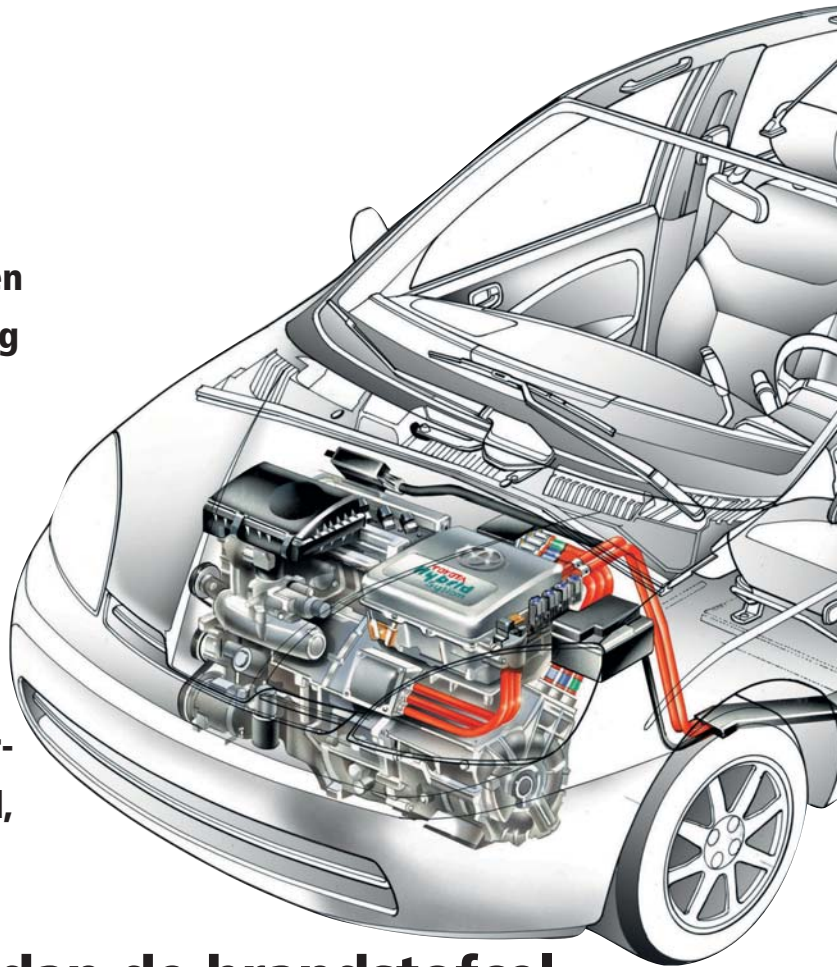


**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

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

In het kader van een beter milieu hebben autofabrikanten beloofd een doelstelling te halen in de gemiddelde kooldioxideproductie van hun modelgamma: 140 gram per kilometer. Geen probleem als brandstofcellen de energie voor de aandrijving leveren. Maar dan zijn we tien jaar verder, is de gangbare schatting. Voorlopig moet iets anders helpen, vooral meer zuinigheid. Diesels, bijvoorbeeld, maar dan wel van de schone soort.



Eerst diesel en hybride, dan de brandstofcel

# Toyota's schone toekomstblik

Op een testcircuit bij Parijs liet Toyota zien aan een reeks verschillende oplossingen tegelijk te werken. Niet alleen dat, enkele Japanse modellen toonden dat Toyota het een en ander al in de praktijk toepast. Terwijl meer experimentele auto's de indruk achterlieten dat de techniek zo goed als klaar is, en alleen de commerciële haalbaarheid (of wenselijkheid) beslist over het starten van een productie. De verdenking laat ons niet los dat met name het op autoshow's getoonde studiemodel ES<sup>3</sup> feitelijk snel uit de fabriek zou kunnen rollen.

Chef voorlichting Jim Rosenstein van Toyota's Europees hoofdkwartier geeft aan dat het concern drie wegen wil bewandelen om de gewenste verlaging van kooldioxideuitstoot te bereiken. Er moeten meer diesels worden verkocht, meer hybride auto's, en er moet gewerkt worden aan compactere, lichtere modellen. Allemaal leidt dat tot minder brandstofver-

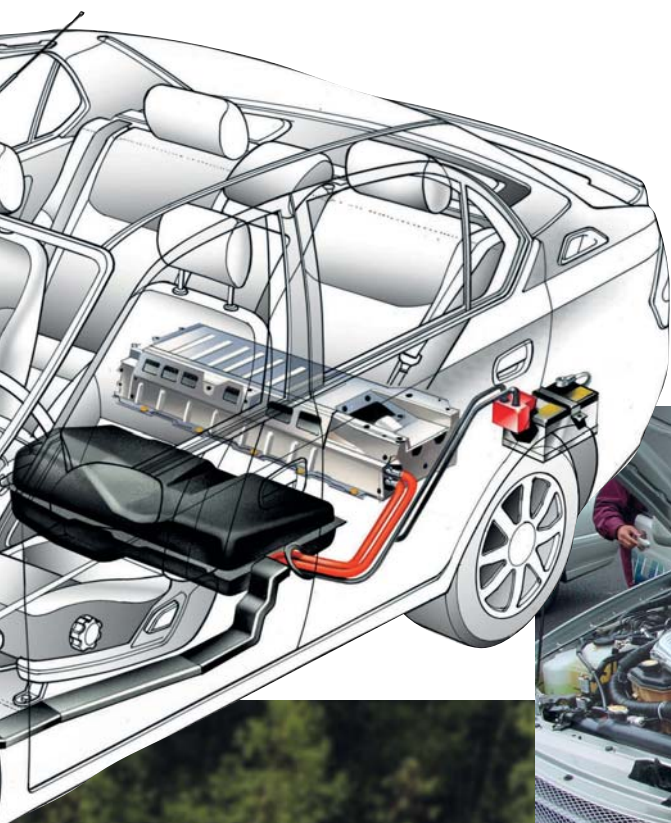
bruik en dus ook tot lagere uitstoot van kooldioxide. Met gepaste trots volgt de melding dat de nieuwe 1.4 common rail diesel voor de Yaris door BMW goed genoeg bevonden is om deze te kopen voor toepassing in de Mini.

Nu produceren diesels meer dan alleen kooldioxide, wat Toyota gaat bestrijden met het eerder dit jaar aangekondigde DPNR, Diesel Particulate NO<sub>x</sub> Reduction. Hybride aandrijving, een combinatie van een conventionele motor met elektrische voortstuwing, wordt al in de praktijk gebracht met de Prius. Er is echter meer, zij het nu alleen in Japan leverbaar. De daar geldende normverbruikstest bevat veel gesimuleerd stadsverkeer, met stoppen en weer optrekken. Vandaar dat het meteen 15% in het verbruikscijfer scheidt als een grote Crown sedan wordt uitgerust met een start/stop-systeem, dat de motor afzet zodra de auto tot stilstand komt. Bij de Japanse versie van de

Previa ruimtewagen wordt het normverbruik zelfs zowat gehalveerd door een hybride aandrijving naar het voorbeeld van de Prius. Het kan nog beter met elektrische aandrijving gevoed door brandstofcellen. Ook daarin is Toyota een eind op streek, ze maken zelf brandstofcellen. Niettemin verwacht men pas volgend jaar een klein serietje te bouwen van het proefmodel dat wij konden rijden, om als test uit te zetten bij enkele klanten. Tot een echte verbreiding van brandstofcel-auto's zal het pas vanaf 2010 komen, denkt Toyota.

## Start/stop met 42 Volt

Onlangs zagen we (op hetzelfde testcircuit) in een presentatie van Delphi en Peugeot plannen voor een start/stop-systeem. Daar werd opgemerkt dat het normale 12 V-boordnet hierbij niet meer aankan dan een 1.4 diesel of 1.6 benzinemotor, om snel en soepel genoeg te kun-



Veel van de ruim 100.000 hybride voertuigen die Toyota tot op heden produceerde zijn van het type Prius, ook hier te koop. We begrijpen dat de productie nu zo goed loopt dat Toyota er geen geld meer op toelegt, zoals aanvankelijk wel. In steden zou de Prius schonere lucht uit zijn uitlaat blazen dan hij bij de inlaat binnen krijgt. De ontwikkeling van deze zowel conventioneel als elektrisch aangedreven auto gaat door.



Een keurige projectie op het meterpaneel van de Crown floept aan om te tonen wanneer de tractiebatterij wordt geladen, en wanneer de elektromotor de auto aandrijft. Dat is echter alleen bij wegrijden uit stilstand, tot circa 5 km/h.

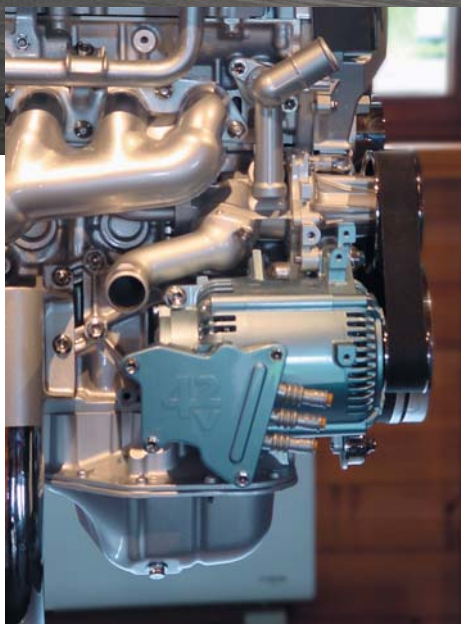


Heel erg compact is de door Toyota zelf gemaakte brandstofcel nog niet, in deze kist samengebouwd met de vermogensregeling. De brandstofcel kan maximaal 90 kW vermogen leveren. Maar het past wel in de motorruimte, en de forse Highlander haalt op zijn 80 kW sterke elektromotor vrij moeiteloos 150 km/h.



Foto's / Tekeningen: Toyota

Toyota heeft hybrides in soorten en maten, deze drie worden al in serie gebouwd: de Crown met start/stop systeem, de mpv Estima (hier: Previa) en de Prius die met elektrische hulpmotoren puur elektrisch kunnen rijden.



De direct ingespoten drieliter zescilinder benzine-motor van de Crown heeft voor zijn automatisch start/stop systeem aan 12 V niet genoeg. Volgens Toyota zelf is het de eerste productiewagen met een 42 V-generator, die een 36 V-tractiebatterij en het 12 V-boordnet voedt.

nen herstarten nadat de motor bij een stop automatisch is afgezet. Toyota gaat dan ook meteen voor een 42 V-stroomcircuit in combinatie met start/stop systemen. Zodra de motor stopt wordt met een elektromagnetische koppeling de aandrijving naar de 42 V-generator losgemaakt. De generator kan nu als motor dienen om hulpaggregaten gaande te houden terwijl de verbrandingsmotor stilstaat. Bij de Crown 'mild hybrid' blijven zo de airco en stuurbeheersing werken, tevens wordt oliedruk gehandhaafd in de vijftrapsautomaat. Terwijl de normale motor weer wordt gestart brengt het 42 V-systeem de auto op kruipsnelheid, totdat de benzinemotor helemaal op gang is en het overneemt. Voor de duidelijkheid: als generator levert het elektrisch systeem 42 V, als motor werkt het op 36 V. Er is dan ook een 36 V-accu, met een omzetter erbij om het normale 12 V-boordnet (inclusief een

eigen accu) te voeden. Verder wordt regeneratief remmen toegepast: als de auto vertraagt wordt de aandrijving niet afgekoppeld, maar benut om de generator door de wielen te laten aandrijven.

Evenzo voorziet Toyota in een 42 V-stroomnet voor het start/stop-systeem in de ES<sup>3</sup> studie, en in de Estima Hybrid. Er worden accu's gebruikt van het NiMh (nikkel-metaalhydride) type, net als in de experimentele brandstofcelauto's.

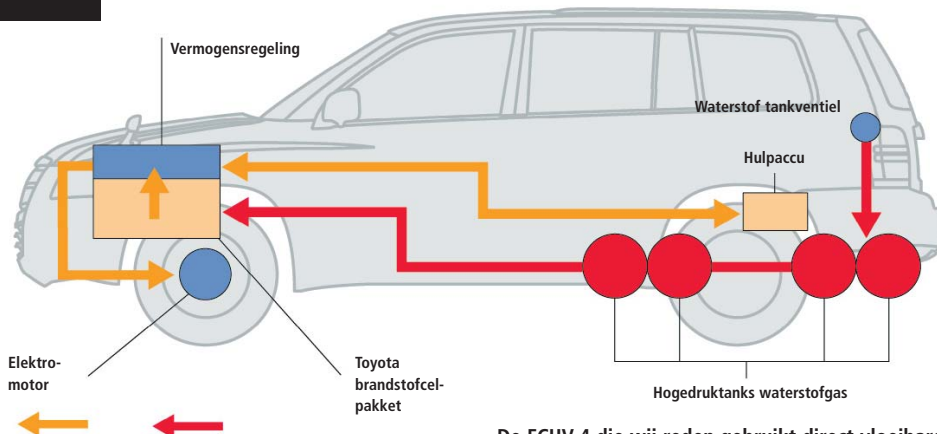
### Stabiliserende aandrijving

Hetzelfde idee als de hybride aandrijving van de hier bekende Prius past men in gewijzigde vorm toe op de veel grotere Estima-ruimtevagen. Aan de 2.4 benzinemotor is een planetair tandwielstel gekoppeld met daaraan zowel een elektromotor/generator als een traploze CVT-automaat. Via de planetaire tandwielen kan aandrijfkraft alle kanten op. Zo kunnen ben-

zine- en elektromotor elk apart of samen voor de aandrijving zorgen, kan de benzinemotor de elektromotor als generator aandrijven, of kan de elektromotor als starter voor de benzinemotor dienen.

Bovendien zit er nog een elektromotor bij de achteras. Wegrijden doet de Estima op beide elektromotoren. Bij lichte belasting werkt alleen de voorste elektromotor, tijdens normaal rijden neemt de benzinemotor het over wanneer deze in een redelijk efficiënt belastingsgebied kan draaien. Daarbij wordt eventueel ook de voorste elektromotor aangedreven, zodat deze, als generator werkend, de accu bijlaadt. Tijdens krachtige acceleratie schakelt de voorste elektromotor weer om en werkt als hulpmotor, voor volle acceleratie springt de achterste elektromotor ook bij. Uiteraard schakelen beide

## FCHV-4 systeemdiagram



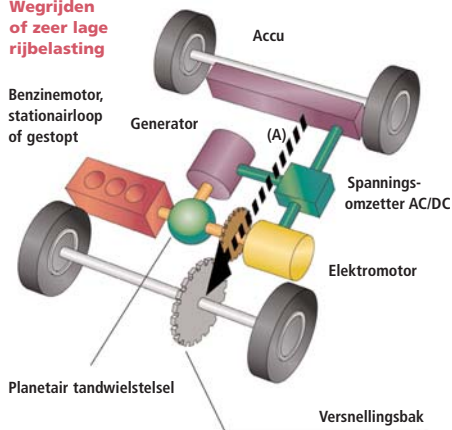
elektromotoren bij snelheid minderen om naar generator-functie, waarbij een antislip-systeem meedenkt hoeveel remmend vermogen aan de voor- en achteras mogelijk is zonder de auto

De FCHV-4 die wij reden gebruikt direct vloeibare waterstof als brandstof, opgeslagen met een druk van 250 bar in vier kunststof tanks onder de vloer. Daarmee is de actieradius nog beperkt, tot een goede 200 km. Er is ook een FCHV-5 waarin een reactor zorgt voor de omzetting van reguliere brandstof (koolwaterstoffen) in waterstof voor de brandstofcel en kooldioxide als afvalproduct.

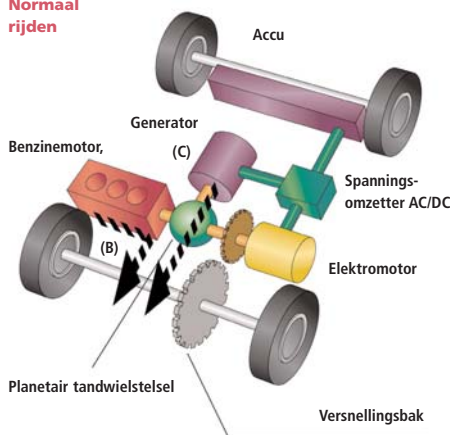
## Toyota Hybrid System werking

### Wegrijden of zeer lage rijbelasting

Benzinemotor, stationairloop of gestopt

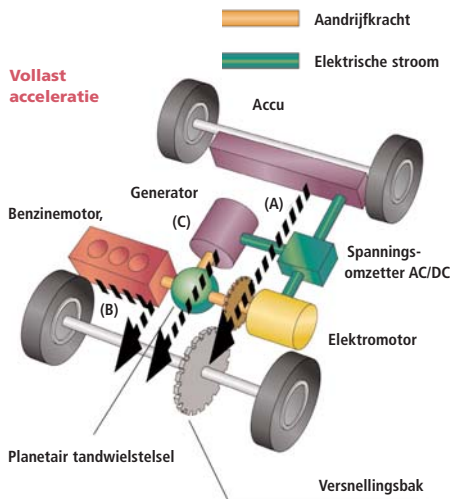


### Normaal rijden

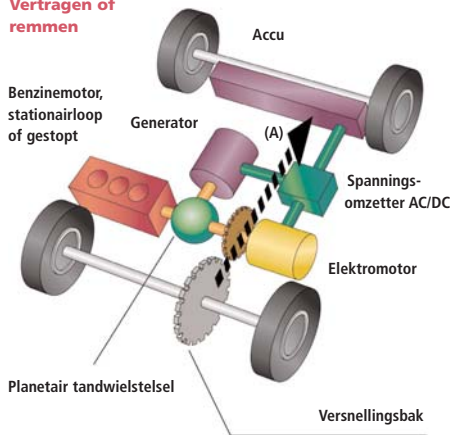


In de Estima is het hier afgebeelde hybride systeem nog uitgebreid met een elektromotor aan de achteras. Daar dient die aandrijving drie doelen tegelijk: zuiniger rijden op elektriciteit, betere tractie met elektrische vierwielaandrijving, en een ESP-achtige stabiliteitsregeling via elektro-aandrijving plus rem-systeem.

### Vollast acceleratie



### Vertragen of remmen



instabiel te maken.

Toyota noemt het anti-slipsysteem 's werelds eerste brake-by-wire toepassing, deze Estima Hybrid kwam eerder op de markt dan de Mercedes SL die echt brake-by-wire heeft. In de Estima is er nog geen sprake van dat vanaf het rempedaal via elektronische weg een hydraulisch hogedruk remsysteem wordt bediend. Wel is het zo dat de elektronische sturing van ABS-remsysteem en elektrische aandrijving zijn gekoppeld. Dreigt de auto instabiel te worden, dan kan extra (elektrische) aandrijving naar de voor- of achterwielen worden geleid, al dan niet in combinatie met een gerichte remingreep. Bij rijden op gladde weg gaat de Estima Hybrid automatisch over op vierwielaandrijving door de achterste elektromotor bij te schakelen. In één moeite door gebruikt Toyota de elektrische voorzieningen om iets bijzonders aan het gezins- en vrijetijdsauto aspect van de Estima toe te voegen. Er zitten heuse 110 V stopcontacten (de reguliere Japanse netspanning) in die tot 1500 W belast mogen worden, een kwestie van een extra omvormer bij de 36 V accu inbouwen. Dus gewone huishoudelijke of audiovisuele apparatuur kan aangesloten worden.

## D-Cat dieselreiniging

Het ligt voor de hand om de hybride aandrijvingen nog zuiniger te maken door er diesels in plaats van benzinemotoren in op te nemen. Waarbij Toyota herkende dat specifiek in Europa problemen kunnen ontstaan aangaande de uitlaatgaseisen. Vandaar de presentatie van het D-Cat systeem, met als onderdeel daarvan het DPNR-filter. In feite een combinatie van roetfilter en katalysator, iets waaraan ook Ford

# Toyota ES<sup>3</sup>: hoogst serieus

**Het komt wel vaker voor dat we studiemodellen in handen krijgen, ondanks dat het vaak unieke en uiterst kostbare bouwwerken zijn. Van de ES<sup>3</sup> heeft Toyota er echter al zeven gemaakt. Er is een compleet botsproefprogramma op los gelaten. En het rijdt gewoon goed, met alle normale geluidsisolatie en wat er zo meer bij hoort. Dat maakt achterdochtig: is dit een studie, of zit er meer achter?**

De motor van de eind vorig jaar voor het eerst getoonde ES cubic is in principe ontleend aan de Yaris. Tegelijk met de ES cubic verscheen daarin een nieuwe 1.4 common rail turbodiesel. Daarop paste Toyota het elders op deze



Het 'meterpaneel' van de ES wordt geprojecteerd in een klein kunststof schermje bovenin het middenconsole, en dat is nog heel behoorlijk afleesbaar ook.



Wat een knop voor het geluidssysteem lijkt is in feite een klepje, waaronder je in een gleuf een geheugenkaartje kan steken met MP3 muziekbestanden erop.

pagina's beschreven D-Cat-systeem toe, met DPNR roetfilter annex katalysator. Dat vulde men aan met een continu variabele transmissie, die de motor zoveel mogelijk in zijn optimale werkingsgebied kan laten draaien. Tevens is hierop een stop/start automaat aangesloten. De 42 V-starter doet bij afremmen op de motor dienst als generator, voor terugwinning van remenergie. Een condensator slaat de teruggewonnen stroom tijdelijk op. De CVT met koppelvormer bevat een speciale demper om ongelijkmatig lopen van de diesel bij laag toerental op te vangen.

De mechanische weerstand in de motor werd aangepakt door het kruk/drijfstang-mechaniek inclusief zuigers lichter te maken. Er zit verder heel dunne motorolie in, de turbo werd vervangen door een exemplaar met variabele geometrie. Men ging zelfs zo ver een warmtewisselaar in de CVT te bouwen, die uit de koppelvormer warmte opneemt als deze slipt en daarmee de CVT opwarmt zodat deze met minder mechanische weerstand werkt.

## Aluminium frame

Rijklaar weegt de ES cubic 700 kg, niet veel voor een auto die bijna even groot is als een Toyota Yaris. Daartoe is gebruik gemaakt van veel aluminium en kunststof, de laatste van de speciale goed herbruikbare soort die Toyota ontwikkelde. Grotendeels zijn buitenpanelen en vloer in de ES cubic van kunststof. "Hoewel we ons realiseerden dat het voor de productie lastig zou zijn, hebben we gekozen voor een aluminium spaceframe, en niet voor een aluminium monococque. De carrosserie kon zo in totaal 100 kg lichter worden dan een conventioneel stalen koetswerk." In het onderstel werd nog eens 65 kg gewicht gespaard, wederom met veel aluminium. Het totale milieueffect werd niet vergeten, smelten van nieuw aluminium kost veel energie. Het



Het studiemodel ES<sup>3</sup> (spreek uit: ES cubic) is een goed ogend model in het formaat van een VW Lupo, geheel opgetrokken rond zuinigheidstechniek. Veel licht aluminium, ongelooflijk lage luchtweerstand, maar ook een paar leuke foefjes binnenin.

Voor de aandrijving van de ES cubic zorgt een aangepaste 1.4 diesel uit de Yaris, voorzien van DPNR uitlaatgasreiniging en een CVT automaat. Er zit ook een 42V-systeem in, gevoed door regeneratief remmen via een generator die hier juist zichtbaar is onder het DPNR. Op zijn beurt dient dat 42V-systeem weer voor een automatische start/stopregeling.



ideaal is dan ook alleen hergebruikt aluminium te verwerken. "Maar dat is nu nog niet beschikbaar, niet het soort aluminium dat we nodig hebben. Als dat er wel is kan de kooldioxideproductie over het hele leven van de ES cubic gerekend 43% lager zijn dan bij een gewone auto van

hetzelfde formaat." Met ook nog brandstofsparende lage rolweerstand 145/70 x 15 banden en een uiterst gunstige stroomlijn (Cw-waarde 0,23) komt de ES cubic uit de ECE verbruiksmeting met gemiddeld 2,7 l/100 km en maar 71 g/km kooldioxide-uitworp.

## TECHNIEK

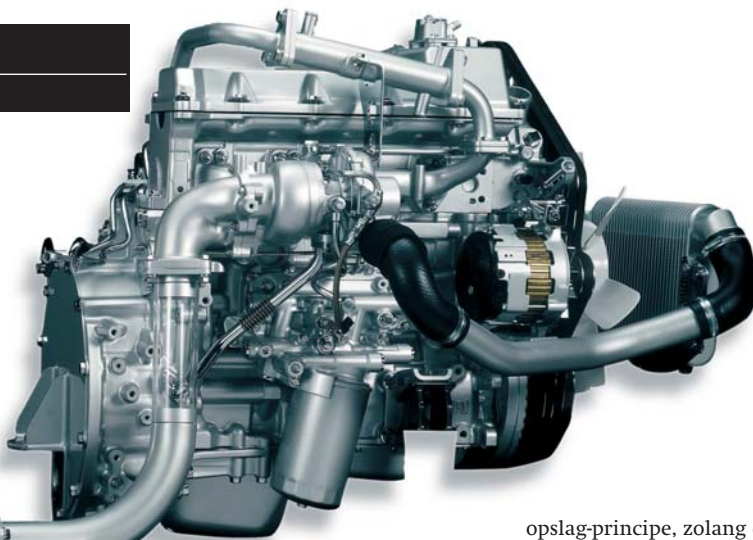
Alternatieve aandrijvingen

Zo ziet het echte DPNR eruit zoals nu experimenteel toegepast in de Avensis D4D. Die haalt daarmee op zijn sloffen de komende EU IV uitlaatgas-eisen. Er is nog zorg over de kosten van DPNR in seriereproductie, maar die zou toch al volgend jaar van start gaan.



en PSA werken, zoals we recent vernamen in Ford's ontwikkelingscentrum te Aken. Het lijkt er op dat Toyota op voorsprong staat, want nu al is een vloot testauto's uitgezet in Europa, volgens plan zou volgend jaar een Avensis D4D met DPNR te koop moeten komen.

Om het DPNR te laten werken is zeer verfijnde motorregeling nodig, en feitelijk ook zeer zwarelarme (minder dan 10 ppm) diesel die nu nog slechts in enkele Europese landen verkrijgbaar is. Bij het D-Cat-systeem hoort een opgevoerde common rail inspuiting met van 1350 naar 1800 bar opgevoerde inspuitdruk



levert. Ook zien we meervoudige injectie, met name na-inspuitingen de revue passeren. Een extra injectieventiel in de uitlaat brengt zo nodig het DPNR op voldoende hoge temperatuur zodat roetdeeltjes verbranden. Tevens ontstaat in het uitlaatgas een stoichiometrische ( $\lambda=1$ ) toestand zodat het katalysatordeel in het DPNR optimaal werkt. Om controle te hebben over een 'arm' of 'rijk' situatie in het uitlaatgas krijgt de diesel bovendien een smookklep aangemeten zodat hij niet meer permanent met een luchtoverschot draait. De temperatuur in de uitlaat wordt gestuurd door dosering van de uitlaatgasrecirculatie en koeling van EGR-gas. De werking van DPNR lijkt op die van Peugeot's roetfilter, dat roetdeeltjes opslaat en op gezette tijden verbrandt om het filter weer schoon te maken. Hiertoe is een vrij hoge temperatuur

nodig, die bij Peugeot kunstmatig verlaagd wordt door een speciale toevoeging te injecteren zodra het filter schoongebrand moet worden. Dat laatste omzeilt Toyota door het roetfilter te combineren met een reductiekatalysator, concreet het opbrengen van een laagje katalytische stoffen in het filterlichaam. Deze katalysator werkt ook met het

opslag-principe, zolang de motor normaal (= arm) loopt worden stikstofoxiden gebonden, door tijdelijke omschakeling op rijk lopen worden de gebonden stikstofverbindingen gereduceerd tot stikstof, kooldioxide en water. Zowel bij het opslaan als bij het reduceren van stikstofverbindingen ontstaat actieve zuurstof, die continu zorgt voor oxidatie (verbranding) van opgevangen roetdeeltjes. De katalysatorwerking levert ook warmte op, waardoor kennelijk de verbrandingstemperatuur voor roet gehaald wordt en geen toevoeging à la Peugeot nodig is.

### Onderhoudsvrij

In principe is het DPNR onderhoudsvrij, omdat geen speciale stoffen toegevoerd hoeven worden. Zwavel in de brandstof is wel een probleem, dat zet zich af in het DPNR waardoor de katalysatorwerking afneemt. DPNR kost natuurlijk wel wat extra, met bijbehorend D-Cat-systeem. Daar poogt Toyota nog wat aan te doen, evenals aan het geringe meerverbruik door de injectie in de uitlaat. De nu in Europa lopende test moet uitwijzen hoe het zit met de houdbaarheid van het DPNR, dat toch geen autoleven lang mee zal kunnen.

Ondanks alle indrukwekkende technische vondsten zien we hier nog niet gauw iets worden van de diverse hybride modellen. De techniek is duur, zeker te duur als daar nog Nederlandse belasting bovenop komt. Mogelijk dat een stop/start-systeem dat Toyota in meer seriemodellen wil toepassen ook hier interessant is, al zal de brandstofbesparing bij ons lang niet zo fors zijn als onder Japanse omstandigheden. ●

### Peter Fokker

Schematische weergave van het DPNR systeem dat zowel roet als stikstofoxiden opvangt en wegwerkt. Er komt bij deze filter-katalysator combinatie nog een heel regelsysteem kijken, voornamelijk meent Toyota dat er zwavelvrije diesel bij nodig is omdat het DPNR anders gauw verstopt raakt. De tweede (oxidatie) katalysator haalt HC en CO uit het uitlaatgas.

### Systemopbouw van DPNR

