



# **Factsheet feitenmateriaal**

# **Elektrische voertuigen**

# **en veiligheid**

Oktober 2014

Hybride elektrische en volledig elektrische voertuigen worden langzaam maar zeker steeds bekender. Het aantal voertuigen op de weg groeit gestaag<sup>1</sup> en daarmee rijst ook de vraag hoe veilig deze voertuigen zijn. Naar het onderwerp elektrische voertuigen (EV) en veiligheid is al veel onderzoek gedaan en ook de komende jaren zal nog veel onderzoek worden uitgevoerd. In deze online versie van de factsheet 'Elektrische voertuigen en veiligheid' wordt op een rij gezet wat er momenteel bekend en beschikbaar is.

Deze factsheet gaat in op de volgende onderwerpen.

### 2.1 Voertuigveiligheid

Deze paragraaf geeft een overzicht van de veiligheidseisen waaraan hybride en elektrische voertuigen moeten voldoen.



### 2.2 (Afwezigheid van) geluid

Geluid blijkt gelukkig weinig tot geen effect op objectieve en subjectieve verkeersveiligheid te hebben. Toch worden er vaak vragen over gesteld en deze paragraaf gaat daar nader op in.



### 2.3 Incident Management

Wat moeten hulpdiensten doen bij een ongeval met een elektrisch voertuig? Naast aandacht voor hoge spanning voerende bedrading blijkt ook het effectief uitschakelen van het zeer hoge koppel van elektrische voertuigen belangrijk.



### 2.4 Onderhoud en veiligheid

Hoe worden garagepersoneel, automonteurs en technici op de komst van elektrische voertuigen voorbereid?



### 2.5 Brandveiligheid

Hoe zit het met de brandveiligheid van elektrische en hybride elektrische auto's? Uit proeven en langzaam groeiende praktijkervaring blijkt dat elektrische en hybride elektrische voertuigen bij brand minstens zo veilig zijn als voertuigen met verbrandingsmotoren en conventionele accu's. De zogenoemde brandlast is lager dan bij een conventionele auto. Voor het blussen van een brandend elektrisch voertuig of accupakket is een overvloed aan water geschikt.



### 2.6 Te water geraking

In deze paragraaf wordt beschreven wat er gebeurt als een elektrisch voertuig geheel of deels onder water geraakt.



### 2.7 Laadinfrastructuur

Hoe staat het met de (brand)veiligheid van laadinfrastructuur bij het laden en bij een botsing?



### 2.8 Waterstof en brandstofcel

Wat zijn de belangrijkste eigenschappen van waterstof-brandstofcelauto's voor wat betreft veiligheid?



## Noot

Wanneer u op een van de 'paragraafbalken' klikt, komt u terecht bij de beschrijving. Klikt u vervolgens onderaan de paragraafpagina op 'Inleiding', dan komt u weer terug op deze pagina Inleiding en inhoud.

<sup>1</sup> Ultimo Juni 2014: volledig elektrisch (personen- en bedrijfsauto's) ca. 5900, PHEV en EREV (met stekker) ca. 32.200, en hybride elektrisch zonder stekker ca. 98.100.

Vanaf 1 april 2011 bevat de Wegenverkeerswet 1994 ook eisen voor elektrisch aangedreven en hybride elektrische voertuigen voor afgifte van een Nationale kleine serie goedkeuring en een individuele goedkeuring. Voertuigen moeten voldoen aan bepaalde veiligheidseisen als ze worden gebouwd als, of omgebouwd naar elektrisch aangedreven of hybride elektrische voertuigen. Deze eisen hebben specifiek betrekking op de elektrische aandrijflijn. In grote lijnen moet het voertuig voldoen aan de volgende veiligheidseisen

- Uniforme voorschriften voor de goedkeuring van elektrische voertuigen (VN/ECE-reglement nr.100).
- Testen en eisen met betrekking tot de elektromagnetische compatibiliteit (EMC, richtlijn 72/245/EEG en 97/24/EG).
- Testen en eisen met betrekking tot het weggedrag (beleidsregel weggedrag).
- Eisen aan de bekabeling, voorziening uitschakeling hoogspanning en plaatsing van het accupakket (bijlage IV, annex 4, Regeling voertuigen).
- Vanaf 2011 moeten kabels met een hoog voltage een oranje kleur hebben zodat ze voor monteurs en hulpdiensten snel en eenvoudig te detecteren zijn. Vóór dit jaartal kunnen de kabels met een hoog voltage ook een andere kleur hebben.

Meer informatie over de veiligheidseisen waaraan elektrische voertuigen moeten voldoen, is te vinden op de website van de RDW<sup>2</sup> (Dienst Wegverkeer).

Alle nieuwe automodellen zijn wettelijk verplicht om bepaalde veiligheidstesten te ondergaan voordat ze verkocht mogen worden. De wetgeving stelt hiervoor een wettelijke minimumnorm van veiligheid voor nieuwe auto's. De meeste nieuwe productiemodellen worden aanvullend onderworpen aan de botsproeven van EuroNCAP, een gezamenlijk initiatief van de Europese consumentenorganisaties. In deze botsproeven behalen hybride en elektrische auto's met 4 en 5 sterren vergelijkbaar goede resultaten als 'gewone' benzine- en dieselauto's en zijn daarmee net zo veilig. De consument mag dus van zijn elektrische voertuig dezelfde hoge veiligheidsstandaard verwachten. De EuroNCAP-botsproeven gelden niet voor zelfgebouwde of omgebouwde elektrische en hybride auto's. Meer informatie over EuroNCAP, de botsproeven en de resultaten is te vinden op de website van EuroNCAP<sup>3</sup>.

Ook de veiligheid van elektrische 2-wielers is een punt van aandacht. Eind Juni 2014 waren er al meer dan 24.900 elektrische snor- en bromscooters in Nederland geregistreerd en het aantal neemt snel toe. Voor deze categorie is er geen wet- en regelgeving om de veiligheid van de gebruiker, maar ook de omgeving te kunnen garanderen als het gaat om de elektrische componenten (zoals een UNECE-R100). Dat maakt het moeilijk om potentieel onveilige voertuigen te weren van de Nederlandse weg. Een nieuwe kaderrichtlijn voor twee- en driewielige voertuigen is in ontwikkeling, maar zal pas over ongeveer drie jaar van kracht worden. De branchevereniging DOET (Dutch Organisation for Electric Transport) en zes Nederlandse elektrische scooterfabrikanten hebben daarom TNO gevraagd om een lijst met criteria op te stellen voor het borgen en verhogen van de veiligheid en kwaliteit van elektrische scooters. Deze lijst was voor DOET het vertrekpunt voor de toelatingseisen voor een eigen keurmerk.

<sup>2</sup> Website RDW: <http://www.rdw.nl>

<sup>3</sup> Website EuroNCAP: [http://nl.euroncap.com/home\\_nl.aspx](http://nl.euroncap.com/home_nl.aspx)

Bij rijsnelheden tot ongeveer 20 km/u maakt een elektrisch aangedreven personenauto vrijwel geen geluid. Daarboven overheerst het bandengeluid. Het vrijwel ontbreken van geluid kan lastig zijn voor fietsers en voetgangers. Het eventueel toevoegen van geluid is daarom onderwerp van studie in Geneve en Brussel.

Inmiddels is er een Europese conceptverordening opgesteld die onder andere nadere eisen stelt aan het geluidsniveau van elektrische voertuigen bij lage snelheid. Sinds 1 Januari 2013 staat de regeling voertuigen toe dat hybride of volledig elektrische voertuigen mogen zijn voorzien van een akoestisch voertuigwaarschuwingssysteem dat werkt tot het voertuig een snelheid van 25 km/u heeft bereikt.

Recente onderzoeken laten zien dat de bijna afwezigheid van geluid bij elektrische en hybride elektrische auto's niet per definitie verkeersonveiliger is. De resultaten van twee recente studies laten geen significant grotere ongevalskans (objectief) voor voetgangers zien (SWOV, 2011: R-2011-11<sup>4</sup>) en ook geen significant verschil in de onveiligheidsbeleving (subjectief) van voetgangers bij verkeerslichten en oversteekplaatsen in vergelijking met auto's met moderne verbrandingsmotoren en start-stop-systemen (Dudenhöffer, 2011: uni-due<sup>5</sup>).

Elektrische fietsen en scooters kunnen door de afwezigheid van geluid voor (andere) fietsers en voetgangers een probleem vormen. Hier is nog nauwelijks onderzoek naar gedaan.

<sup>4</sup> Rapport R-2011-11 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid: <http://www.swov.nl/rapport/R-2011-11.pdf>

<sup>5</sup> Rapport uni-due: [http://www.uni-due.de/-/hk0378/publikationen/2011/2011\\_08\\_GAK.pdf](http://www.uni-due.de/-/hk0378/publikationen/2011/2011_08_GAK.pdf)

Naarmate het aantal elektrische voertuigen op de weg toeneemt, neemt de kans toe dat elektrische auto's bij ongevallen betrokken raken. Dit geldt ook voor snelwegen. Bij ongevallen op de snelweg is het zaak om middels *Incident Management* de hulpdiensten efficiënt en snel in te zetten, om gevaar te minimaliseren en het verkeer zo snel mogelijk weer op gang te krijgen. Bij een ongeval bestaat bij elektrische voertuigen het gevaar dat delen onder stroom staan of dat er door kortsluiting brand ontstaat, al is de kans daarop door veiligheidsvoorzieningen en constructie zeer klein. De procedure voor het benaderen en omgaan met bij een ongeval betrokken elektrische voertuigen is daarom belangrijk. Voor conventionele auto's was er al een richtlijn 'Veiligheidsmaatregelen bij incidenten'<sup>6</sup>. Voor elektrische voertuigen is inmiddels een bijlage toegevoegd met een richtlijn voor incident management bij elektrische voertuigen<sup>7</sup>.

Elektrische productieauto's worden opgenomen in een *Crash Recovery System* (CRS) dat is gekoppeld aan het kentekenregister van de RDW. In het CRS staat de brandstofsoort van auto's vermeld en daarmee kunnen af fabriek afgeleverde elektrische auto's als elektrisch worden herkend. Bij het intypen van een kenteken verschijnt informatie over hoe brandweerlieden een elektrische auto na een ongeluk het beste kunnen benaderen, waar ze wel en niet in de auto mogen knippen of hoe ze een vuur moeten doven.

Zelfgebouwde elektrische auto's en naar elektrisch omgebouwde auto's staan ook in het CRS, maar voor specifieke instructies is men dan afhankelijk van de door de (om)bouwer aangeleverde informatie. Het CRS betreft een commercieel product en lang niet alle brandweerregio's beschikken over dit systeem. Daardoor hebben veel brandweerpverleners momenteel geen toegang tot de informatie. Naar verwachting komen er de komende jaren alternatieven beschikbaar, b.v. in de vorm van apps.

Voor hulpverleners zijn er cursussen technische hulpverlening bij ongevallen met alternatief aangedreven voertuigen. Daarin komen zaken aan bod als het benaderen, veiligstellen en afhandelen van elektrische en hybride voertuigen bij incidenten.

Een punt van aandacht bij het omgaan met elektrische voertuigen is het zeer hoge koppel dat ook al bij lage toeren opgewekt wordt door een elektrisch voertuig. Hierdoor zijn de wiggen die onder wielen worden gelegd om weggrollen te voorkomen minder geschikt voor EV's. De auto-aandrijving moet om deze reden echt volledig afgeschakeld worden om veilig met het voertuig te kunnen werken. Een laatste punt dat aandacht behoeft is het slepen van een (deels) elektrische auto. Wanneer een elektrische auto wordt gesleept terwijl de aangedreven wielen rollen, zal extra energie in de accu worden opgeslagen, en kan de elektronica en/of accu overbelast of beschadigt raken. Vergelijkbaar met een auto met een versnellingsautomaat, mag een EV dus niet gesleept worden met de aangedreven wielen rollend. Daarvoor in plaats moeten de aangedreven wielen of de hele auto opgetakeld worden.

<sup>6</sup> Richtlijn 'Veiligheidsmaatregelen bij incidenten': [http://www.incidentmanagement.nl/Portals/0/Documenten/RL\\_Totaal2012\\_03.pdf](http://www.incidentmanagement.nl/Portals/0/Documenten/RL_Totaal2012_03.pdf)

<sup>7</sup> Richtlijn voor incident management bij elektrische voertuigen: [http://www.incidentmanagement.nl/Portals/0/Documenten/RL\\_Totaal2012\\_03.pdf#page=20](http://www.incidentmanagement.nl/Portals/0/Documenten/RL_Totaal2012_03.pdf#page=20)

De autobranche bereidt zich volop voor op de komst van de elektrische auto. Elektrische auto's stellen andere eisen aan garagepersoneel, monteurs en technici. Een elektromotor heeft minder bewegende delen dan een benzine- of dieselmotor en heeft daardoor minder onderhoud nodig. Verder werken de batterijpakketten van elektrische auto's met een hogere spanning van 300–600 Volt. De Arbo-wet vereist dat voor elektrotechnische werkzaamheden boven de 24 volt wordt voldaan aan de norm NEN 3140. Speciaal voor de automobielbranche is de NEN 9140 ontwikkeld die is afgeleid van de NEN 3140. De NEN 9140 geeft specifieke eisen voor het veilig werken aan elektrische voertuigen. Daarnaast verzorgen diverse instellingen trainingen 'Veilig werken aan elektrische & hybride voertuigen'. Voor hulpdiensten zoals brandweer en voor steekproefcontroleurs en andere technisch medewerkers van de RDW zijn vergelijkbare opleidingen ontwikkeld. Ook de autofabrikanten en hun toeleveranciers leiden hun mensen op conform specifieke veiligheidsinstructies. Vanaf september 2012 start de ANWB met een training voor wegenwachters om veilig pechhulp te kunnen verlenen aan elektrische auto's. Het gaat om een cursus die in twee fases wordt gegeven door het ANWB opleidingscentrum in Utrecht in samenwerking met de DEKRA. Daarbij is aandacht voor de basisbeginselen van het werken aan elektrische auto's, het benaderen van elektrische voertuigen en voor het werken aan installaties met hoge voltages langs de weg.

Fabrikanten van elektrische en hybride elektrische voertuigen besteden veel aandacht aan de brandveiligheid van hun voertuigen en ze testen deze daar vóór productie uitvoerig op. Ook na productie bewaken ze dat zorgvuldig. Zo nam General Motors eind 2011 het zekere voor het onzekere door de elektrische Chevrolet Volt tijdelijk uit productie te nemen nadat tijdens Amerikaanse botsproeven brand in het batterijpakket was ontstaan. Autofabrikanten en -importeurs hebben gedetailleerd uitgewerkte protocollen klaarliggen voor een eventueel incident met hun elektrische auto, ook bij brand. Op dit terrein worden in Nederland ook trainingen voor hulpdiensten ontwikkeld. Daarbij wordt gebruik gemaakt van wat er al in andere landen beschikbaar is. Een voorbeeld daarvan zijn de (online) trainingen van het Amerikaanse National Fire Protection Association (NFPA<sup>8</sup>).

De effecten van brand op voertuig en batterijpakket worden steeds beter doorgrond. Daarom hoeven brandweerkorpsen niet meer terughoudend te zijn met het verlenen van vergunningen voor laadpalen in parkeergarages. Er zijn wel nog vragen over wat er bij een calamiteit zou kunnen gebeuren bij een mogelijke beschadiging van de elektrische installatie of het batterijpakket of bij het door interne of externe oorzaak in de brand geraken van een elektrische auto. Het is belangrijk dat hier meer onderzoek naar wordt gedaan, dat er duidelijke protocollen en richtlijnen komen voor hulpdiensten en dat deze hierin worden getraind. De brandweer Rotterdam heeft voor haar regio inmiddels een praktijkrichtlijn opgesteld.

Uit eind 2012 door het Duitse expertisecentrum DEKRA uitgevoerde brandtesten blijkt dat elektrische en hybride elektrische voertuigen met een lithium-ion accu bij brand minstens zo veilig zijn als voertuigen met verbrandingsmotoren en conventionele accu's. De vlammen- en rookontwikkeling bij brandende accu's bleek zelfs significant minder te zijn dan bij benzine en diesel. De rook van zo'n accu brand kan daarbij wel bijzonder giftig zijn, waardoor het gevaar daarvan vergelijkbaar is met die van een brand met conventioneel voertuig.

Uit de tests die Dekra uitvoerde bleek bovendien dat het vuur zich minder snel te verspreiden omdat er geen brandbare vloeistoffen uit de lithium-ion accu's lekken. Voor het blussen van de batterij branden is een overvloed aan water gebruikt. Analyse van het bluswater laat zien dat de milieubelasting voor het blussen van brandende voertuigen met lithium-ion- en reguliere 12-volt accu's vergelijkbaar is. Meer informatie over het onderzoek is te vinden onder blussen<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Website trainingen NFPA: <http://www.evsaftytraining.org/Training.aspx>

<sup>9</sup> Artikel onderzoek Dekra: [http://www.dekra.de/de/pressemitteilung?p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_id=ArticleDisplay\\_WAR\\_ArticleDisplay&\\_ArticleDisplay\\_WAR\\_ArticleDisplay\\_articleID=24844066](http://www.dekra.de/de/pressemitteilung?p_p_lifecycle=0&p_p_id=ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay&_ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay_articleID=24844066)

De risico's van elektrische voertuigen die volledig onder water gedompeld zijn, zijn vrij goed bekend, zie b.v. de Amerikaanse informatie onder onderdompeling<sup>10</sup>. Hieruit blijkt dat het risico op elektrocutie nihil is. Er is een kleine kans dat zich door electrolyse waterstof- en zuurstof-gas in het voertuig ophopen. Daarom dienen bij verwijdering uit het water de deuren van het voertuig te worden geopend of de ruiten te worden ingetikt.

Over de risico's van elektrische voertuigen die slechts deel onder water geraken is minder bekend. Hier dient verder onderzoek naar te worden verricht.

<sup>10</sup> Amerikaanse informatie over onderdompeling: <http://www.mgstech.net/new-vehicle-technology-awareness-for-public-safety-divers>



Omwille van de aanraakveiligheid en brandveiligheid is er in Nederland voor gekozen om alle openbare oplaadpunten uit te voeren als mode 3, type 2, de zogenaamde 'type 2'-aansluiting, ook wel de 'Mennekes-stekker' genoemd. Dit is een aansluiting waar alleen spanning op komt te staan wanneer de laadkabel en elektrische auto op de juiste manier zijn aangesloten. Ook de volgorde van verplichte handelingen bij het laden maakt het laden brand en aanraakveilig. Zo moet eerst de kabel op de auto worden aangesloten, dan op het oplaadpunt en het communicatie protocol zorgt er voor dat de verbinding gecontroleerd wordt. Pas als de stekker in de oplaadpaal is vergrendeld komt er spanning op de uitgang (of loopt er stroom door de kabel) en begint het laden. Als tijdens het laden de stekker onverwacht toch uit de auto wordt getrokken zal het communicatie protocol dit detecteren en wordt de stroom onmiddellijk afgesloten en is de kabel veilig.

Over de veiligheid met betrekking tot het afrijden van laadpalen zijn nog vragen. Wat gebeurt er als een voertuig een laadpaal omrijdt? Op welke hoogte kan er dan nog spanning op staan? Hier is een potentieel conflict met de arbo-wetgeving voor de elektriciens (minimaal kniehoogte). Hier wordt momenteel naar gekeken. CROW heeft eind 2013 een richtlijn voor laadinfrastructuur en veiligheid gepubliceerd<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> CROW-richtlijn 336 Laadinfrastructuur en veiligheid: <http://www.crow.nl/over-crow/nieuws/crow-en-agentschap-nl-introduceren-richtlijnen-voor>

Waar een 'normaal' hybride-elektrisch voertuig is voorzien van een verbrandingsmotor, is een brandstofcelhybride-elektrisch voertuig voorzien van een brandstofcel. In de brandstofcel wordt waterstof direct omgezet in elektriciteit. Een brandstofcelhybride-elektrisch voertuig (FCHEV: fuel cell hybrid electric vehicle) wordt ook wel aangeduid als brandstofcel-elektrisch voertuig (FCEV: fuel cell electric vehicle), brandstofcelvoertuig (FCV: fuel cell vehicle) of waterstofvoertuig.

Het waterstof wordt getankt als gecompriemd gas, bij een 'normale' tankzuil. Voor bussen ligt de standaarddruk op 35 MPa (350 bar) en voor personenauto's lijkt de standaard op 70 MPa (700 bar) uit te komen. De huidige brandstofcelauto's kunnen op een volle tank (5 á 6 kg waterstof) ongeveer 500-600 km rijden en in ongeveer 3 minuten weer voltanken.

Brandstofcelvoertuigen op waterstof zijn lokaal volledig emissievrij en de potentie die het gebruik van waterstof heeft voor het verminderen van CO<sub>2</sub>-emissies is groot, oplopend tot bijna 100 procent als waterstof wordt geproduceerd met CO<sub>2</sub>-neutrale energiebronnen zoals wind- en zonne-energie, of uit duurzame biomassa of biogas. Rijden op waterstof is daarom een kansrijk spoor richting duurzame mobiliteit.

Hoewel de ontwikkeling van brandstofcelvoertuigen enige tijd minder aandacht heeft gekregen zien producenten en de Europese Commissie toch een groot toekomstperspectief. Zo zal in 2014 het project Hydrogen Infrastructure for Transport (HIT) worden afgerond. In deze door Nederland getrokken en mede door de EU gefinancierde studie zullen nationale uitrolplannen worden gepresenteerd, die ook op elkaar worden afgestemd en geïntegreerd. Daarnaast heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2013 een plan van aanpak "Rijden op Waterstof" opgesteld, waarin het faciliteren van de marktintroductie centraal staat.

De aantallen brandstofcelvoertuigen en tankmogelijkheden in Nederland en Europa zijn momenteel nog zeer klein, maar gezien genoemde ontwikkelingen zullen wereldwijd vanaf 2015 naar verwachting enkele duizenden voertuigen in gebruik worden genomen, waaronder in Nederland.

Brandstofcelvoertuigen komen wat betreft de aandrijflijn sterk overeen met volledig elektrische voertuigen. Veel aandachtspunten voor hulpverleners of first responders bij ongevallen zullen daarom hetzelfde zijn, behalve daar waar het waterstofsysteem betreft (i.e. rondom brandstofcel en waterstoftank). Daarvoor zullen aanvullende aandachtspunten in kaart moeten worden gebracht. Nadere inventarisatie via de autoproducenten of waterstofvoertuigexperts is onontbeerlijk om die specifieke aandachtspunten te verzamelen. Voor hulpverlening en incidentbestrijding rond waterstof zijn in de VS trainingsprogramma's ontwikkeld en informatieve websites opgezet, zoals [h2tools.org](http://h2tools.org)<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> Fabrikanten kiezen unaniem voor gebruik van waterstof in een brandstofcel in een elektrisch-hybride configuratie. Overigens kan waterstof in beginsel ook gebruikt worden in een verbrandingsmotor, maar dat zal beperkt blijven tot een enkel voertuig.

<sup>13</sup> Hyundai introduceerde in april 2013 de Hyundai ix35, en ook van Toyota, Honda en Mercedes is al bekend dat ze de productie van waterstofauto's voorbereiden. Daarnaast is ook een aantal busfabrikanten al actief in ontwikkeling en levering van eerste series.

<sup>14</sup> Website h2tools: <http://h2tools.org/>