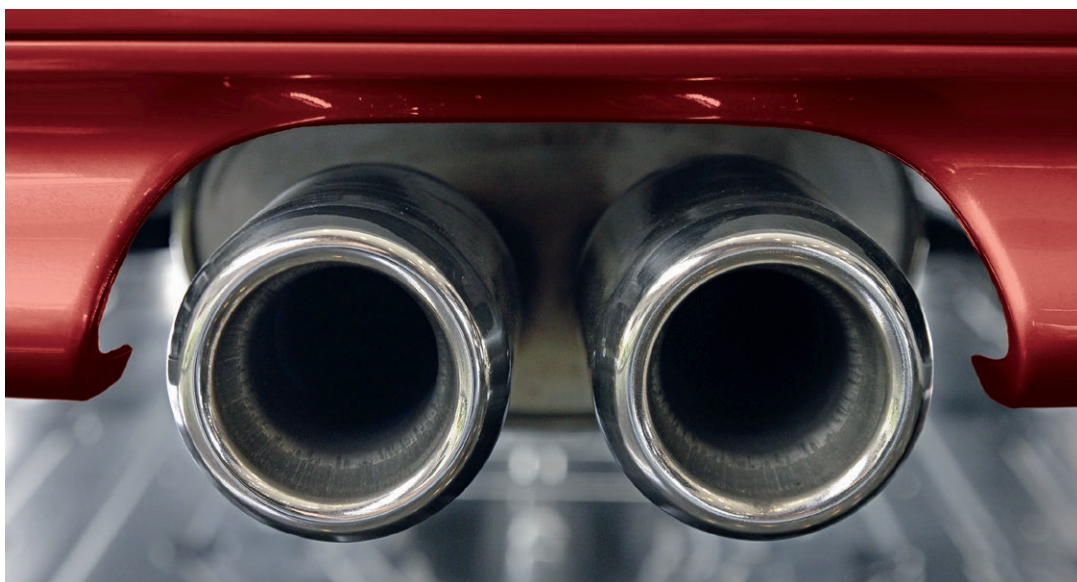


› ROETFILTERS VOOR AUTO'S: WERKING, ONDERHOUD, REPARATIE EN CONTROLE



› DATUM: 10 juni 2016
RAPPORTNUMMER: TNO 2016 R10736

TNO innovation
for life

› AUTEURS

TNO-RAPPORT

TNO 2016 R10736

Roetfilters voor auto's: werking, onderhoud, reparatie en controle

DATUM

10 juni 2016

AUTEURS

OPDRACHTGEVER

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

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

SAMENVATTING

Bij de verbranding van diesel in de motor van een auto ontstaan roetdeeltjes. Deze roetdeeltjes worden via de uitlaat in de omgeving uitgestoten. Roetdeeltjes hebben een negatief effect op de gezondheid van mensen, omdat ze via de longen in het menselijk lichaam terecht komen.

Om de uitstoot van roetdeeltjes door dieselauto's terug te dringen, zijn moderne dieselauto's uitgerust met een roetfilter. Roetfilters zijn zeer effectief: een goed werkend filter vermindert de uitstoot van roet door dieselpersonenwagens met 95 tot 99%.

Een roetfilter kan echter verstopt raken of kapot gaan. Het filter moet dan worden gereinigd of vervangen. Met name het vervangen van een roetfilter kan een kostbare zaak zijn. Autobezitters kiezen er daarom soms voor om het filter te laten verwijderen. Ook wordt het verwijderen van een roetfilter aangeboden als onderdeel van *chip-tuning* van voertuigen.

In de huidige APK worden moderne dieselveertuigen met roetfilter op uitstoot gecontroleerd door het uitlezen van het On-Board-Diagnostics-systeem (OBD). Bij oude diesels moet een roetmeting worden uitgevoerd. Bij deze roetmeting, die al decennia oud is, worden alleen auto's met een zeer hoge uitstoot afgekeurd.

Bij het fysieke verwijderen van het roetfilter wordt het roetfilter ook 'weggeprogrammeerd' in de software van de auto. Hierdoor wordt een verwijderd roetfilter in de OBD-controle niet opgemerkt. Dat heeft tot gevolg dat het in de huidige APK niet mogelijk is om vast te stellen of een roetfilter is verwijderd.

Omdat roetfilters de deeltjesuitstoot van dieselveertuigen met een factor 20 tot 50 terugbrengen, heeft het verwijderen van roetfilter een sterk negatief effect op de luchtkwaliteit. Het is daarom belangrijk te zorgen dat roetfilters gedurende de levensduur van het voertuig geïnstalleerd blijven én dat zij goed blijven functioneren.

Controle op verwijderde roetfilters in de APK kan alleen als de eisen strenger worden en een nieuwe, meer nauwkeurige testmethode wordt ingevoerd. In 2016 heeft TNO daarom in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de wijze waarop in de toekomst in de APK kan worden gecontroleerd of een goed werkend roetfilter aanwezig is.

In het onderzoek zijn twee meetmethodes geschikt gebleken als nieuwe APK-roetfiltertest: (1) een roetmeting met een meer nauwkeurige opaciteitsmeter met strengere eisen voor de roetuitstoot, en (2) het meten van het aantal deeltjes in het uitlaatgas met behulp van een deeltjesteller.

De deeltjesteller levert de beste resultaten. Dit type meter heeft een significant beter onderscheidend vermogen dan de verbeterde rookmeter. Bovendien kan een meting met een deeltjesteller bij stationair toerental worden uitgevoerd. De monsternameslang van de deeltjesteller wordt gedurende korte tijd in de uitlaat van de auto gehouden. De methode is hierdoor zeer snel. Doordat de meting van het aantal deeltjes niet bij vrije acceleratie van de motor hoeft te worden uitgevoerd, is deze methode minder belastend voor de auto en de keurmeester.

Opaciteitsmeters zijn in de loop der jaren nauwkeuriger geworden. Maar met name bij moderne diesels meet men met deze apparatuur onderin het meetbereik. Daarnaast speelt dat bij deze meetmethode de dynamische respons op een bepaalde roetuitstoot bij vrije acceleratie onvoldoende is gedefinieerd, onder meer door filtering van de data. Dat maakt de opaciteitsmeters ten opzichte van deeltjestellers minder geschikt om in de APK vast te stellen of een roetfilter is verwijderd. De prijs van opaciteitsmeters is echter wel lager dan de huidige prijs van deeltjestellers.

Om te zorgen dat de APK van de toekomst geschikt is voor controle van auto's met een roetfilter, is het van belang dat een verbeterde roetmeting in de APK wordt ingevoerd. Welke meetmethode hiervoor zal worden toegepast, hangt voor een belangrijk deel af van de kosten voor garagebedrijven en keuringsstations.

TNO adviseert het Ministerie de beide meetmethodes, de mogelijkheden voor doorontwikkeling en de prijs ervan in nauwe samenwerking met onder meer de RDW en leveranciers van de meetapparatuur verder te onderzoeken. Daarbij is het van belang te zorgen voor goede kalibratiemethoden, om de apparatuur bij de garagebedrijven te kunnen ijen.

1 INLEIDING

AANLEIDING

Bij de verbranding van diesel in de motor van een auto worden roetdeeltjes gevormd. Deze roetdeeltjes worden via de uitlaat in de omgeving uitgestoten. Roetdeeltjes hebben een negatief effect op de gezondheid van mensen, omdat ze via de longen in het menselijk lichaam terecht komen. Om de uitstoot van roetdeeltjes door dieselauto's terug te dringen, worden dieselauto's vanaf ongeveer 2007 uitgerust met een roetfilter. De volledige, Engelse benaming voor een roetfilter is *Diesel Particulate Filter*. Een roetfilter wordt daarom vaak aangeduid met de afkorting 'DPF'.



Figuur 1. Een roetfilter van een personenwagen, als onderdeel van het uitlaatsysteem. Het filterelement (zie Figuur 2) bevindt zich in de metalen behuizing (foto: Topcats).



Figuur 2. Een uitgebouwd (gesloten) filterelement, in dit geval van een Citroen C4. Dit roetfilter heeft een diameter van ongeveer 10 cm en is ongeveer 20 cm hoog (foto: TNO bij Digicar Engineering).

Roetfilters zijn zeer effectief. Een goed werkend roetfilter vermindert de uitstoot van roet door dieselpersonenwagens met 95 tot 99%. Het effect van de invoering van roetfilters bij dieselauto's is van dezelfde orde als het effect van de invoering van de driewegkatalysator voor benzineauto's. De driewegkatalysator leidde in de jaren tachtig van de vorige eeuw tot een significante reductie van de uitstoot van NO_x , CO en koolwaterstoffen (HC).

Een roetfilter kan echter verstopt raken of kapot gaan. Ook zijn er berichten dat roetfilters om uiteenlopende redenen door sommige bedrijven uit auto's worden verwijderd. Uit diverse onderzoeken blijkt dat bij circa 5 tot 7% van de dieselpersonenauto's sprake was van een defect of verwijderd roetfilter^{1,2}.

Om vast te stellen of auto's gedurende hun werkzame leven zijn voorzien van een goed functionerend roetfilter lijkt controle in de APK de juiste aanpak. Begin 2016 heeft TNO in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om in de APK te controleren of een roetfilter aanwezig is en goed functioneert.

DOEL VAN HET RAPPORT

Deze publicatie geeft feitelijke informatie over de werking, de toepassing en de onderhoudsbehoefte van roetfilters. Ook gaat het in op de mogelijkheden om in de APK te controleren of het roetfilter aanwezig is en goed functioneert.

LEESWIJZER

De publicatie is als volgt opgebouwd. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 uitgelegd welke stoffen een roetfilter opvangt. Daarna volgt in hoofdstuk 3 een uitleg over de werking, onderhoudsbehoefte en typische storingen of defecten van roetfilters. Hoofdstuk 4 laat zien dat het aantal dieselauto's met roetfilter de afgelopen jaren flink is gegroeid en dat daardoor de roetuitstoot door dieselpersonen- en dieselbestelwagens sterk is gedaald. De milieuwinst, die dat tot gevolg heeft, kan alleen worden bestendigd als roetfilters gedurende de gehele levensduur van het voertuig goed blijven functioneren en niet worden gedemonteerd. In hoofdstuk 5 wordt toegelicht dat met de huidige APK niet kan worden gecontroleerd of er sprake is van een defect of verwijderd roetfilter. Hoofdstuk 6 beschrijft daarom hoe de APK kan worden aangepast om ervoor te zorgen dat de roetuitstoot van dieselauto's met roetfilter ook in de toekomst laag blijft.

2 WELKE STOFFEN VANGT EEN ROETFILTER OP?

EEN ROETFILTER VANGT DEELTJES IN DE UITLAATGASSEN OP

De Engelse term *Diesel Particulate Filter* geeft goed weer welke stoffen het roetfilter opvangt, namelijk alle vaste deeltjes die ontstaan in een dieselmotor.

De deeltjes die ontstaan bij de verbranding van diesel in de motor zijn onder te verdelen in vijf categorieën:

1. **Elementair koolstof** (Elemental Carbon of EC, vaste deeltjes). Bij dieselmotoren zonder roetfilter bestaat de fijnstofuitstoot voor het grootste deel uit EC. EC is elementair koolstof en geeft de deeltjes in de dieseluitlaatgassen de typische zwarte kleur, die in de volksmond vaak wordt aangeduid als roet (Figuur 3).
2. **Organisch koolstof** (Organic Carbon of OC), of deels verbrande brandstof en olie. OC komt gedeeltelijk gasvormig en gedeeltelijk als vaste stof uit de uitlaat. De verdeling tussen gasvormig en vast hangt af van de omstandigheden en technologie. Omdat in moderne dieselauto's OC in de dieseloxidatiekatalysator grotendeels wordt gereduceerd, is het aandeel OC in uitlaatgassen van moderne diesels klein.
3. **Metalen**. Dit betreft vaste metaaldeeltjes die afkomstig zijn uit de brandstof of smeerolie en/of ontstaan door slijtage in de motor.
4. **Gehydrateerde sulfaten (SO_x)**. In het verleden bevatten brandstof ook zwavel. Zwavel was een bron van fijnstof, omdat het sulfaten vormde, die deels als 'natte deeltjes' (hydraten) uit de uitlaat kwamen. Tegenwoordig is de hoeveelheid zwavel in de brandstof echter zeer laag en dragen sulfaten nauwelijks bij aan de totale fijnstof- of deeltjesuitstoot.
5. **Mineralen**. In sommige smeeroliën zitten ook mineralen, die bij verbranding ook (grijze) asdeeltjes vormen.

Roet is geen wetenschappelijke term. In de volksmond wordt roet in het algemeen geassocieerd met de zwarte uitstoot uit een uitlaat.



Figuur 3. Zwarte aanslag op een vinger nadat deze door een vervuilde dieseluitlaat is gehaald. De zwarte uitstoot die optreedt bij de verbranding van diesel wordt in de volksmond aangeduid met 'roet'. Roet is echter geen wetenschappelijke term. Een roetfilter vangt alle vaste deeltjes op die ontstaan bij de verbranding van diesel. Het grootste deel daarvan is elementair koolstof, ook wel aangeduid met EC (foto: TNO).

DEELTJES, FIJNSTOF EN PM

De deeltjes die worden uitgestoten door een dieselveertuig komen in de buitenlucht terecht. In de buitenlucht zweven, naast de deeltjes uit motoren van voertuigen, allerlei soorten deeltjes. De deeltjes met een grootte van maximaal 10 micrometer, ofwel één honderdste millimeter, worden in de regel aangeduid als 'fijnstof'. Fijnstof wordt ook wel aangeduid met PM – afgeleid van *particulate matter*, de Engelse term voor fijnstof.

Voor luchtkwaliteit bestaan er verschillende eisen voor de deeltjesconcentraties in de buitenlucht. Die eisen zijn gebaseerd op de maximale grootte van de deeltjes. Zo zijn er eisen voor PM₁₀, PM_{2.5} en PM_{0.1} (ultrafijnstof) voor deeltjes met een diameter tot respectievelijk 10, 2,5 en 0,1 micrometer.

De deeltjes die ontstaan bij de verbranding van diesel in een moderne dieselmotor hebben een diameter van 10 tot 200 nanometer (0,01 respectievelijk 0,2 micrometer). Doordat ze zo klein zijn, komen deze deeltjes bij inademing via de longen in het lichaam terecht. Daardoor hebben ze een negatief effect op de gezondheid van mensen. Door de verbeterde verbranding in moderne motoren zijn de uitgestoten deeltjes steeds kleiner geworden: bij modernere dieselmotoren zonder roetfilter is het aandeel PM_{2.5} en ultrafijnstof groter dan bij oudere motoren (zonder roetfilter).

ANDERE BRONNEN VAN FIJNSTOF

Naast fijnstof-uitstoot door verbranding van brandstoffen ontstaat ook fijnstof door slijtage van de remmen en de banden van voertuigen. Als de uitstoot het gevolg is van slijtage, dan wordt in de regel gesproken van slijtage-emissies. Slijtage-emissies worden niet opgevangen door het roetfilter.

Fijnstof wordt overigens niet alleen uitgestoten door het verkeer; ook veebedrijven, woningen en industrie zijn belangrijke bronnen van fijnstof. Daarnaast bestaat er ook natuurlijk fijnstof, bijvoorbeeld in de vorm van zeezout en zand.

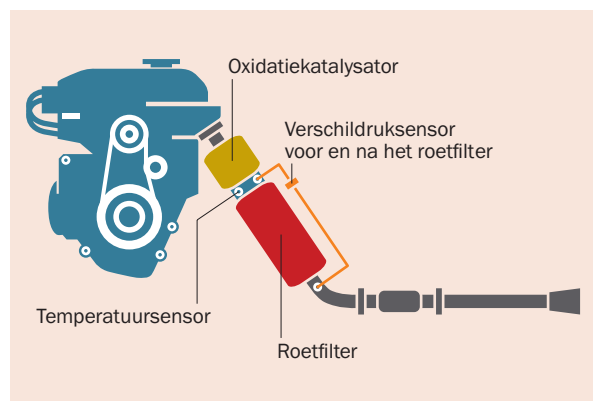


3 WAT IS EEN ROETFILTER EN HOE WERKT HET?

Dit hoofdstuk behandelt de werking van roetfilters, het regeneratieproces – een belangrijk aspect voor het goed functioneren van een roetfilter – en de onderhoudsbehoefte en mogelijke defecten van roetfilters.

WERKING VAN ROETFILTERS

Een roetfilter wordt achter de motor in de uitlaat geplaatst (Figuur 2) en vangt daar de deeltjes op. De uitlaatgassen en de roetdeeltjes stromen door de uitlaat naar het filter. Het filter laat de gassen door, maar vangt de roetdeeltjes op.



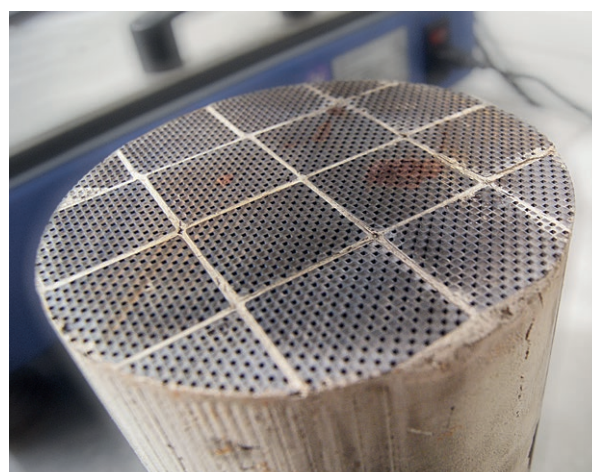
Figuur 4. Het roetfilter bevindt zich achter de motor. In de meeste gevallen zijn auto's met roetfilter ook voorzien van een oxidatiekatalysator, die voor het roetfilter is geplaatst.

Er bestaan twee typen roetfilters: gesloten roetfilters en half-open roetfilters. Deze publicatie gaat met name over gesloten roetfilters, omdat alle nieuwe dieselpersonen- en bestelwagens daar mee worden uitgerust.

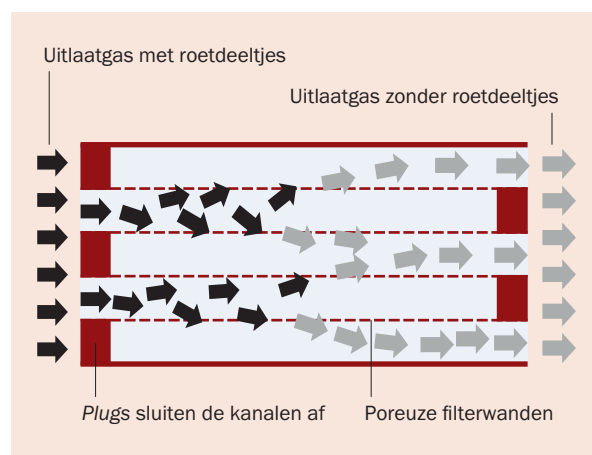
GESLOTEN ROETFILTERS

Gesloten roetfilters bestaan uit poreus keramisch materiaal met daarin kanalen die allemaal aan één zijde zijn afgesloten (Figuur 5 en 6). Hierdoor stromen alle uitlaatgassen door de poreuze filterwanden. Een gesloten roetfilter wordt daarom ook wel een wall-flow filter genoemd. De roetdeeltjes worden tegengehouden door de wanden van de poriën van het filtermateriaal. Omdat alle uitlaatgassen worden gefilterd, zijn gesloten roetfilters zeer effectief; hun rendement is 99% of hoger. De afgevangen deeltjes zorgen ervoor dat het filter per definitie geleidelijk verstopt. Daarom moet bij een gesloten roetfilter het opgevangen roet periodiek worden verbrand. Voor het periodiek verbranden van roet, dat actieve regeneratie wordt

genoemd, is aansturing door het motormanagement nodig (zie kader op pagina 8). Omdat ingrijpen in een bestaand motormanagementsysteem zeer complex is, worden gesloten roetfilters in de regel alleen af-fabriek geleverd.



Figuur 5. Ingezoomd beeld van het roetfilter van Figuur 2: de kanalen zijn duidelijk te zien (foto: TNO).



Figuur 6. De schematische tekening laat zien dat een roetfilter is opgebouwd uit vele afgesloten kanalen. Door deze afsluitingen, ook wel plugs genoemd, kunnen de uitlaatgassen alleen door de filterwanden naar buiten stromen. De roetdeeltjes blijven 'plakken' in de filterwand.

In de meeste gevallen zijn auto's met gesloten roetfilter ook voorzien van een oxidatiekatalysator, die NO omzet in NO_2 . Deze is voor het roetfilter geplaatst. NO_2 , dat zeer reactief is, zorgt ervoor dat roet al bij lagere temperaturen (250-300 °C) verbrandt. Dit relatief langzame proces wordt passieve regeneratie genoemd.

Bij sommige typen roefilters wordt een chemisch additief gebruikt. Dat additief zorgt ervoor dat regeneraties bij lagere temperaturen (ongeveer 450 °C) kunnen plaatsvinden. Het additief voor dit type roefilters moet tijdens onderhoudsbeurten worden bijgevuld.

HALF-OPEN ROEFILTERS

Het half-open roefilter laat altijd een deel van de uitlaatgassen ongefilterd door. Hierdoor ligt het rendement van een half-open roefilter met circa 30% een stuk lager dan dat van een gesloten roefilter. Omdat een groot deel van de uitlaatgassen ongestoord door het filter kan stromen, kan een half-open filter niet verstopt raken. Bij half-open filters treedt alleen passieve regeneratie op. Van actieve regeneratie is geen sprake en aansturing door het motormanagement is daarom evenmin noodzakelijk. Dat maakt het achteraf inbouwen van een half-open roefilter goed mogelijk. Voor het installeren van half-open roefilters op personen- en bedrijfswagens stelde de Nederlandse overheid in 2008 en 2009 subsidie beschikbaar.

ONDERHOUD EN DEFECTEN

Een roefilter raakt bij normaal gebruik geleidelijk verzadigd met as. In dat geval kan het filter in veel gevallen worden gereinigd. Ook treden soms roefilter-gerelateerde storingen of defecten op. In enkele gevallen is het vervangen van het filter de enige optie. Dit hoofdstuk gaat in op deze aspecten.

VERZADIGING VAN HET FILTER

Bij de verbranding van roetdeeltjes blijft een relatief zeer kleine hoeveelheid as achter in het roefilter. As bestaat hoofdzakelijk uit metalen die afkomstig zijn uit de smeerolie. Gedurende het gebruik van het voertuig wordt een DPF dus steeds verder gevuld met as. Omdat as niet kan worden verbrand, raakt het roefilter uiteindelijk verzadigd. In dat geval is het met regeneratie ook niet meer mogelijk het filter te ontstoppen. Voor auto's met een roefilter wordt daarom vaak *low-ash*-motorolie voorgeschreven. Bij normaal gebruik van het dieselveertuig kan een roefilter zo'n 150.000 tot 250.000 kilometer mee. Een voertuig met een (bijna) verzadigd roefilter maakt daarvan meestal melding op het dashboard. Er gaat in dat geval een storingslampje branden, waarmee de bestuurder wordt geadviseerd de garage te bezoeken. Het is belangrijk dat advies op te volgen; doorrijden met een verzadigd roefilter kan het roefilter onherstelbaar beschadigen en zelfs ernstige motorschade veroorzaken. Bij een bijna verzadigd roefilter heeft de voertuigeigenaar twee opties: het filter reinigen of het vervangen.

ACTIEVE REGENERATIE

Als de uitlaatgassen heet genoeg zijn, dat wil zeggen heter dan 550 °C, en er voldoende zuurstof aanwezig is, verbrandt het roet dat is opgevangen in het gesloten roefilter vanzelf. In de dagelijkse praktijk worden de uitlaatgassen vaak echter onvoldoende warm om het opgeslagen roet te verbranden. Het roefilter raakt dan steeds meer gevuld met roet. Omdat uitlaatgassen niet door een vol filter kunnen stromen, moet dat roet worden verbrand. Dat gebeurt door zogenaamde actieve regeneratie. Bij een actieve regeneratie wordt extra brandstof in het uitlaatgas ingespoten, die in de oxidatiekatalysator van het roefilter tot ontbranding komt. Zo wordt de temperatuur van het uitlaatgas verhoogd tot ongeveer 550 °C en worden de roetdeeltjes in het roefilter verbrand tot CO₂ en een zeer kleine hoeveelheid as.

Het regeneratieproces wordt aangestuurd door het motormanagement van de auto, dat op basis van onder meer de temperatuur en de tegendruk in de uitlaat bepaalt of een regeneratie moet worden uitgevoerd. Voor het goed functioneren van de motor en het roefilter zijn voldoende succesvolle regeneraties van groot belang. Hoe vaak het voertuig regenereert hangt sterk samen met de manier waarop het voertuig wordt gebruikt. Veel korte stadsritten zijn in het algemeen ongunstig. Het afgevangen roet wordt dan niet vanzelf verbrand, en een actieve regeneratie kan in deze omstandigheden vaak niet volledig worden uitgevoerd. Rijdt men langere ritten bij (verhoogde) snelwegssnelheden, dan is de kans groot dat een deel van het roet door passieve regeneratie vanzelf verbrandt. Ook geeft dit type ritten het motormanagement de gelegenheid een volledige actieve regeneratie uit te voeren. In de praktijk zijn passieve regeneraties niet voldoende om het filter goed schoon te houden.

Actieve regeneraties vinden veelal om de 600 tot 1.000 kilometer plaats. Er is dan ongeveer 10 tot 20 gram roet in het roefilter opgeslagen. Omdat bij actieve regeneratie extra brandstof wordt ingespoten, ligt het brandstofverbruik tijdelijk iets hoger. Gemiddeld is voor een regeneratie ongeveer 0,3 tot 0,5 liter diesel nodig. Regeneratie neemt onder ideale condities zo'n 5 tot 10 minuten in beslag.



Figuur 7. Een volledig verwoest roetfilter. Doorrijden met een verzadigd roetfilter kan het roetfilter onherstelbaar beschadigen en zelfs ernstige motorschade veroorzaken (foto: TNO bij Digicar Engineering).

HET FILTER REINIGEN

Is het filter in goede staat, dan kan men proberen het te reinigen. Dat kan grofweg op twee manieren: (1) met behulp van reinigingsvloeistoffen of brandstofadditieven, of (2) door het filter uit te blazen of spuiten en/of in een oven te reinigen.

MET REINIGINGSVLOEISTOFFEN OF BRANDSTOF-ADDITIEVEN

Bij het reinigen van het roetfilter met behulp van brandstof-additieven wordt aan de brandstof een oplossing toegevoegd, die de voor regenereren benodigde temperatuur verlaagt. Ook kan het filter worden gereinigd door reinigingsvloeistoffen in te spuiten in de aanvoerleiding en de motor vervolgens bij verhoogd toerental te laten draaien. Vaak maakt een geforceerde regeneratie onderdeel uit van het reinigen met reinigingsvloeistoffen.

Deze methodes hebben als voordeel dat de DPF niet hoeft te worden gedemonteerd, en worden soms ook preventief toegepast. Zij zijn echter niet altijd succesvol, waarna alsnog moet worden overgegaan tot demontage. Ook kunnen deze vloeistoffen en additieven zich in sommige gevallen ophopen in het filter, waarna zij een harde laag of klont vormen die niet meer uit het filter kan worden verwijderd.

UITBLAZEN, UITSPIJTEN EN/OF OVEN-REINIGEN

Roetfilters kunnen ook worden uitgespoten met een hogedrukspuit of uitgeblazen met speciaal hiervoor ontwikkelde apparatuur. Roet en as in het roetfilter worden op deze manier uit het filter geblazen. Wel moet hiervoor



Figuur 8. Bij een oven-reiniging wordt een DPF voor enkele uren in een oven (boven) geplaatst. Na verblijf in de oven worden as uit het filter geblazen (onder) (foto: TNO bij Digicar Engineering).

het roetfilter worden gedemonteerd en moet de metalen behuizing van het filterelement deels worden verwijderd. Uitblazen en uitspuiten kunnen in de regel binnen een dag worden uitgevoerd, zodat een roetfilterreiniging tijdens regulier onderhoud van de auto kan worden uitgevoerd. Heeft het uitspuiten of -blazen onvoldoende effect, dan kan een roetfilter in een oven worden gereinigd. Door het filter gedurende enkele uren te verhitten naar hoge temperatuur, verbrandt het nog aanwezige roet. Na ovenreiniging wordt het filter alsnog uitgeblazen of -gespoten om de opgehoopte as te verwijderen. Daarna wordt het filter gecontroleerd door de tegendruk en de diepte van de kanalen te meten en kan worden vastgesteld of het filter weer naar behoren functioneert. Is dat het geval, dan kan het filter worden teruggeplaatst. Is het filter nog niet in orde, dan moet mogelijk alsnog worden besloten een nieuw filter te monteren.

KOSTEN EN EFFECTIVITEIT VAN DPF-REINIGING

Met een gereinigd roetfilter kan ongeveer 100.000 km worden gereden. Daarna moet het filter in de regel weer opnieuw worden gereinigd. De kosten voor het reinigen van een roetfilter zijn 300 tot 400 euro.

ROETFILTERGERELATEERDE STORINGEN

Naast het verzadigen van een roetfilter – een normaal gebruiksaspect van een filter – treden in sommige gevallen ook roetfilterstoringen op. Dat gebeurt bijvoorbeeld als regeneraties meerdere keren niet volledig kunnen worden uitgevoerd. In zo'n geval kan een garage geforceerd een regeneratie uitvoeren, waarna het roetfilter onder normale omstandigheden weer functioneert.

ROETFILTERDEFECTEN

Een roetfilter kan ook defect raken. In het filterelement kunnen door uiteenlopende redenen, maar vaak vooral ten gevolge van overmatig regenereren, scheurtjes ontstaan. Hierdoor raakt het filter 'lek' en laat het een deel van de uitlaatgassen ongefilterd door. De effectiviteit van het filter neemt hierdoor af. Defecte roetfilters kunnen niet worden gerepareerd; vervanging is in zo'n geval de enige optie.

Het verdient bij alle DPF-defecten en -storingen aanbeveling goed onderzoek te doen naar de oorzaak ervan. Niet altijd gaat het slechts om een verzadigd roetfilter of een mislukte regeneratie: een verstopt luchtfilter, olieconsumptie van de motor, een defecte injector, een defecte turbo of bijvoorbeeld defecte sensoren kunnen leiden tot het versneld vollopen van het roetfilter. Lost men deze problemen niet op, dan loopt een gereinigd of nieuw roetfilter waarschijnlijk sneller dan gebruikelijk weer vol.

KOSTEN VOOR HET VERVANGEN VAN EEN ROETFILTER

Het vervangen van een roetfilter is zeer kostbaar. Prijzen lopen uiteen van iets minder dan 1.000 tot 4.000 euro exclusief montage.

GOED CONSUMENTENADVIES VAN GROOT BELANG

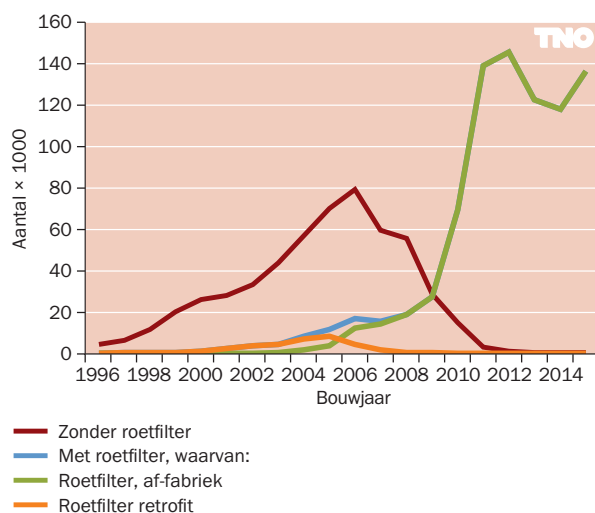
Uit het bovenstaande blijkt dat het belangrijk is om consumenten bij aankoop van een dieselveertuig met een roetfilter te voorzien van goed advies. Dit is met name van belang omdat het roetfilter onder bepaalde omstandigheden extra aandacht vraagt. Rijdt men relatief weinig kilometers en vaak korte ritten, dan is een voertuig met dieselmotor met roetfilter veelal geen goede optie omdat de benodigde condities voor regeneratie van het roetfilter niet worden bereikt.

4 ROETFILTERS IN NEDERLAND

Sinds de invoering van de Euro 5 emissielimieten in 2010-2011 worden alle nieuwe dieselauto's met een roetfilter uitgerust. Nieuwe diesels die sinds die tijd aan het wagenpark worden toegevoegd hebben dus zo'n filter. Dit hoofdstuk laat zien hoeveel dieselauto's in Nederland op 1 januari 2016 waren uitgerust met een roetfilter, én wat voor effect dat heeft op hun roetuitstoot.

HET AANTAL VOERTUIGEN MET ROETFILTERS IN NEDERLAND

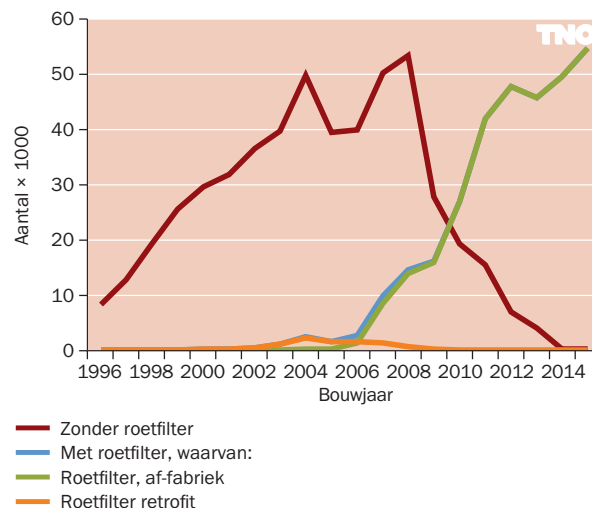
Op de peildatum 1 januari 2016 stonden er in Nederland 8,4 miljoen personenwagens geregistreerd bij de RDW. 1,4 miljoen personenwagens rijden op diesel, waarvan 59% met een roetfilter is uitgerust. Naast de nieuwe modellen die zijn voorzien van een af-fabriek roetfilter (57%), zijn er ook oudere voertuigen in de vloot die een retrofit roetfilter hebben (2,3%). Het aantal personenauto's per bouwjaar dat al dan niet van een roetfilter is voorzien is uitgezet in Figuur 9. In de figuur is duidelijk te zien dat de Euro-5 norm vanaf 2010-2011 van kracht is geworden: na die tijd zijn geen personenwagens met dieselmotor zonder roetfilter meer in het wagenpark geïntroduceerd.



Figuur 9. Aantal dieselpersonenwagens per bouwjaar in de Nederlandse personenautovloot op 1 januari 2016.

Van de 910 duizend Nederlandse bestelwagens rijdt 95% op diesel. Van deze diesels heeft 37% een roetfilter, waarvan wederom de meeste af-fabriek zijn (36%) en een klein gedeelte retrofit (1%). Figuur 10 toont het bouwjaar van de

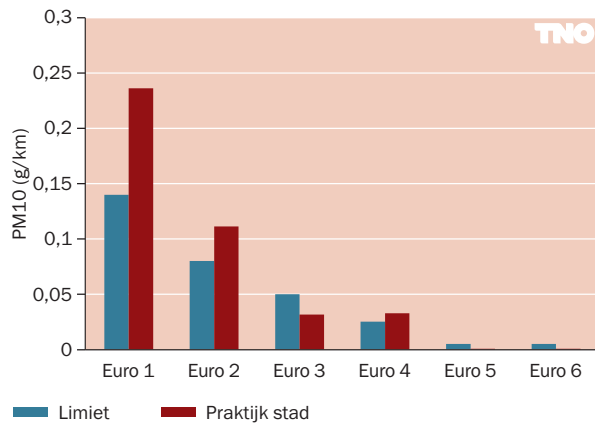
dieselbestelwagens die momenteel in Nederland geregistreerd zijn. De nieuwverkoop van bestelwagens zonder af-fabriek roetfilter is in 2014 volledig gestopt. Wel worden voertuigen zonder roetfilter nog steeds geïmporteerd. In de afgelopen negen jaar ging het steeds om zo'n 1.000 geïmporteerde voertuigen per kwartaal.



Figuur 10. Aantal dieselbestelwagens per bouwjaar in de Nederlandse bestelautovloot op 1 januari 2016.

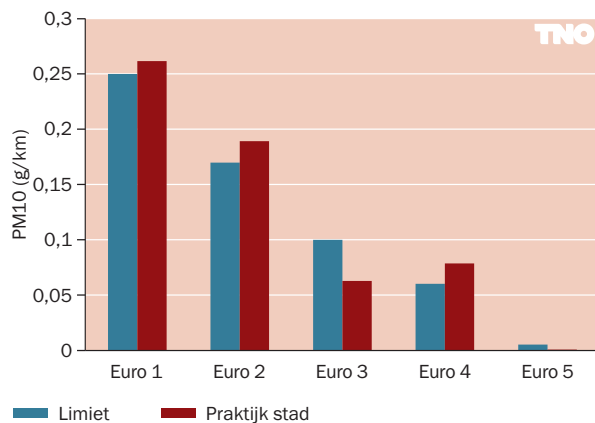
ROETFILTERS ZORGEN VOOR LAGE ROETUITSTOOT

De volgende figuren laten zien dat roetfilters zorgen voor significante reductie van de fijnstofuitstoot van dieselvoertuigen. Uit Figuur 11 en Figuur 12 blijkt dat de uitstoot van fijnstof door respectievelijk dieselpersonenauto's en bestelwagens in de stad – waar deze voertuigen grote invloed hebben op de luchtkwaliteit – in de loop der jaren flink is afgenomen. De strenge limiet voor de uitstoot van fijnstof in de Euro 5 regelgeving, die in 2010-2011 van kracht werd, heeft ervoor gezorgd dat autofabrikanten alleen aan de wetgeving konden voldoen door voertuigen af-fabriek uit te rusten met gesloten roetfilters. De praktijk-emissies van fijnstof na introductie van de Euro 5 norm zijn nauwelijks meetbaar en daarom niet te zien in de figuur.



Figuur 11. Aan de Euro 5 en 6 emissielimieten voor PM kan alleen worden voldaan door dieselvoertuigen af-fabriek uit te rusten met een roetfilter. Dat het roetfilter effectief is, laat deze figuur met praktijkemissies in de stad goed zien. Sinds Euro 5 is de uitstoot van fijnstof door personenwagens fors afgenomen. De praktijkemissies van Euro 5 en 6 voertuigen zijn ver onder de norm en nauwelijks meetbaar.

Dieselbestelwagens laten een zelfde trend zien (Figuur 12). Bij Euro 5 dieselbestelauto's werden af-fabriek roetfilters rond 2010 geïntroduceerd.



Figuur 12. Ook de fijnstofemissies van bestelwagens zijn de laatste decennia flink gedaald. Euro 5 bestelwagens zijn voorzien van een gesloten roetfilter en hebben een zeer lage deeltjesemissie. De praktijkemissies van deze voertuigen zijn ver onder de norm en nauwelijks meetbaar.

Met de introductie in 2014 van de Euro VI norm voor zware voertuigen zijn gesloten roetfilters ook op vrachtwagens en bussen met dieselmotor een realiteit.

5 HET ROEFILTER IN DE APK

In sommige gevallen worden roefilters verwijderd. Dit hoofdstuk beschrijft waarom en hoe dat gebeurt en wat de gevolgen daarvan zijn. Verder wordt uitgelegd waarom het in de huidige APK niet mogelijk is te controleren op de aanwezigheid en goed functioneren van het roefilter.

HET VERWIJDEREN VAN ROETFILTERS

WAAROM WORDEN ROETFILTERS SOMS VERWIJDERD?

Door normale slijtage van de dieselmotor stoot deze in de loop van de levensduur van het voertuig steeds meer fijnstof uit. Die verhoogde fijnstofemissies worden vervolgens opgevangen door het roefilter. Naarmate het voertuig meer kilometers heeft afgelegd, zal het roefilter eerder vollopen en moet het daarom vaker worden geregenereerd. De kans op storingen en/of defecten in het roefilter neemt hierdoor toe.

Zoals eerder beschreven, kan het vervangen van een roefilter in sommige gevallen een kostbare zaak zijn – zeker voor de particuliere autobezitter. Het reinigen van een volgelopen filter is weliswaar goedkoper dan vervanging, maar ook die ingreep wordt soms als te grote kostenpost gezien – die bovendien eens in de ongeveer 100.000 km opnieuw moet worden uitgevoerd. Het is bekend dat autobezitters in beide gevallen er soms voor kiezen om het filter te laten verwijderen.

Ook wordt het verwijderen van een roefilter wel aangeboden als onderdeel van *chip-tuning* van voertuigen. Deze tuning heeft tot doel betere motorprestaties te bereiken en te zorgen voor een beperkt lager brandstofverbruik. Als onderdeel van chip-tuning wordt in enkele gevallen samen met het roefilter ook het uitlaatgasrecirculatiesysteem of EGR-systeem uit de auto verwijderd of gedeactiveerd.

HOE GAAT HET VERWIJDEREN VAN ROETFILTERS IN ZIJN WERK?

Als een roefilter wordt verwijderd, wordt het roefilter gedemonteerd en wordt het filterelement uit de behuizing gehaald. In sommige gevallen wordt een dummy-filter geplaatst, waarna de behuizing weer wordt dichtgelast. Ook wordt het roefilter 'weggeprogrammeerd' uit het motormanagementsysteem. Dit wordt gedaan om te voorkomen dat er storingscodes in het On-Board-Diagnostics-systeem ontstaan. Daardoor gaan er geen 'ongewenste'

foutmeldingslampjes in het dashboard branden en wordt het verwijderde roefilter tijdens de APK niet opgemerkt.

WAAROM IS HET VERWIJDEREN VAN EEN ROEFILTER EEN PROBLEEM?

Zoals de figuren in het vorige hoofdstuk lieten zien, spelen roefilters een belangrijke rol bij het terugdringen van de roeuitstoot door dieselloertuigen. Zij zorgen ervoor dat de deeltjesuitstoot van het voertuig met een factor 20 tot 50 wordt gereduceerd. Vooral in de stad, waar nog altijd veel dieselloertuigen rondrijden, heeft dat een groot positief effect op de luchtkwaliteit. Om deze milieuwinst te consolideren is het belangrijk te zorgen dat roefilters gedurende de levensduur van het voertuig in het voertuig geïnstalleerd blijven én dat zij goed blijven functioneren.

METHODE VOOR CONTROLE OP ROEUITSTOOT IN APK IS STERK VEROUDERD

In Nederland wordt in de Algemene Periodieke Keuring (APK) gecontroleerd of een voertuig aan de technische eisen van de 'Regeling Voertuigen' voldoet. Bij dieselloertuigen vindt de eerste keuring plaats drie jaar na de tenaamstelling, en daarna wordt het voertuig elk jaar APK-gekeurd. In de APK wordt bij een dieselloertuig gecontroleerd of de auto niet te veel roet uitstoot. Bij moderne dieselauto's gebeurt dat in eerste instantie door controle van het diagnostisch boordsysteem (On-Board Diagnostics of OBD) van het voertuig: dat mag geen (roet)emissie-gerelateerde fouten rapporteren. Als deze test niet kan worden uitgevoerd of als er foutcodes zijn, moet een roetmeting worden uitgevoerd.

DE ROETMETING IN DE HUIDIGE APK

In de roetmeting in de APK wordt de rookemissie van het voertuig vastgesteld met behulp van een rookmeter, waarmee de zogenaamde absorptiecoëfficiënt (of opaciteit) van de uitlaatgassen wordt gemeten (Figuur 13). Deze absorptiecoëfficiënt (aangeduid als 'k' of 'k-waarde') is een waarde voor de rookemissie van het voertuig en kan waardes aannemen tussen 0 en 10 m⁻¹. Hoe meer roet het voertuig uitstoot, hoe vuiler (zwarter) de uitlaatgassen en hoe hoger de absorptiecoëfficiënt. De roetmeting wordt uitgevoerd 'bij vrije acceleratie': het gaspedaal wordt in minder dan 1 seconde maximaal ingetrapt en zo wordt de maximale rookemissie gemeten.



Figuur 13. De roeuitstoot van dieselvoertuigen kan tijdens de APK worden vastgesteld met behulp van een rookmeter. Voor moderne dieselauto's mag men echter volstaan met het uitlezen van het OBD-systeem (foto: TNO).

In de Regeling Voertuigen zijn grenswaarden opgenomen voor de rookemissie van dieselvoertuigen (Tabel 1). Van personenauto's met een dieselmotor mogen de uitlaatgassen de in de tabel genoemde absorptiecoëfficiënten niet overschrijden. Als voor een voertuig in het kentekenregister een hogere absorptiecoëfficiënt staat vermeld dan in de tabel, mag men bij de keuring deze waarde aanhouden.

Tabel 1. Grenswaarden voor absorptiecoëfficiënten voor de uitlaatgassen van dieselmotoren. Als voor een voertuig in het kentekenregister een hogere absorptiecoëfficiënt staat vermeld dan in de tabel, mag men bij de keuring deze waarde aanhouden.

Type voertuig	ingebruikname voertuig	absorptiecoëfficiënt (k-waarde) (m^{-1})
Motor met drukvulling	na 31 december 1979 en voor 1 juli 2008	3,0
Motor met natuurlijke aanzuiging	na 31 december 1979 en voor 1 juli 2008	2,5
Motor met drukvulling of natuurlijke aanzuiging	na 30 juni 2008	1,5

De huidige roetmeting is een optische meting met een beperkte nauwkeurigheid en is al een aantal decennia oud. De toenmalige productiespreiding van dieselmotoren resulteerde al in een bepaalde spreiding van rookemissies van nieuwe motoren. De limietwaarde voor de rookemissie van dieselauto's is daarom gebaseerd op de in de typegoedkeuring gemeten rookemissie, met daarbij opgeteld een opslag van $0,5 \text{ m}^{-1}$ om voor deze spreiding te corrigeren. Deze methode met bijbehorende limietwaarde wordt anno 2016 nog steeds gehanteerd in de typegoedkeuring en is volledig gedateerd. Ter illustratie: moderne dieselmotoren met roetfilter hebben een rookemissie van rond de $0,03 \text{ m}^{-1}$. Bovendien is de rookemissie van moderne dieselmotoren zonder roetfilter typisch al onder de $0,5 \text{ m}^{-1}$.

CONTROLE ON-BOARD DIAGNOSTICS (OBD) OP EMISSIEGERELATEERDE STORINGEN

Moderne dieselauto's met goed functionerend roetfilter halen een absorptiecoëfficiënt van $0,01$ tot $0,03 \text{ m}^{-1}$. Deze waarden zijn met de rookmeters die nu tijdens de

APK moeten worden gebruikt niet te meten; de meters zijn simpelweg niet nauwkeurig genoeg. Oudere dieselwagens (Euro 4 en ouder) worden wel verplicht onderworpen aan een rooktest tijdens vrije acceleratie.

Vanwege de lage rookwaardes van dieselvoertuigen met een roetfilter mag voor personenwagens die in gebruik zijn genomen na 31 december 2005 (Euro 5 en Euro 6) en die zijn voorzien van een diagnostisch boordsysteem (On-Board Diagnostics of OBD) worden volstaan met het uitlezen van dat systeem. Volgens de Regeling Voertuigen mag het OBD-systeem geen emissiegerelateerde fouten bevatten en moet het voertuig beschikken over een goed werkend waarschuwingsmechanisme dat de bestuurder informeert in geval van een storing van een emissiebeperkingsysteem, zoals bijvoorbeeld het roetfilter.

De Regeling schrijft voor dat de juiste werking van het waarschuwingssysteem moet worden vastgesteld en geeft aanwijzingen voor de wijze waarop het OBD-systeem moet worden uitgelezen.

Is de uitlezing succesvol en rapporteert het OBD-systeem geen emissiegerelateerde storingen, dan doorstaat het voertuig dit deel van de keuring. Worden wel emissiegerelateerde fouten aangetroffen, dan wordt het voertuig onderworpen aan een rookmeting. In de meting mag het voertuig de rookwaardes in Tabel 1 niet overschrijden.

VERWIJDERDE ROETFILTERS EN DE APK

Omdat bij het fysieke verwijderen van het roetfilter ook de software van de auto wordt aangepast, kan in de huidige APK niet worden vastgesteld of een filter is verwijderd. Ook met de huidige rooktest kan dat niet: die is niet nauwkeurig genoeg.

Controle op de aanwezigheid van een roetfilter tijdens de APK-keuring is moeilijk omdat tijdens de APK-keuring geen onderdelen mogen worden gedemonteerd. Een inspecteur kan de behuizing van de DPF inspecteren op naderhand aangebrachte lasnaden, en de behuizing 'bekloppen' om te beoordelen of de behuizing leeg of gevuld is. In geval de behuizing gevuld lijkt, is echter niet met zekerheid vast te stellen of de behuizing is gevuld met een roetfilter of een 'dummy'.

In het geval dat OBD-uitlezing mislukt, en het voertuig dus een rooktest moet ondergaan, is de kans groot dat een modern Euro 5 of Euro 6 voertuig deze rooktest doorstaat. Menig Euro 5 of Euro 6 voertuig zonder roetfilter heeft een absorptiecoëfficiënt van ruim onder de $0,5 \text{ m}^{-1}$. De grenswaarde voor voertuigen van na 30 juni 2008 is met $1,5 \text{ m}^{-1}$ zo hoog dat moderne voertuigen met een defect of verwijderd roetfilter in de huidige APK gewoon zullen worden goedgekeurd.

6 EEN APK-ROETFILTERTEST

Roetfilters zijn belangrijk voor een goede luchtkwaliteit. Daarom is het van belang om in de dagelijkse praktijk de aanwezigheid en goede werking van een roetfilter te kunnen vaststellen. Een dergelijke controle kan bij een APK plaatsvinden, maar met de huidige APK is het bij moderne dieselauto's niet mogelijk om vast te stellen of een goed werkend roetfilter aanwezig is. Controle op verwijderde en defecte roetfilters kan alleen als de APK-eisen strenger worden en een nieuwe testmethode wordt voorgeschreven.

EERDERE ONDERZOEKEN

De laatste jaren zijn diverse onderzoeken gedaan naar de prestaties van roetfilters en de mogelijkheden om te controleren op de aanwezigheid en het goed functioneren ervan. Eerder door TNO uitgevoerd onderzoek en een omvangrijke studie door het International Motor Vehicle Inspection Committee worden in deze paragraaf kort besproken.

TNO-ONDERZOEKEN NAAR PRESTATIES VAN ROETFILTERS EN CONTROLEMOGELIJKHEDEN DAARVOOR

In een eerste onderzoek in 2013 heeft TNO voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu testmethodes en procedures voor beoordeling van gesloten roetfilters onderzocht die gebruik maken van verschillende typen rookmeters³. De resultaten in deze studie wezen uit dat de huidige vrije acceleratietest met een moderne, verbeterde opaciteitsmeter mogelijk geschikt is voor toepassing in de APK-test voor voertuigen met gesloten roetfilter.

Op verzoek van TNO heeft de RDW in 2015 ongeveer 400 voertuigen, die een APK-steekproefcontrole kregen opgelegd, aanvullend getest⁴. Het belangrijkste doel was een indruk te verkrijgen van het aandeel defecte of gedemonteerde roetfilters. Uit dit onderzoek bleek dat bij circa 5 tot 7% van de dieselpersonenauto's met affabriek roetfilter het roetfilter verwijderd of defect was.

STUDIE DOOR HET INTERNATIONAL MOTOR VEHICLE INSPECTION COMMITTEE

In het project Sustainable Emission Testing (SET) heeft het International Motor Vehicle Inspection Committee (CITA) rookemissietesten uitgevoerd aan in totaal 1654 dieselveertuigen³. Ook is voor zover aanwezig het OBD-systeem uitgelezen. Voor 469 van de geteste dieselauto's ging het om voertuigen die af-fabriek van een gesloten roetfilter zijn voorzien.

De metingen zijn uitgevoerd tijdens APK-testen in zeven Europese landen. Het CITA-onderzoek vindt geen verband tussen voertuigen die op basis van de OBD-uitlezing uitvallen en voertuigen die op basis van de rookemissietest uitvallen. Daarom wordt in de studie aanbevolen zowel een OBD-uitlezing als een rookemissietest op te nemen in de APK.

De SET-studie concludeert dat de nu in de Europese Richtlijn 2010/48/EC vastgelegde limieten voor absorptiecoëfficiënten te hoog zijn om Euro 5 voertuigen goed te controleren, en adviseert een absorptiecoëfficiënt van $0,20 \text{ m}^{-1}$ voor de toekomst.

ONDERZOEK NAAR EEN NIEUWE APK-TESTMETHODE

In 2016 heeft TNO in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een onderzoek uitgevoerd naar de wijze waarop in de toekomst in de APK kan worden gecontroleerd op de aanwezigheid en het goed functioneren van roetfilters⁴.

ONDERZOEKSKADER

In het onderzoek is niet alleen gekeken naar aanpassingen aan de nu gebruikte methode – de roetmeting op basis van lichtondoorlatendheid of opaciteit – maar zijn ook nieuwe meetmethoden en limietwaarden beproefd. Voor 213 dieselveertuigen heeft TNO de absorptiecoëfficiënten vastgesteld met twee verschillende typen rookmeter. Daarnaast is met behulp van een deeltjesteller het aantal deeltjes in de uitlaatgassen van de voertuigen gemeten. In het onderzoek zijn twee geschikte opties voor een APK-roetfilteronderzoek naar voren gekomen.

TWEE GESCHIKTE OPTIES VOOR EEN APK-ROETFILTERTEST

EEN ROETMETING MET EEN MODERNE, VERBETERDE ROOKMETER

In het onderzoek is een rookmeting uitgevoerd met een moderne, 'verbeterde' roet- of opaciteitsmeter, met een hogere nauwkeurigheid dan de oude meters. Ter referentie zijn alle 213 auto's ook gemeten met een conventionele, 'standaard' rookmeter die op dit moment in de APK wordt toegepast (Figuur 14).



Figuur 14. In het onderzoek van 2016 zijn de absorptiecoëfficiënten gemeten met twee typen rookmeter: een conventionele of 'standaard' rook- of opaciteitsmeter zoals die nu wordt gebruikt in de APK (rechts) en een moderne, 'verbeterde' rook- of opaciteitsmeter (links), met een hogere nauwkeurigheid dan de oude meters. Een roetmeting wordt uitgevoerd 'bij vrije acceleratie': het gaspedaal wordt maximaal ingetrapt en zo wordt de maximale rookemissie gemeten (foto: TNO).

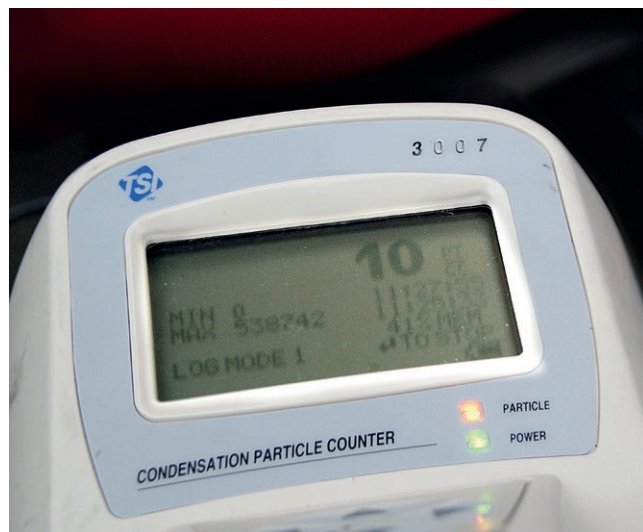
Het onderzoek bevestigt dat de nu in de APK gebruikte rookmeter niet geschikt is om vast te stellen of het roetfilter aanwezig is of goed functioneert. De meter is te onnauwkeurig en te ongevoelig om de lage roetemissies van moderne Euro 5 en Euro 6 dieselwagens te meten. Waar de moderne rookmeter lage rookwaarden van tussen de 0,01 en 0,05 m⁻¹ rapporteert, is het meetresultaat met de huidige rookmeter veelal nul.

Met zijn hogere nauwkeurigheid dan de standaard opaciteitsmeter is de moderne opaciteitsmeter beter in staat ook bij de lage roetemissies van moderne diesels onderscheid te maken tussen een auto met goed functionerend roetfilter en een auto met een defect of verwijderd roetfilter. Daarbij moet worden opgemerkt dat ook bij de verbeterde rookmeter nog altijd onderin het bereik wordt gemeten, waardoor het discriminerend vermogen van deze meter ten opzichte van de deeltjesteller

kleiner is (zie volgende paragraaf). Daarnaast speelt dat bij deze meetmethode de statische kalibratie van de rookmeter niet past bij de dynamiek van de meting. Ook is meer inzicht nodig in de filtering van de elektronische meetsignalen van rookmeters – een belangrijk aspect bij de beoordeling van rookemissies. De wijze van kalibreren van de meters en de filtering van meetsignalen moeten worden besproken met leveranciers van rookmeters.

EEN METING VAN HET AANTAL DEELTJES IN DE UITLAATGASSEN MET EEN DEELTJESTELLER

Naast de conventionele roetmeting is van de 213 dieselvoertuigen het aantal deeltjes (Particle Number of PN) in de uitlaatgassen gemeten met behulp van een deeltjesteller (Figuur 15). De meting vindt plaats bij stationair toerental. Dit is een meetmethode die momenteel niet in de APK wordt toegepast.



Figuur 15. Naast de conventionele roetmeting is van de 213 dieselvoertuigen het aantal deeltjes (Particle Number of PN) in de uitlaatgassen gemeten met behulp van een deeltjesteller. De monsternameslang wordt in de uitlaat gehouden terwijl de warme motor stationair draait (links). Het apparaat geeft op het display het aantal deeltjes per cm³ aan ('10' op de rechterfoto) (foto: TNO).

In vergelijking met een opaciteitsmeting is een deeltjes-meting zeer snel, nauwkeurig en gebruiksvriendelijk. Uit technisch en arbotechnisch oogpunt heeft de meting met een deeltjesteller dan ook de voorkeur boven de verbeterde opaciteitsmeter. Een ander voordeel is dat deze meting minder eenvoudig te manipuleren is dan de opaciteits-meting.

Wel is het apparaat op dit moment duurder dan een rookmeter en moet worden opgemerkt dat de gebruikte apparatuur niet specifiek ontwikkeld voor toepassing in de APK. Daarnaast moet worden onderzocht of een kalibratie-methode in de dagelijkse praktijk nodig en haalbaar is om deze geschikt te maken voor de APK. De deeltjesteller moet voor toepassing in de APK dan ook worden door-ontwikkeld. Het verdient aanbeveling in overleg te treden met leveranciers om deze doorontwikkeling op gang te brengen.

CONCLUSIES VAN HET ONDERZOEK

Twee meetmethodes zijn geschikt om in de APK te controleren of een goed werkend roetfilter aanwezig is: de conventionele rookmeting met een moderne, verbeterde rookmeter en een meting van het aantal deeltjes in het uitlaatgas met behulp van een deeltjesteller.

De deeltjesteller levert daarbij de beste resultaten. Dit type meter heeft een significant beter onderscheidend vermogen dan de verbeterde rookmeter. Bovendien kan een meting met een deeltjesteller bij stationair toerental worden uitgevoerd. De monsternameslang wordt hierbij gedurende korte tijd in de uitlaat van de auto gehouden. De methode is daardoor zeer snel. Doordat de meting van het aantal deeltjes niet tijdens vrije acceleratie hoeft te worden uitgevoerd, is deze meetmethode minder belastend voor de auto en de keurmeester.

Opaciteitsmeters zijn in de loop der jaren nauwkeuriger geworden. Maar met name bij moderne diesels meet men met deze apparatuur onderin het meetbereik. Daarnaast speelt dat bij deze meetmethode de dynamische respons op een bepaalde roetuitstoot bij vrije acceleratie onvoldoende is gedefinieerd, onder meer door filtering van de data. Dat maakt de opaciteitsmeters ten opzichte van deeltjestellers minder geschikt om in de APK vast te stellen of een roetfilter is verwijderd. De prijs van opaciteitsmeters is echter wel lager dan de huidige prijs van deeltjestellers.

AANBEVELINGEN VAN HET ONDERZOEK

Om te zorgen dat de APK van de toekomst geschikt is voor controle van auto's met een roetfilter is het van belang dat een verbeterde roetmeting in de APK wordt ingevoerd. Welke meetmethode hiervoor zal worden toegepast, hangt voor een belangrijk deel af van de kosten voor garage-bedrijven en keuringsstations.

TNO adviseert het Ministerie de beide meetmethodes, de mogelijkheden voor doorontwikkeling en de prijs ervan in nauwe samenwerking met onder meer de RDW en leveranciers van de meetapparatuur verder te onderzoeken. Daarbij is het van belang te zorgen voor goede kalibratie-methoden, om de apparatuur bij de garagebedrijven te kunnen iken.

Het is een gebruikelijke praktijk om bij oudere dieselauto's zonder filter de APK-rooktest te manipuleren door speciale vloeistoffen of benzine aan de diesel toe te voegen. Tegenwoordig is er ook fischer tropsch diesel zoals GTL beschikbaar waarmee de rookemissie kan worden terug-gebracht. Verder onderzoek is nodig naar het effect van deze (manipulatie-)mogelijkheden op de meetresultaten van de verbeterde rookmeter en de deeltjesteller.

REFERENTIES

1. Kadijk, G., Roadworthiness Test Investigations of Diesel Particulate Filters. Delft, 19 June 2015. TNO report TNO 2013 R10160 v3.
2. Kadijk, G. and Spreen, J.S., Roadworthiness Test Investigations of Diesel Particulate Filters on vehicles. Delft, 19 June 2015. TNO report TNO 2015 R10307v2.
3. Barlow et al., Sustainable Emission Tests, SET project, CITA report, September 2015.
4. Kadijk, G., Spreen, J.S. and Mark, P.J. van der, Investigation into a Periodic Technical Inspection test method to check for presence and proper functioning of Diesel Particulate Filters in light duty diesel vehicles. Delft, 10 June 2016. TNO report TNO 2016 R10735.



› TNO
Sustainable Transport and Logistics
Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

TNO.NL

TNO.NL