

TOYOTA ZIET TOEKOMST IN BRANDSTOFCEL

Mirai: Toyota's nieuwe Prius

In navolging van de hybride hoopt Toyota met de brandstofcelauto opnieuw een revolutie te ontketenen. De Toyota Mirai is 's werelds eerste brandstofcelauto die bedoeld is voor grootschalige serieproductie. Hij is bovendien volledig als brandstofcelauto ontwikkeld en niet gebaseerd op een bestaand model.



Normaliter heeft een brandstofcel voor de bevochtiging van het membraan een aparte luchtbevochtiger. In vorige generaties was dat nog een apparaat ter grootte van zes bakstenen. Nu is Toyota erin geslaagd om de luchtbevochtiger weg te laten. Dat scheelt ruimte, maar ook 6 kg aan gewicht. De luchtbevochtiger is vervangen door een recirculatiesysteem voor water, dat zich in de stack bevindt.

'TOYOTA MIKT MET DE MIRAI OP TIENDUIZENDEN AUTO'S PER JAAR'

Brandstofcelauto Toyota Mirai komt komend jaar naar Groot-Brittannië, Duitsland en Denemarken, maar nog niet naar Nederland. Eerst zijn meer waterstof-tankstations nodig.

DOOR NIEK SCHENK / FOTO'S TOYOTA

Twintig jaar geleden voorzag de directie van Toyota dat er in de 21^e eeuw behoefte zou zijn aan auto's die minder afhankelijk zijn van olie. Daarom gingen twee ontwikkelingsteams aan de slag om de alternatieve aandrijving voor de volgende eeuw te ontwikkelen. Het ene team stortte zich op een hybride, het andere op een brandstofcelauto.

De hybride met de naam Prius was al na drie jaar productierijp. De ontwikkeling van de brandstofcelauto heeft uiteindelijk twintig jaar geduurd. Hij bleek toch een stuk lastiger dan gedacht. De brandstofcelstack was aanvankelijk veel te groot en zwaar om in een personenauto ingebouwd te worden. Bovendien bleek de techniek veel te duur. De eerste prototypes deden vermoeden dat een brandstofcelauto vele honderdduizenden euro's zou gaan kosten.

Maar nu acht Toyota de tijd rijp om in navolging van de hybride, ook de brandstofcelauto op de markt te brengen. De Toyota Mirai (Japans voor: Toekomst) beleeft de komende maanden zijn debuut. Eerst in Japan, daarna in Californië en eind volgend jaar zijn Groot-Brittannië, Denemarken en Duitsland aan de beurt. Nederland volgt op zijn vroegst in 2016.

De Mirai is niet 's werelds eerste brandstofcelauto. Modellen als de Mercedes F-Cell en de Honda FCX Clarity en ook Toyota's eigen FCHV gingen hem voor. Sinds vorig jaar is ook in Nederland de Hyundai ix35 FEV te koop. De Toyota is echter wel 's werelds eerste model dat van begin af aan volledig als brandstofcelauto is ontwikkeld en dat bedoeld is voor grootschalige serieproductie. Tot nu toe werden brandstofcelauto's slechts experimenteel ingezet of in zeer kleine aantallen op de markt gebracht. Toyota mikt met de Mirai binnen tien jaar op verkoopaantallen van tienduizenden auto's per jaar.

Te complex?

De brandstofcelauto moet het betere alternatief zijn voor de volledig elektrische auto. Immers, je komt er 500 km ver mee. Is de waterstof op, dan tank je hem binnen vijf minuten weer vol en dat gaat net zo gemakkelijk als bij lpg. Toyota is er van overtuigd dat de brandstofcelauto de toekomst heeft en volledig elektrische auto's hooguit voor stadsverkeer interessant zijn. Nadat dit merk eind vorige eeuw een revolutie ontketende met de Prius, de eerste hybride, waarin een benzinemotor met een elektromotor werd gecombineerd, is het nu de beurt aan de brandstofcelauto.

Toen Toyota in 1997 de Prius op de markt bracht, werd zijn technologie fel bekritiseerd. Volgens andere fabrikanten zou hybride te gecompliceerd en te duur zijn, om ooit bij het grote publiek aan te slaan. Anno 2014 weten we beter. Op dit moment hebben bijna alle grote automerken een hybride in de showrooms staan. Toyota zelf heeft er inmiddels 7 miljoen verkocht.

Anders dan bij de Prius, staat Toyota er deze keer niet alleen voor. BMW is al aangeschoven bij de Japanners, om samen de volgende generatie brandstofceltechniek te ontwikkelen. En na Hyundai zullen de komende twee, drie jaar ook GM, Honda en Mercedes met brandstofcelauto's op de markt komen. Volkswagen toonde recent enkele prototypes, om te benadrukken dat het eveneens de technologie in huis heeft. De brandstofcelauto gaat volgens Toyota dus een gouden toekomst tegemoet, mits er voldoende waterstof-tankstations zijn.

Toyota is de laatste om te ontkennen dat dat allesbepalend is voor het succes van het concept. Nederland telt er op dit moment drie en daarvan is er slechts één openbaar. In Californië en Japan, waar de Mirai de komende maanden zijn debuut maakt, is wel al een serieus netwerk van tankstations.





'IN CALIFORNIË EN JAPAN ZIJN AL SERIEUZE NETWERKEN VAN H₂-TANKSTATIONS'

Een ander probleem is dat waterstof op dit moment vooral uit aardgas wordt geproduceerd. Dan schiet het milieu er nog niks mee op. Maar volgens Toyota zal de duurzame productie van waterstof (uit wind of zonne-energie, bijvoorbeeld) de komende jaren flink toenemen. Air Liquide, een van de grootste leveranciers van waterstof, verwacht dat in 2020 de helft duurzaam geproduceerd zal zijn. De Nederlandse regering wil dat er tegen die tijd minimaal twintig tankstations in Nederland zijn.

Rijden op waterstof is niet duurder dan rijden op benzine. Een kg waterstof kost in Nederland ruim 12 euro, inclusief btw. De brandstofcelaanrijving van de Toyota Mirai verbruikt gemiddeld 1 kg waterstof op de 100 km. En omdat de brandstofcelauto eigenlijk een rijdende energiecentrale is, kan hij desnoods ook het huis van de automobilist van stroom voorzien. Er zit genoeg waterstof in de tanks om een huishouden een week van stroom te voorzien. Vooral bij calamiteiten, waarbij het elektriciteitsnetwerk uitvalt, kan dit een uitkomst zijn.

Energiecentrale in de auto

De brandstofcel is een galvanische energiebron, waarbij de energie die vrijkomt bij een chemische reactie grotendeels in elektrische energie wordt omgezet. Zo'n cel werkt net als een batterij, met een pluspool (kathode) en minpool (anode). De anode heeft in dit geval een labyrint, waar waterstofgas doorheen loopt. De kathode heeft ook zo'n labyrint, waar zuurstof (buitenlucht) doorheen wordt gepompt. Zowel de anode als de kathode is voorzien van fijne platina-deeltjes. Het platina aan de anode fungeert als katalysator

en is in staat om waterstofgas te ontbinden, in positief geladen deeltjes, de protonen, en negatief geladen elektronen. Tussen de anode en kathode is een membraan geplaatst, dat bestaat uit speciale kunststof (polymeer). Wanneer dit membraan vochtig is, is het in staat de protonen naar de kathode te geleiden.

Aan de kathode willen de protonen reageren met de zuurstof, om water te vormen. Opnieuw is platina hierbij een katalysator. Bij deze reactie zijn ook elektronen nodig. Het polymeer laat de protonen van de aanbodzijde (anode) naar de vraagzijde (kathode) door, en vormt tegelijkertijd een barrière voor elektronen. Zo ontstaat een spanningsverschil tussen de negatief geladen anode en de positief geladen kathode.

Door meerdere van dit soort cellen op elkaar te stapelen tot een 'stack', waarbij de cellen in serie worden geschakeld, ontstaat een brandstofcelstack met een hoog voltage. De cellen leveren dan met elkaar al voldoende spanning om de elektromotor van de auto aan te drijven, maar een eventuele 'booster' in de omzetter doet daar nog een schepje bovenop.

Snelle ontwikkeling

De Toyota-ingenieurs claimen een aantal innovaties in hun versie van de brandstofcelstack. Normaliter heeft een brandstofcel voor de bevochtiging van het membraan een aparte luchtbevochtiger nodig. In de vorige generaties van Toyota's stack was dat nog een apparaat ter grootte van zes bakstenen. Nu zijn de ingenieurs erin geslaagd om de luchtbevochtiger weg te laten. Dat scheelt niet alleen ruimte, »

De enorme luchtinlaten onder de voorbumper moeten de brandstofcelstack koelen én de nodige buitenlucht aanleveren. Die is nodig om uit zuurstof en waterstof stroom te produceren.



De kunststof tanks slaan de waterstof op bij een druk van maximaal 700 bar. Ze zijn opgebouwd uit drie kunststoflagen om die hoge druk te kunnen weerstaan en om weerstand te bieden tegen stoten en beschadigingen van buitenaf.



De brandstofcelstack van de Toyota Mirai is ingebouwd onder de vloer, ter hoogte van de voorstoelen. Voorin vinden we de omzetter. De twee waterstof tanks bevinden zich onder en achter de achterbank, net als de Ni-Mh hoogvoltage batterij.

Toyota is er van overtuigd dat de brandstofcelauto de toekomst heeft en volledig elektrische auto's hooguit voor stadsverkeer interessant kunnen zijn.

'NEDERLAND TELT DRIE WATERSTOF-TANKSTATIONS, WAARVAN ÉÉN OPENBAAR'

Relatief goedkoop

Koste een brandstofcelauto nog maar enkele jaren geleden vele honderdduizenden euro's, Toyota is erin geslaagd de kosten aanzienlijk te verlagen. De Mirai kost in Californië, geholpen door fiscaal voordeel, slechts 45.000 dollar. In Nederland krijgt hij een prijs van minimaal 70.000 euro. Toyota is er alleen al de afgelopen zes jaar in geslaagd om de kosten van de brandstofcelaandrijving met 95% te verlagen. Alle onderdelen van de Mirai zijn in eigen huis ontwikkeld. Maar er is ook geld bespaard door veel onderdelen simpelweg uit de bestaande hybrides van Toyota over te nemen. Verder is het gelukt om op een derde van het dure platina te besparen.

maar ook 6 kg aan gewicht in de auto. De luchtbevochtiger is vervangen door een recirculatiesysteem voor water, dat zich in de stack bevindt.

De compacte omzetter (van DC van de brandstofcel naar AC voor de motor) met hoog rendement verhoogt de spanning in de Toyota naar 650 volt, waardoor het formaat van de elektromotor en het aantal brandstofcellen beperkt konden blijven. Bij het proces in de brandstofcel komt warmte vrij, die kan worden gebruikt voor de klimaatregeling in het interieur. En verder produceert de brandstofcel een paar druppels onschuldige waterdamp, die richting de uitlaat worden geleid. Bij de Toyota Mira gaat het om zo'n 63 cc per kilometer.

De elektromotor in de Mirai is een AC-synchroonmotor met 113 kW (154 pk) vermogen en een koppel van 335 Nm. De brandstofcel levert een vermogen van 3,1 kW per liter inhoud. Ter vergelijking: in 1994 genereerde het toenmalige prototype van Toyota's brandstofcel slechts 0,11 kW per liter. De brandstofcelstack bevat fijnmazige kanalen, die een gelijkmatige stroomproductie op de celoppervlakken garanderen en zo bij een relatief klein formaat van de brandstofcel maximaal presteren. Hierdoor is de prestatiedichtheid 2,2 keer hoger dan bij de brandstofcelauto die Toyota zes jaar geleden voorstelde.

Het regeneratieve remsysteem is bij de brandstofcelauto minder krachtig dan bij de hybrides van Toyota. Bij een hybride moet de batterij immers zo snel mogelijk weer maximaal worden bijgeladen, om ervoor te zorgen dat de auto zo lang mogelijk op stroom kan rijden. Een brandstofcelauto zorgt er zelf wel voor dat hij niets tekort komt, want de kracht is continu uit voorraad leverbaar, zolang er maar voldoende waterstof in de tanks zit. Om dezelfde reden is gekozen voor een nikkel-metaalhydride batterij (net als in de gewone Prius). Die is minder krachtig, maar goedkoper dan een lithium-ion batterij.

Onderhoud

De brandstofcelstack van de Toyota Mirai is ingebouwd onder de vloer, ter hoogte van de voorstoelen. De twee wa-

terstoftanks bevinden zich onder en achter de achterbank. De kunststof waterstoftanks slaan de waterstof op bij een druk van 700 bar. De tanks zijn gebouwd om een autoleven mee te gaan en zijn extreem goed beveiligd tegen lekken. Waterstof is immers uiterst brandbaar. De wanden van de tanks zijn uit drie lagen opgebouwd: de eerste laag bestaat uit gewone kunststof, de tweede uit koolstofvezelversterkte kunststof en de derde (buitenlaag) is van glasvezelversterkte kunststof. Ook de ombouw van de brandstofcelstack bestaat uit koolstofvezelversterkte kunststof, wat de brandstofcellen te allen tijde moet beschermen tegen stoten of beschadigingen.

Mocht er onverhoopt toch waterstof vrijkomen, dan slaat een aantal in het interieur geplaatste sensoren alarm, en wordt de waterstoftoevoer automatisch afgesloten. Verder zijn de tanks en alle waterstofleidingen buiten het interieur gehouden, zodat gelekte waterstof in de buitenlucht vervliegt.

Toyota geeft acht jaar of 100.000 kilometer garantie op de onderdelen van de brandstofcelaandrijving. De onderhoudsintervallen zijn ongeveer gelijk aan die van een Prius, verwacht Toyota. Toen de Prius werd geïntroduceerd, ging dat nog gepaard met langdurige trainingen voor de monteurs. Toyota verwacht dat dat bij de brandstofcelauto niet nodig is. Ook al omdat deze auto veel overeenkomsten vertoont met de Prius-aandrijving.

Het reguliere onderhoud kan daarom gewoon bij de dealers plaatsvinden. Het zal daarbij voornamelijk gaan om het op peil houden en verversen van de bekende vloeistoffen. De fabrikant verwacht verder dat de onderhoudskosten aanzienlijk lager zullen zijn dan bij een vergelijkbare benzineauto. En net als bij de Prius wordt verwacht dat de remblokken langer meegaan dan bij benzine- en dieselauto's. Niet alleen het onderhoud, ook de meeste reparaties kunnen gewoon bij de dealer worden uitgevoerd. Pas als de brandstofcelstack een probleem heeft, houdt het voor de dealer op. In dat geval zal de auto naar het Europese hoofdkantoor van Toyota in Brussel worden getransporteerd en wordt de reparatie daar afgehandeld.

SPECIFICATIES TOYOTA MIRAI

Aandrijving:	Brandstofcel
Type brandstofcel:	Polymeer, DC
Bevochtigingssysteem:	Interne waterrecirculatie
Specifiek vermogen:	2,0 kW/kg
Gerelateerd aan inhoud:	3,1 kW/liter
Cellen:	370 (1,34 mm dik, gewicht 102 g)
Elektromotor:	AC synchroon
Max. vermogen:	113 kW (154 pk)
Max. koppel:	335 Nm
Acceleratie 0-100:	9,6 sec.
Topsnelheid:	178 km/h
Verbruik:	1 kg waterstof/100 km
CO ₂ -uitstoot:	0 g/km
Waterstoftanks:	twee, koolstofvezelversterkt, hogedruk (700 Bar)
Inhoud waterstoftanks:	Voor 60,0 liter, achter 62,4
Omzetter:	
Actieradius:	480 km
Koude start tot:	-30°C
Aandrijving:	voorwielen
Gewicht:	1.850 kg
Afmetingen (lxbxh):	4,89 x 1,82 x 1,54 m
Wielbasis:	2,78 m
Zitplaatsen:	4
Bagageruimte:	450 liter
cW-waarde:	0.29
Prijs:	minimaal € 70.000



Niet alleen het onderhoud, ook de meeste reparaties kunnen gewoon in het autobedrijf worden uitgevoerd. Heeft de brandstofcelstack een probleem, dan moet de auto naar het Europese hoofdkwartier van Toyota in Brussel.

De Mirai is een volwaardige middenklasse-auto, met voldoende ruimte, redelijke prestatie en voldoende actieradius. Ondanks alle verbeteringen aan de brandstofcel-techniek blijft het gewicht fors. «

Toyota wil leidende rol

“Net als de hybride zal ook de brandstofcelauto van Toyota tot een revolutie leiden.” Gerald Killman, vice-president onderzoek en ontwikkeling van Toyota Europa is daarvan overtuigd: “Wij waren de eerste met hybrides en die leidende rol willen we ook bij deze technologie claimen. Maar het is bij de brandstofcel niet mogelijk om alles in je eentje te doen. We zijn afhankelijk van een goed netwerk van waterstof-tankstations. Vervolgens moeten er voldoende auto’s op de weg zijn om die infrastructuur te rechtvaardigen, dus zijn we ook afhankelijk van andere autofabrikanten. Ook die moeten brandstofcelauto’s gaan verkopen. Ons uiteindelijke doel is bovendien duurzaam geproduceerde waterstof, want bij de productie van waterstof komt nu nog CO₂ vrij. Ook deze doelstelling kunnen we niet alleen bereiken.”

Geen bedreiging

Weliswaar wordt ook aan krachtiger batterijen gewerkt, ondermeer door Panasonic in samenwerking met Tesla, maar dat ziet Lillman niet als bedreiging voor de Mirai: “Ik ben daar niet bang voor. Er is op dit moment geen zicht op krachtiger batterijen. Als dat zo zou zijn, waren we nu al bezig met de voorbereidingen voor massaproductie daarvan. Bij de zoektocht naar betere batterijen zitten we nog steeds in de onderzoeksfase. Het blijkt erg ingewikkeld om de batterijtechnologie te verbeteren als het gaat om de kosten, de duurzaamheid en de prestaties.” Verder ziet hij nogal wat nadelen in vol elektrische auto’s: “De

elektrische auto maakte een eeuw geleden al een moeilijke periode door. En helaas nu opnieuw. De batterijcapaciteit is te beperkt en het opladen kost te veel tijd. Er bestaan wel snelladers, maar die hebben een slechte invloed op de batterij. Als je vaak een snellader gebruikt, verliest de batterij snel aan capaciteit en kom je nóg minder ver. Elektrische aandrijving heeft op dit moment alleen zin als aanvulling. Zoals in hybrides of bij een brandstofcel. Volledig elektrische auto’s zijn slechts beperkt inzetbaar.”

Killman beseft tegelijkertijd dat het succes van de Mirai valt of staat met het aantal waterstof-tankstations: “Als die er niet komen, belanden we met de brandstofcelauto op een doodlopende weg. Het maakt ook duidelijk dat de politiek zich hieraan moet committeren. In de VS is er een duidelijk mandaat voor volledig schone auto’s en de verplichting om voor infrastructuur te zorgen die die auto’s mogelijk maakt. In Europa is het niet zo duidelijk uitgesproken, maar ook hier zien we regeringen die helpen met het opbouwen van de infrastructuur. Intussen doen we er ook zelf veel aan.”

In Californië, altijd al een voorloper in het stimuleren van milieuvriendelijk autoverkeer, wordt in rap tempo een netwerk van waterstof-tankstations uit de grond gestampt. Toyota helpt eraan mee. Door leningen te verstrekken aan de exploitanten en door de kopers van een brandstofcelauto drie jaar lang gratis waterstof te laten tanken. Zo heeft elke nieuwe pomp ook gegarandeerd klandizie.