

Notitie

**Aan**

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

**Van**

Dr. N.E. Ligterink & Dr.ir. Richard Smokers

**Onderwerp**

Uitstoot van auto's bij snelheden hoger dan 120 km/u

### Samenvatting

In het steekproefcontroleprogramma voor de uitlaatgasemissies van auto's, dat TNO in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu uitvoert, worden zowel het emissiegedrag van voertuigen onder verschillende omstandigheden gemeten als het gemiddelde rijgedrag op de weg.

#### *Hoe bepaalt TNO emissies van voertuigen bij snelheden boven 120 km/u?*

Door emissiemetingen voor een breed scala aan rijomstandigheden te combineren met in verschillende relevante verkeerssituaties opgenomen representatieve ritpatronen worden emissiefactoren afgeleid die worden gebruikt voor luchtkwaliteitsbeleid.

Emissiefactoren voor snelwegen waarop 130 km/u mag worden gereden zijn gebaseerd op emissiemetingen bij de snelheden en rijdynamiek die onder die omstandigheden voorkomen en op ritpatronen die op dergelijke snelwegen zijn opgenomen.

#### *Hoe hoog zijn de emissies op wegen met een maximumsnelheid van 130 km/u?*

Omdat verhoging van de maximumsnelheid op de snelweg van 120 naar 130 km/u niet leidt tot een navenante verhoging van de gemiddelde snelheid van de voertuigen, is het effect van verhoging van de maximumsnelheid niet hetzelfde als het verschil in emissies bij rijden met constante of gemiddelde snelheden van 120 en 130 km/u.

Euro 6 dieselpersonenauto's stoten op een 130 km/u snelweg bij normale doorstroming 15% meer NO<sub>x</sub> uit dan op een snelweg met een maximum snelheid van 120 km/h en 47% meer dan op een 100 km/u snelweg. De CO<sub>2</sub>-emissies zijn op een 130 km/u snelweg 5% resp. 16% hoger dan op wegen met een maximum snelheid van 120 km/h resp. 100 km/u.

Voor de gemiddelde vloot van personen- en bestelauto's (licht wegverkeer) op de snelweg, die bestaat uit voertuigen van verschillende Euro-klassen op verschillende brandstoffen, is de NO<sub>x</sub>-emissie op een 130 km/u snelweg bij normale doorstroming 12% resp. 40% hoger dan op wegen met een maximum snelheid van 120 km/h resp. 100 km/u. Het totale effect wordt verder nog bepaald door de aandelen van verschillende congestieniveaus in de verkeersafwikkeling door de dag heen.

**Earth, Life & Social Sciences**

Van Mourik Broekmanweg 6

2628 XE Delft

Postbus 49

2600 AA Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 30 00

F +31 88 866 30 10

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**E-mail**

[norbert.ligterink@tno.nl](mailto:norbert.ligterink@tno.nl)

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

2/13

## Methodiek voor bepalen van emissiefactoren

Emissiefactoren representeren de gemiddelde emissies van specifieke voertuigklassen (bijv. Euro 5 benzinepersonenauto's of Euro III zware vrachtwagens op diesel) in specifieke verkeerssituaties (bijv. rijden op een snelweg met een snelheidslimiet van 120 km/u en normale doorstroming, of rijden in stadsverkeer met zware congestie). In Nederland worden emissiefactoren vastgesteld in het overlegorgaan GCN/GDN (onder supervisie van het RIVM), o.a. ten behoeve van het NSL (Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit). TNO levert hiervoor de benodigde input op basis van bovengenoemd meetprogramma. Deze emissiefactoren worden op landelijk, regionaal en gemeentelijk niveau door verschillende partijen gebruikt voor de berekening van luchtkwaliteit en de effecten van maatregelen om deze te verbeteren. Emissiefactoren worden jaarlijks geactualiseerd op basis van de laatste inzichten.

Het bepalen van emissiefactoren bestaat uit drie afzonderlijke stappen:

1. Meten van de emissies van een steekproef van voertuigen onder verschillende representatieve rijcondities die alle in Nederland veel voorkomende verkeerssituaties (wegtype en mate van doorstroming) afdekken;
2. Bepaling van het gemiddeld Nederlands rijgedrag van lichte en zware voertuigen, en zware voertuigen met aanhangers op verschillende wegtypen en onder verschillende rijcondities;
3. Bepaling van de emissiefactoren voor rijden op verschillende wegtypen en onder verschillende rijcondities door toepassing van het emissiegedrag van de gemeten voertuigen op het bepaalde gemiddelde rijgedrag in de verschillende verkeerssituaties en middeling van de resultaten over de steekproef van geteste voertuigen.

De verkeerssituaties in stap 2 worden vastgesteld samen met de partijen die voor bepaling van de verkeersintensiteiten in het luchtkwaliteitsmodel verantwoordelijk zijn. De consistente afspraken tussen TNO, wegbeheerders, en RIVM zorgen ervoor dat de juiste toedeling aan bijvoorbeeld fileverkeer en doorstromend verkeer gemaakt wordt. Een verkeerde toedeling kan grote consequenties hebben voor de geschatte totale emissies.

## Emissiemetingen bij hogere snelheden

Voor een betrouwbare modellering van de gemiddelde emissies onder specifieke rijomstandigheden is het van belang dat die rijomstandigheden, of situaties die daar sterk op lijken, onderdeel uitmaken van het meetprogramma waarmee voertuigen worden getest. Sinds de invoering van 130 km/u als maximum snelheid op een deel van de Nederlandse snelwegen besteedt TNO in het meetprogramma extra aandacht aan het verzamelen van meetgegevens bij hogere snelheden<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Meer details over de methodieken voor emissietesten op de rollenbank en op de weg zijn o.a. te vinden in Bijlage A van dit memo en in het recente rapport TNO 2016 R10083 *NO<sub>x</sub> emissions of Euro 5 and Euro 6 diesel passenger cars – test results in the lab and on the road*

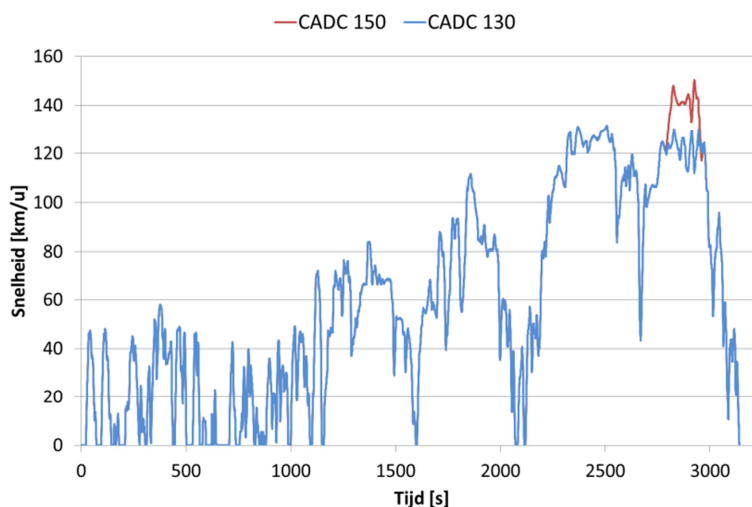
**Datum**  
4 april 2016

**Onze referentie**  
2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**  
3/13

Bij emissiemetingen in het laboratorium, die tot en met Euro 5 de basis zijn voor het afleiden van emissiefactoren, maakt TNO gebruik van drie voor de praktijk relevante of representatieve ritcycli die snelheden boven 120 km/u bevatten: de CADC, de WLTC en de TNO-Dynacycle. De CADC en WLTC zijn gebaseerd op in de praktijk opgenomen ritpatronen. Van de CADC bestaan 2 varianten met maximale snelheden van 130 resp. 150 km/u. In beide gevallen worden snelheden gereden tot net boven deze 130 km/u en 150 km/u respectievelijk. De TNO-Dynacycle is een artificiële ritcyclus bedoeld om emissies tijdens hogere acceleraties en deceleraties te meten.

Gebruik van deze ritcycli levert informatie over het emissiegedrag van voertuigen over een breed spectrum van snelheden en dynamische condities. Op de rollenbank is er minimaal rond de zeventig kilometer representatieve meetdata beschikbaar per voertuig. De met de gebruikte ritcycli afgedekte snelheden waren voor de invoering van 130 km/u snelheidslimiet, in 2011, beperkt tot iets boven de 130 km/u. Met de invoering van de 130 km/u snelheidslimiet, zijn de testen in het laboratorium aangepast voor een dekking tot 150 km/u.



**Figuur 1 - Snelheid-tijdprofielen van de twee varianten van de CADC testcyclus voor de rollenbank met snelheden tot 130 resp. 150 km/u.**

Op de weg worden met mobiele meetapparatuur emissiemetingen bij hogere snelheden uitgevoerd op Nederlandse snelwegen met verschillende maximum snelheden en op Duitse snelwegen, waarbij ook snelheden tot ongeveer 150 km/u worden gereden. Figuur 2 illustreert de verdeling van de gereden kilometers over verschillende rijnsnelheden bij meetprogramma's uitgevoerd aan een dieselpersonen- en een dieselbestelauto<sup>2</sup>. Tabel 1 geeft een overzicht van het aantal Euro 5 en 6 dieselpersonen- en bestelauto's waaraan metingen bij hogere snelheden zijn uitgevoerd.

<sup>2</sup> In het eind 2014 uitgevoerde meetprogramma aan Euro 5 bestelauto's zijn dergelijke metingen uitgevoerd aan tien verschillende, veel verkochte bestelauto's.

**Tabel 1 - Overzicht van het aantal dieselpersonen- en bestelauto's waaraan metingen bij snelheden boven 120 km/u zijn uitgevoerd<sup>3</sup>.**

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

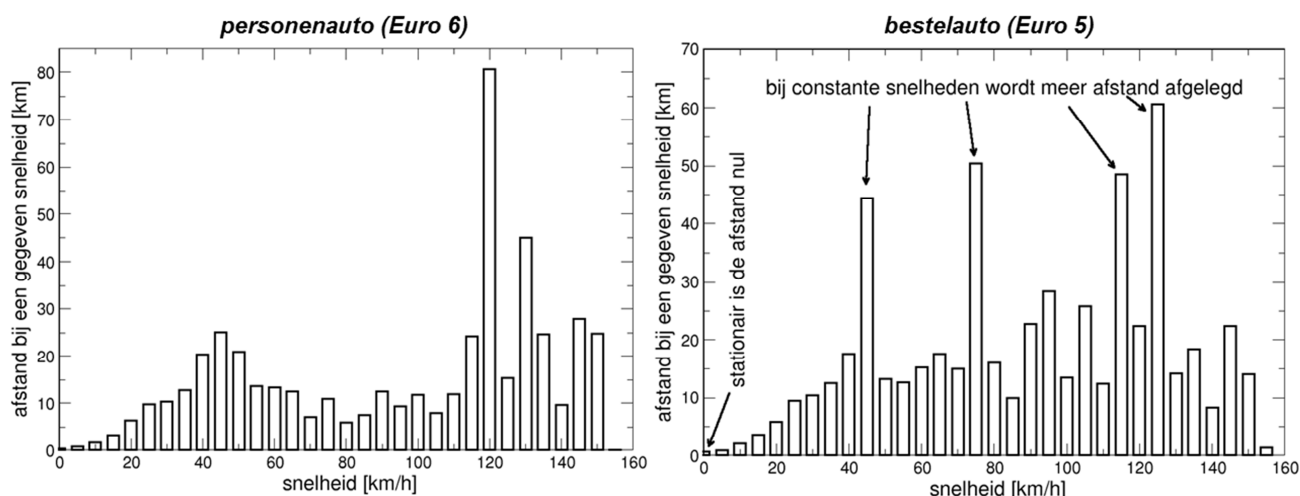
2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

4/13

Metingen aan lichte dieselveertuigen bij snelheden boven 120 km/u		
voertuigklasse	type meting	aantal geteste voertuigen
personenauto Euro 5 diesel	CADC 130 km	12
	PEMS / SEMS bij snelheden van 120 tot 130 km/u	6
	PEMS / SEMS bij snelheden boven 130 km/u	6
personenauto Euro 6 diesel	CADC 130 km	15
	CADC 150 km	12
	PEMS / SEMS bij snelheden van 120 tot 130 km/u	10
	PEMS / SEMS bij snelheden boven 130 km/u	8
bestelauto Euro 5 diesel <sup>4</sup>	CADC 130 km	2
	CADC 150 km	1
	PEMS / SEMS bij snelheden van 120 tot 130 km/u	10
	PEMS / SEMS bij snelheden boven 130 km/u	10

tijdens emissie meetprogramma op de weg gereden kilometers bij verschillende snelheden



**Figuur 2 - Voorbeelden van de hoeveelheid meetdata die tijdens het meetprogramma aan één voertuig op de weg wordt verzameld bij verschillende snelheden, uitgedrukt in de bij verschillende snelheden gereden kilometers. Bij lage snelheid lijkt dat weinig, omdat de afgelegde afstand in de gereden tijd kort is. Typische snelheidslimieten op verschillende wegtypen zijn zichtbaar als pieken in de verdeling, omdat er veel bij die snelheid is gereden.**

Het emissiegedrag is afhankelijk van enerzijds de snelheid en anderzijds de dynamiek, dat wil zeggen de mate van optrekken en afremmen bij een gegeven snelheid. Als de gemiddelde emissies worden uitgezet tegen de gereden snelheid,

<sup>3</sup> Tot maart 2016.

<sup>4</sup> Voor middelzware en zware bestelauto's (Class II en III) is de Euro 6 norm voor nieuwe typekeuringen ingegaan per 1 september 2015 en is deze voor alle modellen verplicht vanaf 1 september 2016. Het aanbod Euro 6 bestelauto's is dus nog beperkt. Deze zijn door TNO nog niet getest.

**Datum**  
4 april 2016

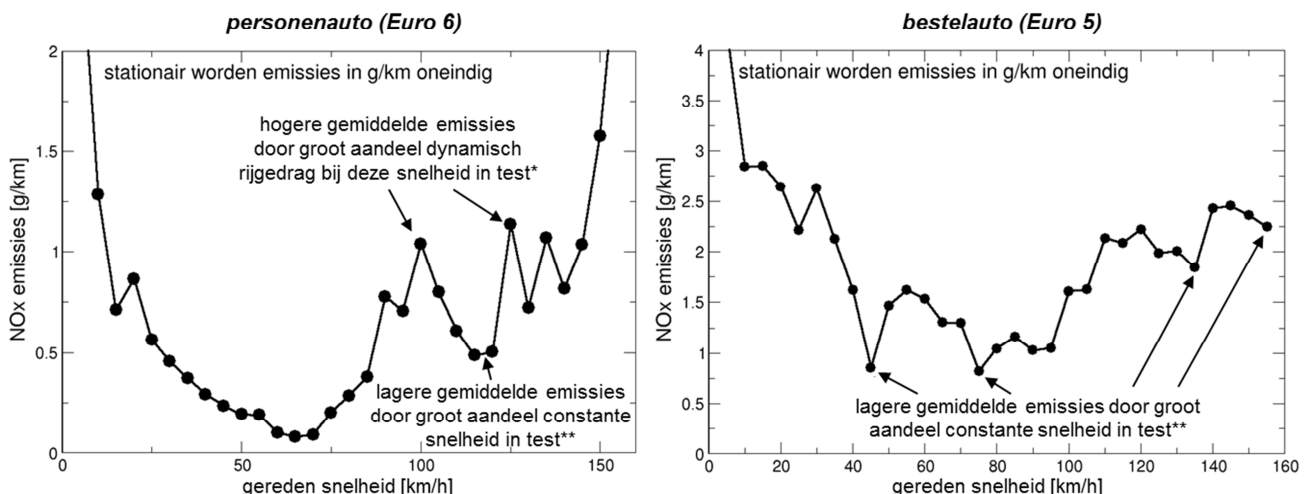
**Onze referentie**  
2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**  
5/13

dan ontstaat er een beeld zoals in Figuur 3 voor de NO<sub>x</sub>-emissies van een geteste personenauto en een geteste bestelauto<sup>5</sup>.

Bij constante snelheden, in rij situaties met weinig dynamiek, zijn de emissies over het algemeen lager dan in andere omstandigheden waar meer wordt opgetrokken en afgeremd. Dit is in Figuur 3 zichtbaar als pieken en dalen in de gemiddelde emissies bij verschillende gereden snelheden. Pieken treden op bij snelheden die vooral optreden in situaties waarin versneld of vertraagd wordt (bijvoorbeeld optrekkend naar de voor die weg geldende maximum snelheid). Dalen treden juist op bij rij snelheden die corresponderen met de op verschillende wegtypen geldende maximumsnelheden. Tijdens de test van een voertuig op de weg wordt een relatief groot aandeel van de kilometers onder die condities afgelegd, waardoor de lage emissies bij constante snelheid leiden tot een laag gemiddelde over alle emissies die bij die specifieke snelheden zijn gemeten.

tijdens emissiemeetprogramma op de weg bij verschillende snelheden gemeten gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissies



\*) Deze snelheden traden tijdens de test aan deze auto veel op in situaties waarin er dynamisch werd gereden (voorbeeld: accelereren naar maximum snelheid op wegen waar 120 resp. 130 km/u gereden mag worden). Als gevolg van dit dynamisch rijgedrag zijn de gemiddeld tijdens de metingen bij deze snelheden gemeten emissies relatief hoog.

\*\*) Deze snelheden traden tijdens de test aan deze auto het meest op in situaties waarin er met relatief constante snelheid werd gereden. De gemiddeld tijdens de metingen bij deze snelheden gemeten emissies zijn daardoor relatief laag.

**Figuur 3 - Illustratie van het gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiegedrag van een geteste diesel-personenauto<sup>6</sup> (links) en dieselbestelauto<sup>7</sup> (rechts) bij verschillende rij snelheden<sup>5</sup>.**

De invloed van dynamiek op de NO<sub>x</sub>-emissies is goed zichtbaar in de dipjes bij de snelheden die vooral voorkomen in situaties waar overwegend met constante snelheid wordt gereden. Bij normaal doorstromend verkeer in de stad bij 50 km/u, op de buitenweg bij 80 km/u of op de snelweg rond 120 en 130 km/u is de snelheid relatief constant en zijn de emissies lager dan bij andere snelheden waarbij in het meetprogramma op de weg meer dynamiek is opgetreden.

<sup>5</sup> Gebaseerd op emissiemetingen per seconde: Emissiemeetresultaten per seconde zijn gegroepeerd op basis van de momentane rij snelheid en per snelheid gemiddeld.

<sup>6</sup> Gebaseerd op meetresultaten zoals gepubliceerd in TNO 2015 R10702 *Detailed investigations and real-world emission performance of Euro 6 diesel passenger cars*

<sup>7</sup> Gebaseerd op meetresultaten zoals gepubliceerd in TNO 2015 R10192 *On-road NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> investigations of Euro 5 Light Commercial Vehicles*

**Datum**  
4 april 2016

**Onze referentie**  
2016-TL-NOT-0100295342

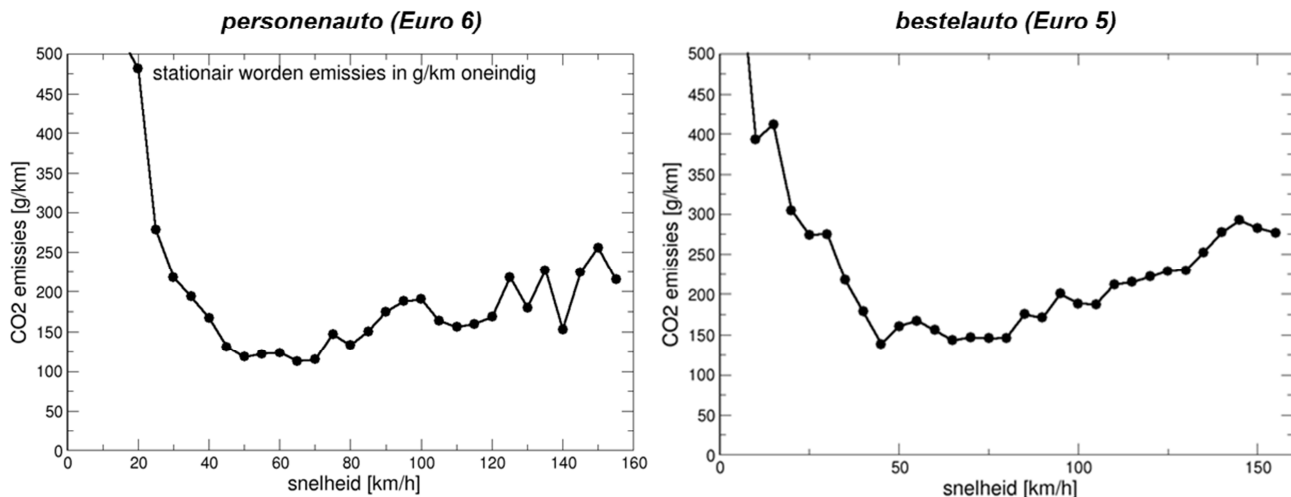
**Blad**  
6/13

Op details verschilt het emissiegedrag per voertuigmodel en per emissiecomponent, maar het beeld uit Figuur 3 is grofweg hetzelfde voor verschillende voertuigen: De laagste emissies treden op tussen 50 km/u en 100 km/u. Bij lagere snelheden (in de stad of op de snelweg in de file) lopen de emissies op met afnemende gemiddelde snelheid en bij hogere snelheden (op de snelweg bij goede doorstroming) nemen ze toe met toenemende snelheid. Alleen voor voertuigen met een gesloten roetfilter zijn de emissies van PM<sub>10</sub> (fijnstof) onder alle rijomstandigheden laag.

Een voorbeeld voor het CO<sub>2</sub>-emissiegedrag als functie van snelheid is weergegeven in Figuur 4, voor dezelfde personenauto en bestelauto als waarvan in Figuur 3 de NO<sub>x</sub>-emissies zijn weergegeven. De CO<sub>2</sub>-emissies zijn in dezelfde ritten bepaald als de NO<sub>x</sub>-emissies, zodat ook het onderliggende gemiddelde rijgedrag per verkeerssituatie hetzelfde is als voor de bepaling van het NO<sub>x</sub>-emissiegedrag.

De emissiemeetprogramma's die TNO uitvoert dienen meerdere doelen, maar het verzamelen van meetgegevens voor de bepaling van emissiefactoren is een minimale vereiste aan het meetprogramma dat aan ieder getest voertuig wordt opgelegd.

tijdens emissiemeetprogramma op de weg gemeten gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissies voor verschillende snelheden



**Figuur 4 - Illustratie van het gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissiegedrag van een geteste diesel-personenauto<sup>6</sup> (links) en dieselbestelauto<sup>7</sup> (rechts) bij verschillende snelheden. Ook hier heeft de dynamiek invloed (zie Figuur 3), maar het effect is kleiner.**

### Rijgedrag bij hogere snelheden

Het specifieke emissiegedrag van voertuigen, gemeten in het laboratorium of op de weg, moet gecombineerd worden met het gemiddelde rijgedrag om uitspraken te kunnen doen over de gemiddelde emissies op verschillende wegtypen onder verschillende verkeerscondities.

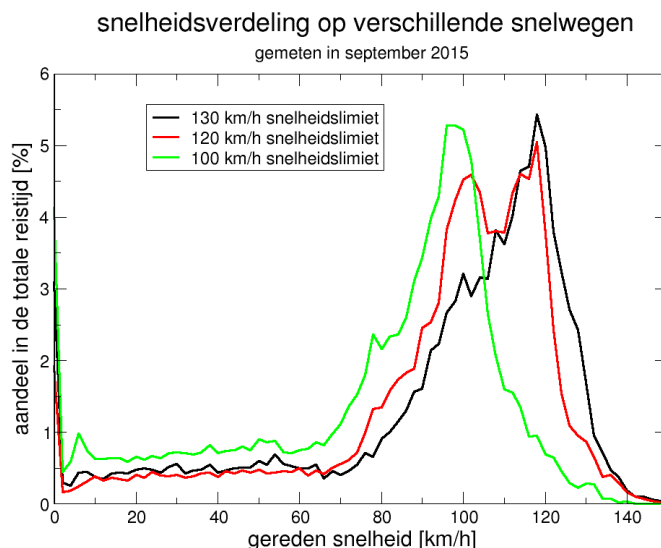
**Datum**  
4 april 2016

**Onze referentie**  
2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**  
7/13

In het emissiemeetprogramma van de bestelauto's, zoals hierboven beschreven, is bijvoorbeeld vooral op snelwegen gereden waar de snelheidslimiet van 130 km/u geldt. Dat vertekent het beeld in Figuur 3, zodat het lijkt dat de emissies gemiddeld hoger zijn bij 110 km/u en 120 km/u dan bij 130 km/u. Dit komt echter omdat er tijdens de test bij 130 km/u meer constant is gereden terwijl de lagere snelheden vooral optraden tijdens optrekken of afremmen. Bij de bepaling van emissiefactoren voor snelwegen waarop maximaal 100 of 120 km/u mag worden gereden moet daarvoor gecompenseerd worden, door het gemeten emissiegedrag als functie van snelheid en acceleratie/deceleratie te combineren met het gemeten rijgedrag op wegen met snelheidslimieten van 100 km/u en 120 km/u.

Het gemiddelde rijgedrag op de verschillende wegen is recent opnieuw vastgesteld in een groot meetprogramma<sup>8</sup>. In dat programma zijn voertuigen op de weg gevolgd in verschillende verkeerssituaties. Daaruit is afgeleid hoeveel tijd bij de verschillende snelheden wordt gereden bij een gegeven snelheidslimiet op de snelweg. In Figuur 5 staan de snelheidsverdelingen zoals deze voor de 2016 emissiefactoren voor personenauto's op snelwegen gebruikt worden. Snelheden onder de 50 km/u worden apart meegenomen in de emissiefactoren voor fileverkeer. Bij de verkeersstellingen, die onder de luchtkwaliteitsmodellen liggen, wordt dezelfde afspraak gebruikt. Er zijn ook wat verschillen in dynamiek in de verschillende verkeerssituaties, maar voor doorstromend verkeer op de snelweg is het effect van dynamiek op de emissies van tweede orde.



**Figuur 5 - De verdeling van de in Nederland met personenauto's gereden snelheden bij de verschillende snelheidslimieten op de snelweg, zoals door TNO gemeten<sup>8</sup> in 2015.**

Over het algemeen wordt er nu bij een snelheidslimiet van 130 km/u maar in beperkte mate harder gereden dan bij een snelheidslimiet van 120 km/u.

<sup>8</sup> Zie TNO 2016 R 10188 *On road determination of average Dutch driving behaviour for vehicle emissions*



**Datum**  
4 april 2016

**Onze referentie**  
2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**  
8/13

Een duidelijk verschil is wel een tweede piek in Figuur 5 bij 100 km/h voor de situatie van een snelheidslimiet van 120 km/u. Deze is waarschijnlijk geassocieerd met de dynamische snelheidslimieten tijdens openstelling van de spitsstroken. Het is te verwachten dat bij uitbreiding van het aantal 130 km/u trajecten het rijgedrag bij maximumsnelheden van 130 km/u de komende jaren nog verandert.

Het gemiddelde rijgedrag in de praktijk kan alleen vastgesteld worden voor bestaande situaties op de weg. De verkeerssituaties op de weg die onderscheiden worden zijn vastgesteld in overleg met Rijkswaterstaat, RIVM, en het ministerie van IenM. Het onderscheid in verkeerssituaties moet relevant zijn voor de emissies. Daarnaast, moet het werkbaar zijn de aparte verkeersgegevens aan te leveren die het RIVM kan verwerken in het luchtkwaliteitsmodel. In deze context wordt niet gesproken over een snelheidsverhoging of verlaging, maar over de verhoging of verlaging van de snelheidslimiet en de daarbij behorende veranderingen in het rijgedrag.

### Emissiefactoren voor hogere snelheden

De emissiefactoren voor rijden op verschillende wegtypen en onder verschillende rijcondities worden bepaald door toepassing van het emissiegedrag van de gemeten voertuigen, uitgedrukt als functie van snelheid en mate van acceleratie/deceleratie, op het bepaalde gemiddelde rijgedrag in de verschillende situaties en middeling van de resultaten over de steekproef van geteste voertuigen. Dit leidt tot emissiefactoren zoals geïllustreerd in Tabel 2 voor de NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies van Euro 6 dieselpersonenauto's, zware Euro 5 bestelauto's en licht wegverkeer<sup>9</sup>, zoals recent opnieuw vastgesteld<sup>10</sup>.

**Tabel 2 - NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissiefactoren<sup>10</sup> voor Euro 6 dieselpersonenauto's, Euro 5 zware bestelauto's en licht wegverkeer<sup>9</sup> op snelwegen met verschillende maximum snelheden (zonder trajectcontrole) en bij congestie op de snelweg.**

wegtype	congestie-niveau	dieselpersonen-auto Euro 6		zware bestelauto's Euro 5 <sup>4</sup>		licht wegverkeer <sup>9</sup>	
		NO <sub>x</sub> [mg/km]	CO <sub>2</sub> [g/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]	CO <sub>2</sub> [g/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]	CO <sub>2</sub> [g/km]
snelweg algemeen	file	594	201	1683	256	491	266
snelweg 100 km/u	doorstromend	294	118	1261	217	333	167
snelweg 120 km/u	doorstromend	377	131	1488	240	417	185
snelweg 130 km/u	doorstromend	434	137	1591	244	466	192

Het netto effect van een verhoging van de maximumsnelheid op de gemiddelde emissies van personenauto's op de snelweg kan worden bepaald door de emissiefactoren voor verschillende Euro-klassen gewogen te middelen over de samenstelling van het voertuigpark op de snelweg, uitgesplitst naar Euro-klassen.

<sup>9</sup> Emissiefactor van het totale personen- en bestelautopark op de snelweg (gemiddelde over alle brandstoffen, voertuigklassen en emissieklassen)

<sup>10</sup> Zie TNO 2016 R10304 2016 *Emission factors for diesel Euro-6 passenger cars, light commercial vehicles and Euro-VI trucks*



Voor de schadelijke emissies van NO<sub>x</sub>, HC, en CO en voor het broeikasgas CO<sub>2</sub> is het proces voor bepaling van emissiefactoren vergelijkbaar en zoals hierboven beschreven.

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

9/13

Alleen voor fijnstof (PM<sub>10</sub>) is deze methode niet beschikbaar. De metingen aan fijnstof moeten in het laboratorium op een rollenbank gedaan worden, waarbij het fijnstof onder geconditioneerde omstandigheden op een filter wordt opgevangen. Per test is er één meetresultaat voor fijnstof, namelijk de totale emissies over de gereden testcyclus. De afhankelijkheid van rijgedrag (snelheid en dynamiek) wordt bepaald door de fijnstofemissies die gemeten zijn op verschillende ritcycli met elkaar te vergelijken en verschillen in de gemeten fijnstofemissies te correleren aan verschillen in het gemiddelde rijgedrag in de verschillende testen. Daarmee kan er een globaal verband tussen rijgedrag en fijnstofemissies worden vastgesteld, maar gezien het beperkte aantal testen kan er niet een directe link fijnstofemissies en snelheid of acceleraties vastgesteld worden. De laatste jaren is er beperkte aandacht voor fijnstofmetingen bij dieselauto's omdat door toepassing van gesloten roetfilters de emissies erg laag zijn of zelfs bijna niet meetbaar. Variaties in de fijnstofemissies van deze voertuigen treden vooral op door het regenereren van het roetfilter, wat vooral op de snelweg gebeurt. Dat effect is in de emissiefactoren verwerkt.

Overigens wordt er hard gewerkt aan de ontwikkeling van testapparatuur waarmee fijnstofemissies op de weg gemeten kunnen worden. De voorlopige resultaten van wegmetingen laten zien dat de uitstoot van fijnstof door een moderne dieselauto met een het gesloten roetfilter ook op de weg in alle omstandigheden laag is. Oudere dieselauto's hebben geen roetfilter die de uitstoot van deeltjes afvangt. Voor dieselauto's zonder roetfilter nemen de emissies over het algemeen toe met snelheid en dynamiek.

Meer informatie over Nederlandse emissiefactoren is te vinden in Bijlage B.

## BIJLAGE A - Metingen in het lab en op de weg

Bij metingen op de weg en in het lab worden zowel de totale emissies over verschillende ritten bepaald als het gedetailleerde emissiegedrag als functie van snelheid en acceleratie. Voor dat laatste worden emissies iedere seconde gesampled. Analyse van deze gedetailleerde emissiegegevens maakt het mogelijk om het emissiegedrag als functie van snelheid en rijdynamiek te beschrijven. Hieronder volgt een korte beschrijving van de testmethoden<sup>11</sup>.

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

10/13



**Figuur 6 - Metingen aan voertuigen in het lab (links) en op de weg met PEMS (midden) en met SEMS (rechts)**

### *Verschillende rollenbanktests in het laboratorium*

Metingen in het lab worden uitgevoerd op een rollenbank, waarbij emissies worden gemeten met emissiemeetapparatuur zoals voorgeschreven volgens de typekeuringstestprocedures. Op een rollenbank, die de massa en de rol- en luchtweerstand van het voertuig simuleert, worden ritpatronen nagereden. Naast de voor de typekeuringstest voorgeschreven NEDC-ritcyclus (New European Driving Cycle) gebruikt TNO ook andere ritpatronen die beter dan de NEDC-cyclus de verschillende gebruiksomstandigheden van voertuigen in de praktijk representeren. Een belangrijke testcyclus is de CADC (Common Artemis Driving Cycle). Deze in een Europees project ontwikkelde testcyclus wordt ook door andere Europese onderzoeksinstituten veel gebruikt en is gebaseerd op ritpatronen die op de weg zijn opgenomen. De CADC bevat ook snelheden boven de 120 km/u. Er is een variant met een maximum snelheid van 130 km/u en een 150 km/u variant. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van de nieuwe officiële testcyclus WLTC<sup>12</sup> en de TNO-Dynacycle. De laatste dekt vooral de hardere acceleraties waarbij extreem hoge emissies kunnen optreden.

### *Metingen op de weg*

De sterk variërende omstandigheden op de openbare weg kunnen echter niet allemaal op een rollenbank nagebootst worden. De emissies van moderne voertuigen blijken in de praktijk zeer gevoelig voor deze omstandigheden. Voor vaststelling van praktijkemissies van deze voertuigen zijn daarom metingen op de weg met specifieke mobiele meetapparatuur nodig. TNO maakt hiervoor gebruik van twee verschillende meetsystemen: PEMS en SEMS.

<sup>11</sup> Een uitgebreidere beschrijving van het meetprogramma van TNO is te vinden in het rapport TNO 2016 R10083 *NO<sub>x</sub> emissions of Euro 5 and Euro 6 diesel passenger cars – test results in the lab and on the road*.

<sup>12</sup> Onderdeel van de Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (WLTP).

Met het zogenaamde Portable Emission Measurement System, kortweg PEMS, kan TNO de praktijkemissies van CO, CO<sub>2</sub>, HC en NO<sub>x</sub> nauwkeurig vaststellen tijdens het rijden op de openbare weg. PEMS-metingen zijn reeds onderdeel van de typekeuringsprocedure voor Euro VI vrachtwagens en bussen. Voor Euro 6 personen- en bestelauto's wordt op dit moment in Brussel gewerkt aan een procedure voor het meten van Real Driving Emissions (RDE) met behulp van PEMS.

Met het door TNO zelf ontwikkelde compacte Smart Emission Measurement System, of SEMS, kunnen ook NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies van het voertuig op de weg worden gemeten. Het systeem kan gemakkelijk worden in- en uitgebouwd en het voertuig kan tijdens de meting door de eigenaar normaal worden gebruikt. SEMS is geen gereguleerd meetinstrument en is iets minder nauwkeurig dan PEMS. SEMS-metingen kunnen goed gebruikt worden voor screening van het emissiegedrag, waarna indien nodig vervolgmetingen met PEMS of op de rollenbank kunnen worden uitgevoerd.

Door de mobiele meetsystemen PEMS en SEMS ook bij de metingen op de rollenbank mee te laten draaien kunnen de in het laboratorium gemeten emissies worden vergeleken met de mobiel gemeten emissies. Deze vergelijking laat zien dat er een goede overeenstemming is tussen de laboratoriumresultaten en de resultaten met de mobiele meetsystemen PEMS en SEMS.

Emissiemetingen op de weg bij hogere snelheden worden uitgevoerd op Nederlandse snelwegen met verschillende maximum snelheden en op Duitse snelwegen, waarbij ook snelheden van rond de 150 km/u worden gereden.

Tabel 1 geeft een overzicht van het aantal Euro 5 en 6 dieselpersonen- en bestelauto's waaraan metingen bij hogere snelheden zijn uitgevoerd, in het lab en/of op de weg.

Tot en met Euro 5 zijn emissiefactoren gebaseerd op emissiemetingen in het lab zoals hierboven beschreven, vanaf 2011 aangevuld met inzichten uit metingen op de weg. Voor Euro 6 voertuigen worden emissiefactoren volledig bepaald op basis van emissiemetingen op de weg.

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

11/13

## BIJLAGE B - Bepaling van emissiefactoren

De emissiefactoren zijn een combinatie van het emissiegedrag, zoals geïllustreerd in Figuur 3, en het gemiddelde rijgedrag, zoals geïllustreerd in Figuur 5. Hoeveel er gereden wordt bij een bepaalde snelheid en acceleratie of deceleratie, bijv. in de stad of bij een gegeven snelheidslimiet op de snelweg, wordt gecombineerd met de gemiddeld emissies bij deze snelheid en acceleratie/deceleratie.

Op deze manier worden voor elk getest voertuig voor gespecificeerde verkeerssituaties de emissies bepaald. Per verkeerssituatie worden de resultaten van de verschillende voertuigen gemiddeld tot een emissiefactor voor een voertuigcategorie in die verkeerssituatie.

Met behulp van de gepubliceerde jaarkilometrages van de verschillende voertuigcategorieën van het CBS, aangepast voor de toekomstige veranderingen in het wagenpark door het PBL, wordt het gemiddelde rijgedrag van licht, middelzwaar en zwaar verkeer voor de verschillende verkeerssituaties en de verschillende toekomstige jaren bepaald.

Er zijn geen emissiefactoren voor andere rijsituaties dan de voor de emissieregistratie en luchtkwaliteitsberekeningen gedefinieerde standaardsituaties, omdat het onbekend is welk rijgedrag hoort bij deze andere situaties. Jaarlijks levert TNO de vastgestelde emissiefactoren op aan het RIVM voor de luchtkwaliteitsmodellen.

Voor nadere informatie over de bepaling van Nederlandse emissiefactoren voor wegverkeer wordt verwezen naar de volgende bronnen:

- Uitgebreide informatie over de emissiemetingen van TNO is o.a. te vinden op:
  - <https://www.tno.nl/nl/over-tno/dossiers-in-het-nieuws/praktijkemissies-van-wegverkeer/>
- Overzichten van rapporten met meetresultaten zijn te vinden op:
  - <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/leefomgeving/mobility-logistics/schone-mobiliteit/overzicht-rapporten-emissiemetingen-aan-personen-en-bestelauto-s/>
  - <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/leefomgeving/mobility-logistics/schone-mobiliteit/rapporten-emissiemetingen-vrachtwagens-en-bussen/>

alsmede op:

- <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2015/10/28/toezen-ding-tno-rapporten-emissiemetingen-personenauto-s-euro-1-t-m-6>
- De officiële emissiefactoren voor alle gevraagde voertuigklassen zijn gepubliceerd op:
  - <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/misc/documenten.aspx>

Hier is ook de onderbouwing en de algemene methodiek voor de bepaling van emissiefactoren te vinden.

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

12/13

- Resultaten van TNO-onderzoeken ten behoeve van de bepaling van emissiefactoren voor het wegverkeer in Nederland zijn te vinden op:
    - <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/leefomgeving/mobility-logistics/schone-mobiliteit/overzicht-informatiebronnen-met-betrekking-tot-emissiefactoren-wegverkeer/>
  - De specifieke methodiek voor berekening van voertuigemissiefactoren staat beschreven in Ligterink en De Lange (2009), te vinden op
    - <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/misc/documenten.aspx>, en
    - <http://publications.tno.nl/publication/34620151/TLIH7T/ligterink-2009-refined.pdf>
  - Informatie over wagenparksamenstellingen en verkeersprestaties is te vinden op:
    - <http://statline.cbs.nl/Statweb/search/?Q=verkeersprestaties&LA=NL>
- De gevolgde methodiek voor de toekomstprognoses staat beschreven op:
- <https://www.ecn.nl/nl/energieverkenning/>.

**Datum**

4 april 2016

**Onze referentie**

2016-TL-NOT-0100295342

**Blad**

13/13