

BROMMERS IN DE STAD, HANDIG VERVOERMIDDEL OF BRON VAN OVERLAST?

Brommers zijn al jaren een veelgebruikt vervoermiddel en winnen vooral in steden aan populariteit. Brommerbestuurders verplaatsen zich snel door het drukke stadsverkeer en kunnen vaak makkelijk parkeren. In dit verhaal aandacht voor de effecten van brommers op de luchtkwaliteit.

ARJAN EIJK, NORBERT LIGTERINK, PIM VAN MENSCH, RICHARD SMOKERS EN RIANNE DRÖGE*

Ondanks het feit dat veel over de uitstoot van brommers (lees: brom- en snorfietsen) geklaagd wordt, blijkt uit diverse studies (Eijk et al., 2014; Verbeek, 2015) dat de bijdrage van brommers aan bijvoorbeeld de NO₂- en PM₁₀-concentraties beperkt is. Aangezien in Europa met name aandacht gegeven wordt aan het verlagen van NO₂- en PM10-concentraties in de lucht, kregen brommeremissies tot nu toe beperkt aandacht.

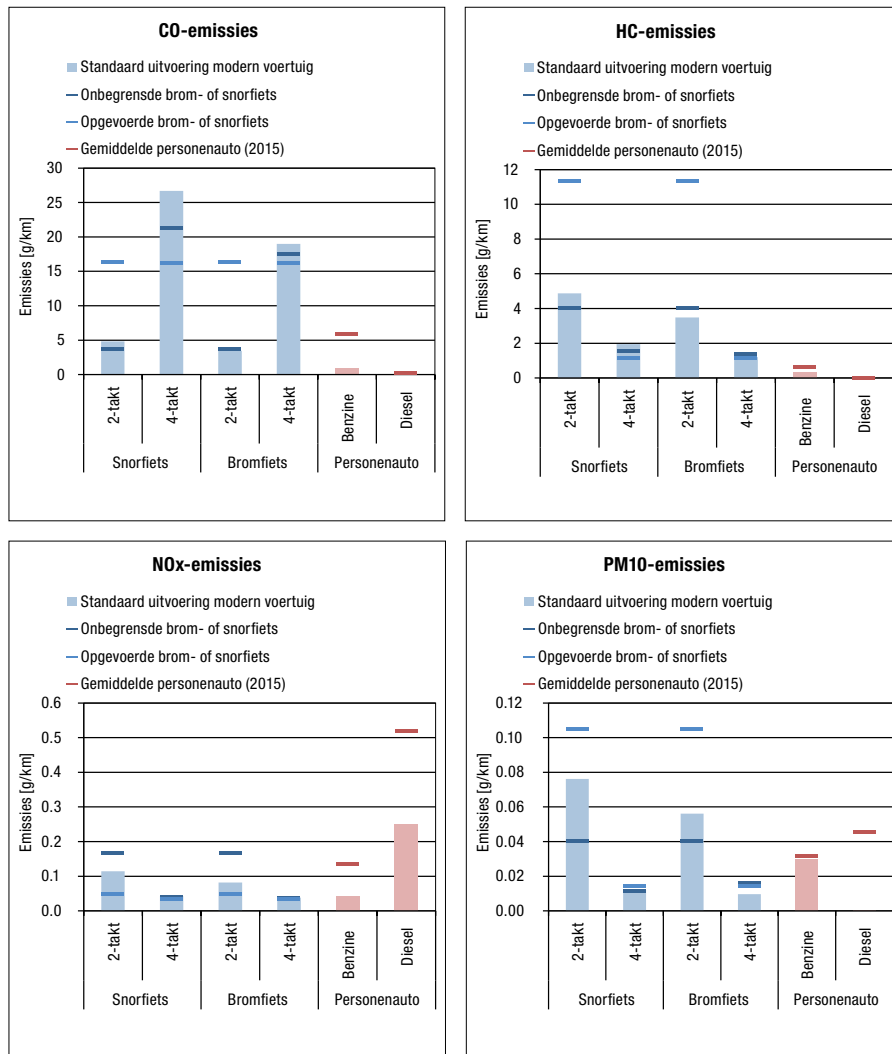
De bijdrage van het huidige brom- en snorfietsenpark aan andere schadelijke verkeersemisies is voor een aantal stoffen aanzienlijk. Zo veroorzaken brom- en snorfietsen in Amsterdam ongeveer 31% van de door verkeer uitgestoten koolstofmonoxide en meer dan 23% van de koolwaterstoffen (Verbeek, 2015). Onderdeel van deze verzameling van koolwaterstoffen zijn onder andere de kankerverwekkende stoffen toluene en benzeen. Van andere stoffen die door het brommerpark worden uitgestoten, is echter bekend dat ze kunnen leiden tot ernstige gezondheidsschade, maar is er geen duidelijk

beeld van de omvang van deze effecten. Dit komt mede doordat het gezondheidseffect afhankelijk is van vele parameters, zoals van de duur van blootstelling, de hoogte van de concentratie, de combinatie met andere stoffen, de leeftijd en gezondheid van de blootgestelde enzovoort. Benzeen, al dan niet in combinatie met deeltjesuitstoot, lijkt op basis van WHO-richtlijnen bij de huidige samenstelling van uitlaatgassen van brom- en snorfietsen het grootste gezondheidsrisico te hebben.

De uitstoot van brom- en snorfietsen wordt, net als bij personen- en vrachtwagens, door Europese regelgeving (zogenaamde Euronormen) aan banden gelegd. Deze regelgeving is sinds 2002 echter nauwelijks gewijzigd. De brommers die momenteel verkocht worden, hoeven slechts te voldoen aan Europese (Euro 2) eisen uit 2002. Dat steekt schril af tegen de ontwikkelingen van de Europese eisen aan personen-, bestel- en vrachtwagenemissies. De emissiewetgeving voor deze voertuigen is sinds het begin van de eeuw maar liefst vier keer aangescherpt (van Euro 2 naar Euro 6). Vanaf 2017 (Euro 4) en vanaf 2020 (Euro 5) komen eindelijk brommers op de markt, die aan aangescherpte nieuwe emissie-eisen voldoen. De vraag is of hiermee de komende jaren

Brom- en snorfiets type	Euro-klasse	CO [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]	THC + NO _x [g/km]	PM ₁₀ (uitlaat) [g/km]	CO ₂ [g/km]	
4-takt	25 km/h	Euro 0	24,1	13,9	0,04	13,9	0,21	45,1
		Euro 1	24,1	2,73	0,04	2,75	0,09	45,3
		Euro 2	24,1	1,75	0,04	1,79	0,01	45,1
	45 km/h	Euro 0	18,4	13,9	0,04	13,9	0,21	34,5
		Euro 1	18,4	2,73	0,04	2,75	0,09	36,0
		Euro 2	18,4	1,23	0,04	1,27	0,01	34,5
2-takt	25 km/h	Euro 0	14,1	13,9	0,12	13,9	0,21	79,7
		Euro 1	6,68	5,27	0,12	5,39	0,09	79,7
		Euro 2	5,63	5,27	0,12	5,39	0,07	79,7
	45 km/h	Euro 0	14,1	13,9	0,10	13,9	0,21	64,0
		Euro 1	6,68	4,38	0,10	4,47	0,09	64,0
		Euro 2	4,79	4,38	0,10	4,47	0,06	64,0

Tabel 1: Huidige emissiefactoren van brom- en snorfietsen.



Figuur 1: Vergelijking van emissies van moderne brom- en snorfietsen met moderne en gemiddelde personenauto's.

de overlast in de praktijk voldoende (snel) teruggedrongen wordt.

Typische brommeremissies

Op basis van diverse meetprogramma's van TNO, uitgevoerd in 2013 of eerder, zijn emissiefactoren voor de standaarduitvoering van diverse typen brom- en snorfietsen afgeleid. De gemiddelde emissiefactoren voor de standaard brom- en snorfietsen zijn weergegeven in tabel 1.

De onderzoeken die ten grondslag liggen aan deze emissiefactoren, zijn soms wat ouder of soms (Hensema, 2013) gebaseerd op slechts enkele typen brommers. Rekening houdend met deze beperkingen kunnen meerdere conclusies worden getrokken, te weten:

- De uitstoot van CO is typisch hoog bij 4-taktbrom- en snorfietsen. Dit geldt het sterkst voor de oudere 4-takts.

- De koolwaterstofemissies zijn typisch hoog bij 2-taktbrommers. Voor de oude brom- en snorfietsen is de uitstoot het hoogst.
- Voor alle stoffen geldt dat de snorfietsen ongeveer evenveel uitstoten als de bromfietsen of soms iets meer. Het begrenzen van bromfietsen tot snorfiets heeft dus een negatief effect op de uitstoot.

In de TNO meetprogramma's is ook aandacht besteed aan de emissies van gemodificeerde snorfietsen en opgevoerde brommers (Hensema et al., 2013). Dit blijkt met name de emissies van 2-taktbrom- en snorfietsen sterk tot zeer sterk te kunnen verhogen.

In figuur 1 wordt een vergelijking gemaakt tussen emissies gemeten aan standaard voertuigen (zie de gekleurde balken) en voertuigen waarvan de snelheidsbegrenzer verwijderd is (onbegrens-

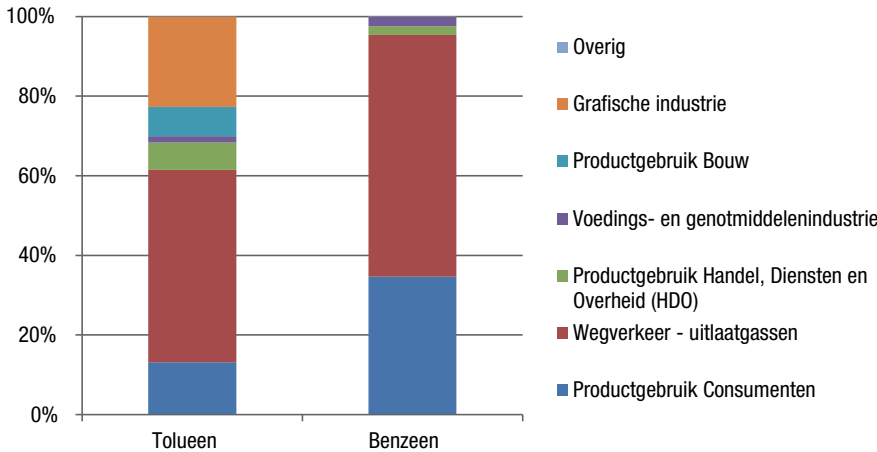
de voertuigen). Ook kan een vergelijking met een gemiddelde Nederlandse benzine- of dieselwagen gemaakt worden.

Koolwaterstoffen

Koolwaterstoffen (HC) zijn chemische verbindingen van koolstof- en waterstofatomen die veelal brandbaar zijn en worden gebruikt als brandstof. Benzene en diesel bestaan uit verschillende koolwaterstoffen, zoals alkanen, benzeen en toluen. Deze koolwaterstoffen komen grotendeels door onvolledige verbranding in de uitlaatgassen terecht. Benzeen is een vluchtige vloeistof die kankerverwekkend is. Om te voorkomen dat het risico's voor de gezondheid vormt, is het gebruik van benzeen wettelijk beperkt. Ook toluen is toxisch, maar in tegenstelling tot benzeen niet kankerverwekkend. Wel veronderstellen wetenschappers dat toluen bij langdurige of regelmatige blootstelling blijvende schade aan verstandelijke en emotionele functies kan veroorzaken.

Zoals te zien is in figuur 2 levert verkeer een zeer grote bijdrage aan de totale uitstoot van toluen en benzeen in Amsterdam. Indien specifiek wordt gekeken naar de uitstoot waaraan de gemiddelde Amsterdamse burger wordt blootgesteld, dan is de relatieve bijdrage van verkeer aan de toluenuitstoot nog groter. Het beperken van de uitstoot van benzeen en toluen door verkeer kan daarom een significant effect hebben op de blootstelling van burgers aan deze stoffen.

Koolwaterstoffen die door verkeer worden uitgestoten, vormen een belangrijk deel van de fijn stof die uit de uitlaat komt. Maar daarnaast komen koolwaterstoffen ook gasvormig uit de uitlaat. Van beide soorten koolwaterstoffen, de vluchtige en de minder vluchtige, is aangetoond dat ze in hoge concentraties schadelijk zijn voor de gezondheid.



Figuur 2: Bijdrage van verschillende bronnen aan de totale toluene- en benzeenuitstoot in Amsterdam (Verbeek, 2015).

Benzeen lijkt op basis van WHO-richtlijnen bij de huidige samenstelling van uitlaatgassen van brommers en snorfietsen het grootste gezondheidsrisico te leveren.

Nederlandse Emissieregistratie

De metingen aan brommers leveren informatie op over emissies per gereden kilometer. Deze emissiefactoren worden binnen de Emissieregistratie gebruikt om te berekenen hoeveel emissies er in totaal per jaar worden uitgestoten door bromfietsen. De emissies in de Emissieregistratie worden berekend door het aantal gereden kilometers per jaar in Nederland te vermenigvuldigen met de emissiefactoren per kilometer. Het CBS levert een totaal kilometrage per jaar, maar heeft geen informatie over het exacte kilometrage per type voertuig. Deze wordt daarom ingeschat op basis van verkoopcijfers van verschillende typen bromfietsen en

de verwachte levensduur van de bromfietsen.

De bromfietsen zijn verantwoordelijk voor 27% van de emissies van koolwaterstoffen (NMVOS) en 9% van de CO-emissies uit wegverkeer. Dit komt overeen met ongeveer 5% van de totale nationale CO-emissies. Bromfietsen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 5% van de totale nationale NMVOS-emissies. De bijdrage aan de emissie van NH₃, NO_x en SO₂ is lager.

In de laatste decennia zijn verschillende wijzigingen geweest in de typen verkochte bromfietsen, met een bijbehorend effect op de emissies, zie elders in dit tijdschrift. Sinds 2002 moeten nieuw verkochte bromfietsen voldoen aan de Euro 2 norm, waardoor het aantal bromfietsen met een lagere euro-normering flink is verminderd. Verder worden nu vooral 4-taktbromfietsen

verkocht, terwijl dit in de jaren negentig van de vorige eeuw nog voor een groot deel 2-taktbromfietsen waren.

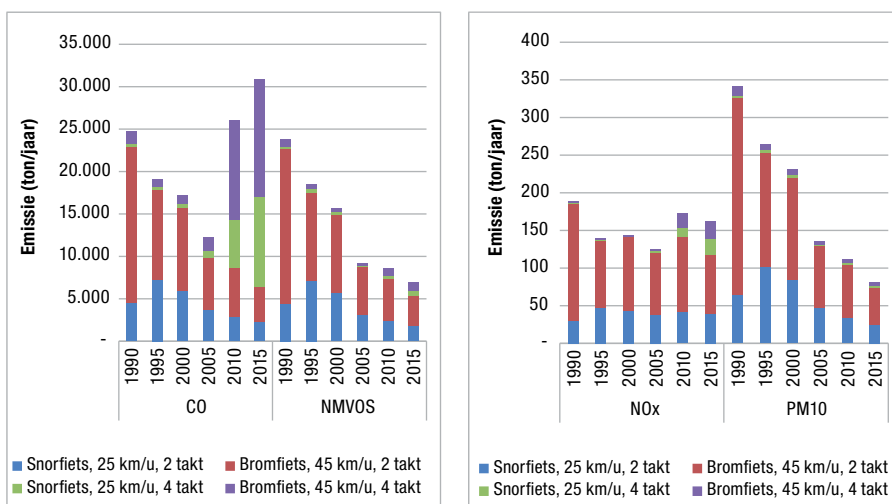
Deze langetermijntrends zijn van invloed op de uitgestoten emissies. In heel Nederland zien we een dalende trend in PM₁₀- en NMVOS-emissies door brommers, terwijl de laatste tien jaar een stijging te zien is in CO-emissies (zie figuur 3). De daling van PM₁₀- en NMVOS-emissies wordt veroorzaakt door een verschuiving van snor-/bromfietsen met Euroklasse 0 naar Euroklasse 2. De daling in CO-emissies tussen 1990 en 2005 is veroorzaakt doordat er steeds meer snor-/bromfietsen met Euroklasse 2 op de weg reden, terwijl de stijging in CO-emissies vanaf 2005 wordt veroorzaakt door een verschuiving van 2-taktbrommers naar 4-taktbrommers.

Nieuwe metingen

Om in steden negatieve effecten van brommeremissies (met name koolwaterstoffen) op de gezondheid terug te dringen kunnen diverse maatregelen getroffen worden. Denk bijvoorbeeld aan milieuzones of sloop-/subsidiereregelingen. Deze maatregelen zijn het meest effectief als de meest vervuilende typen brom- en snorfietsen uit het verkeer verdwijnen. Het belang van betrouwbare en representatieve emissiefactoren voor de diverse typen brom- en snorfietsen is daarmee groot.

De hiervoor genoemde emissiefactoren zijn gebaseerd op metingen uit 2013 en eerder waarbij twee typen brommers uitgebreid getest zijn. De afgelopen jaren zijn aanvullende metingen uitgevoerd aan 38 brom- en snorfietsen die een breed spectrum aan kenmerken omvatten:

- motortype: 2-takt, 4-takt;
- motortechnologie: carburateur, elektronische brandstofinjectie;

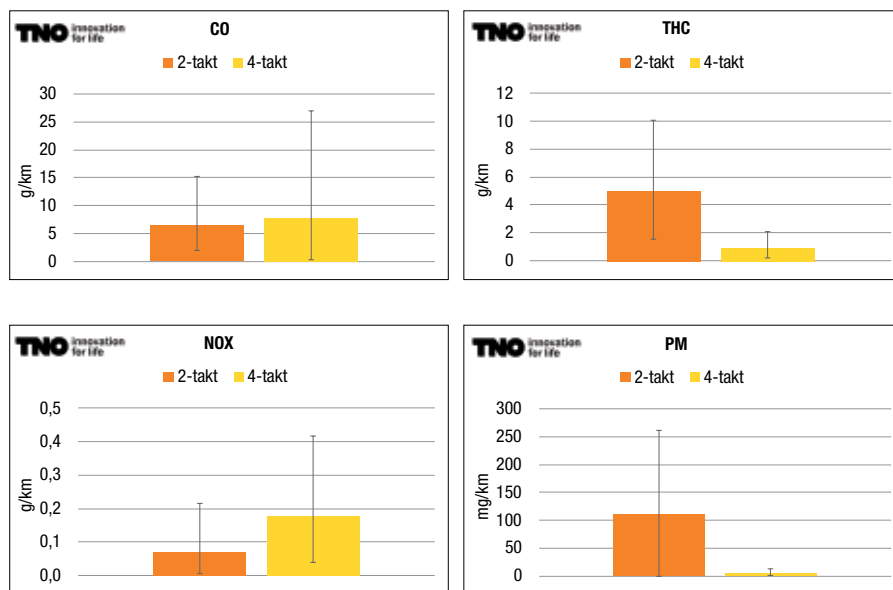


Figuur 3: Totale uitstoot van het brommerpark in Nederland.

- emissieklasse: Euro 2, Euro 3;
- conditie voertuig: nieuw, gebruikt, uiteenlopende kilometerstanden, opgevoerd, onbegrensd enzovoort;
- type voertuig: A-merk (gerenommeerde fabrikanten), B-merk (minder bekende, goedkope varianten).

Daarnaast zijn er verschillende soorten testen uitgevoerd op de rollenbank, variërend van de testcyclus (snelheidstijdpatroon) zoals toegepast tijdens de huidige en toekomstige typekeuring tot testen bij constante snelheden. Ook in de uitvoering van de testen is gevarieerd. Dit is gedaan door bijvoorbeeld de test te starten met een koude motor, of juist met een warme motor. Ook de snelheden zijn gevarieerd, sommige testen zijn precies gereden volgens de maximaal toegestane snelheden, 25 of 45 km/h, en in sommige testen is er op maximale snelheid gereden. Die maximale snelheid kan soms afwijken van de toegestane snelheid, ook bij de standaarduitvoering. Testen op de maximale snelheid is belangrijk omdat de snelheidsbegrenzer dan actief wordt. De snelheidsbegrenzer heeft in veel gevallen een negatief effect op het brandstofverbruik en de uitlaatgasemissies.

Figuur 4 geeft een samenvatting van de resultaten van een aantal uitgevoerde testen. De rode en oranje staven geven de gemiddelde emissieresultaten voor respectievelijk 2- en 4-taktvoertuigen aan. De zwarte foutbalken geven de minimaal en maximaal geobserveerde emissieresultaten weer. Voor deze figuren zijn alleen resultaten gebruikt van emissietesten die gebruikmaken van een testcyclus en die zijn gestart met een koude motor. Testen met constante snelheden zijn niet in de figuur opgenomen. Daarnaast zijn alleen voertuigen gebruikt in een standaarduitvoering, dat wil zeggen dat de originele componenten aanwezig waren (voor zover



Figuur 4: Gemiddelde emissieresultaten, inclusief bandbreedte, van 38 brom- en snorfietsen in standaarduitvoering, uitgevoerd sinds 2012.

bekend) en dat de snelheidsbegrenzing intact was. Deze tests zijn uitgevoerd aan alle 38 onderzochte brom- en snorfietsen. Elke brom- of snorfiets heeft minimaal twee van deze testen ondergaan, in de meeste gevallen nog meer. Het gros van de voertuigen is Euro 2 en de meeste toegepaste motoren maken gebruik van een carburateur. De overige voertuigen zijn exemplaren die aan de Euro 3 norm voldoen en/of voorzien zijn van elektronische injectie. Het dient opgemerkt te worden dat de resultaten niet een-op-een vergeleken kunnen worden met de formele typegoedkeuringseisen doordat de test voor Euro 2 geen koude start bevat. Bovendien is bij sommige voertuigen de toekomstige testcyclus gereden in plaats van de huidige testcyclus. De resultaten geven echter een goed beeld van emissies die in de praktijk voorkomen.

Voor de CO-emissies is er een enorme spreiding in de resultaten, variërend van minder dan 1 g/km tot aan 27 g/km. Ter indicatie, de limiet tijdens de typegoedkeuring van Euro 2 is 1 g/km. Gemiddeld hebben de geteste 2-taktvoertuigen lagere CO-emissies dan de 4-taktvoertuigen. Bij THC-emissies is dit beeld omgedraaid. Hier hebben de geteste 2-taktbrommers gemiddeld een fors hogere uitstoot dan de 4-taktbrommers. De typekeuringseis voor THC-

emissies is gecombineerd met de NO_x-emissies, namelijk 1,2 g/km NO_x + THC voor Euro 2. Het is duidelijk dat het gros van deze emissies THC-emissies is. Ook de PM-emissies zijn bij 2-taktvoertuigen fors hoger dan bij 4-taktvoertuigen. Voor PM-emissies is er (nog) geen limiet tijdens de typekeuring voor brommers. Echter, ter indicatie, de typekeuringseis voor moderne personenwagens is 4,5 mg/km. Gemiddeld zijn de PM-emissies van 2-taktbrommers ruim twintig keer hoger dan deze limiet.

De resultaten bevestigen grotendeels de emissiefactoren zoals weergegeven in tabel 1. Echter, voor 4-taktbrommers lijken CO-emissies lager dan de emissiefactor uit tabel 1. De emissiefactor voor NO_x lijkt onderschat voor 4-taktbrommers. Voor 2-taktbrommers lijkt de PM-emissiefactor te laag. Een uitgebreidere analyse van de nieuwe meetgegevens is nodig om tot een bijstelling van de emissiefactoren per type brom- of snorfiets te komen. Daarbij is het belangrijk om onderscheid te maken tussen verschillende typen voertuigen en technologieën, met name tussen brom- en snorfietsen en de Euroklasse. Uit de metingen is gebleken dat Euro 3 brommers en brommers met elektronische brandstofinjectie beter dan gemiddeld presteren. Formele bijstelling van de emissiefactoren zal plaatsvinden in

de context van het overlegorgaan GCN/GDN (een samenwerking onder supervisie van het RIVM tussen verscheidene ministeries, PBL, TNO en RWS) en ten behoeve van het NSL (Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit).

Het is niet precies duidelijk waarom de emissies soms zoveel afwijken van de typekeuringseisen. Ondanks dat het testprotocol niet hetzelfde is als tijdens de typekeuring, zou men zulke grote afwijkingen niet verwachten. De geselecteerde brommers zijn niet alleen nieuwe maar ook gebruikte brom- en snorfietsen met zeer uiteenlopende kilometerstanden. Mogelijk zijn bepaalde afwijkingen het gevolg van modificaties aan het voertuig die niet van buitenaf zichtbaar zijn. Het is ook mogelijk dat bijvoorbeeld de katalysator in de uitlaat niet meer goed werkt. Er zijn tenslotte voor deze voertuigen tot en met Euro 3 geen levensduureisen. Het is belangrijk om toekomstige Euro 4 en Euro 5 brommers goed te monitoren om te controleren of deze voertuigen betere emissieprestaties in de praktijk laten zien.

Discussie

Brommeremissies hebben in de Europese emissiewetgeving en het nationale beleid lang beperkt aandacht gekregen. Toch worden brommeremissies, met name de mix van deeltjes en koolwaterstoffen in de uitstoot, gezien als een toxische cocktail. Door de toenemende populariteit van brommers in de stedelijke omgeving wordt het belang hiervan ook groter.

Door de toenemende aandacht voor brommeremissies worden emissiefactoren voor de diverse typen brom- en snorfietsen meer relevant. De recente metingen aan een grote hoeveelheid brom- en snorfietsen bevestigen op

hoofdpijnen de bestaande emissiefactoren. Echter, voor 4-taktbrommers lijken CO-emissies lager en de NO_x-emissies hoger dan de bestaande emissiefactoren. Voor 2-taktbrommers lijken de gemiddelde emissies hoger dan de bestaande PM-emissiefactoren. Met de nieuwe dataset kunnen met meer zekerheid emissiefactoren afgeleid worden. Daarmee is een goede basis voor een update van de brommeremissiefactoren beschikbaar.

Met de implementatie van de nieuwe Europese emissierichtlijnen Euro 4 (2017) en Euro 5 (2020) worden aanzienlijk strengere eisen aan brommeremissies gesteld en zou daarmee op termijn de uitstoot van de brommervloot flink gereduceerd moeten worden. De technologie om brommers aan deze nieuwe eisen te laten voldoen, wordt echter veel complexer. De gewenste lage emissieniveaus worden alleen gerealiseerd indien de geavanceerde technologie ook in de praktijk daadwerkelijk goed functioneert. Monitoring van praktijkemissies van brommers lijkt een belangrijk instrument om dit te valideren. Deze metingen worden bij voorkeur dan ook op de openbare weg, onder representatieve praktijkcondities uitgevoerd. In navolging van het personen- en vrachtverkeer moeten brommeremissies in de toekomst niet alleen in een laboratorium maar ook met mobiele meetapparatuur op de weg gemeten worden. TNO onderzoekt momenteel de betrouwbaarheid van dergelijke mobiele meetapparatuur om in de nabije toekomst brommeremissies op de weg te kunnen meten. De apparatuur hiervoor is nog volop in ontwikkeling en nog niet op het niveau om nu al op grote schaal in te zetten.

De effecten van de invoering van nieuwe emissiewetgeving worden pas merkbaar nadat een flink deel van de

brommervloot vervangen is door nieuwe brommers. Uitgaande van de leeftijdsopbouw van de brommervloot en van de introductie datums van Euro 4 en met name Euro 5 zal dit tot ongeveer 2025 duren. Beleidsmaatregelen zoals milieuzones en/of sloopsubsidies zijn instrumenten om de verschoning aanzienlijk te versnellen.

* Arjan Eijk, Norbert Ligterink, Pim van Mensch, Richard Smokers en Rianne Dröge zijn allen werkzaam bij TNO.

Literatuur

- Dröge et al. (2011). *Emissions of two wheeled vehicles*. TNO, TNO report TNO-060-UT-2011-01556.
- Dröge et al. (2015). *Update emission model for two-wheeled mopeds*. TNO, TNO 2014 R11088.
- Hensema et al. (2009). *De effecten van brommers op de luchtkwaliteit in de gemeente Amsterdam*. TNO, TNO rapport MON-RPT-033-DTS-2009-00524.
- Hensema et al. (2013). *Tail-pipe emissions and fuel consumption of standard and tampered mopeds, 2013*. TNO, 2013 R10232.
- Jong, de, et al. (2000). *Hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten van milieuverontreiniging in Nederland, Inventarisatie Verstoringen 1998*. TNO.
- Jong, F.M.W. de & Janssen, P.J.C.M. (2010). *Road-map Normstelling Luchtnormen geordend*. RIVM, RIVM Rapport 601782026/2010.
- Spezzano et al. (2009). 'Gas- and particle phase distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in two-stroke, 50 cm³ moped emissions', *Atmospheric environment* 43 (2009), 539-545.
- Verbeek M.M.V. (2015). *Bijdrage van brommers aan de luchtkwaliteit in Amsterdam*. TNO, 2015 R11435.