

## INVLOED BROMMERS EN SCOOTERS OP LUCHTKWALITEIT FIETSPADEN

Maart 2017

Dr. ir. Moniek Zuurbier  
Drs. ing. Jolanda Willems  
Dr. ir. Gerard Hoek  
Iris Schaap  
Dr. ir. Saskia van der Zee  
Ir. Chris Zwerver  
Dr. Robbert Verkooijen  
Ir. Anoeek Besselink



**Gelderland-Midden**

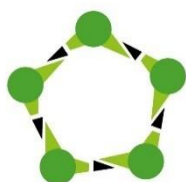


# INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING.....	6
1 INLEIDING .....	7
1.1 Brommers en luchtverontreiniging.....	7
1.1.1 <i>Luchtverontreiniging van brommers, scooters en ander wegverkeer</i> .....	7
1.1.2 <i>Bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging op fietspaden</i> .....	7
1.1.3 <i>Gezondheidseffecten</i> .....	7
1.2 Brommerbeleid .....	8
1.3 Doelstelling onderzoek .....	9
2 METHODE.....	10
2.1 Vraagstelling .....	10
2.2 Meetlocaties .....	10
2.3 Te meten componenten en meetapparatuur .....	12
2.3.1 <i>Componenten</i> .....	12
2.3.2 <i>Meetapparatuur</i> .....	12
2.4 Metingen .....	12
2.4.1 <i>Meetprotocol</i> .....	12
2.4.2 <i>Achtergrondconcentraties en meteorologische gegevens</i> .....	12
2.5 Analyses .....	13
2.5.1 <i>Bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging</i> .....	13
2.5.2 <i>Relatieve bijdrage aan luchtverontreiniging</i> .....	14
2.5.3 <i>Verschillen tussen afstanden</i> .....	14
2.5.4 <i>Verkeerslicht</i> .....	14
2.5.5 <i>Oorzaken van pieken</i> .....	14
2.6 Vragenlijstonderzoek .....	15
3 RESULTATEN .....	16
3.1 Beschrijving meetlocaties .....	16
3.2 Bijdrage brommers en scooters aan concentraties luchtverontreiniging.....	17
3.2.1 <i>Bijdrage brommers en scooters aan concentraties ultrafijnstof</i> .....	17
3.2.2 <i>Relatieve bijdrage aan ultrafijnstof</i> .....	19
3.2.3 <i>Invloed afstand brommers en scooters</i> .....	20
3.2.4 <i>Bijdrage brommers en scooters bij verkeerslicht</i> .....	21
3.3 Bijdrage brommers en scooters aan concentraties roet en fijnstof .....	21
3.2.6 <i>Oorzaken van pieken</i> .....	22
3.3 Toegankelijkheid van fietsroutes voor mensen met een longaandoening.....	23
4. DISCUSSIE .....	25
4.1 Bijdrage brommers aan luchtverontreiniging op fietspaden .....	25
4.1.1 <i>Bijdrage brommers en scooters aan ultrafijnstof</i> .....	25
4.1.2 <i>Meetlocaties</i> .....	27
4.1.3 <i>Effect van afstand</i> .....	27

4.1.4 Bijdrage brommers en scooters bij verkeerslichten .....	27
4.2 Bijdrage van brommers en scooters aan andere componenten .....	28
4.3 Gezondheidsimpact.....	28
4.4 Vragenlijstonderzoek .....	29
4.5 Beleid .....	29
4.6 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek .....	29
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	31
5.1 Invloed brommers en scooters op luchtverontreiniging op fietspaden .....	31
5.2 Beleidsaanbevelingen .....	31
5.2.1 Aanbevelingen voor nationaal beleid .....	31
5.2.2 Lokaal beleid.....	31
6. LITERATUUR.....	32
BIJLAGE 1 OVERZICHT MEETPLAATSEN .....	34
BIJLAGE 2 DETAILS MEETMETHODEN ULTRAFIJNSTOF, ROET EN FIJNSTOF .....	41
Meetmethode ultrafijnstofdeeltjes .....	41
Meetmethode roet (zwarte rook, Black Carbon, BC).....	42
Meetmethode fijnstof (PM <sub>2,5</sub> en PM <sub>10</sub> ).....	43
BIJLAGE 3 ACHTERGRONDWAARDEN PER DAG .....	44
BIJLAGE 4 VRAGENLIJST VOOR HET LONGPANEL VAN HET LONGFONDS, NOVEMBER 2016....	45
BIJLAGE 5 OVERZICHT HOGE PIEKEN PER MEETPLAATS.....	46

Dit project is mogelijk gemaakt door



*Academische Werkplaats*  
**MILIEU EN GEZONDHEID**

Dit onderzoek is uitgevoerd door Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden (VGGM), Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS) Universiteit Utrecht, GGD Noord- en Oost-Gelderland, GGD Amsterdam, GGD Gelderland-Zuid, met inbreng van TNO en Provincie Gelderland.

Het onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid, de gemeenten Amsterdam, Arnhem, Harderwijk en Nijmegen, GGD Gelderland-Midden, GGD Noord- en Oost-Gelderland, GGD Amsterdam en GGD Gelderland-Zuid. Universiteit Utrecht en Provincie Gelderland hebben apparatuur beschikbaar gesteld.

Speciale dank gaat uit naar het Longfonds voor het faciliteren van het vragenlijstonderzoek. En naar de Rijksdienst voor het Wegverkeer afdeling Amsterdam voor de ondersteuning bij het veldwerk.

## SAMENVATTING

In september 2016 is de bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging op fietspaden is onderzocht door metingen van luchtverontreiniging op 19 fietspaden in Amsterdam, Arnhem, Harderwijk en Nijmegen. Het onderzoek toont een duidelijke bijdrage van tweetakt en viertakt brommers en scooters aan concentraties ultrafijnstof en fijnstof aan. Brommers en scooters dragen op de meetlocaties uit dit onderzoek op de gemeten momenten 2 tot 23% bij aan de concentraties ultrafijnstof op fietspaden. Op een fietspad in een tunnel waren de concentraties ultrafijnstof veel hoger en droegen de brommers en scooters meer dan 40% bij aan de luchtverontreiniging. Opvallend is dat tweetakt en viertakt brommers en scooters ongeveer evenveel bijdragen aan de luchtverontreiniging op fietspaden.

Brommers en scooters blijken verantwoordelijk te zijn voor de meeste hele hoge pieken ultrafijnstof die zijn gemeten op de fietspaden. Sommige brommers en scooters veroorzaken pieken die wel 20 keer hoger zijn dan de achtergrondconcentratie ultrafijnstof.

Ultrafijnstof zijn zeer schadelijke deeltjes, juist omdat ze zo klein zijn en heel gemakkelijk door het lichaam kunnen worden opgenomen.

Brommers en scooters zorgen niet alleen voor een verhoging van de gemiddelde ultrafijnstofconcentraties op fietspaden, maar ook voor meer piekblootstellingen van fietsers. Piekblootstellingen worden verondersteld een groter effect te hebben op de gezondheid dan meer gelijkmatige blootstellingen.

Brommers en scooters stoten meer gezondheidsschadelijke stoffen uit, zoals benzeen. Dit is echter niet binnen dit onderzoek meegenomen.

Daarnaast is ook een vragenlijstonderzoek uitgevoerd onder 847 mensen met een longziekte. De helft van de longpatiënten die fietsen ervaren meer last van benauwdheid op de fiets dan thuis. Een kwart van de patiënten mijdt sommige fietsroutes vanwege de luchtkwaliteit en een kwart fietst door de luchtkwaliteit minder dan ze zouden willen. Brommers, scooters en ander wegverkeer worden aangewezen als bronnen van luchtwegklachten tijdens het fietsen.

In het kader van 'gezonde mobiliteit' is het belangrijk om de luchtkwaliteit voor fietsers te verbeteren. Fietsers dragen zelf niet bij aan luchtverontreiniging, maar ademen wel meer luchtverontreiniging in dan andere weggebruikers door hun verhoogde ademminuutvolume. Daarnaast ademen fietsers nog eens extra veel uitlaatgassen van brommers en scooters in, vanwege de korte afstand tussen brommers/scooters en fietsers.

De GGD adviseert om niet-elektrische brommers en scooters uit te faseren. Daarnaast is het advies om de uitstoot van brommers en scooters te verminderen door strengere emissie-eisen en strengere controle op emissies. Op korte termijn adviseert de GGD om de luchtkwaliteit op fietspaden te verbeteren door brommers en scooters te weren van (snel)fietspaden, door milieuzones voor brommers en scooters en door brommers en scooters naar de rijbaan te verplaatsen.

# 1 INLEIDING

## 1.1 Brommers en luchtverontreiniging

### 1.1.1 Luchtverontreiniging van brommers, scooters en ander wegverkeer

Wegverkeer zorgt voor veel luchtverontreiniging. Er is veel bekend over de luchtverontreiniging afkomstig van auto's, vrachtauto's en bussen. Er is echter minder bekend over de bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging. Uit enkele studies blijkt dat brommers en scooters meer ultrafijnstof, koolmonoxide en benzeen uitstoten dan personenauto's (Gerlofs et al., 2011, Verbeek et al., 2016). TNO rapporteerde in 2016 dat brommers en scooters in Amsterdam verantwoordelijk zijn voor ongeveer 31% van de door verkeer uitgestoten koolstofmonoxide en meer dan 23% van de koolwaterstoffen. Onderdeel van deze verzameling van koolwaterstoffen is onder andere de kankerverwekkende stof benzeen (Verbeek et al., 2016).

### 1.1.2 Bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging op fietspaden

Ook is er nog weinig bekend over de bijdrage van brommers en scooters aan de blootstelling aan luchtverontreiniging op fietspaden. In onderzoek naar het verschil in blootstelling aan luchtverontreiniging tussen fietsers en automobilisten in de periode 2007-2010 kwam naar voren dat brommers en scooters grote pieken aan blootstelling kunnen veroorzaken (Boogaard en Hoek, 2008, Zuurbier et al. 2010). Ditzelfde signaal kwam naar voren bij onderzoek naar uitstoot van schepen en treinen, waarbij ook passerende brommers en scooters zijn gemeten (Van der Zee et al. 2012, Zuurbier et al. 2013). Er is echter nog geen onderzoek verricht naar de specifieke bijdrage van brommers en scooters aan de (piek)blootstelling op fietspaden.



Ook is eerder gesuggereerd dat wachten achter brommers en scooters bij een kruising of verkeerslicht hoge blootstelling aan luchtverontreiniging kan veroorzaken en daardoor gezondheidseffecten (Platt et al., 2014) maar ook dat is nog niet goed onderzocht.

### 1.1.3 Gezondheidseffecten

Kortdurende blootstelling aan luchtverontreiniging in het algemeen kan leiden tot onder meer ontstekingen van longweefsel, verergering van astmatische klachten en hart- en vaatziekten (Zuurbier et al., 2010, McCreanor et al., 2008, HEI, 2010., Brook et al., 2010). Volgens onderzoeken bij proefdieren en in celkweken kan blootstelling aan brommeremissies leiden tot longontsteking, grotere gevoeligheid van

luchtwegen en beschadiging van erfelijk materiaal (Gerlofs et al., 2011). Het benzeen dat aanwezig is in brommeremissies, is kankerverwekkend.

In een onderzoek door het NIVEL uit 2015 is longpatiënten gevraagd naar bronnen van prikkels. Uitlaatgassen werd door 68% van de mensen met astma en door 69% van de mensen met COPD genoemd als prikkel voor luchtwegklachten. Andere prikkels die genoemd werden waren onder meer verkoudheid, inspanning, tabaksrook en mistig/koud weer. (NIVEL, 2015)

Uitstoot van brommers en scooters is een toenemend probleem omdat het brommer- en scooterbezit sinds 2007 met tweederde is toegenomen in Nederland.

## 1.2 Brommerbeleid

Politiek wordt op lokaal niveau discussie gevoerd over het verplaatsen van “brom- en snorfietzen” van de fietspaden, onder meer in Amsterdam, Utrecht en Nijmegen. Milieudefensie voert actie “Fietspad vrij, scooters en brommers van het fietspad”. Eind 2016 heeft I&M een internetconsultatie gehouden met de vraag of brommers en scooters wel of niet verplaatst moeten worden na de rijbaan.

In november 2016 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen om benzinebrommers en -scooters uit te faseren (zie kader). Een concrete termijn ontbreekt echter. Een aantal lokale bestuurders wil meer maatregelen.

De Europese Verordening 168/2013 stelt per 1 januari 2017 strengere emissie-eisen (Euro 4) bij nieuwe typegoedkeuringen. Per 1 januari 2018 gelden deze strengere eisen voor de verkoop van alle brommers en scooters. Dat betekent waarschijnlijk dat na 1 januari 2018 geen nieuwe tweetakt brommers en scooters meer geproduceerd zullen worden, omdat de tweetakts waarschijnlijk niet aan de strengere emissie-eisen kunnen voldoen. De voorraden in de winkels mogen tot maximaal 2,5 jaar daarna nog verkocht worden, tenzij Nederland daar zelf strengere regels voor instelt. Deze strengere eisen vanuit Europa zullen ertoe leiden dat de schadelijke uitstoot van de brommers en scooters vermindert, maar de effecten hiervan zullen pas geleidelijk merkbaar zijn, omdat de regelgeving alleen voor nieuwe exemplaren geldt.

Aangenomen motie tweede kamer  
“constaterende dat uit recent onderzoek van TNO blijkt dat zelfs nieuwe scooters niet aan de Europese normen voor uitstoot voldoen, terwijl deze ruimer zijn dan die van personenwagens; overwegende dat met name fietsers en voetgangers dagelijks geconfronteerd worden met deze voor de gezondheid schadelijke uitstoot van ultrafijnstof; overwegende dat een nieuwe Europese verordening ertoe zal leiden dat de verkoop van tweetaktbrommers beëindigd wordt; overwegende dat er tegenwoordig alternatieven zijn in de vorm van elektrische scooters en speedpedelecs; verzoekt de regering, in de af te sluiten green deal afspraken te maken over de restvoorraad tweetaktbrommers en als stip op de horizon het uitfasen van alle benzinebrommers; verzoekt de regering tevens, de handhaving op orde te brengen, zodat alle voertuigen in ieder geval aan de Europese normen voldoen”



Momenteel willen een aantal gemeenten maatregelen nemen tegen overlast, waaronder luchtverontreiniging, van brommers en scooters. Een goede onderbouwing van de bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging ontbreekt.



### 1.3 Doelstelling onderzoek

Het project heeft twee doelstellingen:

- In kaart brengen hoeveel brommers en scooters bijdragen aan de (piek)blootstelling aan luchtverontreiniging op fietspaden;
- Inzichtelijk maken of mensen met astma en andere luchtwegaandoeningen gezondheidsklachten en/of beperkingen ondervinden door blootstelling aan uitstoot van brommers en scooters op het fietspad;

De wettelijke omschrijving van het gemotoriseerd verkeer dat zich op fietspaden begeeft is brom- en snorfietsen. Onder deze definitie vallen ook de scooters ('bromscooters' en 'snorscooters'). De Nederlandse wet onderscheidt brom- en snorfietsen op basis van de maximale constructiesnelheid. Voor snorfietsen en bromfietsen is dit respectievelijk 25 km/h en 45 km/h. Verreweg de meeste snorfietsen komen tot stand door de maximale constructiesnelheid van bromfietsen terug te brengen van 45 km/h naar 25 km/h. Motor-technisch zijn ze gelijk. Bromfietsen hebben een geel kentekenplaatje, snorfietsen een blauwe. Voor bromfietsen geldt een helmplicht, voor snorfietsen niet. Bromfietsen moeten binnen de bebouwde kom vaak op de rijbaan rijden. Snorfietsen rijden op het fietspad.

In dit onderzoek gebruiken we de term 'brommers en scooters', waarmee we zowel de categorie bromfietsen als snorfietsen bedoelen.

## 2 METHODE

Er zijn twee onderzoeken uitgevoerd namelijk:

- Metingen op fietspaden om de bijdrage van brommers en scooters aan de (piek)blootstelling van fietsers aan luchtverontreiniging op lokale fietspaden te bepalen;
- Vragenlijstonderzoek om inzichtelijk te maken of mensen met astma/andere luchtwegaandoeningen gezondheidsklachten en/of beperkingen ondervinden door blootstelling aan uitstoot van brommers en scooters op het fietspad.

### 2.1 Vraagstelling

De volgende vraagstellingen willen we beantwoorden met het meetonderzoek:

- Hoe hoog zijn (piek)blootstellingen van brommers en scooters op fietspaden?
- Is er een verschil te zien in het soort brommer (tweetakt, viertakt, elektrisch)? Hoe groot is dat verschil?
- Hoe hoog is de piekblootstelling in vergelijking met andere bronnen op de weg (zoals (vracht)auto's)?
- Hoe hoog is de piekblootstelling bij een verkeerslicht?
- Welke beperkingen ondervinden mensen met astma of andere luchtwegaandoeningen beperkingen als gevolg van brommers en in welke mate?

### 2.2 Meetlocaties

Er is gemeten in vier steden te weten Amsterdam, Arnhem, Harderwijk en Nijmegen. Deze steden zijn gekozen op basis van belangstelling voor deelname aan het onderzoek. De metingen zijn stationair uitgevoerd, met andere woorden, op een vaste plek op of zo dicht mogelijk naast fietspaden.



Figuur 2.1 Meetopstelling

In elke plaats is op drie tot zes verschillende locaties gemeten, zowel binnen als buiten de spits. De meetlocaties zijn in overleg met gemeenten bepaald. Hierbij is gezocht naar fietspaden waarop regelmatig

een flink aantal (maar niet teveel) brommers en scooters rijden en gelijktijdig een beperkt aantal andere gemotoriseerde voertuigen. Het is noodzakelijk dat niet teveel brommers en scooters en ander gemotoriseerd verkeer passeert omdat het voor de analyse van belang is om uitstoot van brommer en andere voertuigen goed te kunnen onderscheiden. Dit kan alleen als er niet teveel auto's en brommers en scooters langskomen, zodat de pieken die ze veroorzaken te onderscheiden zijn. In de analyse vergelijken we namelijk metingen die uitgevoerd worden in periodes waarin net een brommer is gepasseerd met periodes waarin dit juist niet is gebeurd.

Hierbij is gevraagd om in ieder geval de volgende situaties op te nemen in de meetlocaties:

- 1) Fietspad langs een weg met auto's;
- 2) Fietsstrook direct langs een weg met auto's;
- 3) Fietspad bij een verkeerslicht.

Daarnaast zijn op verzoek van een aantal gemeenten enkele fietssnelwegen toegevoegd. Verder heeft Gemeente Nijmegen nog een locatie in een tunnel toegevoegd en in Arnhem zijn twee fietspaden onderaan bruggen bemeten.

In tabel 2.1 is een overzicht opgenomen van de meetplaatsen en -tijden. In Bijlage 1 zijn deze meetplaatsen door middel van foto's weergegeven.

**Tabel 2.1: Overzicht meetplaatsen en tijden**

Plaats en datum	Tijdstip	Type meetlocatie	Straat
<b>Nijmegen</b> 22-9-2016	08:07 - 08:52	fietssnelweg, auto te gast	Muntmeesterlaan
	09:14 - 10:00	fietssnelweg	Mulderspad
	14:22 - 14:52	fietsstrook	Molenstraat
	15:26 - 16:10	tunnel	Tunnelweg
	17:15 - 18:10	fietspad	Zwanenveld
<b>Arnhem</b> 23-9-2016	14:23 - 15:00	fietspad bij de brug	John Frostbrug
	15:28 - 16:21	fietssnelweg	Stadhoudersstraat
<b>Arnhem</b> 26-9-2016	08:46 - 09:32	fietspad	Velperbinnensingel
	09:59 - 10:30	brug	Mandelabrug
	12:11 - 13:11	verkeerslicht	Nieuwe Plein
	13:26 - 14:06	fietsstrook	Willemsplein
<b>Amsterdam</b> 27-9-2016	07:45 - 08:44	verkeerslicht	Weesperplein Sarphatistraat
	08:58 - 09:56	fietspad	Weesperplein
	12:17 - 13:16	fietsstrook	Haarlemmerdijk
	13:50 - 14:48	fietssnelweg	Fietspad CS
	15:48 - 16:28	fietsstrook	Sarphatistraat
<b>Harderwijk</b> 28-9-2016	09:46 - 10:38	verkeerslicht	Spoorwegovergang Deventerweg- Hoofdweg
	11:20 - 12:05	fietsstrook	Veldkamp
	13:57 - 14:44	fietspad	B. de Meesterlaan

## 2.3 Te meten componenten en meetapparatuur

### 2.3.1 Componenten

Ultrafijnstof, roet en benzeen zijn de componenten van luchtverontreiniging die voor de gezondheid het meest relevant zijn. Het was echter niet mogelijk om benzeen continu te meten. Daarom is in dit onderzoek gekeken naar de bijdrage van brommer en scooters aan:

- Ultrafijnstofdeeltjes (deeltjes < 100 nanometer (dat is 0,1 micrometer));
- Roetdeeltjes (black carbon: BC).

Voor ultrafijnstof en roet zijn geen wettelijke normen. Er zijn wel normen voor fijnstof in de buitenlucht. Daarom is volledigheidshalve ook gemeten:

- Fijnstof <2,5 micrometer, ook wel aangeduid als PM<sub>2,5</sub>;
- Fijnstof <10 micrometer, ook aangeduid als PM<sub>10</sub> of inhaleerbaar stof, stof dat je kunt inademen (via de neus en/of mond).

### 2.3.2 Meetapparatuur

Ultrafijnstof is gemeten met de DiscMini van Testo. De DiscMini meet deeltjes vanaf 10 nanometer. De metingen worden per seconde opgeslagen. PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> zijn gemeten met de Dusttrak DRX desktop aerosol monitor, TSI/8533. Zwarte rook (roet) is gemeten met een MicroAethalometer, AE51 van microAeth. De metingen worden per minuut gemiddeld, omdat metingen per seconde met de MicroAethalometer onbetrouwbare waarden geeft. Zie Bijlage 2 voor een uitgebreide beschrijving van deze drie meetapparaten. Daarnaast zijn tijdens de metingen video- en foto-opnames gemaakt, ter ondersteuning van de analyse van resultaten.

## 2.4 Metingen

### 2.4.1 Meetprotocol

De meetapparatuur is voor elke meting gesynchroniseerd op datum en atoomtijd (op seconden).

De aanzuigopeningen van de apparatuur zijn op een hoogte van ongeveer 1.20 meter bevestigd, de hoogte waarop fietsers ongeveer inademen. Tijdens de metingen zijn alle gemotoriseerde voertuigen geregistreerd op de tijd waarop ze passeerden. Hierbij is een onderscheid gemaakt in: brommers en scooters (met onderscheid in tweetakt, viertakt en elektrisch), auto's, bussen (diesel, gas, trolley), bestelbusjes, motoren en vrachtauto's. Daarnaast zijn andere bronnen van luchtverontreiniging genoteerd zoals sigarettenrook, treinen, schepen (in Amsterdam), vuilnisauto's, en overige bronnen, bijvoorbeeld een grasmaaier.

Het onderscheid tussen tweetakt en viertakt brommers en scooters is gemaakt op het gehoor. Voorafgaand aan de metingen heeft de betreffende onderzoeker een training hiervoor gevolgd bij de Rijksdienst voor Wegverkeer (RDW). Daarnaast was een medewerker van de RDW aanwezig bij het veldwerk in Amsterdam om dit onderscheid te helpen maken.

Bij de registratie is bij brommers en scooters onderscheid gemaakt of deze op het fietspad voorbij kwamen aan de kant van de meetapparatuur of aan de overkant van de weg.

Alle metingen zijn uitgevoerd door dezelfde onderzoeker.

### 2.4.2 Achtergrondconcentraties en meteorologische gegevens

Aan het begin van de meting is de windrichting met een windvaan bepaald. Er is zoveel als mogelijk benedenwinds gemeten.

De achtergrondconcentraties luchtverontreiniging zijn bepaald via het straatstation en het stadsachtergrondstation van het RIVM en GGD Amsterdam, die het meest in de buurt van de meetlocaties zich bevonden (zie Bijlage 3). Het RIVM en de GGD gebruiken een MAAP voor het meten van roet, dat is een ander meetinstrument. De gegevens kunnen redelijk goed met elkaar vergeleken worden. Ultrafijnstof wordt niet gemeten door het RIVM, wel door GGD Amsterdam.

## 2.5 Analyses

De dataverwerking en statistische analyses zijn uitgevoerd met SAS 9.3. De data zijn gecheckt op onverwachte uitbijters en registratiefouten.

### 2.5.1 Bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging

Er is vervolgens geanalyseerd wat de bijdrage van brommers en scooters is aan de achtergrondconcentraties van ultrafijnstof, roet en fijnstof. In de analyse vergelijken we metingen die uitgevoerd worden in periodes waarin net een brommer is gepasseerd met periodes waarin dit juist niet is gebeurd. Voor ultrafijnstof en fijnstof concentraties zijn allereerst de responstijden voor de verschillende vormen van gemotoriseerde verkeer berekend. Een responstijd is de tijd die nodig is voor een rookpluim om vanaf een brommer of ander vervoermiddel “helemaal over de meetapparatuur te trekken”. Voor brommers en scooters hebben we getest of 4, 8, 12 of 16 sec het sterkst was. Daarvan bleek 8 de beste reactietijd te zijn, daarna 4 sec. Daarna is gekeken of 6 seconden nog beter was, dat was niet zo. Vervolgens is getest of de relatie sterker werd met weglating van de eerste twee seconden. Dat bleek zo te zijn. Dat is de tijd die de ultrafijne deeltjes van de brommers en scooters nog onderweg zijn en de reactietijd van het instrument. We hebben de analyses van brommers en scooters met ultrafijnstof verder alle gedaan met een reactietijd van 2 tot 8 seconden. Voor overig verkeer hebben we ook deze testen gedaan. Daar bleek de reactietijd van 2 tot 12 seconden de beste te zijn. Dit is te verklaren door de iets grotere afstand van het overig verkeer tot de fietspaden in vergelijking tot brommers en scooters.

Voor de metingen in de tunnel hebben we aparte testen uitgevoerd voor de reactietijd. De luchtverontreiniging in de tunnel blijft naar verwachting langer hangen en daardoor piekt de concentratie ultrafijnstof waarschijnlijk later. Voor deze test zijn de reactietijden 20, 30, 40, 50 en 60 seconden getest. De reactietijd van 30 seconde vertoonde de sterkste invloed op de ultrafijnstof concentraties. Deze reactietijd is daarom gebruikt in de analyses van ultrafijnstof in de tunnel. In de tunnelbuis van de fietsers en brommers en scooters was geen ander gemotoriseerd verkeer, de auto's maken gebruik van een andere tunnelbuis.

De volgende responstijden zijn gebruikt bij berekeningen:

- Brommers en scooters in de tunnel 30 seconden;
- Brommers en scooters op overige locaties 2-8 seconden;
- Overig gemobiliseerd verkeer 2-12 seconden.

Vervolgens is er een vergelijking gemaakt tussen de “belaste perioden” en “de onbelaste perioden”. Belaste perioden waren perioden waarin op het moment zelf of in de voorgaande responstijd een brommer of ander voertuig passeerde. Onbelaste perioden waren perioden waarin geen brommers en scooters of overige voertuigen voorbijkwamen op het moment zelf of in de voorgaande responstijd. Deze periode is beschouwd als achtergrondwaarden. De invloed van de passerende brommers en scooters, gecombineerd met overig verkeer, is in één multiple regressiemodel berekend. Hiervoor zijn alle locaties gezamenlijk geanalyseerd, waarbij de meetlocatie ook in het model is gezet, met een zogenaamd ‘random intercept’. Daarmee kunnen de bijdragen van alle dagen bij elkaar worden gevoegd, terwijl wordt gecorrigeerd voor de verschillen in achtergrondconcentratie. Het voordeel daarvan is dat dit model een hogere statistische power bereikt dan de afzonderlijke regressieberekeningen. De uitkomsten zijn regressiecoëfficiënten voor elk vervoersmiddel in het model. Deze zijn een maat voor de concentratiebijdrage per voertuig van het type brommer of ander vervoersmiddel.

Voor roet zijn alleen concentraties per minuut beschikbaar, niet per seconde. De bijdrage van brommers en scooters aan de concentraties roet is berekend door het aantal brommers en scooters dat in de betreffende minuut langskwam te relateren aan de roetconcentratie in die minuut.

Het effect van uitbijters in de analyses van ultrafijnstof, roet en fijnstof is geanalyseerd door 1% van de metingen met de grootste invloed op de regressie (Cooks D) weg te laten. Dit had in de analyses nauwelijks invloed op de resultaten. Ook is voor eventuele effecten van uitbijters gekeken naar de e logaritmisches getransformeerde waarden van het aantal ultrafijnstofdeeltjes en de niet-logaritmisches getransformeerde waarden. Uit deze vergelijking bleek dat de uitkomsten nauwelijks verschilden.

### **2.5.2 Relatieve bijdrage aan luchtverontreiniging**

Tenslotte is voor ultrafijnstof berekend wat de relatieve bijdrage van brommers en scooters aan de luchtverontreiniging op fietspaden is. Hiervoor is opnieuw gekeken na welke reactietijd de bijdrage van de brommers en scooters het grootst is. Dat is langer dan de reactietijd waarbij de piek het hoogst is (berekend in 2.5.1). Na de hoge piek dragen de brommers en scooters nog steeds bij aan de luchtverontreiniging, dat wil je ook (grotendeels) meenemen in de berekening. De grootste bijdrage bleek na 80 seconden te zijn voor de tunnel en na 16 seconden voor de andere locaties. Het aantal brommers en scooters dat langskomt in de meetperiode is doorgerekend naar aantal per uur per fietspad. Daarna is de concentratiebijdrage (regressiecoëfficiënt) vermenigvuldigd met het aantal brommers en scooters dat langs komt in een uur op het betreffende fietspad en te vermenigvuldigen met het aantal seconden dat de brommer van invloed is op de luchtkwaliteit (80 of 16 seconden), gedeeld door 3600 (het aantal seconden in een uur). Dat getal is vervolgens gedeeld door de mediane concentratie op het betreffende fietspad. Hiervoor is de mediane concentratie gebruikt in plaats van de gemiddelde concentratie, omdat de mediane concentratie minder wordt beïnvloed door pieken. Op de locaties waar geen mediane ultrafijnstofconcentratie bekend is, is het gemiddelde van de mediane concentratie van de andere metingen op die dag genomen, uitgezonderd de tunnellocatie vanwege veel hogere concentraties in de tunnel.

### **2.5.3 Verschillen tussen afstanden**

Op enkele locaties passeerden brommers en scooters de meetapparatuur zowel dichtbij (binnen een meter) als drie tot vijf meter verderop. Brommers en scooters reden dan aan de overkant van de straat of sloegen enkele meters voor de meetapparatuur af naar een ander fietspad. Deze brommers en scooters zijn apart geregistreerd. In aanvullende analyses is gekeken naar verschillen tussen brommers en scooters die dichtbij en op enkele meters afstand passeerden.

### **2.5.4 Verkeerslicht**

Er zijn twee metingen gedaan bij verkeerslichten en één meting bij een spoorwegovergang om de invloed van wachtende brommers en scooters op de luchtkwaliteit te meten. In een aparte analyse is de invloed van de stilstaande brommers en scooters op de ultrafijnstofconcentraties berekend.

### **2.5.5 Oorzaken van pieken**

Om een indruk te verkrijgen door welke voertuigen piekblootstellingen in ultrafijnstof veroorzaakt worden, zijn alle concentraties boven de 300.000 ultrafijnstof deeltjes per m<sup>3</sup> bekeken. Uit deze concentraties zijn alle pieken (de hoogste waarde van een reeks metingen) geselecteerd. Vervolgens is gekeken of deze pieken konden worden toegewezen aan brommers en scooters of overig verkeer. Hiervoor is het verkeer bekeken binnen deze reactietijden:

- Brommers en scooters: binnen 12 seconden en als er geen andere bron te vinden is dan binnen 30 seconden en in de tunnel 40 seconden;
- Overig verkeer: binnen 16 seconden en als er geen andere bron te vinden is binnen 30 seconden;
- Indien er brommers/scooters en overig verkeer samen voorkomen binnen 16 seconden, dan wordt de piek niet meegenomen in de analyse, omdat meerdere bronnen de piek veroorzaakt kunnen hebben.

Er is niet gekeken naar schepen, omdat de reactietijd langer is (van der Zee et al. 2012, Zuurbier et al. 2013).

## 2.6 Vragenlijstonderzoek

Het vragenlijstonderzoek is in november 2016 uitgezet onder 1403 mensen van het Longpanel van het Longfonds. Het Longpanel is een vaste groep mensen die meedoet aan onderzoek. Alle leden van het Longpanel hebben een longziekte. In de introductie van het onderzoek is bewust niet vermeld dat dit een onderzoek naar brommers en scooters of luchtverontreiniging betrof, om de resultaten niet te beïnvloeden. Er is vermeld dat het een onderzoek naar 'fietsen' betrof.

De vraagstelling van het vragenlijst onderzoek was:

Ervaren mensen met astma en andere luchtwegaandoeningen gezondheidsklachten en/of beperkingen door blootstelling aan uitstoot van brommers en scooters op het fietspad?

De hoofdvraagstelling zijn vertaald naar de volgende vragen:

- Welke luchtwegklachten heeft u?
- Wordt u door luchtwegklachten beperkt in uw dagelijkse activiteiten (bij standaard medicatie)?
- Hoeveel fietst u?
- Ondervindt u op de fiets meer of minder luchtwegklachten dan thuis?
- Welke klachten ervaart u tijdens het fietsen?
- Zijn de klachten tijdens fietsen zodanig dat u
  - meer medicijnen moet gebruiken?
  - sommige fietsroutes mijdt?
  - minder fietst dan u eigenlijk zou willen?
- Zijn er duidelijke bronnen aan te wijzen waardoor u luchtwegklachten heeft tijdens het fietsen?

De complete vragenlijst is opgenomen in Bijlage 4.

De vragenlijst is digitaal verspreid door het Longfonds. De resultaten van de vragenlijst zijn door het Longfonds aangeleverd aan de GGD, die ze verder heeft geanalyseerd.

## 3 RESULTATEN

### 3.1 Beschrijving meetlocaties

De metingen zijn uitgevoerd in Nijmegen, Arnhem, Amsterdam en Harderwijk tussen 22 en 28 september 2016. In tabel 3.1 is een overzicht opgenomen van alle locaties en voertuigen die per meetplaats zijn geteld. Nadere omschrijving en foto's van de meetlocaties zijn weergegeven in Bijlage 1.

Tabel 3.1 Aantal gepasseerde voertuigen per meetlocatie

Plaats	Adres en omschrijving	Tijdsduur meting (min.:sec)	2-takt brommer	4-takt brommer	Elektrische brommer	Bestelbus	Dieselbus	Aardgas-bus	Vracht-auto	Auto	Overige voertuigen
Nijmegen 22 sept	Muntmeesterlaan fietssnelweg, auto te gast	44:17	12	52	0	0	0	0	0	42	0
	Mulderspad fietssnelweg	45:49	2	23	1	0	0	0	0	0	59 treinen
	Molenstraat fietsstrook	75:16	17	64	2	1	1	0	1	362	12 motoren, 4 sigaretten, 1 grasmaaier,
	Tunnelweg tunnel	43:30	6	21	0	0	0	0	0	0	0
	Zwanenveld fietspad	54:22	3	22	5	2	0	0	0	181	2 motoren
Arnhem 23 en 26 sept	John Frostbrug, fietspad	37:16	6	50	3	0	0	0	0	0	0
	Stadhoudersstraat fietssnelweg	53:01	7	49	0	0	0	0	0	1	1 sigaret
	Velperbinnensingel fietspad	46:17	5	23	0	24	0	19	9	78	1 motor en 1 sigaret
	Mandelabrug	30:43	6	17	0	2	0	8	0	1	
	Nieuwe Plein, verkeerslicht	59:22	12 (30) *	63 (87) *	0	3		16	1	28	1 sigaret
	Willemsplein, fietsstrook	40:33	20	42	0	9		0	14	25	3 motoren
Amsterdam 27 sept	Weesperplein Sarphatistraat verkeerslicht	59:52	22 (40) *	125 (220) *)	2	8	1	0	22	105 4**	3 sigaretten, 3 motoren, 9 trams, 3 invalide voertuigen, 1 ander voertuig
	Weesperplein fietspad	58:41	8	29	2	18	6	0	17	139 1**	5 sigaretten, 10 motoren, 1 vuilniswagen,
	Haarlemmerdijk fietsstrook	59:27	22	118	10	4	0	0	3	64	2 motoren, 1 sigaret, 1 vuilniswagen
	Fietspad CS fietssnelweg	58:47	35	175	0	0	63	0	2	0	1 motor, 26 schepen
	Sarphatistraat fietsstrook	40:19	6	37	1	8	0	0	0	117	3 motoren, 1 sigaret
Harderwijk 29 sept	Spoorwegovergang Deventerweg-Hoofdweg verkeerslicht	52:54	6	7	2	19	2	0	6	297	1 sigaret, 42 treinen, 2 tractoren
	Veldkamp fietsstrook	45:02	1	8	0	15	0	0	3	246	1 straatveegvoertuig
	B. de Meesterlaan fietspad	47:03	7	20	3	7	14	0	14	242	1 sigaret, 1 invalidewagentje

\*) Aantal unieke brommers en scooters. Tussen haakjes het totaal aantal brommers en scooters inclusief seconden van wachtende brommers en scooters. \*\*) Inclusief aantal seconden van wachtende voertuigen



Bij de metingen bij de bruggen in Arnhem is gemeten op het fietspad op minimaal 30 meter afstand van de weg. Het overige verkeer is daar niet geteld en niet geanalyseerd vanwege de afstand en vanwege de continue stroom auto's. Bij de meting in de tunnel is halverwege de tunnel gemeten in de tunnelbuis waar fietsers en brommers en scooters door mogen rijden. De auto's en ander verkeer reden door een andere tunnelbuis. Bij de verkeerslichten zijn zowel alle unieke brommers en scooters vermeld, als de som van het aantal seconden dat brommers en scooters hebben gewacht en het aantal brommers en scooters dat is gepasseerd. Op het fietspad achter het Centraal Station in Amsterdam is gemeten bij de centrale achteruitgang. Op enkele meetlocaties in Amsterdam waren zo veel brommers en scooters, dat de pieken van brommers en scooters niet meer te onderscheiden zijn, hetgeen kan leiden tot een onderschatting van de bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging. In Amsterdam waren op twee locaties zoveel auto's (er was file) dat deze niet meegenomen zijn in de analyses, maar als 'achtergrond' zijn beschouwd.

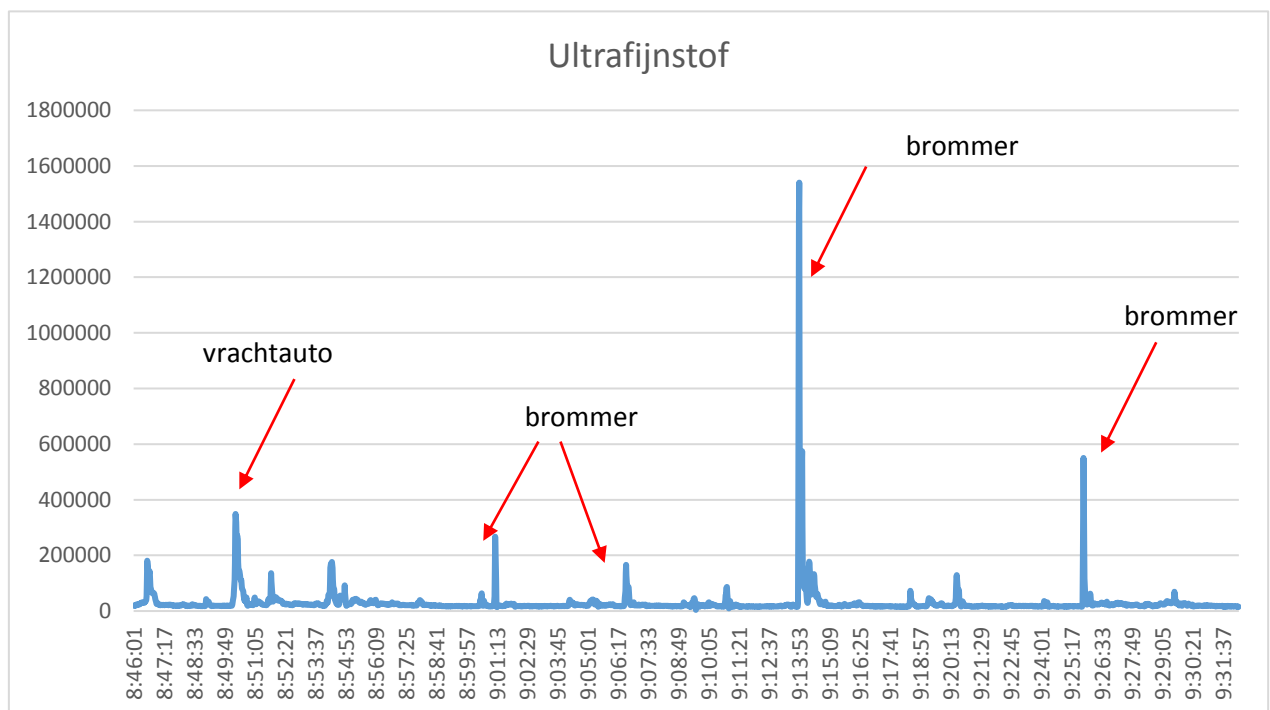
Het percentage tweetakt brommers en scooters was op de Amsterdamse meetlocaties tijdens de metingen 17%. Dat was iets lager dan in de andere drie steden waar het percentage tweetakt brommers en scooters 24 tot 30% was tijdens de metingen. Op de meetlocaties in Harderwijk waren weinig brommers en scooters tijdens de metingen.

Tijdens de metingen was het zonnig en droog weer. De in deze studie gemeten achtergrondconcentraties zijn opgenomen in Bijlage 4. De achtergrondconcentraties zijn tijdens de metingen zeer verschillend per dag.

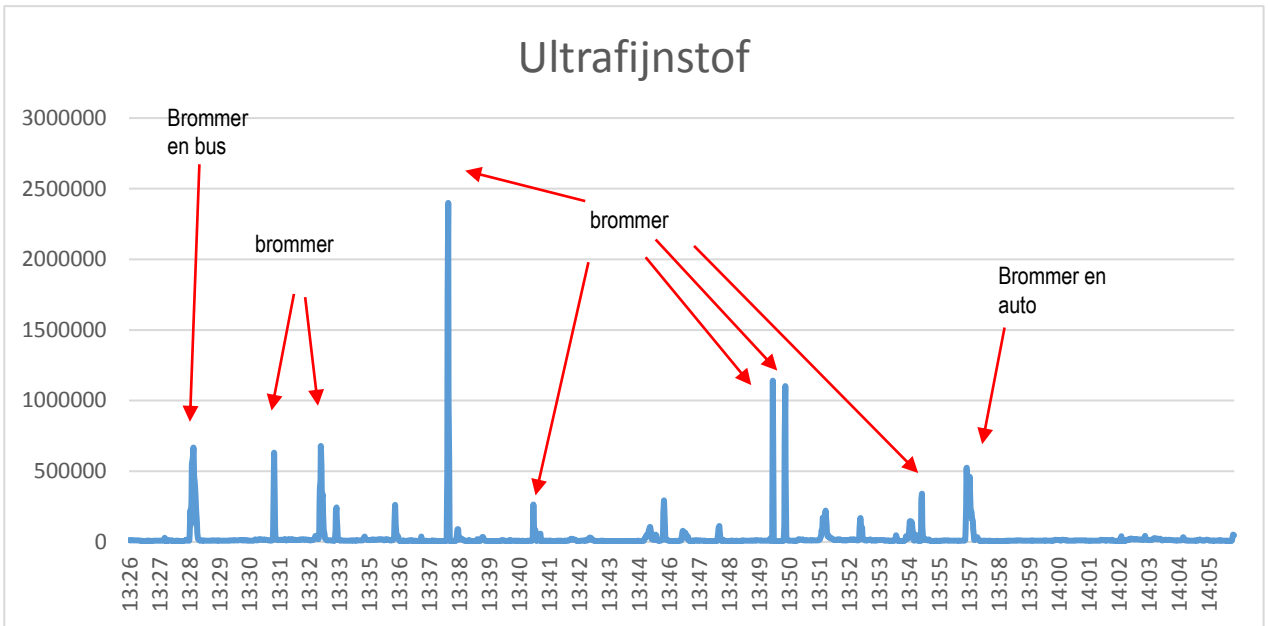
## 3.2 Bijdrage brommers en scooters aan concentraties luchtverontreiniging

### 3.2.1 Bijdrage brommers en scooters aan concentraties ultrafijnstof

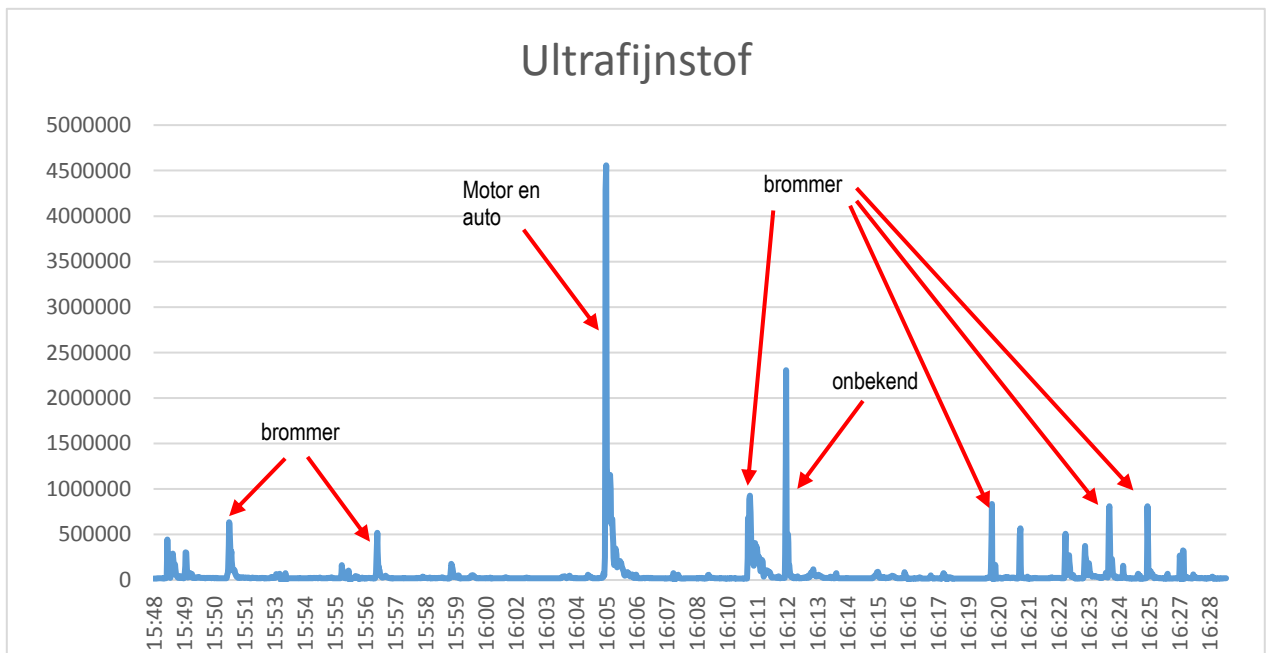
In figuren 3.1 tot en met 3.4 zijn enkele metingen van ultrafijnstof weergegeven, met daarbij aangegeven welke voertuigen passeerden en verantwoordelijk zijn voor de pieken. De ultrafijnstofconcentraties pieken enkele malen zeer hoog. De variatie tussen de pieken is groot.



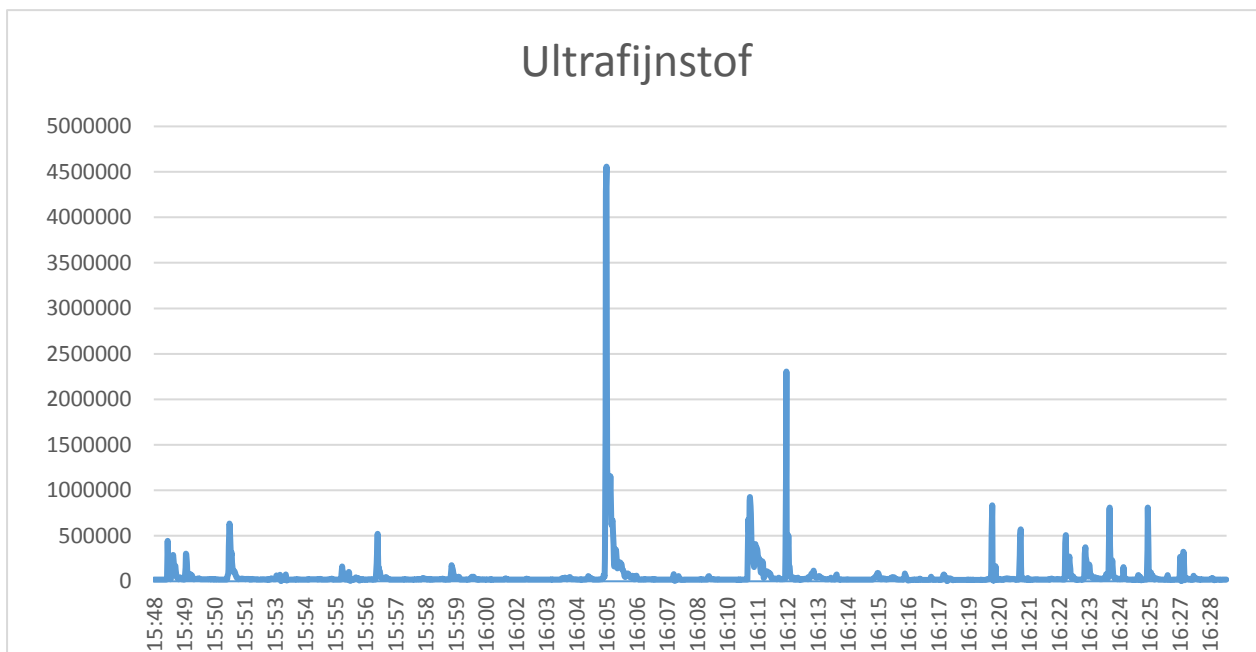
Figuur 3.1 Meting ultrafijnstof (aantal deeltjes/cm<sup>3</sup>) fietspad Velperbinnensingel Arnhem



**Figuur 3.2** Meting ultrafijnstof (aantal deeltjes/cm<sup>3</sup>) fietsstrook Willemsplein Arnhem



**Figuur 3.3** Meting ultrafijnstof (aantal deeltjes/cm<sup>3</sup>) Sarphatistraat fietsstrook Amsterdam



Figuur 3.4 Meting ultrafijnstof (aantal deeltjes/cm<sup>3</sup>) in de tunnel te Nijmegen

In tabel 3.2 staan de resultaten van de regressieanalyses van ultrafijnstof. In het model waren opgenomen: meetlocatie (als random class variabele), tweetakt brommers en scooters, viertakt brommers en scooters en overig verkeer. Overig verkeer waren auto's, bestelbusjes, motoren, vrachtauto's, dieselbussen, aardgasbussen, ander (bv grasmaaier) en schepen. Voor brommers en scooters is een reactietijd van 2 tot 8 seconde gehanteerd. Voor overige bronnen een reactietijd van 2 tot 12 seconde. Voor brommers en scooters in de tunnel is een reactietijd van 30 seconden gebruikt. De tunnellocatie is apart geanalyseerd vanwege de bijzondere situatie in de tunnel met erg hoge concentraties ultrafijnstof.

Tabel 3.2. Bijdrage brommers en scooters aan ultrafijnstof concentraties (in aantal deeltjes/cm<sup>3</sup>)\*

	intercept	2-takt brommer	4-takt brommer	Ander verkeer
Alle locaties	16.507 (14.228;18.787)	12.111 (9.789;14.433)	3463 (2.238;4.688)	-62 (-507;383)
Alle locaties, behalve tunnel	16.509 (14.321;18.697)	11.920 (9.676;14.164)	3.0506 (2.322;4.689)	-63 (-490;364)
Tunnel	48.823 (44.969;52.677)	92.089 (79.314;104.864)	12.076 (4.317;19.834)	Nvt

\*)Tussen haakjes het 95% betrouwbaarheidsinterval

De tweetakt en viertakt brommers en scooters veroorzaken beide hoge pieken ultrafijnstof op het fietspad. De tweetakt brommers en scooters geven een drie keer zo hoge piek als de viertakt brommers en scooters. In de tunnel veroorzaken de brommers en scooters veel hogere pieken die ook veel langer blijven hangen. In de tunnel was geen ander verkeer dan brommers, scooters en fietsers, de auto's gaan op die locatie door een andere tunnelbuis.

### 3.2.2 Relatieve bijdrage aan ultrafijnstof

We hebben ook berekend hoeveel brommers en scooters in totaal bijdragen aan concentraties ultrafijnstof op het fietspad. In tabel 3.3 staan de resultaten. De totale bijdrage van brommers en scooters op het gehalte ultrafijnstof op fietspaden ligt tussen de 2 en 23%. Op het fietspad in de tunnel is dat 44%. Het

aandeel van de viertakt brommers en scooters van de bijdrage van alle brommers en scooters is gemiddeld 60%, variërend tussen de 20 en 80% tussen de verschillende locaties. Alleen voor Amsterdam zijn stadsachtergrondconcentraties ultrafijnstof bekend, zie bijlage 3. De achtergrondconcentratie was minimaal de helft van de totale ultrafijnstofconcentraties in Amsterdam.

**Tabel 3.3 Bijdrage brommers en scooters aan gemiddelde concentratie ultrafijnstof op fietspaden**

Plaats	Type meetlocatie	Spits*	Straat	Mediane concentratie (aantal/cm <sup>3</sup> )	Bijdrage van 2-takt (%)	Bijdrage van 4-takt (%)	Totale bijdrage van brommers (%)
Nijmegen	fietssnelweg, auto te gast	Ja	Muntmeesterlaan	11.828	3,8	6,3	10,2
Nijmegen	fietssnelweg	Nee	Mulderspad	12.659**	0,6	2,5	3,1
Nijmegen	fietsstrook	Nee	Molenstraat	13.695	17,7	5,0	22,7
Nijmegen	tunnel	Deels	Tunnelweg	24.618	37,5	6,4	43,9
Nijmegen	fietspad	Ja	Zwanenveld	12.659**	0,9	2,0	2,9
Arnhem	fietspad bij de brug	Nee	John Frostbrug	12.454	1,8	6,9	8,7
Arnhem	fietssnelweg	Deels	Stadhoudersstraat	11.268	2,4	5,2	7,6
Arnhem	fietspad	Deels	Velperbinnensingel	19.747	1,0	1,6	2,6
Arnhem	brug	Nee	Mandelabrug	13.883**	1,6	2,5	4,2
Arnhem	verkeerslicht	Nee	Nieuwe Plein	11.599	9,8	8,0	17,8
Arnhem	fietsstrook	Nee	Willemsplein	9.844	7,7	6,7	14,4
Amsterdam	verkeerslicht	Ja	Weesperplein Sarphatistraat	20.206	7,9	10,0	17,9
Amsterdam	fietspad	Nee	Weesperplein	19.455	1,6	1,6	3,2
Amsterdam	fietsstrook	Nee	Haarlemmerdijk	15.627	5,3	8,1	13,4
Amsterdam	fietssnelweg	Nee	Fietspad CS	23.606	5,6	8,0	13,6
Amsterdam	fietsstrook	Deels	Sarphatistraat	20.643	1,1	2,8	3,9
Harderwijk	verkeerslicht	Nee	Spoorwegovergang Deventerweg-Hoofdweg	7.639	3,0	1,1	4,1
Harderwijk	fietsstrook	Nee	Veldkamp	6.554	0,6	1,7	2,3
Harderwijk	fietspad	Nee	B. de Meesterlaan	15.035	1,8	1,8	3,6

\*) Spits gedefinieerd als tussen 7:00 en 9:00 en tussen 16:00 en 18:00 uur \*\*) Geen mediane concentratie ultrafijnstof bekend. Gerekend met gemiddelde van de mediane concentratie van de andere meetlocaties op die meetdag (uitgezonderd tunnel).

### 3.2.3 Invloed afstand brommers en scooters

Er is ook gekeken naar het verschil in bijdrage aan ultrafijnstof van brommers en scooters die binnen één meter van de van de meetopstelling langskwamen en op drie tot vijf meter afstand. Op vier locaties is dit onderscheid gemaakt. Het aantal brommers en scooters bleek echter te laag te zijn om de invloed van afstand te kunnen bepalen.

### 3.2.4 Bijdrage brommers en scooters bij verkeerslicht

In een aparte analyse is gekeken naar de invloed op de luchtkwaliteit van brommers en scooters die wachten voor verkeerslichten. In Harderwijk is niet bij een verkeerslicht gemeten, maar een spoorwegovergang. Daar bleek geen enkele keer een brommer te hebben gewacht voor de dichte spoorbomen. Ook op de locaties in Arnhem en Amsterdam waren er weinig wachtende brommers en scooters bij de verkeerslichten. Deze analyses konden daarom niet worden uitgesplitst tussen twee- en viertakt brommers en scooters. De wachtende brommers en scooters geven per seconde een vergelijkbare piek als passerende brommers en scooters, namelijk een 7754 (95% betrouwbaarheidsinterval: -5277;20786). Dit was niet significant, wat waarschijnlijk komt door het kleine aantal metingen.

### 3.3 Bijdrage brommers en scooters aan concentraties roet en fijnstof

Voor de roetmetingen zijn alleen minuutwaarden beschikbaar. Voor roet zijn regressieanalyses uitgevoerd op het aantal brommers en scooters dat is gepasseerd in de minuut. De brommers en scooters hadden geen significante invloed op de roetconcentraties, zie tabel 3.4. Verdere berekeningen van relatieve bijdrage van brommers en scooters aan totale roetconcentraties en analyses bij verkeerslichten zijn daarom niet uitgevoerd. Op de meetlocatie in de tunnel is de roetmeting uitgevallen, dus daar zijn geen resultaten van beschikbaar

Tabel 3.4. Bijdrage brommers en scooters aan roetconcentraties (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )\*

	Intercept	2-takt brommer	4-takt brommer	Overig verkeer
Alle locaties	0,9 (0,7;1,0)	0,02 (-0,01;0,05)	-0,01 (-0,02;0,01)	0,00 (-0,01;0,01)

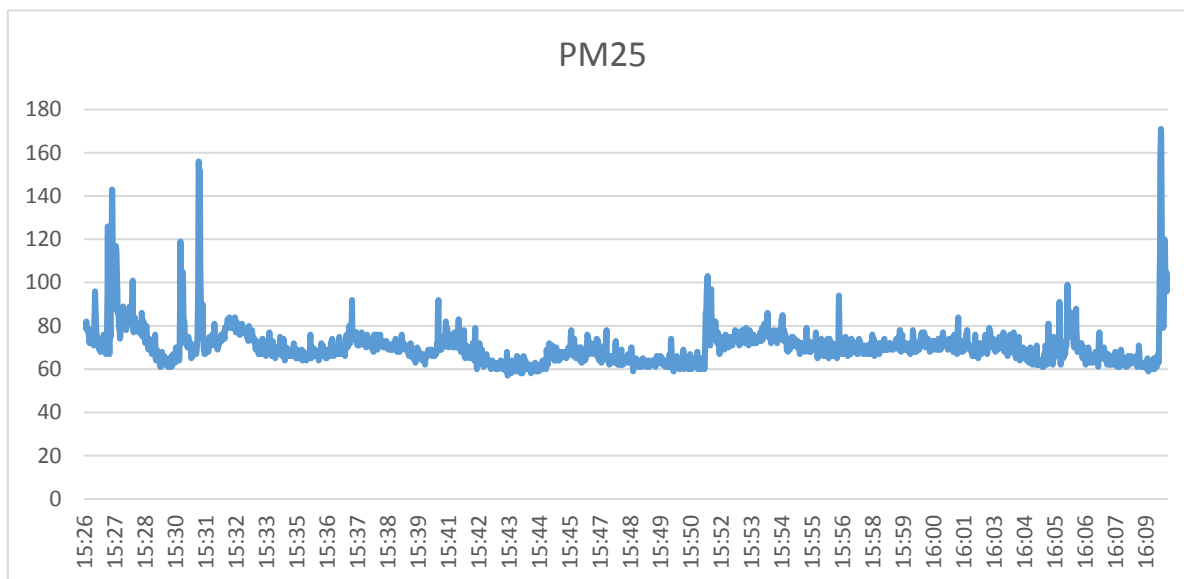
\*)Tussen haakjes het 95% betrouwbaarheidsinterval

De resultaten van de analyses van de bijdrage van brommers en scooters aan fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) staan in tabel 3.5. Ook hier is de bijdrage van tweetakt brommers en scooters veel groter dan de bijdrage van viertakt brommers en scooters. Deze bijdragen zijn significant. De bijdrage van twee- en viertakt brommers en scooters aan PM<sub>10</sub> zijn vergelijkbaar. In figuur 3.5 is te zien dat er veel minder hoge pieken zijn in concentraties fijnstof dan in ultrafijnstof.

Tabel 3.5 Bijdrage brommers en scooters aan fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) concentraties (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )\*

	Intercept	2-takt brommer	4-takt brommer	Overig verkeer
Alle locaties	16,2 (15,9;16,5)	1,2 (0,9;1,5)	0,2 (0,1;0,4)	0,03 (-0,02;0,1)
Alle locaties, behalve tunnel	16,2 (15,9;16,5)	1,2 (0,9;1,5)	0,2 (0,05;0,4)	0,03 (-0,02;0,08)
Tunnel	69,4 (69,1;69,8)	3,9 (2,6;5,2)	2,3 (1,5;3,1)	N.v.t.

\*) Tussen haakjes het 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur 3.5 Meting fijnstof (PM<sub>2,5</sub> in µg/m<sup>3</sup>) in de tunnel in Nijmegen. Gedurende deze meetperiode zijn 27 brommers geteld.

### 3.2.6 Oorzaken van pieken

Er zijn gedurende de metingen 65 pieken gemeten die hoger waren dan 300.000 ultrafijnstofdeeltjes per cm<sup>3</sup>. Dit is meer dan 15 tot 20 keer hoger dan de gemiddelde concentratie op de fietspaden.

48 van deze pieken konden specifiek worden toegewezen aan brommers en scooters of andere voertuigen. Bij de overige pieken kwamen er gelijktijdig brommers/scooters en een ander voertuig voorbij, waardoor de piek niet kon worden toegewezen aan één van beiden.

Het grootste deel van de zeer hoge pieken op het fietspad wordt veroorzaakt door brommers en scooters: zowel door tweetakt als viertakt brommers en scooters. De oorzaken van twee pieken konden niet worden toegewezen. In de andere gevallen werden de pieken veroorzaakt door andere voertuigen. Een aantal meetplekken zijn niet meegenomen in de analyse, omdat er geen ultrafijnstof resultaten beschikbaar waren of dat het aantal te hoog was vanwege file.

Niet meegenomen zijn: Mulderspad en Zwanenveld in Nijmegen, Mandelabrug in Arnhem, Weesperplein/Sarphatistraat en Weesperplein in Amsterdam. In Bijlage 5 is een overzicht opgenomen van de hoge pieken die aan bronnen konden worden toegewezen per meetplaats.

Tabel 3.6: Overzicht veroorzakers pieken boven 300.000 deeltjes/cm<sup>3</sup> ultrafijnstof

Omschrijving veroorzaker pieken	Aantal voertuigen met zeer hoge pieken	Totaal aantal passerende voertuigen
Tweetakt brommers en scooters	19	156
Viertakt brommers en scooters	17	683
Tweetakt en viertakt (gelijk aanwezig)	3	
Elektrische brommers en scooters	0	21
Bestelbussen	2 (alleen in Harderwijk)	81
Auto's	2 (alleen in Amsterdam)	1475
Overige voertuigen	2 (1 x grasmaaier)	70
Vrachtauto's	1	52
Onbekend	2	

Op de fietspaden en fietssnelwegen worden bijna alle hoge piekblootstellingen van ultrafijnstof hoger 300.000 deeltjes/cm<sup>3</sup> veroorzaakt door brommers en scooters. Op enkele locaties was er geen ander verkeer aanwezig. Wanneer we alleen kijken naar fietspaden waar wel ander verkeer aanwezig was, wordt hetzelfde beeld gezien. Op fietsstroken wordt ongeveer 75% van de pieken veroorzaakt door brommers en scooters en 25% door overig verkeer, zie tabellen 3.7 en 3.8.

**Tabel 3.7 : Overzicht veroorzakers pieken boven 300.000 deeltjes/cm<sup>3</sup> ultrafijnstof op fietspaden en fietssnelwegen (Nijmegen, Arnhem, Amsterdam, Harderwijk)**

Omschrijving veroorzaker pieken	Aantal voertuigen met zeer hoge pieken	Totaal aantal passerende voertuigen
Brommers en scooters	18	456
Auto's en andere voertuigen	1	249

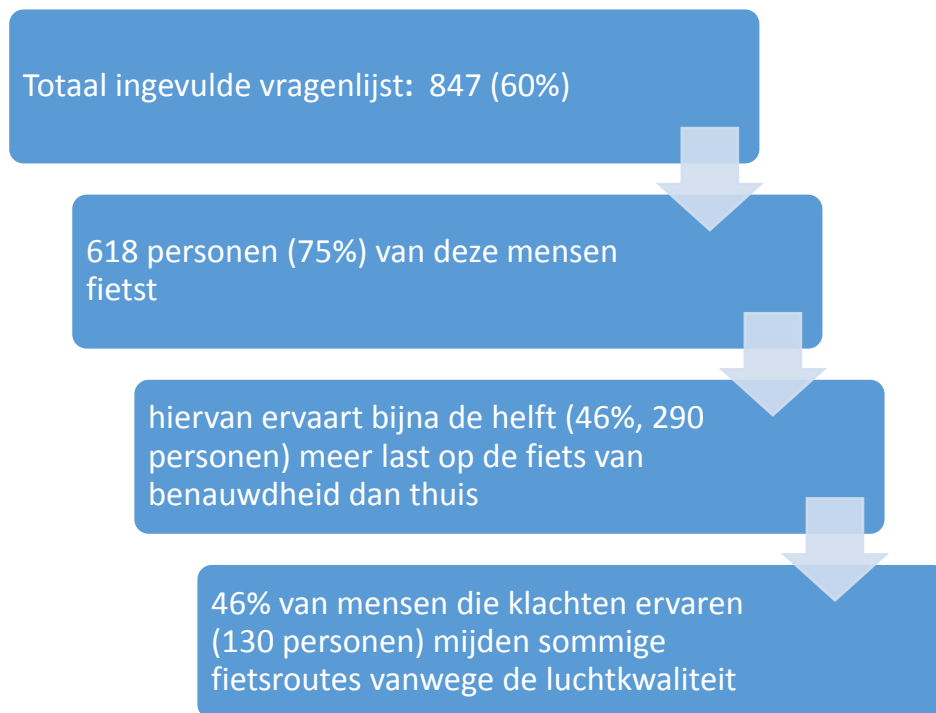
**Tabel 3.8: Overzicht veroorzakers pieken boven 300.000 deeltjes/cm<sup>3</sup> ultrafijnstof op fietsstroken (Nijmegen, Arnhem, Harderwijk en Amsterdam)**

Omschrijving veroorzaker pieken	Aantal voertuigen met zeer hoge pieken	Totaal aantal passerende voertuigen
Brommers en scooters	13	403
Auto en andere voertuigen	4	1594

Bovenstaande bevindingen worden geïllustreerd in figuren 3.1 t/m 3.4. Hierop is duidelijk te zien dat brommers en scooters de meeste piekblootstellingen veroorzaken en dat andere voertuigen ook verantwoordelijk zijn voor enkele piekblootstellingen.

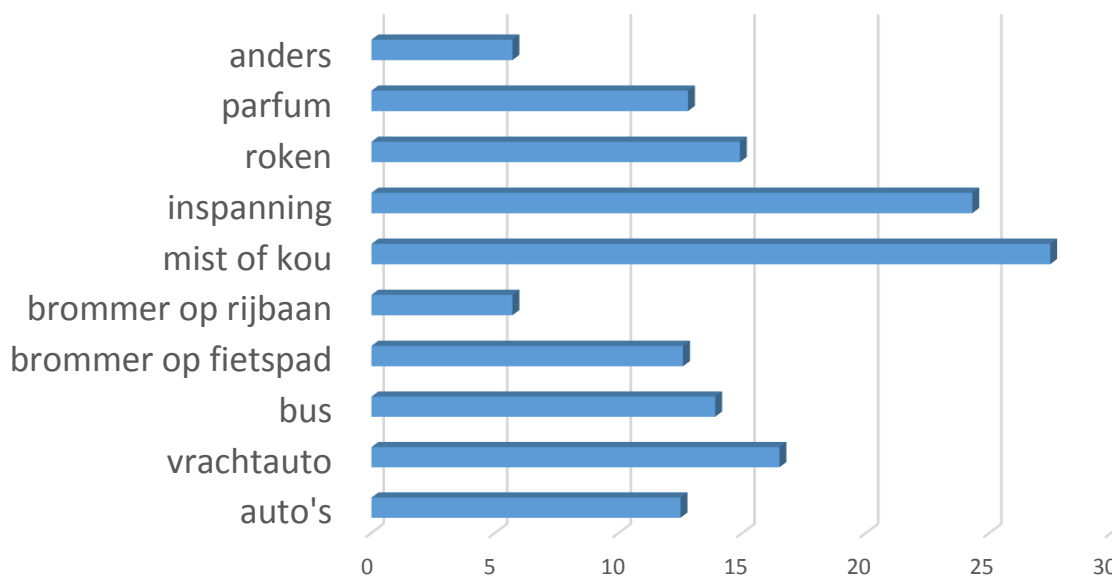
### 3.3 Toegankelijkheid van fietsroutes voor mensen met een longaandoening

In november 2016 is een vragenlijst verstuurd aan 1403 mensen met een longziekte van het Longpanel van het Longfonds. Hiervan hebben 847 mensen de vragenlijst ingevuld over fietsgedrag, klachten tijdens het fietsen, oorzaken van klachten en invloed van klachten op het fietsgedrag. Dit is een respons van 60%. Van deze personen fietst 75% (618 personen). Hiervan ervaart de helft (46%, 290 personen) meer last van benauwdheid op de fiets dan thuis. 46% (130 personen) die klachten ervaart mijdt sommige fietsroutes vanwege de luchtkwaliteit. 41% (119 personen) van de mensen die klachten ervaart fietst door de luchtkwaliteit minder dan ze zouden willen. Bij 52% van de mensen die klachten ervaart (150 personen) zorgen deze klachten tijdens het fietsen ervoor dat meer medicatie moet worden gebruiken. Zie figuur 3.6.



**Figuur 3.6: Schematische weergave van antwoorden van het Longpanel**

Er is tevens gevraagd naar bronnen van luchtwegklachten tijdens het fietsen. Zie figuur 3.7. Voor de volledigheid is hierbij ook naar andere oorzaken dan bronnen van luchtverontreiniging gevraagd. Verkeer blijkt een belangrijke oorzaak voor luchtwegklachten bij mensen met een longziekte. Naast bussen, vrachtauto's en auto's, worden ook brommers en scooters genoemd. Brommers en scooters op het fietspad worden vaker genoemd als oorzaak dan brommers en scooters op de rijbaan.



**Figuur 3.7: Bronnen van luchtwegklachten tijdens het fietsen (% van 290 mensen met klachten)**



## 4. DISCUSSIE

### 4.1 Bijdrage brommers aan luchtverontreiniging op fietspaden

#### 4.1.1 Bijdrage brommers en scooters aan ultrafijnstof

Dit onderzoek toont een duidelijke bijdrage van tweetakt en viertakt brommers en scooters aan concentraties ultrafijnstof aan. Brommers en scooters dragen op de meetlocaties uit dit onderzoek op de gemeten momenten 2 tot 23% bij aan de concentraties ultrafijnstof op fietspaden. Dat is erg afhankelijk van het aantal brommers en scooters dat passeert. Het aantal brommers dat gebruikt is in de berekeningen van de bijdrage, is het aantal brommers dat tijdens de metingen is gepasseerd. Dit is een momentopname, het kan tijdens de metingen net drukker of minder druk zijn geweest dan normaal gesproken op dat tijdstip het geval is. De meeste locaties zijn gemeten buiten de spits. In de spits komen op de meeste locaties waarschijnlijk meer brommers en scooters langs en zal de bijdrage van brommers en scooters groter zijn. Alleen van Amsterdam waren achtergrondconcentraties ultrafijnstof beschikbaar. De stadsachtergrondconcentratie was minimaal de helft van de totale concentratie ultrafijnstof. De bijdrage van brommers en scooters tot 23% is daarom aanzienlijk. Op locaties met veel autoverkeer, bijvoorbeeld de Molenstraat in Nijmegen en de kruising Weesperplein-Sarphatistraat in Amsterdam, was de bijdrage van brommers en scooters aan ultrafijnstof op het fietspad rond de 20%. Het verplaatsen van brommers en scooters naar de rijbaan zal naar verwachting de ultrafijnstof concentraties aanzienlijk doen dalen.

De meetlocaties zijn niet geselecteerd op een representatief aantal brommers en scooters of op een zo hoog mogelijk aantal brommers en scooters, maar op een voldoende (niet te veel en niet te weinig) aantal brommers/scooters en ander verkeer. Er zijn, zeker in de grote steden in Nederland, fietspaden met meer brommers en scooters dan op onze meetlocaties. Op deze locaties zal de bijdrage van de brommers en scooters aan de luchtverontreiniging aanzienlijk groter zijn.

In de tunnel waren de concentraties ultrafijnstof veel hoger en droegen de brommers en scooters meer dan 40% bij aan de luchtverontreiniging. Hierbij moet worden aangetekend dat er slechts in één tunnel een meting is uitgevoerd. De resultaten moeten hierdoor voorzichtig geïnterpreteerd worden, maar liggen wel in de lijn van de verwachting. Luchtverontreiniging blijft langer hangen in een tunnel. En er is geen ander wegverkeer, de bijdrage van ander wegverkeer aan de luchtverontreiniging die op andere locaties ook enkele tientallen procenten zal zijn valt dus weg, waardoor de bijdrage van brommers aan de luchtverontreiniging vanzelfsprekend hoger is. Er is grotendeels buiten de spits gemeten, waarschijnlijk is het aantal brommers en scooters in de tunnel in de spits aanmerkelijk hoger en dragen brommers en scooters tijdens de spits dus nog meer bij aan de luchtverontreiniging.

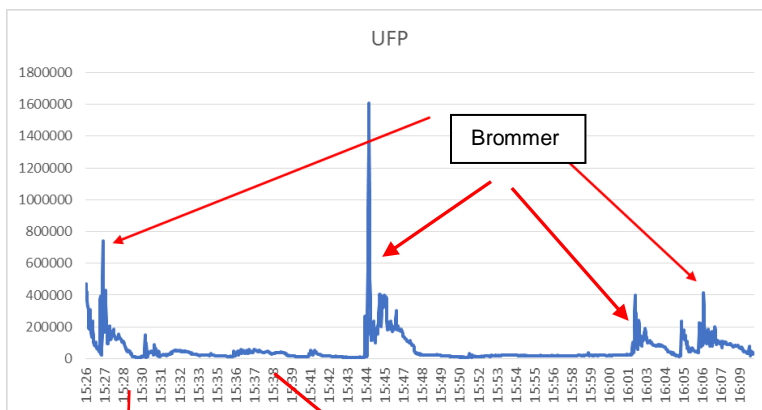
Opvallend is dat tweetakt en viertakt brommers en scooters ongeveer evenveel bijdragen aan de luchtverontreiniging op fietspaden. Tweetakt brommers en scooters zijn per brommer viezer, maar het zijn er in aantal een stuk minder. Wanneer we er in slagen om alle tweetakt brommers en scooters van de weg/van het fietspad te halen, blijft de helft van de luchtverontreiniging van brommers en scooters dus nog over.

Voor het berekenen van de relatieve bijdrage van brommers en scooters aan de luchtverontreiniging op fietspaden, zijn de bijdragen van passerende en wachtende brommers en scooters bij elkaar opgeteld. Voor de wachtende brommers en scooters zijn alle seconden dat ze staan te wachten vermenigvuldigd met de regressie-coëfficiënt afkomstig uit de analyses waarbij alle brommers en scooters zijn meegenomen, zowel wachtende als passerende brommers en scooters. Uit de aparte analyses bij verkeerlichten blijkt dat wachtende brommers en scooters inderdaad even grote pieken veroorzaken.

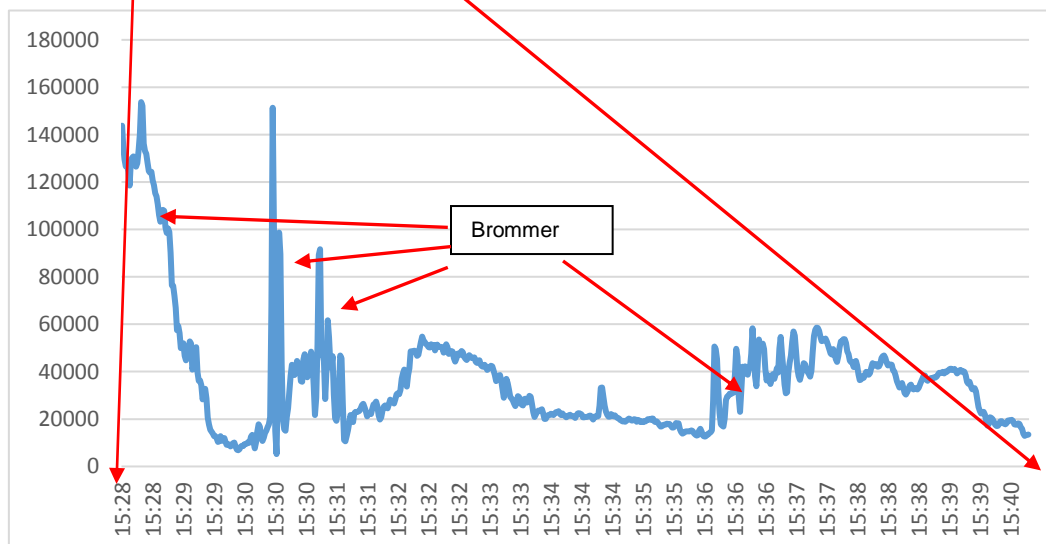
In 2011 en in 2012 is in onderzoek naar scheepvaart en dieseltreinen ook gekeken naar de invloed van enkele passerende brommers en scooters op ultrafijnstof concentraties. In dat onderzoek waren de pieken

van brommers en scooters 1000, 2000 en 4700 ultrafijnstof deeltjes/cm<sup>3</sup> op verschillende meetlocaties, waarbij een responstijd van 60 seconden is gebruikt (Van der Zee et al., 2012, Zuurbier et al., 2013). Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen tweetakt en viertakt brommers en scooters. Wanneer we in ons onderzoek kijken naar een reactietijd van 60 seconden, komen we op bijdragen van 3200 en 600 voor respectievelijk tweetakt en viertakt brommers en scooters. Dat is in dezelfde orde van grootte. De getallen zijn lastig te vergelijken, met name omdat het aantal passerende brommers en scooters in de oudere onderzoeken erg laag was. In de oudere onderzoeken is geen invloed van brommers en scooters op roet of fijnstof gemeten. Wachtende brommers en scooters bij verkeerslichten veroorzaken vergelijkbare pieken ultrafijnstof per seconde als passerende brommers en scooters. Wanneer fietsers enige tijd staan te wachten achter een brommer, kunnen zij een flinke dosis luchtverontreiniging inademen.

Brommers en scooters blijken verantwoordelijk te zijn voor de meeste hoge pieken ultrafijnstof die we hebben gemeten in ons onderzoek. Brommers en scooters zorgen dus niet alleen voor een verhoging van de gemiddelde ultrafijnstofconcentraties op fietspaden, maar ook voor meer piekblootstellingen van fietsers. Pieken zijn mogelijk schadelijker dan een continue verhoogde blootstelling bij een gelijk gemiddelde. Er is gekozen om alleen de zeer hoge pieken > 300.000 ultrafijne stofdeeltjes/cm<sup>3</sup> te analyseren op mogelijke veroorzaker. Dit om een indruk te krijgen van de veroorzakers. Er is echter geen analyse gedaan van alle pieken die zich bevinden tussen het achtergrondniveau (tussen 6.600-24.000) en de gekozen ondergrens van 300.000 ultrafijne stofdeeltjes/cm<sup>3</sup>. Dat in dit gebied ook pieken zijn, demonstreert het onderstaande figuur, waarbij een relatief vlak stuk van de grafiek nader is bekeken.



Figuur 4.1 Meting ultrafijnstof (aantal deeltjes/cm<sup>3</sup>) in de tunnel te Nijmegen



We konden met regressie-analyses de invloed van overig verkeer op (piek)blootstellingen niet kwantificeren. Op de meeste locaties was teveel ander verkeer aanwezig om deze pieken goed te kunnen analyseren. We konden daardoor ook de hoogte van de pieken van brommers en scooters niet vergelijken met de hoogte van pieken van ander verkeer.

#### **4.1.2 Meetlocaties**

De meetlocaties zijn zo geselecteerd dat er voldoende brommers en scooters langs kwamen en, in ieder geval op enkele locaties, wel wat ander verkeer, maar niet al te veel. Wanneer er heel veel ander verkeer is of wanneer er teveel brommers en scooters zijn, dan is het niet mogelijk om de pieken die deze bronnen veroorzaken nog van elkaar te onderscheiden in de regressieanalyses. In de praktijk bleek het lastig om optimale meetlocaties te vinden. Op de locaties in Harderwijk passeerden bijvoorbeeld weinig brommers en scooters en in Amsterdam waren er enkele locaties waar zoveel ander verkeer voorbij kwam, dat de auto's niet apart geanalyseerd konden worden. Ook waren er enkele locaties in Amsterdam met zo veel brommers en scooters, dat de pieken van afzonderlijke brommers en scooters niet meer te onderscheiden waren. Mogelijk is de bijdrage van brommers en scooters aan luchtverontreiniging hierdoor onderschat.

#### **4.1.3 Effect van afstand**

In dit onderzoek is geen verband aangetoond tussen de afstand tussen de bromfiets en het fietspad en de invloed op de gemeten luchtverontreiniging op het fietspad. Er waren te weinig metingen om dit effect aan te tonen. Het is wel de verwachting dat er een effect is van afstand.

Uit studies in binnen- en buitenland blijkt dat de concentratie van door het gemotoriseerde verkeer uitgestoten stoffen exponentieel afneemt met de afstand tot de rand van de weg. Dit betekent een sterke afname op korte afstand en daarna een veel geringere afname (Zhu et al., 2002; Weijers et al., 2004). Een studie in Londen vond dat de gemeten ultrafijnstof en roet blootstelling van voetgangers significant hoger was aan de rand van een drukke weg versus langs de façade van gebouwen (Kaur et al., 2005). De breedte van het voetpad was 1 tot 5 meter. Ultrafijnstofconcentraties waren ongeveer 15% hoger aan de rand van de weg dan bij de façade en roetconcentraties ongeveer 10% hoger. PM<sub>2,5</sub> en CO concentraties verschilden niet.

Kerckhoffs et al. (2016) vergeleken in Amsterdam en Rotterdam mobiele metingen op de weg met metingen dicht bij de façade van huizen, een afstand van enkele meters. De metingen op de weg waren gemiddeld 12% hoger dan bij de huizen.

Ragetti et al. (2014) vonden in een studie in Bazel, Zwitserland dat de ultrafijnstof concentratie gemiddeld 20% lager was aan de façade van woningen dan op het voetpad direct langs de weg.

In Nieuw-Zeeland is de blootstelling gemeten van fietsers op de weg, op een voetpad 4,5 tot 7 meter van de weg en een pad 17,5 tot 19 meter van de weg (Kingham et al., 2011). Op het voetpad werden respectievelijk 9 en 30% lagere concentraties van PM<sub>1</sub> en ultrafijnstof gemeten ten opzichte van de metingen op de weg. Op het verder weggelegen pad waren de concentraties respectievelijk 32 en 42% lager dan op de weg voor PM<sub>1</sub> en ultrafijnstof.

Samenvattend kan gesteld worden dat er aanzienlijke contrasten in luchtverontreiniging op korte afstand van drukke wegen. Het circa 5 tot 10 meter verplaatsen van een fietspad van de weg zal de blootstelling van roet en ultrafijnstof met 10 tot 20% verminderen. Grotere reducties zijn mogelijk als nog grotere afstanden tot drukke wegen mogelijk zijn.

#### **4.1.4 Bijdrage brommers en scooters bij verkeerslichten**

Eén van de doelstellingen was om de invloed van brommers en scooters op de luchtkwaliteit te bepalen wanneer brommers en scooters staan te wachten bij verkeerslichten. Dit bleek in de praktijk lastig te onderzoeken. Op de locaties met verkeerslichten is per definitie veel kruisend verkeer, anders stonden er geen verkeerslichten. Het kruisende en ook langsrijdende verkeer zorgt voor zoveel pieken in de

luchtverontreiniging, dat het effect van brommers en scooters lastig te bepalen is. We hebben daarom getracht om locaties te vinden waar wel verkeerslichten waren, maar niet al te veel kruisend verkeer. In Harderwijk hebben we daarom gemeten bij een spoorwegovergang. Helaas bleken daar weinig brommers en scooters te passeren. Niet één brommer of scooter heeft gewacht voor de spoorwegovergang tijdens de metingen. In Amsterdam is gemeten bij een verkeerslicht voor een trambaan. Ook daar bleken weinig wachtende brommers en scooters. Wel zijn daar wachtende brommers en scooters gemeten 3 tot 5 meter verderop bij een ander verkeerslicht. In Arnhem zijn bij het verkeerslicht enkele wachtende brommers en scooters gemeten. In totaal waren er weinig metingen beschikbaar van wachtende brommers en scooters.

## **4.2 Bijdrage van brommers en scooters aan andere componenten**

In dit onderzoek is een significant effect gevonden van brommers en scooters op concentraties fijnstof (PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub>). Er is geen significante relatie aangetoond tussen passerende brommers en scooters en concentraties roet. Voor roet is dat grotendeels te verklaren door de onderzoeksmethode: roet kon niet per seconde gemeten worden, maar per minuut. Daardoor is het lastig om pieken van brommers en scooters die enkele (tientallen) seconden duren, te relateren aan gemiddelde minuutconcentraties. De bijdrage van de tweetakt brommers en scooters is wel bijna significant. Het is echter ook niet de verwachting dat brommers (die op benzine rijden) veel bijdragen aan de roetconcentraties. Vooral dieselverkeer draagt bij aan de roetconcentraties.

Uit eerder onderzoek van TNO bleek dat brommers en scooters ongeveer 4% bijdragen aan de totale hoeveelheid verkeersemissies van PM<sub>10</sub>, 10% van de totale verkeersemissies van koolmonoxide (CO) en 24% van de verkeersemissies van koolwaterstoffen. (Hensema et al., 2009) Hierbij is niet specifiek gekeken naar fietspaden. Op fietspaden zal de bijdrage van brommers en scooters aan CO en koolwaterstoffen hoger zijn. In dit onderzoek konden we niet naar koolmonoxide, benzeen of andere koolwaterstoffen kijken, omdat deze metingen niet real-time uitgevoerd kunnen worden.

## **4.3 Gezondheidsimpact**

Brommers en scooters veroorzaken veel ultrafijnstof op fietspaden. Ultrafijnstof zijn zeer schadelijke deeltjes, juist omdat ze zo klein zijn. Ultrafijne deeltjes kunnen de bloedbaan en het lymfesysteem in en gedeeltelijk ook de placenta en de bloed-hersen barrière passeren, waardoor ze zeer schadelijk kunnen zijn. (Oberdorster et al., 2005). De schadelijkheid van ultrafijnstof is afhankelijk van de samenstelling. De samenstelling van het ultrafijnstof hebben we niet onderzocht.

Brommers en scooters veroorzaken hele hoge pieken in concentraties ultrafijnstof op het fietspad. Pieken zijn mogelijk schadelijker dan een continue verhoogde blootstelling bij een gelijk gemiddelde.

Brommers en scooters zijn ook een grote bron van koolmonoxide (CO), benzeen en andere koolwaterstoffen. Benzeen is hierbij een belangrijke stof, omdat benzeen kankerverwekkend is.

Ondanks dat fietsers meer luchtverontreiniging inhaleren dan andere weggebruikers, is fietsen nog steeds gezond. De voordelen van de effecten van beweging op de gezondheid zijn groter dan de nadelen van de effecten van luchtverontreiniging tijdens het fietsen (De Hartog et al., 2010).

Brommers en scooters zijn ook een grote bron van geluidshinder. Het is zelfs de grootste bron van geluidshinder in de woonomgeving (van Poll et al., 2011). Dat betreft echter niet zozeer brommers en scooters op het fietspad, maar brommers en scooters in de buurt van de woning. Daarnaast ergeren veel mensen zich aan brommers en scooters op het fietspad vanwege het gevaarlijke rijgedrag van brommers en scooters, te hard rijden, geluidsoverlast, luchtvervuiling en ruimtegebrek op het fietspad. (I&O Research 2015)

#### **4.4 Vragenlijstonderzoek**

Het vragenlijstonderzoek is uitgevoerd bij leden van het Longpanel van het Longfonds. Alle leden hebben een longziekte. In de aankondiging van het onderzoek was niet vermeld dat het om een onderzoek naar luchtverontreiniging en/of brommers en scooters ging, dat had de antwoorden namelijk kunnen beïnvloeden. Van de respondenten fietste 25% niet. Er is niet gevraagd waarom mensen niet (meer) fietsten, of dat door hun longziekte kwam of niet. Er is daarom verder alleen gekeken naar de mensen die aangaven wel te fietsen. Van deze mensen meed 21% bepaalde fietsroutes vanwege de luchtkwaliteit. En 19% fietste minder dan ze zouden willen door de luchtkwaliteit. Naast het andere wegverkeer, werden ook brommers en scooters hierbij genoemd als bron.

Ruim een miljoen Nederlanders heeft een longziekte (NIVEL, 2017). Het longpanel van het Longfonds is niet representatief voor deze totale groep. De mensen in het longpanel hebben gemiddeld een ernstigere vorm van hun longziekte dan gemiddeld. Maar dan nog zal een grote groep longpatiënten belemmerd worden in fietsen door de luchtkwaliteit.

#### **4.5 Beleid**

Door strengere EU regelgeving worden de meest vervuilende brommers en scooters (voor Euro 4) vanaf 2018 niet meer verkocht. Hierdoor worden er waarschijnlijk geen nieuwe tweetakt brommers en scooters meer verkocht, omdat die niet aan de strengere emissie-eisen kunnen voldoen. Uit ons onderzoek blijkt echter dat de helft van de luchtverontreiniging van brommers en scooters afkomstig is van viertakt brommers en scooters. Daarnaast hebben we in ons onderzoek gezien dat er nog veel oude brommers en scooters op de weg rijden. Strengere emissie-eisen voor nieuwe brommers en scooters zullen niet helpen in het verminderen van de emissies van de huidige brommers en scooters.

Emissies van brommers en scooters worden minder streng gecontroleerd dan van ander wegverkeer. Hensema et al. toonden aan dat uitstoot van brommers en scooters opgegeven door leveranciers niet altijd overeenkomt met specificaties. Het wel of niet opvoeren van brommers en scooters heeft eveneens invloed op de uitstoot (Hensema et al. 2013).

In het kader van 'gezonde mobiliteit' is het extra belangrijk om de luchtkwaliteit voor fietsers te verbeteren. Fietsers dragen zelf niet bij aan luchtverontreiniging, maar ademen meer luchtverontreiniging in dan andere weggebruikers door hun verhoogde ademminuutvolume. Daarnaast ademen fietsers nog eens extra veel uitlaatgassen van brommers en scooters in, vanwege de korte afstand tussen brommers/scooters en fietsers.

De focus van het beleid om luchtverontreiniging van verkeer terug te dringen is de afgelopen decennia vooral gericht geweest op het reduceren van emissies van auto's, bestelbusjes, bussen en vrachtauto's. Dat heeft zijn vruchten afgeworpen. De luchtkwaliteit is sterk verbeterd, mede door strengere emissie-eisen aan auto's, bestelbusjes, bussen en vrachtauto's. Hierdoor is het beperken van luchtverontreiniging van andere bronnen, waaronder brommers en scooters, belangrijker geworden. De emissie-eisen van brommers en scooters lopen ver achter bij die van het overige wegverkeer. Meer aandacht voor de emissies van brommers en scooters is nodig, zeker als je kijkt naar de luchtkwaliteit op fietspaden. De grootste bron van luchtverontreiniging in het geheel is echter nog steeds het overige wegverkeer, dus het blijft nodig om ook daar aandacht voor te houden.

#### **4.6 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

Dit onderzoek geeft samen met voorgaand onderzoek voldoende onderbouwing voor het nemen van meer maatregelen om de invloed van brommers en scooters op de luchtkwaliteit tegen te gaan.

Vervolgonderzoek is hiervoor niet noodzakelijk. Toch beschrijven we hier enkele mogelijkheden voor vervolgonderzoek, omdat meer onderzoek natuurlijk altijd mogelijk is.

De opzet van dit onderzoek was passerende brommers en scooters en overig verkeer relateren aan (pieken in) luchtverontreiniging. Daar waren real-time metingen voor nodig. We hebben geen koolmonoxide, benzeen en andere koolwaterstoffen meegenomen, omdat die niet real-time met korte tijdsresolutie gemeten kunnen worden. Met een ander design zou je deze stoffen wellicht wel mee kunnen nemen.

We hebben niet kunnen kwantificeren wat de hoogte van de pieken in luchtverontreiniging van brommers en scooters is ten opzicht van het overige wegverkeer. In 2014 wees een klein onderzoek uit dat brommers en scooters net zo vervuilend of nog vervuilender kunnen zijn dan vrachtauto's (Platt et al., 2014). Hier zou nader onderzoek naar gedaan kunnen worden.

Er is weinig bekend over dosis-responsrelaties van gezondheidseffecten van ultrafijnstof van verschillende bronnen. Ook de schadelijkheid van piekblootstellingen ten opzichte van meer gemiddelde blootstellingen is niet aangetoond. Hier zou nader onderzoek naar gedaan kunnen worden.

In dit onderzoek hebben we niet kunnen onderzoeken wat het effect op de luchtkwaliteit op fietspaden is wanneer brommers en scooters naar de rijbaan worden verplaatst. Het zou interessant zijn om dat te onderzoeken.

In onderzoeken naar emissies van brommers en scooters wordt doorgaans niet gekeken naar ultrafijnstof en roet. Omdat ultrafijnstof en roet voor de gezondheid zeer belangrijke componenten zijn, bevelen we aan om deze stoffen ook mee te nemen in toekomstig onderzoek naar emissies.

Dit onderzoek heeft laten zien dat de ene brommer veel vervuilender is dan de andere. We weten niet waardoor deze verschillen worden veroorzaakt. Mogelijke factoren zijn naast het verschil in twee- en viertakt: type, leeftijd, onderhoud en of de brommer is opgevoerd of niet. Meer inzicht hierin kan handvatten bieden aan gemeenten en rijksoverheid welke brommers en scooters het meest vervuilend zijn en hoe die geweerd kunnen worden.

## 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 5.1 Invloed brommers en scooters op luchtverontreiniging op fietspaden

- Brommers en scooters zijn een grote bron van luchtverontreiniging op fietspaden. Brommers en scooters dragen tot 23% bij aan de concentraties luchtverontreiniging op de gemeten fietspaden. Op drukke brommerroutes in met name de grote steden zal dat nog meer zijn;
- In de tunnel waren brommers en scooters verantwoordelijk voor 44% van de luchtverontreiniging;
- Tweetakt en viertakt brommers en scooters zijn beide ongeveer verantwoordelijk voor de helft van de luchtverontreiniging van brommers en scooters;
- Twee- en viertakt brommers en scooters veroorzaken op fietspaden meer hoge pieken ultrafijnstof dan ander verkeer;
- Tweetakt brommers en scooters veroorzaken hogere pieken luchtverontreiniging dan viertakt brommers en scooters;
- Van de ondervraagde longpatiënten die nog fietsen, ervaart de helft meer luchtwegklachten tijdens het fietsen en een kwart mijdt bepaalde fietsroutes vanwege luchtkwaliteit. Verkeer, ook brommers en scooters, is een belangrijke bron van luchtwegklachten van mensen met een longziekte.

### 5.2 Beleidsaanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gegeven op basis van deze en voorgaande studies:

#### 5.2.1 Aanbevelingen voor nationaal beleid

- Uitfasering van brommers en scooters (zoals aangenomen door tweede kamer, motie november 2016) met verbrandingsmotor versnellen.

Indien dat niet mogelijk is op korte termijn dan:

- Strengere eisen aan uitlaatgassen van brommers en scooters;
- Strengere controle op uitlaatgassen;
- Faciliteren van gemeentelijk brommerbeleid (brommers en scooters naar rijbaan en milieuzone voor brommers en scooters).

#### 5.2.2 Lokaal beleid

Zolang brommers en scooters met verbrandingsmotoren niet zijn uitgefaseerd:

- Weer niet-elektrische brommers en scooters van (snel)fietsroutes;
- Verplaats brommers en scooters naar de rijbaan: meer afstand tussen brommers/scooters en fietsers levert een reductie op in luchtverontreiniging en daardoor gezondheidswinst;
- Milieuzone voor vervuilende brommer en scooters;
- Stimuleren van gebruik van e-scooters en e-bikes door bijvoorbeeld voorlichting en subsidies.

## 6. LITERATUUR

Boogaard H, Hoek, G, Blootstelling aan ultrafijn stof tijdens fietsen en autorijden in Nederlandse steden, Universiteit Utrecht, 2008

Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, III et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(21):2331-2378.

Gerlofs-Nijland M.E. Mathijssen EAM, Jongeneel WP, Cassee FR, Gezondheidseffecten van brommeremissies. RIVM briefrapport 630315001/2011

de Hartog JJ, Boogaard H, Nijland H, Hoek G. Do the health benefits of cycling outweigh The risks? *Environmental Health Perspectives*, 2010; 118(8): 1109–1116

HEI Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution. Traffic-related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. Boston, Mass: Health Effects Institute, 2010

Hensema A, Roeterdink W, De effecten van brommers op de luchtkwaliteit in de gemeente Amsterdam, TNO, 2009

Hensema A, Mensch P van, Vermeulen R., Tail-pipe emissions and fuel consumption of standard and tampered mopeds, TNO, 2013, R10232

Kaur S. , Nieuwenhuijsen M.J., Colville R.N., Pedestrian exposure to air pollution along a major road in Central London, UK, *Atmospheric Environment* 39 2005: 7307–7320.

Kerckhoffs J., Hoek G., Messier K.P, Brunekreef B., Meliefste K., Klompaker J.O., Vermeulen R., Comparison of Ultrafine Particle and Black Carbon Concentration Predictions from a Mobile and Short-Term Stationary Land-Use Regression Model, *Environ. Sci. Technol.* 2016; (50) 12894–12902

Kingham S., Pattinson W., Shrestha K., Longley I., Salmond J., Determination of personal exposure to traffic pollution while travelling by different modes. 2011; NZ Transport Agency research report 457. 104pp.

McCreanor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *New England Journal of Medicine* 2007; 357: 2348–2358.

McNabola, Broderick BM, Gill LW, Reduced exposure to air pollution on the boardwalk in Dublin, Ireland, Measurement and prediction, *Environment International* 2008; (34) 86–93

NIVEL, Factsheet Luchtvervuiling, bron van problemen voor mensen met astma en COPD, 2015

NIVEL, Longfonds, Leven met een longziekte in Nederland, Cijfers en trends over de zorg- en leefsituatie van mensen met een longziekte – 2016, Utrecht, 2017

Platt SM, Haddad IEI, Pieber SM, Huang RJ et al, Two-stroke scooters are a dominant source of air pollution in many cities, *Nature Communications* 2014; (5) 3749,



Ragetti M.S., Ducret-Stich R.E., Foraster M., Morelli X., Aguilera I., Basagana Corradi E., Ineichen A., Tsai M., Probst-Hensch N., Rivera M., R. Slama R., Künzli N., Phuleria H.C., Spatio-temporal variation of urban ultrafine particle number concentrations, 2014; Atmospheric Environment 96. 275-283

Van Poll HFPM, Breugelmans ORP, Devilee JLA, Hinder, bezorgdheid en woontevredenheid in Nederland. Inventarisatie Verstoringen 2008, RIVM, 2011.

Verbeek M, Bijdrage van brommers en scooters aan de luchtkwaliteit in Amsterdam (update), TNO rapport 2015, R11435v2

Weijers E.P, Khlystov A.Y., Kos G.P.A.,\*, Erisman J.W., Variability of particulate matter concentrations along roads and motorways determined by a moving measurement unit. Atmospheric Environment 2004; (38) 2993–3002

van der Zee, S.C., Dijkema, M.B.A., van der Laan, J. Hoek, G. The impact of inland ships and recreational boats on measured NOx and ultrafine particle concentrations along the waterways, Atmospheric Environment, 2012, 55: 368-376

Zhu Y, Hinds WC, Kim S, Sioutas C. Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway. J Air Waste Manag Assoc. 2002;52(9):1032-1042.

Zurbier M, Hoek G, Oldenwening M, Meliefste K, Van den Hazel P, Brunekreef B, Respiratory Effects of Commuters' Exposure to Air Pollution in Traffic, Epidemiology, 2011: 22 (2): p219-227

Zurbier M, Hoek G, Oldenwening, Lenters V, Meliefste K, van den Hazel P, Brunekreef B. Commuters' exposure to particulate matter air pollution is affected by mode of transport, fuel type, and route. Environmental Health Perspectives, 2010; 118(6):783-789.

Zurbier M, Groenewold L, Groot B, Vaal M, Bijdrage binnenscheepvaart en dieseltreinen aan roet en ultrafijn stof, Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden, Arnhem, 2013

## BIJLAGE 1 OVERZICHT MEETPLAATSEN

Tabel B1: Meetplaatsen

Plaats en datum	Tijdstip	Type meetlocatie	Straat	GPS en windrichting
<b>Nijmegen</b> 22-9-2016	08:07 - 08:52	fietssnelweg, auto te gast	Muntmeesterlaan nr 36	X: 5°49'37"O Y: 51°49'44"N - Windrichting: ZO
	09:14 - 10:00	fietssnelweg	Mulderspad bij geluidsscherm	X: 5°49'35"O Y: 51°49'42"N - Windrichting: OZO
	14:22 - 14:52	fietsstrook	Molenstraat nr 101	X: 5°51'40"O Y: 51°50'36"N - Windrichting: ZW
	15:26 - 16:10	tunnel	Tunnelweg	X: 5°51'28"O Y: 51°50'38"N - Windrichting: nvt
	17:15 - 18:10	fietspad	Zwanenveld, schuin tegenover politiebureau	GPS X: 5°47'40"O Y: 51°49'18"N - Windrichting: nvt
<b>Arnhem</b> 23-9-2016	14:23 - 15:00	fietspad bij de brug	John Frostbrug	X: 5°54'55"O Y: 51°58'39"N - Windrichting: ZWZ
	15:28 - 16:21	fietssnelweg	Stadhoudersstraat nr 5	X: 5°55'22"O Y: 51°58'40"N - Windrichting: ZWZ
<b>Arnhem</b> 26-9-2016	08:46 - 09:32	fietspad	Velperbinnensingel nr 10	X: 5°54'50"O Y: 51°58'52"N - Windrichting: NON
	09:59 - 10:30	brug	Mandelabrug	X: 5°54'9"O Y: 51°58'53"N - Windrichting: ZW
	12:11 - 13:11	verkeerslicht	Nieuwe Plein 34	X: 5°54'14"O Y: 51°58'59"N - Windrichting: ZO
	13:26 - 14:06	fietsstrook	Willemsplein	X: 5°54'14"O Y: 51°58'60"N - Windrichting: O
<b>Amsterdam</b> 27-9-2016	07:45 - 08:44	verkeerslicht	Weesperplein Sarphatistraat	X: 4°54'19"O Y: 52°21'44"N - Windrichting: -
	08:58 - 09:56	fietspad	Weesperplein nr 13	X: 4°54'20"O Y: 52°21'43"N - Windrichting: ZW
	12:17 - 13:16	fietsstrook	Haarlemmerdijk nr 59	X: 4°53'16"O Y: 52°22'57"N - Windrichting: ZW
	13:50 - 14:48	fietssnelweg	Fietspad CS	X: 4°54'3"O Y: 52°22'49"N - Windrichting: O
	15:48 - 16:28	fietsstrook	Sarphatistraat 6	X: 4°54'8"O Y: 52°21'36"N - Windrichting: ZW
<b>Harderwijk</b> 28-9-2016	09:46 - 10:38	verkeerslicht	Spoorwegovergang Deventerweg-Hoofdweg	X: 5°37'54"O Y: 51°20'22"N - Windrichting: ZWZ (stevige wind)
	11:20 - 12:05	fietsstrook	Veldkamp, 50m van hoek met Kranenburglaan	X: 5°37'36"O Y: 51°19'56"N - Windrichting: W
	13:57 - 14:44	fietspad	Burgemeester de Meesterlaan t.o. nr 80	X: 5°37'41"O Y: 51°21'12"N - Windrichting: W

# Nijmegen



Fiets**snelweg** bij Muntmeesterlaan  
64 brommers, 42 auto's



Fiets**snelweg** Mulderspad, 25  
brommers, geen auto's



Fiets**strook** bij Molenstraat  
83 brommers, 362 auto's



Fiets**tunnel** bij tunnelweg  
27 brommers, geen auto's

# Arnhem



Fiets**strook** Willemssplein, 62  
brommers, 25 auto's



Fiets**pad** Velperbinnensingel, 28  
brommers, 78 auto's



Fiets**nelweg** bij Stadhoudersstraat 5,  
56 brommers, 1 auto



# Arnhem, bij bruggen



Fietspad bij John  
Frostbrug  
59 brommers

Fietsstrook bij Mandelabrug  
23 brommers, 11 overig  
gemotoriseerd verkeer



# Amsterdam



Fiets**nelweg**,  
achter CS  
210 brommers, 63  
bussen, geen auto's



Fiets**pad**,  
Weesperplein  
39 brommers,  
139 auto's



Fiets**strook**, auto te gast  
Haarlemmerdijk, 150  
brommers, 64 auto's



Fiets**strook**  
Sarphatistraat 6  
44 brommers, 297 auto's

# Harderwijk



Fietsstrook, Veldkamp,  
9 brommers, 246  
auto's



Fietspad, B. de  
Meesterlaan,  
30 brommers, 242  
auto's



# Verkeerslichten en spoorwegovergang



Arnhem,  
Nieuwe plein



Deventerweg/Hoofdweg,  
Harderwijk



Amsterdam  
Weesperplein



## BIJLAGE 2 DETAILS MEETMETHODEN ULTRAFIJNSTOF, ROET EN FIJNSTOF

### Meetmethode ultrafijnstofdeeltjes

Voor de bepaling van ultrafijnstofdeeltjes is gebruikt van een Particle Counter van Testo, type DiscMini.



#### Meetprincipe

Omgevingslucht wordt op neushoogte door een PM<sub>2,5</sub> impactor met een aanzuigsnelheid van 1 l/min door de particle counter geleid. Het meetprincipe is gebaseerd op het elektrostatisch laden van aërosolen. Positieve luchtionen, gegenereerd door een corona, worden gemengd met de aerosol. De geladen deeltjes worden dan gedetecteerd in twee fasen door elektrometers. De stroomsterkte door beide elektrometers kan worden vertaald naar een gemiddelde deeltjesgrootte. De som van beide stroomsterktes is een maat voor de concentratie. De DiscMini detecteert deeltjes variërend in grootte van 10 tot 500 nm. De concentratiebereik ligt in het gebied van ongeveer 1.000 tot meer dan 1.000.000 deeltjes per kubieke centimeter. De DiscMini levert per seconde meetwaarden.

De meetonzekerheid in de deeltjesgrootteverdeling en concentratie bedraagt volgens opgave van de fabrikant 10-15%.

In een onderzoek naar de validiteit van real-time metingen, zijn DiscMini's vergeleken met een CPC 3785 (Condensation Particle Counter), een standaard meetinstrument voor ultrafijnstofmetingen. De metingen tussen beide meetinstrumenten kwamen goed overeen (Viana et al. 2015).

## Meetmethode roet (zwarte rook, Black Carbon, BC)

Voor de bepaling van zwarte rook (Black Carbon, BC), een maat voor roet, is gebruik gemaakt van een aethalometer van MicroAeth, type AE51.



### Meetprincipe

Omgevingslucht wordt op neushoogte aangezogen en wordt in de aethalometer door een filter geleid. De zwevende deeltjes worden continue op het filtermateriaal afgevangen. Het filter wordt door middel van een lichtbron (880 nm) bestraald. Enerzijds wordt de lichttransmissie door het filter gemeten. Boven het filter wordt het gereflecteerde licht gemeten. Black carbon wordt bepaald uit een combinatie van absorptie en reflectie van het opgestraalde licht.

De metingen zijn uitgevoerd bij een aanzuigsnelheid van 100 ml/min en een middelingstijd van 1 minuut. De meetonzekerheid bedraagt volgens opgave van de fabrikant ca. 0,1  $\mu\text{g BC}/\text{m}^3$  (150 ml/min, 1min.).

In een onderzoek naar de validiteit van real-time metingen, zijn MicroAethalometers vergeleken met een MAAP, een standaard meetinstrument voor roetmetingen. De metingen tussen beide meetinstrumenten kwamen goed overeen (Viana et al. 2015).

## Meetmethode fijnstof (PM2,5 en PM10)

Voor de bepaling van PM2,5 en PM10, is gebruik gemaakt van DUSTTRAK DRX DESKTOP AEROSOL MONITOR, TSI/8533



### Meetprincipe

De DustTrak T DRX Aerosol Monitor 8533 kan gelijktijdig zowel de massa (ingeschat op basis van deeltjestellingen) als grootte van de fracties meten. De DustTrak DRX is een desktop, data-logging, light-scattering laser photometer die real-time stofconcentraties weergeeft.

Meetprincipe: 90° light scattering;

Deeltjesgrootte: 0.1 - 15 micrometer;

Meetbereik: 0.001 - 150 mg/m<sup>3</sup>.

## BIJLAGE 3 ACHTERGRONDWAARDEN PER DAG

Tabel B3: Achtergrondconcentraties ultrafijnstof, PM2,5, PM10 en roet tijdens de metingen

Datum en plaats	Adres meting	starttijd	PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Roet $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ultrafijn stof ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ )
22 sept 2016 Nijmegen				32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Niet bekend
	1	08:07	10		1,6	
	2	09:14	13		1,7	
	3	10:58	17		1,6	
	4	13:33	13		1,2	
	5	14:22	16		1,2	
	6	15:26	16		1,2	
	7	17:15	20	1,5		
23 sept 2016 Arnhem				18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Niet bekend
	8	14:23	4		0,8	
	9	15:28	2		0,7	
26 sept 2016 Arnhem				23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Niet bekend
	10	08:46	9		1,5	
	11	09:59	11		1,4	
	12	12:11	10		1,5	
	13	13:26	6	0,4		
27 sept 2016 Amsterdam	14	07:45	8	17,5	1,9	13.200
	15	08:58	6	27,4	2,8	17.600
	16	12:17	17	31,9	1,1	9.050
	17	13:50	13	31,0	1,0	16.200
	18	15:48	10	30,8	1,1	10.300
28 sept 2016 Harderwijk				16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Nijmegen) 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Laren)		Niet bekend
	19	09:46	9		0,8	
	20	11:20	4		0,5	
	21	13:57	5	0,4		

Voor de meetlocaties Nijmegen, Arnhem en Harderwijk zijn voor PM2,5 en roet uurwaarden van stadsachtergrondstation Nijmegen De Ruyterstraat van het RIVM gebruikt. Voor PM10 is de 24-uursconcentratie van RIVM straatstation De Graafseweg in Nijmegen gebruikt. Voor Harderwijk is voor PM10 ook de waarde van het RIVM station in Laren weergegeven. Voor de meetlocatie Amsterdam zijn waarden van stadsachtergrondstation Vondelpark van GGD Amsterdam gebruikt.

## BIJLAGE 4 VRAGENLIJST VOOR HET LONGPANEL VAN HET LONGFONDS, NOVEMBER 2016

- 1) Wat is uw leeftijd?
- 2) Welke luchtwegklachten heeft u ?  
 Astma  
 COPD  
 Anders namelijk.....
- 3) Wordt u door luchtwegklachten beperkt in uw dagelijkse activiteiten (*bij standaard medicatie*) ?  
 Ernstig beperkt  
 Wel beperkt, maar niet ernstig  
 Helemaal niet beperkt
- 4) Hoeveel fietst u?  
 Vaak (6-7 dagen per week)  
 Regelmatig (3-5 dagen per week)  
 Soms (minder dan 3 dagen per week)  
 Nooit
- 5) Ondervindt u op de fiets meer of minder luchtwegklachten dan thuis?  
 Minder  
 Meer  
 Niet meer en niet minder
- 6) Welke klachten ervaart u tijdens het fietsen?  
 Benauwdheid  
 Hoesten  
 Geen  
 Anders namelijk .....
- 7) Zijn de klachten tijdens fietsen zodanig dat u  
meer medicijnen moet gebruiken? ja/nee  
sommige fietsroutes mijdt? ja/nee  
minder fietst dan u eigenlijk zou willen? ja/nee
- 8) Zijn er duidelijke bronnen aan te wijzen waardoor u luchtwegklachten heeft tijdens het fietsen  
(*meerdere antwoorden mogelijk*):  
 auto's  
 vrachtauto's  
 bussen  
 brommers en scooters op fietspad  
 brommer en scooters op rijbaan  
 mist/kou  
 inspanning  
 rokende mensen op fietspaden  
 parfum  
 nvt  
 anders namelijk...
- 9) Opmerkingen.....

## BIJLAGE 5 OVERZICHT HOGE PIEKEN PER MEETPLAATS

Overzicht voorkomen pieken ultrafijnstof > 300.000 deeltjes/cm<sup>3</sup>, die specifiek konden worden toegewezen aan een voertuig.

Plaats	Adres en omschrijving	Tijdsduur meting (min:sec)	2-takt brommer	4-takt brommer	4 takt en 2 takt	Bestel bus en auto gelijktijdig	Diesel-bus	Vrachtauto	Auto	Overig	Pieken veroorzaakt door brommer en ander voertuig
Nijmegen	Muntmeesterlaan fietssnelweg, auto te gast	44:17:00	1	2							
	22 sept	Molenstraat fietsstrook	75:16:00							1	1
		Tunnelweg tunnel	43:30:00	2	2	1					1
Arnhem	John Frostbrug, fietspad	37:16:00	1								0
23 en 26 sept	Stadhoudersstraat 5 fietssnelweg	53:01:00	4	1							
	Velperbinnensingel10 fietspad	46:17:00									
	Mandelabrug	30:43:00									
	Verkeerslicht nieuwe plein	60:00:00		2							
	Willemsplein 28, fietsstrook	40:33:00	5	1							
Amsterdam	Haarlemmerdijk nr 59 fietsstrook	59:27:00									
27 sept	Fietspad CS fietssnelweg	58:47:00	4	2	2						2
	Sarphatistraat 6 fietsstrook	40:19:00	1	5				2	1		5 (2 onbekende bron)
Harderwijk	Spoorwegovergang Deventerweg-Hoofdweg verkeerslicht	52:54:00	1			1					1
	29-sep	Veldkamp fietsstrook	45:02:00	1			1				1
		BdeMeesterlaan fietspad	47:03:00		1		1				1

**GGD Gelderland-Midden** is onderdeel van de Veiligheids- en  
Gezondheidsregio Gelderland-Midden



**GGD Gelderland-Midden**

Postbus 5364

6802 EJ ARNHEM

T 0800 8446 000

E [ggd@vggm.nl](mailto:ggd@vggm.nl)

I [www.vggm.nl](http://www.vggm.nl)



**Gelderland-Midden**