

Auto & Motor
TECHNIEK

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

Honda FCX Clarity: brandstofcel-proefkonijn

Uniek ritje in de toekomst

Bij onze kennismaking met de Honda FCX vraagt een journalist: "Wat kost hij eigenlijk?" Uit het comité Japanse gastheren valt te persen dat de lease voor proefperso- nen in de VS 600 dollar per maand kost, het hele FCX-project een miljard (!), en dat er 22 FCX-en zijn gebouwd. Twee zijn er in Europa. Zo exclusief rijden we niet vaak. Toch blijkt een rit met autotechniek van de toekomst niet heel ongewoon. Hoe nabij is de brandstofcelauto?

Wat de toekomst is van de brandstofcelauto blijft een heel moeilijke vraag. Rijdend met deze Honda voelt het aan of je al een serieproduct in handen hebt. Was er een behoorlijk net van waterstof-tankstations, dan konden we meteen van start. Als tenminste de prijs van deze zaken-klasse-sedan op normaal niveau zou liggen. Maar dat weten we niet, de leaseprijs die nu gehanteerd wordt om een paar FCX Clarities bij echte klanten te beproeven zegt helemaal niets

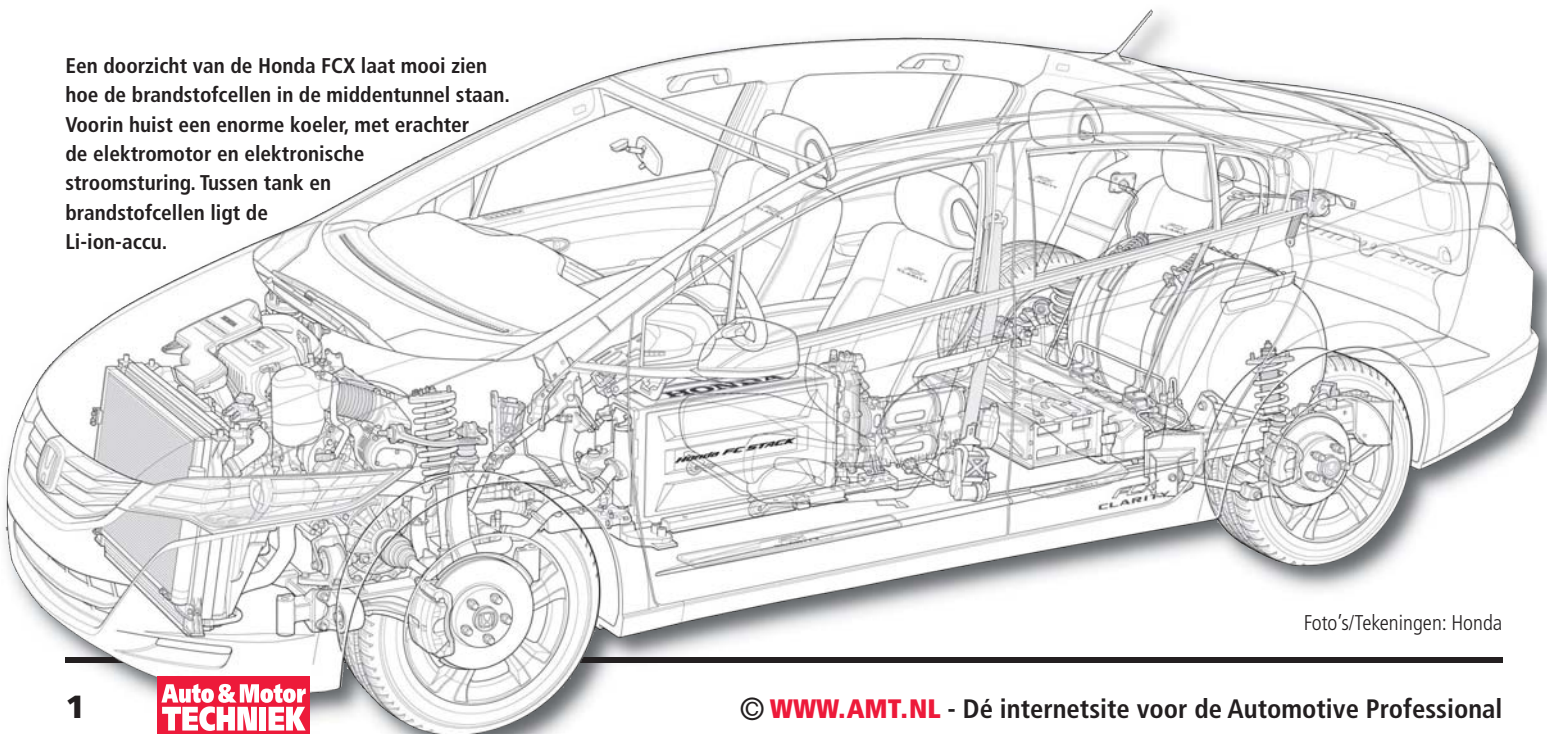
over aanschafkosten of afschrijving. Ga er gerust van uit dat Honda deze auto ook in grotere aantallen nu niet voor de prijs van een Accord, of iets daarboven, zou kunnen aanbieden.

Voorlopig nog niet

Niet voor niets lieten alle autoconcerns die druk zijn met brandstofcelontwikkeling een gezamenlijke oproep uitgaan om ook in waterstof- infrastructuur te investeren. Landelijke en lo-

kale overheden lijken al hun kaarten (en subsidies) te zetten op elektriciteit, zoals de aanleg van een dicht laadpalennetwerk. Datzelfde zou moeten gebeuren voor waterstof-tankstations, om de kip-en-ei situatie te doorbreken. Wie gaat brandstofcelauto's bouwen als je niet kunt tanken, maar wie maakt tankstations als er nog geen waterstofklanten zijn? Zeker niet onlogisch is de vrees dat men nu liever laadpalen plant, dan waterstofpompen. In

Een doorzicht van de Honda FCX laat mooi zien hoe de brandstofcellen in de middentunnel staan. Voorin huist een enorme koeler, met erachter de elektromotor en elektronische stroomsturing. Tussen tank en brandstofcellen ligt de Li-ion-accu.



Foto's/Tekeningen: Honda

Ontwikkeling van de brandstofcel

Voor de volledigheid laten we nog eens in het plaatje rechts zien wat een brandstofcel doet. Net als lithium-ion of nikkel-metaalhydride batte-

rijcellen, moet je ze stapelen om aan een bruikbare stroomopbrengst te komen. In brandstofcellen reageert waterstof met zuurstof, wat

stroom en water oplevert. Zuurstof komt uit ingeblazen lucht, waterstof uit een tank in de auto. Er treedt geen verbranding op, maar een

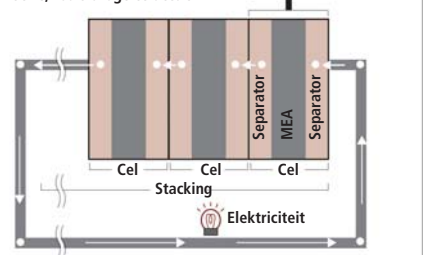
continu proces van oxidatie. Dat is gemakkelijker gezegd dan gedaan. Het kan alleen door een zeer bijzonder scheidingsmembraan, waar geïoniseerde waterstof wel maar zuurstof niet doorheen kan. Dat membraan gaat stuk als het te heet of te droog wordt.

De chemische reactie levert naast stroom ook wat warmte op, een brandstofcel heeft daarom koeling nodig. Hij produceert 0,7 volt, en waterdamp. Het heeft veel moeite gekost om te zorgen dat die waterdamp niet meteen bevroert als het buiten flink onder nul is.

Daarnaast is de truc om zo effectief en gelijkmatig mogelijk waterstof door het membraan te laten gaan. Honda bedacht daarvoor de V-Flow-

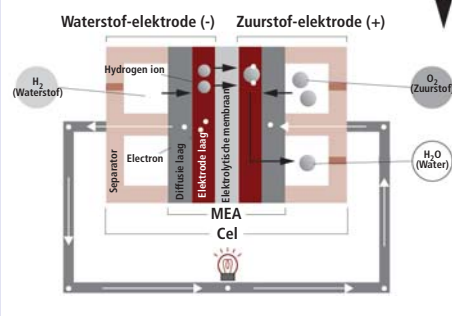
Brandstofcel-stack configuratie

Afzonderlijke cellen worden gestapeld en aangesloten in een serie, zoals droge cellacuss's



Hoe elektriciteit wordt opgewekt in de brandstofcel-stack

(schema toont elektrische generatie in een enkele cel)



cel, waar waterstof verticaal in plaats van horizontaal doorheen stroomt. Bovendien via slingerende in plaats van rechte gangetjes, zodat de

waterstof langer in contact met het membraan blijft. Zo kon het pakket brandstofcellen steeds kleiner en lichter worden.

Evolutie van de stack

	1999	2003	2006
Productie	60 kW	86 kW	100 kW
Grootte	134 L	66 L	52 L
Gewicht	202 kg	96 kg	67 kg
Elektrolytische membraan	Fluorine elektrolytische membraan. Max werkingstemperatuur: 80°C	Aromatische elektrolytische membraan. Max werkingstemperatuur: 95°C	Aromatische elektrolytische membraan. Max werkingstemperatuur: 95°C
Stack-constructie / celstructuur	Bolvormige sluitconstructie Machinale koolstof-afscheiders Afzonderlijke dichting	Paneeldoosconstructie Beslagen metalen scheidingsen met uniforme dichting	1-dooz stackconstructie V-flow-celstructuur Golfstroom kanaal-separatoren

Drie generaties Honda-brandstofcellen. De eerste twee zaten nog in een heel andere FCX, een kleine driedeurs gezinsauto, die net als de FCX Clarity speciaal rond brandstofcelaandrijving was gebouwd.

Als studiemodel verscheen de FCX in 2005, twee jaar later gevolgd door dit productie-model. Gestrekt, rond en erg glad afgewerkt voor een lage luchtweerstand. De FCX Clarity ziet er nu nog modern uit.

de kip-en-ei cyclus beloven de ondertekenaars, van Honda tot Daimler en van Hyundai tot General Motors, dat ze in 2015 de eerste brandstofcelauto's op de markt zullen brengen. Alleen de Volkswagen-groep tekende niet, die kan deze belofte niet doen. Ze werken aan 'warme' brandstofcellen met hogere werkingstemperatuur. Die beloven enkele voordelen, maar het onderzoek loopt nog ver achter bij de gangbare brandstofceltechniek.

Nu lijkt ook met die gangbare techniek serieproductie in 2015 nauwelijks waar te maken. We reden recent (zie AMT 2009/9) met een Mercedes B Fuel Cell, waarvan net als bij de Honda FCX een proefserietje gebouwd gaat worden. De ontwikkelaars hopen in 2015 klaar te zijn voor echte productie, maar de ontwikkelingsschep houdt een slag om de arm. Bij Honda



kunnen we tussen de regels door opmaken dat ze hier eerder richting 2020 denken voor commerciële serieproductie.

Volledig aangepast ontwerp

Naar Honda's overtuiging moet je niet een gewone auto ombouwen voor brandstofcellen. Voor een optimaal resultaat is een op deze aandrijflijn gericht ontwerp nodig, in plaats van

deze aandrijving in een gewone motorruimte te proppen. Tot op zekere hoogte is het FCX Clarity-ontwerp zelfs bepaald door de ontwikkeling in brandstofcellen bij Honda. De eerste generaties lagen plat onder de vloer van een heel ander model FCX. Met de komst van de rechteopstaande V-Flow-brandstofcellen konden ze in de middentunnel verstoppt worden, zodat de vloer niet meer hoog hoeft te liggen, en betere

TECHNIEK

Honda FCX met brandstofceltechniek



De hoge achterkant was nodig om over de forse waterstoftank nog een redelijke bagageruimte te scheppen. Het zwarte vlak boven de achterlichten is een extra ruitje. Ook boven de hoedenplank binnenin zit een ruitje, voor een beetje zicht naar achteren.



In doorsnede het V-Flow-brandstofcelpakket. Roodgekleurd de waterstof, in blauw de zuurstof. U ziet de diagonale, verticale doorstroming. Vandaar V, voor Vertical-Flow.

binnenruimte geschapen kan worden. De brandstofcel levert tot 100 kW stroom, aan een elektrische motor die ook maximaal 100 kW levert. Deze vermogens hoeven niet gelijk te zijn, er kan voor kortere tijd geput worden uit een Li-ion-accupakket onder de achterbank, als de motor sterker zou zijn dan de brandstofcellen. In het eerste prototype van 2005 gebruikte Honda nog omvangrijker supercondensatoren voor stroomopslag. De elektromotor levert 256 Nm koppel, en draait maximaal 12.500 t/min. Er is een vaste overbrenging naar de wielen. Hierbij loopt een aandrijfjas door de holle motoras, de tandwielreductie zit achterop de motor. Zo neemt de motor in de vooras erg weinig ruimte in. Bovenop de motor ligt de stroomregeling, voorop staat een enorme, gecombineerde koeler. Die bedient zowel de brandstofcellen, de airco als de elektromotor. Dat is een nadeel van de gebruikelijke brandstofcel, hij moet gekoeld worden maar werkt op een vrij lage temperatuur van 80 tot 90°C. Hoe kleiner het temperatuurverschil met de koellucht, hoe groter de koeler moet zijn.

Vasthouden aan 350 bar

Ondanks een vrij groot koelerooppervlak is in de neus van de auto niet veel ruimte nodig. De middentunnel is met brandstofcellen erin niet opvallend omvangrijk, ook de accu's onder de achterbank benadelen niet de binnenruimte. Dan hebben we nog één ding nodig, een waterstoftank, die ligt achter de achterbank. Een model met omklapbare achterbank kan dus nog even niet. Honda gebruikte eerst twee tanks, maar heeft die later gecombineerd tot één grote. Dat scheelt in gewicht, aantal onderdelen en kosten. Uit kosten oogpunt wil Honda ook niet mee met

de trend om waterstofgas onder 700 bar druk op te slaan. Hiermee kan de tank bij gelijke inhoud in kilogrammen 60% kleiner. Er gaat nu 171 liter in, bij 350 bar druk. Een forse bult van een tank, die je duidelijk ziet liggen als de bagageklep open gaat. Niet dat de tank bloot ligt, maar er zit een gigantische bult in de bagagevloer. Zoals ooit bij een Audi 80 moet je bagage opstapelen, in plaats van achter elkaar zetten. Mede daarom de hoge achtersteven, om nog een redelijk bagagevolume te bieden. Al dient die hoge rug tevens voor een goede aerodynamische carrossievorm. Op de nu gekozen tankinhoud kan 450 km afgelegd worden. Dat is niet ruim, maar toch best bruikbaar, een stuk verder dan elektroauto's op batterijen nu komen. Bij 350 bar druk, verklaart Honda, is de tank met alle bijbehorende veiligheidsmaatregelen een heel stuk goedkoper dan bij 700 bar. Dit geldt ook voor de tankinstallaties, daarom wil Honda liever niet dat 700 bar de standaard wordt. Terwijl de meeste andere autofabrikanten dat wel willen, om meer waterstof te kunnen meenemen voor

een acceptabele actieradius. Een Mercedes B heeft wel 700 bar tanks, en komt 400 km ver.

Alles elektrisch

Een lange wielbasis van 2 meter 80 zorgt voor prima zitruimte voor en achter, maar hoewel de FCX Clarity bijna zo lang is als een Mercedes E is de bagageruimte lang niet zo geweldig. Wat wel weer meevalt is het totale gewicht van 1625 kg, niks bijzonders voor een auto van deze maat, ondanks een vrij zwaar accupakket aan boord. Meegerekend moet worden dat ook nog allerlei hulporganen veranderd zijn, die elektrisch moeten werken in plaats van op een verbrandingsmotor. Stuur- en rembekrachtiging, airco, maar ook de kachel moet op stroom lopen. Zelfs in elk van de voorstoelen zit een elektrisch koel/verwarmingsapparaat dat met lucht door poreuze bekleding heen de stoel koelt of verwarmt. Dat is weer een interessant praktisch puntje, er zijn onvermijdelijk heel wat stroomverbruikers naast de aandrijfmotor. Nog een reden waarom het niet zonder tijdelijke stroomopslag in een



Het FCX-dashboard zet de stijl van de Civic/Insight voort. De centrale ronde meter geeft geen toerental, maar motorvermogen aan. Het segment rechtsonder is de brandstofmeter, links wordt de acculading aangegeven. Het bolletje in het midden geeft een aanduiding van het momenteel waterstofverbruik.

Waterstof in overvloed?

Een paar jaar geleden, voordat hybrides en elektro-auto's mode werden, was het verhaal dat we een waterstof-economie moesten ontwikkelen. Waarbij energievoorziening gemakshalve gelijkgesteld wordt met 'economie', want energie is letterlijk de motor van de economie. Die motor draait nu op kolen, olie en gas. Waterstof kun je uit water maken, en daarvan hebben we meer dan zat. Bovendien krijg je daarmee uit een brandstofcel stroom en water terug. Een ideale kringloop, zonder enge gassen of andere gevaarlijke bijproducten. Een klein probleempje is dat brandstofcellen best duur zijn. Nog een klein probleempje is om massafabricage op te zetten. En dan moeten we nog even uitzoeken of brandstofcellen in auto's betrouwbaar kunnen werken, en heel lang. Hier wordt hard aan gewerkt. Daarna houden we nog één probleempje over, ook tankstations moeten omschakelen op waterstof.

Nu nog afvalproduct

Op dit moment gebeurt dat alleen voor experimentele doeleinden. De HyNor waterstofsnelweg

in de zuidpunt van Noorwegen, is zo'n experiment (zie ook pagina 73). Mercedes-Benz en BMW hebben kleine aantallen waterstofauto's, al werkt BMW daarbij zonder brandstofcellen. Daarvoor zijn er een paar pompen in Duitsland. Mede voor hen is er het Europees gesponsorde project Zero Regio, feitelijk twee regio's. Bij Frankfurt en het Italiaanse Mantua, waar Fiat met brandstofcelauto's test, zijn hiervoor waterstofpompen geïnstalleerd.

Wij draaiden een testronde bij Frankfurt, vanaf industriepark Höchst. Daar zetelen tal van chemische bedrijven, onder meer produceren ze chloor. Hierbij ontstaat waterstof als afvalproduct. Ook de staalindustrie levert waterstof als afval. We horen dat de wereldproductie van waterstof als bijproduct genoeg zou zijn om 40.000 (brandstofcel)auto's te laten rijden. Industriepark Höchst levert 30 miljoen kubieke meter waterstof per jaar. Met als aardigheidje een unicum, het gaat via 's werelds enige 1000 bar transportleiding naar het openbare Agip-tankstation. Een pijpje van niks, met 18 mm binnendiameter en 7,7 mm wanddikte.

Gasvormig waterstof tanken is niet ingewikkelder dan lpg tanken. Slang aankoppelen, op de knop drukken bij de pomp, vanzelf schakelt de pomp uit als de tank vol is.



Hier ziet u hoe het achterframe met wielophanging en waterstoftank onder een FCX wordt geplaatst. Er is voor de FCX een experimentele fabriekslijn opgezet. Duidelijk is dat de 350 bar waterstoftank erg veel plaats inneemt, maar uit kosten oogpunt kiest Honda toch niet voor een kleinere 700 bar tank.

Energiebalans

"Nergens zijn koppelingen toegepast, alle verbindingen zijn gelast. Dus geen enkele kans op lekkage. En als waterstof lekt stijgt het op, het is veel lichter dan lucht. Dus weinig kans op gevaarlijke concentraties waterstofgas. Als je maar aan de voorschriften houdt is waterstof niet gevaarlijk", verzekert ons de rondleider. Nu wil je ook echt geen lekkage. Gemengd met lucht is waterstof in concentraties van 4 tot 75% brandbaar, dus van een beetje tot heel veel waterstof in de lucht. Daarbij is de benodigde ontstekingsenergie twaalf maal zo klein als bij een benzine/luchtmengsel. Het ontsteekt dus heel makkelijk. Hierdoor is het aanleggen van

een waterstofpomp veel duurder en ingewikkelder dan een benzinepomp plaatsen.

Met waterstof alleen als afvalproduct is er nog lang geen waterstofeconomie. "Een andere mogelijkheid om waterstof te produceren is reformeren van aardgas", horen we. Maar dan heb je weer geen kringloop, daarvoor moet waterstof uit elektrolyse van water gewonnen worden. En dat kost veel energie. Op dit moment kost waterstof als bijproduct aan de genoemde Agip pomp € 8,819 per kilogram. Daarin zit dan wel bijna driemaal zoveel energie als in een kilogram benzine. Grofweg kost dit waterstof dan toch dubbel zoveel per energie-eenheid, vergeleken met benzine. Maak je waterstof niet als bijproduct maar als hoofdproduct, dan wordt dat duurder. En je hebt duurdere tankstations nodig. Geen wonder dat brandstofmaatschappijen echt niet staan te springen om zulke pompen neer te zetten, tenzij er flink veel klanten voor zouden komen. ●



accu kan. Intelligente beteugeling van het stroomverbruik is erg belangrijk. Een van de maatregelen is een op 160 km/h afgeregeld top, om het stroomverbruik van de elektromotor binnen de perken te houden. Met die top valt best te leven, en de FCX trekt er onder elke omstandigheid moeiteloos naartoe.

Elektrijden is fijn

Omdat ons brandstofcelpakket zo compact is, zegt Honda, warmt het makkelijker op bij een echt koude start. Daarom werkt het tegenwoordig tot -30°C. Ongemerkt, want of de brandstofcellen meteen actief worden als je het contact

aanzet is niet vast te stellen. Bij niet al te hoge belasting maken ze geen geluid, alleen bij flink optrekken komt een licht gegier op van de luchtinblazing in de brandstofcellen. De elektromotor hoor je eigenlijk helemaal nooit. Maar dat kennen we al van andere geheel of gedeeltelijk elektrische auto's, dat er niets aanslaat of start voordat je fluisterend kunt wegrijden. Evenzo weten we van andere elektrische aandrijvingen al dat optrekken begint met maximum koppel. Zo slaagt Honda er uitstekend in om bij de FCX Clarity de indruk te wekken van een krachtige en zeer beschaafde luxesedan met traploze automaat.

De kleurige elektronische meters doen voor ons wat kitscherig aan, net als de besmettelijk lichte bekleding met champagnekleurige kunststofdelen. Duidelijk afgestemd op de Japans/Amerikaanse smaak. Maar iets echt bijzonders merk je verder niet aan deze brandstofcelauto. Een vermogensmeter in plaats van een toerenteller kennen we van Lexus-hybrides, je zou eigenlijk iedereen wijs kunnen maken dat deze Honda ook een hybride is. Alleen heeft hij geen tankdop, maar een gasventiel voor waterstof. Verder doet 'ie alles wat een gewone auto ook doet. ●

Peter Fokker