Earth, Life & Social Sciences
Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00

TNO-rapport

TNO 2016 R10093

Brommers in de stedelijke leefomgeving Statusrapport

Datum	11 maart 2016
Auteur(s)	A.R.A. Eijk , P. van Mensch, R.F.A. Cuelenaere
Exemplaarnummer	2016-TL-RAP-0100293445
Aantal pagina's	43 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	6
Opdrachtgever	Ministerie van I&M
Projectnaam	I&M MaVe projectjaar 2015
Projectnummer	060.08196

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

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

© 2016 TNO

Brommers in de stedelijke leefomgeving

Doel van dit rapport is de bij TNO beschikbare kennis over de uitlaatgasemissies, de geluidemissies, de samenstelling van de brommervloot, de leeftijdsverdeling en de snelheden van brommers op een rij te zetten. Daarnaast worden de bijdragen van brommers aan de geluidbelasting en luchtvervuiling besproken en wordt nader ingegaan op de gezondheidseffecten hiervan. Tot slot wordt met het oog op mogelijk beleid een aantal opties voor maatregelen behandeld die kunnen worden genomen om de uitstoot en geluidoverlast te beperken en onveilig rijgedrag aan te pakken.

Onder de term brommers worden in dit rapport verstaan brom- en snorfietsen met een tweetakt- of een viertaktmotor, twee wielen en een cilinderinhoud van maximaal 50 cc. Snorfietsen zijn over het algemeen brommers, waarvan de maximale constructie snelheid is teruggebracht naar 25 km/h. Fabrikanten gebruiken voor snor- en bromfietsen hetzelfde basisontwerp. Motortechnisch zijn ze in basis gelijk. Daarnaast is er een categorie snorfietsen, zoals de Spartamet, die als snorfiets ontworpen zijn, en als zodanig ook een Europese typegoedkeuring hebben.

Dit rapport, dat is opgesteld in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, vormt hiermee een statusoverzicht dat gebaseerd is op door TNO uitgevoerde meetprogramma's, en verder beschikbare literatuur. In de bijlagen van dit rapport worden de uitgevoerde meetprogramma's nader toegelicht en worden verdere onderbouwingen gegeven.

Uitlaatgasemissies
De uitlaatgasemissies van brommers zijn relatief hoog. Over bijna de hele linie is in stedelijk gebied de uitstoot per kilometer hoger dan die van een benzineauto[1]. Het brandstofverbruik van brommers (uitgedrukt in CO_2 uitstoot: 25 – 100 gram/km) is gunstiger dan dat van een auto, al zijn er inmiddels zeer zuinige personenauto's die vergelijkbare verbruiken halen. Dat is opmerkelijk gezien het grote verschil in omvang en gewicht tussen een brommer en een personenauto.

Tabel 1: Brommeremissies in vergelijking tot moderne benzine personenvoertuigen

	Emissie per km van brommers vergeleken met emissie van moderne benzineauto's (in stedelijk gebied)
Onverbrande koolwaterstoffen	4 – 40 x
NO_x	1 – 3 x
CO	1 – 5 x
Fijnstof (uit uitlaat), uitgedrukt in PM_{10}	0,5 – 20 x
Geluid[2]	1 – 2 x
CO_2 (brandstof)	0,2 – 0,5 x

[1] Uitgaande van benzineauto's van Euro-4 of recenter. Euro-4 werd verplicht in 2005.
[2] Geluid van brommers is een schatting op basis van typegoedkeuringseisen voor brommers en geldt voor brommers zoals af-fabriek geleverd. Het is bekend dat modificaties aan brommers het geluidniveau sterk kunnen verhogen.

De vergelijkingen voor luchtverontreinigende emissies en brandstofverbruik zijn gebaseerd op de Nederlandse emissiefactoren voor brommers, zoals in 2015 vastgesteld. Hiervan is in Bijlage A een uitgebreid overzicht opgenomen.

Aan de emissiefactoren voor brommers ligt een beperkte dataset ten grondslag. De emissies van brommers zijn het meest uitgebreid en diepgaand onderzocht in een TNO-onderzoek uit 2013, dat nader is beschreven in Bijlage B. Eerdere en buitenlandse studies naar de emissies van brommers laten veelal eveneens hoge uitstoot zien, maar zijn door de opzet of aangehouden voertuigindeling niet direct bruikbaar voor de Nederlandse situatie. Een overzicht van deze studies is opgenomen in Bijlage C.

Brommers kennen onderling grote verschillen in de hoeveelheid emissies en brandstofverbruik. Voor een deel hangt dit samen met de toegepaste technieken. In het algemeen zijn tweetaktbrommers meer vervuilend dan viertaktbrommers. De uitstoot van tweetaktbrommers is ook gevoeliger – in negatieve zin – voor opvoeren. Brommers in een 25 km/h-versie (snorfietsen) hebben, door de toegepaste vormen van snelheidsbegrenzing, hogere emissies en een hoger brandstofverbruik dan 45 km/h-brommers. In onderstaande tabel zijn de belangrijkste verschillen samengevat.

Tabel 2: Opvallende kenmerken brommeremissies

Categorie	**Specifieke emissie kenmerken in stedelijk gebied**
Tweetaktbrommer (45 km/h versie)	In algemeen vervuilender dan viertakt: vooral hoger in uitstoot van onverbrande koolwaterstoffen, fijn stof en in mindere mate NO_x. Iets gunstiger in brandstofverbruik en gunstiger in CO uitstoot.
Viertaktbrommer (45 km/h versie)	In algemeen minder vervuilend dan tweetakt. Relatief hoge CO uitstoot.
Snorfiets (25 km/h versie)	Hogere emissies en fors hoger brandstofverbruik dan een 45 km/h-brommer.
Snorfiets zonder snelheidsbegrenzer	Emissies en brandstofverbruik lager dan 25 km/h-snorfiets en vergelijkbaar met 45 km/h-brommer. Dit bevestigt dat de onderzochte snorfietsen oorspronkelijk zijn ontworpen als brommer.
Opgevoerde brommer	Brommers kunnen op zeer uiteenlopende wijze opgevoerd worden. Uiteraard zijn de effecten van het opvoeren op brandstofverbruik en emissies sterk afhankelijk van de manier van opvoeren. Verontreinigende emissies stijgen fors (2-10x), het brandstofverbruik verandert beperkt. Dit laatste zal ook mede bepaald worden door het rijgedrag.

Voor brommers gelden, net als voor andere voertuigen voor wegverkeer, Europese emissienormen, die in de loop van de jaren zijn aangescherpt, In Bijlage E is een overzicht opgenomen.

- Het aanscherpen van de Euronormen heeft er tot op heden niet toe geleid dat de emissies van brommers in de loop van de jaren sterk zijn afgenomen. De Nederlandse emissiefactoren, die zijn gebaseerd op praktijkemissies, laten slechts een beperkte afname zien bij oplopende Euronormen, Bij viertaktbrommers is de uitstoot van onverbrande koolwaterstoffen en fijnstof afgenomen, bij tweetakt de uitstoot van CO.
- De stap naar Euro-3 in 2014 voor nieuwe typegoedkeuringen lijkt te hebben bijgedragen aan het versneld van de markt verdwijnen van tweetakt-

brommers. De trend van sterke afname in het marktaandeel van tweetakt was al wel vanaf 2011 waarneembaar.
- Met de aanscherping naar Euro-5 in 2020 worden de normen voor brommers, uitgedrukt in uitstoot per km, vergelijkbaar met Euro 5 benzineauto's (niet CO_2).

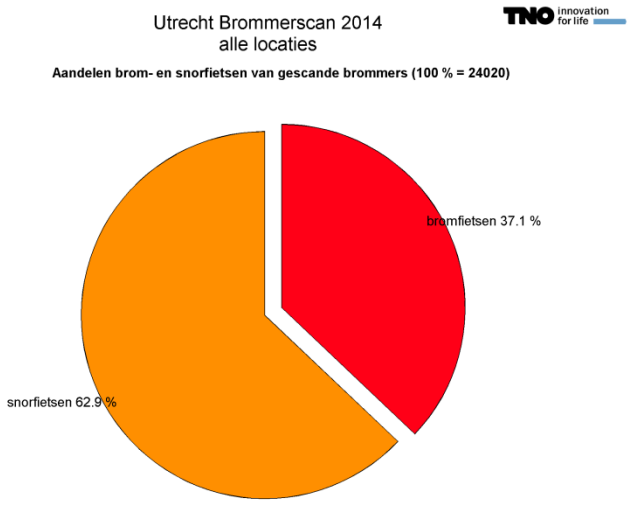
Geluidemissies

De geluidproductie van een gemiddelde brommer komt overeen met één tot twee auto's. Deze vergelijking is niet gebaseerd op concrete metingen, maar op de geluidproductie (bronvermogen) volgens de geluideisen van standaardbrommers en rekening houdend met een groep brommers die aanzienlijk meer geluid produceert dan de norm. Vooral het opvoeren (o.a. vervanging van originele uitlaat) of slecht onderhouden (defecte uitlaat) van brommers zorgt voor een hoge geluidproductie. Ook produceren tweetaktbrommers over het algemeen meer geluid dan viertakt-brommers. In Bijlage D is nader beschreven hoe tot deze inschatting is gekomen.

Samenstelling van de brommervloot

De bijdrage van brommers aan de overlast en luchtverontreiniging op een bepaalde locatie is afhankelijk van het type brommers dat op die locatie rijdt. Daarom is naast de uitstoot per individuele brommer ook de samenstelling van het passerende brommerpark relevant. In de gemeente Utrecht én de gemeente Amsterdam is door TNO onderzoek uitgevoerd naar de samenstelling van het brommerpark. Het Utrechtse onderzoek is nader beschreven in Bijlage F, het onderzoek in Amsterdam wordt in de loop van 2016 gepubliceerd.

In de gemeente Utrecht[3] is een viertal locaties met veel brommerverkeer geselecteerd en onderzocht. Het betreft invalswegen met veel brommerverkeer uit de omgeving van/naar het centrum van Utrecht. Op basis van dit onderzoek naar de samenstelling van het brommerpark in Utrecht is vastgesteld dat op de onderzochte locaties 63% een snorfiets is en 37% een "normale" bromfiets.



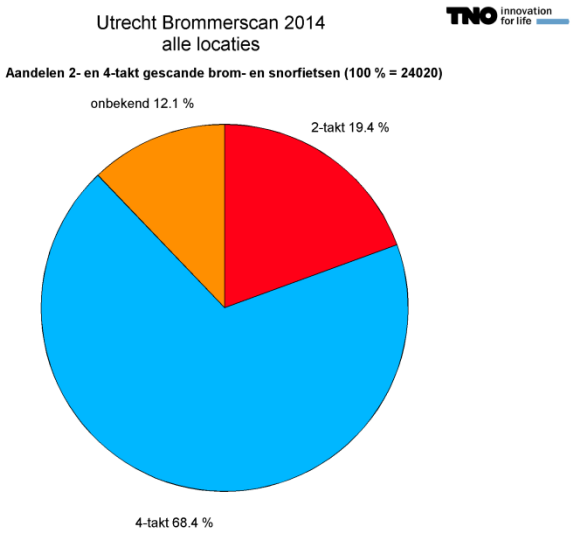
Figuur 1: Het aandeel snor- en bromfietsen in het brommerpark in Utrecht

[3] Eijk et al, Samenstelling van het wagenpark op zes locaties in Utrecht, TNO-060-DTM-2012-00825

Het onderzoek in Amsterdam laat op een grotere invalsweg naar het centrum van Amsterdam een vergelijkbaar beeld zien. Op twee andere locaties in Amsterdam is het aandeel brommers met ca. 11% duidelijk lager. De verschillende aandelen brommers zouden verklaard kunnen worden door de keuze van de meetlocaties. Het is aannemelijk dat op de locaties met slechts 11% brommers meer lokaal verkeer rijdt.

In de brommerscan in Amsterdam (2015) waarvan de resultaten in de loop van 2016 gepubliceerd zullen worden, is ook de herkomst van brom- en snorfietsen onderzocht. Uit de data is afgeleid dat ca. 40% van de waargenomen bromfietsen buiten de gemeente Amsterdam geregistreerd staan, voor de snorfietsen is dit percentage ca. 20%. Dit onderbouwd het beeld dat snorfietsen vooral lokaal gebruikt worden en dat bromfietsen mogelijk meer voor langere afstanden ingezet worden.

In het onderzoek in Utrecht zijn de waargenomen brommers onderverdeeld in snorfietsen en bromfietsen met een tweetakt- of viertaktmotor. Het begrip tweetakt of viertakt verwijst naar de werking van de motor. Van de ruim 24.000 waargenomen brommers is bijna 70% een viertaktbrommer en ongeveer 20% betreft een tweetakt variant (10% kon niet worden vastgesteld). Door de jaren heen is het aandeel tweetaktbrommers sterk afgenomen. Het is de verwachting dat tweetaktbrommers langzaam maar zeker uit het straatbeeld zullen verdwijnen.



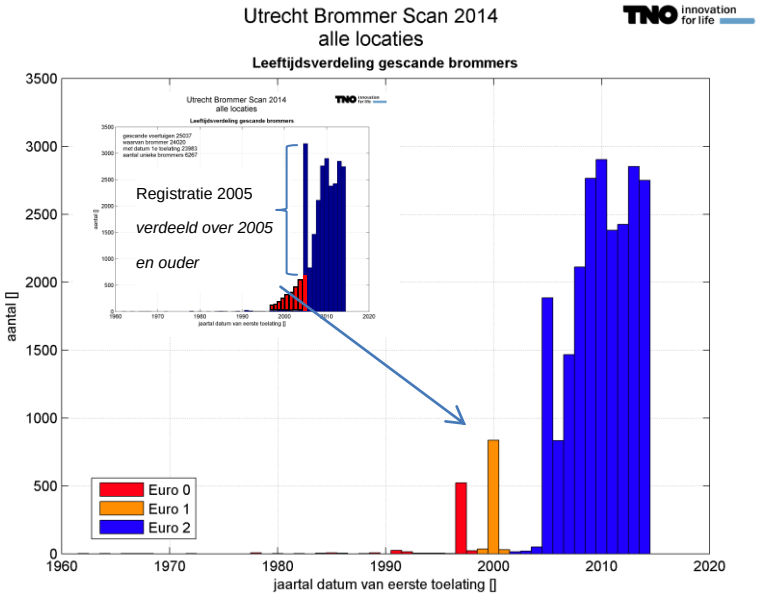
Figuur 2: Verdeling van tweetakt- en viertaktbrommers in het Utrechtse brommerpark

Dit beeld wordt in het Amsterdamse onderzoek globaal bevestigd. In Amsterdam is het aandeel viertaktbrommers, gemiddeld over alle waarnemingen, ongeveer 75%.

Leeftijdsverdeling

De snor en bromfietsen zijn op basis van de RDW gegevens te verdelen naar jaar van registratie (bouwjaar). Het grote aantal in het jaar 2005 kan worden verklaard door een administratieve handeling. Deze brommers zijn niet daadwerkelijk allemaal in 2005 verkocht.

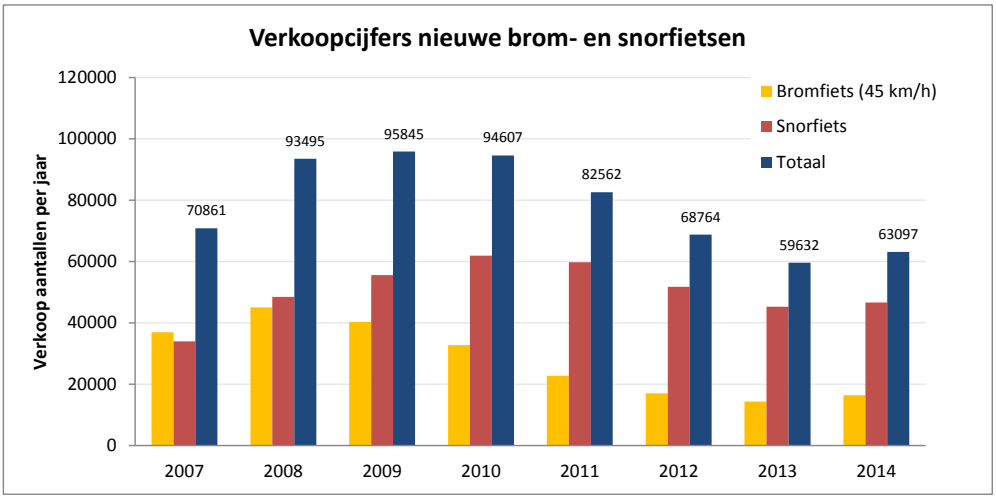
Hiervoor is gecorrigeerd door de brommers uit registratie jaar 2005 te verdelen over de voorgaande jaren en zo een zo goed mogelijke benadering van de leeftijdsopbouw en Euroklasse te herleiden.



Figuur 3: Verdeling van de aantallen brommers per datum eerste toelating voor alle locaties in Utrecht samen. In de inzet zijn de brommers geregistreerd in 2005 verdeeld over 2005 en voorgaande jaren.

Uit bovenstaande figuur valt af te leiden dat de aantallen brommers in de leeftijd 0 tot 7 jaar, zoals waargenomen tijdens de scan, redelijk constant zijn. Bij de oudere bouwjaren nemen de aantallen snel af.

Na 2010 is de verkoop van nieuwe snor- en bomfietsen in Nederland afgenomen. Het relatieve aandeel van snorfietsen is in de nieuwverkoop aanzienlijk toegenomen. In 2007 was het aandeel snorfietsen in de totaal verkoop van brommers nog ca 48%, in 2014 was dat toegenomen naar ca. 75%



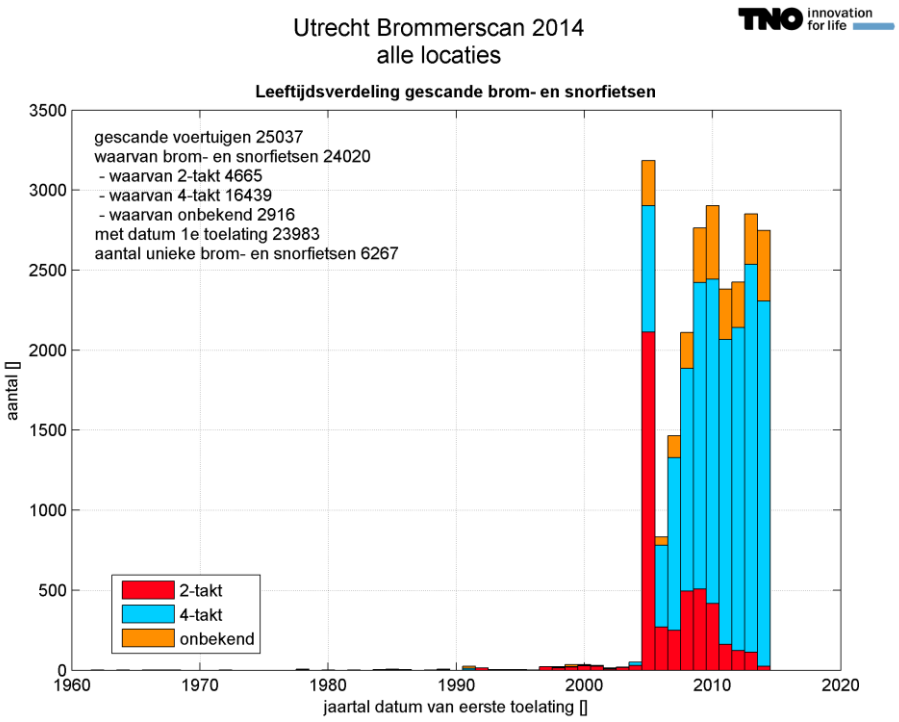
Figuur 4: Verkoopcijfers van brom- en snorfietsen per bouwjaar.
Bron: Bovagrai.info/tweewielers/2015

Tabel 3: Verkoopcijfers van brom- en snorfietsen per bouwjaar.
Bron: Bovagrai.info/tweewielers/2015

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bromfietsen (45 km/h)	36908	45005	40280	32735	22766	17038	14373	16438
Snorfietsen	33953	48490	55565	61872	59796	51726	45259	46659
Totaal	70861	93495	95845	94607	82562	68764	59632	63097

De in 2009 en 2010 hoge aantallen nieuw verkochte brommers, zie Tabel 3 of Figuur 4, lijken ook zichtbaar in het in Utrecht waargenomen park, zie Figuur 3. De afname van de waargenomen aantallen brommers van bouwjaar 2008 (zie Figuur 3) en ouder lijken niet door de aantallen nieuw verkochte brommers per bouwjaar te worden verklaard. Waarschijnlijk verdwijnen oudere brommers uit het park (sloop) en/of worden met oudere brommers minder kilometers per jaar gereden. Het lijkt aannemelijk dat brommers dus na ca. 7 á 8 jaar uit het park verdwijnen door sloop en/of afname van het gebruik.

De in Utrecht waargenomen brom- en snorfietsen zijn niet alleen verdeeld naar de aantallen per registratie jaar, maar ook onderverdeeld naar tweetakt en viertakt. De resultaten van deze onderverdeling staan in onderstaande figuur.

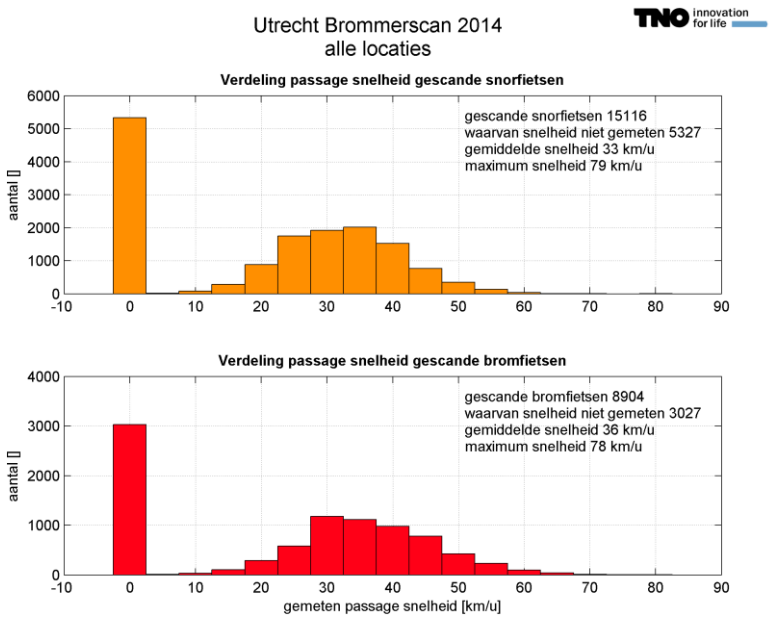


Figuur 5: De verhouding van tweetakt- en viertaktbrommers in Utrecht, uitgesplitst naar datum eerste toelating. De meeste brommers van bouwjaar 2005 en eerder zijn opgenomen onder 2005.

In bovenstaande figuur valt af te lezen dat in de groep oudere brommers (2005 en ouder) het aandeel tweetakt in de brommervloot hoog is, ca. 70%. Het aandeel tweetakt in de vloot neemt daarna continue af. Met name vanaf 2011 neemt het aandeel heel sterk af en verdwijnt daarna nagenoeg uit de brommervloot. Dit beeld wordt ook door de Amsterdamse data bevestigd.

Snelheden

De camera's die tijdens het onderzoek ingezet zijn registeren naast de kentekens ook de snelheden van de passerende brommers. De snelheden zijn gemeten om een beeld te vormen van de snelheden waarmee de brommervloot langs de scan locaties rijdt. Er is veel zorg besteed aan de kalibratie van de camera's, de nauwkeurigheid van de snelheidsmeting is ongeveer plus of min 10%. De snelheidsmetingen in dit onderzoek zijn alleen uitgevoerd om een indruk te krijgen van de gemiddelde rijsnelheden van het brommerpark.



Figuur 6: Snelheidsverdeling van snor- en bromfietsen. Snelheid 0 betekend dat de betreffende meting niet betrouwbaar of niet gelukt is.

De gemiddelde snelheid van de snorfietsen (33 km/h) ligt maar iets lager de gemiddelde snelheid van de bromfietsen (36 km/h). Duidelijk herkenbaar is dat een groot deel van de snorfietsen aanzienlijk harder rijdt dan de maximale constructie snelheid van 25 km/h. De snelheidsverdeling van snorfietsen wijkt in feite maar weinig af van de snelheidsverdeling van de bromfietsen. Het Amsterdamse onderzoek bevestigt dit beeld.

Bijdrage geluidbelasting

In de grote steden in Nederland veroorzaken brommers geluidhinder. TNO heeft in het verleden onderzoek[4] gedaan naar de bijdrage van brommers aan de totale geluidbelasting door het verkeer. Hoewel de bijdrage van de brommers aan de geluidbelasting laag is, wordt de lokale geluidhinder door brommers toch als zeer hinderlijk ervaren. Met name in de avond of vroeg in de ochtend valt het brommergeluid extra op. Brommers zijn de belangrijkste bron van slaapverstoring. Vooral het opvoeren of slecht onderhouden (defecte uitlaat) van brommers zorgt voor onnodig hoge geluidproductie. Tweetaktbrommers produceren over het algemeen meer geluid dan viertaktbrommers.

[4] De Jong *et al.* (2000). De Jong, R.G., J.H.M. Steenbekkers en H. Vos. Hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten van milieuverontreiniging in Nederland, Inventarisatie Verstoringen 1998. TNO-PG, Delft

Bijdrage luchtvervuiling
TNO heeft zowel in de gemeente Utrecht als ook in de gemeente Amsterdam op basis van de samenstelling van het vastgestelde brommerpark en de brommer-emissiefactoren de bijdrage aan de NO_2- en PM_{10}-concentraties berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd voor locaties met veel brommerverkeer. Uit de berekeningen volgt dat de bijdrage van de brommers aan de totale verkeersemissie van NO_x, zelfs op locaties met veel brommerverkeer, heel gering is (<<1% van de verkeersbijdrage). De brommers dragen tussen de ca. 2 tot 4% bij aan de totale verkeersemissie van PM_{10}. De bijdrage aan de lokale fijn stof concentraties is dus beperkt. De brommers zijn echter wel verantwoordelijk voor ca. 10% tot 20% van de koolmonoxide (CO) en ca. 25% tot 30% van de koolwaterstoffen (HC) uitgestoten door het verkeer. Deze HC draagt, afhankelijk van de lokale omstandigheden, bij aan de vorming van secundaire aerosolen (en ozon), zodat de bijdrage van brommers aan de concentraties PM_{10} mogelijk iets groter is dan alleen op basis van de directe uitstoot van fijn stof mag worden verwacht. De vorming van secundaire aerosolen kost tijd, het is onbekend hoeveel deze secundaire aerosolen de lokale deeltjes concentratie verhogen.

Gezondheidseffecten
Hoewel het brommerpark dus beperkt bijdraagt aan de lokale NO_2- en PM_{10}-concentraties, is het brommerpark wel verantwoordelijk voor een belangrijk deel van de verkeersuitstoot van koolmonoxide en koolwaterstoffen. Onderdeel van de verzameling van koolwaterstoffen zijn onder andere de kankerverwekkende stoffen tolueen en benzeen. Benzeen lijkt op basis van WHO richtlijnen bij de huidige samenstelling van uitlaatgassen van brommers en snorfietsen het grootste gezondheidsrisico te leveren. De mate waarin is zeer lastig te bepalen. Dit komt mede doordat het gezondheidseffect afhankelijk is van vele parameters, zoals de duur van blootstelling, de hoogte van de concentratie, de combinatie met andere stoffen, de leeftijd en gezondheid van de blootgestelde etc.

Uit recent onderzoek[5] naar de uitstoot van tweetaktbrommers in stilstand bleek, dat de concentraties van benzeen en tolueen in het ruwe uitlaatgas tot 300.000 µg/m^3 of 146 ppm kunnen oplopen. Hieruit werd geconcludeerd dat wachten achter een stationair draaiende tweetaktbrommer, zoals bijvoorbeeld voetgangers, fietsers etc. bij kruispunten vaak doen, derhalve schadelijk kan zijn voor de gezondheid.

Aangrijpingspunten beleid
De overlast veroorzaakt door brom- en snorfietsen staat momenteel hoog op de agenda van veel steden. Steden overwegen diverse maatregelen om de uitstoot, geluidoverlast en ook onveilig rijgedrag aan te pakken. Een aantal mogelijkheden waarover nagedacht wordt zijn:

- Verplaatsen van brom- en snorfietsen naar de rijbaan, zodat de afstand tussen fietsers/voetgangers en de brommeremissies toeneemt.
  Brommers rijden tussen de fietsers en dicht langs voetgangers en staan bij stoplichten stil tussen de fietsers en voetgangers. De uitstoot vindt daarom vlak bij de fietsers en voetgangers plaats, zodat de concentraties waaraan fietsers en voetgangers blootgesteld worden relatief hoog zijn.

[5] S.M. Platt et al. Two-stroke scooters are a dominant source of air pollution in many cities

Het vergroten van de afstand tussen brommers en de voetgangers/fietsers verlaagt de concentratie waaraan deze groep blootgesteld wordt.

- Weren van de meest vervuilende brommers, bijvoorbeeld de oudere typen en/of tweetakten ouder dan een bepaald bouwjaar, uit het centrum van steden. Zie hiervoor ook het TNO rapport TNO 2014 R11088, updated emission model for two-wheeled mopeds

- Oudere brommers, met name van vóór de invoering van Euro 1, en ook tweetaktbrommers stoten veel schadelijke stoffen uit. Het weren van de meest vervuilende brommers levert relatief de meeste winst op. Er zijn diverse varianten van milieuzones voor brommers denkbaar (bron: expert team analyse gemeente Amsterdam):

    1. Een milieuzone op basis van motortechnologie (weren van tweetakt-brommers);
    2. Een milieuzone op basis van leeftijd (weren van 'oude' brommers);
    3. Een milieuzone voor snorfietsen;
    4. Een milieuzone voor alle brom- en snorfietsen met uitlaatgasemissies.

Tabel 4: MCA analyse van verschillende mogelijke beleidsmaatregelen ten aanzien van brommers en snorfietsen. Bron: TNO 015 R11435 "Bijdrage van brommers aan de luchtkwaliteit in Amsterdam"

Milieuzone	**Geweerde kilometers**	**THC-emissies**	**PM10-emissies**	**EC-emissies**	**Effect per geweerde km**	**Handhaving****	**Technologie-neutraal**
Tweetakt	+/-	+	+ +	+ +	+ +	- -	- -
Bouwjaar (2008)*	+/-	+/-	+/-	+/-	++	+ +	+
Snorfiets	- -	+ +	+/-	+/-	-	+	+/-
Zero-emission	- - -	+ + +	+ + +	+ + +	+	+ +	- - -

* In deze vergelijking is 2008 gekozen omdat de geweerde kilometers dan redelijk overeenkomen met andere maatregelen.

** De mogelijkheid en eenvoud van handhaving hangt sterk af van de registratie bij de RDW.

De meest efficiënte zone is een zone waar tweetaktbrommers (tweetaktsnor- en tweetaktbromfietsen) geweerd worden. Deze is in de praktijk echter lastig te handhaven, aangezien de RDW niet geregistreerd heeft of een brommer een tweetakt- of viertaktmotor heeft.

Daarom zou gekozen kunnen worden voor een variant waarbij alleen brommers van een redelijk recent bouwjaar toegang hebben tot de zone. Daarmee worden de meest vervuilende brommers, inclusief bijna alle tweetakten geweerd.

- Overstap naar elektrische brommers stimuleren. Elektrische brommers stoten lokaal geen emissies uit (afgezien van geringe slijtage emissies). Ook veroorzaken deze brommers geen geluidoverlast.

Deze maatregel kan als zelfstandige maatregel worden ingevoerd, maar ook goed samen met een milieuzone variant.

- Strengere handhaving, controles op opvoeren van brommers met als doel geluid- en uitlaatgasemissies te reduceren en de veiligheid te vergroten. Opgevoerde brommers hebben veel tot zeer veel hogere emissies. Bovendien gaat het opvoeren vaak ook samen met een sterke toename van de geluidproductie. Strenge handhaving levert daarom directe winst voor de luchtkwaliteit en geluidoverlast.

- Heroverweging van de categorie snorfietsen.
  Metingen tonen aan dat snorfietsen massaal te hard rijden. Dit veroorzaakt gevaarlijke situaties voor de bestuurders zelf (geen helmplicht) en voor het overige verkeer op de fietspaden. Ook is bekend dat het brandstofverbruik van snorfietsen relatief hoog is. Bovendien neemt de categorie snorfietsen de laatste jaren sterk toe. Snorfietsen zijn technisch vrijwel gelijk aan bromfietsen, op de (eenvoudig te verwijderen) snelheid beperkende voorziening na.

  Het is waarschijnlijk niet mogelijk om de categorie snorfietsen op te heffen, aangezien deze Europees geregeld is. Snorfietsen, getypekeurd in andere Europese landen moeten gewoon in Nederland toegelaten worden. Wél kunnen nationaal aanvullende eisen aan deze categorie gesteld worden. Bijvoorbeeld dat snorfiets op de rijbaan moeten rijden en dat er in Nederland een helmplicht ingevoerd wordt voor snorfietsen. Mogelijk kan aanvullend toegestaan worden dat alleen snorfietsen met een veel kleinere motor (bijvoorbeeld 25 cc) of met elektrische aandrijving bestaande voordelen blijven behouden. Zo zouden snorfietsen zuiniger, schoner, stiller en ook in de praktijk maximaal ca. 25 km/h op het fietspad rijden. De voordelen van de snorfietsen blijven dan alleen behouden voor een bepaalde categorie, maar de nadelen van de snorfietsen, de nadelen van de huidige snorfietsen kunnen dan grotendeels opgeheven worden.

- Brommeremissies worden in Europa geregeld door de zogenaamde Europese emissie-eisen (Euronormen). De versnelde introductie van nieuwe, strengere emissie-eisen (Euro 5, nu pas 2020) zal het brommerpark versneld verschonen. In de praktijk zal het echter zeer lastig zijn om dit te realiseren.

Literatuurlijst:

S.M.Platt et al. Two stroke scooters are a dominant source of air pollution in many cities, Nature Communications 5, article no. 3749, may 2014

Hensema et al. Tail-pipe emissions and fuel consumption of standard and tampered mopeds, 2013, TNO 2013 R10232, TNO

C. Favre et al. Regulated and Non- regulated Emissions of selected State of the Art European Mopeds, 2011, SIA congress

R. Dröge et al. Emissions of two wheeled vehicles, 2011, TNO report TNO-060-UT-2011-01556, TNO

De Jong et al. (2000). De Jong, R.G., J.H.M. Steenbekkers en H. Vos. Hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten van milieuverontreiniging in Nederland, Inventarisatie Verstoringen 1998. TNO-PG, Delft

M.E. Gerlofs-Nijland et al. Gezondheidseffecten van brommeremissies,2011, RIVM briefrapport 630315001/2011

Momenimovahed et al. Real time driving cycle measurements of ultrafine particle emissions from two wheelers and comparison with passenger cars, 2013, International Journal of Automotive technology vol 15

Hensema et al. de effecten van brommers op de luchtkwaliteit in de gemeente Amsterdam, 2009, TNO rapport MON-RPT-033-DTS-2009-00524

Dröge et al. Update emission model for two-wheeled mopeds, TNO 2014 R11088, March 2015, TNO

Spezzano et al. Gas- and particle phase distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in two-stroke, 50 cm3 moped emissions, Elsevier 2008, Atmospheric environment 43 (2009) 539-545

LAT 2006. L. Ntziachristos et al (2006), Emission control options for power two wheelers in Europe, Atmospheric Environment 40
(2006) 4547-4561.

AECC, Particle emissions of powered two wheelers, Cambridge particle meeting, may 2011, AECC presentation

Eijk, A.R.A et al. Samenstelling van het wagenpark op zes locaties in de gemeente Utrecht, TNO-060-DTM-2012-00825, maart 2012, TNO

Verbeek. Bijdrage van brommers aan de luchtkwaliteit in Amsterdam, TNO 2015 R11435, december 2015, TNO

Ondertekening

Delft, 11 maart 2016



Sam van Goethem
Projectleider

TNO



Arjan Eijk
Auteur

Bijlagen

A. Nederlandse emissiefactoren 2015
B. TNO onderzoek brommeremissies 2013
C. Overige onderzoeken
D. Geluidbelasting
E. Europese emissienormen voor brommers
F. Samenstelling brommerpark Utrecht

A Nederlandse emissiefactoren 2015

In 2015 zijn nieuwe Nederlandse emissiefactoren voor brommers vastgesteld. De nieuwe emissiefactoren leveren een betere inschatting van de bijdrage van bromfietsen aan de totale emissies van wegverkeer. Ten opzichte van de oude emissiefactoren zijn de meest opvallende aanpassingen:

- De NO_x emissiefactoren van de Euro 0 en Euro 1 viertaktbrommers en snorfietsen zijn verhoogd, terwijl de NO_x emissiefactor voor Euro 2 is verlaagd.
- De NO_x emissiefactoren van de Euro 0 en Euro 1 tweetaktbrommers en snorfietsen zijn flink verhoogd; de NO_x emissiefactor voor Euro 2 tweetakt is verlaagd.
- De THC (*total hydrocarbons)* emissiefactoren voor met name Euro 1 en Euro 2 tweetaktbrommers en snorfietsen zijn verhoogd.
- De CO emissiefactoren voor Euro 1 en Euro 2 bromfietsen en snorfietsen zijn verhoogd, in het bijzonder de CO emissiefactoren voor viertakt.

De nieuwe emissiefactoren zijn in belangrijke mate gebaseerd op de uitkomsten van het meetprogramma van TNO uit 2013, beschreven in Bijlage B, ook al betrof dit een beperkt aantal brommers. Essentieel in de overwegingen was dat dit meetprogramma als enige onderscheid maakt in technologie tussen tweetakt en viertakt, het effect van een begrenzer die vooral in Nederland wordt toegepast op de emissies en het effect van opvoeren van de brommer. Uit gegevens van het CBS, de RDW en de KLPD zijn de voertuigaantallen bepaald voor verschillende technologieën (Euro-klasse, tweetakt/viertakt) en toestand van het voertuig (snelheidsbegrenzer wel of niet verwijderd, wel of niet opgevoerd). Door de meetresultaten uit de TNO-metingen te koppelen aan de voertuigaantallen zijn de emissiefactoren afgeleid. Er is gebruik gemaakt van de meetresultaten van de direct van de Nederlandse dealers betrokken voertuigen. De voertuigen die via de importeur van de fabrikant zijn verkregen zijn in de emissiefactoren niet meegenomen, omdat de veronderstelling is dat dit geen voertuigen betrof zoals ze bij een Nederlandse dealer verkocht worden.

Emissiefactoren brom- en snorfietsen

Tabel 5: Geaggregeerde emissie factoren voor brommers (stad), 2015

Brommer type			**CO**	**THC**	**NO_x**	**THC + NO_x**	**PM (e)[6]**	**CO_2**
			g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Vier-takt	25 km/h	Euro 0	24,05	13,91	0,04	13,93	0,21	45,06
		Euro 1	24,05	2,73	0,04	2,75	0,09	45,26
		Euro 2	24,05	1,75	0,04	1,79	0,01	45,06
	45 km/h	Euro 0	18,40	13,91	0,04	13,93	0,21	34,48
		Euro 1	18,40	2,73	0,04	2,75	0,09	35,96
		Euro 2	18,40	1,23	0,04	1,27	0,01	34,48
Twee-takt	25 km/h	Euro 0	14,06	13,91	0,12	13,93	0,21	79,71
		Euro 1	6,68	5,27	0,12	5,39	0,09	79,71
		Euro 2	5,63	5,27	0,12	5,39	0,07	79,71
	45 km/h	Euro 0	14,06	13,91	0,10	13,93	0,21	64,04
		Euro 1	6,68	4,38	0,10	4,47	0,09	64,04
		Euro 2	4,79	4,38	0,10	4,47	0,06	64,04

Bron: TNO rapport 2014 R11088 “Update emission model for two-wheeled mopeds”, March 2015

Emissiefactoren benzine personenauto

Tabel 6: Emissiefactoren voor gemiddeld rijgedrag in de stad, 2015

Personenauto Benzine		**CO**	**THC**	**NOx**	**THC + NOx**	**PM_{10}**	**CO_2**
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
	Euro 5	4,43	0,33	0,04	-	0,03	100-160

Bron: TNO emissiefactoren, 2015

[6] De fijnstof uitstoot betreft hier de emissie uit de uitlaat. Niet de emissies ten gevolge van slijtage van remmen, banden en wegdek.

B TNO onderzoek brommeremissies 2013[7]

Een klacht van een snorfietsbezitter, dat de teruggeplaatste snelheidsbegrenzer tot een hoog brandstofverbruik leidde, was aanleiding voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu om TNO opdracht te geven voor een meetprogramma in 2013. Een hoog brandstofverbruik bij bromfietsen is vaak geassocieerd met hoge koolwaterstof en koolmonoxide uitstoot. De geteste brommers betroffen nieuwe voertuigen die van een dealer betrokken waren. De brommers waren voor de test geselecteerd op basis van de verkoopcijfers in Nederland. Daarnaast zijn er brommers gemeten, die van de importeur kwamen. Deze brommers voldeden op de typekeurtesten weliswaar aan de eisen, maar vertoonden een dusdanig afwijkend gedrag dat deze niet representatief werden geacht voor brommers zoals die door handelaren verkocht worden. Deze resultaten zijn daarom ook niet meegenomen in het vaststellen van emissiefactoren.

Voor het onderzoek zijn twee nieuwe Euro 2 brommers gekocht van de dealer; ook de olie voor de mengsmering van de tweetakt is geleverd door de dealer.
De brandstof was normale marktbrandstof. Beide brommers waren in standaard configuratie en zijn ca. 400 kilometer ingereden. De viertaktbrommer is gemeten als een 25 km/h versie en een 45 km/h versie. De twee merken van de aangeschafte brommers behoorden, voor beide snelheidsklassen, tot de top drie van de best verkochte merken in 2011.

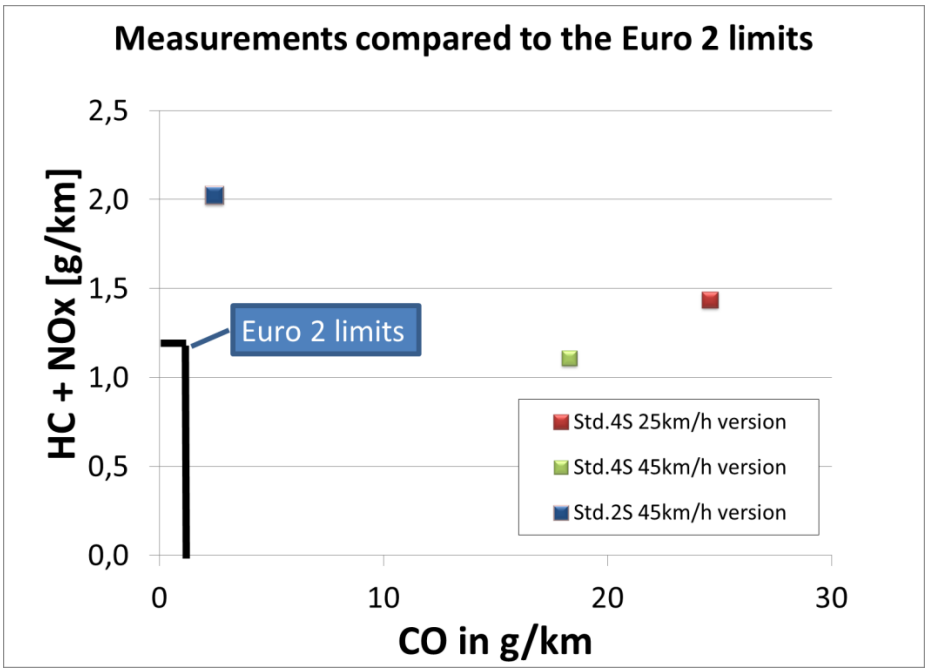
Tabel 6a: Verkoopcijfers brommers en scooters in Nederland, 2010

	Brommer 45km/h	Brommer 25 km/h
Totaal	32648	61841
Merk A	3818 (12%)	5624 (9%)
Merk B	4201 (13%)	8235 (13%)

Beide brommers zijn uitgerust met een carburateur en een katalysator.
Deze configuratie is erg gebruikelijk en is toegepast in het grootste gedeelte van de Euro 2 brommers. Sommige merken gebruiken een injector in plaats van een carburateur, dit is echter een duurder en minder gangbaar systeem.

In oorspronkelijke staat was de viertaktbrommer een 25 km/h model, die vooral in Nederland op de fietspaden gangbaar is maar in het buitenland weinig voorkomt. In deze staat, met de snelheidsbegrenzing op 25 km/h, waren de koolwaterstofemissies het hoogst. Maar ook aangepast als een 45 km/h versie waren de emissies hoog. Op basis van deze resultaten is besloten om de emissiefactoren voor bromfietsen aan te passen. Daarin speelde ook een rol dat het uitgebreide meetprogramma onderscheid van emissies met een warme en een koude motor mogelijk maakte. Het testprogramma bevatte de typische testrit, representatief voor de stad, maar ook de constante snelheidsrit, die als meer representatief voor de buitenweg kan worden gezien.

[7] Hensema et al. Tail-pipe emissions and fuel consumption of standard and tampered mopeds, 2013, TNO 2013 R10232, TNO



Figuur 7: Emissies van zowel de twee- als viertaktbrommer in originele conditie. De viertakt-brommer is zowel als snorfiets als brommer variant gemeten.

Na overleg met de importeur van de viertaktbrommer is ervoor gekozen om bepaalde onderdelen te vervangen, maar ook daarmee voldeed de brommer niet aan de normen. Vervolgens heeft de importeur vier brommers beschikbaar gesteld voor testen; de importeur had deze brommers rechtstreeks verkregen van de fabrikant voor de testen. Dit waren twee snorfietsen en twee bromfietsen. Drie van de vier brommers voldeden ruimschoots aan de normen, één brommer overschreed de norm voor CO in geringe mate.
Daarna zijn de uitlaat (met katalysator) en carburateur van de eerder geteste viertaktbrommer gewisseld met die van de door de importeur geleverde viertakt-brommer. Na deze wisseling voldeed de eerder geteste viertaktbrommer ook aan de normen.

De fabrikant van de tweetaktbrommer heeft de brommer nogmaals getest en kreeg vergelijkbare resultaten als TNO. Na het vervangen van de uitlaat voldeed de brommer wel aan de normen. Een andere vergelijkbare tweetaktbrommer die is getest door de fabrikant voldeed overigens wel aan de normen.

Vervolgens zijn de viertakt- en tweetaktbrommers aangepast om de effecten van opvoeren op emissies en brandstofverbruik te bepalen. De viertaktbrommer is in verschillende uitvoeringen getest: eerst zijn de snelheidsbegrenzers (varioring en ontstekingsmodule) aangepast en daarna is de varioring volledig verwijderd, ten slotte is de brommer opgevoerd (met verschillende componenten). Dezelfde aanpassingen (behalve de ontstekingsmodule) zijn gedaan aan de tweetakt-brommer; aanvullend is de uitlaat nog vervangen. In alle verschillende uitvoeringen zijn de emissies en het brandstofverbruik gemeten bij verschillende snelheden.
De resultaten van de effecten van opvoeren op de emissies en het brandstofverbruik van een viertaktbrommer zijn in onderstaande tabellen weergegeven.

Na het opvoeren van de viertaktbrommer nemen de emissies tijdens de R47 cyclus af in bijna alle gevallen, bij de andere cycli nemen de emissies toe. Het brandstofverbruik van de viertaktbrommer neemt af na verwijdering van de snelheidsbegrenzers en na het verder opvoeren.

Tabel 7: Effecten van opvoeren op de emissies en het brandstofverbruik (FC) van een viertakt-brommer op verschillende testcycli

Brommer uitvoering → aanpassingen	**Max.snelheid voor en na aanpassing**	**Test cyclus**	**% Verandering**		
			CO	**HC+NO$_x$**[8]	**FC**
viertakt 25 km/h versie → aangepaste varioring	25 → 36 km/h	Officiële R47 test cyclus	-18%	-14%	-23%
		Max. toegestane snelheid	-52%	+126%	-71%
		Max. configuratie snelheid	+52%	+304%	-27%
viertakt 45 km/h versie → varioring verwijderd	40 → 56 km/h	Officiële R47 test cyclus	-5%	+21%	-23%
		Max. toegestane snelheid	+32%	+280%	-44%
		Max. configuratie snelheid	+47%	+200%	-29%
viertakt 45 km/h versie → sterker opgevoerd	40 → 58 km/h	Officiële R47 test cyclus	-15%	-7%	-20%
		Max. toegestane snelheid	+39%	+311%	-45%
		Max. configuratie snelheid	+14%	+167%	-34%

De emissies van de tweetaktbrommer nemen toe na opvoeren. Het brandstofverbruik neemt af na het verwijderen van de snelheidsbegrenzer; bij opvoeren neemt het brandstofverbruik toe.

Tabel 8: Effecten van opvoeren op de emissies en brandstofverbruik (FC) van een tweetakt-brommer op verschillende testcycli

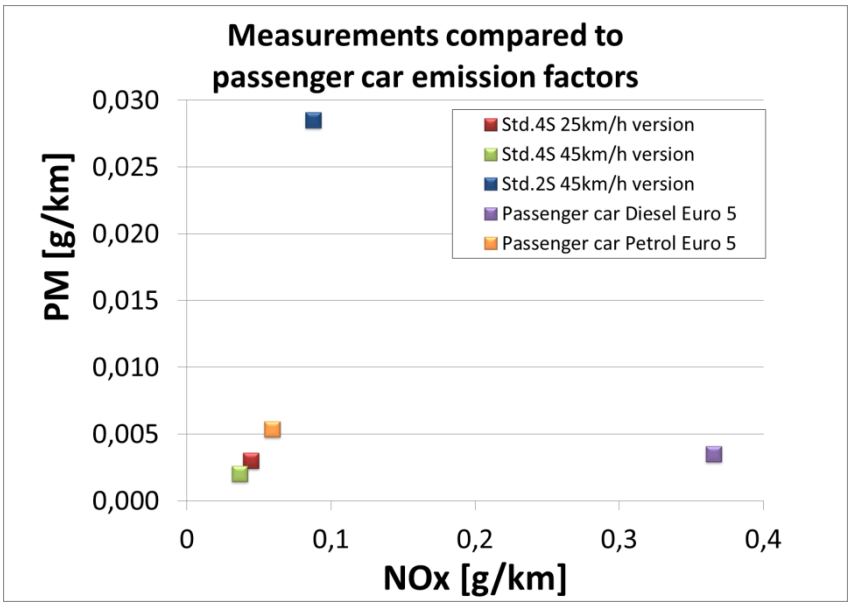
Brommer uitvoering → aanpassing	**Max.snelheid voor en na aanpassing**	**Test cyclus**	**% Verandering**		
			CO	**HC+NO$_x$**[9]	**FC**
tweetakt 45 km/h versie → varioring verwijderd	48 → 61 km/h	Officiële R47 test cyclus	+19%	+48%	-12%
		Max. toegestane snelheid	-64%	+101%	-42%
		Max. configuratie snelheid	-19%	+25%	-17%
tweetakt 45 km/h versie → uitlaat vervangen	48 → 57 km/h	Officiële R47 test cyclus	+171%	+250%	-22%
		Max. toegestane snelheid	+130%	+2891%	-39%
		Max. configuratie snelheid	+153%	+4515%	-27%
tweetakt 45 km/h versie → sterker opgevoerd	48 → 70 km/h	Officiële R47 test cyclus	+543%	+457%	+8%
		Max. toegestane snelheid	+240%	+3695%	-33%
		Max. configuratie snelheid	+437%	+8019%	+7%

Vergelijking met personenwagens: NO_x en fijnstof

In Figuur 8 worden de fijnstof en NO_x emissies van de gemeten brommers vergeleken met de fijnstof en NO_x emissiefactoren van personenwagens, zowel van benzine- als dieselvoertuigen. Emissiefactoren worden vastgesteld op basis van meerdere metingen aan een bepaalde voertuigklasse. Alle benzinevoertuigen, zowel brommers als personenwagens laten relatief lage NO_x emissies zien. De dieselpersonenwagen laat (zoals verwacht) de hoogste NO_x emissies zien. De tweetaktbrommer (Std. 2S 45 km/h version) stoot meer dan 5 keer zoveel fijnstof uit als een moderne personenwagen (Euro 5).

[8] De HC+NOx bestaat voornamelijk uit HC.
[9] De HC+NOx bestaat voornamelijk uit HC.

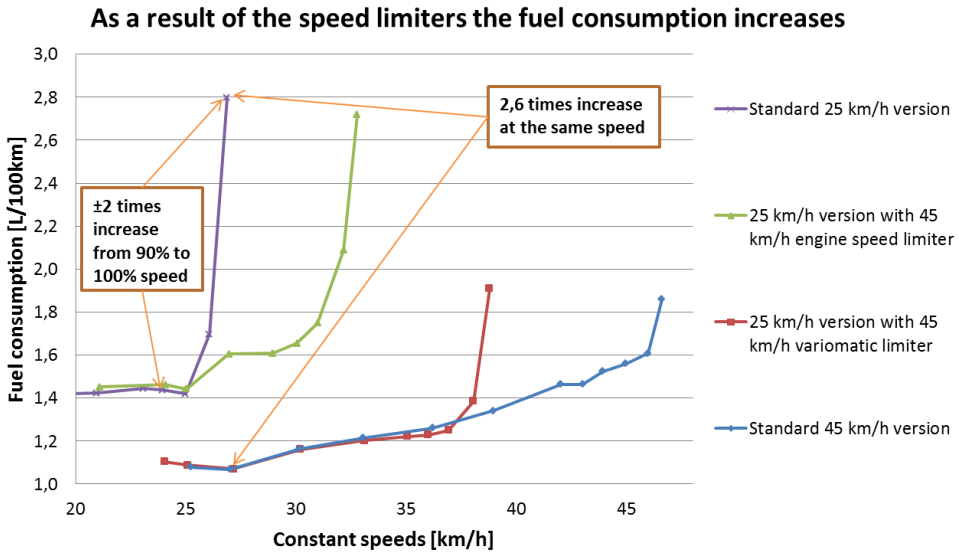
De samenstelling van het fijnstof is niet exact bekend, maar vermoedelijk bevat het fijnstof veel onverbrande brandstof en olie. Een modern dieselvoertuig heeft een roetfilter om de fijnstof emissies te verlagen. Voor brommers zijn de fijnstof emissies nog niet gereglementeerd. Dit is echter wel voorzien in de toekomst.



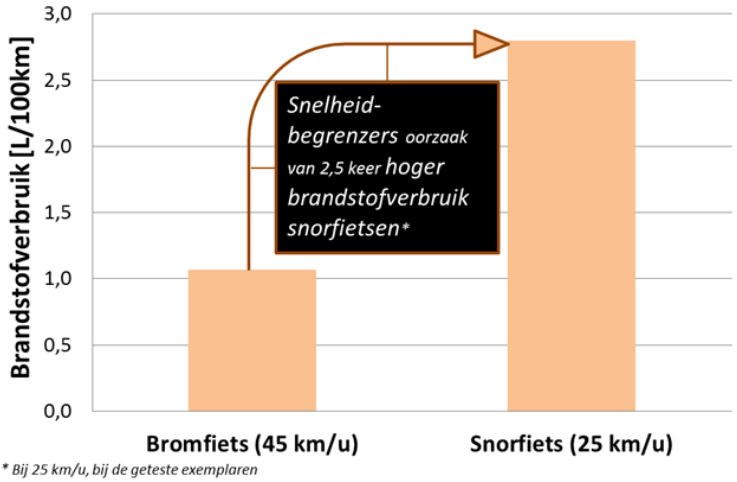
Figuur 8: Fijnstof en NO_x emissies van de gemeten brommers en fijnstof en NO_x emissiefactoren van personenwagens

Snelheidsbegrenzers en brandstofverbruik

De afname in brandstofverbruik is verder onderzocht door bij verschillende snelheden met verschillende uitvoeringen van de viertaktbrommer te rijden. Hierbij nam het brandstofverbruik dramatisch toe wanneer de snelheid werd verhoogd van 90% naar 100% van de maximum snelheid van die uitvoering, zie Figuur 9. Figuur 10 laat zien dat bij een snelheid van 25 km/h de geteste brommer als 45 km/h variant 2,5 keer zuiniger rijdt dan als de 25 km/h variant (snorfiets). Dit laat zien dat de gebruikte snelheidsbegrenzers het brandstofverbruik verhogen. Het feit dat sommige snelheidsbegrenzers bovendien wel erg gemakkelijk te demonteren zijn, brengt de verkeersveiligheid in gevaar.



Figuur 9: Brandstofverbruik bij verschillende snelheden met verschillende uitvoeringen van de viertaktbrommer



Figuur 10: Sommige typen snelheidsbegrenzer zorgen voor een wel 2,5 maal zo hoog brandstofverbruik van snorfietsen.

Conclusies

- De geteste brommers voldeden niet aan de huidige Europese normen. Er zijn geen technische defecten gevonden. De vervolgens door de importeur geleverde viertaktbrommers voldeden wel aan de normen. De eerder geteste viertaktbrommer voldeed pas aan de normen toen de brandstofpomp, carburateur en de uitlaat (met katalysator) waren vervangen.
- Opvoeren heeft een effect op de emissies en het brandstofverbruik van brommers, maar niet per se een negatief effect. Verwijdering van de snelheidsbegrenzers verlaagt het brandstofverbruik van de brommers, maar met sterker opvoeren neemt het brandstofverbruik toe.
- In vergelijking tot de viertaktbrommers zijn de fijn stof emissies van tweetaktbrommers flink hoger.

- De Euro 2 brommers voldeden niet aan de voorgestelde Euro 3 normen. Het zal moeilijker zijn voor een tweetaktbrommer om te voldoen aan de normen dan voor een viertaktbrommer.
- Het brandstofverbruik van brommers neemt toe door het gebruik van snelheidsbegrenzers.

Uit oudere TNO meetprogramma's en uit metingen uit het buitenland is ook bekend wat oudere brommers en snorfietsen uitstoten.

C Overige onderzoeken

Bronnen uit binnen en buitenland
Ook in het buitenland staan brommeremissies al lang in de belangstelling. Er zijn veel presentaties, papers en rapporten gepubliceerd waarin metingen van brommer- en motoremissies beschreven zijn. Hieronder worden enkele toegelicht.

AECC presentatie "particle emissions of powered two wheelers"
In een paper van AECC wordt een onderzoek naar de emissies van 5 brommers beschreven. De emissies van twee viertakt en twee tweetaktbrommers en een prototype brommer, voorzien van verwachtte toekomstige technologie, zijn onder uiteenlopende omstandigheden gemeten. Tijdens de rollenbank testen werden CO, HC, NO_x en ook deeltjesmassa en -aantallen vastgelegd.

Het onderzoek laat zien dat de brommers (Euro 2 / Euro 3) globaal aan de emissie wetgeving voldoen, en bovendien met kleine verbeteringen zelfs aan de Euro 4 eisen kunnen voldoen.
De brommers voldoen nog niet aan de voorgestelde Euro 5 deeltjes massa eis. Naast deeltjesmassa zijn ook deeltjes aantallen gemeten. De gemeten deeltjesaantallen (solid particle numbers gemeten volgens PM gebaseerde methodiek) variëren tussen de $3*10^{12}$/km en $3*10^{14}$ / km. Daarmee liggen ze op het niveau van een dieselvoertuig zonder filter (aldus AECC). De viertaktbrommers variëren tussen $3,8*10^{12}$ /km en $2,0*10^{13}$/km, de tweetaktbrommers tussen $2,4*10^{13}$/km en $2,8*10^{14}$/km.
Behalve de deeltjesmassa en aantallen is ook de samenstelling van de deeltjes geanalyseerd. Uit deze analyse volgt dat de deeltjes uit ca. 80% organisch koolstof (OC) en voor een klein deel (<20%) uit elementair koolstof (EC) bestaan.

Atmospheric environment paper van Spezzano et al, "Gas- and particle phase distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in two-stroke, 50 cm3 moped emissions
In deze paper worden de resultaten van emissiemetingen aan 10 verschillende tweetaktbrommers (Euro 0, 1 en 2) beschreven. Een belangrijke conclusie is dat door de specifieke eigenschappen en grootteverdeling van de door tweetakt-brommers uitgestoten deeltjes, deze deeltjes veel toxische stoffen zoals polycyclische aromaten absorberen en daardoor potentieel zeer ongezond zijn. De gezondheidseffecten van de door tweetaktbrommers uitgestoten deeltjes zijn daarom waarschijnlijk heel anders dan de gezondheidseffecten van de door dieselmotor uitgestoten deeltjes.

TNO rapport "Emissions of two-wheeled vehicles", TNO-060-UT-2011-01556
In dit rapport wordt de uitstoot van tweewielers bepaald op basis van TNO emissie metingen en op basis van literatuur. Hierbij wordt niet alleen de uitstoot van de afzonderlijke type bromfietsen bepaald, maar wordt ook de samenstelling van het voertuigpark ingeschat en dus de totale uitstoot bepaald.

TNO rapport de effecten van brommers op de luchtkwaliteit in de gemeente Amsterdam (MON-RPT-033-DTS-2009-00524)
In dit TNO rapport wordt de bijdrage van de brommers aan de luchtverontreiniging berekend. Ook wordt de geluidbelasting en geluidoverlast nader beschouwd.

Uit het rapport volgt dat de bijdrage van de brommers aan de totale verkeersemissie van NO_x heel gering is. De brommers dragen ca. 4% bij aan de totale verkeersemissie van PM_{10}. De brommers zijn echter wel verantwoordelijk voor een aandeel in de totale verkeersemissie van ca. 10% van koolmonoxide (CO) en ca. 24% van koolwaterstoffen (HC). De resultaten zijn vergeleken met uitkomsten van een onderzoek van LAT (LAT 2006). Dit onderzoek vermeldt een bijdrage van brommers in de totale verkeersemissies van ca. 7% voor CO en 20% voor HC. Daarmee komen de resultaten behoorlijk goed overeen.
In het rapport worden geen metingen van brommergeluid beschreven. Wel blijkt uit de gegevens dat brommergeluid een heel belangrijke bron van geluidhinder vormt.

RIVM briefrapport 630315001/2011, Gezondheidseffecten van brommeremissies
De conclusie van het RIVM-rapport is dat de schadelijkheid van brommeremissies voor de fietsers en voetgangers niet duidelijk zijn. Een belangrijke reden hiervoor is het ontbreken van kennis over de relatie tussen de feitelijke blootstelling en een scala van mogelijke gezondheidseffecten.
Samengevat blijkt uit in vivo en in vitro onderzoek dat blootstelling aan brommeremissies van tweetaktmotoren wel kan leiden tot longontsteking en overgevoeligheid van de luchtwegen, effecten op het reproductiesysteem en genotoxische effecten. Verschillen tussen de schadelijkheid van uitlaatgassen van twee- en viertakt of tussen verschillende Euroklassen is niet onderzocht.

Onderzoek uit Canada / India, Real time driving cycle measurements of ultrafine particle emissions from two wheelers and comparison with passenger cars
In dit onderzoek worden tweetakt en viertakt lichte motorfietsen (ca. 100 cc), representatief voor India onderzocht. Deze voertuigen zijn niet uitgerust met een katalysator. In het onderzoek worden deeltjes aantallen en deeltjes massa gemeten. Daaruit volgt dat de viertakt voertuigen in orde grootte tot $1*10^{13}$ deeltjes per kilometer uitstoten. De tweetakt voertuigen stoten tussen de 4 en $8*10^{13}$ aantallen deeltjes per kilometer uit. De PM massa van de viertakten ligt in de orde grootte 1-40 mg/km. Bij tweetakt ligt dit tussen de 120 en 1300 mg/km.
De vraag is in hoeverre de geteste tweewielers in dit onderzoek representatief zijn voor de Nederlandse situatie. Het is desondanks opgenomen in dit overzicht omdat het een indicatie geeft van de deeltjes uitstoot van tweewielers.

S.M. Platt et al, Two stroke scooters are a dominant source of air pollution in many cities, May 2014
In dit onderzoek worden de uitlaatgassen van tweetaktbrommers onderzocht. De resultaten van het onderzoek geven aan dat tweetaktbrommers aanzienlijke hoeveelheden aerosolen en secundaire aerosolen en koolwaterstoffen uitstoten. Een deel van de uitstoot bestaat uit benzeen waarvan bekend is dat dit al in heel kleine concentraties schadelijk is voor de gezondheid. Zo geldt in Europa een maximaal jaargemiddelde grens van 5 $\mu g/m^3$. In Amerika moeten werknemers die langer dan 15 minuten aan een concentratie van boven de 1 $\mu g/m^3$ blootgesteld worden beschermende maatregelen treffen (filters / zuurstofmasker).
In de ruwe uitlaatgassen van tweetaktbrommers werden concentraties tot ca. 300.000 $\mu g/m^3$ gemeten.

Hieruit werd afgeleid dat het aannemelijk is dat blootstelling aan uitlaatgassen (normaal gesproken sterk verdund door de verspreiding van de gassen direct na het verlaten van de uitlaat) van tweetakt-brommers schadelijk is voor de gezondheid.

Copert emissiefactoren voor brommers

Copert is een software pakket met als doel om emissies van het wegverkeer te berekenen. De ontwikkeling van Copert wordt gefinancierd door de European Environment Agency (EEA). Sinds 2007 wordt de wetenschappelijke ontwikkeling van het model gecoördineerd door JRC (Joint Research Centre van de Europese commissie). De Copert emissiefactoren worden gepubliceerd op de website van Emisia (www.emisia.com/products/copert-4/documentation).

In het rapport “Methodolgy for the calculations of exhaust emissions – SNAPs 070100-070500, NFs 1A3bi-iv” van Ntziachristos et al., guidebook 2014, worden de volgende emissiefactoren voor brommers genoemd:

		CO [g/km]	NMVOC* / THC [g/km]	NOx [g/km]	$PM_{2.5}$** [g/km]
Tweetakt	Euro 0	14,7	8,38	0,056	0.176
	Euro 1	4,6	3,18	0,18	0.045
	Euro 2	2,8	2,56	0,17	0.026
	Euro 3	1,8	1,78	0,17	0.018
Viertakt	Euro 0	14,7	8,18	0,056	0.176
	Euro 1	6,7	0,74	0,22	0.04
	Euro 2	4,2	0,77	0,17	0.007
	Euro 3	2,7	0,52	0,17	0.004

* Non-Methane Volatile Organic Components, bepaald als: THC – CH4

** $PM_{2.5}$ is volgens commentaar in het rapport gelijk aan PM_{10} en TSP (Total Solid Particles)

Lopend onderzoek voor Europese Commissie

Naar verwachting eind 2016 worden de resultaten bekend van een onderzoek aan moderne tweewielers (brommers, motorfietsen en quads) uitgevoerd door TNO, LAT, Emisia en JRC in opdracht van de Europese Commissie. Dit onderzoek, gericht op het bepalen van de effectiviteit van toekomstige wetgeving voor gemotoriseerde tweewielers, zal enige additionele informatie leveren over het emissiegedrag van brom- en snorfietsen (en andere tweewieler categorieën).

D Geluidbelasting

Brommergeluid

In de grote steden in Nederland veroorzaken brommers geluidhinder. Ook in Utrecht klagen veel burgers over brommergeluid. TNO heeft in het verleden onderzoek[10] gedaan naar de bijdrage van brommers aan de totale geluidbelasting door het verkeer. Hoewel de bijdrage van de brommers aan de geluidbelasting laag is, wordt de lokale geluidhinder toch als zeer hinderlijk ervaren. Met name in de avond of vroeg in de ochtend valt het brommergeluid extra op. Brommers zijn de belangrijkste bron van slaapverstoring. Vooral het opvoeren of slecht onderhouden (defecte uitlaat) van brommers zorgt voor onnodig hoge geluidproductie.
Ook tweetaktbrommers produceren over het algemeen meer geluid dan viertakt-brommers.

Voor brommers geldt een algemene eis van max. 97 dB(A) op 0,5 m afstand van de uitlaat. De eis voor snorfietsen is strenger en ligt 7 dB(A) lager. Omgerekend naar bronvermogen (geluidproductie) komt dit overeen met 101 dB(A). Een auto die met constante snelheid van 50 km rijdt heeft een bronvermogen van 98 dB(A). In dat geval zou één brommer dus equivalent zijn met 2 auto's (rijdend met 50 km/h), want 3 dB meer komt overeen met een factor 2 in geluidenergie.
Volgens het Reken- en meetvoorschrift geluid is het gemiddelde bronvermogen van een bromfiets echter 98 dB(A). Als dit het gemiddelde zou zijn voor alle brommerverkeer, produceert de bromfiets net zoveel geluid als één auto die met constante snelheid van 50 km/h rijdt.
Het is aannemelijk dat in de praktijk de geluidproductie van een gemiddelde brommer overeenkomt met één tot twee auto's. De geluidproductie van een standaardbrommer ligt namelijk enkele dB's onder de norm, een beperkte groep produceert aanzienlijk meer dan de norm. Hoe groot deze groep precies is, is heel moeilijk in te schatten aangezien daar zeer beperkt gegevens van beschikbaar zijn. Op basis van deze gegevens kan geconcludeerd worden dat het aandeel van brommers in de geluidbelasting door het verkeer beperkt is.

[10] De Jong *et al.* (2000). De Jong, R.G., J.H.M. Steenbekkers en H. Vos. Hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten van milieuverontreiniging in Nederland, Inventarisatie Verstoringen 1998. TNO-PG, Delft

E Europese emissienormen voor brommers

Sinds medio 1999 gelden er emissienormen voor nieuwe brommers (Richtlijn 97/24/EG). Deze normen, aangeduid met Euro 1, zijn inmiddels tweemaal aangescherpt, met de stappen Euro 2 (2002) en Euro 3 (2014). Een belangrijk verschil tussen de Euro 2 en Euro 3 eisen is dat de koude start meegenomen wordt in de beoordeling van de emissies. Inmiddels zijn ook volgende aanscherpingsstappen vastgelegd: Euro 4 per 2018 en Euro 5 in 2020. Vanaf Euro 5 wordt de fijnstof uitstoot van brommers gereguleerd.

In de stap van Euro 2 naar Euro 3 zijn de limietwaarden niet gewijzigd, maar is de koude start in de normen opgenomen. Met Euro 3 is de tweetaktbrommer nagenoeg geheel uit de nieuwverkoop verdwenen.

Tabel 9: Euronormen en bijbehorende emissie limieten.

	Vehicle	**CO mg/km**	**HC mg/km**	**NOx mg/km**	**HC+NOx mg/km**	**PM mg/km**
Euro 1 (6/1999)	Mopeds	6000	-	-	3000	-
Euro 2 (6/2002)	Mopeds	1000	-	-	1200	-
Euro 3 (1/2014)	Moped (max. 45 km/h)	1000	-	-	1200	-
Euro 4 (1/2017)	Moped (max. 45 km/h)	1000	630	170	-	-
Euro 5 (1/2020)	Moped (max. 45 km/h)	1000	100	60	-	4,5

F Samenstelling brommerpark Utrecht

Indicatieve berekeningen gaven in het verleden aan dat de bijdrage van brommers aan de PM_{10} en NO_2 concentraties beperkt is. Deze berekeningen waren tot dusver door gebrek aan gegevens over de wagenparksamenstelling matig onderbouwd. Naast inzicht in het aandeel van de brommers in het totale wegverkeer is ook de samenstelling van het brommerpark zelf namelijk van groot belang. In opdracht van de gemeente Utrecht is daarom onderzoek gedaan naar de samenstelling van het brommerpark in de gemeente Utrecht. Hoewel deze gegevens alleen in Utrecht gemeten zijn, mag aangenomen worden dat de samenstelling redelijk representatief is voor andere grote steden in Nederland

Brommerparkscan

Om de samenstelling van het brommerpark in de gemeente Utrecht vast te stellen is een kentekenonderzoek uitgevoerd. Bij dit kentekenonderzoek zijn op vier locaties in de gemeente Utrecht de kentekens van alle passerende brommers geregistreerd. De locaties zijn in overleg met de gemeente Utrecht geselecteerd omdat op de betreffende locaties relatief veel brommers rijden. Het bedrijf Connection Systems heeft vervolgens kentekencamera's geplaatst en zeven aaneengesloten dagen 24 uur per dag alle brommer kentekens op deze locaties gescand. Het betreft de volgende locaties:

Tabel 10: Locaties brommerparkscan in de gemeente Utrecht

#	**Locatie**	**Aantal gescande rijrichtingen**	**Totaal aantal rijstroken**	**Aantal dagen gescand**
1	Wittevrouwen brug	2	2 (2*1)	7
2	Amsterdamsestraatweg	2	2 (2*1)	7
3	Vleutense brug (overgang Vleutenseweg/kanaal)	2	2 (2*1)	7
4	Winthonlaan, net ten zuiden van de snelweg.	2	2 (2*1)	7

Een overzicht van alle locaties wordt weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 11: Scanlocaties in de gemeente Utrecht

De scans zijn uitgevoerd van 15 september 2014 00.00 uur tot 21 september 2014 23:59 uur.

Na de meetperiode is op basis van de ingewonnen data een lijst met unieke kentekens samengesteld. Vervolgens zijn de kentekens gecontroleerd, zijn fouten en niet-brommers uit de database gefilterd en heeft TNO de lijst met unieke kentekens naar de RDW gestuurd.

De RDW heeft vervolgens per kenteken technische informatie toegevoegd zoals:

- Brandstofsoort
- Datum eerste toelating[11]
- Datum van eerste afgifte[12]
- Maximum constructie snelheid (25 km/h of 45 km/h)
- Merk en type

[11] datum waarop het voertuig voor het eerst in gebruik is genomen en een kenteken heeft gekregen in Nederland of waar ook ter wereld
[12] datum waarop het voertuig voor het eerst in Nederland is geregistreerd

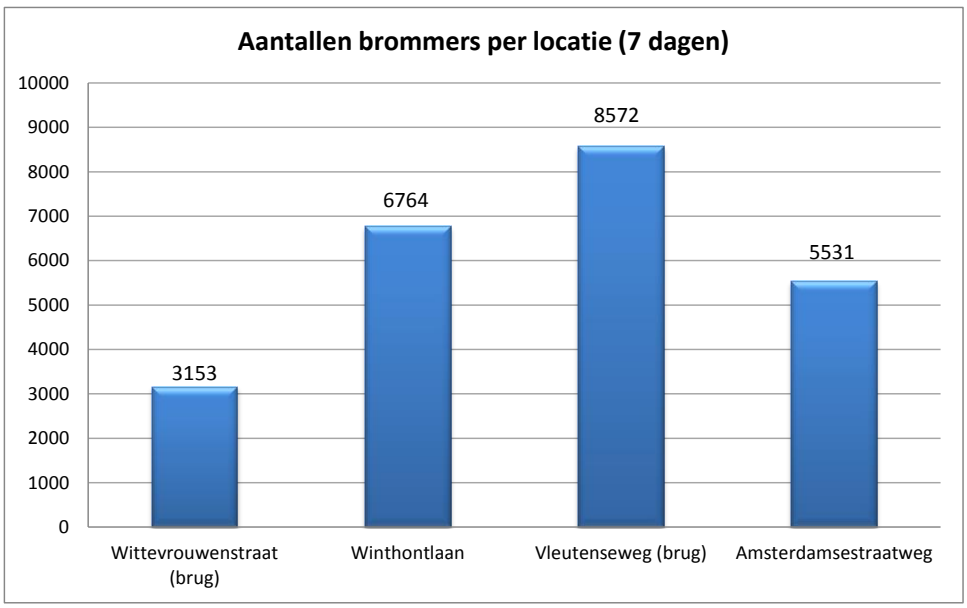
Na controle en correctie van de door de RDW geleverde gegevens zijn, met behulp van deze technische voertuiginformatie, overzichten gemaakt van de geregistreerde brommers.
Dankzij de medewerking van brommerimporteurs kon van de meeste brommers, ca. 90%, ook achterhaald worden of het een tweetakt of viertakt model betrof. Het resultaat is een database met per locatie, rijrichting en rijstrook, de datum, tijdstip en technische informatie van iedere passerende brommer.

Na bepaling van alle genoemde kenmerken zijn uitgebreide analyses op de samenstelling van de brommervloot gemaakt en zijn de brommers in de relevante emissiecategorieën ingedeeld. Op basis van deze informatie kan in samenhang met de aantallen brommers berekend worden hoeveel het brommerpark emitteert. Tenslotte is berekend hoeveel het brommerpark op knelpunt locaties bijdragen aan de NO_2 en PM_{10} concentraties.

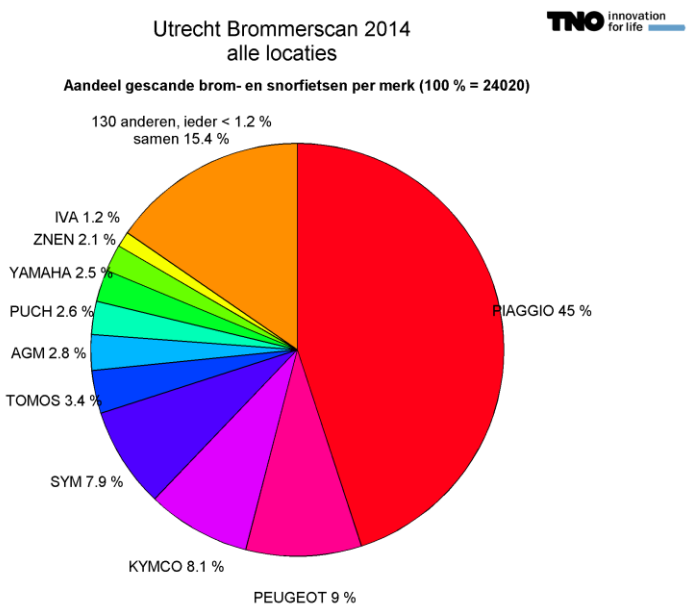
Scan resultaten

De brommerparkscan heeft geresulteerd in een database met passages van alle brommers en snorfietsen (met de bijbehorende eigenschappen) per locatie, datum en tijdstip. Om een inzicht te geven in de samenstelling van het brommerpark in de gemeente Utrecht zijn verschillende doorsnedes gemaakt. Deze doorsnedes worden besproken in dit hoofdstuk. In de eerste paragraaf wordt ingegaan op het aantal waargenomen brommers op de verschillende locaties. Vervolgens zijn de brommers verdeeld in verschillende categorieën tweetakt en viertakt, in snorfiets of brommer en Euro-klasse.

In totaal zijn op vier locaties in zeven dagen tijd zo'n 24.020 brommerkentekens gescand, met in totaal bijna 6.300 unieke kentekens/brommers. De kentekens zijn naar de RDW gestuurd en gekoppeld aan de technische informatie als merk, type, brandstofsoort etc.



Figuur 12: Aantallen waargenomen brommers per locatie (totaal van 7 dagen scannen)



Figuur 13: Verdeling van alle waargenomen brommers over de diverse merken.

In de bovenstaande figuur staan alle waargenomen brommers verdeeld naar merk. De tien grootste merken worden apart genoemd, samen vormen ze ca. 85% van alle waarnemingen. Een restcategorie van ca. 15% wordt gevormd door een groot aantal andere merken die ieder een heel klein aandeel hebben in de brommervloot.

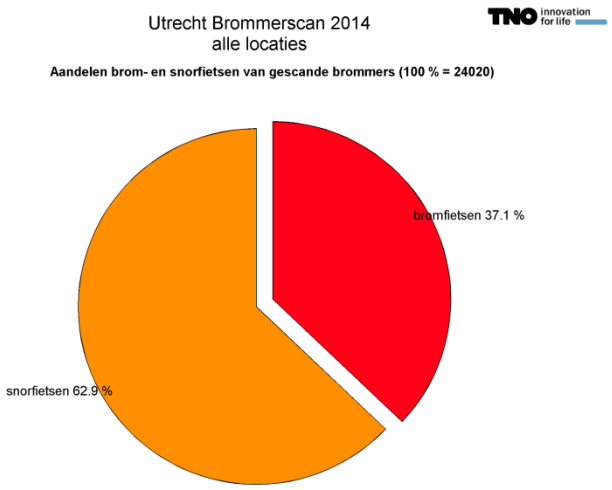
In de verkoopcijfers is duidelijk te zien dat het aandeel snorfietsen in de verkoop al jarenlang stijgt. Een nieuwe snorfiets, met een maximale constructie snelheid van 25 km/h, stoot meer NO_x en meer PM_{10} uit dan een vergelijkbare brommer variant. Het verschil ligt in orde grootte van 1,5 tot wel 2 keer meer. De brommervloot wordt hierdoor dus meer vervuilend.



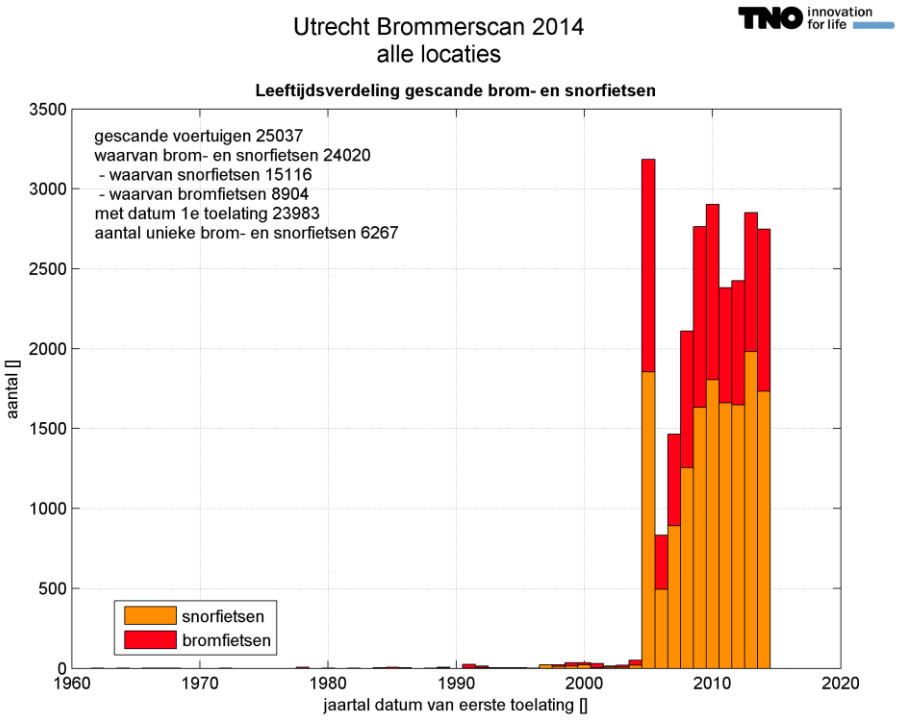
Figuur 14: Aandeel snorfietsen (bovenste deel in balkjes) in de verkoop nieuwe brommers stijgt door de jaren aanzienlijk[13]

[13] Bron: Doreen Ewalds et al, Centraal Bureau voor de statistiek, 27 mei 2013, Bromfietsen in Nederland

Ook in de data van de brommerscan in Utrecht is duidelijk te zien dat het aandeel snorfietsen inmiddels groter is dan het aandeel bromfietsen. In Utrecht is ca. 63% van de brommervloot een snorfiets.



Figuur 15: De verhouding snor- en bromfietsen in het Utrechtse brommerpark.



Figuur 16: De verhouding tussen snor- en bromfietsen over de diverse jaren van eerste toelating.

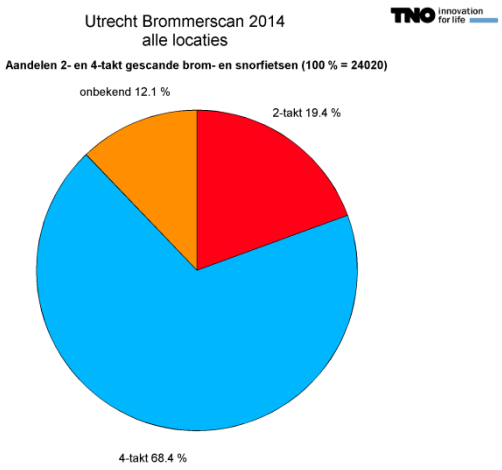
De verdeling snor en bromfietsen over de jaren laat zien dat het aandeel snorfietsen gestaag toeneemt. De grote aantallen brommers in 2005 kan worden verklaard door een administratieve handeling.

Deze brommers zijn niet daadwerkelijk allemaal in 2005 verkocht. Voor oudere brommers (2005 en ouder) is onduidelijk wat precies de datum van eerste registratie is. Pas vanaf ca. 2005 zijn kentekens voor brommers door de RDW geregistreerd. Voor die tijd was sprake van een verzekeringsplaatje en werd de administratie niet door de RDW uitgevoerd. In de RDW database zijn nagenoeg alle brommers van 2005 en ouder voorzien van datum eerste inschrijving 2005.

Tweetakt versus viertakt

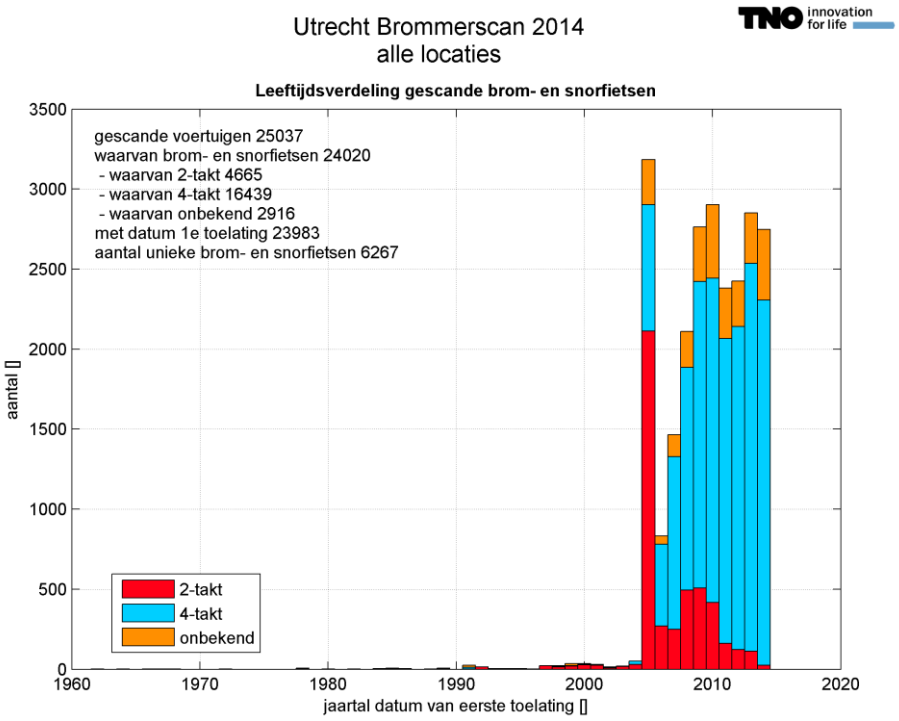
De term tweetakt of viertakt verwijst naar de werking van de verbrandingsmotor. Bij een viertaktmotor vindt steeds een herhaling van 4 slagen (zuiger bewegingen) plaats. Allereerst wordt een mengsel van benzine en lucht aangezogen in de cilinder (zuiger maakt een aanvoerslag), vervolgens wordt het benzine luchtmengsel gecomprimeerd doordat de zuiger de cilinder inschuift (compressie slag). Na de compressieslag vindt een ontsteking plaats waardoor de zuiger weer terug de cilinder inschuift (arbeidslag). Tenslotte beweegt de zuiger weer de cilinder in en duwt de uitlaatgassen naar buiten (afvoerslag). Bij een tweetaktmotor vindt hetzelfde proces in slechts twee slagen plaats. Het voordeel daarvan is dat de tweetaktmotor vaak goedkoper te produceren is, en bij een vergelijkbaar gewicht als een viertaktmotor meer vermogen kan leveren. Nadeel is dat de verbranding in een tweetaktmotor (tenminste bij de toepassing voor brommers) vaak slechter is, dat er naast benzine ook smeerolie verbrand wordt en er uiteindelijk meer emissies (deeltjes) vrijkomen dan bij een viertaktmotor.

De RDW heeft helaas niet vastgelegd of het principe van de verbrandingsmotor van de betreffende brommer tweetakt of viertakt betreft. Voor het bepalen van de emissies van de diverse brommers is het echter van belang om onderscheid te maken naar tweetakt of viertakt. De gewenste informatie is verkregen dankzij de medewerking van de brommerimporteurs. Uit de overzichten van de grootste merken is voor nagenoeg ieder type achterhaald of het om een twee- of viertakt-brommer gaat.
Ongeveer 68% van de waargenomen brommers is viertakt, ongeveer 20 procent is tweetakt. Voor ca. 12 procent van de brommers kon niet achterhaald worden of het een tweetakt- of viertaktbrommer was, of betrof het een elektrische brommer.



Figuur 17: De verhouding van tweetakt- en viertaktbrommers in Utrecht, gebaseerd op de brommerscan 2014. Dankzij medewerking van de importeurs kon het aandeel tweetakt en viertakt worden bepaald.

Het aandeel tweetakt- en viertaktbrommers kan ook over de diverse bouwjaren weergegeven worden. Duidelijk herkenbaar is dat in de laatste jaren nagenoeg alleen viertaktbrommers op de markt verschenen zijn. Dit is een gevolg van de steeds strengere Europese emissie eisen aan brommers.



Figuur 18: De verhouding van tweetakt- en viertaktbrommers in Utrecht, uitgesplitst naar datum eerste toelating

De verdeling van tweetakt- en viertaktbrommers, waargenomen tijdens de scan, over de diverse jaren van eerste toelating laat een heel duidelijke afname van het aandeel tweetaktbrommers zien.

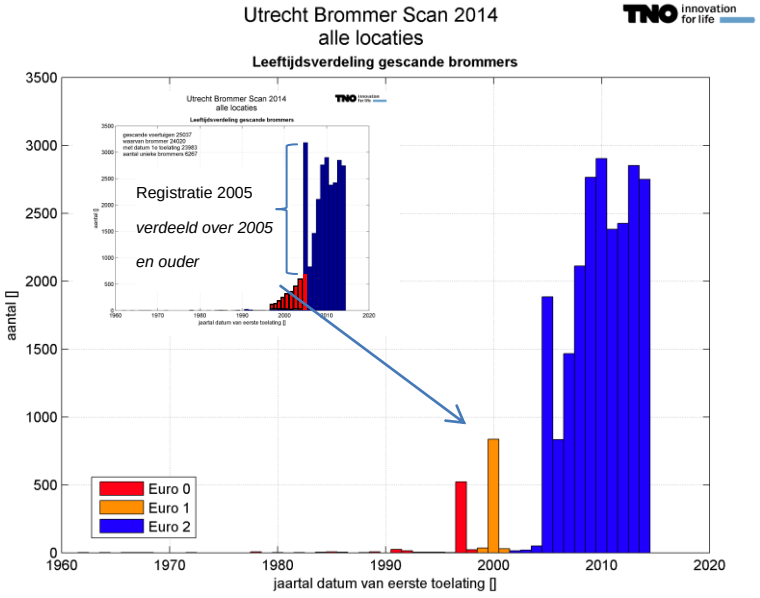
Uit de brommerscan data zijn blijkt dat er nagenoeg geen tweetaktbrommers met datum eerste toelating 2014 in Utrecht rijden. De tweetaktbrommers lijken langzaam maar zeker uit het straatbeeld te gaan verdwijnen.

Verdeling naar Euroklasse

Brommers moeten in Europa een typekeuring ondergaan voordat ze op de weg toegelaten worden. Een onderdeel van deze typekeuring zijn eisen aan de brommer emissies (ook wel Euronormen genoemd). In de RDW database is niet vastgelegd tot welke Euroklasse een bepaalde brommer behoort. Wel zijn typekeur codes en datum van eerste toelating bekend. Op basis van deze gegevens kan voor brommers afgeleid worden tot welke Euroklasse de brommers behoren.

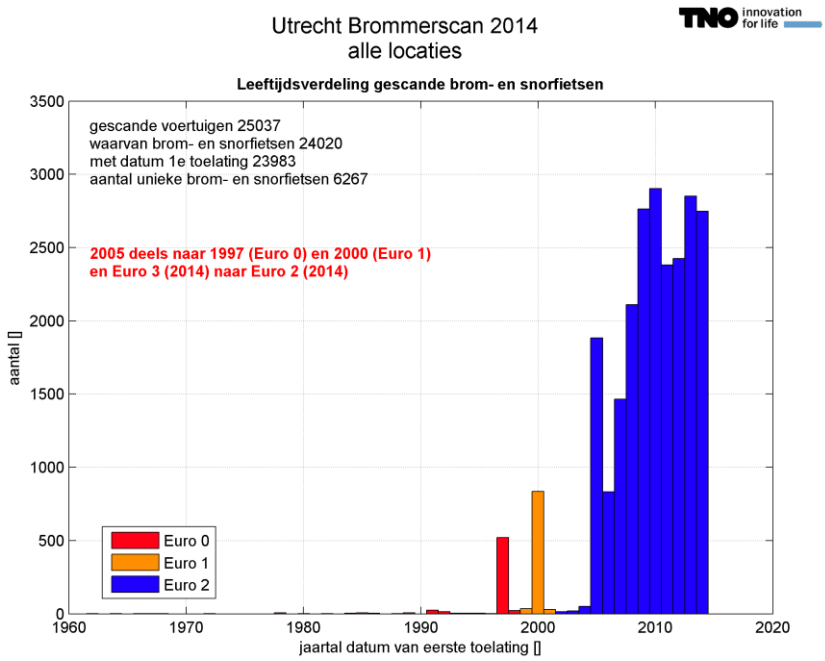
De verdeling van de aantallen per bouwjaar van 2005 en ouder moet dus ingeschat worden. Dit is gedaan door de brommers uit het bouwjaar 2005 te verdelen over de 2005 voorgaande bouwjaren. Deze verdeling (aantallen per jaar van 2005 en ouder) is gemaakt op basis van de een trend van de totale aantallen brommers per bouwjaar van 2006 en nieuwer. Zodoende is een inschatting verkregen van de aantallen Euro 1 en Euro 0 brommers.

De emissie wetgeving is door de jaren heen herhaaldelijk aangescherpt (zie Bijlage E). In de verdeling van de aantallen toegelaten brommers per registratie jaar is te zien dat alle brommers van 2005 en ouder door de RDW in het jaar 2005 geregistreerd zijn. Zoals hiervoor genoemd is dit niet het daadwerkelijke jaar van eerste toelating geweest, daarom zijn de brommers met datum eerste toelating 2005 verdeeld over 2005 en voorgaande jaren. Dit is weergegeven in onderstaande Figuur.



Figuur 19: Verdeling van de aantallen brommers per datum eerste toelating voor alle locaties samen. De brommers geregistreerd in 2005 zijn verdeeld over 2005 en voorgaande jaren.

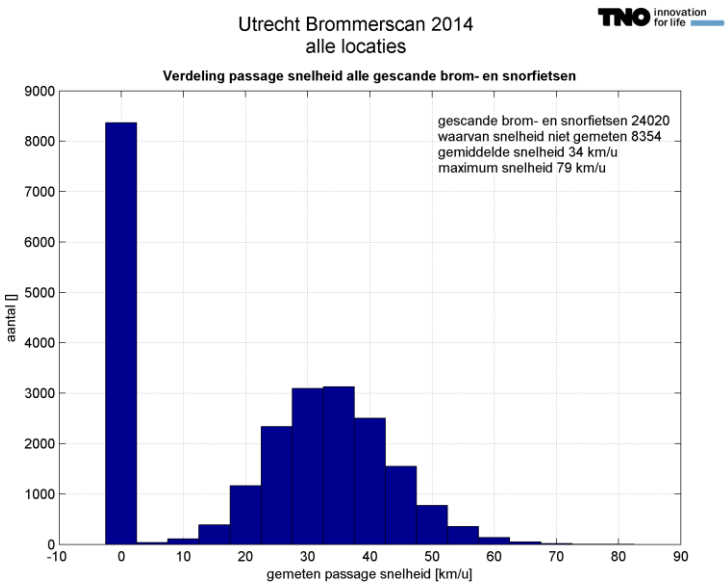
Vervolgens is de verdeling van de (snor)brommers over de diverse Euroklassen bepaald.



Figuur 20: Brommers verdeeld naar Euroklassen, de brommers in het jaar 2005 zijn verdeeld over 2005 en ouder en daarmee over de Euroklasse Euro 2, Euro 1 en een klein deel Euro 0

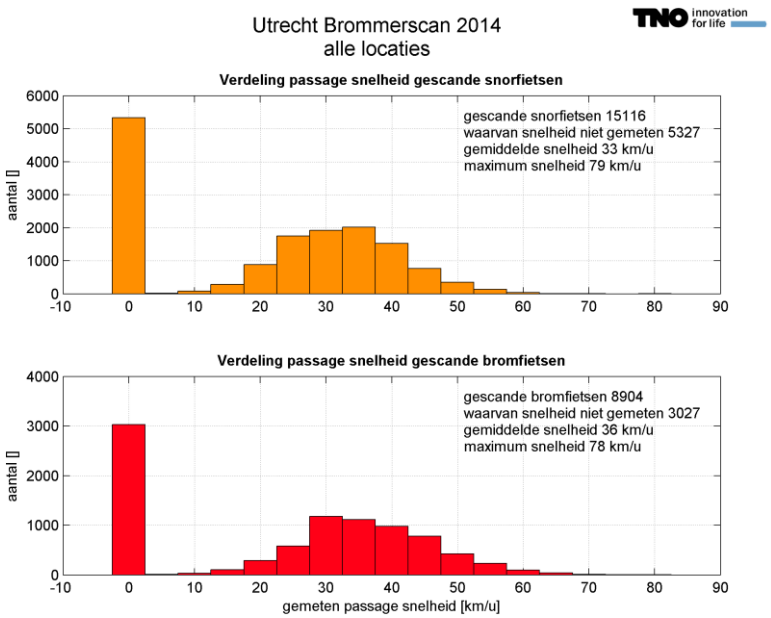
Snelheden van brom- en snorfietsen

De camera's die tijdens het onderzoek ingezet zijn registeren naast de kentekens ook de snelheden van de passerende brommers. De snelheden zijn gemeten om een beeld te vormen van de snelheden waarmee de brommervloot langs de scan locaties rijdt. Er is veel zorg is besteed aan de kalibratie van de camera's, de nauwkeurigheid is ongeveer plus of min 10%. De snelheidsmetingen in dit onderzoek zijn alleen uitgevoerd om een indruk te krijgen van de gemiddelde rijsnelheden van het brommerpark.



Figuur 21: Snelheidsverdeling van de brom- en snorfietsen.

Bovenstaande figuur geeft de snelheidsverdeling van de brommers weer. In totaal zijn ca. 24.000 passages van brommers gedetecteerd. Van ongeveer 16.000 passages zijn de snelheidsmetingen gelukt, ongeveer 8.000 metingen zijn niet betrouwbaar of niet uitgevoerd en daarom als “nul” geregistreerd. De gemiddelde snelheid van de ca. 16.000 metingen bedraagt 34 km/h. Figuur 21 geeft een overzicht van alle snor en bromfietsen samen. De snelheidsmetingen zijn vervolgens gesplitst in snorfietsen en bromfietsen en weergegeven in Figuur 22.



Figuur 22: Snelheidsverdeling van snor- en bromfietsen

De gemiddelde snelheid van de snorfietsen (33 km/h) ligt maar iets lager de gemiddelde snelheid van de bromfietsen (36 km/h). Ook is duidelijk herkenbaar dat een groot deel van de snorfietsen aanzienlijk harder rijdt dan de maximale constructie snelheid van 25 km/h. De snelheidsverdeling van snorfietsen wijkt in feite maar weinig af van de snelheidsverdeling van de bromfietsen.

Relatieve bijdrage brommers aan de lokale verkeersemissies

Om inzicht te krijgen in de bijdrage van de brommers aan de lokale luchtverontreiniging is het brommerpark allereerst ingedeeld volgens onderstaande tabel.

Tabel 11: Verdeling van brommers in de diverse categorieën

	Snorfietsen				**Bromfietsen**			
	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3
Tweetakt	0,57%	0,72%	12,36%		0,34%	0,53%	7,62%	
Viertakt	1,16%	1,84%	46,81%		0,78%	1,07%	26,20%	

Noot: vanaf 2014 moeten nieuwe brommers voldoen aan Euro 3 maar mogen Euro 2 brommers nog verkocht worden.

Nieuwe type brommers moeten vanaf 2014 voldoen aan Euro 3 eisen. Bestaande type brommers die aan Euro 2 voldoen mogen echter nog in 2014 verkocht worden. De emissie eisen voor Euro 3 brommers zijn gelijk aan die van Euro 2, alleen wordt bij Euro 3 een koude start meegenomen in de test. Tot dusver zijn emissiemetingen aan Euro 0 t/m Euro 2 brommers uitgevoerd, maar zijn nog geen praktijkmetingen van Euro 3 brommers beschikbaar. De emissies van Euro 3 brommers worden vooralsnog gelijk aan Euro 2 brommers verondersteld.
Vervolgens is op een aantal drukke locaties het aandeel van het brommerverkeer in de totale verkeersstroom bepaald. Samen met de aandelen per Euroklasse, tweetakt en viertakt, en snorfiets of bromfiets, kan de relatieve bijdrage van het brommerverkeer aan de totale verkeersemissies en de relatieve bijdrage aan de lokale luchtkwaliteit bepaald worden.

Bijdrage brommerpark aan de NO_2 en PM_{10} concentratie

De bijdrage van het brommerverkeer aan de lokale luchtkwaliteit is berekend door gebruik te maken van de samenstelling van het brommerpark zoals gemeten met de brommerscan, het relatieve aandeel van brommers in het totale verkeer en inzicht in het overige wegverkeer. Voor de gegevens van het overige wegverkeer is gebruik gemaakt van de wagenparkscan in Utrecht uit 2012. Deze wagenparkscan geeft samen met de brommerpark scan een gedetailleerd inzicht in de samenstelling van het totale wagenpark in Utrecht.

Het aandeel brommers in de totale verkeersintensiteit varieert tussen de 3% en 5% Uitgaande van de gemiddelde samenstelling van de brommervloot is voor drie locaties berekend wat de bijdrage van het brommerverkeer aan de lokale luchtkwaliteit is.

Tabel 12: Euronormen en bijbehorende emissie limieten.

Locatie	**Brommers per etmaal**	**Aandeel brommers in verkeersbijdrage PM_{10} concentratie**	**Aandeel brommers in verkeersbijdrage NO_2 concentratie**	**Bijdrage PM_{10} in ug/m3**	**Bijdrage NO_2 ug/m3**
Amsterdamse straatweg	880	± 4%	± 0,26%	± 0,10	± 0,035
Catharijnesingel	440	± 3%	± 0,23%	± 0,06	± 0,025
Vleutenseweg	880	± 3%	± 0,22%	± 0,04	± 0,017

De bijdrage van de brommers aan de lokale PM_{10} (fijnstof) concentratie varieert ongeveer tussen de 0,05 en 0,1 ug/m^3. De bijdrage aan de lokale NO_2 concentratie varieert tussen de 0,02 en 0,04 ug/m^3.
De bijdrage van brommers aan de lokale NO_2 concentratie is beperkt, de uitstoot van alle verkeer samen draagt namelijk in de orde grootte van 10 ug/m^3 bij aan de lokale luchtkwaliteit.
De bijdrage van brommers aan de lokale PM_{10} (fijnstof) concentratie is iets groter, de uitstoot van alle verkeer samen draagt namelijk in de orde grootte van 2 ug/m^3 bij aan de lokale luchtkwaliteit.

Bij het berekenen van de brommeremissies en dus de bijdrage van brommers aan de lokale luchtverontreiniging is geen rekening gehouden met het feit dat sommige brommers opgevoerd worden. Het probleem is namelijk dat nauwelijks betrouwbare cijfers bekend zijn van het aandeel opgevoerde brommers. Bovendien zijn zeer veel varianten van opvoeren mogelijk die allemaal verschillende effecten op de emissies hebben. Ook kan het verwijderen van de restricties van snorfietsen een positief effect op de emissies hebben.

Meerdere onderzoeken[14] wijzen echter uit dat brommers, naast NO_2 en PM_{10}, ook significante hoeveelheden van het meer schadelijke ultrafijnstof uitstoten. Omdat brommers bovendien dicht langs fietsers en voetgangers rijden, is de uitstoot van ultrafijnstof door brommers mogelijk schadelijk voor de gezondheid van fietsers en voetgangers . Het ligt daarom voor de hand dat het belangrijkste argument voor het terugdringen van de emissies van het brommerverkeer wordt gevormd door de uitstoot van ultrafijnstof in combinatie met de nabijheid van deze emissies bij verkeersdeelnemers (fietsers/voetgangers).

[14] C. Favre et al, AECC, 2011, “Regulated and Non-regulated Emissions of selected State of the Art European mopeds”

Deeltjes aantallen

Het is bekend dat brommers hoge aantallen deeltjes uitstoten, de meeste deeltjesmetingen worden echter in het laboratorium uitgevoerd. Om een beeld te vormen of deeltjesmetingen in de praktijk op de weg uitvoerbaar zijn, zijn eerste indicatieve deeltjesmetingen uitgevoerd.

Indicatieve meting van individuele passerende brommers in de buitenlucht

Op 17 september 2014 is bij het meetpunt van de brommerscan op de Vleutense brug een oriënterende meting uitgevoerd naar de mogelijkheid om individuele brommers te kunnen meten.

Aanpak

Met behulp van twee condensation Particle counters (TSI CPC 3007) is ter hoogte van de camera positie van de brommerscan boven- en benedenwinds van het fietspad de concentratie van deeltjes in de lucht bepaald. Het verschil tussen de beneden- en bovenwindse concentratie (of: belaste en onbelaste concentratie) is een indicatie voor de bijdrage van de passerende brommers.

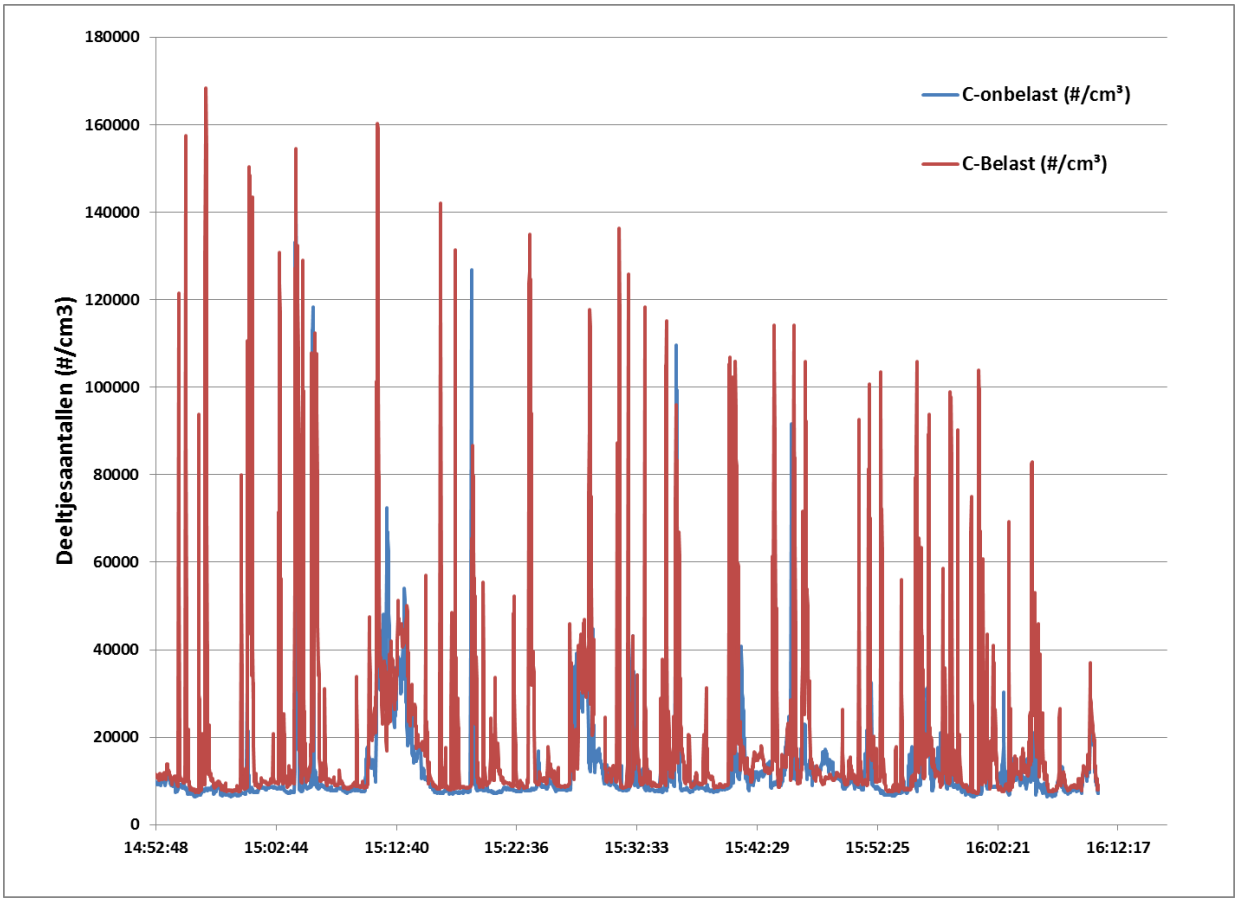


Figuur 23: Opstelling van de twee CPC 3007 apparaten. Op de voorgrond de benedenwindse meetpositie. De andere CPC staat op de computerkast van de brommerscan apparatuur. De foto is genomen in de richting van waar de wind vandaan kwam.

Op de meetdag was de windrichting zuidoost. Het bovenwindse punt was daardoor nauwelijks belast. In het bovenwindse meetpunt werden alleen pieken waargenomen bij het passeren van binnenvaartschepen op het AmsterdamRijnkanaal en bij het passeren van vrachtwagens op de Elektronweg/Oude Vleutenseweg (onder de Vleutensebrug).

Verwerking

De data van de twee afzonderlijke CPC's zijn onderling en met de gegevens van de brommerscan gesynchroniseerd.

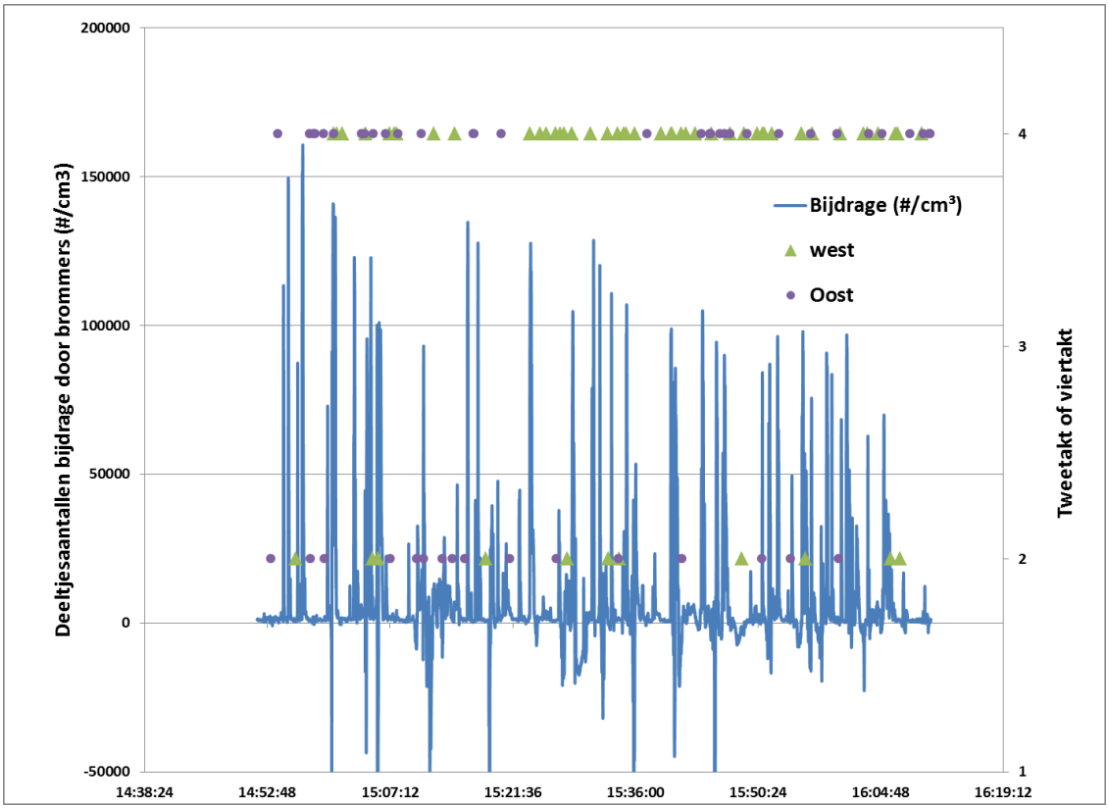


Figuur 24: Trend van de deeltjes aantallen boven en benedenwinds van het fietspad op de Vleutenseweg Onbelast is bovenwinds.

In Figuur 24 is het signaal van de twee deeltjestellers in de tijd weergegeven. De volgende zaken vallen op:

- De heersende achtergrondconcentratie is rond 10.000 #/cm^3.
- De passage van een tweetal binnenvaartschepen rond 15:10 en 15:28 is duidelijk te zien aan de tijdelijke verhoging van de achtergrondconcentratie.
- In de belaste tijdserie duiden de kortdurende hoge pieken op de passage van brommers.

Het signaal van de bovenwindse CPC wordt gebruikt als achtergrond. Na het aftrekken van het signaal van de bovenwindse CPC van het signaal van de benedenwindse CPC blijft de bijdrage van de brommers op de deeltjes aantallen over.



Figuur 25: Bijdrage van brommers aan de deeltjesaantallen benedenwinds van het fietspad. De groene driehoekjes zijn geregistreerde brommers die rijden in de westelijke richting. De paarse rondjes zijn brommers in de oostelijke richting. Bij de brommers is op de rechter-as onderscheid gemaakt tussen twee- en viertakt.

In Figuur 25 is de bijdrage van de brommers op het benedenwindse punt weergegeven. Ook zijn met driehoekjes en cirkeltjes de brommers aangegeven die in de oostelijke of in de westelijke richting rijden. In het figuur is duidelijk te zien dat het overgrote deel van de brommers viertakt motoren heeft. Bij het aanduiden van de passage van de individuele brommers is rekening gehouden met de vertraging waarmee de pluim uit de brommer bij het meetapparaat aankomt. En er is een schatting gemaakt van de vertraging die optreedt tussen het moment van scannen en het moment van detecteren op de deeltjesteller.

Discussie

Snelle veranderingen in de aantallen deeltjes kunnen goed worden waargenomen. Er worden duidelijk kortdurende hoge bijdragen van passerende brommers waargenomen. De pieken zijn niet altijd even hoog. Dat duidt erop dat er tussen brommers verschillen optreden in de mate van emissie van ultrafijne deeltjes. Echter, een relatie tussen de waargenomen pieken en de passerende brommers (bijvoorbeeld twee- of viertakt) is lastig te bepalen. Dit heeft meerdere oorzaken. De belangrijkste oorzaak is dat er in twee richtingen wordt gereden. Hierdoor zijn er veel momenten waarop er meerdere brommers mogelijk in één piek zitten. Ook komen brommers in clusters langs, mede door het stoplicht op enkele tientallen meters van de meetlokatie waar de brommers de Vleutenseweg oversteken.

Tenslotte bleek achteraf de tijdsynchronisatie tussen de meetcomputer en de brommerscan computer en de inschatting van de tijdsvertraging die in het passeren van de brommer en het waarnemen van de piek lastig.

Aanbeveling

Een beter resultaat voor metingen aan passerende brommers zou worden verkregen wanneer er wordt gemeten op een fietspad met een enkele rijrichting en uit de buurt van een kruising met verkeerslicht. De synchronisatie tussen de brommerscan computer en de meetcomputer kan worden verbeterd door enkel manuele opnamen te doen van passerende brommers. Bij deze synchronisatie zal dan ook een inschatting worden gemaakt van de vertraging die optreedt als gevolg van de luchtverplaatsing. Deze onzekerheid is ook kleiner bij een enkele rijrichting. De benedenwindse concentratie kan dan worden gemeten ter hoogte van de opname plek van de brommerscan.