaargemiddelde luchtconcentraties van benzeen en NO_2 in het proefgebied in 1997 binnen de betreffende luchtkwaliteitsnormen zijn¹. Deze conclusie wordt bevestigd door modelberekeningen, waaruit wordt geconcludeerd dat het NO_2 98-percentiel en de jaargemiddelde concentratie (met uitzondering van een strook van enkele tientallen meters afstand van de *Frontsingel*) binnen de luchtkwaliteitsnormen zijn.

2.2.2 De bijdrage van diesel- en benzineverkeer aan de benzeenluchtconcentraties

Met behulp van *Chemical Mass Balance* (CMB) zijn de procentuele bijdragen van diesel- en benzineverkeer aan de gemeten benzeenluchtconcentraties op de locatie *Lage Frontweg* bepaald. De procentuele verhouding van de bijdrage door diesel- en benzine-verkeer is respectievelijk 40 en 60%. Door vergelijking met deze verhouding na afloop van het "Stad & Milieu" project kan worden geëvalueerd of er eventueel een verschuiving is in de bijdrage van vracht- en personenverkeer.

2.3 Fijn stof

2.3.1 Inleiding

Zwevend stof in de buitenlucht wordt in het algemeen gekarakteriseerd door meting van PM_{10} luchtconcentraties. PM_{10} is een maat voor de massa van deeltjes per m^3 buitenlucht, die bemonsterd worden met "een vangstrendement van 50% voor deeltjes met een aerodynamische diameter van $10 \mu\text{m}$ ". PM_{10} is een relatief grove methode om fijn stof te karakteriseren en gezondheidseffecten te verklaren²: de bemonsterde deeltjes hebben een grote verscheidenheid in chemische samenstelling

¹ De nulmeting is gebaseerd op een 4-weekelijkse monsternamen in de periode mei-juni 1997 bij een noordelijke windrichting, terwijl bij een zuidelijke windrichting in september 1995 in Maastricht benzeenluchtconcentraties boven de norm werden gemeten. Deze (mogelijk) meteorologisch gebonden fluctuaties zijn wellicht geldig voor de gehele Gemeente Maastricht (wat overigens nog bevestiging vereist) maar in ieder geval niet specifiek voor de proeflocatie.

² L.H.J.M. Janssen, E. Buringh and K.D. van den Hout (1997): "Estimates of the distribution of different fractions of PM_{10} in the ambient atmosphere in the Netherlands." RIVM No. 723301006

(o.a. dieselloet; zouten van ammoniumnitraat en -sulfaat; vliegias en bodemstof) en zowel de *massa* als het *aantal* deeltjes zijn verdeeld over een groot aantal deeltjes-grootte klassen.

In de context van de nul-meting zijn PM_{10} luchtconcentraties gemeten op de proeflocatie in Maastricht en vergeleken met de wettelijke norm. Daarnaast is onderzoek gedaan naar $PM_{2.5}$ (deeltjes kleiner dan $2.5 \mu m$), de chemische samenstelling en de verdeling van aantallen deeltjes in verschillende grootte fracties. Laatst genoemde werkzaamheden zijn uitgevoerd als onderdeel van onderzoek in opdracht van het Ministerie van VROM.

2.3.2 Resultaten

Fijn stof is gelijktijdig verzameld op twee meetlocaties in het proefgebied van het "Stad & Milieu" project in Maastricht. De monsternamen zijn uitgevoerd met twee "cascade-impactoren" met een debiet van circa $0.5 - 1 m^3/min$. Fijn stof is bemonsterd in zeven deeltjesgrootte fracties: <0.4 ; $0.4-0.7$; $0.7-1.4$; $1.4-2.1$; $2.1-4.2$; $4.2-10.0$ en $>10.0 \mu m$. De massa verzamelt in deze fracties zijn in de data analyse "verdeeld" over twee fracties: deeltjes kleiner dan $2.1 \mu m$ ($PM_{2.5}$) en deeltjes kleiner dan $10 \mu m$ (PM_{10}) ten behoeve van de vergelijkbaarheid met metingen door het RIVM en de Provincie Limburg.

De monstertijden op 9-10 juni en 8-9 juli 1997 zijn weergegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2 De vier monsternamen perioden van de fijn stof metingen.

Locatie	(Datum;Tijd)			
	periode I	periode II	periode III	periode IV
Boscherveld (Sortieweg)	9/6 14.30-19.00	10/6 09.00-13.00	8/7 14.00-19.00	9/7 07.00-13.00
Boscherveld (Lage Frontweg)	9/6 14.16-19.12	10/6 09.00-13.00	8/7 14.05-18.55	9/7 09.05-12.50

De meteorologische omstandigheden tijdens de metingen zijn weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 De meteorologische condities tijdens de fijn stof monsternamen perioden.

Datum	Windrichting (°)	Windsnelheid (m/s)	Temperatuur (°C)	Rel.Vocht. (%)
9 juni	ZW-N	3	17.8	66
10 juni	O	5	20.7	61
8 juli	NOO	3	16.4	85
9 juli	NNO	3	14.8	90

(*): N - noord; O - oost; Z - zuid en W - west.

De windsnelheid, temperatuur en relatieve vochtigheid zijn gemiddeld over de gehele dag, terwijl de windrichting gemiddeld is tijdens de monstername periode. De weersomstandigheden waren “normaal” voor de maanden juni/juli in Nederland.

In Tabel 2.4 zijn de resultaten van de metingen samengevat.

Tabel 2.4 Luchtconcentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ van fijn stof in de fracties $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} op beide meetlocaties in Bosscherveld, PM_{10} metingen in Maastricht (Provincie Limburg) en Wijnandsrade (RIVM), en luchtkwaliteitsnormen.

Locatie/Norm	$\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	9/6	10/6	8/7	9/7	9/6	10/6	8/7	9/7
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Bosscherveld (Sortieweg)	-	-	7	41	-	-	7	54
Bosscherveld (Lage Frontweg)	-	-	4	34	-	-	4	34
Gouvernement Maastricht (*)			-		32	45	22	68
Gouvernement Maastricht 1994; 1996			-			41; 45		
Wijnandsrade 1994; 1996			-			37; 39		
Norm (jaar- en daggemiddelde)			-			40; 140		

(*): gemiddelde van één-uurs metingen tijdens de monstername perioden.

Op de eerste twee meetdagen van 9-10 juni waren de filters onvoldoende geconditioneerd en was het niet mogelijk $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} vast te stellen. De filters zijn echter wel geanalyseerd op zware metalen en benzo(a)pyreen (BAP).

2.3.3 Ruimtelijke interpolatie van fijn stof metingen

Inclusief de meetlocatie van de Provincie Limburg zijn er drie meetpunten voor fijn stof tijdens de nul-meting. Dit aantal is te beperkt voor het opstellen van contouren van fijn stof luchtconcentraties analoog aan benzeen.

Opmerkelijk is het verschil in PM_{10} luchtconcentraties tussen enerzijds de locaties Sortieweg en de Lage Frontweg en anderzijds het Gouvernementsgebouw op zowel 8 en 9 juli. Dit verschil is waarschijnlijk het gevolg van het gebruik van verschillende meetmethoden door de Provincie en TNO. Het TNO onderzoek heeft gebruik gemaakt van cascade-impactoren, zodat verschillende fracties van fijn stof worden verzameld, terwijl de Provincie fijn stof bepaald volgens de “RIVM-methode” van het landelijk meetnet. De trend in de resultaten duidt op te lage waarden van de cascade-impactoren, maar het aantal metingen is te beperkt om betrouwbare uitspraken te doen. Een langere vergelijking tussen metingen met de cascade-impactor en de “RIVM-methode” toegepast door de Provincie is gewenst om deze verschillen te onderzoeken.

Opvallend is ook het verschil met een factor 2 in PM_{10} luchtconcentraties op 8 en 9 juli van zowel de metingen op het Gouvernementsgebouw als op de proeflocatie. De windrichting was op 8 juli noord-noord-oost (20 graden) en op 9 juli noord-oost-oost (60 graden). Dit grote verschil illustreert dat PM_{10} luchtconcentraties op gemeentelijke schaal worden beïnvloed door lokale bronnen, zoals industrie en verkeer. Hierbij is de afstand tot lokale bronnen en de overheersende windrichting bepalend voor eventuele onderlinge verschillen van PM_{10} luchtconcentraties op gemeentelijke schaal.

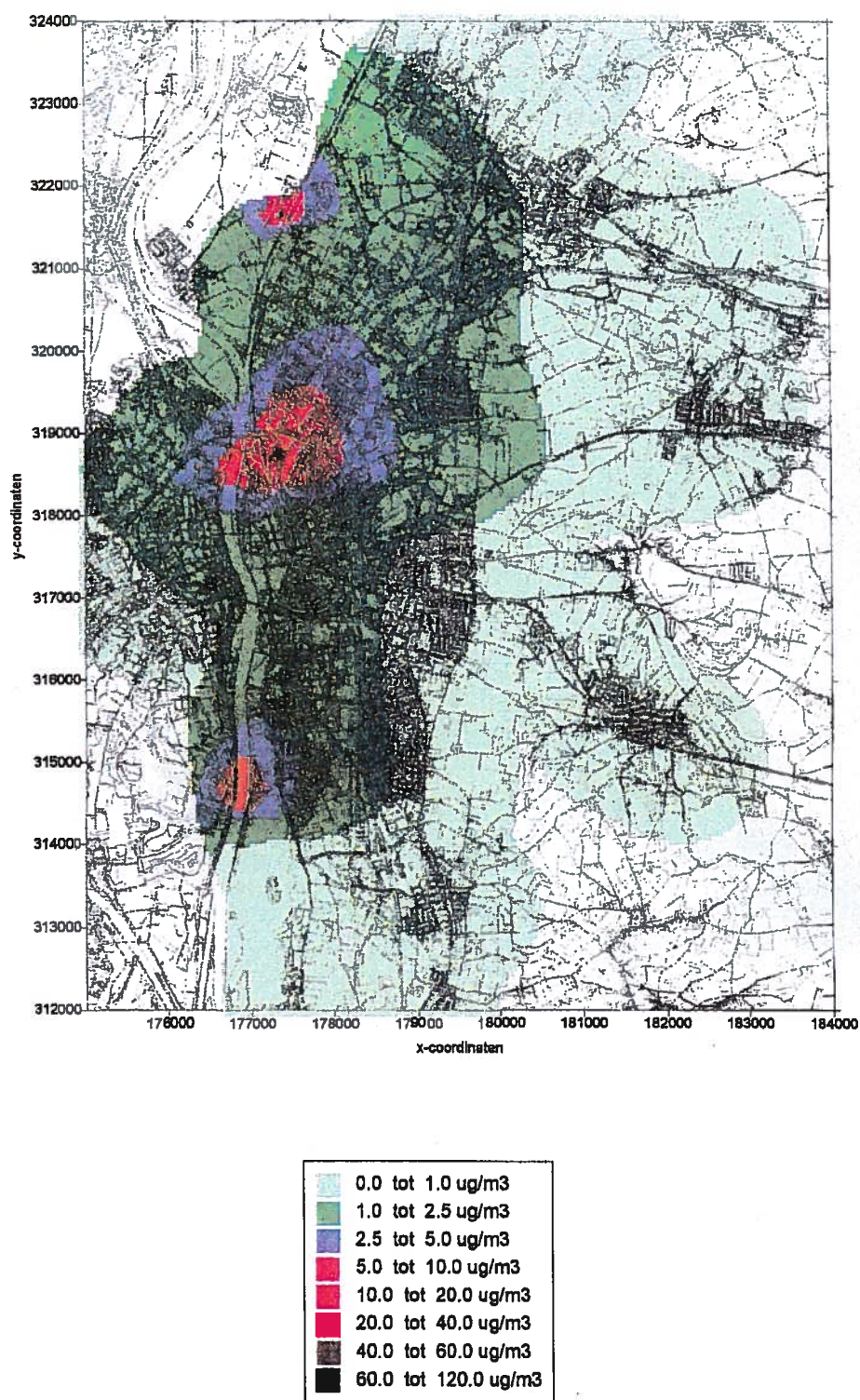
Uit metingen in het landelijk meetnet van het RIVM is bekend dat de variatie in het landelijk meetnet van jaargemiddelde PM_{10} luchtconcentraties 35-45 $\mu g/m^3$ bedraagt. De metingen van de jaargemiddelde luchtconcentraties van PM_{10} door de Provincie in 1994 en 1996 op het Gouvernementsgebouw in Maastricht geven een (geringe) overschrijding van de PM_{10} -norm, terwijl PM_{10} luchtconcentraties op het regionale meetpunt van het RIVM in Wijnandsrade in 1994 en 1996 onder de PM_{10} norm bleven (zie Tabel 2.4). Vanwege het gebruik van gelijksoortige monsternamen en apparatuur door de Provincie en het RIVM zijn de metingen goed vergelijkbaar. Het verschil in resultaten in Wijnandsrade en het Gouvernementsgebouw wijst op een belasting van de Maastricht door fijn stof bronnen in en rondom Maastricht.

De invloed van lokale bronnen op de PM_{10} luchtconcentraties in Maastricht is in beperkte mate onderzocht door het berekenen van luchtconcentraties in het proefgebied met gegevens van de Emissie Registratie en door meting van $PM_{2.5}$. De eerste methode is een aanwijzing over de invloed van stof emissies door de industrie en verkeer en $PM_{2.5}$ meting is o.a. een maat voor de invloed van grootschalig transport aan PM_{10} (de bijdrage van grootschalige transport neemt toe met de verhouding $PM_{2.5}/PM_{10}$):

1. *modelberekeningen*; De belangrijkste lokale industriële bronnen voor fijn stof zijn de volgende bedrijven met emissies van PM_{10} in ton per jaar in 1994: ENCI (166); Glasfabrieken (86); Ankersmit (54); Mosa (36); Sphinx Tegels (20) en (gezamenlijk) Ciba-Geigy, KNP, Sphinx sanitair/keramiek en Klinkers Steenfabriek (10). Met behulp van de jaargemiddelde weersomstandigheden in 1995 en een pluimverspreidingsmodel is berekend dat deze industriële emissies resulteren in een bijdrage aan het jaargemiddelde PM_{10} in het "Stad & Milieu" gebied in 1995 van circa 5 $\mu g/m^3$ in het zuid-oosten en < 1 $\mu g/m^3$ in het noord-westen. Duidelijk zichtbaar zijn de bijdragen van industrie nabij het centrum in Maastricht en van cementproductie ten zuiden van Maastricht. In Figuur 2.3 zijn de modelberekeningen weergegeven. De verkeersberekeningen voor de gehele gemeente Maastricht zijn door TNO uitgevoerd in het kader van een MER-studie in opdracht van Rijkswaterstaat. De resultaten zijn nog niet vrijgegeven voor publikatie, zodat niet op de details kan worden ingegaan. De PM_{10} bijdrage van verkeer in het "Stad & Milieu" gebied is beperkt tot de directe omgeving van de *Frontensingel*. Op enkele tientallen meters afstand van de *Frontensingel* is de verkeersbijdrage aan PM_{10} luchtconcentraties op jaarba-

sis in de orde is van $2.5 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en op enkele honderden meters is deze bijdrage gedaald tot minder dan $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hieruit wordt geconcludeerd dat ten noorden en ten westen van de spoorweg in het "Stad en Milieu" gebied de bijdrage van lokale industrie en verkeer aan PM_{10} minder is dan $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terwijl de regionale achtergrond $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt. Ten oosten en zuiden van de spoorweg is de som van de bijdrage van lokale industrie en verkeer in de orde van $5 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zodat de PM_{10} norm in dit gebied met 25% wordt overschreden.

[N.B.: Gezien de bijdrage van enkele puntbronnen wordt rondom deze plaatsen in Maastricht een overschrijding met een factor twee van de PM_{10} norm verwacht. Verder onderzoek naar mogelijke overschrijding en de bijdrage van industrie en verkeer valt echter buiten deze opdracht. Overigens wordt verwacht op basis van de modelberekeningen, zoals weergegeven in Figuur 2.3 dat PM_{10} metingen op het Gouvernementsgebouw bij zuidelijke wind worden beïnvloed door emissies afkomstig van de cement productie.]



Figuur 2.3 Jaargemiddelde bijdrage aan luchtconcentraties in Maastricht van PM₁₀ in µg/m³ door lokale industrie. Het "Stad & Milieu" gebied is gelegen tussen de y-coördinaten 318-321 en de x-coördinaten 175-177.

2. *PM_{2,5} metingen*; De resultaten van PM_{2,5} metingen in dit onderzoek zijn weergegeven in Tabel 2.4. Vergelijking tussen PM_{2,5} en PM₁₀ op 8 en 9 juli op de *Sortieweg* en de *Lage Frontweg* geven aan dat PM₁₀ in Maastricht met uitzondering van de meting op 9 juli op de *Sortieweg* voor bijna 100% bestaan uit deeltjes kleiner dan 2.5 µm. Het RIVM schat de jaargemiddelde bijdrage van PM_{2,5} aan PM₁₀ luchtconcentraties in de orde van 60-70%. Het hoge percentage van PM_{2,5} aan PM₁₀ in Maastricht duidt op een hoge bijdrage van grootschalig transport aan PM₁₀ luchtconcentraties in Maastricht. Het is echter opmerkelijk dat bij de hoogste PM₁₀ waarde op 9 juli op de *Sortieweg* het percentage PM_{2,5} het laagste (80%) was. Dit wijst erop dat hoge PM₁₀ concentraties in Maastricht vooral door lokale bronnen worden beïnvloed. Door analyse van de metingen van de Provincie op het Gouvernementsgebouw als functie van de windrichting en locatie van lokale, industriële bronnen kan deze hypothese worden getoetst. Meer inzicht in PM_{2,5} concentraties en ruimtelijke verdeling van fijn stof luchtconcentraties in Maastricht vereist echter aanvullende metingen met cascade-impactoren naast "reguliere" PM₁₀ metingen. Deze analyse en aanvullende metingen zijn buiten het raamwerk van de huidige opdracht.

Uit het voorgaande wordt geconcludeerd dat binnen de bebouwde kom van Maastricht er significante verschillen optreden in PM₁₀ luchtconcentraties. Echter, de jaargemiddelde norm van de PM₁₀ luchtconcentratie wordt in het "Stad & Milieu" gebied met uitzondering van het zuid-oostelijke gebied en met name rondom de *Frontensingel* niet overschreden.

2.3.4 Metalen analyse van fijn stof

De chemische samenstelling van fijn stof kan informatie geven over de bijdragen van diverse bronnen aan fijn stof luchtconcentraties. De fijn stof fractie van deeltjes in de grootteklasse van 0.5 tot 2.5 µm verzameld op 9 juni op beide meetlocaties zijn geanalyseerd op zware metalen en benzo(a)pyreen (BAP).

Voor metaal analyses is 20% van het monster, inclusief het filter, gesmolten met lithiumtetraboraat en opgelost in zoutzuur. Het extract is geanalyseerd met ICP-analyse op de volgende metalen: aluminium, ijzer, silicium, calcium, chroom, koper, nikkel, lood, titanium, vanadium en zink. De eerste drie elementen zijn indicatief voor *opwaaiend bodemstof*, calcium voor emissies van *cementindustrie*, chroom voor *kolen en vliegass*, koper en nikkel voor *metalurgische processen*, lood voor *verkeer*, titanium voor *verfindustrie*, vanadium voor *oliestook* en zink voor *(afval)verbranding*.

De resultaten van de metalen analyses in fijn stof met een deeltjesgrootte van 0.5 - 2.5 µm op de *Sortieweg* en de *Lage Frontweg* op 9 juni zijn vermeld in Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Metaal luchtconcentraties in fijn stof met een deeltjes grootte van 0.5 - 2.5 μm gemeten op 9 juni in Maastricht.

	Al	Ca	Si	Cr	Fe	Cu
	ng/m ³					
<i>Sortieweg</i>	1852	12963	46296	-55	-74	-55
<i>Lage Frontweg</i>	0	13095	42857	4	12	82
blanko/1000	13500	18000	51500	8.5	170	5.5
	Pb	Ni	Ti	V	Zn	
	ng/m ³					
<i>Sortieweg</i>	-578	0	19	0	-648	
<i>Lage Frontweg</i>	-176	0	49	0	286	
blanko/1000	56	5	19	0.25	230	

In Tabel 2.5 zijn ook de blanco waarden van de filters vermeld. Het blijkt dat de gemeten concentraties, die gecorrigeerd zijn voor de blanco waarden, in het algemeen minder dan een promille zijn verhoogd ten opzichte van de blanco. Hieruit wordt geconcludeerd dat met de gekozen filters en ontsluitingsmethode, te weinig fijn stof is verzameld voor het bepalen van metaal luchtconcentraties in verschillende fijn stof deeltjes fracties. Een monstertijd van minstens 24 uur is noodzakelijk voor dit type metingen. Echter, uit het huidige onderzoek wordt indicatief vastgesteld dat de *Lage Frontweg* bij noordelijke windrichting relatief hoger belast lijkt dan de locatie bij de *Sortieweg* door koper en zink luchtconcentraties. Gezien de rubber recycling in de nabijheid van de *Lage Frontweg* is deze activiteit mogelijk de bron van deze metalen.

Vanwege de beperkte betrouwbaarheid van de monsternamen zijn analyses van de zware metalen slechts voor één dag uitgevoerd.

2.3.5 Benzo(a)pyreen analyse van fijn stof

Dezelfde filters als voor de metaal analyses zijn tevens gebruikt voor analyse van benzo(a)pyreen (BAP). De beladen filters zijn geëxtraheerd met dichloormethaan en daarna nogmaals met aceton en vervolgens zijn beide extracten apart geanalyseerd met HPLC. De verschillende extracties zijn toegepast om te onderzoeken of onderscheid kan worden gemaakt tussen BAP dat gebonden is aan fijn stof en/of aanwezig is als vloeistof druppels in de buitenlucht.

De resultaten van de BAP analyse in fijn stof met een deeltjesgrootte van 0.4 tot 2.1 μm en kleiner dan 0.4 μm op de *Sortieweg* en de *Lage Frontweg* op 9 juni zijn vermeld in Tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Fijn stof gebonden BAP luchtconcentraties aan deeltjes met een grootte van 0.5 - 2.5 μm en kleiner dan 0.5 μm gemeten op 9 juni in Maastricht.*

Locatie/norm	grootte fractie	BAP (ng/m ³)
Sortieweg	0.4 - 2.1	0.04
	<0.4	0.15
Lage Frontweg	0.4 - 2.1	0.01
	<0.4	0.03
Blanko		0.01

De verschillende extracties met dichloormethaan en aceton leverden geen verschil in concentraties. Dit is een indicatie dat BAP aan de "buitenkant" van fijn stof is geabsorbeerd en meest waarschijnlijk als vloeistof druppels in de buitenlucht aanwezig is. Deze druppels zijn het gevolg van condensatie van gasvormig uitgestoten BAP door verkeer en/of andere verbrandingsprocessen. Volgens de literatuur is BAP vooral aanwezig in de < 0.4 μm fractie op beide locaties. De verschillen tussen de BAP luchtconcentraties op beide locaties zijn een indicatie voor een lokale bron van BAP bij de *Sortieweg*. Het aantal metingen is echter te beperkt om hierover een betrouwbare uitspraak te doen.

De concentraties van BAP zijn ruim binnen de grens- en richtwaarde voor buitenluchtconcentraties van 1 ng/m³. Weliswaar betreft de norm zowel deeltjes gebonden als gasvormig BAP, maar de concentraties in Maastricht op beide meetlocaties zijn dusdanig laag en het aandeel gasvormig BAP zo gering dat niet verwacht wordt dat de norm wordt overschreden in het "Stad & Milieu"gebied.

23.6 Aantal roetdeeltjes als functie van de deeltjesgrootte

Het aantal deeltjes (en daarmee het totale oppervlak van deeltjes met geabsorbeerde giftige stoffen) is waarschijnlijk van meer belang voor gezondheidseffecten van fijn stof dan de massa. Door meting van het aantal roetdeeltjes is informatie verkregen over de invloed van verkeer op fijn stof luchtconcentraties. Op 8 en 9 juni zijn zowel op de *Sortieweg* als de *Lage Frontweg* monsters verzameld voor analyse met elektronenmicroscopie. Op beide meetlocaties zijn gedurende de twee meetperiodes met een debiet van circa 8-9 l/min. op goud-gecoate filters beladen. Op deze wijze is het mogelijk het *aantal* roetdeeltjes te bepalen in verschillende grootte klassen.

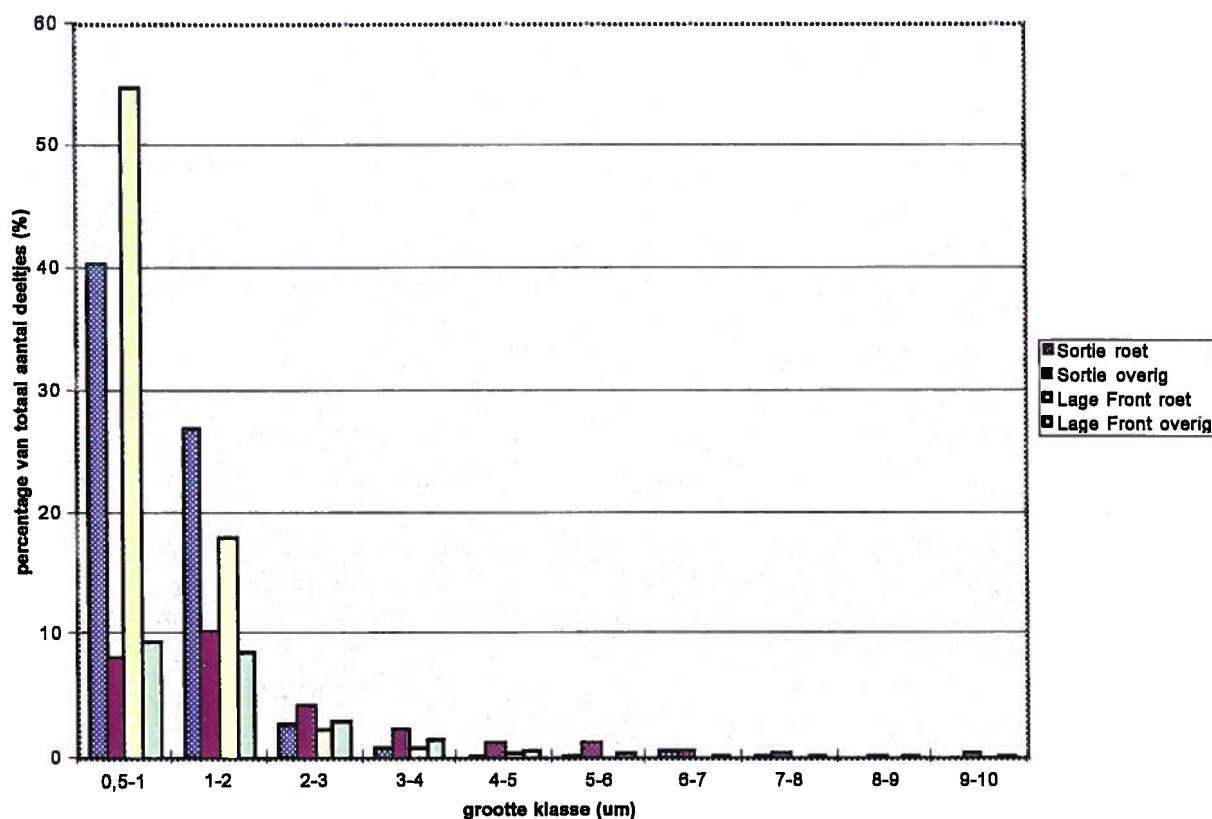
De resultaten van de elektronen microscopie analyse zijn vermeld in Tabel 2.7.

Tabel 2.7 *Verdeling van de bijdrage van roetdeeltjes ten opzichte van overige deeltjes op de Sortieweg en de Lage Frontweg*

fracties (μm)	Sortieweg		Lage Frontweg	
	8 juni	9 juni	8 juni	9 juni
	(% van het totaal aantal deeltjes: roet/overig)			
0.5 - 1	40/8	40/8	52/1	58/7
1 - 2	31/9	23/12	17/12	19/6
2 - 3	3/3	2/5	2/2	2/3
3 - 4	1/2	1/3	1/1	1/1
4 - 5	0/1	0/2	1/1	0/0
5 - 6	0/1	0/2	0/0	0/1
6 - 7	0/0	1/1	0/0	0/0
7 - 8	0/0	0/0	0/0	0/0
8 - 9	0/0	0/0	0/0	0/0
9 - 10	0/0	0/0	0/0	0/0
Totaal	100	100	100	100

Het totaal aantal roetdeeltjes op 8 en 9 juni op de *Sortieweg* en de *Lage Frontweg* was respectievelijk 3.2, 5.5, 4.5 en 6.8 ($\times 10^6$) per filter. Fijn stof deeltjes in de buitenlucht bestaan voornamelijk uit roetdeeltjes, bodemstof en zouten. Zouten bepalen voor een belangrijk deel de massa van fijn stof kleiner dan $2 \mu\text{m}$, maar deze zouten worden op het filter als een "zoutkorst" bemonsterd en worden slechts gedeeltelijk als individuele deeltjes herkend. De deeltjes "overig" in Tabel 2.7 zijn dan ook vermoedelijk voornamelijk afkomstig van bodemstof. De data van de elektronen microscopie worden dan ook alleen relatief beschouwd met de nadruk op het verschil in het aantal roetdeeltjes op beide locaties.

Uit de resultaten van de elektronen microscopie wordt geconcludeerd dat het totaal aantal roetdeeltjes enigszins is verhoogd op de *Lage Frontweg* ten opzichte van de *Sortieweg*. Uit Tabel 2.7 wordt geconcludeerd dat i.) er nauwelijks variatie is tussen beide meetperioden, ii.) meer dan 95% van het aantal roetdeeltjes kleiner is dan $2 \mu\text{m}$ en iii.) de roetdeeltjes op de *Lage Frontweg* uit kleinere deeltjes bestaat dan op de *Sortieweg*. Deze informatie is geïllustreerd in Figuur 2.4.



Figuur 2.4 De deeltjes grootte verdeling van het aantal deeltjes op de locaties de Sortieweg en de Lage Frontweg gemiddeld over de dagen 8 en 9 juni en uitgesplitst naar roet en overige deeltjes.

De metingen met de elektronen microscopie geven aan dat de *Lage Frontweg* meer belast is ten opzichte van de *Sortieweg* door een groter aantal roetdeeltjes met een grotere fractie in de kleinste deeltjes klasse van 0.5 - 1 μm . Op de *Lage Frontweg* bestaat circa 50% van fijn stof uit roetdeeltjes met een diameter van 0.5 - 1 μm , terwijl op de *Sortieweg* dit aandeel circa 40% bedraagt. Dit verschil is een aanwijzing dat de *Lage Frontweg* meer belast wordt door wegverkeer.

Deze waarden kunnen niet vergeleken worden met een wettelijke norm, maar de resultaten illustreren dat elektronen microscopie zinvolle informatie oplevert over de verkeersbijdrage aan fijn stof luchtconcentraties in de buitenlucht.

3. Conclusies en aanbevelingen

Met uitzondering van een strook ter breedte van enkele tientallen meters rondom de *Frontensingel* wordt verwacht, dat de jaargemiddelde luchtconcentraties van benzeen en NO_2 in het "Stad & Milieu" gebied in Maastricht in het peiljaar 1997 binnen de betreffende luchtkwaliteitsnormen zijn: grenswaarde benzeen $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaar gemiddelde) en grenswaarde NO_2 $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (98-p van uur gemiddelde).

In het zuid-oosten van het "Stad & Milieu" gebied wordt de bijdrage van lokale industrie en verkeer aan de jaargemiddelde PM_{10} luchtconcentraties geschat op circa $5 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is een bijdrage van 25% boven de regionale achtergrond van circa $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Met als gevolg dat de PM_{10} luchtkwaliteitsnorm van een grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaar gemiddelde) in dit gebied wordt overschreden.

Op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat ten noorden en ten westen van het spoor in het "Stad & Milieu" gebied de normen voor de jaargemiddelde luchtconcentraties in 1997 van benzeen, NO_2 en fijn stof niet worden overschreden.

Onderzoek naar de chemische samenstelling van diverse fracties van fijn stof o.a. het gehalte aan zware metalen geeft aan dat wellicht rubber recycling een lokale bron is voor fijn stof. De luchtconcentraties van benzo(a)pyreen in het "Stad & Milieu" gebied zijn ruim binnen de grens- en richtwaarde voor buitenluchtconcentraties van $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Het blijkt echter dat voor onderzoek naar de chemische samenstelling van diverse fracties van fijn stof dat een monstertijd noodzakelijk is van minstens 24 uur. In dit onderzoek was de maximale monstertijd slechts 6 uur zodat de gemeten waarden nauwelijks hoger waren dan de blanco filter waarden. Meting van het aantal roetdeeltjes in verschillende grootte fracties geven aan dat de *Lage Frontweg* meer belast is ten opzichte van de *Sortieweg* door roetdeeltjes met een diameter van $0.5 - 1 \mu\text{m}$. Dit illustreert dat de *Lage Frontweg* meer belast wordt door wegverkeer.

Het verschil in de jaargemiddelde PM_{10} luchtconcentraties in 1994 en 1996 in Wijnandsrade en op het Gouvernementsgebouw in Maastricht wijst op een belasting van de Maastricht door fijn stof bronnen in en rondom Maastricht. Op basis van modelberekeningen wordt verwacht dat PM_{10} metingen op het Gouvernementsgebouw bij zuidelijke wind worden beïnvloed door cement productie. Aanzienlijke overschrijding van de PM_{10} luchtkwaliteitsnorm met een factor 2 wordt verwacht rondom een aantal industriële puntbronnen (en wegen) in Maastricht. Deze overschrijdingen zijn buiten het "Stad & Milieu" gebied. Meer inzicht in $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} luchtconcentratie niveaus, de invloed van lokale bronnen op overschrijding van de luchtkwaliteitsnorm van PM_{10} en de ruimtelijke verdeling in Maastricht vereist aanvullend onderzoek bij voorkeur in samenwerking met de Provincie Limburg.

4. Verantwoording

Het in dit rapport beschreven onderzoek is, in opdracht van de Dienst Stadsontwikkeling en grondwerken van de Gemeente Maastricht uitgevoerd door de afdeling Milieukwaliteit en -risico's van TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie. Analyses zijn uitgevoerd door de afdeling Analyse en Sensoren.

Aan dit onderzoek werkten mee:

M.P. Keuken

Projectleider

R.F. van Oss

H. Weststrate

P. Tromp

S.D. Teeuwisse

G. Boersen

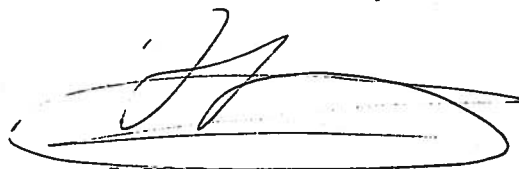
De meetcampagne in Maastricht is uitgevoerd in overleg met de heer M. van Dijk van de Gemeente Maastricht. Het bedrijf Ciba Geigy wordt bedankt voor het beschikbaar stellen van een meetlocatie binnen het beveiligde bedrijfsterrein. De heer G. Muré van de provincie Limburg wordt bedankt voor toezending van PM₁₀ data.

Periode waarin het onderzoek is uitgevoerd:
mei tot september 1997

Handtekening



Dr. M.P. Keuken
Projectleider



Ir. H.P. Baars
Afdelingshoofd Milieukwaliteit
en -risico's

Datum: 14/11/97

Datum: 14/11/97