

Auto & Motor
TECHNIEK

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

Deeltjes- en NO_x-emissie moeilijk te beteugelen

Survival van de truckdiesel

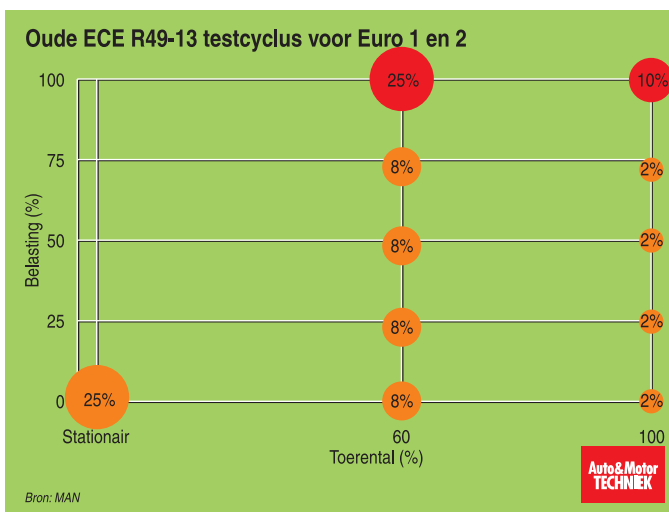
De truckfabrikanten gaan spannende tijden tegemoet. Na Euro 3 ligt Euro 4 in het verschiet en met conventionele techniek heeft de truckdiesel nauwelijks bestaansrecht meer. Geavanceerde inspuitechnieken en uitlaatgas-nabehandeling moeten de toekomst van de zware dieselmotor zeker stellen.

Het zijn de Euro 3 en vooral de Euro 4 milieu-eisen die de truckfabrikanten zorgen baren. Om te begrijpen waar precies de 'pijn' zit, eerst iets over de Euro 1 en 2 eisen die tot voor kort van toepassing waren.

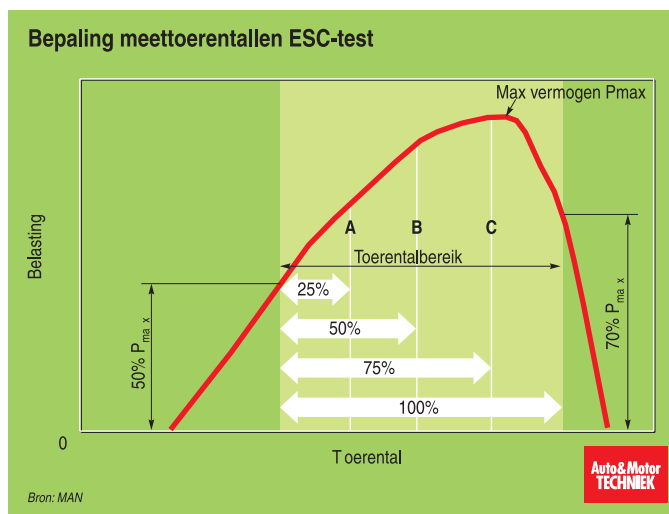
Truckmotoren die aan de Euro 1 en 2 emissie-eisen voldoen, zijn voor de certificering op 13 punten in het belasting-toerentalgebied gemeten. De nadruk bij deze meetmethode ligt op het stationair draaien, het maximum koppel en het maximum vermogen. Dat is te zien aan het percentage dat bij elk meetpunt aangeeft hoe zwaar de meetresultaten in gram per kilowatt en per uur (g/kWh) worden meegewogen in het eindresultaat. Bij alle meetpunten blijven het toerental en de belasting constant.

De Europese richtlijn voor de Euro III (in de wandeling Euro 3) emissie-eisen is er nog niet, al is inmiddels wel bekend welke grenswaarden er gesteld worden. De certificering, dat is de officiële erkenning van de meetresultaten, zal pas over enkele maanden een feit zijn.

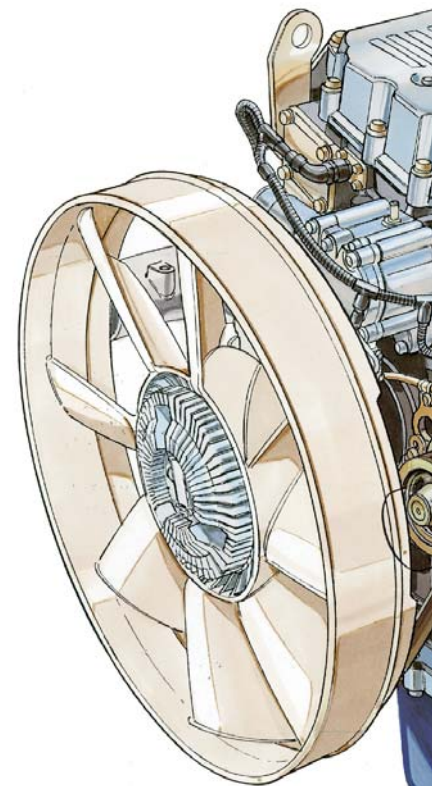
De truck- en busmotoren zijn met ingang van Euro 3 in twee groepen verdeeld: conventionele dieselmotoren en geavanceerde dieselmotoren, ook gasotmotoren met vonkontsteking vallen in de laatstgenoemde groep. De conventionele motoren worden gemeten volgens de European Steady State Cycle (ESC) en de European Load Response Cycle (ELR). De geavanceerde motoren moeten ook nog (of in het geval van gasmoto-



Bij de tot nu toe gebruikte ECE R49-13 mode test wordt de uitlaatgassenstelling van de dieselmotor bij dertien toerentalen en belastingen gemeten. De percentages geven aan hoe zwaar het meetresultaat in het geheel meeweegt.



Op deze wijze komen de drie meettoerentalen bij de ESC test tot stand. Er ontstaat een belasting-toerentalpatroon dat het werkelijk gebruik dichter benadert dan voorheen het geval was.



De Iveco motoren zijn geheel nieuw. Na de Cursor 8 is er nu ook een zwaardere motor uitgebracht, de Cursor 10. Er zijn voor de Euro 3 uitvoering geen grote wijzigingen nodig. De computer moet wel nieuw geprogrammeerd worden.

TEKENING: IVECO

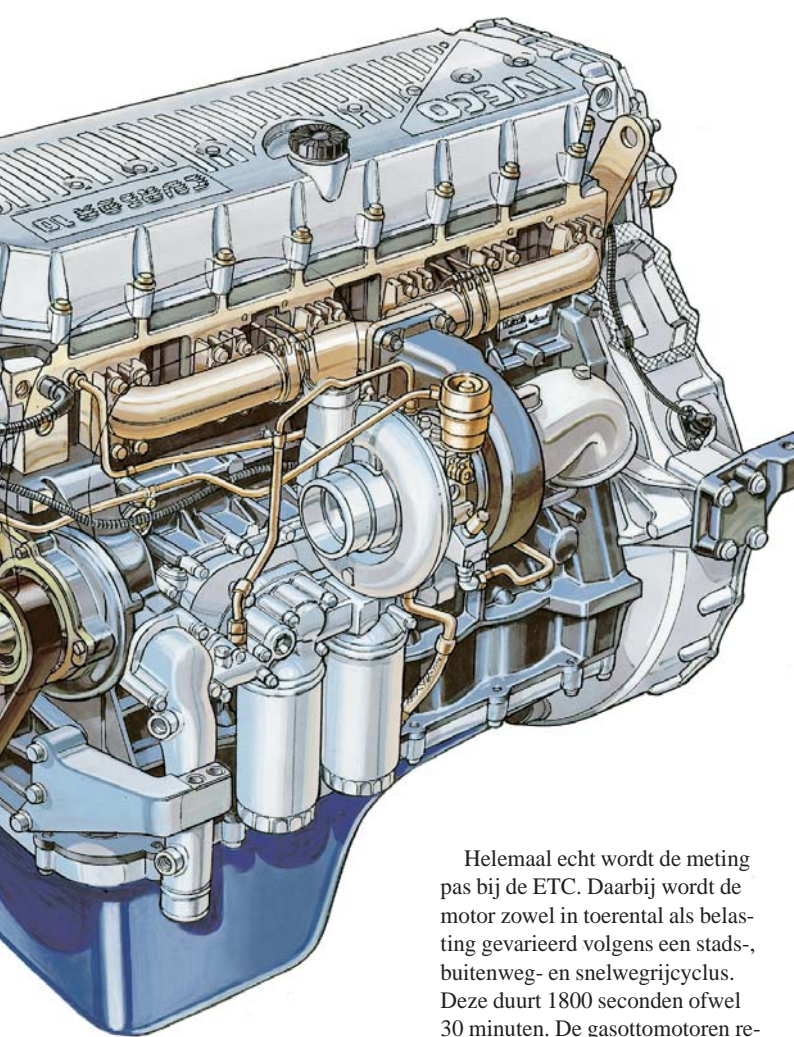
ren uitsluitend) de European Transient Cycle (ETC) doorlopen.

De conventionele dieselmotoren (groep 1) hebben een elektronisch geregelde inspuiting, Exhaust Gas Recirculation (EGR) en/of een oxydatie-katalysator.

De geavanceerde diesel- en gasmotoren (groep 2) hebben naast de bij groep 1 genoemde kenmerken ook nog een meer volledige uitlaatgasnabehandeling in de vorm van een DeNOx katalysator en/of een deeltjesfilter (Diesel Particulate Filter, DPF). Voorlopig vallen alleen de gasotmotoren onder de groep 2 eisen.

Vanaf de Euro 4 eisen die vanaf 2005 gelden, behoren alle dieselmotoren getest te worden volgens de ESC, ELR én ETC cycli. De gasotmotoren worden dan uitsluitend volgens de ETC cyclus getest.

Nieuwe testmethoden
De ESC testcyclus bevat net als die van de oude ECE R49 cyclus 13



meetpunten, ook wel 'modes' genoemd. Daarmee houdt de overeenkomst op, want de meetpunten worden op een geheel andere manier bepaald.

Het toerentalbereik van een bedrijfsauto-dieselmotor ligt tussen het laagste toerental waarbij 50% van het maximum vermogen wordt ontwikkeld en het hoogste toerental waarbij nog 70% van het maximum vermogen wordt geleverd. Tussen deze uitersten worden toerentallen genomen die op 25%, 50% en 75% van het toerentalbereik liggen. Deze toerentallen worden aangeduid met A, B en C en bij deze waarden wordt het motor-koppel in stappen van 25% genomen. Zo ontstaat er een belasting-toerentalpatroon dat het werkelijk gebruik dichter benadert dan voorheen het geval was.

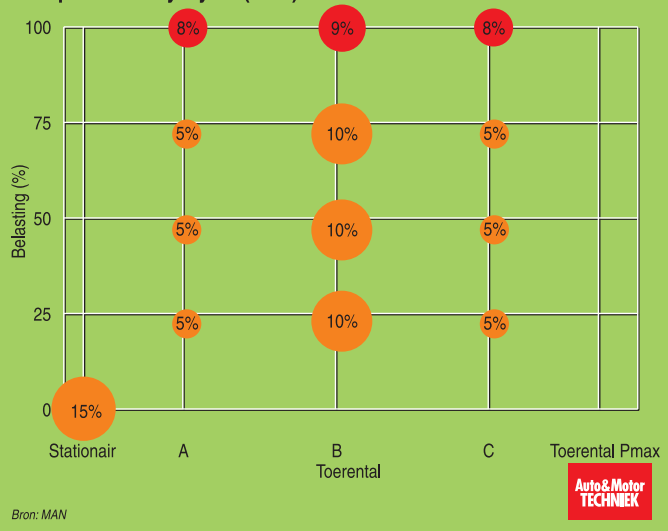
Om de schadelijk emissies nog beter te kunnen bepalen is de ELR test ingevoerd. Daarbij wordt de motor bij de eerder bepaalde A, B en C toerentallen van 10% tot 100% belasting geaccelereerd. De testinstantie mag deze belastingvariëtiest ter controle ook nog bij een vierde toerental uitvoeren.

Helemaal echt wordt de meting pas bij de ETC. Daarbij wordt de motor zowel in toerental als belasting gevarieerd volgens een stads-, buitenweg- en snelwegrijcyclus. Deze duurt 1800 seconden ofwel 30 minuten. De gasotmotoren reageren immers sterker op snelle belasting-toerentalwisselingen dan dieselmotoren omdat de gasklepregeling om een acceleratieverrijking en brandstofvoerafsluiting vraagt. Ook de uitlaatgasnabehandeling moet onder deze gevarieerde condities optimaal werken.

Gedurende de test wordt de motor zowel bij het maximale geleverde koppel als bij aangedreven condities (gas los, voertuig drijft motor aan) gemeten, geheel anders dan bij de otto- en dieselmotoren voor personenauto's het geval is. Die worden eigenlijk alleen maar licht belast. Daarom zijn alle reeds van lichte motoren bekende milieutechnische maatregelen niet zonder meer bij de zware motoren toepasbaar.

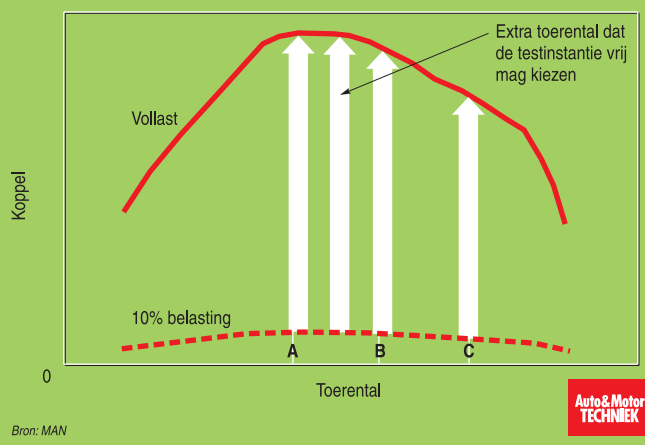
Grenswaarden van 2000 Ten opzichte van de Euro 2 eisen van 1996 zijn de Euro 3 eisen ongeveer 30% scherper gesteld. Bedenk dat ook de testcyclus gewijzigd is, dus zijn de meetresultaten niet direct met elkaar vergelijkbaar. De iets hogere deeltjesemissie (Particulate Matter, PM) geldt voor motoren met een cilinderinhoud kleiner dan 700 cm³ per cilinder die 3000 t/min of meer draaien.

European Steady Cycle (ESC) test vanaf Euro 3



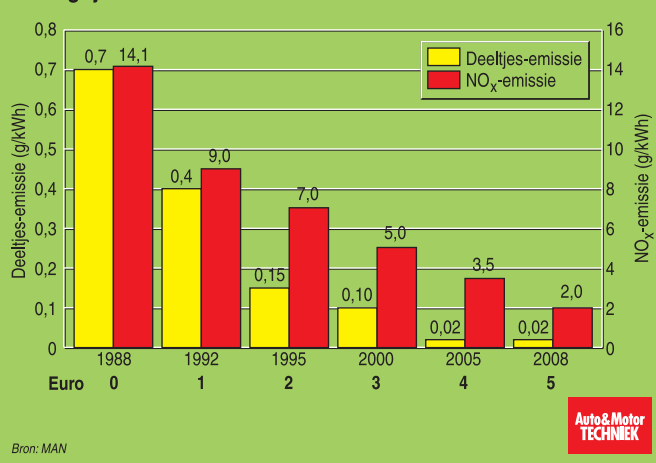
Bij de met ingang van Euro 3 gebruikte European Steady Cycle (ESC) test wordt de motor eveneens bij dertien punten gemeten (eigenlijk maar 11, want stationair wordt 3 keer gemeten), maar deze meetpunten komen anders tot stand. Bovendien is de 'weging' van de meetwaarden in het eindresultaat geheel anders.

European Load Response (ELR) test vanaf Euro 3



Bij de European Load Response Test (ELR) wordt vanaf 10% belasting volgas gegeven. De punten A, B en C komen overeen met de drie toerentallen van de ESC. De ELR test maakt onderdeel uit van de Euro 3 eisen.

Belangrijke emissie-reductie



Zowel de deeltjes- als de NO_x-emissie moeten de komende jaren nog verder omlaag. De waarden zijn vanaf de Euro 3 volgens de ESC bepaald, daarvoor gold de ECE R49.

MOTOREN

Bedrijfsauto-dieselmotor moet veel schoner

De Euro 4 eisen voor 2005 liggen nu vast. Maar de Europese Raad heeft de wens van het Europees Parlement voor een eis van 2,0 g/kWh NO_x doorgeschoven naar 2008. Vandaar dat er voor 2008 zowel over Euro 4½ als Euro 5 wordt gesproken. Bij de aardgasmotoren (CNG of LNG) speelt ook de uitworp van methaan (CH_4) en niet-methaan koolwaterstof een belangrijke rol.

Al met al zal Euro 4 de CO, HC en NO_x met nog eens 30% tot 40% verlagen, terwijl de deeltjesemissies zelfs met 80% omlaag gaan.

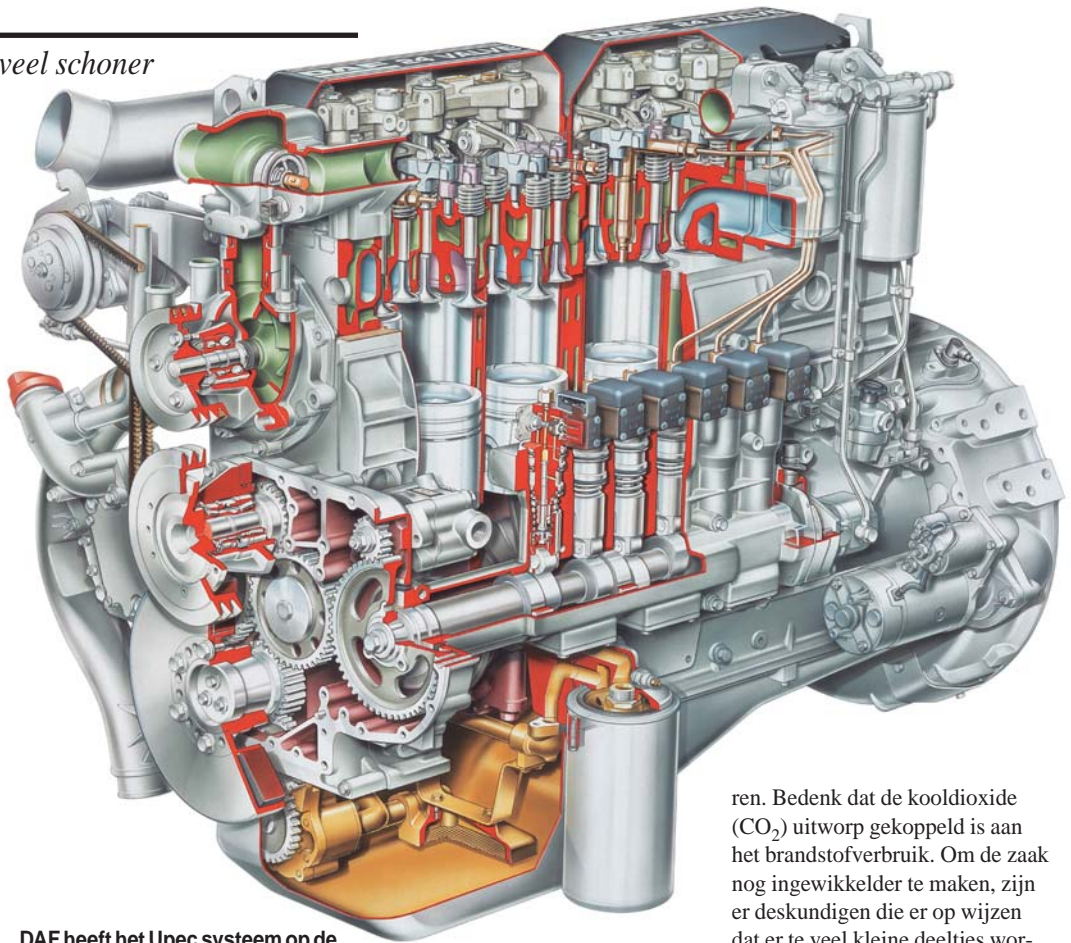
Betere brandstofkwaliteit
Zoals bekend moet het zwavelgehalte in de dieselolie omlaag. Met de introductie van de Euro 3 eisen is het zwavelgehalte van 500 tot 350 ppm (mg per kg), dus ongeveer 0,55 tot 0,4 g per liter, verlaagd. Fabrikanten die de Euro 3 grenswaarden halen met de huidige brandstof hebben, wat de deeltjes-emissie betreft, wat reserve. Pas in 2005 daalt het zwavelpercentage tot 50 ppm.

Zwavel heeft een negatief effect op de duurzaamheid van de katalysator, het vormt sulfaten die de deeltjesemissie verhogen en het vormt zuren die de olieversterkingstermijn en de onderdelen van het EGR systeem aantasten. Overigens zit er ook zwavel in minerale smeeroliën, het effect ervan is maximaal gelijk aan dat van 7 ppm zwavel in de brandstof.

Wet van behoud van ellende
Het dieselverbrandingsprincipe vindt plaats door de brandstof in hete, samengeperste lucht in te spuiten. Door de hoge verbran-

Volvo heeft met de D12 motor een up-to-date concept in huis dat op details na ongewijzigd blijft in Euro 3 uitvoering. Uiteraard moet de computer opnieuw worden geprogrammeerd. De vraag is wat er met de 16 liter 520 pk motor gaat gebeuren. De interessante 250 pk FL6 met compressor en turbo blijft. De FM7 motor kan van een CRT worden voorzien als er laagzwavelige brandstof wordt gebruikt.

TEKENING: VOLVO



DAF heeft het Upec systeem op de XF geplaatst. De aanpassingen voor Euro 3 zijn dus al klaar en er draaien al heel wat XF Euro 3 motoren. Uiteraard voldoet ook de CF aan de Euro 3 eisen.

TEKENING: DAF

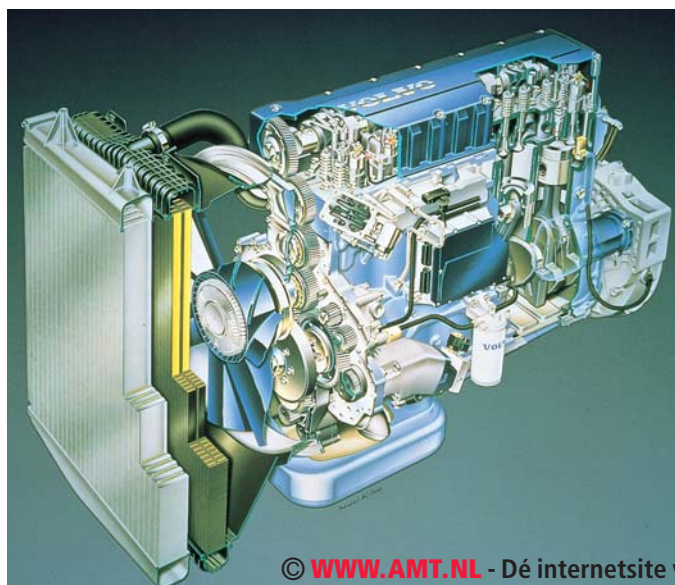
dingstemperatuur en de betrekkelijk lange duur van de verbranding ontstaan er veel stikstofoxiden. Overal waar er onvoldoende zuurstof is, vormt zich roet. Op de roetdeeltjes hechten zich allerlei verbrandingsproducten. Er ontstaat

een verband tussen de NO_x - en de deeltjesvorming: als je de ene vermindert, neemt de andere toe. Daar komt nog wat bij. Er is ook nog een verband tussen het brandstofverbruik en de NO_x uitworp. Minder NO_x betekent meer brandstof.

Er is dus eigenlijk sprake van een driehoeksverhouding tussen de NO_x productie, deeltjesuitworp en het verbruik. De motorfabrikanten staan voor de zware opgave het evenwicht tussen de drie te bewa-

ren. Bedenk dat de kooldioxide (CO_2) uitworp gekoppeld is aan het brandstofverbruik. Om de zaak nog ingewikkelder te maken, zijn er deskundigen die er op wijzen dat er te veel kleine deeltjes worden uitgestoten. Deze deeltjes zweven langer en verder en worden dieper ingeademd dan grotere exemplaren.

Uitlaatgas-recirculatie
Volgens sommige deskundigen biedt uitlaatgasrecirculatie de mogelijkheid om de toename van het brandstofverbruik als gevolg van NO_x verlagende maatregelen binnen de perken te houden. EGR is bij trucks veel lastiger te verwezenlijken dan bij personenauto's, omdat het systeem ook bij zware belasting goed moet functioneren. Als de motor zwaar belast wordt, levert de turbocompressor zoveel lucht dat er een behoorlijke overdruk in het inlaatsysteem ontstaat, hoger dan de gemiddelde uitlaatdruk. We zien dan ook dat MAN de drukpulsaties in het uitlaatgas benut om toch voldoende uitlaatgas te kunnen recirculeren. Daartoe wordt uit elke uitlaatpijp van drie cilinders gas via aparte koelers geleid naar twee terugslagkleppen. Bij sommige fabrikanten en bij TNO wordt er geëxperimenteerd met een venturi in de leiding. Vanaf de terugslagkleppen gaat het uitlaatgas via een EGR klep naar het inlaatspruitstuk. Deze koelers zijn



van roestvaststaal en zeer stevig uitgevoerd omdat de gasdrukken vooral bij het gebruik van de uitlaatgassen veel hoger oplopen dan bij automotoren het geval is. Terugvoeren naar de luchtaanzuigkant, dus voor de compressor, gaat niet omdat er teveel deeltjes worden meegevoerd die de compressor en inlaatluchtkoeler vervuilen. Bovendien is uitlaatgas vanwege de zwavelverbindingen zo agressief dat het de materialen aantast waar het doorheenstroomt.

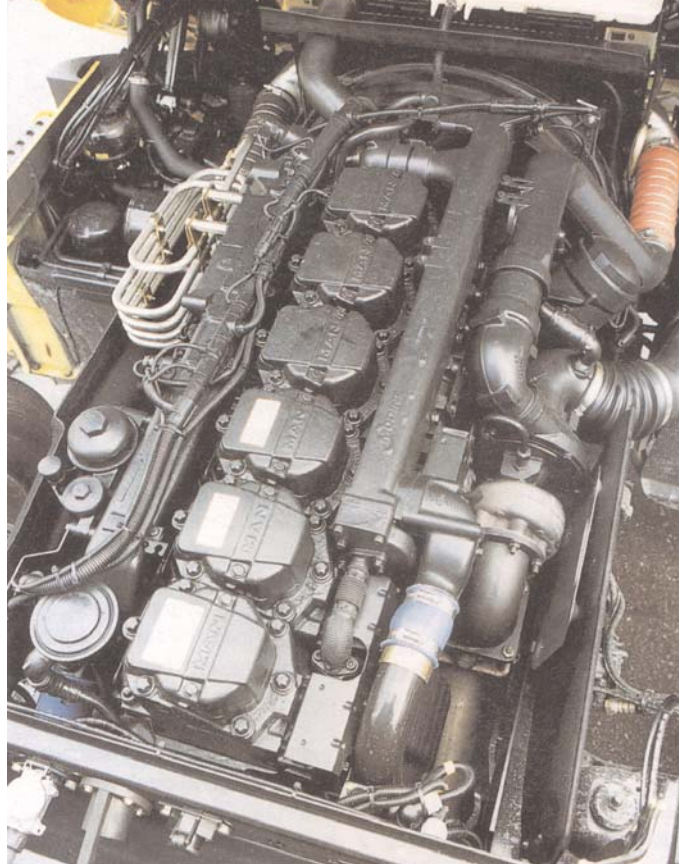
Het uitlaatgas moet gekoeld worden om het volume te beperken, anders zou er te weinig zuurstof in de cilinders terechtkomen. Te ver koelen kan door het condenseren voor zuren zorgen, dus is het oppassen geblazen.

Het valt te verwachten dat meer fabrikanten een EGR systeem zoals dat van MAN zullen gaan toepassen, want de Euro 4 grenswaarden liggen beduidend lager dan die van de Euro 3. Waar het vooral om gaat is of het systeem de volledige levensduur zonder storing functioneert en dat zal de tijd moeten leren.

Motortechische maatregelen

Om tijdens de verbranding zo min mogelijk NO_x te produceren moet er laat worden ingespoten. Om toch voldoende vermogen te kunnen ontwikkelen, moet dezelfde hoeveelheid brandstof in een kortere tijd worden ingespoten. Dat vraagt om een hogere inspuitdruk. En om voldoende zuurstof voor een volledige verbranding te hebben, moet de turbocompressor veel lucht leveren. De verbranding mag niet uitdoven anders ontstaat er te veel roet. De roetdeeltjes vervuilen de smeerolie en veroorzaken milieuproblemen als ze als deeltjes de uitlaat uitkomen.

Dankzij twee inlaatkleppen is het mogelijk om de swirl (lucht-wervel in de cilinder) zowel via het gebruikelijke slakkenhuis als via een tangentiaal aan de cilinderboring aangebracht kanaal op te wekken. Het slakkenhuis werkt vooral bij lage luchthoeveelheden, het tangentiaal kanaal bij hoge luchthoeveelheden. Afhankelijk van de



De 12 liter MAN Euro 3 motor heeft vier kleppen per cilinder en een gekoelde EGR. De kleinere motoren hebben een inwendige EGR en een turbo met by-pass klep. Opvallend is dat er respectievelijk een elektronisch geregelde lijnpomp en een verdelerpomp worden toegepast.

FOTO:MAN



plaats van de kopbouten en andere belangrijke onderdelen in de kop, worden de inlaatkleppen parallel (dus naast elkaar) of in serie (dus achter elkaar) geplaatst. Sommige fabrikanten zoals Scania, Mercedes-Benz, DAF en Iveco verdraaien de kleppen ongeveer 20° zodat ze een ruitopstelling aannemen.

Wat nodig is, volgens sommige experts, is een verstuiver die zowel bij deellast als bij vollast optimaal inspuit. Dat is deels een kwestie van het verloop en de hoogte van de inspuitdruk, deels een kwestie van het aantal, de diameter en de inspuithoek van de verstuivergaaftjes.

Anderen willen het Common-Rail (CR) systeem gebruiken om meervoudig in te spuiten. Fiat is hiermee bezig voor de personenautodiesels, sommige truckfabrikanten zien hier veel in. Niet alleen de gebruikelijke voorinspuiting en hoofdspuiting zijn van belang, er is ook een na-inspuiting mogelijk aan het eind van de verbranding. Fiat meent dat het mogelijk moet zijn om op deze manier de verbranding helemaal te regelen. Telkens kleine hoeveelheden inspuiten is met de op handen zijnde piezo-elektrische sturing van de verstuivers, in plaats van met de 'trage' elektro-magneten, mogelijk. De voor de truck-diesels gedachte na-inspuiting zou de roetvorming beperken en de werking van bepaalde uitlaatgas-nabehandlungsapparaten verbeteren.

De gekoelde EGR met hoge druk is al besproken, het effect ervan op de emissies en het verbruik ziet er positief uit. Als één of meer maatregelen lukken, dan hoeft er betrekkelijk weinig aan het uitlaat-

De Mercedes-Benz Actros is nog steeds een V-motor terwijl de zes in lijn motoren overheersen. De motoren met vierkleppentechniek en PLD inspuiting worden op de volgende punten veranderd om aan de Euro 3 eisen te voldoen: 6-gats in plaats van 8-gatsverstuiver, compressieverhouding van 17,25 naar 17,75, iets gewijzigde zuigers en nokkenas (in verband met inspuiting), hardere inlaatkleppen en klepzittingen.

FOTO:MERCEDES

systeem zelf te gebeuren. Dat wil ook eigenlijk niemand, want zowel de aanschafprijs, de onderhoudskosten als de levensduur van de truck mogen er niet onder lijden.

Uitlaatgas-nabehandeling
Zoals bij de personenautodiesels gebruikelijk is, kan een ongeregelde oxidatie katalysator de HC en CO uitwerp drastisch verminderen. Bepaalde aan de roetdeeltjes gehechte koolwaterstoffen worden eveneens omgezet in waterdamp en kooldioxide.

De overgebleven deeltjes moeten eigenlijk in een 'roetfilter' worden opgevangen en daarna worden verbrand. Het regenereren van het deeltjesfilter is echter niet eenvoudig.

De stikstofoxyden kunnen in een DeNOx katalysator worden gereduceerd, dus ontdaan van zuurstof, maar dat is in een zuurstofrijke omgeving knap lastig. NO_x kan ook worden geadsorbeerd (opgenomen) in een speciale katalysator. Als deze 'vol' is, moet de zuurstof even uit het uitlaatgas, door extra dieselolie in te spuiten, bijvoorbeeld vlak voor de uitlaatklep opent of in het uitlaatspruitstuk. Dat kost brandstof.

Zowel de DeNOx katalysator als de NO_x adsorber (ook wel opslagkat genoemd) zijn erg gevoelig voor zwavel, vandaar de roep om zwavelarme of beter nog zwavelvrije dieselolie.

Enkele toeleveringsbedrijven zijn met zogenoemde plasma's bezig die zowel de deeltjes- als de NO_x uitwerp verminderen. Het grote voordeel is dat er geen gevoeligheid is voor zwavel en geen voorverwarming en geen onderhoud nodig is. Het ideaal lijkt dus gevonden. Helaas, er gaat zoveel elektrisch vermogen zitten in het systeem dat er een 42V installatie nodig is en er zo'n 2 à 3% van het krukvermogen verdwijnt. Dat kost dus fors wat brandstof.

In een volgende AMT zullen we

dieper ingaan op de mogelijkheden van uitlaatgas-nabehandeling.

Wat nu voor Euro 4?

Om te kunnen voldoen aan Euro 4 zijn er twee hoofdmeningen: roetfilter voor de deeltjes of opslagkat voor de NO_x. De roetfiltervoorstanders zien niets in de mogelijke NO_x maatregelen, die werken niet goed en niet lang genoeg. De opslagkataanhangers zeggen dat noch de NO_x reductie, noch de plasmasystemen goed werken. De waarheid zal er wel ergens tussenin liggen, maar waar dan precies dat zal de tijd ons leren. Maar de tijd dringt. Er gaan steeds meer stemmen op die de ondergang van de dieselmotor voor het wegverkeer voorspellen omdat er geen afdoende oplossing komt voor de NO_x en/of de deeltjesemissie. Wordt de wet van behoud van ellende het einde van de dieselmotor? De truckfabrikanten werken niet zonder reden aan Liquefied Petroleum Gas of Liquefied Natural Gas, vloeibaar butaan en propaan (auto-gas) of vloeibaar methaan (aardgas). Sluit het gebruik van DME ook niet uit, want daarmee blijft het dieselproces behouden. Hoe het ook loopt, het wordt een spannende tijd voor de truckfabrikanten.

Paul Klaver

Invloed Euro 3 op olie- verversingstermijn

Sinds 1998 is er voor de truck- en busmotoren de Europese oliespecificatie ACEA E4 van kracht. Deze is bedoeld om gedurende lange verversingstermijnen te worden toegepast bij Euro 2 motoren. De truckfabrikanten volgen in principe de trend, maar sommige fabrikanten stellen inmiddels hun verversingstermijn afhankelijk van een door henzelf bepaalde oliekwaliteit.

Wie doet wat?

Mercedes-Benz houdt vast aan de 228.5 specificatie en blijft ook bij de Euro 3 motoren bij het Flexible Service System, FSS. Dat bepaalt via sensoren en een software programma de verversingstermijn die onder de gunstigste omstandigheden 150.000 km bedraagt.

Iveco wijzigt niets voor de Euro 3 motoren, de Cursor 8 blijft op 80.000 km, de splinternieuwe Cursor 10 mag naar 100.000 km op een E4 olie.

MAN wijzigt ook niets, het blijft maximaal 80.000 km afhankelijk van de inzet en met gebruik van MAN 3277 oliën.

Volvo heeft eveneens een eigen oliespecificatie de VDS 2 die bij de Euro 2 motoren een verversing na 25.000 l brandstof (dus ongeveer

75.000 km) mogelijk maakt. Voor de Euro 3 motoren is een VDS 3 specificatie in de maak, het streven is om daarmee naar 30.000 l ofwel 90.000 km te gaan.

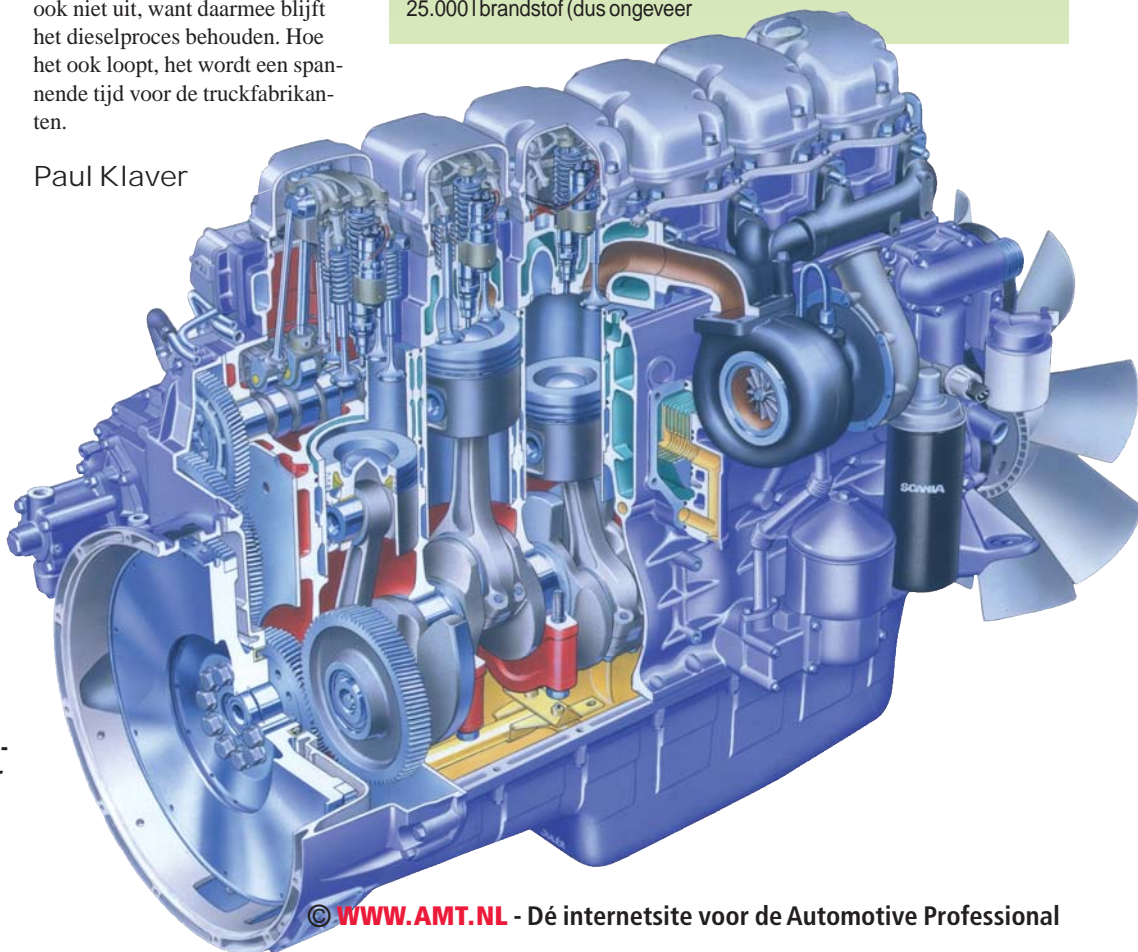
Zowel **DAF** als **Scania** stellen zich voorzichtig op en halveren de olie-
verversingstermijnen op E4 oliën bij de Euro 3 motoren. Scania komt dan op 60.000 km en DAF op 50.000 km. Scania zal naar verwachting de LDF oliespecificatie aanpassen en wellicht dan de verversingstermijn verlengen.

Renault hult zich nog in stilzwijgen omdat de gegevens van de Euro 3 motoren nog niet voor publicatie zijn vrijgegeven.

Minder universeel

Voor een gemengd wagenpark is het bovenstaande geen goed nieuws. De fabrikanten gaan verder met hun eigen oliespecificaties en koppelen daar de verversingstermijnen aan.

Van een universele aanpak via de ACEA komt zo niets terecht. Eigenlijk moeten de truckfabrikanten ook opgeven hoe lang ACEA E4 oliën mogen blijven zitten. Dat zal in een aantal gevallen de verversingstermijn wel verkorten, maar het onderhoud vereenvoudigen.



De Scania motoren hebben al een Unit Injector, dus is de Euro 3 uitvoering zonder grote problemen te bereiken.

TEKENING: SCANIA