

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

## Droom wordt werkelijkheid

# Dieselen zonder roet

**Lang is het stil gebleven rond de ontwikkeling van het roetfilter, maar nu is 's werelds grootste personen-diefabrikant PSA aan zet, om als eerste in het derde millennium roetvrij van start te gaan! Het interessante roetfiltersysteem kent in de praktijk nauwelijks nadelen en regenerereert zichzelf.**

Nieuwe ontwikkelingen van recente datum aan het dieselfront, zoals de directe dieselinjectie type Common-Rail (primeur Fiat Groep) en type pompverstuiver (primeur VAG), hebben de snellende dieselmotor voor de personenauto zuiniger, krachtiger en aanzienlijk beschaafder in de omgang gemaakt. De uitlaatgassen

werden ook minder vervuילend, maar vooral wat de vaste deeltjes (hoofdzakelijk roet) betreft, is dat nog niet genoeg. Dit ondanks het feit dat dit aandeel van schadelijke diezelemissies door bovengenoemde recente dieselontwikkelingen al grotendeels is gehalveerd. Vergelijken met dieselmotoren zonder katalysator ademt de moderne DI-

diesel zelfs viermaal minder roet uit. Al met al een flinke verbetering als we ons realiseren, dat 10 jaar geleden de gemiddelde personenauto met dieselmotor jaarlijks nog goed was voor zo'n drie tot vijf kg in de lucht uitgeblazen roet!

Het evenaren van de benzine-motor op het punt van de emissie van vaste deeltjes is de laatste jaren de nieuwe uitdaging bij de dieselontwikkeling. Dat moet ook wel, want anders kunnen toekomstige emissielimieten het einde van de dieselmotor voor de personenauto betekenen. In dat licht bezien mag de aankondiging van PSA, om begin volgend jaar een goed werkend regenererend roetfiltersysteem samen met een nieuw ontwikkelde HDI-diesel voor het topsegment van Peugeot en Citroën op de markt te brengen,

gerust sensationeel worden genoemd. Twintig jaar lang is er al op meerdere fronten aan roetfilters gewerkt, maar tot een succesvolle toepassing op personenautodiesels is het nog niet gekomen. PSA heeft uit de verschillende opties gekozen voor het principe van de katalytische regeneratie van een keramisch monoliet roetfilter. Het systeem is ook toepasbaar op de zware dieselmotoren van bedrijfsauto's.

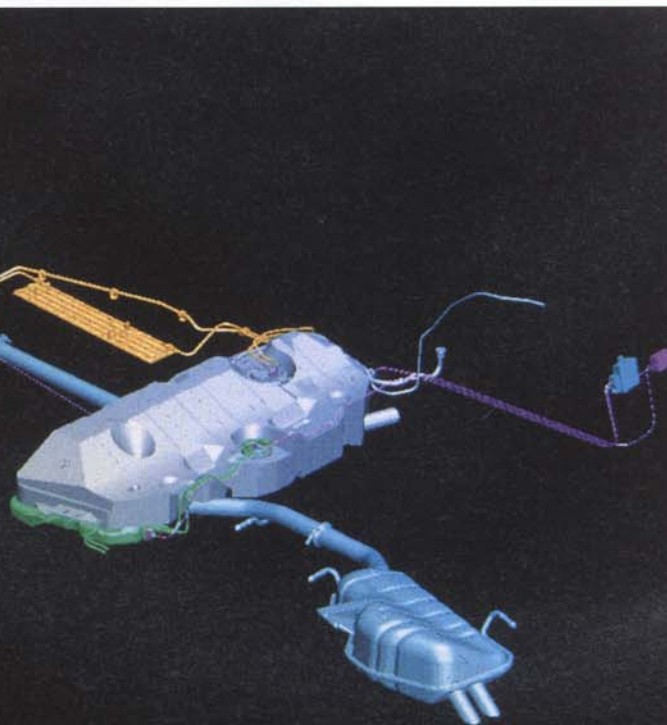
### Moeilijke klus

Bij de roetdeeltjes gaat het niet alleen om koolstof, want ze zijn tevens verzadigd met koolwaterstof en olieresten, condenswater en sulfaten. Andere vaste deeltjes worden gevormd door asresten van de olieadditieven, roest, metalen slijtagedeeltjes en waterdruppeltjes. Verder hebben ook de kwaliteit van de brandstof en het zwavelgehalte invloed op de uitstoot van vaste deeltjes, vandaar dat de auto-industrie al jaren pleit voor verbetering van de brandstof op die punten. Vooral op verlaging van het zwavelgehalte tot ten minste 30 ppm wordt nu met klem aangedrongen.

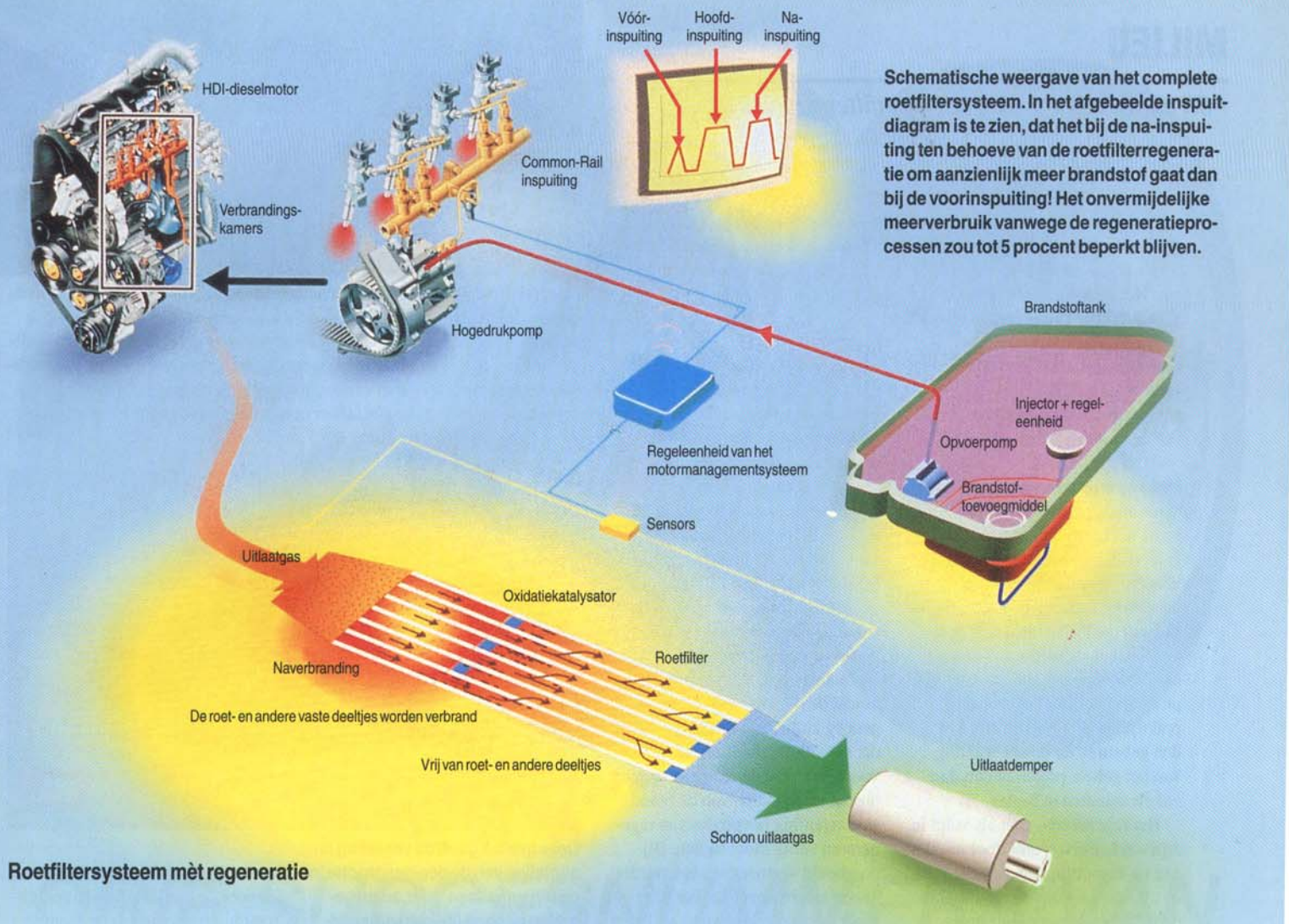
Het probleem van filters voor het opvangen van al die vuiligheid is, dat ze snel verstopt raken. Frequent verwisselen of reinigen van het filter is dus noodzakelijk. Van de twee opties is alleen de tweede realistisch, althans wanneer het periodieke reinigen (het is gebruikelijk hier van regenereren te spreken) geheel automatisch en liefst ook nog onmerkbaar onder het rijden in zijn werk gaat. Voor het periodiek verwisselen van het filter zou de auto herhaaldelijk naar de garage moeten, hetgeen in deze tijd natuurlijk niet meer acceptabel is. Bovendien zouden we dan ook nog op een economisch verantwoorde en milieuvriendelijke wijze van al die bergen met roet vervuilde filters af moeten zien te komen.

Een regenererend roetfilter waarin op gezette tijden het verzamelde roet wordt weggebrand, werd de keuze van PSA en niet de eerst zo veelbelovende elektrostatische roetafscieder. De omzetting van het idee in een beproefd

Zo ziet het regenererend roetfiltersysteem van PSA er uit, met links de nieuw ontwikkelde 2.2 liter 98 kW HDI-turbodieselmotor voor het topsegment van Peugeot en Citroën. Vanuit een apart tankje wordt een minieme hoeveelheid Eolys aan de brandstof toegevoegd. Het werkt als katalysator bij de verbranding van de roetdeeltjes.







## Roetfiltersysteem met regeneratie

en betaalbaar systeem bleek echter een moeilijke klus. Daimler-Benz deed alweer lang geleden met roetfilters voor de Californische markt een moedige poging, doch slaagde niet. De praktijk bleek weer eens weerbarstiger dan tevoren ingeschat. Hierdoor zat de schrik er bij de emissiespecialisten van de dieseltechniek goed in, dus reken maar dat PSA bij de ontwikkeling van haar filtersysteem niet over één nacht ijs zal zijn gegaan!

### HDI met FAP

Zoals in 1998 beloofd brengt PSA dus volgend jaar inderdaad, onder de naam FAP (Filtre à Particules), een goed werkend roetfiltersysteem op de markt dat is gekoppeld aan een nieuwe HDI-dieselmotor ('Common-Rail') die bestemd is voor de top van het modellengamma van Peugeot en Citroën. PSA belooft met HDI+FAP roetvrije uitlaatgassen, althans roet in zulke minieme hoeveelheden, dat ze met de huidige apparatuur nog nauwelijks zijn te meten. Wat rest zullen

dus voornamelijk nog de uiterst kleine en hoofdzakelijk onbrandbare deeltjes zijn. Hoe dan ook, met HDI+FAP wordt de concurrentiepositie van de diesel ten opzichte van de benzine motor versterkt. Wat nu nog rest is de aanpak van de stikstofoxiden van de diesel...

### Toevoeging aan brandstof

FAP werd in slechts 18 maanden door PSA ontwikkeld, in nauwe samenwerking met de volgende vier partners: Ividen (filter), Rhodia (toevoegmiddel), Faurecia (integratie roetfilter in uitlaatsysteem) en Bosch. Uit die samenwerking zal ook wel het besluit zijn voortgekomen om de technologie van het filtersysteem, waarin zo'n 400 miljoen FF is geïnvesteerd, ook aan andere merken ter beschikking te stellen. Een schoner milieu is tenslotte in het belang van ons allemaal.

FAP werd mogelijk gemaakt dankzij het feit, dat met de Common-Rail techniek zoals ook toe-

gepast op de nieuwe HDI-diesels van PSA, het verbrandingsproces volledig beheersbaar is. En dat geldt evenzeer voor de temperatuur van de uitlaatgassen in het roetfilter, die door een nauwkeurig geregelde mate van naverbranding moet worden opgevoerd om het in het filter opgehoopte roet te kunnen verbranden. Vooral bij lage motorbelastingen produceren moderne diesels zonder deze kunstgreep immers veel te weinig warmte.

De clou van FAP is de toevoeging aan de brandstof in zeer geringe hoeveelheden van een gepatenteerd product, Eolys genaamd, dat als katalysator werkt en zo bewerkstelligt, dat de roet- en andere brandbare vaste deeltjes al bij een 100 °C lagere temperatuur in het roetfilter verbranden, dan de normaal daarvoor minimaal vereiste 550 °C.

### Roetfilter vervangt kat

Het roetfilter vervangt de normale oxidatiekatalysator. Deze is nu

vóór in het filterhuis opgenomen en neemt daar ongeveer een derde van de ruimte in beslag. De uitlaatgassen passeren dus eerst de oxidatiekatalysator, om door naverbranding te worden verlost van de onverbrand gebleven koolwaterstofresten, en gaan daarna door het eigenlijke filter waar de resterende vaste deeltjes vrijwel volledig in de poreuze wanden van de doodlopende kanaaltjes van de monoliet worden opgevangen. Aldaar klonteren ze vervolgens tot grotere deeltjes samen (0,1 tot 1 µ). Ten slotte gaan de gereinigde uitlaatgassen nog door een demper.

Het keramische roetfilter op zich is niets nieuws en het wordt al vele jaren voor allerlei industriële toepassingen en zware vrachtwagens gebruikt. Problemen met de regeneratie van de filters hebben echter tot nu toe de toepassing op personendiesels verhinderd.

Ondanks de periodieke regeneratieprocessen moet het roetfilter toch na elke 80.000 km met water



## PSA ontwikkelt veelbelovend roetfiltersysteem

onder hoge druk worden doorgespoeld, om eventuele resten van cerine (zie verderop) te verwijderen. Het afvalwater wordt gecontroleerd op de zuurgraad en bij verdere verwerking worden alle milieuvoorschriften gerespecteerd, zo verzekert PSA. De levensduur van het roetfilter zou gelijk zijn aan die van de auto.

### Het regeneratieproces

Twee sensors meten de druk voor en na het roetfilter, waarop de regelenheid uit het berekende drukverschil voortdurend de mate van vervuiling kan afleiden. Zodra een te groot drukverschil wordt berekend, zet de regelenheid van het motormanagement het regeneratieproces in werking. Dit zal in de praktijk na elke 400 tot 500 km rijden gebeuren en de afwikkeling van het gehele proces neemt dan enkele minuten in beslag.

Het regenereren gaat als volgt in zijn werk. Eerst wordt door middel van na-inspuiting van brandstof in de cilinders tijdens de arbeidsslag de uitlaatgastemperatuur opgevoerd. PSA spreekt hierbij heel ludiek over de vijfde takt van de (viertakt) dieselmotor! Door de naverbranding in de cilinders stijgt de temperatuur met zo'n 200 tot 250 °C. Een aanvullende naverbranding in de katalysator van de onverbrand gebleven brandstof voegt daar nog een temperatuursverhoging van meer dan 100 °C aan toe, zodat ook bij zeer lage motorbelastingen (stadsverkeer!) nog de minimale 450 °C uitlaatgastemperatuur wordt bereikt, die de regeneratie volgens het systeem PSA vereist. Normaal verbrandt het roet pas vanaf 550 °C, maar de toevoeging van Eolys aan de brandstof zorgt er voor, dat het verzamelde roet al vanaf 450 °C verbrandt.

Eolys is een onschadelijke verbinding op basis van cerine, dat blijkens mededelingen van PSA is goedgekeurd door het Franse en Duitse ministerie van Milieu. Ook wordt een Europese erkenning genoemd voor verkoop en gebruik. Tevens zouden er aan de toepassing van het product bij het dieselverbrandingsproces geen schade-

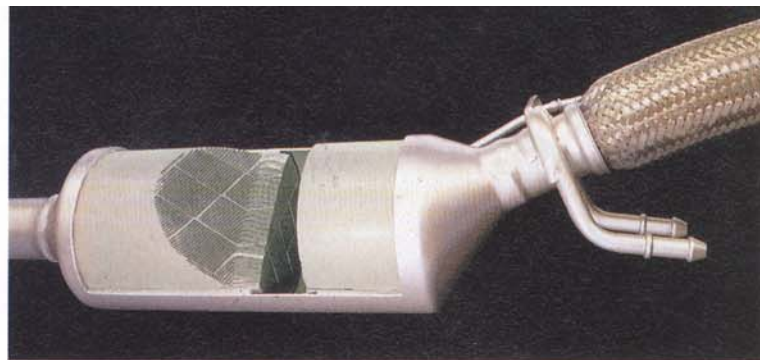
lijke milieu- en gezondheidsaspecten zitten, noch op enigerlei wijze het functioneren van de motor schaden.

### Zuurstoffekort?

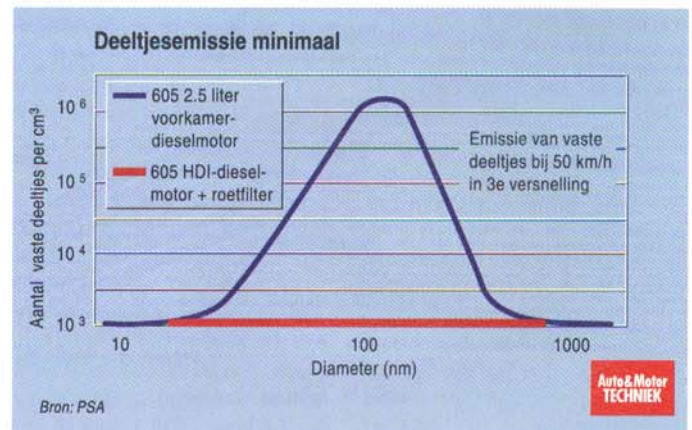
Omdat zowel oxikat als roetfilter het tijdens de regeneraties zonder luchtanvoer moet stellen, moet er bijgevolg voldoende zuurstof in de uitlaatgassen aanwezig zijn om de voor de regeneratie vereiste verbrandingsprocessen mogelijk te maken. Bij een dieselmotor is dat geen probleem vanwege het grote luchtoverschot, maar of daar ook onder vollast nog wel voldoende zuurstof voor overblijft? Zeker, de na-inspuiting in de cilinders zal wel achterwege kunnen blijven omdat de uitlaatgassen dan heet genoeg zullen zijn. Wellicht spaart dat net voldoende zuurstof om te voorkomen dat de regelektronica met een terugname van de brandstofinspuiting het proces van regenereren veilig moet stellen. Bijvoorbeeld wanneer een bestuurder net op een moment dat het filter moet worden gereinigd haast krijgt en langdurig het uiterste van zijn motor vergt. Als de roetverbranding in het filter door zuurstofgebrek niet of niet meer voldoende kan plaatsvinden, zou het filter snel geheel vervuild kunnen geraken. Uit de stelligheid waarmee PSA verklaart dat de bestuurder onder geen enkele omstandigheid ook maar iets van het regenereren zal bemerken, zullen we maar afleiden dat het in de praktijk wel nooit tot zuurstofftekort en ingrijpen van de regelektronica zal komen.

### Iets hoger verbruik

Verder moet er aan die herhaald uitgevoerde regeneratieprocessen natuurlijk een prijskaartje hangen, en wel in de vorm van een verhoogd brandstofverbruik. De uitlaatgassen moeten immers regelmatig een paar minuten lang aanzienlijk in temperatuur worden verhoogd. PSA verzekert echter dat de nadelige invloed op het brandstofverbruik tot zo'n 5 procent beperkt blijft. Aangezien een tijdens de arbeidsslag bewerkstelligde naverbranding uiteraard het



Het opengewerkte roetfilter met rechts de monoliet van de oxikat (uitlaatgassen komen van rechts) en links die van het roetfilter. In het zeer fijne poreuze keramische materiaal worden vrijwel alle vaste deeltjes in de uitlaatgassen opgevangen en op gezette tijden tijdens een proces van regeneratie verbrand. Aanvoer van lucht voor de naverbranding in de katalysator tijdens de regeneratie is niet nodig. De pijpjes rechts dienen voor de ophanging onder de auto.



Deze grafiek geeft de verdeling en aantallen van de deeltjesgrootte in de uitlaatgassen weer, zoals gemeten bij een 605 voorkamerdieselmotor van 2.5 liter en de nieuwe HDI 605 dieselmotor voorzien van het regenererend roetfiltersysteem. De vermindering in deeltjesemissie dankzij HDI plus roetfilter is evident.

motorkoppel zal verhogen, moet ook nog dit effect door de regelenheid worden gecompenseerd, anders zou de bestuurder het op gang komen van het regeneratieproces als een spontane acceleratie ervaren. Hiertoe grijpt de regelenheid in in de regeling van de brandstofdosering en die van de vuldruk. Zo blijft ook dit effect van het regenereren voor de bestuurder verborgen.

### Tankje met Eolys

Het toevoegmiddel Eolys wordt in een apart tankje van 5 liter onder de brandstoftank meegevoerd en een pompje, aangestuurd door een afzonderlijke regelenheid, zorgt er voor dat het middel bij het tanken steeds in de juiste verhouding aan de brandstof wordt toegevoegd. De berekening van de juiste

hoeveelheid geschiedt op basis van de voor de brandstofmeter geregistreerde niveauverandering van de brandstofvoorraad. Die 5 liter toevoegmiddel is genoeg voor 80.000 km, zodat het afvullen van het tankje tegelijk met het schoonspelen van het roetfilter kan plaatsvinden. Aan een volle tank brandstof wordt 37,5 ml Eolys toegevoegd, waarin dan slechts 1,9 gram van de werkzame stof cerine is opgelost. Het gaat hier dus om zeer kleine hoeveelheden.

### Stap vooruit

Dankzij de inspanningen van PSA is de ontwikkeling van de dieselmotor, door de toepassing van het regenererend roetfilter, definitief weer een flinke stap vooruit gekomen. De prijs die daarvoor moet worden betaald in de vorm van een 5 procent hoger brandstofverbruik, moet dan maar voor lief worden genomen. In de strijd om wie zich uiteindelijk de fabrikant van de schoonste en meest efficiënte motor voor de auto mag noemen, ligt de bal nu weer bij de benzinemotor. Het blijft buitengewoon boeiend die tweestrijd te volgen...

**Dik Boosman**