



De elektrische auto: a convenient truth

*De visie van de Rabobank
op de elektrische auto*



Rabobank

Samenvatting

In dit rapport geeft Rabobank haar visie op de elektrische auto (EV). De belangrijkste trends, (technische) ontwikkelingen, obstakels en doelstellingen worden beschreven, evenals de impact, concurrenten, verwachtingen, en samenhang van de EV met andere trends en transities.

De EV is aan een sterke opmars bezig. Niet verwonderlijk aangezien de (technische) ontwikkelingen in een stroomversnelling zijn geraakt en de EV een belangrijk deel van de oplossing kan bieden voor grote maatschappelijke problemen zoals klimaatverandering, luchtkwaliteit en de eindigheid van fossiele brandstoffen. Ook is de EV een onderdeel van een meer fundamentele transitie waarbij het als een onderdeel moet worden gezien van de bredere trends als car sharing, connectivity, autonoom rijden en de transitie naar een duurzaam energiesysteem.

Het aandeel van de EV in Nederland is nu nog marginaal: 100.000 EV's op een totaal van afgerond 8 miljoen auto's, waarvan slechts 10.400 geheel elektrisch. De doelstellingen van 200.000 EV's in 2020 en 2 miljoen EV's in 2030 zijn dan ook best ambitieus te noemen. Zeker aangezien plug-in hybride auto's (PHEV's) slechts een tussenoplossing zullen blijken te zijn. Op termijn zijn deze auto's qua techniek, pricing en fiscale behandeling niet meer interessant en zal de voornaamste groei in het aantal EV's moeten komen van volledige elektrische auto's (FEV's).

Om de doelstellingen te bereiken, zal al snel in het volgende decennium een kantelpunt moeten worden bereikt waarbij de FEV net zo duur zal moeten worden als een vergelijkbare benzine of diesel auto (en vervolgens goedkoper). Er moet passend fiscaal beleid komen evenals verdere aanscherping van de emissienormen. Technische problemen moeten worden geminimaliseerd, een dekkende laadinfrastructuur dient te worden opgezet, en er zal een omslag in het denken en het gedrag van de consument ten aanzien van de EV moeten plaatsvinden.

Autoproducenten bevinden zich momenteel in een lastige positie. Er is aarzeling tot grote investeringen in de EV omdat onzeker is of deze het uiteindelijk wel gaat maken en vanwege de kritische houding van de consument ten aanzien van de EV. Tegelijkertijd is er toenemende druk vanuit de EU om de auto's schoner te maken door steeds strengere regel-

geving ten aanzien van emissies met daarbij harde sancties als normen overschreden worden. Er lijkt momenteel voor een "gouden" middenweg te worden gekozen: de technologie en modulaire toepassingsmogelijkheden worden ontwikkeld om op het juiste moment de EV aan te kunnen bieden in een brede range van modellen en technieken.

De beperkingen van de EV moeten worden opgelost, vooral met betrekking tot de batterij. Ze zijn nog te duur, de capaciteit is te laag en het laden duurt te lang. Dit leidt bij de consument tot een zekere mate van range anxiety. Daarnaast is de levensduur van de batterijen nog te laag, is het gewicht te hoog en verminderen de prestaties bij lagere temperaturen.

Om van de EV een succes te maken zullen deze technische beperkingen grotendeels moeten worden verholpen, en dit is exact wat er in de komende jaren lijkt te gaan gebeuren. Barrières worden sneller geslecht dan tot voor kort voor mogelijk werd gehouden. Zo zal de prijs van Li-ion batterijen waarschijnlijk nog voor 2020 onder de 200 dollar per KWh duiken en voor 2025 zelfs onder de 150 dollar/KWh. Hiermee zal het omslagpunt worden bereikt waarbij EV's, waarschijnlijk zo rond 2023, even duur zullen zijn, en vervolgens zelfs goedkoper, dan conventionele benzine of diesel auto's, kijkende naar de Total cost of ownership.

Een goede laadinfrastructuur is essentieel. Laden moet in de nabije omgeving (of thuis) kunnen, betaalbaar zijn en het liefst met een zo hoog mogelijke laadsnelheid. Wie thuis kan laden zal dit over het algemeen ook thuis doen omdat het weliswaar langzaam verloopt, maar de prijs per KWh erg laag is. Echter, voor de 60% van de consumenten die afhankelijk is van het laden in de openbare ruimte, is de verwachting dat de meeste consumenten op de korte en middellange termijn vooral zullen laden bij de openbare laadpalen in de straat/buurt. Op de lange termijn, wanneer snelladen ook echt de mogelijkheid geeft om binnen 10-15 minuten een lege batterij geheel vol te laden, zal er meer worden geladen met snelladers bij een snellaadstation.

Door de overgang naar elektrisch rijden zal het elektriciteitsnet zwaarder worden belast, en hoewel dit significant zal zijn, is de impact niet enorm. Zo zal een aandeel van 5% volledig elektrische auto's (400.000) maar tot zo'n 1% extra elektriciteitsverbruik leiden in Nederland. Lokaal kan dit echter wel voor problemen zorgen door een hogere piekvraag. Het afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit, bijvoorbeeld

via smart grids wordt dan ook van groter belang. De EV kan hierin een rol spelen, onder andere omdat de batterij als een flexibel opslagsysteem zou kunnen dienen waar elektriciteit in wordt opgeslagen tijdens een productieoverschot, en wordt onttrokken aan de batterijen bij een te lage (duurzame) energieproductie.

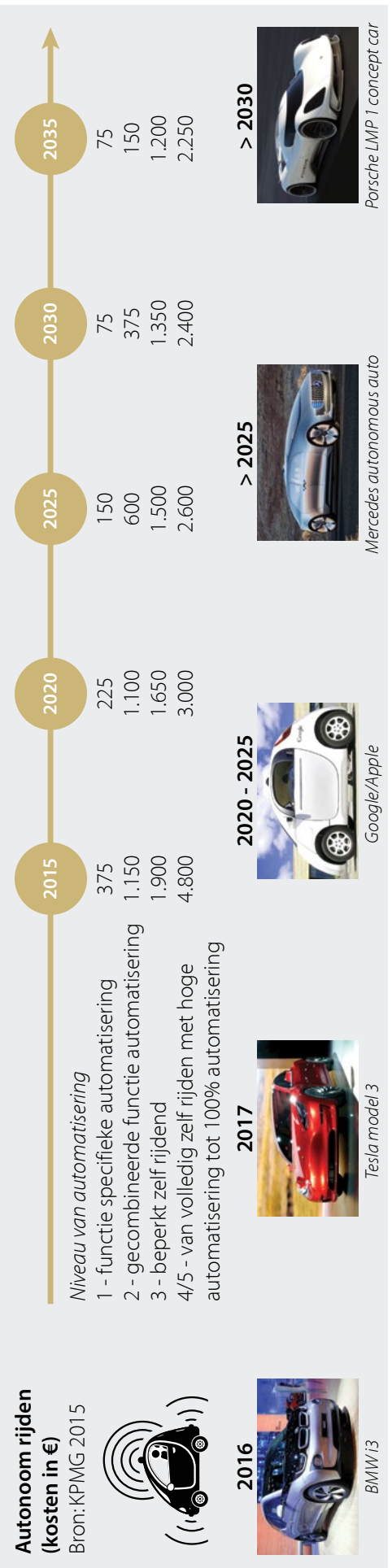
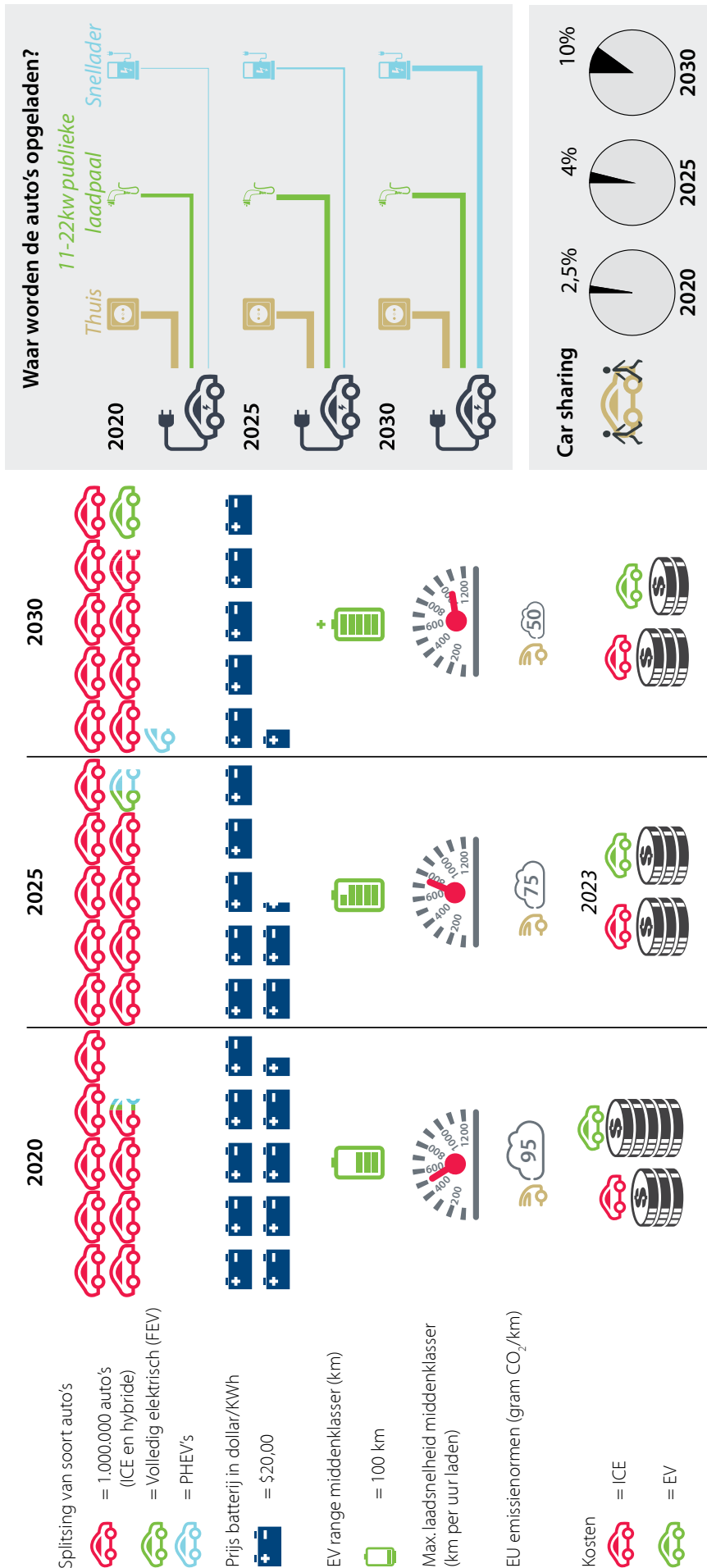
In de transitie naar zero-emission vervoer is de waterstof auto met een brandstofcel (de FCEV) een concurrent van de EV. De voordelen van de FCEV zijn de hogere range en het korte tijdsbestek waarin kan worden bijgetankt. De grootste nadelen van de FCEV zijn de lagere efficiëntie (wanneer de waterstof wordt verkregen door middel van elektrolyse), het gebrek aan een tankinfrastructuur en de hoge prijs van de brandstofcellen. De technologieën hoeven elkaar zeker niet uit te sluiten en kunnen de benzine en diesel van de toekomst zijn. Echter, de FCEV staat al wel op een achterstand ten opzichte van de FEV. En met de snelheid van de huidige ontwikkelingen lijken de grootste nadelen van de FEV (kosten batterij, range en oplaadtijd) binnen afzienbare tijd te verdwijnen.

Transities komen nooit alleen. Met ontwikkelingen rondom mobiliteit, consumentengedrag, verstedelijking en congestie, telematica en "The Internet of Things", is de EV een onderdeel van een grotere, meer fundamentele transitie. De toenemende verwevenheid van twee werelden, mobiliteit en energie, maakt die verandering alleen nog maar sterker. De impact van de EV zal daarom naar verwachting ook groot zijn:

- Consumenten: Minder autobezit, meer autogebruik en veel hogere kilometrage per auto
- Milieu: Minder schadelijke (broeikasgas)emissies
- Infrastructuur: Meer congestie en meer (file)tijdverlies door hoger autogebruik. Minder druk op binnensteden, met name ruimtebeslag ten behoeve van parkeren
- Energiemaatschappijen: Hogere elektriciteitsconsumptie, hogere piekbelasting; mogelijkheden voor lokale opslag van elektriciteit (in combinatie met smart grids)

- Financiële gevolgen: Nieuwe verhoudingen in vaste en variabele kosten voor de consument, in eigendomsverhouding en de wijze van betalen voor mobiliteit. De overheid zal sterk worden getroffen door minder BPM, bijtelling en lagere energieheffing.
- Goederenvervoer: Elektrisch vervoer voornamelijk interessant voor lokaal/stedelijk vervoer
- Benzinestations: Op de korte termijn een beperkte impact door lage aantallen EV's. Op de langere termijn wel een significante negatieve impact; kansen in snelladen en waterstof
- Autofabrikanten: Hoge kosten voor R&D en ontwerp, ingrijpende verandering van het technologie, traditionele OEM-paradigma gaat onderuit en mogelijke boetes van de EU kunnen hoog oplopen. Tevens betreden nieuwe spelers (bijv. Tesla) de markt.
- Dealers: EV's vragen om andere kennis en vaardigheden in onderhoud en reparatie, maar EV's zijn in zekere zin minder complex, bevatten minder onderdelen (en minder slijtage-delen). Onderhoudskosten van een EV liggen tot wel meer dan 40% lager dan een vergelijkbare benzine auto.

In het Rabobank elektrische auto scenario wordt er een beeld van onze verwachtingen geschetst ten aanzien van de ontwikkeling van het aantal EV's in Nederland, de prijs van de batterijen, de range van een gemiddelde middenklasser, de maximale laadsnelheid, de laadinfrastructuur, de EU emissienormen, de totale kosten van de EV en de ontwikkeling van trends als car sharing en autonoom rijden. Wij verwachten dat binnen 5 tot 7 jaar het punt zal worden bereikt waarop de EV het in kosten gemeten gaat winnen van de conventionele auto met verbrandingsmotor. Technische belemmeringen en beperkingen worden voortvarend aangepakt en een passende laadinfrastructuur wordt uitgerold. De Rabobank is dan ook van mening dat we aan de vooravond lijken te staan van de grote doorbraak van de EV.



Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inleiding	6
1. Verleden en toekomst.....	7
2. Disruptie.....	9
3. Waar staan we nu?.....	11
4. Is de EV de uitweg voor producenten?	16
5. Zal de consument de EV omarmen?	21
6. De beperkingen van de EV zitten voornamelijk in de batterij	25
7. Laden en laadinfrastructuur	30
8. Elektrisch laden en de transitie naar duurzame energieproductie.....	35
9. De brandstofcel: Een concurrent?!	37
10. Transities komen nooit alleen: de EV, mobiliteit, ICT en energie	40
11. De impact van de elektrische auto	43
12. Rabobank elektrische auto scenario	48
Conclusie	50
Literatuurlijst.....	52
Afkortingen.....	54
Definities	55
Colofon	56
Disclaimer	57

Inleiding

De elektrische auto (EV) staat weer in de schijnwerpers, soms zelfs letterlijk zoals met de presentatie van de lang verwachte Tesla Model 3 op 31 maart 2016. Volgens sommigen was de EV eigenlijk al dood, mislukt; onaantrekkelijk door de kosten, de actieradius-, en laadproblemen. Daarmee kreeg de discussie vaak een negatieve ondertoon: "waarom niet?" was een belangrijkere vraag dan "waarom wel?"

Het tijt keert en de EV, in verschillende varianten, is weer "hot". De kosten van die dure batterij gaan snel omlaag, de capaciteit ervan en dus de actieradius nemen snel toe, laden wordt eenvoudiger en er komen meer merken/modellen op de markt.

Wenselijkheid en noodzaak van een transitie van fossiele naar duurzame energie nemen toe. Regelgeving t.a.v. klimaat en luchtkwaliteit dwingen de auto-industrie op korte termijn tot de productie van steeds schonere auto's. Verschillende landen zoals Noorwegen en (minder expliciet) Nederland overwegen aanvullende wetgeving die bepaalt dat vanaf een bepaald jaar alle nieuw verkochte auto's brandschoon (zero emission) zijn.

Technologie leidt tot grote veranderingen, niet alleen in motoren en aandrijving maar ook in ICT en telematica, de steeds intensievere "connectivity" tussen auto's, infrastructuur, berijders en service providers.

Consumenten veranderen, mede gedreven door die technologie. De betekenis van de auto verandert: van autonoom geïsoleerd object naar integraal onderdeel van een mobiliteitssysteem, van statusobject naar functionaliteit, van bezit naar gebruik en "het grote delen".

De innige relatie tussen de automotive en de olie-industrie verschuift en wordt vervangen door een nog sterkere vervlechting van twee werelden: mobiliteit en energie. De EV en de FCEV (fuel cell electric vehicle: ook elektrisch, maar door in de auto waterstof om te zetten in elektriciteit) vormen een belangrijk onderdeel in een energiesysteem met nieuwe (duurzame) bronnen, andere opwekking en opslag en distributie.

Maatschappelijke veranderingen spelen een belangrijke rol. Terwijl de samenleving enerzijds ontwikkelt richting keuzevrijheid, autonomie, decentrale oplossingen (bijvoorbeeld in



Opladen van elektrische auto's, Amsterdam juli 2015.

energie-opwekking) zijn er anderzijds signalen richting meer samenhang, "community", en delen. Veel problemen vragen om kleine oplossingen, maar soms zijn er grote oplossingen nodig voor grote problemen. De uitdagingen waar we voor staan op het gebied van mobiliteit, energie en verduurzaming vragen om die grote oplossingen.

De conventionele auto is niet de enige (zelfs niet de grootste) oorzaak van de genoemde problemen.

De elektrische auto is niet de enige oplossing, verre van. Maar de EV is wel een deel van de oplossing, een deel van een grotere orde die aan het schuiven is.

In dit rapport zullen we ingaan op een aantal thema's.

- de stand van zaken: technologie, de aantallen
- de elektrische auto (batterij en fuel cell), de plussen en minnen, de knelpunten en oplossingen
- de laadinfrastructuur
- de twee uitersten van de waardeketen: de fabrikant en de consument, en hun relatie tot de EV
- de context: economisch, politiek, maatschappelijk
- de mobiliteitscontext: technologie, ICT, telematica, de autonome auto
- de trends rondom de EV tot 2030 en de impact op de verschillende spelers en relevante thema's.

Utrecht, mei 2016

Hans Groenhuijsen
Kevin Rijpert



1. Verleden en toekomst

We lijken aan de vooravond te staan van een grote doorbraak van de EV.

Tijd om de balans op te maken: Waarom willen we de EV? Wat is het nut? Waar staan we nu met die EV? Wordt het een succes? Op welke punten dan? Is het realistisch? Wat zijn alternatieven? Wat is de impact op de diverse spelers in en rondom auto/mobiliteit/EV?

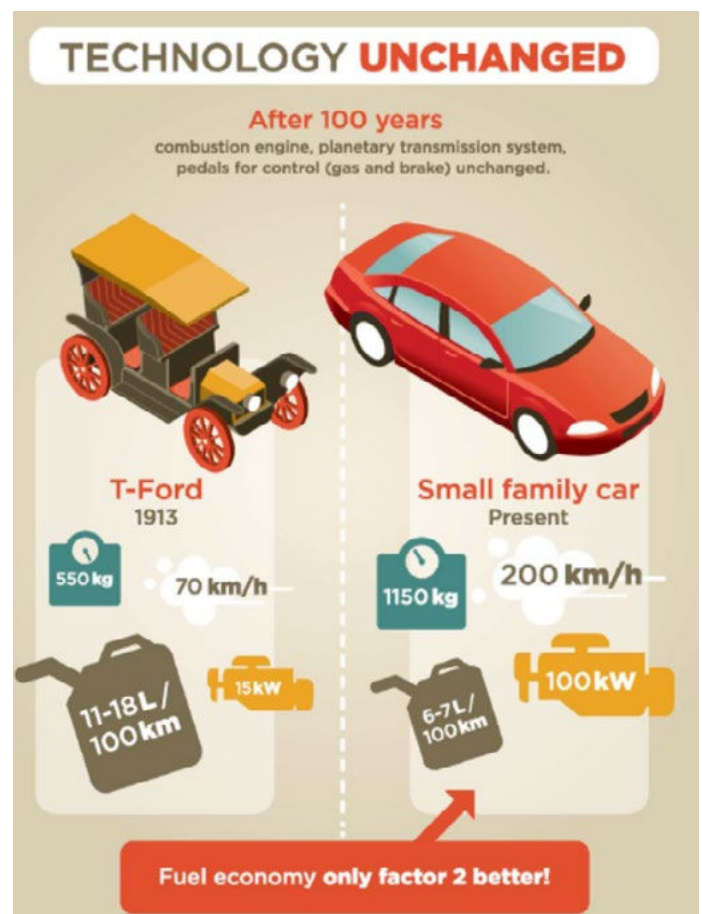
Ruim 100 jaar geschiedenis en een mooie toekomst

In 100 jaar is er veel veranderd: de auto is zwaarder geworden, heeft meer vermogen, betere prestaties, is veiliger en comfortabeler.

In 100 jaar is er niets veranderd: we rijden nog steeds in auto's met verbrandingsmotoren, gebruiken daarbij fossiele brandstoffen, vervuilen er lustig op los.

In 100 jaar (en minder) gaat er veel veranderen: in technologie, in aandrijving, in energie, in consumentengedrag.

De EV was er ooit eind 19de eeuw maar verdween al snel aan het begin van de 20ste eeuw. Laat in diezelfde eeuw dook de EV weer op. Niet omdat de de consument er naar vroeg (die wist van het bestaan niet af), maar omdat de technologie het mogelijk ging maken, omdat het dus gewoon kon; omdat het een begin van een oplossing was voor problemen met klimaat en luchtkwaliteit; omdat fabrikanten het interessant vonden (op zijn minst de subsidies), omdat de politiek het wilde; omdat nu eenmaal de wereld houdt van vooruitgang.



Bron: Our car as power plant

Kortom: alle ingredienten voor een eindeloze zoektocht waren en zijn aanwezig; veel R&D, veel testen, succes en teleurstelling.



Lohner Porsche 1900, uitgevoerd met een electromotor per wiel. [R] GM Chevrolet EV1 c. 1990, een experimentele elektrische auto.

De hype cycle van Gartner

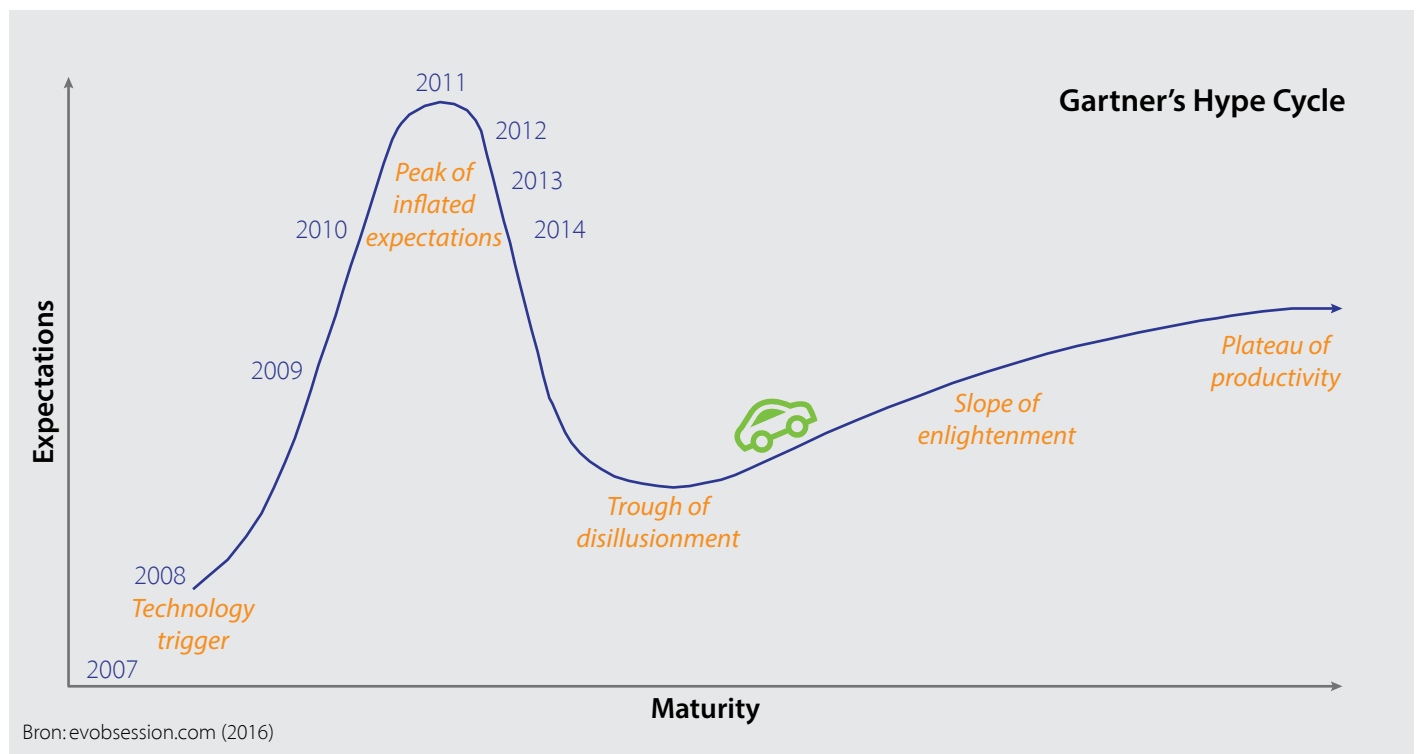
De EV bleek (en blijkt) bij uitstek een onderwerp voor ideologische strijd en fijnslijperij. Letterlijk was er soms sprake van EV-EVangelisten; "believers" en wereldverbeteraars, en werden mensen die kritisch waren over de EV weggezet als old school, als petrol heads, als grove vervuilers. De EV volgde het patroon van de "klassieke" Gartner hype cycle met een snel groeiende interesse en aandacht eerder deze eeuw, gevolgd door toenevende twijfels en cynisme en daarna dalende populariteit. De laatste jaren lijkt de aandacht zich voornamelijk te richten op de problemen en nadelen van elektrisch rijden (actieradius, kosten, opladen).

Wij geloven echter dat de EV zich nu op de "slope of enlightenment" bevindt op de Gartner's hype cycle, waar de EV nu lijkt door te breken.

Gandhi had in de vorige eeuw al zijn eigen "law": "*first they ignore you, then they laugh at you, then they fight you, and then you win*"; en dat lijkt te gaan gebeuren met de Elektrische Auto.

Ondertussen...

Tijd en technologie doen hun werk; veel problemen (echt of imaginair) zijn opgelost, veel problemen worden nog opgelost, de kansen keren, meer en meer kan de EV een oplossing bieden voor grote maatschappelijke problemen zoals klimaat (CO₂), luchtkwaliteit, en de eindigheid van de voorraad fossiele brandstoffen.





THERE'S BEEN A TON OF INNOVATION HAPPENING OVER THE LAST SEVERAL YEARS.
SO, WHAT'S YOUR INNOVATION?

Breakthroughs are often born with someone asking "What if?!"

**WHAT IF SOMEONE
DISRUPTED YOUR
BUSINESS MODEL?** [READ: **WHEN**]

Disrupt your business model before someone else does!

2. Disruptie

Is de EV disruptief? Zit de doorbraak in technologie of in de impact die de EV zal hebben op de traditionele industrie, op consumenten, op milieu? De meningen lopen sterk uiteen.

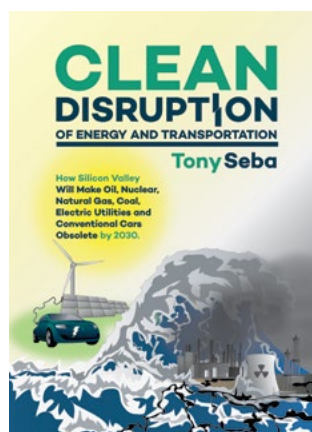
2.1 De EV evangelisten

De grootste voorstanders van de EV zien deze als een ontwrichtende innovatie die de wereld van (personen)vervoer volledig zal veranderen en dit op een korte termijn. Een van de grootste EV evangelisten, Tony Seba (Stanford University) spijkerde vorig jaar zijn stellingen op de deur van Big Oil en Big Automotive. Kort en krachtig is zijn boodschap als volgt:

- alle energie wordt zon en wind
- alle auto's worden elektrisch en (semi) autonoom
- de automarkt krimpt met 80%
- individueel autobezit verdwijnt
- benzine/atoomenergie/kolen/gas verdwijnen
- de verzekeringsindustrie gaat op zijn kop
- de taxi industrie verdwijnt

En, net als Moore's Law in de halfgeleider industrie, geeft Seba een wet af over de exponentiele groei van zonne-energie en de elektrische auto: een verdubbeling elke 2 jaar: van nu 1% binnen 7 stappen en 14 jaar naar 100%.

Bestaande, conventionele, sectoren en technologieën zouden volgens Seba onder druk worden gezet, bijna overbodig gemaakt of op zijn minst gedwongen tot fundamentele koerwijziging. De auto-industrie, "technology-driven and ruled by the speed of the conveyor belt", zal onder druk komen te staan; de traditionele techniek wordt ingehaald, de internal combustion



Bron: Seba

engine (ICE) de conventionele auto met verbrandingsmotor verschuift naar de achtergrond en andere technologie komt op in zowel motoren/aandrijving, energie als in comfort, veiligheid en ICT (telematics, connected car, Internet of Things). Consumenten zullen veranderen in koopgedrag, rijgedrag en bestedingen, aldus Seba.

Die andere giganten van de 20ste eeuw (naast de auto-industrie), de oliemaatschappijen, zullen hun wereld zien veranderen: duurzaamheid, emissies, eindige voorraden, dure exploratie, en niet te vergeten de elektrische auto.

2.2 De EV pessimisten

Tegenover alle pleidooien voor de EV staan, onder andere, de olie-giganten. Eerste stelling (of waarheid in hun ogen) is dat fossiele brandstoffen nog lang dominant zullen zijn. Daar zit een zekere logica in met een snel groeiende wereldbevolking (ruim 7 miljard nu, 8,5 miljard in 2030 en 9,6 miljard in 2050), een verdubbeling van handelsstromen binnen 15 jaar, een meer dan verdubbeld transportvolumes, een verdubbeling van het aantal auto's binnen 35 jaar (van 1 naar 2 miljard) en een daarmee stijgende vraag naar allerlei vormen van mobiliteit, en dus olie en afgeleide en chemische producten.

Daar komt bij dat een grootschalige transitie naar alternatieve brandstoffen en minder CO₂ zoals die bij personenauto's nog denkbaar is (o.a. door de EV dus), moeilijker te realiseren is in scheepvaart en luchtvaart.

Een snelle transitie wordt door de oil majors niet verwacht. Zo voorspelde BP/Exxon een paar jaar geleden dat rond 2040 slechts 4 -5% van alle auto's wereldwijd elektrisch (FEV: Full Electric Vehicle en PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle) zou zijn. Tegelijk wordt verondersteld dat de efficiency van conventionele motoren zou verdubbelen tussen 2012 en 2030.

Bloomberg herkent dat OPEC-gedrag en plaatst er een redelijk nuchtere analyse tegenover. In 2022 ligt volgens Bloomberg het "point of lift off" voor de EV; en zou de prijs voor een EV gelijk aan de prijs voor een ICE.

2.3 Verschillende veranderingen versterken elkaar



Bron: Frost and Sullivan, 2015

ICT; de term blijft hetzelfde maar ICT in de 21ste eeuw is compleet anders dan 20 of 30 jaar geleden.

Telematica in en rondom auto's biedt een scala aan mogelijkheden. Internet of Things omvat binnen enkele jaren meer dan 40 miljard devices. Big Data is een onuitputtelijke bron waar het gaat om procesoptimalisatie, samenwerking door de keten heen, verbetering van klantcommunicatie en klantrelatie.

Mobiliteit verandert qua behoefte en qua invulling. Consumenten veranderen. Het gaat om ontwikkelingen die al zichtbaar worden zoals "van bezit naar gebruik" en "van imago naar functionaliteit" en diensten als car/ride sharing. Vraagstukken rondom klimaat, luchtkwaliteit, congestie, verstedelijking, vragen om nieuwe oplossingen m.b.t. mobiliteit, resp. het combineren van bestaande oplossingen.

De convergentie van automotive, olie&gas/energie, ICT/telematica, en mobiliteit zal leiden tot het verdwijnen van bestaande business modellen en spelers, tot ingrijpende veranderingen bij deze partijen, tot de entree van nieuwe spelers met nieuwe modellen, nieuwe manieren van (samen) werken. De elektrische auto is een van die convergentiepunten die is ontstaan.

De invloed reikt ver

Die 4 factoren samen leiden tot ingrijpende veranderingen binnen de automotive (verkoop, onderhoud, onderdelen), maar ook in de financiële sector (financiering, verzekering, leasing), transport en logistiek, steden- en wegenbouw, milieu (emissie, luchtkwaliteit, ruimtelijke ordening), gezondheid en welzijn. Het gaat niet meer om de auto op zich, maar om mobiliteit, om de consument.

Of zich binnen enkele jaren de grote revolutie zal voltrekken, is de vraag. De EV is wel kansrijk door de snelle ontwikkeling in batterij-technologie. Binnen 5 tot 10 jaar zal waarschijnlijk het punt worden bereikt waarop de EV het in kosten gemeten gaat winnen van de ICE (de conventionele auto met verbrandingsmotor). De voorspelling van de OPEC dat rond 2040 wereldwijd nog geen 5% van de auto's elektrisch is, lijkt dan ook niet logisch. Rond 2040 (en eigenlijk al eerder) moet het overgrote deel van de nieuwe auto's zero-emission zijn om in de buurt te komen van doelstellingen t.a.v. klimaat en luchtkwaliteit. De plussen van de EV in kosten en gemak zijn dan zo groot dat de transitie van conventionele naar elektrische auto voor consumenten zeer laagdrempelig is.

De EV kan onderdeel vormen van een bredere en fundamentele verandering: in opwekking/opslag en distributie van energie, in ICT/telematica, in mobiliteit, en last but not least in consumenten-gedrag. Daarmee is de EV niet zozeer de oorzaak of aanjager van al die verandering, maar is de EV meer onderdeel van dat complexe krachtenveld, onderdeel van de transitie naar een nieuw ecosysteem. Traditionele sectoren zullen hier uiteraard sterk door worden geraakt. De 2 "big elephants" (maar soms reuzen op lemen voeten), de auto- en de olie-industrie, hielden elkaar ruim 100 jaar overeind, maar zullen mee moeten in die veranderingen; vraag is voorlopig of ze dat slechts met de mond belijden terwijl ze hun bestaande business model verdedigen, of dat ze echt in staat en bereid zijn te veranderen en vernieuwen. Hoeveel keuze is er?



Top-3 EV's eind 2015: Tesla, Nissan Leaf en Renault ZOE

3. Waar staan we nu?

3.1 De aantallen

Tegenstanders van elektrisch rijden argumenteren dat in aantallen gemeten het succes van de EV nog zeer beperkt is, het allemaal nog sterk fiscaal gedreven is en dat PHEV's op papier dan nog wel redelijk schoon lijken maar in de praktijk blijkt dit anders te zijn. Deels is dit waar maar wij geloven echter dat de feiten inmiddels een geleidelijk andere wereld tonen.

2014	2014	2015	% YoY
Full electric vehicle	6900	9400	+37%
Plug-in Hybrid EV	37000	78000	+111%
Aantal laadpalen:			
publiek	5400	7400	+36%
Semi-publiek	6400	10400	+61%
snel	265	465	+75%
prive	40.000 (schatting)	50.000 (schatting)	+25%

Bron o.a.: Cijfers Elektrisch vervoer, Rijksdienst voor ondernemend Nederland

Eind 2015 hadden we 9400 FEV's (Tesla 4400, Nissan Leaf 1300, Renault ZOE 1100), plus 37% t.o.v. 2014 en in januari 2016 stijgt dat aantal naar 9600 (ruim plus 2% in 1 maand).

Eind 2015 stond de teller op 78.000 PHEV's, +111% tov 2014 (grotendeels fiscaal gedreven, en veel aangeschaft door de zakelijke markt); hiervan waren er 24.500 Mitsubishi Outlanders, 14.500 Volvo V-60, 8800 VW Golf. Alleen al de maand december 2015 liet een explosie zien met 17.000 nieuwe PHEV's in 1 maand, maar januari 2016 is de voorbode van een verminderde populariteit met slechts 400 nieuwe PHEV's.

De veranderingen in fiscaal regime leiden er toe dat de FEV aantrekkelijker wordt (maar nog steeds een stevige prijs-sticker) en dat de PHEV deels uit de markt wordt geprijsd.

Na een aantal jaren subsidie en fiscale begunstiging, staat de teller net onder de 100.000 elektrische auto's, met een bijdrage van de belastingbetaler van rond de 45.000 euro per auto. Dat moet veranderen dus, en dat is ook aan het veranderen.

3.2 De laadpalen

Het aantal laadpunten lag op (2014): publiek 7400 (5400, +36%), semi-publiek 10.400 (6400, +61%), snellaad 465 (265), en prive (schatting 2015) rond de 50.000. Samengevat: nog geen 2 auto's per laadpaal.

Onderzoek van Energieia over laadpalen in Nederland 2015 (betrekking hebbend op EV.net met 1755 palen en 2875 oplaadpunten) levert uitkomsten die in dat licht niet echt mogen verbazen:

% van beschikbare tijd dat er een auto staat ingeplugd	14%
Gemiddelde inplugtijd	7 uur en 4 minuten
Daadwerkelijke laadtijd	2 uur en 35 minuten
Gemiddeld geladen per laadsessie	8,4 kwh (= plm. 45 km.)
Aantal pashouders/gebruikers per paal	36,4
Aantal palen gebruikt per pashouder	2,5

Bronnen: Energieia en EVnet

3.3 Doelen en dromen

De verwachtingen in de actieagenda elektrisch vervoer voor 2020 liggen hoog:

Totaal aantal elektrische personenauto's	200.000
waarvan FEV	60.000
PHEV	140.000
light commercial vehicles	32.000
trucks	1.000
bussen	500
publieke laadpalen	70.000

In de hier genoemde cijfers wordt alleen gekeken naar Battery Electric Vehicles (BEV) ofwel Full Electric Vehicles (FEV), en Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV). Andere varianten blijven buiten beschouwing. Zie ook de definities in de bijlagen.

Ook het accordo "Green Deal Elektrisch vervoer 2016-2020" bevestigt nog eens dergelijke doelstellingen. Daarbij wordt voor 2020 10% als doel gesteld (10% van alle nieuwe auto's is elektrisch), en voor 2025 ligt de lat op 50% (15% FEV en 35% plug-in). In de Green Deal wordt, terecht, benadrukt dat hierbij ook van belang is dat niet alleen zakelijke rijders maar ook particulieren de overstap maken naar elektrisch.

Hoewel de EV's naar verwachting goedkoper gaan worden, blijft het net die iets grotere investering voor de particulier, hoe zeer ook die EV vanuit TCO oogpunt aantrekkelijker kan worden dan de ICE. Het recente verleden heeft laten zien dat het vaak de zakelijke markt was die elektrische auto's kocht, terwijl de particulier terughoudender was. De consument zocht de afgelopen tijd vooral zijn toevlucht in een gebruikte auto (met dus een opwaartse druk op de prijzen in die markt).

In de Actieagenda (actieagenda wegverkeer elektrisch vervoer 2015-2020) wordt voor 2030 uitgegaan van 2.000.000 EV's, een vertienvoudiging t.o.v. de 2020 prognose; in 2030 zouden er dan 700.000 laadpalen moeten staan.

In de Brandstofvisie (SER Energie-accorder 2014) wordt de lat nog hoger gelegd:

- in 2030 691.000 FEV's en 1,57 mln. PHEV's, totaal richting de 2,3 mln.
- in 2035 moeten alle nieuwe auto's zero emission zijn
- in 2050 rijden er 7,7 mln. FEV's en 3 mln. PHEV's, totaal 10,7 mln. auto's.
- voor de transport- en mobiliteitssector is het doel voor 2030 een reductie in CO₂ emissie van 17% en voor 2050 60%.

	2030	2050
FEV	691.000	7.700.000
PHEV	1.570.000	3.000.000
totaal	2.260.000	10.700.000
Doel CO ₂ uitstoot	-17%	-60%

Het is de vraag of deze projecties realistischer zijn dan de in 2009 door Balkenende/Eurlings geformuleerde target van 1

miljoen EV's in 2020. Daarbij geeft de SER aan dat als de batterijtechnologie snel ontwikkelt (range, capaciteit, kosten) het in 2030 ook tot een totaal andere verhouding kan leiden: veel meer FEV's en minder PHEV's.

Op EU-niveau zijn de doelstellingen ook ambitieus. Voor auto's lag de norm in 2015 op 130 gram/km, en voor 2021 ligt de grens op 95 gr. (uitstoot 1990 rond de 190 gr). Over-all mikt de EU op een CO₂ reductie in 2020 van 20% (t.o.v. 1990), in 2030 40% en in 2050 80 tot 90%.

Randvoorwaarden bij de gehoopte/geplande groei in EV zijn simpel:

- een actieradius > 300 km. in 2020
- een prijsniveau dat sterk concurrerend is met dat van de ICE
- breed en diep aanbod in merken/modellen/uitvoering
- een auto-industrie die bereid en in staat is om in ontwikkeling en productie een omslag te maken van ICE naar elektrische auto's
- fiscale behandeling die consistent is, continuïteit kent, eenvoudig is, selectief stimuleert met oog voor mogelijke perverse prikkels en te sterke marktverstoring
- in bredere zin overheidsbeleid t.a.v. emissienormen, infrastructuur, sturing via de vraagzijde en/of de aanbodzijde van de markt
- diversiteit in laadtechnieken: publiek/privaat, technologie
- decentrale opwekking, opslag en peak shaving
- last but not least: een consument die kan en wil betalen voor andere mobiliteit.

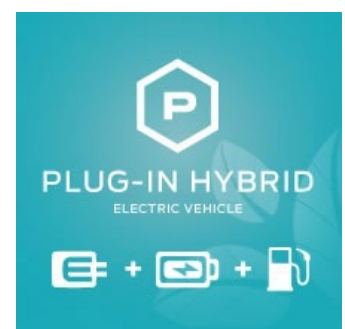
3.4 De PHEV onder het vergrootglas

Het gebruik van de PHEV in de praktijk tot nu toe ligt inmiddels onder het vergrootglas.

Bij de typegoedkeuring van PHEV's is destijds uitgegaan van een bepaalde uitstoot c.q. verhouding tussen rijden op benzine/diesel of op elektriciteit (zie TNO). De werkelijkheid blijkt dramatisch slechter.

Sterker nog, de cijfers worden zelfs slechter. Begin 2013 werd nog ruim 32% elektrisch gereden, begin 2014 was dat nog maar 28% en begin 2015 26%; dit kan worden verklaard door het op de weg zetten van grote aantallen zware PHEV's met een zeer beperkte range. Bij zakelijk gebruik/leasing ligt het brandstofverbruik vaak meer dan 200% boven hetgeen bij de calculatie als norm was gehanteerd.

Bij vooral zakelijk gebruik is al snel sprake van langere aaneengesloten ritten zonder mogelijkheid tot tussentijds opladen. Ook opladen op



Bron: Ford

het werk is niet altijd mogelijk. Logisch gevolg is dus dat er meer op benzine/diesel wordt gereden waardoor de feitelijke gemiddelde uitstoot ver boven de 100gr/km ligt, rond de 120 gram (de Mitsubishi Outlander gaat naar de 150 gram) terwijl gemiddeld over een aantal merken heen de theorie lag op rond de 45 gram, een overschrijding dus met zo'n 175%.

Een Duits onderzoek van Fraunhofer geeft weliswaar andere maar toch ook zeer teleurstellende cijfers.

	UF Type goedkeuring	UF feitelijk	UF bij top-50	CO ₂ type goedkeuring	CO ₂ gr/ km
Volt/ Ampera	77%	28,5%	60%	27 gr	105 gr
Prius	50%	9,2%	31%	49 gr	109 gr
V-60	66%	16%	37%	48 gr	136 gr
Outlander	68%	22%	45%	44 gr	150 gr
gemiddeld		26%			119 gr

UF = Utilization Factor, % van totaal aantal kilometers dat elektrisch wordt gereden
top 50 = de 50 best presterende auto's/berijders in de klasse

CO₂ = standaardmaat, uitgedrukt in gram per kilometer

Bron: TNO, diverse rapporten

De toekomst voor de PHEV ziet er dan ook, zeker voor de langere termijn, niet rooskleurig uit.

De komende jaren ondervindt de PHEV weliswaar al een negatieve invloed van de verandering in belastingwetgeving (zie hieronder) maar zijn er ook nog enkele factoren die een positieve invloed hebben, waardoor de PHEV in zekere zin aantrekkelijk blijft, al is het in de tijd gezien wellicht meer een tussenoplossing.

Nadelen van de PHEV zijn:

- afbouw van fiscale begunstiging, met name in de bijtelling (N.B. het verschil in bijtelling tussen een "gewone" conventionele auto en een PHEV is sowieso voor een particulier niet relevant en vormt dus ook geen prikkel tot de aanschaf van die PHEV)
- relatief dure en inefficiënte productie door de aanwezigheid van 2 aandrijflijnen

Voordelen zijn:

- voor de consument een grotere actieradius dan de FEV (die geleidelijk die achterstand zal inlopen)
- voor de consument een voorlopig aantrekkelijkere prijs dan van de FEV (een voordeel dat dus snel zal slinken)
- voor de autofabrikanten het feit dat PHEV's redelijk eenvoudig zijn te construeren omdat ze passen op bestaande platforms/modellen (terwijl voor FEV's eerder sprake is van specifieke platforms vanwege de omvang, plaatsing en het gewicht van de batterij)
- ook speelt voor de OEM mee dat hij met de PHEV's redelijk

eenvoudig een bijdrage kan leveren (op papier) aan het realiseren van de 95 gram-norm over 4 jaar. Dat kan sommige fabrikanten er toe verleiden om deze auto's relatief gunstig (geprijsd) in de markt te zetten.

3.5 De fiscus

Zo lang er autobelastingen zijn, zijn er klachten over de onrechtvaardigheid ervan, de verschillen met het buitenland etc. Ook de afgelopen jaren waren er veel klachten vanuit de automobielsector, bewegingen rondom milieu en duurzaamheid, en vanuit consumenten.

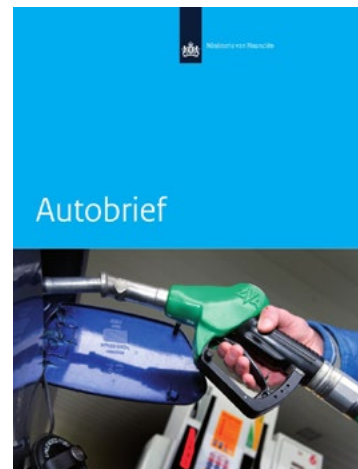
Op hoofdlijnen draaide en draait het ook de komende jaren bij autobelastingen om:

- het genereren van voldoende en stabiele belastinginkomsten
- het stimuleren van goed gedrag en het leveren van een bijdrage aan het behalen van doelstellingen m.b.t. klimaat en luchtkwaliteit
- dit alles onder een aantal randvoorwaarden t.a.v. redelijkheid, consistentie, voorspelbaarheid, het voorkomen van marktverstoring, misbruik, ontwijking e.d.

Terugkijkend (zie ook belastingbrief/autobrief voor details) ontbrak het de afgelopen jaren aan consistentie, helderheid en eenvoud. Continue wijzigingen in percentages, normen, regels over vrijwel het hele spectrum van autogerelateerde belastingen (BPM, wegenbelasting en bijtelling) leidden tot onoverzichtelijkheid, willekeur, marktverstoring, ontwijking, oneigenlijk gebruik etc.

Voldoende reden om dit, politiek altijd gevoelige, dossier nog eens aan te pakken voor de komende jaren.

Vanuit het perspectief van de elektrische auto, komen er belangrijke wijzigingen. Los van de details (wederom, zie de autobrief 2) zijn de uitgangspunten hierbij van belang. De overheid constateert terugkijkend dat er de afgelopen jaren per vermeden ton CO₂ uitstoot 1600 euro belastinggeld is gespendeerd; een fors bedrag t.o.v. de internationaal gehanteerde horizonprijs emissiemarkt van 40 euro, en de prijs in de emissierechtenmarkt van zo'n 6 euro. Anders gezegd, per elektrische auto (incl. de plug-ins) is meer dan 45.000 euro gespendeerd. In Haagse kringen wordt dit, terecht, als minder gewenst gezien. Het was en is goed dat een overheid nieuwe technologie op weg helpt, acceptatie vergroot, een markt over het dode punt heen helpt etc. maar er zijn grenzen.



Het ruimhartig stimuleren van PHEV's die (zie boven) in de praktijk slecht presteren, is bijvoorbeeld taboe in de toekomst. Daarbij stelt de overheid dat op enig moment de markt zijn werk moet gaan doen; subsidies moeten worden afgebouwd resp. anders worden gericht. Op dat moment moet de prijs van een EV inmiddels ook zo ver zijn gedaald dat deze concurrerend is met conventionele auto's, en moet de EV die lastige pioniersfase achter zich hebben gelaten.

Daarom denken wij dat na 2020 (ergens richting 2025) de subsidies op elektrische auto's zullen gaan verdwijnen. PHEV's gaan al eerder onder het mes; deze zullen in stappen steeds meer behandeld worden als vergelijkbare "reguliere" auto's met een verbrandingsmotor. De Tweede Kamer bracht begin april nog wat wijzigingen aan door de voorgenomen korting op de bijtelling na 2016 te schrappen, en het halftarief in de MRB voorlopig te handhaven. De puur elektrische auto (zero emission) blijft voorlopig aanzienlijke voordelen genieten.

De discussies over de rol van de overheid (niet alleen de belastingdienst) met betrekking tot elektrisch vervoer en de doelstellingen op het gebied van klimaat en luchtkwaliteit, zullen ongetwijfeld worden voortgezet. De discussie zal worden gevoed door ideologie, door feiten, door algemeen belang versus deelbelangen, door inschattingen t.a.v. haalbaarheid en effectiviteit van wet- en regelgeving.

3.6 De rol van de overheid

De overheid heeft daarbij een aantal opties, bijvoorbeeld:

- het stimuleren van R&D, kennis-ontwikkeling, de vertaling naar toepassing en schaal
- het stimuleren van verkoop van zero emission auto's via de vraagzijde in de markt door beloning in de sfeer van MRB, BPM, bijtelling etc. dan wel het ontmoedigen van ongewenste aankopen
- het stimuleren van gewenst gedrag; niet alleen het bezitten van een schone auto maar vooral het feitelijk gebruik ervan (accijnzen, verlaging van de heffing op elektriciteit via laadpalen, speciale parkeerfaciliteiten, aparte rijstroken etc.)
- het stimuleren via de aanbodzijde door geleidelijke aanscherping van emissienormen (zoals nu gebeurt), resp. het afdwingen van een (hoog percentage) zero emission in de verkoop van nieuwe auto's.

Maatregelen kunnen onbedoeld grote neveneffecten hebben in de totale verkoop van nieuwe auto's, beschikbaarheid van voldoende modellen en variatie, de (mis)match met (laad)infrastructuur, de betaalbaarheid van auto's voor de consument, de positie van retailers, de noodzakelijke investeringen en aanpassingen bij fabrikanten. Marktpartijen en overheden samen moeten waarborgen dat aan een aantal randvoorwaarden voor groei in het aantal EV's wordt voldaan (zie ook 3.3). Een snelle en abrupte overgang naar zero emission kan

aantrekkelijk zijn om bij fabrikanten direct schaalgrootte te realiseren en de klimaatimpact te versterken; de bekende "kip of ei" vraag wordt daarmee doorbroken. Een te trage aanpassing kan de druk van de ketel halen, leidt niet snel genoeg tot brede toepassing en grote schaal, waarmee kostenverlaging in productie en een adequaat distributienetwerk (laden/tanken) te lang op zich laat wachten. Bij de transitie van conventionele naar elektrische auto, zullen geleidelijk nieuwe problemen de kop opsteken, denk aan de veranderende restwaarde van conventionele auto's, de steeds beperkter toegang tot stedelijke gebieden, de afbouw van de capaciteit aan traditionele benzinestations (met op termijn zelfs een omgekeerde kip-ei vraag: durf je nog wel met een benzineauto te rijden als het netwerk aan stations steeds verder krimpt). Noorwegen voert de druk op en regelt binnenkort dat in 2025 100% van de nieuwe auto's zero emission is. Oostenrijk overweegt zelfs om 2020 te kiezen. Voor Nederland ligt dit doel in 2035, o.a. op basis van het SER Energieakkoord (het streven is inmiddels op basis van een motie van de PvdA in maart 2016 gericht op 2025).

Overall speelt de discussie over de "*zero emission turning point*": wanneer moeten alle nieuwe auto's die worden verkocht zero emission zijn? Liefst zo snel mogelijk, zeggen de voorstanders. De impact is dan maximaal, het dwingt (en helpt) de industrie om snel op grote schaal een breed aanbod van elektrische auto's te ontwikkelen, en het dwingt de consument tot gewenst gedrag. Onmogelijk, zo zeggen de tegenstanders van deze versnelde invoering van zero emission: de industrie moet nog om, de prijs van een EV moet gunstiger worden (de kosten moeten gelijk zijn aan of lager zijn dan de kosten van een conventionele auto), er moet een breed aanbod komen van modellen, de consument mag niet dubbel worden gestraft met een sterke daling in de waarde van zijn oude auto (bijvoorbeeld doordat het rijden in een conventionele auto fiscaal steeds onaantrekkelijker wordt) en een nog steeds forse prijs voor een nieuwe EV, en de impact op de economie moet worden gematigd (de complete automotive incl. de brandstofsector).

Een compromis tekent zich af waarbij het jaar van 100% zero emission bij nieuwe auto's iets wordt vervroegd t.o.v. het energie-akkoord (2035) waarbij een stapsgewijze ontwikkeling richting 100% wordt afgedwongen tussen nu (2016) en dat nog te kiezen jaar (bijvoorbeeld 2032) met een combinatie van fiscale instrumenten om schone auto's nog verder te pushen en "vuile" auto's geleidelijk meer te ontmoedigen.

Met de huidige levensduur van auto's duurt het vervolgens meer dan 15 jaar voordat de laatste walmende uitlaat naar de schroothoop gaat, gerekend vanaf het moment dat alle nieuw verkochte auto's echt brandschoon zijn.

In absolute aantallen gemeten is het nog marginaal: 100.000 elektrische auto's op een park van afgerond 8 miljoen. Slechts 9400 auto's zijn volledig elektrisch. Met alle verbeteringen van de EV in actieradius, laadsnelheid, kosten etc. is het nog maar de vraag op welke aantallen FEV's en PHEV's we gaan uitkomen in 2020. In 2017 moet dan al een eerste doorbraak zichtbaar worden door die betere en goedkopere batterij, moeten er meer modellen beschikbaar komen over de segmenten heen, en moet uiteindelijk de consument (c.q. de zakelijke rijder) echt om. Ook de doelstelling van 2030 met ruim 2 miljoen auto's is vooralsnog erg ambitieus; daarvoor moet al vroeg in het decennium het kantelpunt worden bereikt: de EV net zo duur als en vervolgens snel goedkoper dan de conventionele auto, passend fiscaal beleid, verdere aanscherping van emissienormen, en last but not least een omslag in denken en gedrag bij de consument.

PHEV's zijn waarschijnlijk slechts een tijdelijke oplossing in deze ontwikkeling; op termijn worden deze auto's qua techniek, pricing en fiscale behandeling minder interessant.

De fiscus draait na een aantal jaren met ongebreidelde subsidies, wildgroei, complexiteit en ongewenste neven-effecten, de duimschroeven aan: minder CO₂ impact (meer luchtkwaliteit?), minder complexiteit en vooral meer consistentie, meer marktwerking rondom meer volwassen producten die door de innovatiefase heen zijn, en dus minder subsidies.





4. Is de EV de uitweg voor producenten?

Autoproducenten moeten hun weg vinden in een complexe en dynamische omgeving met grote technologische uitdagingen, de druk van strenge wetgeving met harde sancties, grote concurrentie tussen fabrikanten en vanuit nieuwe toetreders, ingrijpend veranderend consumentengedrag, een nieuwe invulling van mobiliteit met daarin een andere rol voor de auto.

100 jaar historie, gevestigde technologie, en marktdominantie maken een autofabrikant niet tot de meest wendbare marktpartij. Rondom de EV is er aarzeling door de grote investeringen die het vraagt, de onzekerheid of de EV het uiteindelijk gaat maken, door de consument die nog steeds niet 100% kiest voor die EV. De tijd dringt.

4.1 Dieselgate

Er zijn nog steeds grote verschillen tussen droom, verwachting, doel, regelgeving, en uitvoering.

Dieselgate heeft nog maar eens laten zien waar we staan. Enerzijds een auto-industrie die vanuit (legitiem) eigenbelang al heel lang werkt aan veiligheid, comfort, lagere TCO, schonere en zuinigere motoren met hogere fuel efficiency. Anderzijds een industrie die (gesteund of gedoogd door Brussel) regels kreeg opgelegd die zelfs legaal relatief gemakkelijk konden worden omgebogen/omzeild (wie voert de test uit, onder welke omstandigheden, gunstige aanpassingen aan auto en motor-management).

Fabrikanten hadden en hebben last van een dilemma: bouwen we auto's, gebaseerd op prestatie? (op wat de klant wil resp. wat we denken dat hij wil), of bouwen we auto's gebaseerd op uitstoot en compliance met EU-normering? Vanuit het idee dat de consument uiteindelijk het liefst vermogen en prestatie wil, maar de fabrikant helaas aan regels moet voldoen? Het lijkt erop dat fabrikanten hierbij enkele veronderstellingen hanteren die naar onze mening niet helemaal juist zijn:

- autorijden is voor de consument alleen maar mogelijk met veel vermogen, decibellen, en *"the smell of burning rubber"*.
- elektrisch rijden is onaantrekkelijk voor fabrikant en consument maar het is nu eenmaal noodzaak.



Bron: Autoblog, 2014

In deze aannames zit een groot probleem verscholen. De consument waardeert de auto van een bepaald merk vooral vanwege vermogen, prestatie maar ook imago, status, fun,

het gevoel “king of the road” te zijn. Als dat zo is, dan zou, zo is de redenering, de EV op alle punten minder scoren: minder vermogen, minder imago (of zelfs negatief, een heel verkeerd imago), geen status etc. Deels zijn deze veronderstellingen onjuist: vermogen is er wel degelijk en acceleratie nog veel meer, status, design en imago kunnen overeind worden gehouden: denk aan elektrische versies bij Porsche, Aston Martin en andere premium-merken.

Andy Palmer, CEO van Aston Martin, zei het treffend: *We are a V-12 company (12 cylinders dus). “Downsizing (dus een kleinere motor) is no option; do I see an Aston Martin with a 3 cylinder engine? God forbid. You’ve got to do something radical. Electric power gives you that power, that torque”* (het koppel dus, Newton meters).

4.2 OEM's worstelen met EV

Dat OEMs nog maar beperkt enthousiast zijn voor die EV, en worstelen met het in de markt zetten ervan, wordt ook zichtbaar op retailniveau. De reclame en promotie voor de EV zijn nog niet echt overtuigend, in de showroom dwaalt de salesinspanning al snel af richting de benzine-auto. Wil die klant eigenlijk geen EV en reageert de dealer daar dan op? Dat is een verklaring maar een andere verklaring is gelegen in het idee dat die EV eigenlijk maar een soort tweede keuze is voor velen.



Bron: CNBC

Daarmee plaatst de fabrikant (of eigenlijk het hele merk-kanaal) zichzelf in een onmogelijk dilemma: we moeten wel EV's gaan verkopen om te voldoen aan emissienormen, maar we zijn daarbij niet in staat om de kosten van die EV vol door te zetten naar de consument en dus zijn we gedwongen slechte marges te accepteren. Vervolgens wordt dan een “gulden” middenweg gekozen: we ontwikkelen technologie, leggen het op de plank, zorgen voor modulaire toepassingsmogelijkheden om op het juiste moment EV aan te kunnen bieden in een brede range van modellen; dat is wat er gebeurt. Fabrikanten zitten daarmee wel in een lastige positie. In technologie moeten ze meerdere sporen blijven

volgen: verdere verbetering van de ICE, het ontwikkelen van de EV met batterij, van de fuel cell/waterstof oplossing, en van plug-in varianten. Een al te abrupte overgang naar nieuwe schone auto's levert problemen op in o.a. productie en investeringen, maar met een trage geleidelijke omschakeling naar EV blijft schaalvoordeel te lang uit, blijven de kosten per eenheid te hoog (en/of de verkoopprijs te laag). Schaal (nog steeds die lopende band) blijft key.

Daarbij komt dat consumenten (geleidelijk, en zeker niet geldend voor alle consumenten respectievelijk segmenten) opschuiven in de beleving en waardering van auto's: functionaliteit en gebruik worden belangrijker dan bezit en imago, vooral als dat is omgeven met comfort, veiligheid, entertainment, gemak, connectivity; en als die auto een logisch onderdeel wordt van het leven, prive en werkend (van Connected Car naar Connected Living en Internet of Things). Experience blijft belangrijk, maar wordt ontleend aan andere features dan de flippers van een versnellingsbak, de expressieve orgelpijpen/uitlaten aan de achterzijde, en de macht van de rechterpedaal die dient om al dat vermogen op het asfalt te brengen en tegelijk dient als volumeknop voor dat mooie markante geluid.

Het manipuleren van software (zoals dat in najaar 2015 naar buiten kwam) zou kunnen worden gezien als een nogal arrogante en uiteindelijk jammerlijk mislukte poging om prestatie en compliance (althans voor de buitenwereld) te combineren. Het willens en wetens manipuleren (via de uitvoerig beschreven software) van tests en uitkomsten moet worden gezien als een dieptepunt. Los van directe gevolgen voor betrokken fabrikanten, heeft dit schandaal een impact die verder kan reiken voor de markt als geheel.

Het kan (tijdelijk) de waardering van bepaalde merken beïnvloeden, het kan wantrouwen aanwakken jegens (smerige) diesels, het kan tot een andere waardering leiden van de elektrische auto als schoon maar ook steeds betaalbaarder alternatief. Misschien is het voor sommige fabrikanten een “*blessing in disguise*”: het dieselschandaal schudt de markt wakker, en versnelt de acceptatie van alternatieven.

Deels zien we dit terug in het gedrag van fabrikanten. Meer en meer worden plannen aangekondigd (of zelfs concreet data genoemd voor marktintroductie) van elektrische auto's, investeringen in batterij-technologie en de waterstof/brandstofcel auto. Dieselgate zal niet direct de hoofdoorzaak zijn maar heeft menig board room op zijn minst gepusht tot stevige beslissingen. Fabrikanten moeten wel. De markt vraagt er om (schoon, goedkoop, comfort, connected etc.), je moet ergens op kunnen blijven concurreren; en de overheid vraagt het en straft verkeerd gedrag. En die straf is fors.

4.3 De opgeheven vinger van Brussel

De EU heeft de transportsector als geheel een 60% reductie in CO₂ emissie opgelegd in 2050. Wegtransport, luchtvaart en scheepvaart, zullen qua emissie in vergelijking met de auto waarschijnlijk wat achterblijven in de realisatie. Dit betekent in de praktijk dat personenwagens en bestelwagens ter compensatie in 2050 op zero emission moeten zitten. De situatie nu is grofweg als volgt: van de totale CO₂ uitstoot in de EU is 24% veroorzaakt door transport in brede zin (ruim 70% daarvan is over de weg, 13% is burgerluchtvaart), 29% wordt veroorzaakt door de energiesector en 11% door de landbouw. Auto's nemen 12% van de totale uitstoot voor hun rekening.

Behalve die altijd wat vrijblijvende eindsituatie (2050 in dit geval) zijn er tussenstappen benoemd voor de autofabrikanten. Zij moeten over het totaal van hun auto-productie in enig jaar een bepaald gemiddelde halen (dus over de mix van alle auto's die van de band rollen in alle modellen en uitvoeringen). Voor 2015 was dat 130 gram CO₂/km. Targets zijn vervolgens: 95 gram in 2021; daarna kan het gaan in de richting van een norm tussen 68 en 78 gr. in 2025 en tussen 0 en 36 gr. in 2035. Het feitelijk gemiddelde lag overigens in 2014 met 123,4 gram al onder de 2015-norm.

Ongetwijfeld zullen nationale/industrialabelangen en de lobby hun werk doen en het allemaal wat afzwakken of temporeren, maar de richting is helder.



Bron: Volkskrant

Fabrikanten kunnen naar die targets toe werken met hun hele "gereedschapskist": downsizing, andere modellenmix (hoewel de klant koning blijft en de fabrikant natuurlijk graag die wat duurdere modellen verkoopt die relatief wat meer vervuilen helaas), fuel efficiency, gewicht, betere verbranding, behandeling uitlaatgassen etc.

Hiermee zijn grote stappen gemaakt, maar de vraag is of fabrikanten met die ICE echt nog veel verder kunnen om die EU-target te halen. Zelfs als dat technisch gezien al mogelijk zou zijn, is het nog de vraag of de meerkosten hier tegenop wegen, resp. of de markt bereid is meer te betalen. De ICE nadert zijn grens, zo wordt gezegd in de industrie. Daarmee

is het denkbaar dat ICE-auto's duurder worden, juist door die nieuwe technologie, en dus minder concurrerend worden met de EV. Op langere termijn kan de ICE minder aantrekkelijk worden omdat zijn restwaarde geleidelijk verslechtert; consumenten willen niet meer in relatief vuile auto's met een hoge TCO.

Veel meer kleine auto's bouwen is een oplossing, maar de marktvraag blijft hier logischerwijs leidend. De voor de hand liggende oplossing is dan de EV (met batterij of met fuel cell) of PHEV; aannemende dat deze dan inmiddels scherp is geprijsd, voldoende range heeft, aantrekkelijk en begeerlijk blijft etc.

"It all starts with ambition" dachten ze ooit bij Renault Nissan toen ze als doel stelden om in 2017 1,5 miljoen elektrische auto's te verkopen in 2017; het werden er in 2015 ruim 300.000. Volvo kondigde recent aan dat ze in 2025 1 miljoen elektrische auto's willen verkopen (N.B. totale jaarproductie 2015 lag op 500.000).

4.4 What, if not? boete dus

De "vervuiler betaalt" som:

De totale hoeveelheid (theoretische) uitstoot van alle auto's die zijn geproduceerd in een periode, gedeeld door het aantal = de gemiddelde uitstoot van de fabrikant per auto. Deze wordt vergeleken met de norm, en per gram afwijking wordt een boete geheven per geproduceerde auto.

Voorbeeld: fabrikant maakt 1.000.000 auto's, de gemiddelde uitstoot bedraagt 100 gram, de norm ligt op 95 gram, de overschrijding is dus 5 gram, de boete per gram afwijking is 95 euro. De totale boete is dan $5 \times 95 \times 1.000.000 = 475$ mln. euro.

De EU slaat dus terug. Maar er kan nog iets gebeuren, zo mogelijk nog ernstiger: de markt straft af. Jouw modellen-gamma wordt minder door de consument gewaardeerd (maatvoering, design, uitstoot, ICE versus EV, TCO) dan die van de concurrent.



Bron: softpedia.com

Wordt het een bestaand premium-merk met een Apple display? Of een Apple auto met nog wat techniek van een traditionele OEM?

Hierbij gaat het niet alleen of niet zozeer om direct vergelijkbare auto's (jouw benzineauto tegen die van een ander direct concurrerend merk); de concurrentie verschuift voor een deel naar Tesla, Google, Apple, "the Valley" (Silicon Valley als de verzamelnaam voor alle nieuwe technologie) en daarmee is concurreren toch voor veel fabrikanten nog een grote puzzel.

In toenemende mate maken fabrikanten zich zorgen over die nieuwe technologie, die nieuwe spelers. Enerzijds kunnen ze een dominante rol gaan spelen als leverancier en als strategisch partner (welke OEM durft Apple met Apple Car Play de deur te wijzen als jouw klanten verliefd blijven op die Apple life style?), maar nog een stap verder kunnen ze auto's gaan (laten) bouwen, data- en mobiliteitsgerelateerde diensten gaan aanbieden?!

Dit is een serieus spel; niet voor niets in 2015 hebben de 3 premium-merken (Audi, BMW, Mercedes) de handen ineen geslagen om Nokia's high resolution mapping activiteit HERE over te nemen.

Nieuwe marktverhoudingen hebben grote consequenties: volume krimpt, de lopende band (heilig in productieomgeving) gaat haperen, in de toelevering treedt stagnatie op. Zo werkt de markt en zo hoort het.

De praktijk zal het leren. Voor de OEM is het grotendeels een kwestie van rekenen:

- wat kost het om een ICE nog schoner te maken? wil de consument daarvoor betalen of gaat mijn marge omlaag?
- waar ligt voor de consument het omslagpunt tussen ICE en EV?
- kan en moet de prijs van de EV omlaag om maar aantallen te draaien? Enerzijds door bewust de verkoopprijs te verlagen ten koste van de marge (eventueel gecompenseerd door ICE auto's wat duurder te maken), anderzijds doordat de EV productie zelf goedkoper wordt door schaal, materialen, ontwerp etc.
- wat kost het om een zero emission EV te ontwikkelen en bouwen en hoe verhoudt zich dat tot de boete die ik krijg bij non-compliance? (los van commerciële en imago schade).
- gaat de EU "belonen" als je als fabrikant beter scoort dan de norm, resp. kan ik dat omzetten in een soort emissierechten die ik kan verkopen aan een andere fabrikant?
- gaat de EU via de vraagkant stimuleren (demand-pull subsidies)?

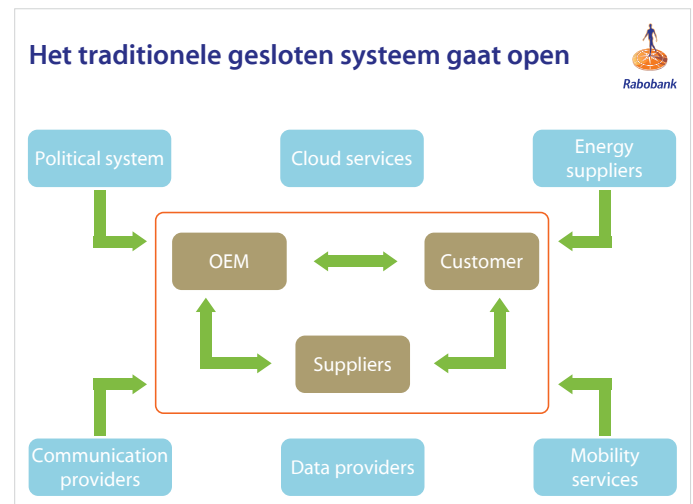
De EU kan voor verrassingen zorgen. De manier waarop uitstoot gemeten wordt, zal gaan veranderen en strenger worden en logischerwijs doelstellingen t.a.v. klimaat (CO₂) en luchtkwaliteit dienen.

Naast emissies (Well to Tank to Wheel) zal er meer aandacht komen voor emissies gedurende de complete life cycle

(de zogenaamde life cycle assessment); daarbij wordt ook gekeken naar de emissies die ontstaan tijdens de productie, het onderhoud en de recycling van de auto en eventueel batterij. Daarbij staat de EV dan enigszins op achterstand: de CO₂ uitstoot van lifecycle materials bedraagt voor een conventionele auto 45 gr/km maar voor een EV rond de 65 gr/km (hetgeen met name zit in de productie van de batterij).

4.5 Andere business modellen

Veel autofabrikanten kennen een lange historie en slepen de erfenis van het verleden mee.



Bron: IKT automotive rapport (2014), Roland Berger, The Connected Vehicle Ecosystem, 2012

Snelle verandering en zeker een fundamentele omschakeling (in technologie, wetgeving, consumentengedrag etc.) zijn lastig. De autowereld was heel lang overzichtelijk en gesloten, maar inmiddels is er sprake van een complex en open systeem; daarin zijn niet langer de autofabrikanten en hun traditionele toeleveranciers dominant, maar treden meer en meer nieuwe spelers toe. Rondom telematica, connectivity, en autonoom rijden zijn het partijen die hardware, software, platforms e.d. ontwikkelen, de leveranciers van informatie en entertainment. Maar ook concepten als car sharing zetten de markt in beweging. In de retail verandert veel, denk maar aan het benutten van data uit de auto, het gebruik van verschillende kanalen voor sales en klantcontact. En soms komen er nieuwe autofabrikanten op de markt, die het allemaal echt anders gaan doen, niet erfelijk belast zijn, vastzitten aan grote fabrieken, en distributienetwerken.

Tesla ziet het allemaal aan met een stijging in verkoop, nog steeds forse verliezen en een fabelachtige beurswaarde. Een nieuw model (kleiner, goedkoper), de Tesla Model 3, kreeg zijn vuurdoop eind maart 2016 nadat de introductie al enkele malen was uitgesteld. De verwachtingen zijn groot met een range van 350 kilometer, een prijs van rond de 35.000 euro en 200.000 orders in de week van introductie; jammer dat de auto pas vanaf eind 2017 wordt uitgeleverd.

Tesla zit in het oog van de storm: ze bouwen (luke) auto's met een actieradius van rond de 350 km., 100% elektrisch, ze doen diagnoses, onderhoud en software updates op afstand, connected car is daar gewoon. Ze bieden onderhoud met veel services, hebben herkenbare showrooms/experience centers/inner city stores (met gevoel voor design en perfectie à la Apple), ze bieden een groeiend netwerk aan van eigen fast charge stations waar je levenslang gratis stroom kan tappen

In business-termen: het bedrijf is verticaal geïntegreerd, biedt alles gedurende de levensloop van een auto, heeft two way connectivity consequent doorgevoerd, legt een verbinding met energie-opwekking en opslag (zonnepanelen, wind, stand-alone opslag/de Power Wall), pakt de klant compleet in (of wat vriendelijker gezegd: werkt met een sterke customer lock-in).

Ook Tesla is af en toe van de evangelisatie: We willen jou niet een auto verkopen maar willen dat je minder energie verbruikt, onze klant is "the entire human race"; we willen geen patenten maar kennis delen (wie niet kan delen, zal niet vermenigvuldigen). Mooie nobele overwegingen natuurlijk waarbij de oerhollandse vraag over Tesla en CEO Elon Musk zich aandient: zijt gij de koopman of de dominee? Musk is het, allebei.

Autoproducenten hebben het moeilijk dus maar er zijn ook positieve signalen. Voorlopig zuchten de OEM's en worstelen ze met de gevolgen van al die veranderingen: andere technologie, andere auto's, andere marges, minder after sales en parts, minder nieuwe auto's, andere business modellen. Verzet tegen of de ogen sluiten voor strengere emissie-normen, de eindigheid van fossiele brandstoffen, andere cosumentenbehoefes, is zinloos. De EV is een logische ontwikkeling, een onderdeel van de oplossing.

De EV vormt samen met grote trends als telematica, connectiviteit, sharing, Mobility As A Service, onderdeel van een paradigma-verschuiving in de sector, en van een gelijktijdige integratie van 2 werelden: die van de auto en mobiliteit enerzijds en die van de energie-opwekking, opslag en distributie anderzijds. Hier ligt de grote uitdaging: OEMs kunnen het leuker maken en makkelijker.



Bron: Tesla (2016). Tesla (links boven), Tesla store Londen (rechts boven), Tesla supercharger (links onder), Tesla Nevada batterijenfabriek concept (rechts onder)



5. Zal de consument de EV omarmen?

Het draait uiteindelijk gelukkig nog steeds om de klant, consument of zakelijk rijder. Die is nog niet overtuigd zo blijkt. Wie kiezen er nu voor de EV? wat zijn in die afweging de plussen en minnen? Hoe kiest die consument?

5.1 Het profiel

Wie zijn dat nu, de mensen die overstappen naar een elektrische auto? Het profiel is misschien niet verrassend:

	<i>PHEV</i>	<i>FEV</i>
Gem. km. Per dag	74	63
Lease/koop verhouding	50%/50%	29%/71%
Geen ander vervoermiddel naast EV	55%	
Maakt (soms) gebruik van OV	20%	
Oplaadpunt thuis	67%	83%
Oplaadpunt werk	68%	66%
Bereid om "premie" te betalen voor:		
Faciliteiten	32%	28%
Handige locatie	39%	43%
Snel laden	51%	71%

Bron: AnteaGroup et al. (2015)

Het gaat overwegend om mannen, in de leeftijdscategorie 35 tot 55 jaar met een woon-werk afstand van 32 km. Ook in het buitenland blijkt dat het vaak de relatief wat jongere consumenten zijn, hoger opgeleid, met bovengemiddeld inkomen, met gelegenheid om thuis en op het werk te laden etc.

In die groep kan nog een onderscheid worden gemaakt (zie McKinsey) tussen de "trendy greens" (milieubewust, betere wereld, openstaand voor vernieuwing) en de "TCO sensitives" (gericht op kosten, en bereid om reis/mobiliteitsgedrag daarop aan te passen).

5.2 De impact voor de consument

Deze ligt wel voor de hand op veel punten:

- kosten aanschaf, de kosten van benzine vs. elektriciteit (overall verschil in Total Cost of Ownership)
- van tanken (bij een pomp) naar laden bij een paal, thuis op de oprit
- vanuit de overheid fiscale stimulansen, gratis parkeren, gebruik van aparte (OV)rijstroken
- geleidelijk meer range voor de elektrische auto
- fiscale impact in BPM, MRB, fiscale bijtelling
- andere rijbeleving, "minder/andere Freude am Fahren", meer convenience, comfort etc.
- auto meer als integraal onderdeel van mobiliteit, van je leven, prive en werk
- auto als onderdeel van de "sharing economy", lang leve het delen (i.p.v. het hebben)
- auto/mobiliteit als subscription model, pay as you drive, Mobility as a Service
- klant krijgt andere packages: auto plus batterij plus stroom, plus paal, plus fast charge (Tesla- of Fastned model)
- fijn idee dat de wereld wat schoner wordt.

5.3 Innovators en early adopters

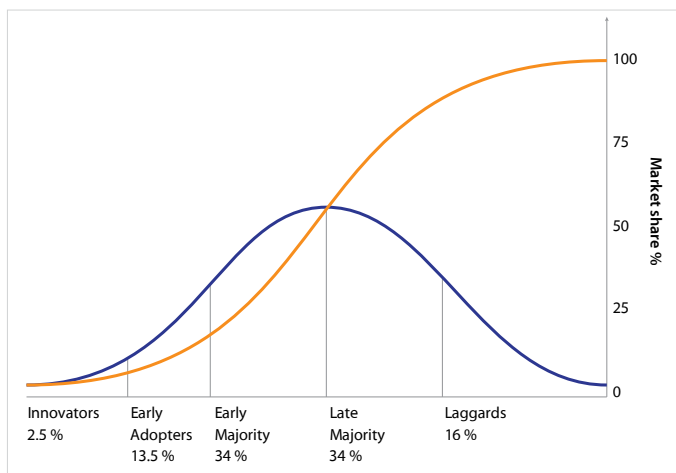
We nemen aan dat de consument verandert, steeds positiever staat tegenover de EV, car sharing, de autonome auto, telema-

tica etc. maar er is steeds meer indicatie dat die mind shift nog wel eens tegen kan vallen. Het lijkt er op dat de consument traag reageert, en minder snel verandert dan de technologie.

Op zich strookt dit met het beeld rondom innovatie in het algemeen waarbij een kleine voorhoede in een vroeg stadium switcht (bij EV's bijvoorbeeld de Hollywood-scene met diCaprio, Nicholson, Pitt, Jolie), gevolgd door de "early adopters" etc.

De acceptatie groeit dan door voorbeeldgedrag, door "bewijs", reputatie, prijs etc. Ook voor de elektrische auto zou dit dus moeten gelden, waarbij fiscaal regime en regelgeving over uitstoot, klimaat e.d. een flinke push geven.

Vaak wordt de vergelijking gemaakt met de snelle acceptatie van de auto eind 19de eeuw.



Die acceptatie verliep ook niet zonder slag of stoot. De eerste stoomaangedreven auto's in Engeland mochten 30 jaar niet harder dan 4 mijl per uur en moesten worden begeleid door mensen met een rode vlag (regels die werden afgedwongen door de spoorwegen in UK). De eerste auto's met verbrandingsmotor moesten ook in de bebouwde kom vooraf gegaan worden door iemand met een rode vlag.

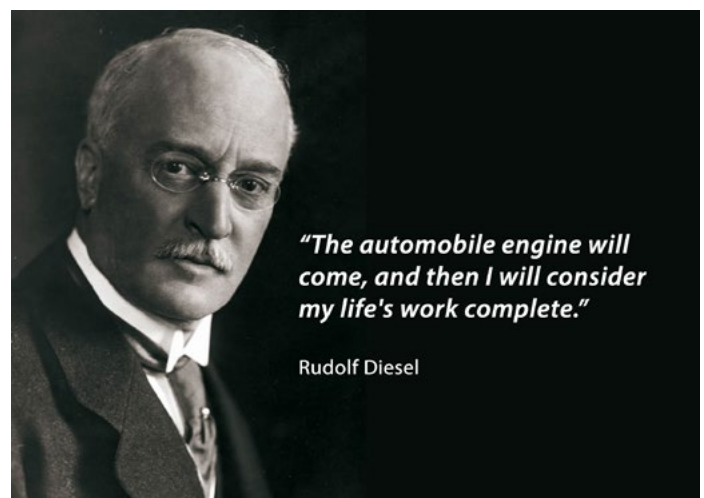
Maar die benzine-auto had toch vrij snel voor de consument grote voordelen: sneller, grotere afstanden, vrijheid, de mogelijkheid om buiten de steden te gaan wonen op grotere afstand van het werk etc.

5.4 Diesel als success story

Nog een voorbeeld van adaptatie en acceptatie door de markt: de dieselmotor. Deze is er ook al zo'n 100 jaar, maar de grote doorbraak in de personenwagenmarkt kwam pas in de 2e helft van de 20ste eeuw. Het diesel-succes ontstond doordat een aantal seinen op groen stond, aan een aantal voorwaarden was voldaan. Er was een overcapaciteit in diesel, prijzen waren laag en de fiscale behandeling was uitermate vriendelijk, de technologie was bewezen, motoren waren relatief zuinig. Autofabrikanten wilden grote aantallen auto's

bouwen voor de thuismarkt (Frankrijk, Italië, Duitsland).

Vanaf de jaren '80 werden nadelen t.a.v. geluid, prestatie en uitstoot geleidelijk verbeterd door nieuwe technologie. T.a.v. uitstoot mochten diesels meer stikstofoxiden uitstoten (althans in Europa, niet in de USA) dan benzinemotoren; maar in de jaren '90 komt daar een grote plus tegenover: diesels bleken door laag brandstofverbruik in zekere zin "schoner", althans produceerden minder CO₂ dan benzinemotoren. "Eureka" dacht de autoindustrie: we leveren een geweldige bijdrage aan klimaatdoelstellingen met een oude, weliswaar geperfectioneerde, technologie en hoeven niet in nieuwe en dure technologie te investeren. Het diesel-aandeel in het Europese wagenpark vliegt in nog geen 20 jaar van 15% naar boven de 40%.



En daar zitten we dan in najaar 2015: de CO₂ reductie van diesels is er weliswaar maar is relatief beperkt (die leek ooit boven de 25% te liggen, maar in de praktijk ligt die eerder onder de 15%)

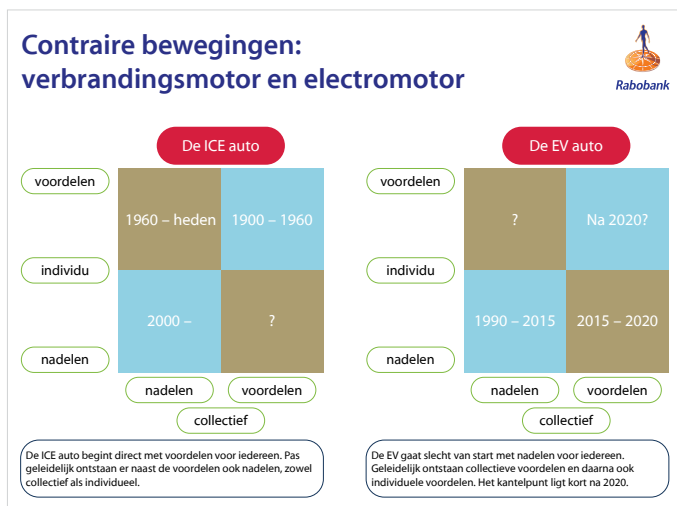
De uitstoot van NO_x is dramatisch (een veelvoud van de norm) en vormt de aanzet tot "Dieselgate".

- les 1: een technologie kan worden gepusht en doorbreken als verschillende factoren in samenhang de goede kant uitgaan
- les 2: vaak gaat het daarbij om een combinatie van grote ondernemingen en marktwerking enerzijds, en overheidsingrijpen en fiscaliteit anderzijds; de consument moet een deel van de benefits krijgen om mee te blijven spelen, waarbij prijs een machtig wapen is
- les 3: tempo en schaalgrootte zijn cruciaal om de "kip of ei" vraag te ontlopen; in investeringen, productie, verdere R&D, en aanpassing in infrastructuur is snelle opschaling belangrijk
- les 4: niets is wat het lijkt. De wereld is vol goede intenties maar "money makes the world go round"
- les 5: de definitie van "schoon" blijkt nogal rekbaar
- les 6: de EV moet leren van de voorgaande 5 lessen.

5.5 De verhouding tussen de consument en zijn auto

Het probleem met de EV was heel lang dat het een leuke technologie was maar vooral in eerste instantie veel nadelen bracht voor de consument (hoge kosten, kleine range, minder vrijheid) en alleen potentiële voordelen voor de samenleving als geheel resp. voordelen op lange termijn.

Consumenten houden nu eenmaal meer van de directe beloning en minder van de voordelen op termijn. Heel geleidelijk kantelt dat beeld nu.



De waardering van de consument voor de auto verschuift. De EV wordt tegelijk steeds meer een gelijkwaardig (ooit zelfs superieur) alternatief voor de conventionele auto; gelijkwaardig in prestatie, beleving, imago. (zie ook hoofdstuk 4).

De voorstanders van de EV lijken wel eens te vergeten dat de consument niet alleen maar calculeert.



De prijs van de EV zelf blijft nog wel even een hindernis voor consumenten maar de gemiddelde consument zal enerzijds calculeren en kijken naar subsidie, Total Cost of Ownership, de (verschuivende) kosten van het alternatief (benzine/diesel), de op enig moment weer oplopende benzineprijs. Aan de andere kant calculeert

hij niet, maar gaat op subjectieve oordelen en indrukken af.

De verhouding tussen consument en auto is een bijzondere, waarin allerlei emoties en subjectieve overwegingen een rol spelen. Keuzes t.a.v. de auto worden vaak quasi-rationeel genomen, de consument doet net alsof hij rationeel is, maar emotie en intuïtie zijn dominant. Als het gaat over de kosten van een auto, vertoont die consument zelfs struisvogelgedrag: hij weet niet wat de auto hem feitelijk kost, en wil het niet eens weten (de werkelijkheid is te gruwelijk).

De auto-consument vertoont vaak copieergedrag (zich conformerend in zijn keuze aan de voor hem relevante peer group) en repeteergedrag (telkens dezelfde keuze uit gemakzucht en uit een afkeer van onzekerheid).



Verkeerde keuzes worden rechtgepraat, eigen keuzes worden achteraf gerechtvaardigd als juist en weloverwogen en krijgen nog meer overtuigingskracht als er een koppeling kan worden gemaakt met de keuze van de meerderheid of van opinion leaders. Eigen ongelijk wordt nooit gezien.

Om na de kleine groep innovators een grotere groep consumenten aan te spreken en overtuigen, moeten overheden, fabrikanten, dealers, NGO's, etc. deze simpele regels in consumentengedrag en autogerelateerde keuzes in de gaten houden:

- niet elke EV-rijder (en zeker niet de PHEV-rijder) heilig verklaren
- niet elke benzineautomobilist wegzetten als vuilspuiter
- zakelijke en emotionele argumenten en prikkels geven
- een juiste balans tussen "de wortel en de stok" (belonen en straffen)
- een balans tussen voordelen en nadelen en korte versus lange termijn
- en tot slot een balans tussen plussen/minnen voor het individu en voor de samenleving als geheel.

5.6 De consument en de EV

Stel dat de consument geleidelijk meer gaat kiezen voor de EV (omdat de nadelen kleiner worden, de voordelen groter worden, de overheid stimuleert of afdwingt), dan is het de vraag wat de impact wordt op autobezit en autogebruik op langere termijn; het PBL publiceerde hierover met als horizon 2050.

Als de EV nog langere tijd een relatief dure auto blijft, dan kan de consument blijven kiezen voor een nieuwe of gebruikte ICE-auto. Als hij toch kiest voor die wat duurdere EV, dan kan dat ertoe leiden dat de 2e auto in gedrang komt en er uit gaat. Autobezit zou langs deze weg dan met 10% of meer kunnen krimpen.

Het gebruik dat de consument van zijn auto maakt, zal o.a. afhangen van de verhouding tussen vaste en variabele kosten; aannemende dat die variabele kosten naar beneden gaan, kan het autogebruik groeien met 5 tot 10%. De gemiddelde kilomeetragage per auto stijgt dan, alles doorrekenend, met mogelijk zo'n 25% (rapport Planbureau voor de leefomgeving).

Maar naast de EV doemen er andere systeemveranderingen op die de beleving rondom de auto beïnvloeden.

Denk aan Car Sharing waarbij de lijn eigendom-gebruik is doorgesneden en die auto niet meer is dan een tijdelijk vervoermiddel tegen betaling (ongetwijfeld nog steeds met variatie in de vraag vanuit de consument: de ene wil een stadsautootje, de ander een premium limousine of SUV).

Denk aan de autonome auto: verre toekomst als het gaat om de 100% zelfrijdende auto, maar nu al zichtbaar in elkaar snel opvolgende stappen op het gebied van ADAS (Advanced Driver Assistance systems): de autonomie neemt toe. En daarmee is een andere, belangrijke, lijn doorgesneden: die tussen bestuurder en auto, tussen het handelen van die bestuurder en wat de auto doet. De bestuurder is passagier geworden, en heeft niet meer die directe sensatie van het "in control zijn".

De brandstofcel-auto komt dan gek genoeg meer in de buurt van de ICE-auto en de bijbehorende petrol head: je kan gewoon tanken (waterstof i.p.v. benzine), de range gaat fijn richting 500 km. en meer, het is tenminste een normale auto met lekker veel techniek onder de kap; en batterijen zijn waardevol, altijd leeg en dood en een beetje eng. Dit klinkt simpel maar zeker voor de grote oliemaatschappijen schuilt hierin een zekere waarheid. Voor de brandstofcel-auto moet nog steeds ergens worden getankt en dat is business waar zij goed in zijn. Energie uit zon en wind en vanuit een stopcontact is echt anders, en daarmee waarschijnlijk meer in het domein van andere spelers; meer en meer begeven de grote oliejongens zich overigens op dat pad van wind en zon.

Tegenover al deze vernieuwingsdrang staan de traditionele c.q. gevestigde belangen en meningen: het zal zo'n vaart niet lopen, de lage olieprijs werkt in het voordeel van de conventionele auto, de consument wil die auto, "fun" is alleen maar mogelijk met een benzineauto etc.

Kijkend naar andere sectoren, zal een lage olieprijs niet doorslaggevend zijn. Tony Seba stelt in dit verband dat de consument niet was blijven kiezen voor de analoge camera als de filmpjes in prijs waren gehalveerd, of waren blijven bellen

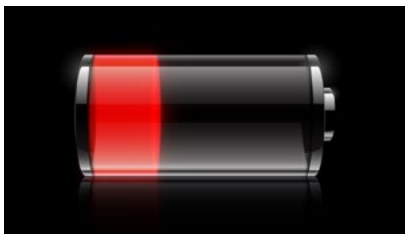
met een Nokia-koelkast omdat de gesprekskosten bijna nul zouden zijn.

De consument kijkt naar andere goede redenen om over/uit te stappen, kijkt niet alleen naar aanschaf maar ook naar onderhoud, levensduur, efficiency; hij kijkt in het geval van een auto naar gemak via sharing, overall opladen, hij kijkt naar "fun", maar gelegen in andere eigenschappen dan bij die traditionele auto.



De EV is op dit moment onbeduidend in aantallen. De stap van kleine aantallen in de innovators fase naar grote aantallen in de "early adopter" fase (en de "early majority" daarna) moet nog worden gezet. Objectief bekeken wordt de EV de komende jaren zo aantrekkelijk dat die stap kan worden gezet. Maar de consument moet nog wel overtuigd worden en bereid zijn om die stap echt te zetten. De nadelen van de EV (feitelijk of in de perceptie) moeten van tafel. Die consument moet niet alleen worden aangesproken op de harde objectieve aspecten van de EV zelf, maar ook emoties en subjectiviteit moeten worden geprikkeld met subtiële correcties van het beeld van de negatieve punten van de EV en de veronderstelde positieve eigenschappen van de benzine-auto.

Het moet de klant, die zo makkelijk kiest voor het bekende en vertrouwde, gemakkelijk worden gemaakt om te switchen naar de EV. Door de EV te plaatsen in een bredere context van car sharing, connectivity, autonoom rijden, en een ander energie-systeem, wordt de kans op succes groter; het draagvlak wordt sterker, en trends versterken en versnellen elkaar.



6. De beperkingen van de EV zitten voornamelijk in de batterij

Een van de belangrijkste hindernissen die nog moet worden genomen voordat een grootschalige overstap naar elektrische auto's kan worden gemaakt zijn de beperkingen rondom de batterij van de EV. De kosten per KWh zijn te hoog, de capaciteit en range te beperkt, de laadtijd te lang, de levensduur te kort en het gewicht te hoog. Al geruime tijd zijn dit de belangrijkste redenen van critici om EV als toekomstmuziek te bestempelen.

Voor een belangrijk deel zijn deze argumenten nog steeds waar. Echter, de ontwikkelingen staan niet stil en de vele miljarden dollars die het afgelopen decennium in batterijtechnologie zijn geïnvesteerd werpen hun vruchten af. Barrières worden sneller geslecht dan kort geleden voor mogelijk werd gehouden en met hoge snelheid naderen we het punt waarbij batterijtechnologie de elektrische auto in staat stelt om te kunnen concurreren met conventionele auto's. En dan zou het wel eens heel snel kunnen gaan....

6.1 Batterijen voor elektrische auto's dalen sneller in prijs dan eerder verwacht

De prijs per KWh is key

De belangrijkste factor in het bereiken van een aantrekkelijke en betaalbare EV is de prijs van de benodigde batterij/accu. De batterij is het duurste onderdeel van de auto met een gemiddeld aandeel van 30-40% in de productiekosten en is

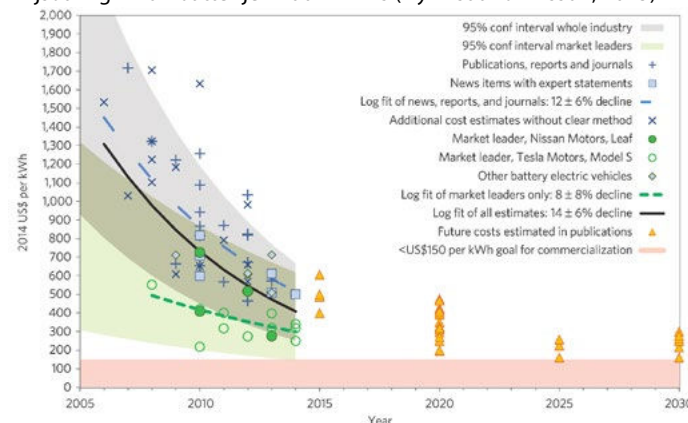
daarmee de belangrijkste reden waarom EV's nog duurder in de aanschaf dan een benzine of diesel auto.

De kosten van het produceren van een batterij worden meestal weergegeven in het aantal dollar per KWh aan opslagcapaciteit. Een batterij van 50 KWh met 15.000 dollar aan productiekosten zou dus neerkomen op 300 dollar/KWh.

Een prijsdaling van 14% per jaar

Van alle vormen batterijen worden Lithium-ion (Li-ion) batterijen het meest toegepast in EV's. Uit onderzoek van Nykvist en Nilsson (2015) blijkt dat de gemiddelde kosten voor dit type batterij in 2007 nog boven de 1000 dollar per KWh lagen, maar sindsdien met gemiddeld 14% per jaar zijn gedaald tot 410 dollar in 2014. De marktleiders hebben de barrière van 300 dollar/KWh al geslecht in 2015 (zie onderstaand figuur).

Prijsdaling Li-ion batterijen voor in EV's (Nykvist and Nilsson, 2015)



De gele driehoekjes laten de eerdere schattingen zien van verschillende onderzoeken. De marktleiders zaten in 2015 al op het prijsniveau waarvan men in 2009 nog dacht dat dit pas in 2020 bereikt zou worden. De ontwikkelingen gaan dus sneller dan tot kort geleden nog werd verwacht.

De Tesla Giga factory

Alhoewel er veel onderzoek wordt gedaan naar de ontwikkelingen van alternatieve en aanvullende batterijtechnologieën, lijkt het erop dat de komende jaren het grootste deel van de kostenverlagingen voort zal moeten komen uit de schaal en de efficiëntie waarmee de bestaande li-ion batterijen worden geproduceerd. Er wordt dan ook sterk geïnvesteerd in schaalvergroting van de productiecapaciteit. Dit is tevens noodzakelijk om in de sterk toenemende wereldwijde vraag te kunnen blijven voorzien.



Het meest spraakmakende voorbeeld van capaciteitsuitbreiding is de Tesla Giga Factory die momenteel gebouwd wordt in een woestijn in Nevada (zie bovenstaand figuur voor het beoogde eindresultaat). Samen met Panasonic zet Tesla hier een batterij fabriek neer die 35 GWh aan opslagcapaciteit per jaar zal gaan produceren, evenveel als de wereldwijde productiecapaciteit van batterijen in 2013. De Tesla fabriek moet operationeel zijn in 2017 en moet 500.000 Tesla's per jaar van batterijen kunnen voorzien.

Alleen al met deze schaalvergroting en de daarbij komende efficiëntievoordelen denken Tesla en Panasonic de prijs van Li-ion batterijen te kunnen verlagen met nog eens 30%. Dit zal de prijs richting de grens van 200 dollar/KWh brengen.

Naast Tesla en Panasonic heeft ook het Chinese BYD nog grote plannen om de eigen productiecapaciteit te verhogen. Het bedrijf wil uitbreiden tot 34 GWh in 2020. Daimler heeft onlangs aangegeven 543 miljoen dollar te gaan investeren in een nieuwe batterij fabriek in Kamenz. Andere belangrijke partijen zijn AESC (een joint venture tussen Nissan en NEC) en LG chem.

Op naar de 150 dollar/KWh!

Een prijs van 150-200 dollar per KWh wordt door veel experts gezien als het punt waarop elektrische auto's goed kunnen

gaan concurreren op prijs met conventionele auto's (ICE's) en wordt volgens velen ook gezien als het punt waarbij een grootschalige overstap naar elektrisch vervoer zal kunnen gaan plaatsvinden.

Met de huidige ontwikkelingen zal het bereiken van deze grens een kwestie van slechts een paar jaar zijn. De verwachting is dat voor de marktleiders de prijs van de batterijpakketten zal dalen tot 230 KWh in 2017-2018. De grens van 200 dollar/KWh zal waarschijnlijk al bereikt worden voor het einde van dit decennium en 150 dollar/KWh voor 2025.

6.2 "Range anxiety" neemt steeds verder af

Als er gevraagd wordt naar de voordelen die een auto geeft, dan staat het gevoel van vrijheid in elk lijstje in de top 3. Voldoende kilometers met een volle "tank" kunnen maken en voldoende tankpunten zijn daarvoor cruciaal. Zijn deze er niet, dan zal het gevoel van vrijheid omslaan in "range anxiety". Dit is de angst dat er te weinig kilometers kunnen worden gereden en dat de auto stil zal vallen voordat er een geschikt tank/oplaadpunt is gevonden.



Bron: Electricblue.com

Dit is nog steeds een kritiek punt voor volledig elektrisch rijden en een belangrijke reden voor veel consumenten om de overstap niet te maken. Waar met een benzine/diesel auto vrijwel altijd nog wel een tankstation gehaald kan worden wanneer het brandstof lampje aanspringt, is dit bij een elektrische auto nog niet zo vanzelfsprekend door de beperkte laadinfrastructuur. Het feit dat de range van veel volledig elektrische auto's erg beperkt is en er dus veel vaker zal moeten worden "bijgetankt", versterkt deze angst.

300 kilometer is het minimum

De capaciteit van een batterij (in KWh) is als de inhoud van een brandstoftank. Het bepaalt in grote mate hoeveel kilometers er met een volle batterij gereden kunnen worden. De gemiddelde elektrische auto verbruikt in de praktijk ongeveer 0,2 KWh per km.

Kilowattuur (KWh)

De energie die in een batterij wordt opgeslagen wordt gemeten in kilowatt uur (KWh). Hoe meer KWh er in een batterij kan worden opgeslagen bij het opladen, des te verder de auto er mee kan rijden.

Een minimaal effectief rijbereik van 300 kilometer wordt door veel experts gezien als de minimale range die noodzakelijk is om elektrisch rijden ook echt aantrekkelijk te maken. Een lager aantal kilometers zal leiden tot teveel oplaadmomenten en een te grote range anxiety. Aangezien in de praktijk ongeveer 5 kilometer gereden kan worden met een KWh is ten minste 60 KWh aan opslagcapaciteit noodzakelijk voor 300 km actieradius. Er zijn op dit moment maar enkele dure modellen die deze minimale opslagcapaciteit kunnen bieden.

Veel onderzoek naar verhogen capaciteit maar nog geen doorbraak

Er wordt veel onderzoek gedaan naar het vergroten van de energiedichtheid en daarmee de capaciteit van de accupakketten. Zo zijn onderzoekers van Stanford University er bijvoorbeeld in geslaagd om een methode te ontwikkelen waarmee ze de silicium anodes kunnen beschermen tegen breken en chemische reacties met het elektrolyt. Dit kan de capaciteit van Li-ion batterijen met een factor 10 vergroten.

Goedkopere auto's zoals de Nissan Leaf (vanaf 24.835 euro, 24 KWh) en de Renault Zoe (vanaf 20.990 euro, 22 KWh) hebben een EPA range van zo'n 135 km. Alhoewel dit voor de meeste ritten die gemaakt worden voldoende zal zijn, is deze beperkte range toch nog een belangrijk tegenargument voor veel consumenten. De effectieve range van deze auto's zal dus nog moeten verbeteren tot ten minste 300 km.

Overzicht van opslagcapaciteit en range van de top 5 geregistreerde volledige elektrische personenauto's in Nederland

Model	Range (km)*	Opslagcapaciteit (kWh)
Tesla Model S	390 (70 kWh)	70 en 90 kWh
Nissan Leaf	135 (24 kWh) – 172 (30 kWh)	9,24 en 30 kWh
Renault Zoe	134	22 kWh
BMW i3	130	22 kWh
Smart ForTwo/Electric Drive	101	16,5 kWh

*EPA standaard

Bron: RVO (2016)

Betaalbare elektrische auto's met voldoende range binnen enkele jaren op de markt

Het wachten is dus op een auto die ten minste 300 km aan effectieve range heeft en tegelijkertijd de prijs heeft van een middenklasser. Deze auto's zullen binnen afzienbare tijd op de markt komen. De auto waar op dit moment het meest naar wordt uitgekeken is de Tesla Model 3. Deze is inmiddels op 31 Maart 2016 gepresenteerd en de instapprijs zal waarschijnlijk zo'n €35.000 bedragen met een effectieve range van ruim 300 km. Hiermee wordt ook op dit vlak een belangrijke barrière doorbroken en wordt de EV ook op het gebied van prijs en range voor een veel bredere doelgroep interessant.

6.3 Gewicht van batterijen nog erg hoog

Het gewicht van de batterij van een elektrische auto is op dit moment nog erg hoog. Zo weegt het totale accupakket van een Tesla model S (85 KWh) op dit moment zo'n 544 kg, ongeveer een kwart van het gewicht van de totale auto.

Het hoge gewicht van de batterij komt de prestaties en verbruik van de auto niet ten goede. Daarnaast is het een beperkende factor in de ontwikkeling van batterijen met een grotere opslagcapaciteit. Als de opslagcapaciteit (in KWh) harder stijgt dan het gewicht per KWh daalt, dan zullen de batterijen per saldo alleen nog maar zwaarder worden.

Auto's worden steeds zwaarder

Ondanks het feit dat fabrikanten al decennia bezig zijn met het reduceren van het gewicht van de auto door onder andere het gebruiken van middel van lichtere materialen en, andere ontwerpen, etc., zijn auto's in de praktijk in een tijdsbestek van 25 jaar zo'n 20-30% zwaarder geworden, met alle nadelen van dien. Dit komt door toevoegingen zoals veiligheidsvoorzieningen, entertainment, comfort, luxe en meer volume (elke nieuwe versie van een model is weer wat langer/breder dan zijn voorganger). Daarom is het des te meer van belang dat de batterij van een elektrische auto niet teveel extra gewicht toevoegt.

Opslagcapaciteit per kg batterij stijgt snel

Op dit moment is de maximale energie dichtheid van een Li-ion batterij in een EV ongeveer 160 Wh per kilogram. Ter vergelijking, benzine en diesel hebben een energiedichtheid die ongeveer 100 keer zo hoog ligt. Dit betekent dat in een kg benzine of diesel zo'n 100x meer energie zit dan er in een kg Li-ion batterij kan worden opgeslagen. Echter, experts verwachten dat deze zal toenemen tot 300-400 Wh/kg in 2020. Een verdubbeling ten opzichte van nu. Een accupakket waarmee zo'n 300 kilometers mee gereden kunnen worden zou in dat geval nog maar een kleine 100 kilo wegen.

Elektrische auto's kunnen in de toekomst lichter zijn dan conventionele auto's

Het gewicht van een accupakket moet niet enkel worden opgeteld bij het gewicht van een conventionele auto. Een elektrische auto bespaart namelijk ook gewicht doordat het een aantal onderdelen mist die een conventionele auto wel heeft. Zo heeft een elektrische auto geen brandstoftank, geen versnellingsbak en is de electromotor van nature een stuk lichter. Dit betekent ook dat EV's uiteindelijk zelfs lichter kunnen worden dan conventionele auto's.

6.4 Levensduur Li-ion batterijen steeds minder een probleem

Net als batterijen in mobiele telefoons, laptops, fotocamera's, etc. slijten de batterijen van een EV naar mate deze vaker worden opgeladen. Over het algemeen wordt de batterij van een EV als end-of-life gezien wanneer de opslagcapaciteit is verminderd tot 70-80% van de originele capaciteit. Echter, dit betekent niet dat deze niet meer gebruikt kan worden. Zo blijkt uit onderzoek dat voor veel gebruikers 80% van de originele capaciteit nog voldoende is voor de meeste ritten.

Hoge mate van slijtage voornamelijk een probleem van oudere generaties EV's

De batterijen van oude generaties van EV's hadden een relatief hoge mate van slijtage en daarmee een beperkte levensduur. Meestal moest na minder dan 160.000 km de batterij al vervangen worden. De hedendaagse batterijen zijn echter al een stuk beter en 160.000 km (of 8 jaar) wordt nu vaak al als ondergrens gehanteerd. Tesla gaat zelfs nog een stap verder en garandeert 8 jaar garantie op de batterij ongeacht het aantal kilometers.

Maar zelfs bij een garantie van 8 jaar zou dit betekenen dat in veel gevallen de batterij alsnog gedurende de levensduur van de auto vervangen zal moeten worden. Conventionele auto's blijven gemiddeld al ruim 15 jaar op de weg en de verwachting is dat EV's in potentie nog langer mee zouden kunnen gaan.

De levensduur en performance van de batterijen kunnen wel beïnvloed worden door extreme omgevingstemperaturen, agressief rijgedrag, het aantal laadcycles en de manier van bijladen. Zo heeft snelladen een negatieve impact op de levensduur van de batterij. Echter, het effect is niet zo groot als eerder werd aangenomen. De batterijen slijten over het algemeen sneller door veroudering (aantal kilometers en leeftijd), dan door de manier van bijladen.

Inschatten restwaarde EV blijft lastig door onzekerheden m.b.t. de batterij

De levensduur van een batterij is erg belangrijk voor het bepalen van de restwaarde van een EV. Aangezien het

inschatten van de kwaliteit van een batterij lastig kan zijn, geeft dit onzekerheid voor de eigenaar van de auto. Tevens zal door het verbeteren van batterij- en laadtechnologie, de kwaliteit van de batterijen van volgende generaties EV's nog veel hoger zijn, wat de restwaarde van de huidige generatie verder kan verlagen.

Afschrijving en vervanging batterij moet worden gezien als onderdeel van onderhoudskosten

Als een batterij vervangen moet worden, dan is dit een kostbare zaak aangezien de batterij het duurste onderdeel is van de EV. Echter, deze kosten moeten wel in perspectief worden geplaatst ten opzichte van de totale kosten aan onderhoud. Deze zijn, exclusief de batterij, ongeveer de helft minder in vergelijking met een conventionele auto.

Zijn er wel voldoende grondstoffen om een massale overstap naar EV's te kunnen maken?

Er wordt door critici nog wel eens op gewezen dat we niet massaal over kunnen stappen op elektrisch rijden doordat voor de batterijen een te grote hoeveelheid Lithium noodzakelijk zou zijn. Dit is inderdaad een cruciale grondstof maar de wereldwijde Lithium reserves zijn nog ruim voldoende om te kunnen voorzien in een zeer sterke toename in de productie van Li-ion batterijen. Met de huidige reserves zouden meer dan 3 miljard Nissan Leaf's geproduceerd kunnen worden. Daar komt bij dat de prijs van Lithium maar een honderste uitmaakt van de totale kosten van een batterij. Daarnaast is het lithium in batterijen tevens onbeperkt te recyclen, al zijn de kosten om het te recyclen op dit moment nog wel hoger dan de kosten om nieuw lithium te winnen.

Een groter probleem op het gebied van grondstoffenvoorziening zouden de zeldzame aardmetalen kunnen zijn die essentieel zijn voor de productie van de electromotoren. Er zijn geen goede alternatieven en recyclen is nog erg duur. Daarnaast is de productie van deze metalen nog voor het overgrote deel in handen van één land: China. Dit brengt een concentratierisico met zich mee en heeft in het verleden reeds tot extreme prijs-stijgingen geleid.

6.5 Lage temperaturen hebben sterke negatieve impact op batterij prestaties

Li-ion batterijen gaan achteruit in prestaties op het gebied van laadsnelheid, de hoeveelheid energie die kan worden vasthouden en de ontlaadsnelheid, wanneer de temperatuur van de batterij te laag wordt. Temperaturen onder het vriespunt zorgen over het algemeen voor significante problemen. Deze negatieve impact wordt nog eens versterkt doordat bij deze temperaturen de kachel van de auto hard moet werken. En waar bij een conventionele auto de warmte die benodigd is om het interieur te verwarmen kan worden onttrokken aan de geproduceerde restwarmte van de verbrandingsmotor,

moet bij een EV de warmtevraag worden geleverd door een elektrische kachel. Hierdoor gaat waardevolle batterijcapaciteit verloren wat een significante negatieve impact heeft op de range van de EV.

Over de omvang van de impact lopen de meningen uiteen. Volgens sommigen is het effect van een koude Li-ion batterij op de range relatief beperkt en gaat het om maximaal 10-20% bij strenge vorst. Echter, volgens onderzoek van het AAA Automotive Research Center in South Carolina ligt het verlies aan capaciteit veel hoger en zou de range van een volle batterij met zo'n 57% dalen wanneer de temperatuur daalt van 24 graden naar -7 graden Celsius. Brancheorganisatie BOVAG geeft aan dat de range van een EV inderdaad kan halveren op een koude winterse dag.

Dit probleem is minder van belang wanneer de auto tot vlak voor de rit aan de laadpaal wordt gehouden. De batterij en het interieur kunnen dan namelijk worden verwarmd door de energie van de laadpaal waardoor de negatieve impact van de buitentemperatuur op de actieradius (grotendeels) teniet wordt gedaan.

De problemen en uitdagingen rondom de batterij van een EV zijn evident en staan een grootschalige overgang naar elektrisch vervoer nog in de weg. De prijs van de batterijen moet onder 200 dollar/KWh, de minimale effectieve range naar 300 km, de levensduur verder omhoog en problemen rondom de prestaties van de batterijen bij lagere temperaturen moet worden verholpen. Echter, de ontwikkelingen rondom batterij technologie gaan dermate snel dat de meeste van de benodigde stappen zullen zijn genomen voor het einde van dit decennium. Vanaf dat moment zullen de perikelen rondom de batterij naar de achtergrond verdwijnen, mits we ook een oplossing vinden voor de uitdagingen rondom het laden van de batterij en de bijbehorende infrastructuur.





7. Laden en laadinfrastructuur

Opladen moet betaalbaar zijn, makkelijk, snel en kunnen concurreren met traditionele brandstoffen. De lange laadtijden van de batterijen worden al geruime tijd gezien als een groot struikelblok en versterken de beperkingen van de lage capaciteit en de behorende range. Met name voor de langere ritten en wanneer autoritten elkaar snel opvolgen is dit een groot probleem. De lol is er namelijk snel af wanneer er ettelijke uren moet worden bijgeladen om weer een stuk(je) verder te kunnen rijden.

7.1 De verschillende mogelijkheden van elektrisch laden

Voor het opladen van de batterij van een elektrische auto zijn verschillende technieken ontwikkeld: via een stekker, contactloos (inductie) en door het wisselen van de batterij (battery swapping). Het laden via een stekker is veruit de meest toegepaste vorm van laden en we zullen ons daarom hierop focussen.

Het laden met een stekker kan thuis, op het werk, bij een (semi-) publieke laadpaal of bij een snellaadstation. Eigenlijk overal waar een stopcontact is, kan worden geladen. Echter, de verschillende mogelijkheden variëren in kosten, (potentiele) laadsnelheid, plaats en beschikbaarheid en hebben ieder hun eigen voor- en nadelen.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende wattages, laadsnelheden en een voorbeeld van de kosten van deze opties (exclusief laden op het werk). De weergegeven

data zijn samengesteld op basis van een voorbeeld waarbij uitgegaan is van een volledig elektrische auto met kilometertrage van 1000 km per maand, 20 laadmomenten en met de aanname dat er enkel via de aangegeven laadoptie wordt geladen. In de praktijk kunnen al deze factoren uiteraard sterk verschillen met afwijkende resultaten tot gevolg.

	Wattage kilowatt (kW)	Laadsnelheid (km/uur)¹	Laadtijd voor bijladen 100 km	Kosten (€/kWh)²
Normaal stop-contact	2,3 kW	11,5 km	4 - 4,5 uur	19ct/kWh
(semi-) publieke laadpaal	11 - 22 kW	55 - 110 km	55 - 110 min	30 - 35ct/kWh
Snellader	43 - 120 kW	215 - 600 km ³	10 - 28 min ³	41ct/kWh ⁴

¹ bij gemiddeld verbruik van 0,2 kWh per kilometer

² gemiddelde kosten per kWh inclusief abonnement en transactiekosten in ons rekenvoorbeeld

³ wanneer 70% of meer van de volledige batterijcapaciteit bereikt is dan wordt de laadsnelheid verlaagd

⁴ gemiddelde kosten laden bij grote snellaad aanbieder in ons rekenvoorbeeld.

7.2 Thuis laden: Goedkoop maar traag



Er zijn op dit moment naar schatting zo'n 55.000 private laadpunten voor elektrische auto's in Nederland. Een van de grootste voordelen van thuis laden is, dat het laden kan plaatsvinden op/in de eigen oprit, garage of parkeerplaats en dat men dus niet afhankelijk is van de beschikbaarheid van een publieke laadpaal in de buurt.

Thuis laden is bijna altijd de goedkoopste optie

Een ander groot voordeel is de lage prijs per KWh, deze is met ongeveer 19 ct/KWh het laagst van alle laadopties. De kosten van thuis laden kunnen zelfs nog lager uitvallen wanneer de auto wordt geladen met het netto-overschot aan zelf opgewekte elektriciteit waarvoor anders enkel een terugleververgoeding zou worden verkregen van de energieleverancier. Hierdoor zou de auto met gemiddeld 5 a 6 cent/KWh kunnen worden geladen en in de toekomst zelfs nog lager.

Thuis laden is meestal erg traag

De laadsnelheid thuis valt over het algemeen erg tegen. Met een normale wandcontactdoos is deze ongeveer 2,3 KW. Ter vergelijking, hiermee wordt ongeveer 11-12 km aan rijbereik bijgeladen per uur. Het volledig bijladen van de lege batterij van een Nissan Leaf (30 KWh) zou in dat geval zo'n 13 uur in beslag nemen en het vol laden van een Tesla Model S met een 90 KWh batterij zelfs bijna 40 uur.

De beperkingen van de lage laadsnelheid thuis kunnen niet nu, of in de toekomst, worden verholpen door een nieuwere of betere batterij. Dit kan alleen door het wattage waarmee de batterij wordt geladen te verhogen. Dit kan bijvoorbeeld door thuis een speciaal laadpunt aan te leggen in de vorm van een eigen laadpaal of wallbox. Hiermee kan meestal zonder problemen het wattage, en daarmee de laadsnelheid, worden verhoogd naar 3,7 KW zonder dat de huisaansluiting hoeft te worden verzwaaard. De kosten van een laadpaal/wallbox inclusief installatie zijn gemiddeld ruim 1500 euro.

Een nog hogere laadsnelheid thuis is vaak mogelijk tot 22 KW (110 km bijladen per uur). Echter, hiervoor dient in de meeste gevallen de huisaansluiting te worden verzwaaard wat eenmalige en maandelijkse extra kosten met zich meebrengt.

7.3 (Semi-) openbare laadpaal

Zo'n 60% van alle autobezitters is aangewezen op parkeren in de openbare ruimte en zal daarmee ook (bijna) altijd daar moeten laden.

Door heel Nederland staan in totaal bijna 20.000 (semi-) openbare oplaadpunten. Deze kunnen staan langs de openbare weg, in stadscentra, parkeergarages etc. In de meeste gevallen is het noodzakelijk om een laadabonnement af te sluiten met een bijbehorende laadpas. Er zijn hiervan meerdere aanbieders die elk hun eigen tarieven en abonnementen hebben. Doordat alle laadpalen met elkaar verbonden zijn binnen een speciaal netwerk kan verrekening plaatsvinden tussen de verschillende laaddienstverleners en kan er dus met één laadpas bij al deze punten geladen worden. Al kunnen de kosten wel verschillen per locatie.

Energiebelasting op openbare laadpaal waarschijnlijk omlaag

Staatssecretaris Eric Wiebes wil per 2017 het energiebelastingtarief voor elektriciteit die met openbare laadpalen wordt geladen halveren, voor een periode van 4 jaar. Dit zou een reductie betekenen van ongeveer 5 cent/kWh.

Duurder dan thuis....

De kosten voor het laden bij een (semi-) openbare laadpaal zijn significant hoger dan thuis. Meestal wordt er afgerekend per KWh (gemiddeld ongeveer 31 cent) en wordt daarnaast nog een vast maandelijks bedrag en/of een vast bedrag per transactie in rekening gebracht. De totale kosten variëren afhankelijk van de aanbieder, het aantal kilometers wat gereden wordt en het aantal laadcycli, maar komen gemiddeld uit tussen de 30 en 35 cent/KWh in ons rekenvoorbeeld. Veel auto's laden echter minder dan 1000 km per jaar bij een (semi-) publiek oplaadpunt en dit leidt in de meeste gevallen tot hogere kosten per KWh.

...maar meestal ook sneller

De meeste (semi-) openbare laadpalen leveren een wattage van 11 KW en zijn daarmee in staat om zo'n 55 km in een uur bij te laden. Laden van een Nissan Leaf (30 KWh) duurt hiermee maar een kleine 3 uur. Een groeiend aantal van deze laadpalen heeft ook de mogelijkheid om met de dubbele snelheid (22 KW) op te laden. Dit is al bijna 10 keer zo snel als via een standaard stopcontact thuis.



Afhankelijk van subsidie

Ondanks de hogere kosten (per KWh) die in rekening worden gebracht, is het rendabel exploiteren van openbare laadpalen op de korte termijn nog niet mogelijk zonder subsidie. Dit komt voornamelijk omdat er hoge kosten worden gemaakt om de laadpalen te plaatsen en omdat er relatief weinig KWh worden afgenomen op een dag. Dit laatste wordt sterk bepaald doordat een auto gemiddeld 3 keer zo lang aan een laadpaal staat dan daadwerkelijk noodzakelijk is om de batterij

vol te laden. De auto wordt namelijk meestal niet direct weggehaald op het moment dat de batterij vol is. Hierdoor kunnen de laadpalen niet optimaal worden benut en kunnen er gemiddeld maar zo'n 2 auto's per publiek laadpunt laden per etmaal.

Om het aantal laadpunten sterk uit te kunnen breiden en de afhankelijkheid van subsidie te doorbreken dienen de kosten verlaagd te worden en het aantal afgenomen KWh te worden verhoogd. Mede daarom hebben twaalf partijen hun handtekening gezet op de de Green Deal Openbaar Toegankelijke Elektrische laadinfrastructuur. De Green Deal geeft invulling aan de afspraken in het Energieakkoord om barrières rond de uitrol van openbare laadinfrastructuur weg te nemen. Het rijk stelt hiervoor 7,2 miljoen euro beschikbaar. Het uiteindelijke doel is om de kosten van deze openbare laadpunten met 75% te reduceren.

Mede dankzij deze Green Deal is de verwachting dat binnen enkele jaren deze openbare laadpunten wel rendabel te exploiteren zijn. Echter, dan nog is de vraag hoe ver we kunnen en zullen gaan met het neerzetten van deze laadpalen. Met name in stadscentra zou dit kunnen betekenen dat bijna elke parkeerplaats in de toekomst een elektrisch laadpunt zou moeten worden.

7.4 Snelladen

Het laden bij een standaard (semi-) publiek laadpunt met een 11 KW of 22 KW aansluiting is al vele malen sneller dan dat er in de meeste gevallen thuis kan worden geladen maar ook bij deze vorm vergt het bijladen van 100 km rijbereik toch nog steeds 1 a 2 uur. Dit is echter nog veel te lang als je snel verder wilt. Om de lange laadtijden van elektrische auto's echt aan te pakken zijn laadtijden tot maximaal een kwartier noodzakelijk. Hiermee duurt het opladen van een elektrische auto niet veel langer dan de tijd die een gemiddelde tankbeurt kost (3 minuten voor het tanken en 4 minuten voor betalen, totaal 7 min.). Snelladen (bij een snellaadstation) moet dit mogelijk maken, al is het volledig opladen van een lege batterij binnen een kwartier met de huidige stand van de technologie nog niet mogelijk. Echter, ook hier verlopen de ontwikkelingen erg snel. Over het algemeen kan elke volledige elektrische auto snelladen, maar van de plug-in hybride auto's is alleen de Mitsubishi Outlander in staat om te kunnen snelladen.

Op dit moment zijn er zo'n 475 publieke snellaad punten in Nederland.

Hoe snel is snel?

Bij snelladen wordt de elektriciteit met een nog hoger voltage en amperage in de batterij gebracht. Dit vraagt om een eigen oplaadinfrastructuur met een vermogen van ten minste 40 tot 50 KW en een eigen laadtechniek. De Tesla superchargers,

waarvan er op dit moment 7 in Nederland staan, halen zelfs al 120 KW, en zijn ook nog eens gratis voor Tesla rijders.

Met snelladen wordt de batterij van een elektrische auto in zo'n 20-30 minuten tot ongeveer 80% opgeladen. Wanneer ongeveer 70%-80% van de batterijcapaciteit bereikt is wordt de laadsnelheid terug gebracht en zal het restant van het laadproces trager verlopen. Snelladen is dus met name ideaal wanneer in een relatief lege batterij in korte tijd ongeveer driekwart van de maximale capaciteit moet worden bijgeladen.

Nog sneller is nog duurder

Snelladen is over het algemeen nog wel iets duurder dan een "langzame" standaard openbare laadpaal. In ons voorbeeld kwamen de gemiddelde kosten uit op ongeveer 41 ct/KWh, zo'n 8 cent per kilometer, wanneer er enkel bij snellaadpalen/stations werd geladen. Echter, wanneer snelladen alleen als aanvulling wordt gebruikt op de andere vormen van laden dan lopen ook hier de kosten per KWh in de meeste gevallen nog verder op.

De vraag is dus of klanten bereid zullen zijn om een premie te betalen om sneller te kunnen laden. Uit onderzoek van Accenture, Natuur en Milieu en de Rijksoverheid blijkt dat 71% van alle respondenten met een volledig elektrische auto wel bereid is om hiervoor een premie te betalen. Er wordt echter niet gesproken over de hoogte van de extra premie.

Rijen bij snellaadstations?

Het laden bij een snellaadstation is voor laadbegrippen relatief snel, maar zal toch al snel nog zo'n 20-30 minuten in beslag nemen. Waar mensen bij het tanken bij een benzinstation na het tanken meteen weg zullen rijden bij het tankpunt, zullen veel mensen die gaan laden tijdens het laadproces een andere bezigheid gaan zoeken (broodje eten, boodschappen doen, etc.) en zullen ze hierdoor niet altijd op tijd terug zijn wanneer het laadproces voltooid is. Dit versterkt de toch al beperkte doorstroming en kan ervoor zorgen dat op spitsmomenten rijen kunnen ontstaan bij de laadstations. Mensen dienen dus gestimuleerd te worden om zo snel mogelijk de auto weg te halen bij het laadpunt als deze is opgeladen.

Is snelladen slecht voor de batterij?

Dit is een groot discussiepunt waarover de meningen sterk uiteen lopen. Volgens sommigen is het effect desastreus terwijl anderen menen dat het geen enkel effect zal hebben. De waarheid ligt waarschijnlijk ergens in het midden. Uit onderzoek blijkt dat EV's die gedurende de levensduur van de auto alleen worden opgeladen met snellaadtechnieken in de praktijk inderdaad iets harder achteruit gaan dan batterijen die voornamelijk met lagere laadsnelheden worden geladen. De verwachting is dat de laadtechnieken nog dermate zullen

verbeteren dat dit probleem binnen afzienbare tijd helemaal opgelost zal zijn.

Het moet nog sneller om echt aantrekkelijk te worden

Snelladen is weliswaar snel in vergelijking met andere laadmogelijkheden, maar zelfs met de Tesla 120KW supercharger duurt het alsnog 75 minuten om een lege batterij van een Tesla Model S 90 KWh helemaal vol te laden. Dit komt in dit geval door zowel de hoge capaciteit van de batterij en het feit dat deze helemaal leeg is in dit voorbeeld, maar ook doordat het laadproces veel trager verloopt naarmate de batterij verder is opgeladen. Dit is nog steeds te langzaam en het moet dan ook nog veel sneller.

Er wordt dan ook veel geïnvesteerd in het verhogen van de laadsnelheden en met succes. Zo zal de nieuwe generatie van de Audi E-tron quattro waarschijnlijk met 150 KW (750km/u) kunnen laden en de Porsche Mission-E zelfs met 300 KW (1500km/u). Met 300 KW is het mogelijk om 250 km bij te laden in 10 minuten. Echter, het probleem met lagere laadsnelheden als de batterij voller wordt zal naar verwachting nog wel een tijdje blijven bestaan.

7.5 Welke mix zal het worden?

Er is veel discussie en onduidelijkheid over hoe de elektrische rijder in de toekomst zal gaan laden en hoe de bijbehorende laadinfrastructuur eruit zal gaan zien. Zullen we voornamelijk thuis gaan laden, bij een relatief langzame (semi-) publieke laadpaal in de straat of toch massaal naar een snellaadstation?

Thuis laden heeft de voorkeur voor wie dat kan

Wanneer er thuis geladen kan worden dan heeft dit bijna altijd de voorkeur. De prijs is het laagst, de auto wordt naast de deur opgeladen en het laadpunt is altijd beschikbaar. De laadsnelheid is weliswaar laag maar een avond en nacht aan de lader zal voor de meeste consumenten voldoende zijn om de volgende morgen weer voldoende kilometers te kunnen maken. Voor het beperkte aantal langere ritten kan er dan altijd nog voor worden gekozen om onderweg bij te laden bij een snellaadstation.

Maar zoals eerder vermeld zal naar schatting 60% van de automobilisten afhankelijk zijn van de mogelijkheid om te laden in de publieke ruimte en is thuis laden dus geen optie. Wat zal voor deze groep mensen de mix worden tussen een publiek oplaadpunt voor de deur en snelladen?

De "langzame" publieke laadpaal in de straat vs een snellaadstation

Voor de consument zal het laden gemakkelijk moeten zijn, goedkoop, betrouwbaar, snel, en in de buurt. Daarnaast moet er altijd een oplaadpunt beschikbaar zijn. Maar het moet ook praktisch en technisch haalbaar zijn. Simpelweg elke parkeer-

plaats omtoveren tot een laadpunt is onpraktisch en zal niet goed haalbaar zijn. Daarnaast moet er worden gekeken naar hoe de transitie naar elektrisch rijden zal gaan passen binnen de gehele transitie naar duurzame energie. Het belang van smart grids zal toenemen en EV's kunnen daarin een belangrijke rol gaan spelen.

De meest waarschijnlijke mix laat zich moeilijk voorspellen maar wij verwachten dat op de korte en middellange termijn (1-5 jaar) de relatief langzame publieke laadpaal in de straat zal domineren. De belangrijkste reden is dat snelladen simpelweg nog te lang duurt. Daarnaast hebben de EV's van dit moment nog een relatief kleine batterij waardoor het aantal laadmomenten hoog zal zijn. 10-20 keer per maand een klein half uur wachten bij een snellaadstation zal niet het ideaalbeeld zijn van de gemiddelde consument. Deze kiest liever voor een langzamere laadsnelheid bij een laadpaal in de straat of in het winkelcentrum. Het wachten kan dan thuis of tijdens het winkelen geschieden, dit kan (meestal) niet bij een snellader of snellaadstation. Voor het kleine aantal lange ritten kan dan altijd nog worden gekozen om incidenteel te snel laden. Echter, voor de zakelijke elektrische rijder zal snelladen eerder aantrekkelijk zijn omdat de laadsnelheid voor deze groep van groter belang is en er op een dag gemiddeld meer kilometers zullen worden gemaakt. Verder geven publieke laadpalen de mogelijkheid om EV's te gebruiken als batterijen in smart grids, waarmee de pieken en dalen in de duurzame (lokale) energieproductie kunnen worden uitgebalanceerd. Daarnaast zal er bij deze vorm van laden minder last worden ondervonden van de gereduceerde prestaties van batterijen in de winter, aangezien de accu verwarmd kan worden aan de laadpaal.

Op de lange termijn verwachten we dat snelladen een grotere rol zal gaan spelen. De technologische ontwikkelingen zullen het dan naar alle waarschijnlijkheid mogelijk hebben gemaakt om een batterij bij een snellaadstation op te laden met 500 km aan rijbereik binnen een kwartier. Dit zal deze vorm van laden aantrekkelijker maken voor de consument, zeker als het ook nog eens voor dezelfde prijs kan als de langzame laadpaal in de straat. De verwachting is dat de mix in laadmogelijkheden op termijn zal verschuiven richting snelladen. Voorwaarden hiervoor zijn wel dat er genoeg snellaadstations komen, dat de snellaadtechniek zich snel genoeg zal ontwikkelen, de prijs niet (veel) hoger zal liggen dan langzamere laadmethoden en dat er een andere oplossing wordt gevonden voor de toenemende pieken en dalen in de vraag en aanbod van elektriciteit.

Hoe creatief wordt de consument?

Benzine is een commodity en daarom is een grote groep consumenten erg gevoelig voor de prijs. Er wordt al snel enkele kilometers omgereden als de prijs daar 10 cent per liter lager is. De verwachting is dat dit voor de elektriciteitsprijs voor EV's niet anders zal zijn. Het prijsverschil tussen thuis laden (18 cent/KWh) en bijvoorbeeld snelladen (in ons voorbeeld 41 cent/KWh) is erg groot. De vraag is dan ook hoe creatief consumenten zullen worden om een zo laag mogelijke prijs te kunnen betalen. Een voorbeeld is dat mensen een laadkabel over de stoep leggen richting de auto om zodoende thuis te kunnen laden. Maar ook kunnen mensen initiatieven beginnen met het gebruik van een gezamenlijke laadpaal.

Een goede laadinfrastructuur is essentieel om de EV een succes te laten worden. Wie thuis kan laden zal dit voornamelijk ook thuis doen. Het is weliswaar een langzame vorm van laden, maar tegelijkertijd veruit de goedkoopste plaats om op te laden. Zo'n 60% van de mensen zal afhankelijk zijn van laden in de publieke ruimte waar men de keuze heeft om te laden bij een relatief langzame laadpaal in de straat/buurt of bij een snellaadstation. Op de korte en middellange

termijn zal naar verwachting het meeste worden geladen bij de relatief langzame laadpalen in de straat/buurt aangezien het laden, en daarmee het wachten, bij een snellaadstation simpelweg nog te lang zal duren. Dit wordt nog eens versterkt door het hoge aantal noodzakelijke laadmomenten. Snelladen zal op de korte en middellange termijn interessant zijn wanneer er langere ritten worden gemaakt en er onderweg even kort moet worden bijgeladen. Mede daarom zal dit vooral voor de zakelijke rijder eerder een aantrekkelijke optie worden.

Op de lange termijn zal het potentieel van snelladen sterk kunnen toenemen. Wanneer het namelijk mogelijk is om een lege batterij binnen 10 minuten vol te laden tot een rijbereik van 500 kilometer, dan zal het gemak van snelladen dat van de langzame laadpaal waarschijnlijk overtreffen.



8. Elektrisch laden en de transitie naar duurzame energieproductie

De overgang naar EV's zal ervoor zorgen dat het landelijk elektriciteitsnet zwaarder zal worden belast. Er zal namelijk niet alleen meer elektriciteit geconsumeerd worden maar de bestaande pieken in de elektriciteitsconsumptie zullen worden versterkt. Tegelijkertijd is er de trend naar meer (lokale) duurzame elektriciteitsproductie wat ook aan de aanbodzijde van de elektriciteitsvoorziening voor sterkere fluctuaties zal zorgen. Om de elektriciteitsvoorziening betaalbaar te houden zullen vraag en aanbod van elektriciteit beter op elkaar afgestemd moeten worden. De EV kan daar een rol in spelen.

8.1 Maar 20% extra elektriciteitsconsumptie

Er zijn in Nederland ongeveer 8 miljoen personenauto's die rijden op fossiele brandstoffen met een gemiddelde kilometertrage van 12.000 km per jaar. Een snelle berekening laat zien dat als al deze personenauto's elektrisch zouden gaan rijden, dit een stijging in de elektriciteitsconsumptie van een kleine 20 TWh zou betekenen; 20% meer dan het huidige totale landelijke elektriciteitsconsumptie. Alhoewel dit een significante stijging is, is het zeker wel op termijn in te passen.

Het probleem zit hem meer in het feit dat de dagelijkse pieken in elektriciteitsconsumptie verder toe zullen nemen. De twee grootste pieken op het landelijke net zitten gemiddeld tussen 9:00 en 11:00 's ochtends, wanneer mensen naar hun werk gaan en de industrie op gang komt, en rond 18:00 's avonds, wanneer de straatverlichting aan gaat. Met name deze

piek 's avonds is ook te zien bij een het elektriciteitsverbruik van een gemiddeld huishouden. Door het opladen van een elektrische auto thuis zal deze piek 's avonds nog wat sterker worden omdat veel mensen de auto in de lader stoppen op het moment dat ze thuis komen van hun werk.

8.2 Toenemende belasting van het lokale elektriciteitsnet

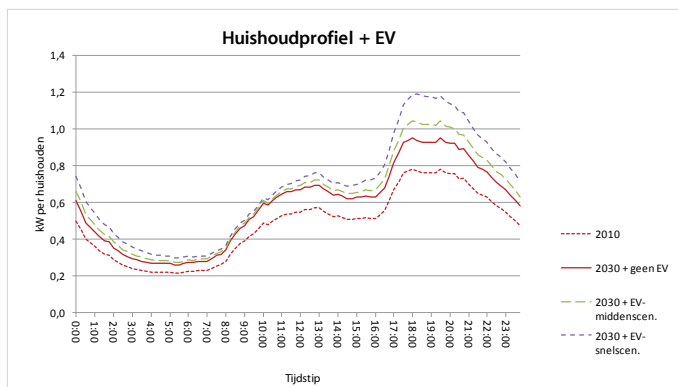
Het lokale elektriciteitsnet is berekend op de normale piekvraag maar kan wel overbelast worden wanneer teveel elektrische voertuigen tegelijk worden opgeladen. Hierdoor zou (een deel van) het netwerk uit kunnen vallen.

Stresstest auto's laden en pizza's bakken

In een stresstest heeft Lochem Energie in samenwerking met Alliander bewust aangestuurd op het overbelasten van het lokale net door elektrische auto's te gaan laden en tegelijk huishoudelijke apparaten waaronder ovens aan te zetten. Het net raakte overbelast en de stroom viel uiteindelijk uit. De test toonde aan dat het netwerk aangepast moet worden op een situatie waarbij veel elektrische auto's thuis zullen worden opgeladen.

Onderzoek van Movares toont aan dat, ondanks grote lokale verschillen, het opladen van elektrische auto's op de korte termijn in het grootste gedeelte van het Nederlandse elektriciteitsnet goed ingepast kan worden. Het belastingprofiel is door Movares opgesteld voor verschillende locaties, waaronder ook woonwijken. Zo zal naar verwachting bij 1,3 miljoen elektrische auto's (volledig elektrisch en plug-in samen) in

2030, ongeveer 17% van de transformatoren kritisch overbelast raken en 4% van de laagspanningskabels. Het grootste deel van de overbelasting zou worden veroorzaakt door de autonome groei van het huishoudelijk elektriciteitsgebruik. Hier houdt de netbeheerder in zijn prognoses reeds rekening mee.



Bron: Movares

De impact van de EV op de belasting en de betrouwbaarheid van ons landelijk (en lokaal) elektriciteitsnetwerk wordt versterkt door nog een andere ontwikkeling die een veel grotere impact lijkt te hebben.

De EV kan faciliteren in de transitie naar een duurzame energievoorziening

Nederland en Europa zetten sterk in op de verduurzaming van de energievoorziening. Het doel is om in 2050 80-95% minder CO₂ uit te stoten. Om als Nederland aan deze doelstelling te kunnen voldoen zal een groot deel van onze energieproductie uit zon- en windenergie moeten komen. Echter, deze vormen van duurzame energieproductie laten zich niet sturen, wat zal leiden tot pieken en dalen in de elektriciteitsproductie. Deze impact is tot op heden redelijk beperkt gebleven door het lage aandeel zon- en windenergie in de elektriciteitsmix, en kan goed gecompenseerd worden door de flexibiliteit van de steenkolen- en gascentrales. Echter, in de toekomst zal het aandeel van zon- en windenergie dermate groot zijn dat het noodzakelijk wordt om vraag en aanbod van (duurzame) energie beter op elkaar af te stemmen.

Een EV staat (zoals elke auto) zo'n 95% van de tijd stil en het opladen vergt relatief veel elektriciteit (in kWh) en kan daarom een significante rol spelen in het afstemmen van vraag en aanbod door de EV te laden op het moment dat de duurzame energieproductie het hoogst is en te ontladen wanneer deze erg laag is ("vehicle-to-grid"). Dit wordt ook wel "slim-laden" genoemd. Hierdoor kunnen pieken en dalen in onze gezamenlijke energiebehoefte worden opgevangen. Het afstemmen van vraag en aanbod kan plaatsvinden binnen een smart grid.

Uit de eerste onderzoeken blijkt dat je door ongeveer 15% van de batterijcapaciteit te gebruiken als buffer (reservecapaciteit),

je een sprong zou kunnen maken van 17 naar 70% zonne-energie die je direct decentraal kan gebruiken. Hierdoor zijn minder dure netverzwaringen noodzakelijk. Echter, de opslagcapaciteit van EV's is nog veel te laag om langdurige periodes van lage duurzame energieproductie op te kunnen vangen, bijvoorbeeld wanneer het een week lang relatief windstil is of gedurende de winter, wanneer zonnepanelen een veel lagere opbrengst zullen hebben.

De mogelijkheid om als particulier zelf de eigen opgewekte stroom uit zonnepanelen direct te gebruiken zal worden versterkt op het moment dat de salderingsregeling wordt versoerd dan wel afgeschaft. De vergoeding van de zelf opgewekte stroom zal dan namelijk meestal laag zijn wanneer het overschot terug wordt geleverd aan het elektriciteitsnet. Echter, wanneer deze kan worden opgeslagen in de eigen batterij in de vorm van een EV, dan is dit een aantrekkelijkere optie. De stroom kan dan altijd nog terug worden geleverd aan het elektriciteitsnet wanneer de stroomprijs hoger is.

De impact van elektrisch rijden op de Nederlandse elektriciteitsconsumptie op landelijk niveau is redelijk beperkt. Een complete overstap naar volledig elektrische personenauto's zou maximaal een 20% extra consumptie van elektriciteit op landelijk niveau betekenen, wat op termijn redelijk makkelijk inpasbaar is. Ook de sterkere pieken in de elektriciteitsvraag op lokaal niveau vallen op de meeste plaatsen mee. Echter, deze pieken worden versterkt door toenemende (lokale) duurzame elektriciteitsproductie. Om hoge investeringen in netverzwaringen en fossiele reservecapaciteit zo laag mogelijk te houden kunnen smart grids een uitkomst bieden. EV's kunnen hierin een bijdrage leveren door als flexibele opslagcapaciteit te fungeren.

Smart grids

In het conventionele elektriciteitsstelsel is de opwekking gecentraliseerd en vraag gestuurd maar dit stelsel loopt tegen zijn grenzen aan door de elektrificatie en de noodzaak tot het inpassen van meer duurzaam opgewekte elektriciteit.

Een smart grid is een elektriciteitsstelsel waarin vraag- en aanbod op elkaar worden afgestemd om zodoende te komen tot een betrouwbaar, efficiënt en duurzaam elektriciteitsstelsel.

Door met prijs incentives te werken kunnen consumenten gestimuleerd worden om te laden op het moment dat het aanbod van elektriciteit het hoogst is.



Experimental fuel cell car, Hyundai ix35 Fuel cell

9. De brandstofcel: Een concurrent?!

In de transitie naar zero-emission personenauto's is de EV niet de enige technologie die in de race zit. Het rijden op waterstof wordt ook door velen gezien als een goed alternatief. Waterstof kan worden verbrand in een verbrandingsmotor met enkele aanpassingen, maar onder andere door de lage efficiëntie van dit proces wordt er momenteel meer onderzoek gedaan naar het toepassen van waterstof in een brandstofcel. Hierbij worden waterstof (en zuurstof) door middel van een elektrochemische omzetting omgezet in elektriciteit (en water). Met de elektriciteit wordt vervolgens een electromotor aangedreven. Feitelijk is een waterstofauto met brandstofcel dus ook een soort EV. We zullen met de beschrijving "brandstofcel" vanaf hier refereren aan een waterstof auto met brandstofcel.

9.1 De brandstofcel vs de FEV

Deze twee technologieën worden door de meeste experts gezien als de gedoodverfde opvolgers van de conventionele benzine- en dieselauto's, maar zijn daarin in een zekere mate ook elkaars concurrenten, met ieder hun eigen voor- en nadelen.

Range en snel bijtanken zijn de twee belangrijkste troeven van de brandstofcel

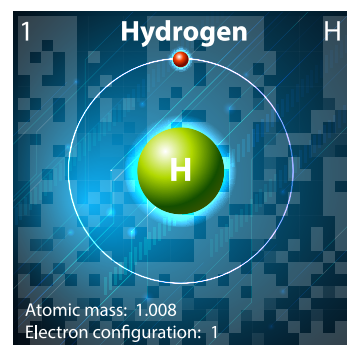
De voornaamste voordelen van een brandstofcel ten opzichte van een FEV zijn, dat er veel sneller kan worden bijgetankt en

de range is ongeveer hetzelfde als die van een conventionele benzine auto. De brandstofcel wordt dan ook vaak gezien als de beste zero-emission optie wanneer er veel lange afstanden gereden moeten worden.

Daarnaast ondervindt de brandstofcel auto geen nadelige effecten van lage temperaturen en past waterstof als brandstof beter in het verdienmodel van de bestaande olieconcerns, welke een belangrijke rol kunnen spelen in een snelle uitrol van de benodigde waterstof infrastructuur.

Past de brandstofcel niet beter in de energietransitie?

Om over te gaan naar een (vrijwel) volledig duurzaam energiesysteem zonder fossiele brandstoffen, zal er energie moeten worden opgeslagen op momenten van overproductie, met de mogelijkheid deze vervolgens weer terug te leveren op het moment dat er niet genoeg duurzame energie wordt geproduceerd.



De optie om een elektrische auto aan een smart grid te koppelen (vehicle to grid) biedt een deel van het antwoord op dit probleem. De capaciteit van deze batterijen is hoog genoeg om een paar dagen van een laag niveau aan duurzame energieproductie te kunnen overbruggen. Maar de capaciteit van de batterijen zal nog lange tijd veel te laag zijn (ten opzichte van de prijs per kWh) om weken of zelfs

maanden van lage duurzame energieproductie (bijvoorbeeld in de winter) te kunnen overbruggen. Hiervoor zal ook nog een andere vorm van energieopslag noodzakelijk zijn.

Waterstof heeft op dit gebied een hoger potentieel omdat het goedkoper is om hiermee grootschalig energie op slaan. Met de opgeslagen energie kan vervolgens weer elektriciteit geproduceerd worden maar deze kan ook gebruikt worden om waterstofauto's (met een brandstofcel) bij de tanken. Grootschalige toepassing van waterstof als energiedrager zou dus wellicht beter kunnen passen in de huidige energietransitie dan (enkel) batterijen.

Daarnaast is een scenario denkbaar waarin waterstof (de brandstofcelauto) een belangrijke plaats gaat innemen: the car as a power plant. (zie van Wijk, The car as a power plant).

Elke auto wordt hierbij kleinschalig en decentraal een omvormer van waterstof naar elektriciteit voor toepassing in de auto zelf maar ook als bron (opslag) van energie voor woningen. (de auto staat meer dan 95% van de tijd stil; een brandstofcelauto heeft het vermogen om te voldoen in de elektriciteitsbehoefte van meerdere huishoudens).

Het is nog de vraag of dit realistisch is, maar de onderliggende veronderstelling is logisch en juist: meer dan ooit raken de auto, transport en mobiliteit verweven met de wereld van energie (opwekking, opslag, gebruik), *"the best of both worlds"*.

De infrastructuur en de lagere efficiëntie zijn de grootste nadelen ten opzichte van de FEV

Om te kunnen rijden met een brandstofcel is ook een passende infrastructuur met waterstof tankstations noodzakelijk. Op dit moment zijn er slechts twee waterstof tankstations in Nederland operationeel en het is de vraag of het doel van 20 tanklocaties in Nederland in 2020 gehaald zal worden. In Duitsland ligt de ambitie een stuk hoger en wil Shell de komende jaren een landelijk dekkend netwerk bouwen van waterstofstations. In 2023 moeten er 400 Shell locaties zijn waar (ook) waterstof getankt kan worden. De kosten van een nieuw waterstof tankstation worden geschat op zo'n 2 miljoen euro. De kosten van uitbreiden van een bestaand tankstation met een mogelijkheid om waterstof te kunnen tanken worden geschat op 1 miljoen euro per station.

Daarnaast zal een brandstofcel altijd een lagere efficiëntie hebben dan een elektrische auto met batterij wanneer de waterstof met (duurzame) elektriciteit wordt geproduceerd. Dit komt omdat het proces van het maken van waterstof uit water door middel van elektrolyse, en dit vervolgens weer om te zetten naar elektriciteit en water, veel inefficiënter is dan de elektriciteit direct opslaan in een batterij.

Schaal, schaal en nog eens schaal

Het ontwikkelen van een nieuwe brandstofcel- of elektrische auto kost enkele miljarden euro's. Dit geld moet uiteindelijk worden terugverdiend door zoveel mogelijk auto's te verkopen. Als dit niet lukt zullen de productiekosten per auto te hoog oplopen en kunnen investeringen niet worden terugverdiend. Voor het succes van een technologie en de mogelijkheid om deze verder te kunnen doorontwikkelen zal er dus snel schaal moeten worden gecreëerd.

Op dit vlak loopt de brandstof cel ver achter. Wereldwijd gezien worden er veel meer FEV's verkocht dan brandstofcel auto's.

De consument zal het oordeel vellen

Voor het creëren van voldoende schaal moet de consument overgehaald worden, en deze kijkt voornamelijk naar de portemonnee. Het blijkt dat de gemiddelde consument niet meer dan 10% extra zou willen betalen voor een FEV of brandstofcel auto met dezelfde prestaties als een benzine of diesel auto.

Voor zowel de FEV als de brandstofcel is de TCO in de meeste gevallen nog minder goed dan een vergelijkbare benzine of diesel auto. Met name de aanschafprijs ligt nog te hoog (als er überhaupt al de mogelijkheid is om een brandstofcel auto te kopen). Echter, de TCO van de FEV begint inmiddels al in de buurt te komen van die van een conventionele auto en met de komst van veel betaalbare FEV modellen zal binnen afzienbare tijd voldoende schaal kunnen worden gecreëerd om de productie van FEV's winstgevend te maken. Naar verwachting zal een FEV in de periode tussen 2020 en 2025 ongeveer evenveel kosten in de aanschaf als een vergelijkbare conventionele auto.

De brandstofcel auto lijkt nog een veel langere weg af te moeten leggen. Naar verwachting zal deze pas rond 2025-2030 even duur zijn in de aanschaf (en TCO) als een benzine of diesel auto, mits deze in zeer grote aantallen kunnen worden geproduceerd (miljoenen per jaar).

Een andere mogelijkheid zou nog kunnen zijn om een FEV met batterij te voorzien van een brandstofcel die fungeert als range extender. Hiermee worden de voordelen van beide technologieën gecombineerd en dit zou bij kunnen dragen aan de acceptatie van de FEV wanneer snelladen en de range van de FEV nog niet voldoende ontwikkeld zijn. Echter, het nadeel is natuurlijk wel dat deze auto erg prijzig zal zijn omdat deze zowel een batterij als een brandstofcel aan boord moet hebben. Tevens geldt dan nog steeds het probleem van de slechte infrastructuur voor het tanken van waterstof.

Is de brandstofcel de oplossing voor een probleem wat over 10 jaar niet meer bestaat?

De voornaamste voordelen die een brandstofcel heeft ten opzichte van de FEV (range, snel bijtanken), spelen waarschijnlijk niet meer zo sterk over 10-15 jaar. De ontwikkelingen op het gebied van batterijtechnologie gaan namelijk dermate snel dat het niet ondenkbaar is dat het rond 2030 mogelijk moet zijn om binnen een kwartier een batterij met een range van 500 kilometer helemaal vol te kunnen laden bij een snellaadstation. Hiermee zouden de grootste voordelen van een brandstofcel auto teniet worden gedaan. Hier staat wel tegenover dat de technologische ontwikkelingen rondom de brandstofcel ook zeker niet stil zullen staan.

Biobrandstoffen

Een derde mogelijkheid naast de brandstofcel en FEV zijn biobrandstoffen. Alhoewel hier veel discussie over is, met name of het gebruik van biobrandstoffen zou leiden tot meer voedselschaarste en honger in de wereld, zijn er ook processen waarmee biobrandstoffen gemaakt kunnen worden zonder het gebruik van voedingstoffen. Dit kan bijvoorbeeld door een proces als methanisatie, waarbij bio-aardgas wordt geproduceerd of zelfs door waterstof om te zetten naar mierenzuur.

De waterstof auto met brandstofcel en de elektrische auto met batterij zouden de benzine en diesel van de toekomst kunnen zijn. Beide technologieën hebben zo hun eigen voor- en nadelen en sluiten elkaar ook zeker niet uit. Veel auto-producenten zien de FEV dan ook voor de kortere afstanden en de brandstofcel voor de langere afstanden.

Het is dan ook (nog) niet mogelijk om een winnaar aan te wijzen. Er kan echter wel gesteld worden dat de FEV op dit moment een aardig voorsprong heeft t.o.v. de brandstofcel. Zowel op het gebied van prestaties, efficiëntie, verkooptellingen, imago en de benodigde infrastructuur. Het is nog geen gelopen race mits de brandstofcel nu aan een echte opmars gaat beginnen. Dit moet snel, want als de problemen betreffende de range en oplaadtijd van de FEV voldoende opgelost zijn, dan zullen de voordelen van de brandstofcel niet meer voldoende op kunnen wegen tegen de nadelen.

Waterstof zou goed gebruikt kunnen worden om (groot-schalig) energie mee op te slaan op momenten dat er een overcapaciteit aan (duurzame) elektriciteit is om deze vervolgens weer terug te leveren aan het net wanneer er een te lage productie van (duurzame) elektriciteit is.





Bluely carsharing, Mercedes Benz autonoom concept auto

10. Transitie komen nooit alleen: de EV, mobiliteit, ICT en energie

De EV vormt een grote verandering, maar er is meer op komst. De EV moet worden gezien als een onderdeel van een bredere transitie rondom auto, mobiliteit, technologie en energie.

10.1 de EV en het ecosysteem

De auto is niet meer een op zichzelf staand ding op 4 wielen maar maakt inmiddels onderdeel uit van een breder en complex systeem: eigen huis, werkplek, publieke omgeving, oplaadinfrastructuur, productie en distributie van elektriciteit etc.



Kansen en oplossingen liggen opgesloten in dat systeem, complex en traag misschien maar ook veelbelovend. SMART is key. Alle onderdelen van het proces, van de keten, moeten elk afzonderlijk smart zijn maar vooral ook in samenhang.

Maatschappelijk gezien vraagt dit om verandering, maar worden ook nieuwe verhoudingen aangejaagd.

- Er ontstaat meer keuzevrijheid voor de consument als het gaat om auto en mobiliteit
- er treedt in toenemende mate een paradox op: de wereld wordt complexer en connected, oplossingen worden groter en complexer, en daarmee kunnen vrijheid en autonomie van de consument toenemen
- concurrentie neemt toe tussen automerken, tussen energiebronnen, tussen vervoersmodaliteiten
- macht verschuift van aanbodzijde (schaalgrootte, quasi monopoly) naar de vraagzijde; de economie wordt decentraler

(energie-opwekking en -opslag, sharing etc.)

- meer en meer veranderen 1-richting massieve supply chains in supply networks
- samenwerking is daarbij cruciaal om snel en op hoog kwaliteitsniveau die (complexe multi-disciplinaire) oplossingen te ontwikkelen en aan te bieden waar de consument om vraagt
- grenzen van traditionele sectoren worden daarmee snel irrelevant

Toenemende verstedelijking, congestie, klimaatissues e.d. vragen om andere mobiliteitsoplossingen. De consument vraagt er om (maar zoals eerder gesteld moeten we de bereidheid en wens tot veranderen en het tempo daarin niet overschatten): flexibiliteit, lagere en vooral betere beheersbare kosten, comfort.

Met een beetje fantasie, vallen de stukjes van de puzzel geleidelijk op hun plaats. Alles wordt met alles verbonden. Dat geldt voor auto's, infrastructuur, mensen en hun leefomgeving; maar het geldt ook voor hele sectoren.

De wereld van energie en de wereld van de auto/mobiliteit/transport worden nog sterker met elkaar verweven. Dat lijkt heel revolutionair, maar eigenlijk zijn de auto en de olie al 100 jaar nauw met elkaar verbonden geweest. Tijden veranderen, maar die twee-eenheid is er nog steeds maar nu tussen auto/mobiliteit en duurzame i.p.v. fossiele energie.



10.2 De autonome auto

Volledig autonoom rijden zal nog geruime tijd duren; er zijn nog veel issues die moeten worden opgelost, technisch, in de uitvoering, in aansprakelijkheid. En de vraag wordt relevant in hoeverre de meerkosten in ontwikkeling en productie op enig moment nog opwegen tegen de voordelen en toegevoegde waarde voor de consument. En gezien de gemiddelde levensduur van een auto (ruim boven de 15 jaar) duurt het dus erg lang voordat een substantieel deel van het totale wagenpark echt 100% autonoom rijdt.

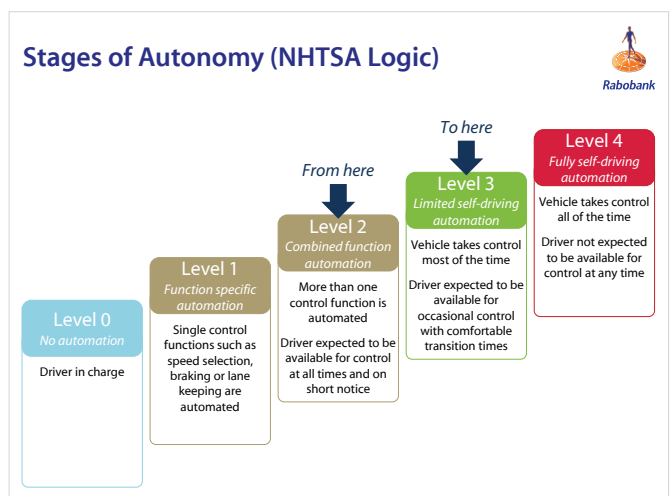
Wat wil die consument nu eigenlijk? Wil de (auto)mobilist al die voorzieningen wel, of schrikt een overdaad aan technologie af? Gaat de consument misschien teveel vertrouwen op technologie, en verleert hij het rijden, ingrijpen in noodsituaties?



Bron: Google.com

Onderzoek (BCG in de VS) laat zien dat consumenten in meer dan 50% genegen zijn om een (deels) autonome auto te kopen en daarvoor te willen betalen (17% wil zelfs meer dan \$5000 op tafel leggen). Ander onderzoek (o.a. Arthur Little) geeft aan dat de consument eerder afwachtend is, en vooral maar heel beperkt extra wil betalen. Fabrikanten lijken hier rekening mee te houden; Consumenten zijn gewend geraakt

aan steeds meer comfort en technologie, niet alleen in de duurdere premium-auto's, maar ook in de lagere segmenten (met dus grotere volumes, daarmee lagere kosten en een zeer bescheiden meerprijs).



Maar... hoe we het ook noemen: die auto doet steeds meer dingen zelf, grijpt steeds meer in; sterker nog, dat is de essentie van de auto sinds 125 jaar en dat zit opgesloten in het woord: auto-mobiel.

Denk aan al die voorzieningen met mooi namen: anti blokkeer systeem (ABS), elektronisch stabiliteitsprogramma (ESP), lane departure warning, emergency call (E-call), adaptive cruise control. De essentie is dat auto's steeds meer zelf regelen; sneller en beter dan de mens.

Natuurlijk kan een autonome auto rijden met een ICE, maar uitrusting met een batterij en electromotor ligt wel voor de hand. De autonome auto en de EV mikken beiden op gemak, op betere benutting, op comfort, op functionaliteit. Met name voor toepassing in stedelijke omgeving wint de EV het op uitstoot.

10.3 Connectivity, altijd verbonden

Connectivity lijkt ook zo ver weg maar is er al, en op grote schaal. De auto is verbonden, overal en altijd. De auto is een rijdende computer met meer rekenkracht en regels software dan een Boeing 787. De auto genereert data over technische aspecten van de auto, locatie, verbruik en gebruik, bestuurdersgedrag etc. Data die terecht komen bij de bestuurder zelf, bij de fabrikant en garage, bij de wegbeheerder, bij de politie, bij andere weggebruikers, bij familieleden en vrienden, collega's, je huis, je parkeerplek.

Er komen grote hoeveelheden data binnen in je auto, op je smart phone, in je huis etc.: navigatie, verkeersinfo, entertainment, mail, commercials/ location based services, software updates en instructies.



10.4 Sharing

Sharing doorbreekt de klassieke lijn tussen bezit en gebruik van een auto. Om dit goed, efficiënt en veilig te organiseren



Bron: Eltis

is ICT op grote schaal nodig, connectivity dus. Om auto's te traceren, te openen en af te sluiten, te starten, af te rekenen, om de staat van de auto te monitoren. De EV vormt, zeker met de in de komende paar

jaar verwachte verbeteringen, een betrouwbaar object, met weinig onderhoud, en geringe complexiteit.

Elektrische auto's spelen een belangrijke rol in sharing, vooral ook omdat een groot deel van de sharing-kilometers wordt afgelegd in dichtbevolkte gebieden waar congestie, parkeerproblemen en luchtkwaliteit grote issues zijn. Sharing-auto's zullen veel kilometers gaan draaien, en daarmee wordt de terugverdientijd van de investering in een (F)EV korter, en dalen de kosten per km.

Sharing en andere vormen waarin auto's beschikbaar worden gesteld (i.p.v. eigendom), worden in toenemende mate belangrijk als we voor verschillende vormen van autogebruik verschillende auto's willen kunnen benutten. Het gaat daarbij niet alleen om de bekende voorbeelden zoals de kleinere auto voor woon-werkverkeer, de grote gezinsauto voor vakantie, of die leuke cabrio voor een weekendje. Het gaat ook, of juist, om de verschillende typen aandrijving en energie: een light electric vehicle voor de binnenstad, een elektrische auto met batterij voor regionaal gebruik (korte en middel-lange afstanden), en een auto met fuel cell/waterstof voor de (middel)lange afstand.

BMW baas Ian Robertson slaat een mooie brug tussen heden en toekomst maar beschouwt nog steeds de auto als vaststaand gegeven: *"we see the future of mobility in an urban environment still with the car at the center. But it is probably going to be autonomous to a greater or lesser extent. It is probably going to be shared and zero-emissions, and is definitely going to be accessed by connectivity"*.

Het gaat te ver om te stellen dat er sprake is van een viereenheid: elektrische auto, connectivity, autonoom rijden, en mobiliteitsconcepten zoals sharing. De 4 elementen zijn niet 1 op 1 van elkaar afhankelijk, maar er is wel een sterke relatie tussen de 4:

- veel high tech, veel ICT en telematica
- alle 4 zijn ze onderdeel van een shift van de auto als volledig op zichzelf staand object naar de auto als onderdeel van een connected wereld, als een deel van de oplos-

sing voor mobiliteit en bredere maatschappelijke vraagstukken, als deel van een nieuw mobiliteitssysteem (met een vervaging van de grens tussen openbaar en prive vervoer)

- alle 4 hebben een relatie tot een veranderende consumentenvraag (vaak vanuit in eerste instantie een technology push), tot andere behoeftes
- de combinatie van de 4 ontwikkelingen past in een veranderend maatschappijbeeld. Daarin verandert de betekenis van bezit en treedt de al eerder genoemde verschuiving van bezit naar gebruik op. Duurzaamheid wordt in sterkere mate gewaardeerd en vertaald in bestedingsgedrag
- Andere vormen van organisatie en samenwerking ontstaan, niet alleen in het bedrijfsleven, maar ook aan de zijde van consumenten, met meer oog voor gemeenschappelijke belangen, (wisselende) samenwerkingsverbanden en netwerken, waardering van autonomie van het individu maar ook van (kleinschalige, decentrale, lokale) samenhang en gedeelde belangen, "community" wordt belangrijk
- rondom mobiliteit wordt dit bijvoorbeeld zichtbaar in het hiervoor geschetste "sharing", maar ook in de elders in dit rapport beschreven veranderingen rondom decentrale opwekking en opslag van elektriciteit

en tot slot:

- consumenten, technologie, overheden etc. zijn er wel klaar voor.

Zoals eerder al aangegeven, was er al ruim 100 jaar een innige relatie tussen de auto en de daarvoor benodigde energie. Die relatie wordt alleen nog maar sterker, zij het met de nodige verandering.

Van puur fossiele brandstof is er een verschuiving naar andere bronnen van energie (wind en zon) en energiedragers (waterstof). Productie, distributie en opslag van energie zullen wijzigen.

De auto is niet langer alleen maar de gebruiker van energie, maar kan juist een rol spelen in opwekking en vooral in opslag en teruglevering; waterstof als energiedrager kan de buffer vormen in de energievoorziening en daarmee de gevoeligheid voor fluctuaties in energie-opwekking (wind, zon) reduceren.

Met ontwikkelingen rondom mobiliteit, consumentengedrag en keuzes, verstedelijking en congestie, telematica en "The Internet of Things", is de EV een onderdeel van een grotere, meer fundamentele transitie. De toenemende verwevenheid van 2 werelden, mobiliteit en energie, maakt die verandering alleen nog maar sterker.



11. De impact van de elektrische auto

“Het wordt nooit meer zoals het was...” zei den Uijl ooit tijdens de oliecrisis in 1973; daarin klonk enig fatalisme door, misschien ook enige nostalgie. Leidt die EV nu tot grote veranderingen of blijft de wereld ook nu grotendeels zoals die is (of was)?

Bij de **consument** noemden we eerder al de mogelijke invloed die de Elektrische auto heeft op het aantal auto's (dalend), het autogebruik (licht stijgend), de gemiddelde kilometertrage per auto (sterk stijgend).

Veranderend gedrag ontstaat niet alleen door die EV maar heeft ook andere oorzaken zoals verandering in besteedbaar inkomen, andere waardering van de auto (functie versus status, gebruik versus bezit), een scherpere blik op de kosten (TCO) van een auto, oog voor vervoersalternatieven, leefomstandigheden (verstedelijking, congestie, gebruik openbare ruimte voor o.a. parkeren).



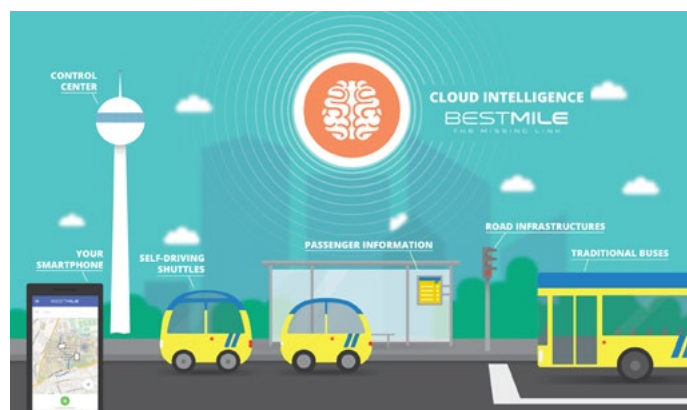
De impact op **het milieu** is duidelijk. Met name de emissie van CO₂ kan sterk omlaag. Wat betreft luchtkwaliteit (dus CO, Nox, PM) levert de EV een flinke bijdrage, maar zal ook het optimaliseren van de conventionele ICE motoren nog impact hebben. Bij het grootschalig

gebruik van elektrische auto's blijft natuurlijk de vraag op welke basis initieel de elektriciteit wordt opgewekt (zon, wind, kolen, gas). Naast de doelstellingen t.a.v. klimaat en luchtkwaliteit, speelt een andere overweging: het verminderen van de

afhankelijkheid van fossiele brandstoffen; niet alleen gezien het structureel vervuilende karakter van fossiele brandstof, maar ook gezien de eindigheid in voorraden, geopolitieke en militair-strategische overwegingen.

Wat betreft **infrastructuur** zijn er verschillende consequenties. Door de verwachte toename van het autogebruik, zal de congestie toenemen met meer (file)tijdverlies tot gevolg. De verwachte krimp van het wagenpark zal leiden tot minder druk op binnensteden, m.n. ruimtebeslag t.b.v. parkeren.

Verdere verstedelijking (zeker ook de populariteit van binnensteden) kan leiden tot grotere dichtheid qua bevolking en auto's, hoewel gedrag laat zien dat juist in de steden autobezit steeds minder vanzelfsprekend wordt; alternatieven (rental, car and ride sharing, OV) liggen hier voor de hand.



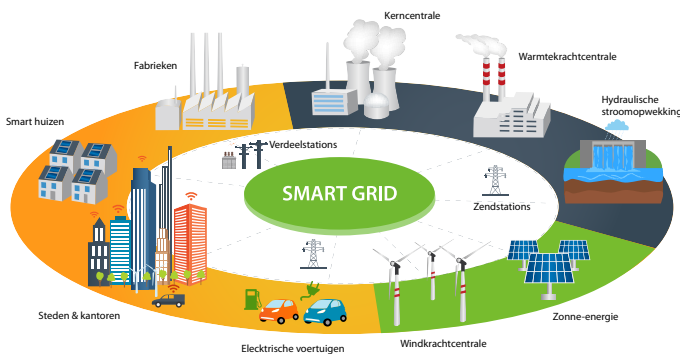
Bron: Bestmile.com

Gebruik van OV neemt naar alle waarschijnlijkheid toe in het PBL (Planbureau Leefomgeving) 2050 scenario met 5 tot 10%.

De vraag daarbij is wel of we in 2050 nog openbaar vervoer kennen in zijn huidige vorm; sharing en autonoom rijden zijn de aanzet tot andere vormen van OV, of meer “hybride” vormen van prive en openbaar vervoer.

Qua infrastructuur ligt een grote investering in het verschiet op het gebied van netwerken; invoering van smart grids vergt grote investeringen (> 4 miljard).

Voor **energiemaatschappijen** zijn de veranderingen groot. De vraag naar elektriciteit kan toenemen met 4% bij (20% van het aantal auto's op elektrisch). Maar de grote uitdaging wordt om met pieken om te gaan. Lokale opwekking (wind en zon) spelen een steeds grotere rol, hoewel de volatiliteit hierin uiteraard groot is (voor steeds meer landen geldt dat opwekking van elektriciteit uit zonlicht goedkoper is dan conventionele opwekking. Dubai is een sprekend voorbeeld met slechts 6 cent per kw).



Met decentrale opwekking komt ook teruglevering aan het net in beeld, decentrale stationaire opslag, bijvoorbeeld in oudere “second life” battery packs maar ook door tijdelijke opslag in de auto (de Vehicle to Grid/V2G oplossing). Zoals genoemd, vereist dit een compleet andere infrastructuur, welke in staat is om te gaan met centrale/decentrale opwekking, 2-richting levering voor en aan het net, aansturing van spreiding in verbruik (met name opladen van EV's), lokale opslag etc. Dat vraagt om aanpassingen bij de consument thuis, in zijn auto, en uiteindelijk in die hele mini-infrastructuur thuis (huis, auto, opwekking, opslag etc.), in de diverse fasen van het netwerk, in wederzijdse afrekening, in flexibeler tarifiering, met meer prikkels en marktlogica: centrale en decentrale opwekking en opslag, de mate waarin de consument daar aan bijdraagt resp. gebruik van maakt, differentiatie op basis van producten en diensten (packages daarvan) rondom energie/wonen/mobiliteit, directe relatie met de vraag/aanbod balans en dus het piek/dal vraagstuk.

Hiermee ontstaan natuurlijk nieuwe kansen. Allerlei diensten rondom de oplaadinfrastructuur zullen verder toenemen als het gaat om navigatie/locaties, info over beschikbaarheid en kosten, registratie/betaling, installatie en onderhoud van laad-

palen. En rondom het netwerk zijn smart grid voorzieningen belangrijk, zowel thuis als op het net, decentrale opwekking en opslag, slimme meters die helpen met minder en vooral evenwichtiger verbruik. In de combinatie van huis en auto en van energie en mobiliteit, liggen nieuwe mogelijkheden: hardware zoals zonnepanelen, opslagmogelijkheden, laadinfrastructuur, smart grid en smart meter, de auto resp. mobiliteitsdiensten, parkeerfaciliteiten, lokale sharing-oplossingen etc.

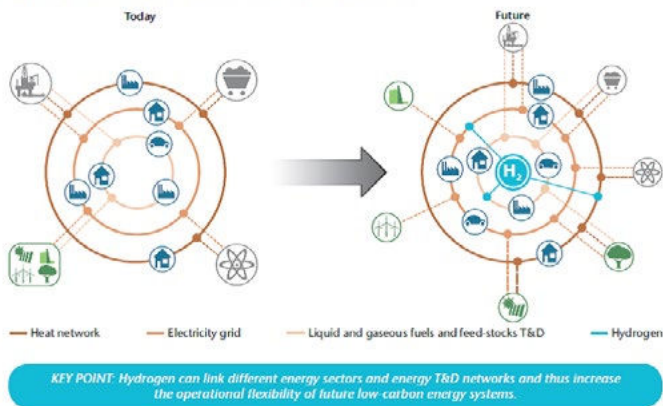
De EV is deels de oorzaak of een onderdeel van het probleem, maar kan ook een deel van de oplossing worden door piekbelasting te egaliseren, stroom op te slaan en terug te leveren aan het net of aan het eigen huishouden (Vehicle to Building/V2B), en door het gebruik van oude battery packs voor stationaire opslag.

Meer en meer is de betekenis van de fuel cell niet meer beperkt tot de auto, maar reikt de impact veel verder. De fuel cell (waterstof) kan worden gezien als de verbindende schakel tussen verschillende energiesectoren en transmissie& distributie netwerken. De fuel cell levert een bijdrage aan “low carb” transport, industrie en bouw. Het grote voordeel van waterstof is, dat het een flexibele energiedrager (dus geen bron) is, welke vanuit allerlei energiebronnen kan worden geproduceerd, en vervolgens weer in allerlei vormen van energie kan worden geconverteerd (Power2Power, power2gas, Power2fuel). Het vormt daarbij de verbinding tussen vraag en aanbod, zowel centraal als decentraal.

Flexibiliteit (niet alleen aan de aanbodkant maar juist ook aan de vraagkant) is essentieel in elk energievoorzieningsstelsel, waarbij de toepassing van VRE (variable renewable energy) de noodzaak tot flexibiliteit nog groter maakt; VRE (denk aan energie uit wind, zon, water) is wenselijk maar het aanbod ervan fluctueert per definitie. Die fluctuatie kan worden opgevangen met conventionele centrales, met decentrale opwekking, maar ook met opslag, ook weer grootschalig of juist decentraal. Batterijen in auto's of stand-alone kunnen daarbij een rol spelen, maar zijn niet geschikt voor de grootschalige opslag van grote hoeveelheden surplus-energie die over een langere termijn wordt opgewekt. Waterstof is daarvoor wel geschikt als energiedrager, als opslag van piekaanbod in energie en als buffer voor perioden met dalend aanbod c.q. piekvraag. Batterijen kunnen dan worden toegepast als buffer over kortere perioden met snellere wisselingen in pieken/dalen.

Onderstaand schema vat dit nog eens samen: er ontstaat een verschuiving van een traditioneel model met afzonderlijke niet-verbonden netwerken voor elektriciteit, verwarming, gas, brandstoffen etc. naar een model met aan elkaar geknoopte netwerken en verschillende lagen in de infrastructuur met die zo simpele waterstof als de “big connector”.

Figure 1: Energy system today and in the future



Technology Roadmap, Hydrogen and Fuel Cells, International Energy Agency, Paris, 2015

Macro-economisch gezien is de impact ongekend groot, denk aan de posities van de autofabrikanten, de olie-industrie. Een onderliggende fundamentele verandering in het economisch model ligt op de loer. Traditioneel was er rondom energie sprake van een grondstofgedreven economie: gereguleerd aanbod, stijgende vraag, hogere prijzen, steeds duurdere exploratie etc. (dit even los van de actuele ontwikkeling rondom schaliegas, afkoeling van de wereldeconomie met impact op de vraag, dumping door o.a. de Saoedi's). Een transitie naar elektrische auto's en naar grootschalige opwekking via wind en zon, maakt een einde aan die grondstoffen-economie en legt de basis voor een industriële economie.

Daarin leidt een grotere vraag naar zonnepanelen, windmolens, infrastructuur, batterijen, EV's etc. tot grotere schaal; schaal leidt tot lagere kosten en grosso modo (in een open markteconomie) tot lagere prijzen. "Everybody happy"? Nee dus.

Gevestigde belangen leveren weerstand op, ongetwijfeld, voldoende om wat correcties en vertragingen te realiseren, maar onvoldoende om te blokkeren.

De **financiële gevolgen** zijn groot. De kosten voor de consument zullen veranderen in totale som, in de verhouding tussen vaste en variabele kosten, in de eigendomsverhouding en de wijze van betalen voor mobiliteit: zelf bezitten, P2P sharing, private lease voor langere periodes, Pay As You Drive (per uur, per km.), abonnements-model (subscription models), complete mobiliteitsoplossingen (package van verschillende modaliteiten en services).

De overheid zal sterk worden getroffen (ook weer volgens het 2050 PBL scenario) minder BPM, bijtelling, lagere energieheffing. Al met al zou de overheid er in 2050 dan 5 tot 7 miljard EUR bij in kunnen schieten. Aanvullend fiscaal beleid zal de pijn verzachten maar elke maatregel heeft het gevaar in zich van marktverstoring en vooral van ontmoediging van die maatschappelijk zo vurig gewenste EV.

Naast personenvervoer, zal ook het **goederenvervoer** worden geraakt. Geleidelijk zullen hier alternatieven worden benut zoals LNG maar ook elektrisch vervoer is een optie (batterij, fuel cell, inductie), met name in lokaal/stedelijk vervoer. Daarbij zal een verschuiving optreden van grote trucks naar kleinere trucks, met een evenredige toename van het totaal aantal ritten met 50%, en een flinke groei van kleinschaliger overslag in de regio/aan de stadsranden.



Meer samenwerking, meer bundeling en betere belading komen onder handbereik. Nadelen kunnen liggen in grotere complexiteit, het toevoegen van een niet-functionele tussenschakel, en het verbreken van direct contact tussen leverancier en klant (door het overslaan en combineren van ladingen).

Wat betreft **benzinstations** zal de EV uiteindelijk duidelijk invloed hebben; de komende jaren zal die beperkt blijven gezien het relatief lage aantal EV's. Voor benzinstations is er overigens wel sprake van een aantal (deels samenhangende) factoren welke de brandstofvolumes negatief beïnvloeden.



Bronnen: Tesla en Nuon

Het wagenpark in Nederland stabiliseert geleidelijk, de gemiddelde kilometrage per auto is een aantal jaren op rij gedaald (maar stijgt heel licht met een aantrekkende economie), en een groot deel van het wagenpark wordt kleiner resp. wordt uitgerust met lichtere zuiniger motoren.

Voor **autofabrikanten** zijn de veranderingen groot. Kosten voor R&D en ontwerp zijn hoog, technologie verandert ingrijpend, het traditionele OEM-paradigma gaat onderuit, de mogelijke boetes vanuit de EU kunnen hoog oplopen. Andere

spelers komen het automotive ecosysteem binnen. Maar er ontstaan ook nieuwe mogelijkheden. Denk aan het Tesla-model waarbij de fabrikant door de keten heen producten en diensten aanbiedt tot aan de consument (verticale integratie).



Bron: The Telegraph

Maar ook leasing- en sharing-oplossingen zijn interessant, en het aanbieden van complete mobiliteitsdiensten. Fabrikanten laten daarmee een verleden achter zich waarin ze geleidelijk al de productie van onderdelen en (delen van) de assemblage buiten de deur plaatsten, en geleidelijk services naar zich toe trekken: van producent naar provider dus.

In sharing is dat zichtbaar met Autolib (Parijs) maar ook met Car2Go (Daimler) en DriveNow (BMW).

In full service multi-modale mobiliteit zijn er bijvoorbeeld initiatieven van Deutsche Bahn met Flinkster en van Daimler met Moovel.

Voor **dealers** treden er enkele veranderingen op. Verkoop-prijzen en marges liggen anders dan bij benzine/diesel auto's. Elektrische auto's vragen om andere kennis en vaardigheden in onderhoud en reparatie (zeker als die auto's ook meer worden uitgerust met electronica/telematica).



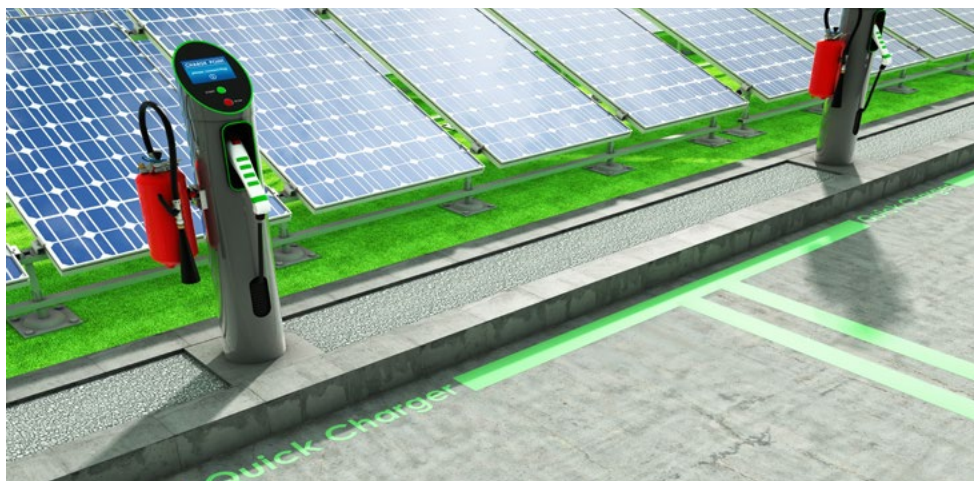
Elektrische auto's zijn in zekere zin minder complex, bevatten minder onderdelen (en minder slijtage-delen). Onderhoudskosten van een EV liggen duidelijk lager (40 % en meer) dan bij een vergelijkbare benzine-auto (volgens berekeningen van Mivar, 2014). Dit betekent ook een duidelijk teruggang in de

omzet in onderdelen. Vervanging van batterijen zal een rol blijven spelen voorlopig omdat de levensduur van een batterij vooralsnog korter zal zijn dan de gemiddelde levensduur van een auto (15 jaar en meer).

De EV zorgt voor de nodige onrust, nu al. Dat zal de komende jaren alleen maar sterker worden.

De automobielwereld wordt geraakt, de olie-industrie, consumenten, de overheid, de transportsector. De infrastructuur verandert (wegennet, stedelijke ontwikkeling, ICT, opwekking en distributie van energie), uitstoot vermindert en luchtkwaliteit verbetert. Keuzes rondom mobiliteit en auto (bezit/gebruik, functionaliteit) zullen veranderen.

Spannende tijden dus; John Travolta in de film "Grease" citerend in 1978: (N.B. een film met veel olie, vet en benzine): "It's electrifying".



12. Rabobank elektrische auto scenario

2020

In het EV scenario van de Rabobank wordt uitgegaan van een stijging van ongeveer 100.000 EV's nu, naar 200.000 EV's in 2020. De grootste stijging zal verhoudingsgewijs komen van het aandeel FEV's. Wij verwachten dat er hiervan ongeveer 80.000 rond zullen rijden in Nederland in 2020. Of de prognose voor 2020 (en volgende jaren) gerealiseerd wordt, hangt uiteraard af van een samenspel van factoren: technologie, fiscaliteit, aanschafprijs van de EV etc. Naar verwachting zal de sterke groei van het aantal PHEV's, een verdubbeling in 2015, niet door kunnen worden gezet in de jaren tot 2020. Dit komt voornamelijk door een sterke versobering van de fiscale voordelen van PHEV's. Het totaal aantal auto's in Nederland stijgt in het scenario tot 8,5 miljoen.

Wij verwachten dat de kosten van de Li-ion batterij in 2020 tot onder de 200 dollar per KWh zullen zijn gedaald voor de marktleiders (in 2015 was dit nog 300 dollar per KWh). Deze grote stap voorwaarts zal ook mede worden gemaakt door de sterke uitbreiding van de wereldwijde productiecapaciteit van Li-ion batterijen, zoals bijvoorbeeld met de ingebruikname van de Tesla batterij fabriek.

Ook de range en de laadsnelheden zullen verder zijn opgelopen. Wij verwachten dat de gemiddelde range van een middenklasser zo rond de 300 km zal liggen in 2020. De laadsnelheden voor deze modellen zullen oplopen tot boven de 100 KW (bij een snellader). Hiermee kan, in theorie, 500 km aan rijbereik worden bijgeladen in een uur. Echter, de voornaamste vorm van opladen zal voor de meeste mensen nog thuis aan de stekker zijn of bij een laadpaal in de straat/buurt, waar aanmerkelijk lagere laadsnelheden zullen worden bereikt.

De EU-emissienormen zullen in 2021 zijn gedaald tot 95 gram/km. Een grens die naar verwachting ook zonder groot-schalige inpassing van zero-emission auto's nog gehaald kan worden door de automobiellindustrie.

Autonoom rijden zal naar verwachting in fase 2 (zie hoofdstuk 10.2) zitten van de fasen van autonoom rijden. Park assist, adaptive cruise control with lane keeping, traffic jam assist zullen veelal standaard opties zijn bij de meeste EV's. V2V (vehicle to vehicle ofwel verbinding van auto naar auto) en V2I (vehicle to infrastructure ofwel connectie van de auto met infrastructuur (wegen etc.), valet park assist en emergency driver assistant zullen vollop in ontwikkeling zijn.

Car sharing zal nog maar een zeer beperkte rol spelen met een aandeel van ongeveer 2,5% in het totaal aantal gereden kilometers.

2025

Tussen 2020 en 2025 verwachten wij dat zowel het aantal PHEV's als FEV's sterk zal toenemen tot een totaal van 750.000. De grootste stijging zal wederom komen van de FEV's. De voortzetting van de daling van de batterijkosten tot onder de 150 dollar per KWh in 2025 zal ertoe bijdragen dat het punt waarop een FEV in termen van TCO even duur zal zijn als een vergelijkbare benzine of diesel auto, naar onze verwachting zo ongeveer rond 2023 zal liggen. Dit zal voor een grote doelgroep de FEV, vanaf 2023, tot de meest aantrekkelijke keuze maken, met name aangezien de prijs nog verder zal gaan dalen. In ons scenario komt het totaal aantal PHEV's uit op 400.000 in 2025 en het aantal FEV's op 350.000.

De range en laadsnelheden voor een middenklasser zullen naar verwachting zijn gestegen tot een maximale range van 450 km en een maximale laadsnelheid van 150 KW. Hiermee kan een batterij, in theorie, met 750 km aan rijbereik worden bijgeladen in een uur.

De emissienormen zullen zijn gedaald tot 75 gram CO₂ per kilometer en deze grens maakt het voor autoproducenten noodzakelijk om voldoende zero-emission auto's te verkopen om aan deze norm te kunnen voldoen.

Autonoom rijden zal naar verwachting fase 3 (zie hoofdstuk 10.2) voltooid hebben (limited self driving). Hierbij zullen "conditional automation" en "highway driver/autopilot" gaan behoren tot de standaard opties op de meeste nieuwe (elektrische) auto's. Auto's gaan onder bepaalde omstandigheden autonoom rijden.

Car sharing zal enigszins toenemen maar heeft in 2025 naar verwachting nog niet zijn grote doorbraak gehad.

2030

Tussen 2025 en 2030 zal het aantal FEV's naar verwachting groeien naar ongeveer 1 miljoen auto's. De FEV zal voor veel mensen de goedkopere optie zijn in vergelijking met een conventionele benzine- of diesel auto. Zeker aangezien de prijzen van de Li-ion batterijen tot bijna 100 dollar per KWh zullen zijn gedaald. Het aantal PHEV's zal nog wel zijn toegenomen naar 500.000 auto's in 2030 maar de verkoopaantallen zullen al wel een dalende trend vertonen en nog verder dalen

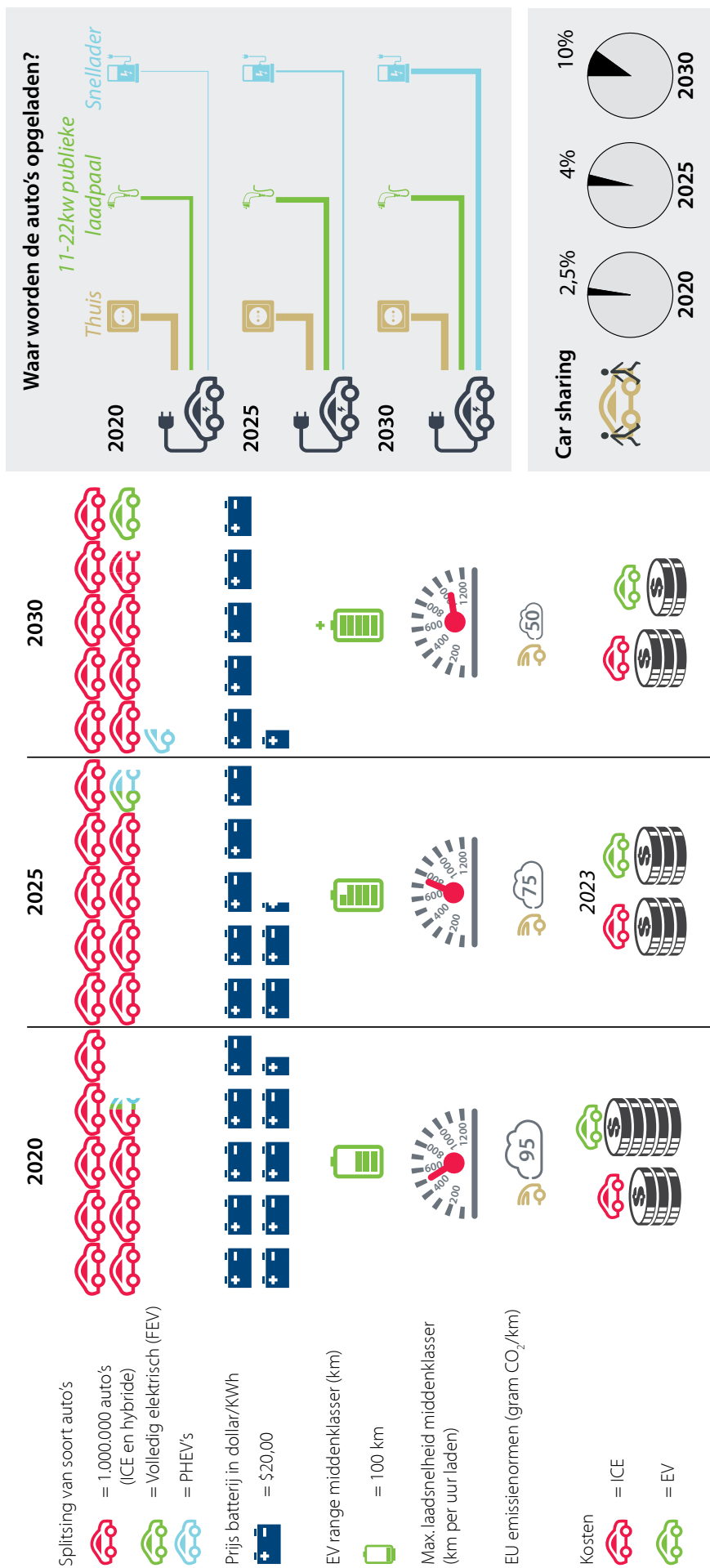
na 2030. Het zal simpelweg te duur zijn om twee aandrijflijnen (elektrisch en conventioneel) te combineren en de PHEV zal dan ook waarschijnlijk blijken voornamelijk een transitie technologie te zijn geweest welke uiteindelijk de overgang naar FEV's heeft gefaciliteerd.

De range van een middenklasser zal vergelijkbaar zijn met een huidige benzine auto en dus ruim 500 km op een volle batterij bedragen. De laadsnelheden zullen oplopen tot meer dan 200 KW waarmee, in theorie, meer dan 1000 km kan worden bijgeladen per uur. In de praktijk zal een lege batterij waarschijnlijk 200 km aan rijbereik kunnen bijladen binnen 10 minuten. Nu super snel laden dan ook echt mogelijk is, zal het laden via een snellader veel populairder zijn geworden.

De emissienormen van de EU zullen zijn gedaald tot 50 gram CO₂ per km en dit forceert autofabrikanten om het aantal zero-emission auto's, als aandeel van de totale autoverkopen, verder te vergroten.

Autonoom rijden zal naar verwachting fase 4 (zie hoofdstuk 10.2) hebben voltooid (full self driving, high automation). Hierbij neemt de auto vrijwel alle veiligheidskritische functies over maar ook "remote parking" en "urban automated driving" gaan behoren tot de opties.

Car sharing zal vanaf 2030 echt gaan doorbreken en ook leiden tot een daling van het totaal aantal auto's in Nederland.



Autonoom rijden (kosten in €)

Bron: KPMG 2015



2016



BMW i3

2017



Tesla model 3

2020 - 2025



Google/Apple

> 2025

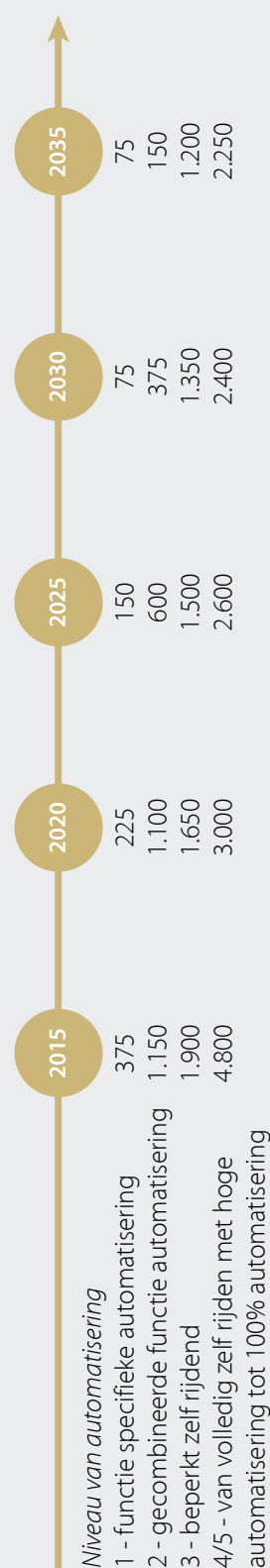


Mercedes autonomous auto

> 2030



Porsche LMP 1 concept car





Conclusie

De Elektrische auto (EV= Electric Vehicle) staat weer volop in de belangstelling. Niet verwonderlijk aangezien de (technische) ontwikkelingen in een stroomversnelling lijken te zijn geraakt en de EV een belangrijk deel van de oplossing kan bieden voor grote maatschappelijke problemen zoals klimaatverandering, luchtkwaliteit en de eindigheid van fossiele brandstoffen. Ook is de EV een onderdeel van een meer fundamentele transitie, waarbij het als een onderdeel moet worden gezien van de bredere trends als car sharing, connectivity, autonoom rijden en de transitie naar een duurzaam energiesysteem.

Het aandeel van de EV is nu nog marginaal: 100.000 EV's op een totaal van afgerond 8 miljoen auto's in Nederland, waarvan slechts 10.400 geheel elektrisch. De doelstellingen van 200.000 EV's in 2020 en 1,5 miljoen EV's in 2030 zijn dan ook best ambitieus te noemen. Zeker aangezien PHEV's (Plug-in Hybrid Electric Vehicles) slechts een tussenoplossing zullen blijken te zijn. Op termijn zijn deze auto's qua techniek, pricing en fiscale behandeling niet meer interessant.

Om de doelstellingen te bereiken zal al snel in het volgende decennium een kantelpunt moeten worden bereikt waarbij de volledig elektrische EV net zo duur, en vervolgens goedkoper zal moeten worden als een benzine of diesel auto. Er moet passend fiscaal beleid komen evenals verdere aanscherping van de emissienormen. Technische problemen moeten worden geminimaliseerd, een dekkende laadinfrastructuur

dient te worden opgezet en er zal een omslag in het denken en het gedrag van de consument moeten plaatsvinden.

Autoproducenten zullen hun weg moeten vinden in een complexe en dynamische omgeving met technologische uitdagingen, de druk van strenge (emissie) wetgeving met harde sancties, grote concurrentie tussen fabrikanten en vanuit nieuwe toetreders, ingrijpend veranderend consumentengedrag en een nieuwe invulling van mobiliteit met daarin een andere rol voor de auto. Tegelijk is er de aarzeling tot grote investeringen door de onzekerheid of de consument wel massaal voor de EV zal kiezen. Maar de tijd dringt en de impact zal groot zijn: andere technologie, andere marges, minder after sales en parts en andere business modellen.

De beperkingen van de EV moeten worden opgelost, met name rondom de batterij. Ze zijn nog te duur, de capaciteit is te laag en het laden duurt te lang. Dit leidt bij de consument tot een zekere mate van range anxiety. Daarnaast is de levensduur van de batterijen nog te laag, is het gewicht te hoog en zijn de prestaties veel minder bij lagere temperaturen.

Om van de EV een succes te maken zullen deze beperkingen moeten worden opgelost, en dit is exact wat er in de komende jaren lijkt te gaan gebeuren. Barrières worden sneller geslecht dan een aantal jaren geleden voor mogelijk werd gehouden. Zo zal de prijs van Li-ion batterijen waarschijnlijk nog voor 2020 onder de 200 dollar per KWh duiken en voor 2025 zelfs onder de 150 dollar/KWh. Hiermee zal het omslagpunt worden bereikt waarbij EV's even duur zijn en vervolgens zelfs goedkoper dan benzine of diesel auto's. Vanaf

2017 komen EV's op de markt waarmee voor een betaalbare prijs een tenminste 300 km op een volle batterij kan worden gemaakt.

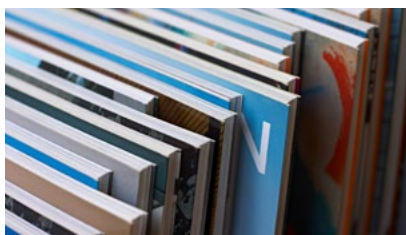
Een goede laadinfrastructuur is essentieel. Laden moet in de nabije omgeving (of thuis) kunnen, betaalbaar zijn en het liefst met een zo hoog mogelijke laadsnelheid. Wie thuis kan laden zal dit over het algemeen ook thuis doen omdat het weliswaar langzaam verloopt, maar de prijs per kWh erg laag is. Echter, voor de 60% van de consumenten die afhankelijk is van het laden in de openbare ruimte, is de verwachting dat op de korte en middellange termijn vooral zal worden geladen bij de openbare laadpalen in de straat/buurt. Op de lange termijn, wanneer snelladen ook echt de mogelijkheid geeft om binnen een kwartier een lege batterij geheel vol te laden, zal deze groep meer gaan laden bij een snellaadstation.

Door de overgang naar elektrisch rijden zal het elektriciteitsnet zwaarder worden belast, en hoewel dit significant zal zijn, is de impact niet enorm. Zo zal een aandeel van 5% volledig elektrische auto's (400.000) maar tot zo'n 1% extra elektriciteitsverbruik leiden in Nederland. Lokaal kan het laden van teveel EV's wel een probleem worden wanneer teveel mensen de auto aan de lader leggen op de al bestaande piekuren. Het afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit via smart grids wordt dan ook van groter belang. De EV kan hierin een rol spelen, onder andere omdat de batterij als een flexibel opslagsysteem zou kunnen dienen waar elektriciteit in wordt opgeslagen tijdens een productieoverschot, en

wordt onttrokken aan de batterijen bij een te lage (duurzame) productie.

In de transitie naar zero-emission vervoer is de waterstof auto met een brandstofcel (de FCEV) een concurrent van de EV. De voordelen van de FCEV zijn de hogere range en het korte tijdsbestek waarin kan worden bijgetankt. De FCEV wordt dan ook, door onder andere veel autofabrikanten, gezien als de beste van de twee opties wanneer er vaak veel kilometers moeten worden gemaakt. De grootste nadelen van de FCEV zijn de lagere efficiëntie (wanneer de waterstof wordt verkregen door middel van elektrolyse), het gebrek aan een tankinfrastructuur en de hoge prijs van de brandstofcellen. De technologieën hoeven elkaar zeker niet uit te sluiten en kunnen de benzine en diesel van de toekomst zijn. Echter, de FCEV staat al wel op een achterstand ten opzichte van de EV. En met de huidige ontwikkelingen lijken de grootste nadelen van de EV (kosten batterij, range en oplaadtijd), binnen afzienbare tijd te verdwijnen.

Binnen 5 tot 7 jaar zal het punt worden bereikt waarop de EV het in kosten gemeten gaat winnen van de conventionele auto met verbrandingsmotor. Technische belemmeringen en beperkingen worden voortvarend aangepakt en een passende laadinfrastructuur wordt uitgerold. We lijken dan ook aan de vooravond te staan van de grote doorbraak van de EV. En wie geen Kodak momentje wilt beleven kan de EV dan ook maar beter serieus nemen. Hij komt eraan, of je het nou wilt of niet...



Literatuurlijst

- Accenture, Greenflux, Oranjewoud (2012): Elektrische auto op 1
- Accenture, Greenflux, Oranjewoud (2010): Charged
- Accenture, Natuur en Milieu, Rijksdienst voor ondernemend Nederland, Antea Group en Greenflux (2015): Electric Mobility: Charged to Maturity? a driver survey in the Netherlands
- Amsterdam Roundtable Foundation in collaboration with McKinsey (2014) Evolution: Electric vehicles in Europe: gearing for a new place? April 2014
- Arthur D. Little (2015), Global automotive mobility study
- Automotive World (2015) is the auto industry ready for the world of 2030? Penarth (UK)
- Autoweek (2015) Tegen de 400 stations in 2023
- Battery University (2016) Availability of Lithium
- Battery University (2016) BU-401a Fast and Ultra-fast Chargers
- Bernhart, W. and Schlick, Th. (2015) E-mobility Index 2015. Roland Berger
- Bernhart, W. et al. (2013) Fuel cell: a realistic alternative for zero emission. Roland Berger
- BNR (2014) Vergeet het elektrisch rijden, waterstof heeft de toekomst. Mobility debat
www.bnr.nl/event/mobility-debat
- Boston Consulting group (2010) Batteries for electric cars
- Boston Consulting Group (2015), Revolution in the driver's seat
- CE Delft (2015) Goedkopere stroom door slim laden van EV's
- Centraal Planbureau en Planbureau voor de leefomgeving (2015) Nederland in 2030-2050: twee referentiescenario's. Den Haag
- Christopher DeMorro (2015) Lighter batteries may prove the tipping point for electric vehicles
- Cobb, J. (2015) Pros and cons of hydrogen fuel cell vehicles. www.hybridcars.com
- Cox, J. (2014) Time to come clean about hydrogen fuel cell vehicles. www.cleantechnica.com
- Ecomento (2016) Electric cars during winter. www.ecomento.com
- Energieia (2016) Publieke laadpalen netbeheerders nog vaak onbenut (zie ook: www.energieia.nl)
- Energieia (2015) CE Delft rekende het maar eens uit: slim laden bespaart vele miljoenen
- Enxsis (2014) Kwaliteits- en capaciteitsdocument, elektriciteit 2014-2023
- Evans, S. (2015) EV battery costs already probably cheaper than 2020 projections. The Carbon Brief. www.carbonbrief.org
- Fastned (2016) Verschillende artikelen op de site
- Financieel Dagblad (FD) (2016) Schone energie zal de olie- en autowereld vermorzelen, interview met Tony Seba. door Gerben van der Marel. 12 maart 2016
- Formule-E Team (2015): Actieagenda wegverkeer, elektrisch vervoer, 2015-2020
- Gartner's hype cycle for emerging technologies. www.gartner.com
- Gartner's hype cycle for Electric Mobility. www.evobsession.com
- Hensley, R. (2009) Electrifying cars. McKinsey
- Hensley, R. et al. (2012) Battery technology charges ahead. McKinsey Quarterly. Juli 2012
- Heymann, E. (2014) CO₂ emissions from cars. Deutsche Bank, Frankfurt, December 2014
- Hogeschool van Amsterdam (2015) Onderzoeksprogramma Urban Technology
- Hybridcars (2015) GM Says Li-ion Battery Cells Down To \$145/kWh and Still Falling. www.hybridcars.com

International Energy Agency (2015) Technology Roadmap, Hydrogen and Fuel Cells. Paris

Juniper Research (2016) Electric vehicles going the last mile, whitepaper

Kadijk, G. en Smokers, R. (2016) NOx emissions of Euro 5 and Euro 6 diesel passenger cars. TNO Maart 2016

Karsten, J. and West, D.M. (2015) Five emerging battery technologies for electric vehicles

Klambach, R. et al. (2011) Automotive landscape. Roland Berger

KPMG (2015) Connected and Autonomous Vehicles - The UK Economic Opportunity

KPMG (2016) Global automotive executive survey 2016

Laadpasvergelijker.nl (2016)

Langezaal, M. (2015) the Autowende is here: electric cars are the next trillion dollar industry. www.cleantechnica.com

Ligterink, N. et al. (2015) Monitoring van plug-in hybride voertuigen. TNO Delft

Ligterink, N. (2015) Fuel-electricity mix and efficiency in Dutch plug-in and range extender vehicles. TNO

Ligterink, N. (2014) Update analysis of real-world fuel consumption of business passenger cars. TNO Delft

Luiten, R. (2013) laadstrategie Elektrisch wegvervoer. Movares adviseurs en ingenieurs. Utrecht, januari 2013

Lux Research (2015): Crossing the Line: Li-ion Battery Cost Reduction and Its Effect on Vehicles and Stationary Storage

McKinsey (2009) Roads toward a low-carbon future. Maart 2009

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2013) Op weg naar duurzame mobiliteit

Movares (2013) Laadstrategie elektrisch wegvervoer

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014) Een duurzame brandstofvisie met lef

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014) A vision of sustainable fuels for transport, key findings of the SER vision programme

Mohr, D. et al. (2016) Automotive revolution, perspective towards 2030. McKinsey Quarterly

Nature energy (2016) Grafeenkooitjes vertienvoudigen capaciteit Li-ionbatterij

Newman, M. et al. (2015) Electric vehicle: why less battery and more oil will mean more battery and less oil. Bernstein New York, September 2015

Ministerie van Financiën (2015) Autobrief II. Den Haag. 19 juni 2015

NL Ingenieurs (2015) Naar een hoog aandeel duurzame energie

Nykqvist, B. and Nilsson, M. (2015) Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. Nature Climate Change 5, 329–332 (2015)

Over Morgen (2016) EV benchmark. www.overnmorgen.nl

Planbureau voor de Leefomgeving (2012) Elektrisch rijden in 2050: gevolgen voor de leefomgeving. Den Haag

Planbureau voor de leefomgeving (2016) Stimuleren van elektrisch rijden. Den Haag

Tankpro (2015). www.tankpro.nl

Plotz, P. et al. (2015) Real world fuel economy and CO₂ emission of PHEV's. Fraunhofer ISI, Karlsruhe

PWC/Strategy& (2015), Connected car Study

TNO en CE Delft (2014) Brandstoffen voor het wegverkeer. Kenmerken en perspectief

Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur (2015) Rijk zonder CO₂, naar een duurzame energievoorziening in 2050

Rabobank (2014) Automotive sectorverkenning: De toekomst van automotive

Randall, T. Here's how electric cars will cause the next oil crisis. Bloomberg Business. www.bloomberg.com

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Cijfers Elektrisch vervoer. periodiek verschijnend

Rijksoverheid (2016) Cijfers elektrisch vervoer

SER (2014) Deelrapport Brandstofafel duurzaam Waterstof, Energieakkoord SER

SER (2014) Deelrapport Tafel Wegvervoer Duurzaam Elektrisch, SER energieakkoord

Spoelstra, J., (2014) Charging behaviour of Dutch EV drivers: A study into the charging behaviour of Dutch EV drivers and factors that influence this behaviour, Utrecht: Utrecht University.

Statusdocument wegverkeer Elektrisch Vervoer 2015-2020

Tennet (2011) Elektriciteitsverbruik in Nederland

TNO (2015) Energie- en milieu-aspecten van elektrische personenauto's

US department of energy (2014) Fuel Cell technologies office

Usmani, O. et al. (2015) Policy options to maximise zero emission vehicle sales in 2035. ECN, Amsterdam 2015

Usmani, O. et al. (2015) Policies and good practices to foster electro mobility roll-out on the local, national and European level. Amsterdam 2015

van Wijk, A. en Verhoef, L. (2014) Our car as power plant. IOS Press Delft

Verbeek, R.P. et al. (2015) Energie- en milieu-aspecten van elektrische personenauto's. TNO, Delft

VNG (2015) Green Deal "Openbaar Toegankelijke Elektrische Laadinfrastructuur"

Volkskrant (2016) Zo raakte Europa verslaafd aan diesel. Carola Houtekamer. 12 maart 2016

www.fuel-cell-e-mobility.com

(2015) The five step process that will turn cars into autonomous vehicles. safety.trw.com

Afkortingen

ABS	antiblokkeersysteem
ADAS	advanced driver assistance system
BPM	belasting personenauto's en motorrijwielen
ct	cent
EPA range	standaard die gebruikt wordt voor het bepalen van de reële range van een elektrische auto
ESP	electronic stability program
EV	electric vehicle
FCEV	fuel cell electric vehicle
FEV	full electric vehicle
GWh	GigaWatt hour
HEV	hybrid electric vehicle
ICE	internal combustion engine
km	kilometer
KW	KiloWatt
KWh	KiloWatt hour
Li-ion	Lithium-ion
LNG	liquid natural gas
MRB	motorrijtuigenbelasting
NGO	non-governmental organisation
NOx	Nitrogen oxide(s)
OEM	original equipment manufacturer
OV	openbaar vervoer
P2P	peer to peer
PBL	planbureau voor de leefomgeving
PHEV	plug-in hybrid electric vehicle
PM	particulate matter
R&D	research and development
RVO	rijksdienst voor ondernemend Nederland
SER	sociaal-economische raad
SUV	sports utility vehicle
TCO	total cost of ownership
UF	utilization factor
V2B	vehicle to building
V2G	vehicle to grid
Wh	Watt hour

Definities

De volgende varianten worden onderscheiden bij toepassing van elektriciteit in auto's:

- de Hybrid Electric Vehicle (HEV): deze zet kinetische energie (denk aan de energie die vrijkomt bij het remmen) om in elektriciteit. Hierin zijn grofweg 2 opties denkbaar: een parallelle versie waarin een verbrandingsmotor (ICE) en een electromotor beiden zijn verbonden met de transmissie, en een seriele versie waarin de electromotor de aandrijving levert en een (kleinere) verbrandingsmotor dient als generator welke de stroom levert.
- de Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV), welke zich onderscheidt doordat extern kan worden opgeladen via de stekker (het stopcontact, de laadpaal, de snellader), waarbij tot nu toe de verbrandingsmotor veelal het belangrijkste is en de electromotor, gezien de beperkte capaciteit van de batterij, een bescheiden rol vervult
- De Battery of Full Electric Vehicle (FEV), die 100% op elektriciteit draait en voor de stroomvoorziening afhankelijk is van een externe bron (laadpaal + stopcontact, snellader).
- De Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV), die als elektrische auto moet worden gekwalificeerd omdat elektriciteit de energiebron vormt voor de electromotor; de benodigde elektriciteit wordt in dit geval niet van buitenaf geladen in een accu, maar wordt in de auto gegenereerd door omzetting van waterstof en zuurstof via een brandstofcel in elektriciteit. De benodigde waterstof wordt "gewoon" getankt en onder strikte condities in een tank in de auto opgeslagen.

Korte biografie



Hans Groenhuijsen
Automotive, Transport & Logistics

Telephone: +31 (0)30 71 24462
Mobile: +31 (0)6 22866384
Email: hans.groenhuijsen@rabobank.com

Hans Groenhuijsen, senior industry analyst Automotive en Transport&logistics bij Rabobank sinds 2011; daarvoor werkzaam als zelfstandig adviseur en interim-manager, en in verschillende managementfuncties bij Centraal Beheer, CAré, Athlon, AkzoNobel en Pon. Reist deels op benzine in een Volvo V-70 en rijdt veel elektrisch met Bombardier/Siemens e.a., ofwel met de NS.



Kevin Rijpert
Energie, Afval en Duurzaamheid

Telephone: +31 (0)30 71 22587
Mobile: +31 (0)6 19275672
Email: kevin.rijpert@rabobank.com

Kevin Rijpert, junior industry analyst energie, duurzaamheid en afval bij Rabobank sinds 2013. Bachelor: Natuurwetenschappen en Innovatiemanagement en Master: Sustainable Development. Reist deels op benzine in een Mitsubishi Colt en reist veel met de trein.

Colofon

Auteurs

Hans Groenhuijsen
Kevin Rijpert

Ontwerp en productie

Presentation Unit Rabobank, Utrecht

Contact details

Rabobank
Industry Knowledge Team
e-mail: Hans.Groenhuijsen@rabobank.com
Kevin.Rijpert@rabobank.com

Website

www.rabobank.com

Disclaimer

This document is prepared by Coöperatieve Rabobank U.A. (trading as “Rabobank”), acting through its New York Branch and any of its associated or affiliated companies and directors, representatives or employees. Coöperatieve Rabobank U.A. is incorporated in the Netherlands. The liability of its members is limited. Coöperatieve Rabobank U.A. is authorised and regulated by De Nederlandsche Bank N.V. Furthermore, Rabobank in the Netherlands is regulated by the Netherlands Authority for the Financial Markets. Rabobank, London Branch is regulated by the Financial Services Authority for the conduct of UK business. Rabobank, London Branch is registered in England and Wales under no. BR002630. With respect to this document, in the U.S.A., any banking services are provided by Coöperatieve Rabobank U.A., New York Branch and any securities related business is provided by Rabo Securities USA, Inc., a U.S. registered broker dealer.

This document is directed exclusively to either Eligible Counterparties and Professional Clients on the one hand and Market Counterparties and Intermediate Customers on the other. It is not directed at Retail Clients respectively Private Customers.

This document is for information and discussion purposes only. Neither this document nor any other statement (oral or otherwise) made at any time in connection herewith is and is not, and should not be construed as an offer, invitation or recommendation to acquire or dispose of any securities or a commitment to enter into any transaction. Any transaction would be subject to contract, satisfactory documentation and market conditions. All parties are advised to seek independent professional advice as to the suitability of any products and their tax, accounting, legal or regulatory implications.

The information and opinions contained in this document have been compiled or arrived at from public sources believed to be reliable, but no representation or warranty, express or implied, is made as to the accuracy, completeness or warranty, express or implied. This document does not constitute investment advice, nor is it intended to be investment research. All opinions expressed in this document are subject to change without notice. This document does NOT purport to be an impartial assessment of the value or prospects of its subject matter and it must not be relied upon by any recipient as an impartial assessment of the value or prospects of its subject matter. The information contained in this document is not to be relied upon by the recipient as authoritative or taken in substitution for the exercise of judgement by any recipient. To the extent permitted by law, neither Rabobank, nor other legal entities in the group to which it belongs accept any liability whatsoever for any direct or consequential loss howsoever arising from any use of this document or its contents or otherwise arising in connection therewith.

Insofar as permitted by applicable laws and regulations, Coöperatieve Rabobank U.A. or other legal entities in the group to which it belongs, their directors, officers and/or employees may have had or have a long or short position or act as a market maker and may have traded or acted as principal in the securities described within this document, or related investments, or may otherwise have conflicting interests, including acting as advisors, brokers, bankers or providing services to companies whose securities, or related investments, are mentioned in this document. Further Coöperatieve Rabobank U.A. may have or have had a relationship with or may provide or have provided corporate finance or other services to companies whose securities (or related investments) are described in this document.

This document may not be reproduced, distributed or published, in whole or in part, for any purpose, except with the prior written consent of Coöperatieve Rabobank U.A. By accepting this document you agree to be bound by the foregoing restrictions.

© www.rabobank.com

© Rabobank
Croeselaan 18, 3521 CB Utrecht, The Netherlands

© Rabobank, London Branch
Thames Court, One Queenhithe, London EC4V 3RL, United Kingdom

© Coöperatieve Rabobank U.A., New York Branch
245 Park Avenue, New York, New York 10167, United States of America



Rabobank