Amsterdam University of Applied Sciences

Laadgedrag van PlugIn Hybride Elektrische Voertuigen op publieke laadpunten in de G4 en MRA-E

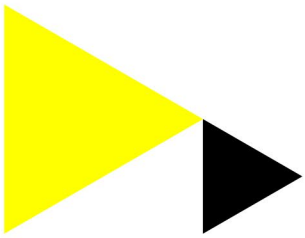
Author(s)
van den Hoed, Robert; Helmus, Jurjen; Kooi, Martijn

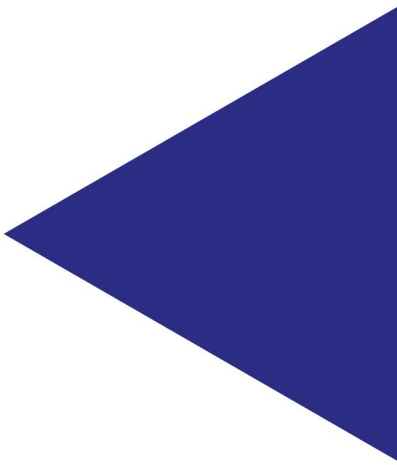
Publication date
2016

Document Version
Final published version

Link to publication

Citation for published version (APA):
van den Hoed, R., Helmus, J., & Kooi, M. (2016). *Laadgedrag van PlugIn Hybride Elektrische Voertuigen op publieke laadpunten in de G4 en MRA-E*.





General rights
It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations
If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please contact the library: https://www.amsterdamuas.com/library/contact, or send a letter to: University Library (Library of the University of Amsterdam and Amsterdam University of Applied Sciences), Secretariat, P.O. Box 19185, 1000 GD Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Creating Tomorrow

Download date:08 Oct 2026

Laadgedrag van PlugIn Hybride Elektrische Voertuigen op publieke laadpunten in de G4 en MRA-E

V1.0
15 november 2016

Robert van den Hoed Lector Energy and Innovation, the Amsterdam University of Applied Science
Jurjen Helmus Senior researcher E-Mobility, the Amsterdam Univeristy of Applied Science
Martijn Kooi Junior researcher, the Amsterdam University of Applied Science

This research is co-financed by the G4 (Amsterdam, Rotterdam, the Hague, Utrecht), MRA-Electric, Regie-orgaan SIA, part of the Netherlands Organization for Scientific Research (NWO) and the research program Urban Technology of the Amsterdam University of Applied Sciences.

CONTENTS

1 INLEIDING 3

2 PLUGIN HYBRIDE VAN FULL ELECTRIC VOERTUIGEN ONDERSCHEIDEN? 4
2.1 Dataset 4
2.2 Onderscheid PHEV en FEV 4

3 RESULTATEN 7
3.1 Verhoudingen en trends in RFID's, laadsessies en geladen kWh 7
3.2 Trends in laadgedrag PHEV's en FEV's 10

4 CONCLUSIES 14
4.1 Conclusies 14
4.2 Beperkingen van het onderzoek 14
4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek 15

BIJLAGE A MARKTCIJFERS ELEKTRISCHE VOERTUIGEN 16

BIJLAGE B BATTERIJCAPACITEITEN VAN FEV'S EN PHEV'S 18

BIJLAGE C UITZONDERINGEN OP BATTERIJCAPACITEIT EN LAADSNELHEID 20

BIJLAGE D ONDERBOUWING ONDERSCHEID PHEV/FEV 22

1 INLEIDING

Er is regelmatig discussie in Nederland rond het laadgedrag van Plug in Hybride Elektrische Voertuigen (PHEV's) in vergelijking met *full electric* voertuigen (FEV's). Veelal gaat het hierbij om de vraag in hoeverre fors-gesubsidieerde PHEV's veel elektrisch laden en daadwerkelijk veel elektrische kilometers maken. Een veelgehoorde aanklacht is dat PHEV's relatief weinig zouden laden, veelal op de verbrandingsmotor rijden en als zodanig onterecht in aanmerking komen voor subsidie.
De Hogeschool van Amsterdam (HvA) doet onderzoek voor de vier grote gemeenten (G4: Amsterdam, Den Haag, Rotterdam, Utrecht) en de Metropool Regio Amsterdam (MRA) waarbij laadgedrag op het publieke laadnetwerk wordt geëvalueerd. Sinds 2012 zijn hierbij meer dan 2 miljoen laadsessies geregistreerd op meer dan 6000 laadpunten op het publieke laadnetwerk van de G4 en MRA.
De G4 en MRA worden regelmatig geconfronteerd met kritische geluiden over het laadgedrag van PHEV's, waarbij de stimulering van elektrisch vervoer inclusief de ontwikkeling van laadinfrastructuur kritisch worden bekeken. De G4 en MRA hebben de HvA de vraag gesteld in hoeverre op basis van het gebruik van hun publieke laadinfrastructuur iets gezegd kan worden over het laadgedrag van PHEV's in vergelijking met *Full Electric* voertuigen (FEV's). Hiertoe is een analyse uitgevoerd om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Wat is de bijdrage van PHEV's aan het totaal aantal schone kilometers gefaciliteerd door publieke laadinfrastructuur in de G4 en MRA? (in verhouding tot FEV's).
2. Is een trend waarneembaar in (i) frequentie van laden, en (ii) kilowattuur per sessie voor PHEV en FEV rijders?

Deze rapportage maakt gebruik van de beschikbare laaddata van de publieke laadinfrastructuur in de vier grote steden en de MRA om uitspraken te doen over trends in laadgedrag van PHEV's en de bijdrage aan schone kilometers.
De belangrijkste eerste stap is hierbij om onderscheid te maken tussen PHEV's en FEV's. Immers in de huidige dataset (waar de HVA over beschikt) zijn RFID's (i.e. unieke codes voor gebruikers op basis van een laadpasnummer) niet gekoppeld aan het type voertuigen (PHEV of FEV). Hoofdstuk 2 zet uiteen hoe op basis van enkele variabelen de beschikbare RFID's zijn in te delen als PHEV's, FEV's dan wel als Unknown (niet in te delen op basis van de data).

2 PLUGIN HYBRIDE VAN FULL ELECTRIC VOERTUIGEN ONDERSCHEIDEN?

2.1 Dataset

Dit rapport maakt gebruik van laadgegevens van de openbare laadpunten in Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht (G4, de vier grote steden) en de Metropool Regio Amsterdam (MRA). De laadgegevens bevatten gegevens over (i) locatie, (ii) tijd, (iii) aantal geladen kWh en (iv) identificatie (RFID) van de gebruiker (laadpasnummer)[1].
Laadsessies zijn meegenomen voor de periode maart 2012 tot juni 2016 op de meer dan 6000 beschikbare publieke laadpunten in de G4 en MRA (meer dan 50% van het totaal in Nederland[2]).
De dataset heeft enkele filterstappen ondergaan waarbij de volgende sessies zijn verwijderd:

- Dubbele laadsessies en incomplete records
- Laadsessies door car2go deelautoprogramma in Amsterdam (deze groep is niet generiek voor andere steden)
- Sessies met <0kWh en >110kWh (het laatste omdat er geen EV modellen op de markt zijn met meer dan 110kWh).
- Connectietijd van minder dan 15minuten en connectietijd van langer dan 672 uur (4 weken).

In totaal is een dataset van 2,1 miljoen laadsessies beschikbaar voor het uitvoeren van analyses.

2.2 Onderscheid PHEV en FEV

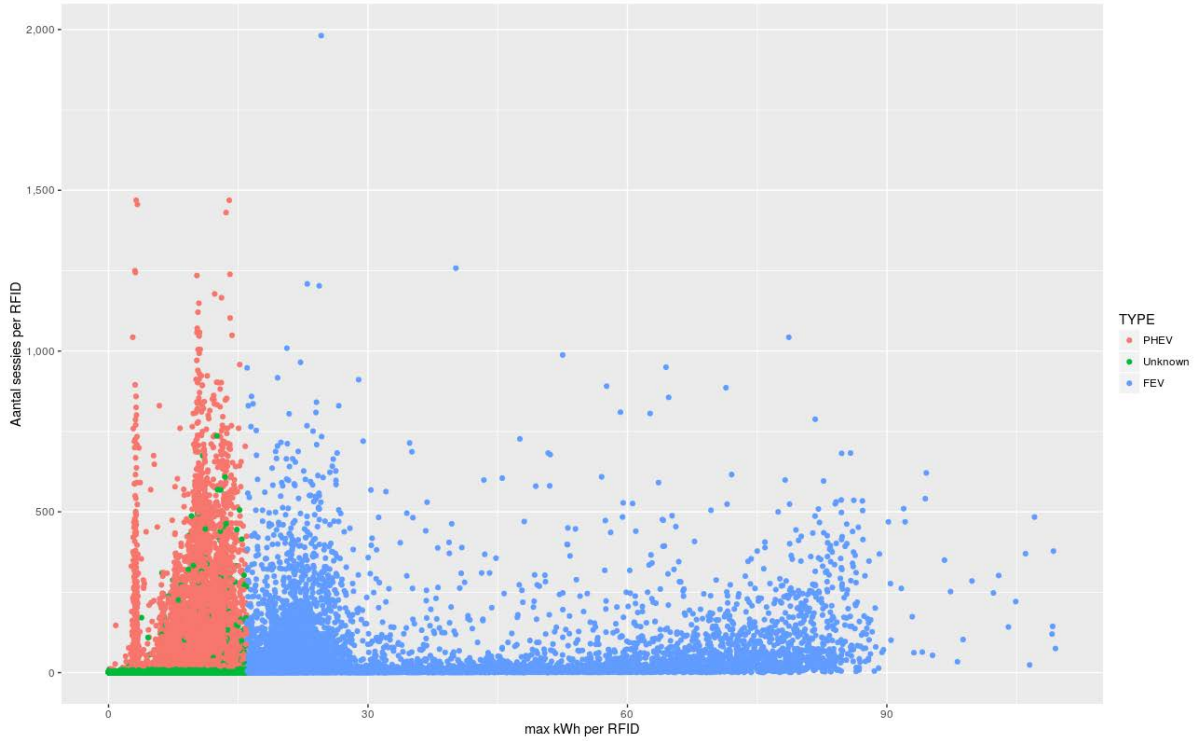
Er zijn twee criteria waarop PHEV's en FEV's in grote lijnen zich van elkaar onderscheiden: (i) batterijcapaciteit en (ii) laadsnelheid. Zo zijn er tot juni 2016 geen PHEV's op de markt met een batterijcapaciteit van meer dan 16kWh en hebben de meeste FEV's juist een batterijcapaciteit van meer dan 16kWh (zie bijlage A voor een overzicht hiervan en zie bijlage B voor de uitzonderingen hierop). Ook hebben de meeste PHEV's een laadsnelheid van maximaal 3,7kW[3], waarbij de meeste FEV's juist een grotere laadsnelheid hebben. Dat laatste is terug te zien in de laaddata en is meegenomen in de categorisering van RFID's als PHEV dan wel als FEV.
Omdat niet alle EV-rijders bij elke laadsessie de maximale batterijcapaciteit gebruikt zullen hebben, zijn we uitgegaan van de maximum geladen hoeveelheid kilowattuur per RFID in minimaal 10 sessies. RFID's die minder dan 10 laadsessies hebben gehad én minder dan 16kWh per laadsessie hebben geladen, brengen een te groot risico met zich mee dat dit wel FEV's zijn maar simpelweg relatief kleine laadsessies hebben gehad. We houden daarom de volgende regels aan voor het categoriseren van RFID's:

- FEV's: RFID's die minimaal 1 keer meer dan 16kWh hebben geladen.
- PHEV's: RFID's die minimaal 10 keer hebben geladen waarbij in geen enkele laadsessie meer dan 16kWh is geladen, en waarbij de laadsnelheid kleiner of gelijk was dan 3,8kW.

Onderstaande figuur toont het aantal laadsessies per RFID (verticale as) als functie van de maximum hoeveelheid geladen kilowattuur (horizontale as). *Blauw* vertegenwoordigt de RFID's die als FEV's zijn gecategoriseerd (minimaal 1 sessie met meer dan 16kWh); *rood* de PHEV's (in meer dan 10 laadsessies minder

[1] Voor details over de beschikbare data en zuiveringsstappen die zijn toegepast voor het opschonen van de data wordt verwezen naar Van den Hoed en Helmus, 2015:
[2] RVO, september 2016, http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers
[3] Voor het bepalen van laadtijden en laadsnelheden is een algoritme gebruikt dat is ontwikkeld binnen de Hogeschool van Amsterdam, beschreven in: Wolbertus en Van den Hoed, Benchmarking Charging Infrastructure Utilization, in proceedings: EVS29 Symposium Montréal, Québec, Canada, June 19-22, 2016

dan 16kWh per laadsessie en laadsnelheden kleiner of gelijk dan 3,8kW). *Groen* is de *Unknown* groep: dit zijn RFID's die nooit meer dan 16kWh hebben geladen en waarvan minder dan 10 sessies zijn geregistreerd.



Figuur 1 Plot van RFID's op maximaal geladen kWh en aantal laadsessies

In totaal zijn 54.702 unieke laadpassen (RFID's) geregistreerd op de publieke laadpunten over de periode van maart 2012 tot juni 2016 en hiervan zijn met grote mate van zekerheid 17.096 RFID's toe te wijzen aan PHEV's en 7.907 RFID's aan FEV's (zie tabel 1). 29.699 RFID's (54,3%) zijn op basis van de gehanteerde criteria niet toe te wijzen. Hoewel dit een groot aandeel vertegenwoordigt, blijkt deze groep maar een klein aandeel in totaal aantal sessies en geladen kilowattuur te hebben.

	# RFID's	*% van RFID totaal*	*laadsessies*	*% van sessies totaal*	*kWh*	*% van kWh totaal*
PHEV	*17.096*	*31%*	*1.474.582*	*70%*	*9.913.110*	*53%*
FEV	*7.907*	*14%*	*490.430*	*23%*	*8.063.530*	*43%*
Unknown	*29.699*	*54%*	*142.482*	*7%*	*853.869*	*5%*
Totaal:	***54.702***	***100%***	***2.107.494***	***100%***	***18830509***	***100%***

Tabel 1 Overzicht van RFID's, laadsessies en kilowattuur geladen voor PHEV, FEV en Unknown

Voor de laadsessies geldt dat er voor de PHEV-groep 1,4 miljoen laadsessies zijn geregistreerd (67% van totaal), voor de FEV-groep 490 duizend (23%) en de groep Unknown 142 duizend (7%). De laadsessies vertalen zich naar bijna 10 miljoen geladen kilowattuur voor PHEV's (53% van totaal), 8 miljoen geladen kilowattuur voor FEV's (43%) en circa 853 duizend kilowattuur voor de Unknown groep (5%).

Hoewel de Unknown groep 54% van het totaal aantal RFID's vertegenwoordigt (veelal bezoekers), is de bijdrage in sessies (7%) en kilowattuur (5%) geladen beperkt. Het is derhalve aannemelijk dat de huidige categorisatie een goed beeld geeft van de bijdrage van PHEV en FEV aan schone kilometers gefaciliteerd door het laadnetwerk. Het leent zich echter minder voor het analyseren van trends in laadgedrag van de gehele PHEV groep, omdat de huidige PHEV-groep een bias heeft naar veel-laders op het publieke netwerk.
Er kunnen geen conclusies worden verbonden aan de constatering dat 54% van de RFID's blijkbaar zelden (minder dan tien keer totaal) laadt op het laadnetwerk; het zou aanlokkelijk kunnen zijn om dit als onderbouwing te gebruiken dat PHEV's blijkbaar weinig laden. In de dataset is geen zicht op het laadgedrag van deze RFID's op private en semi-publieke laadpunten. Het is goed mogelijk dat deze grote groep van 30.000 RFID's veelal thuis dan wel op kantoor laadt.
Daarnaast is een beperking in de database dat vooralsnog alleen RFID's bekend zijn. De RFID's vertegenwoordigen laadpassen en niet zozeer voertuigen. Het is bekend dat gebruikers soms van laadpas wisselen, bijvoorbeeld vanwege verlies of overgang naar andere aanbieder. Het feit dat er veel RFID's zijn die minder tien keer zijn geregistreerd zijn kan dus ook betekenen dat het hier gaat om een verloren of vervangen pas. Het is niet direct een indicatie van beperkt laadgedrag.
Opvallend is dat slechts twee keer zoveel PHEV's als FEV's geïdentificeerd zijn (17.096 versus 7.907) terwijl in de markt meer dan zeven keer zoveel PHEV's zijn verkocht dan FEV's (zie bijlage A). Als de bijna 30 duizend Unknown RFID's zouden worden toegerekend aan de PHEV groep dan zou de PHEV-groep een factor zes keer zo groot zijn als de FEV-groep. Dit is meer in lijn met de huidige elektrische autovloot. Het is derhalve aannemelijk dat een groot deel van de Unknown-groep in de categorie PHEV valt, maar met het beperkte aantal laadsessies niet als zodanig kan worden gecategoriseerd.

3 RESULTATEN

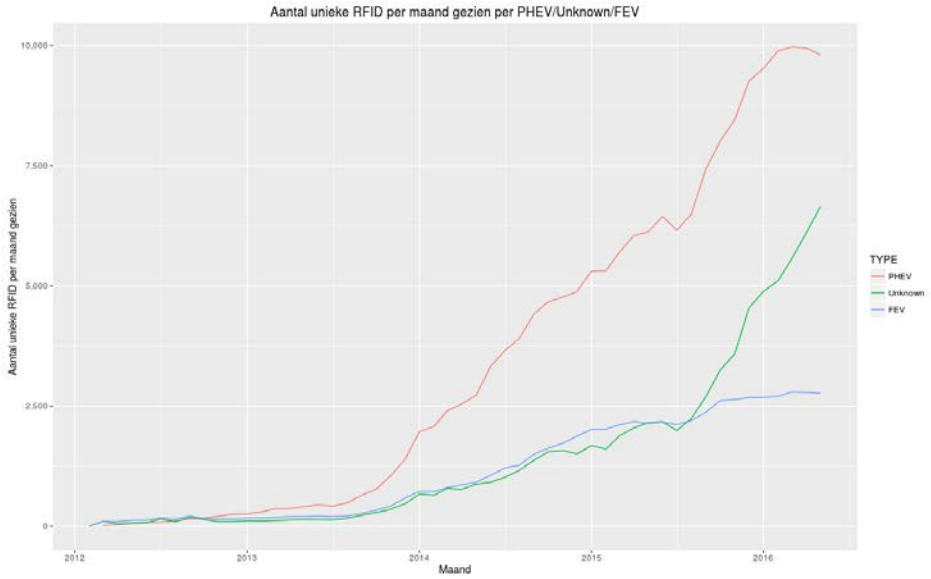
Nu we een reële groep van PHEV's en FEV's hebben geïdentificeerd kunnen de belangrijkste vragen worden beantwoord: (i) wat is het aandeel dat PHEV's hebben in het aantal laadsessies en de hoeveelheid geladen kilowattuur (in verhouding tot FEV's), (ii) hoe ontwikkelt zich dit aandeel door de tijd, en (iii) zijn trends te onderscheiden in frequentie van laden en de hoeveelheid geladen kilowattuur door PHEV's?

3.1 Verhoudingen en trends in RFID's, laadsessies en geladen kWh

Onderscheid in RFID's

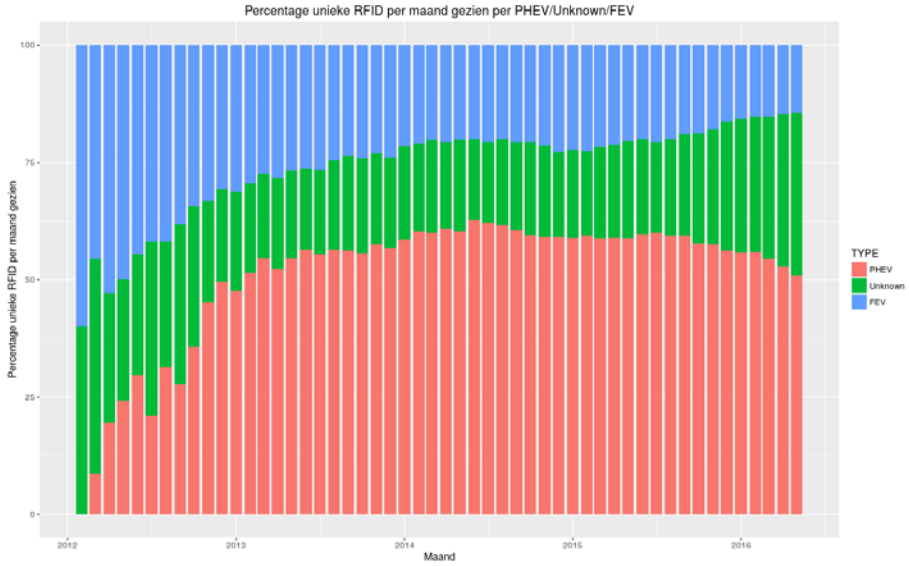
Figuur 2 toont het aantal unieke RFID's dat per maand op het publieke netwerk is geregistreerd. In september 2016 gaat het om circa 10.000 PHEV's, 2.500 FEV's en 6.000 RFID's die niet toe te wijzen zijn (Unknowns).

Bij alle categorieën zien we een sterke groei in het maandelijkse aantal geregistreerde RFID's. Bij PHEV ligt de groei hoger dan bij FEV. FEV's representeren een steeds kleiner deel van het totaal aantal RFID's dat laadt op het netwerk, dalend van 50% van de RFID's (2012) tot ca. 15% (2016). Van alle RFID's die vanaf mid-2013 zijn geregistreerd zijn er op maandelijkse basis 50 tot 60% PHEV.
De groep Unknown is met een aandeel RFID's van tussen de 20-30% relatief stabiel. Het Unknown-aandeel groeit de laatste maanden van 2016, mogelijk verklaard door nieuwe RFID's die niet de gelegenheid hebben gehad om meer dan 10 keer te laden op het netwerk (en daarmee volgens de gehanteerde methodiek niet als PHEV kunnen worden gecategoriseerd).



Figuur 2 Aantal unieke RFID's dat per maand is geregistreerd bij publieke laadpunten

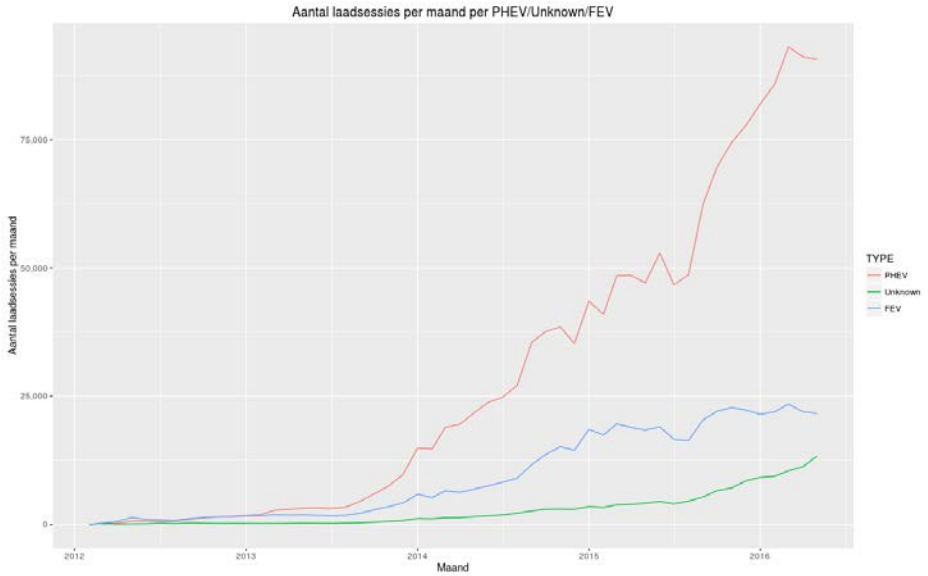
IDO-laad



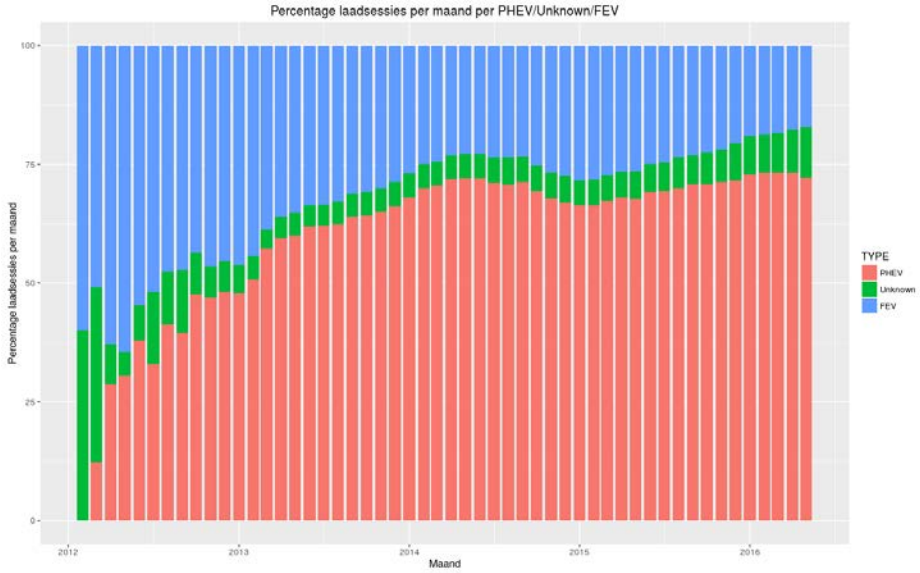
Figuur 3 Aandeel in het totaal aantal RFID's per PHEV/FEV/Unknown (per maand)

Onderscheid in laadsessies

Over de hele periode van 2012-2016 zijn PHEV's verantwoordelijk geweest voor 70% van alle laadsessies op het publieke laadnetwerk; FEV's voor 23% en de Unknown groep voor 7% (figuur 4 en 5). Opvallend is dat sinds mei 2015 een aanzienlijke groei in laadsessies door PHEV's heeft plaatsgevonden. Zo zijn er in mei 2016 meer dan 3 keer zoveel PHEV-laadsessies dan FEV-laadsessies in 2016 geregistreerd. Dit lijkt vooral verklaard te worden door nieuwe, veel verkochte PHEV modellen op de markt, welke tot een groei van het aantal RFID's en aantal laadsessies op het netwerk.



Figuur 4 Aantal laadsessies voor PHEV, FEV en Unknown (per maand)



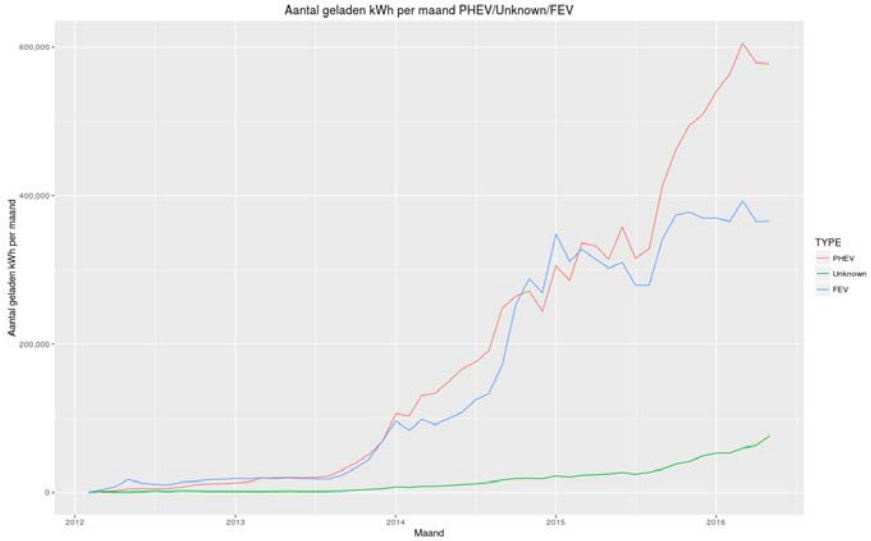
Figuur 5 Aandeel in het totaal aantal laadsessies per maand voor PHEV, FEV en Unknown

Onderscheid in de hoeveelheid geladen elektriciteit

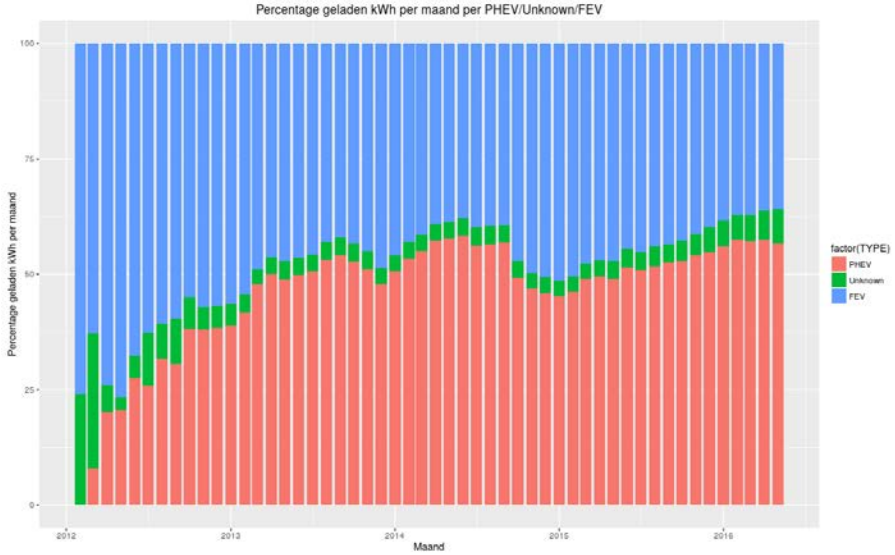
Over de hele periode van 2012-2016 zijn PHEV's verantwoordelijk geweest voor 53% van de geladen elektriciteit in vergelijking tot 43% voor FEV's. Opvallend is dat de hoeveelheid geladen elektriciteit per maand tot mid-2015 vrijwel gelijk was voor PHEV's e FEV's. Sinds mid-2016 zijn PHEV's dominant geworden in de hoeveelheid geladen kilowattuur. Zo laadden PHEV's sinds 2016 in absolute termen bijna 50% meer dan FEV's (figuur 6). Daarmee is het aandeel PHEV's in de maandelijks geladen kilowatturen gegroeid van ca. 50% (2013) tot 55-58% (2016).

Een ander opvallend punt is een sterke stijging in het aandeel geladen kilowatturen door FEV's eind 2014. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door de komst van de ca. 160 elektrische Schiphol-taxi's (Tesla's) die als veelgebruikers een groot aandeel in geladen elektriciteit hebben gehad[4]. Omdat deze taxi's gedurende 2015 de gelegenheid kregen ook op Schiphol te laden of bij Tesla (in plaats van op publieke laadpunten) is deze curve weer afgezwakt. Ook de introductie van nieuwe modellen (e.g. Mitsubishi Outlander), veranderingen van beleid (verklaring van groei in geladen kilowatturen eind 2013) en seizoensinvloeden (kerst-, zomervakantie) hebben waarschijnlijk invloed op de fluctuaties in de grafieken.

[4] Overigens is uit gesprekken met de taxisector bekend dat slechts een deel van de 160 Schipholtaxi's gebruik maakt van het publieke laadnetwerk (in de database zijn 72 RFID's bekend als zijnde Schiphol-taxi) en vooral laadt op de laadlocatie op Schiphol.



Figuur 6 Hoeveelheid geladen elektriciteit per maand voor PHEV, FEV en Unknown



Figuur 7 Aandeel in hoeveelheid geladen elektriciteit per maand voor PHEV, FEV en Unknown

Conclusies PHEV versus FEV

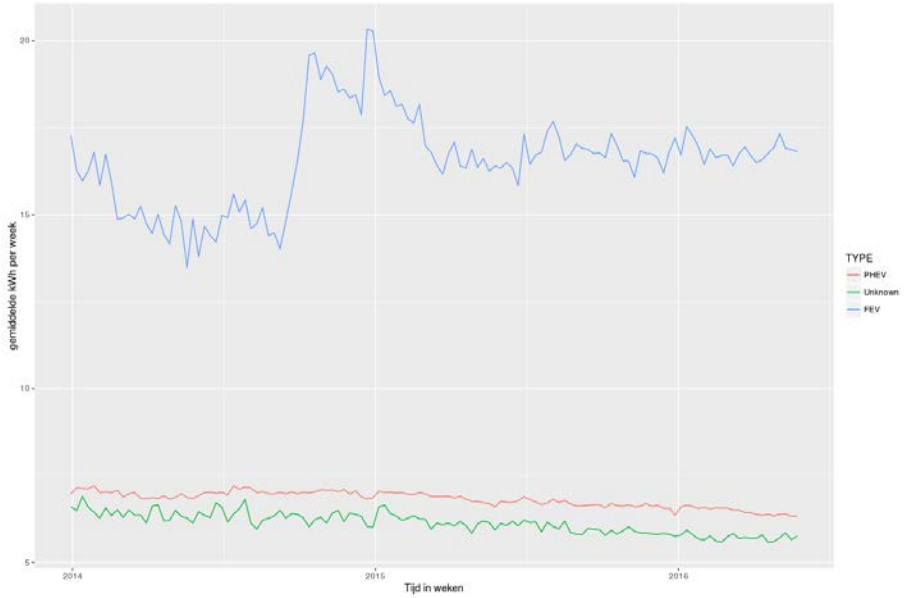
De resultaten tonen aan dat PHEV's een aanzienlijk aandeel hebben in zowel het aantal laadsessies als de hoeveelheid geladen elektriciteit op het publieke laadnetwerk van de G4 en de MRA. Over de periode 2012-2016 waren PHEV's verantwoordelijk voor 53% van de geladen elektriciteit, terwijl het aandeel van de FEV's 43% was. In 2016 laadden PHEV's maandelijks bijna 50% meer elektriciteit dan FEV's. Hiermee leveren PHEV's een steeds grotere bijdrage aan schone kilometers in vergelijking met FEV's. Wel is het zo dat dat wordt gerealiseerd met een aanzienlijk grotere vloot PHEV's en een groter aantal laadsessies.

3.2 Trends in laadgedrag PHEV's en FEV's

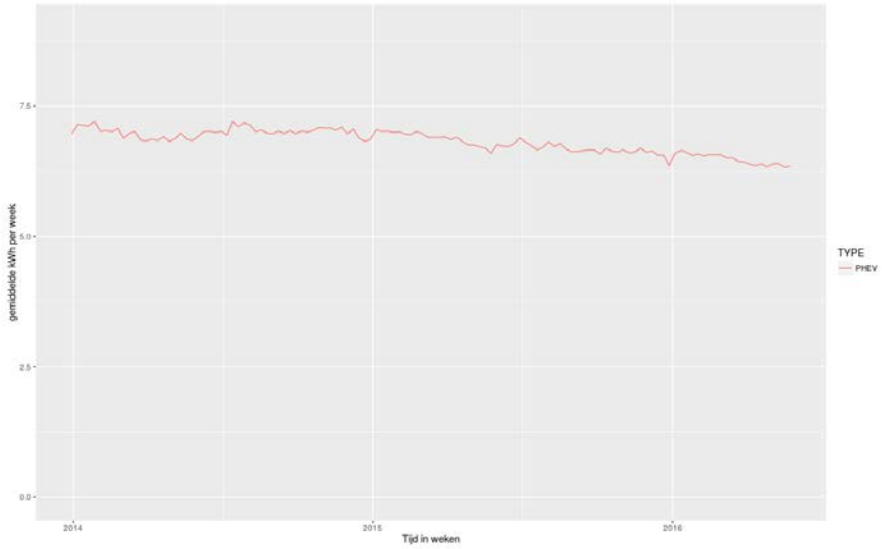
Een veelvoorkomende vraag in het debat over PHEV's is in hoeverre PHEV-rijders daadwerkelijk laden dan wel vooral op de verbrandingsmotor. Immers, laden is niet strikt noodzakelijk. Ook is de vraag of er sprake is van normvervaging onder PHEV-rijders, bijvoorbeeld dat de frequentie van laden door de jaren heen vermindert. In dit rapport is verkend of er een daling zichtbaar is in de hoeveelheid geladen elektriciteit en het aantal sessies per PHEV.

Ontwikkeling in geladen elektriciteit

Figuur 8 toont hoe het aantal geladen kilowatturen per sessie sterk verschilt van PHEV versus FEV. FEV's laden gemiddeld 15-20kWh per week. De stijging eind 2014 lijkt met name veroorzaakt door de komst van Schiphol-taxi's, deze vlakt in de loop van 2015 weer af naar 16-17kWh/week, waarschijnlijk door eigen laadfaciliteiten op de Schiphol-locatie. PHEV's laden gemiddeld tussen de 6 en 7kWh. Hierin is een lichte dalende trend te zien (van 6,8-7,0kWh gemiddeld per sessie in 2014 richting 6,2-6,4 kWh in 2016 – een daling van ca. 5-10%) (zie figuur 9).



Figuur 8 Gemiddelde laadhoeveelheid (in kWh) per week per FEV, PHEV en Unknown.

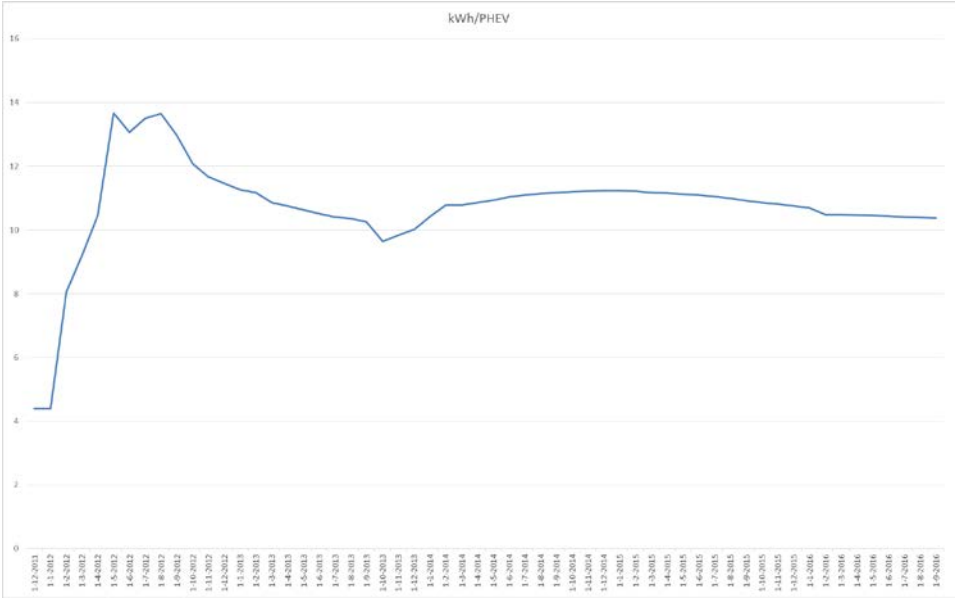


Figuur 9 Gemiddelde laadhoeveelheid (in kWh) per week per PHEV.

We nemen dus een licht dalende trend waar in geladen kilowattuur per PHEV per week. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de PHEV vloot van samenstelling verandert. Recent uitgekomen PHEV's met kleinere batterijcapaciteit zouden deze daling mogelijk kunnen verklaren omdat deze PHEV's per sessie minder kunnen laden. De vraag is inderdaad of die PHEV-vloot verandert in termen van gemiddelde batterijcapaciteit per PHEV.

Op basis van RDW gegevens is de gemiddelde batterijcapaciteit van de geregistreerde PHEV vloot op maandbasis doorgerekend (figuur 10). In 2012 zien we een sterke stijging van de gemiddelde batterijcapaciteit, met name door de relatief kleine batterij van de eerste generatie Toyota Prius (4,4kWh). De piek in 2012 wordt verklaard door de verkopen van de destijds veel verkochte Opel Ampera (batterijcapaciteit van 16kWh). De daling in 2013 naar een gemiddeld batterijpakket van ca. 10kWh komt vooral door de grote verkopen van de PlugIn Prius; later door de introductie van de Volvo V60 en Mitsubishi in 2013 – beiden met een batterijcapaciteit van 11-12kWh.
Vanaf 2014 is de gemiddelde batterijcapaciteit van de PHEV-vloot vrijwel gelijk gebleven rond 11kWh mede omdat de Mitsubishi Outlander en Volvo V60 lange tijd bijna de helft van de PHEV vloot besloegen. Pas eind 2015 en begin 2016 is een lichte daling naar 10,2-10,5kWh zichtbaar. Dit komt met name op conto van modellen als de VW Golf, VW Passat en Mercedes C350 (met batterijcapaciteiten variërend van 6,6 tot 9,7kWh).

Omdat ook de daling van de hoeveelheid geladen kilowattuur per week door PHEV's plaatsvindt vanaf 2015 is het denkbaar dat de dalende batterijcapaciteit van PHEV modellen hebben bijgedragen aan minder geladen kilowatturen per PHEV per week. Dit vereist echter verder onderzoek en statistische toetsing.



Figuur 10 Gemiddelde batterij capaciteit van de PHEV-vloot op maandbasis

Ontwikkeling in aantal laadsessies

Om te bepalen of PHEV rijders gemiddeld minder vaak laden, toont figuur 11 het gemiddeld aantal sessies voor de hele PHEV-vloot. De FEV-vloot is ook meegenomen om vast te stellen of er van algemene trends sprake kan zijn.
Gemiddeld genomen laadt elke PHEV die in een bepaalde week op het netwerk is geregistreerd tussen de 3 en 3,5 keer per week (uitschieters naar beneden zoals week 52 van 2014 worden verklaard door de vakantieperiode). Er is hierbij een licht stijgende trend te zien in het aantal laadsessies naar 2016 toe.

Figuur 11 Gemiddeld aantal sessies per week per RFID

Conclusies trends in laadgedrag

De verkenning naar trends in laadgedrag van PHEV rijders suggereert dat de laadfrequentie van de PHEV-vloot enigszins fluctueert en het laatste jaar een licht stijgende trend vertoont. Door deze groep van meer dan 17 duizend RFID's lijkt dus relatief stabiel gebruik te worden gemaakt van het publieke laadnetwerk. Ten aanzien van het laadvolume (in kWh per week) is wel een licht dalende trend te zien, van circa 5-10% vanaf 2015 tot mid-2016. Omdat het aantal laadsessies min of meer gelijk is gebleven is het aantal kWh per sessie derhalve licht gedaald. Het veranderende wagenpark (met dalende gemiddelde batterijcapaciteit per PHEV) kan hiervoor een mogelijke verklaring zijn.

Bij de verkenning van trends in laadgedrag van PHEV's is het goed om te beseffen dat de RFID's die als PHEV's zijn gecategoriseerd minimaal 10 keer op het netwerk hebben geladen en als zodanig niet model staan voor de gehele PHEV vloot. Om deze reden is het ook moeilijk om vergelijkingen met de FEV vloot te maken ten aanzien van laadfrequentie.

4 CONCLUSIES

In dit rapport is een analyse gemaakt van het laadgedrag van PHEV en FEV voertuigen, op basis van beschikbare gegevens van laadsessies het openbare laadnetwerk van de vier grote steden (G4) en de Metropool Regio Amsterdam (MRA) in de periode maart 2012 tot juni 2016. Op basis van enkele aannames zijn in totaal 17.096 RFID's als PHEV, 7.907 RFID's als FEV onderscheiden en 29.699 RFID's zijn op basis van de gekozen criteria niet te categoriseren. De PHEV's en FEV's die wél zijn gecategoriseerd vertegenwoordigen meer dan 93% van alle laadsessies en meer dan 96% van de geladen elektriciteit op het publieke laadnetwerk van de G4 en MRA. Het gaat hierbij alleen om laadsessies op publieke laadinfrastructuur (niet private of semi-publieke punten).
Het onderscheid in de groepen PHEV/FEV/Unknown maakt het mogelijk om uitspraken te doen over de bijdrage van PHEV aan schone kilometers (in vergelijking tot FEV) en om trends in laadgedrag van PHEV-rijders te onderscheiden (in termen van geladen elektriciteit en laadfrequentie).

4.1 Conclusies

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1 **PHEV's zijn verantwoordelijk voor meer dan de helft van de schone kilometers gefaciliteerd met publieke laadpunten in de G4/MRA**. PHEV's zijn met bijna 10 miljoen geladen kWh verantwoordelijk voor 53% alle geladen kWh op het publieke laadnetwerk van de G4/MRA. Hiermee zijn PHEV's een belangrijke factor voor het realiseren van schone kilometers. FEV's zijn met meer dan 8 miljoen kWh verantwoordelijk voor 43% van de geladen elektriciteit. In 2016 laadden PHEV's maandelijks bijna 50% meer elektriciteit dan FEV's en leveren daarmee een steeds grotere bijdrage aan schone kilometers.

2 **PHEV's zijn dominant in het aantal laadsessies op het publieke laadnetwerk van de G4/MRA**. Van PHEV's zijn in de periode 2012-2016 bijna 1,5 miljoen laadsessies geregistreerd, drie keer zoveel als het aantal laadsessies van FEV's. Het aandeel PHEV-laadsessies vertoont een stijgende lijn van 60% naar 70% van alle laadsessies (op maandbasis). Er is een aanzienlijke groep PHEV-rijders die regelmatig gebruik maakt van de publieke laadinfrastructuur.

3 **De laadfrequentie van de PHEV-vloot is relatief stabiel.** Het aantal laadsessies per week per PHEV is relatief stabiel over de periode 2014 tot en met 2016 en vertoont een licht stijgende trend in 2016. Een voorzichtige conclusie is dat PHEV rijders relatief stabiel zijn in hun laadgedrag. Dat PHEV rijders door de tijd heen steeds minder zouden laden wordt niet bevestigd op basis van deze analyse.

4 **De laadhoeveelheid (in kWh per week) bij PHEV's vertoont sinds 2015 een (licht) dalende trend.** De gemiddelde laadhoeveelheid van de gehele PHEV vloot daalde in de periode 2015 tot 2016 enigszins (ca. 5-10%). Een reden hiervoor kan zijn dat batterijpakketten van (populaire) nieuwe PHEV modellen relatief klein zijn (8-10kWh). Deze modellen zullen daardoor waarschijnlijk per laadsessie minder laden dan de oudere modellen met als gevolg dat gemiddeld per PHEV minder wordt geladen.

4.2 Beperkingen van het onderzoek

Dit onderzoek maakt gebruik van laaddata die zijn verzameld op openbare laadpunten in de G4 en MRA. Hoewel dit een aanzienlijk laadnetwerk vertegenwoordigt (met meer dan 6000 laadpunten) en de afgelopen vier jaar meer dan 54 duizend RFID's heeft gefaciliteerd met laden brengt de dataset ook beperkingen met zich mee.

- **Privaat laden**: Er zijn geen gegevens van private of semi-publieke laadsessies. Hiermee is voor een aanzienlijk deel van de EV rijders/RFID's geen beeld van het volledige laadgedrag. Immers, een

groot aantal EV rijders (PHEV en FEV) laadt thuis, op kantoor of regelmatig op semi-publieke plekken in parkeergarages. Deze sessies zijn niet beschikbaar in de database. Om een compleet beeld van laadgedrag van gebruikers te achterhalen zou meer op basis van laadpassen moeten worden gewerkt. Deze data is niet beschikbaar ten tijde van het schrijven van deze studie. Hierdoor kunnen geen uitspraken worden gedaan over laadgedrag van 'de PHEV-rijder'.

- **Overig publiek laden**: Naast de 6000 publieke laadpunten zijn er nog ca. 6000 publieke laadpunten buiten de G4 en MRA regio. Ook hier zijn geen data van beschikbaar; zodat een compleet beeld van laadgedrag op publieke laadinfrastructuur ontbreekt.
- **Geen registratie van niet-laden**: De databases van laadgegevens registreren alleen laadsessies van publieke laadpunten. PHEV-rijders die nooit op een publiek laadpunt hebben geladen worden niet geregistreerd, dit is alleen met laadpas-gegevens te achterhalen.
- **PHEV groep**: De PHEV groep van 17 duizend RFID's is geen a-selecte steekproef PHEV gebruikers. Omdat RFID's pas bij minimaal 10 laadsessies zijn ingedeeld in deze PHEV-groep, heeft deze groep waarschijnlijk een bias naar PHEV rijders met relatief hoge laadfrequentie. Hierdoor kan de PHEV groep in laadgedrag niet worden vergeleken met de FEV groep.

4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

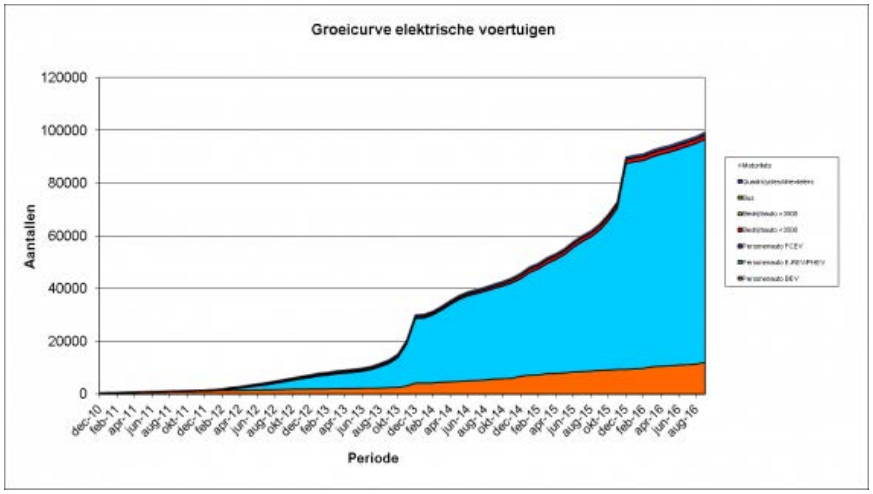
Onze aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn als volgt:

- **Indeling PHEV/FEV**: De grote groep Unknown heeft weliswaar weinig invloed in termen van aantal sessies en geladen kilowattuur, maar in aantal RFID's blijft dit een aanzienlijke groep. Het verdient aanbeveling om data te verzamelen die deze groep RFID's met zekerheid kan toewijzen aan voertuigtypes (PHEV/FEV) (e.g. informatie van leasebedrijven, serviceproviders etcetera).
- **Toevoeging private en semi-publieke laadsessies**: Datadelen met service providers of leasebedrijven kan het complete laadgedrag in beeld brengen (privaat/publiek/semipubliek) dat nodig is voor het beter monitoren van daadwerkelijk laadgedrag van PHEV's en FEV's.

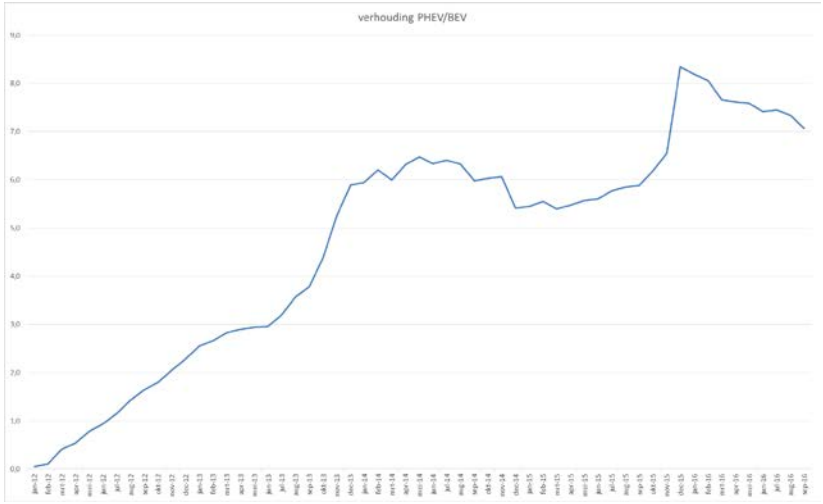
BIJLAGE A MARKTCIJFERS ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

Verkoopcijfers PHEV en FEV

Figuur A1 toont de groei van geregistreerde PHEV's en FEV's in Nederland, met een sterke groeicurve vanaf 2013. In september 2016 zijn er meer dan 95 duizend PHEV's en FEV's geregistreerd, waarvan 84.730 PHEV's en 11.986 FEV's (Bron: RVO[5]). In figuur A2 is dit vertaald naar de verhouding geregistreerde PHEV's versus FEV's. Hieruit blijkt dat vanaf het moment dat de EV-markt sterk begon te groeien (vanaf mid-2013) er een factor 5 tot 8 meer PHEV's waren geregistreerd dan FEV's. Het is dus reëel te verwachten dat aanzienlijk meer PHEV's in de database zullen worden waargenomen dan FEV's.



Figuur A1 Groeicurve geregistreerde PHEV en FEV modellen (bron RVO)



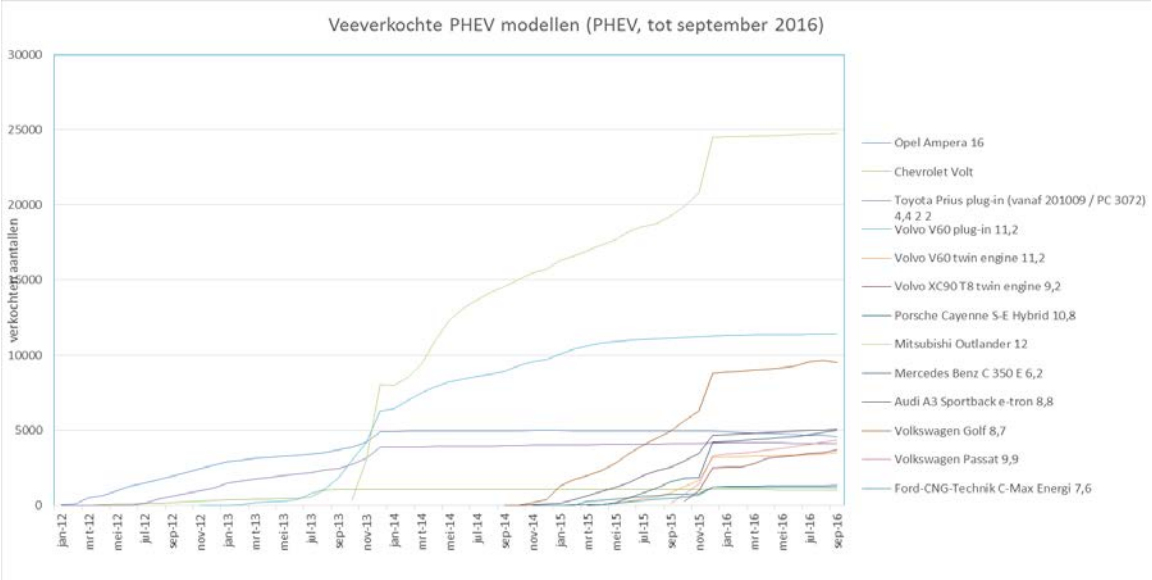
Figuur A2 Verhouding geregistreerde PHEV / FEV modellen (bron RVO)

Figuur A3 toont de meest verkochte PHEV modellen (RVO). In totaal met als ondergrens 1000 verkochte modellen. Meest verkochte modellen zijn de Mitsubishi Outlander (24.765), Volvo V60 (14.917), VW Golf (9.530) en diverse modellen met verkoopcijfers rond de 5.000 (Audi A3, Mercedes C350E, Opel Ampera, VW Passat). Opvallend zijn de PHEV-modellen die marktleiders waren in de eerste jaren (2012-2013):

- Opel Ampera heeft een batterijpakket van 16kWh en is tussen 2012 en 2013 marktleider geweest.
- De Toyota PlugIn Prius was tot eind 2013 tweede in de PHEV markt en had juist een relatief klein batterijpakket van 4,4 kWh.

[5] http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers

Omdat deze modellen relatief veel zijn verkocht én relatief lang op de markt zijn, is het waarschijnlijk dat deze modellen te identificeren zijn bij de analyse van RFID's (veel laadsessies met een max vermogen rond de 13-16kWh[6] (Ampera) dan wel 4,4kWh (Prius)).

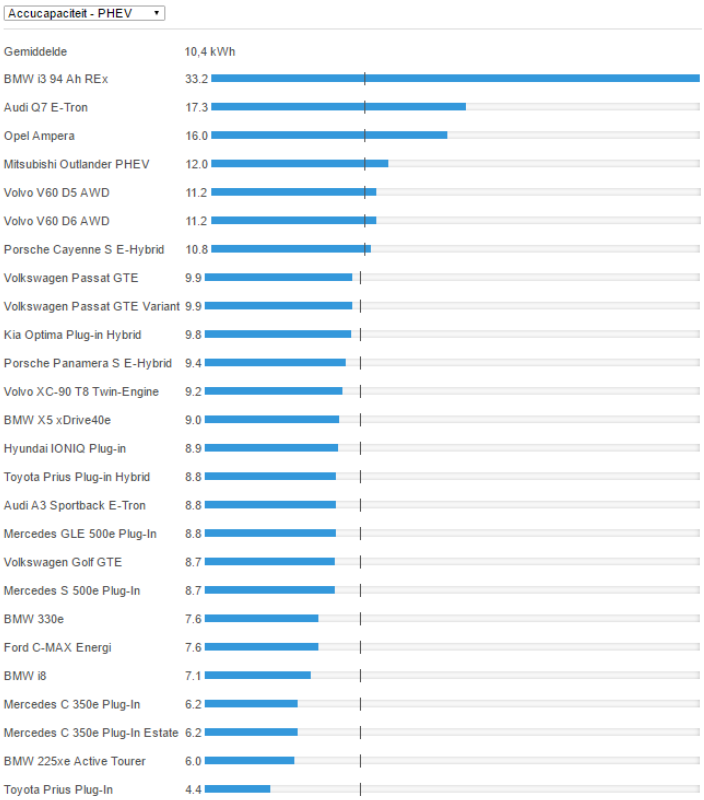


Figuur A3 Historische groei van veelverkochte PHEV modellen in Nederland (bron RDW)

[6] Er moet rekening worden gehouden met de bruto versus netto batterijcapaciteit: in veel gevallen is de netto batterijcapaciteit 15-25% lager dan de bruto capaciteit in verband met het voorkomen van diep-ontladen.

BIJLAGE B BATTERIJCAPACITEITEN VAN FEV'S EN PHEV'S

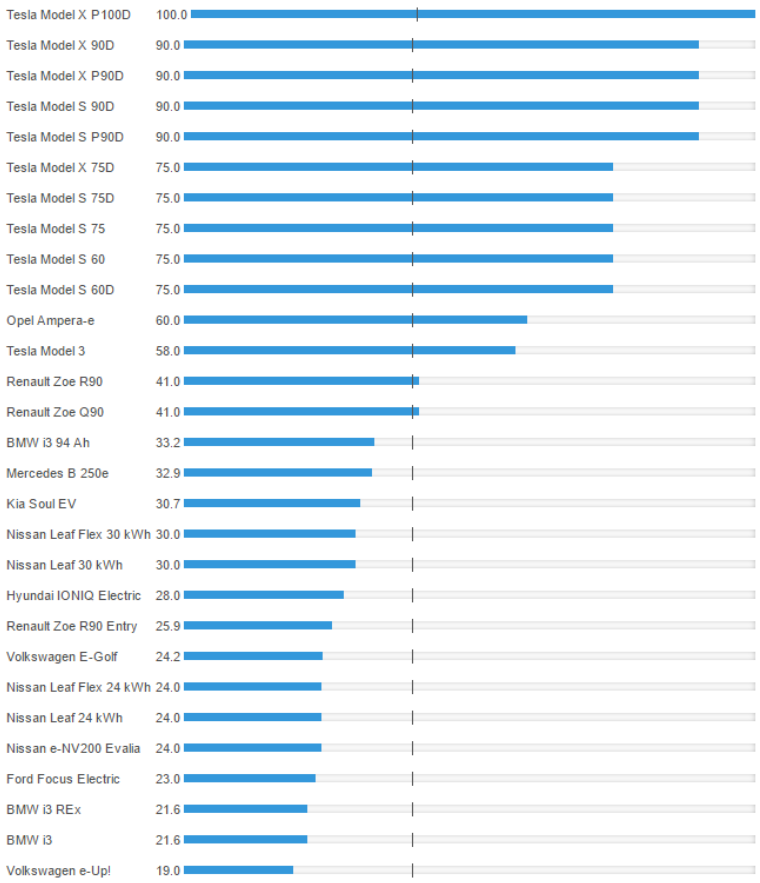
Overzicht van batterijcapaciteit van FEV's en PHEV's gebaseerd op www.ev-database.nl.



Figuur B1 Batterijcapaciteit PHEV's (status oktober 2016)

De Fiat 500e komt niet in de lijst van PHEV voor omdat deze nooit officieel in Europa verkocht is. Deze PHEV is enkel in één Amerikaanse staat aangeboden: Californië. Fiat ontwikkelde de elektrische hatchback omdat het moest vanwege de wetgeving[7].

[7] http://www.groen7.nl/uniek-in-nederland-fiat-500e/



Figuur B2 Batterijcapaciteit FEV's (status oktober 2016)

BIJLAGE C UITZONDERINGEN OP BATTERIJCAPACITEIT EN LAADSNELHEID

Uitzonderingen

Onderscheidende factoren tussen PHEV en FEV zijn vooral batterijcapaciteit en laadsnelheid. Maar er zijn uitzonderingen die invloed hebben op de juiste toewijzing van PHEV's en FEV's op basis van deze criteria.

Uitzondering 1: FEV's met een batterijcapaciteit van minder dan 16kWh

Deze uitzondering zorgt dat FEV's o.b.v. beperkte batterij capaciteit onterecht in de PHEV categorie worden geplaatst. Dit is naar schatting een relatief kleine groep, m.n. de Renault Twizy (3,5% van totale FEV verkopen).

FEV model	Specs	Aantal verkocht (RVO- site)
Renault Twizy (quadricycle)	6,1kWh	432
	Totaal	**430**

Het is goed mogelijk dat deze voertuigen vooral als bedrijfsvoertuigen zijn aangeschaft en relatief weinig gebruik maken van het openbare laadnetwerk (maar bij kantoren).

Uitzondering 2 : FEV's met laadcapaciteit van 3.7kW:

Deze uitzonderingen zijn FEV's hebben een beperkte laadcapaciteit van 3,7kW (o.b.v. EV Database); en maken dat deze FEV's onterecht in de PHEV categorie zouden kunnen worden geplaatst. Hier zijn veel meer voorbeelden van; en beslaan 18% van alle verkochte FEV's. Laadsnelheid kan dus niet worden gebruikt als criterium om een PHEV en FEV van elkaar te onderscheiden. Alleen in combinatie met structureel lagere batterijcapaciteit is het een goede voorspeller van PHEV's.

FEV model	Specs	Aantal verkocht
VW Golf E	3,7kW	240
BMW i3 (model 2013)	3,7kW	814
VW UP	3,7kW	218
Ford Focus electric	3,7kW	
Nissan e-NV200	3,7kW	843
	Totaal	**2115**

Uitzonderingen 3: PHEV's met een batterij capaciteit van meer dan 16kWh:
Deze uitzonderingen zijn PHEV's met een relatief grote batterij capaciteit; groter dan de eerder aangenomen grens van 16kWh (dit is de capaciteit van de veel verkochte Opel Ampera); en maken dat deze PHEV's mogelijk in de FEV categorie worden geplaatst. Dit geldt alleen voor modellen die na juni 2016 op de markt zijn gekomen: de BMW i3, Audi Q3. Om deze te filteren is gekozen om alleen data van voor juni 2016 mee te nemen in deze studie.

PHEV model	**Specs**
BMW i3 (2013)	21kWh
Audi Q3	17kWH
BMW i3 (Juli 2016)[8]	33.2 kWh

Uitzondering 4 : PHEV's met een laadvermogen van meer dan 7,4kW:
Deze uitzonderingen zijn PHEV's met een grotere laadcapaciteit dan 3,7kW (o.b.v. EV Database); en maken dat deze PHEV's onterecht in de FEV categorie zouden worden geplaatst. Hier zijn beperkte aantal voorbeelden van; waarvan met name de nieuwe BMW categorie in juli 2016 op de markt is gekomen. Door met een dataset van voor juni 2016 te werken wordt deze foutcategorie vermeden.

PHEV model	**Specs**
BMW i3 (juli 2016)	11kW
Audi Q3	7,4kW

[8] https://ev-database.nl/auto/1069/BMW-i3-94-Ah-REx

BIJLAGE D ONDERBOUWING ONDERSCHEID PHEV/FEV

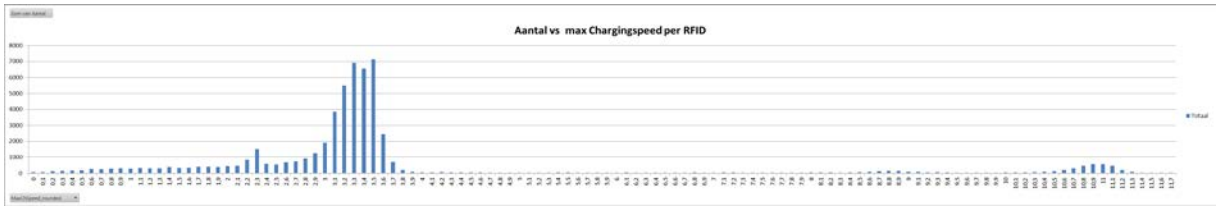
Er zijn twee criteria waarop PHEV en FEV in grote lijnen zich van elkaar onderscheiden: (i) batterijcapaciteit en (ii) laadsnelheid. Deze kunnen worden bepaald door rekening te houden met (iii) aantal laadsessies. Hieronder wordt toegelicht hoe keuzes zijn gemaakt onder welke voorwaarden RFID's als PHEV, FEV of als Unknown worden gecategoriseerd.

1 Batterij capaciteit: Onderscheid bij 16kWh

PHEV's hebben in de regel minder dan 16kWh batterijcapaciteit (de relatief populaire Opel Ampera geldt hier als de grens). Uitzonderingen hierop zijn de BMW i3 (extended range) en de Audi Q3. De laatste twee modellen zijn relatief weinig verkocht in Nederland.
Tegelijkertijd hebben de meeste FEV modellen een batterijcapaciteit van (ruim) meer dan 16kWh; uitzonderingen zijn hier quadricycles (e.g. Renault Twizy); waarvan er in Nederland 969 zijn verkocht (augustus 2016[9]) – minder dan 1% van de totaal verkochte PHEV en FEV modellen. Het lijkt hierbij legitiem te veronderstellen dat deze voertuigen een relatief klein deel van de laadsessies voor hun rekening nemen.
Concluderend kan worden gezegd dat voertuigen die meer dan 16kWh hebben geladen met zeer grote waarschijnlijkheid een FEV zijn.

2 Laadsnelheid:

Om verder onderscheid te kunnen maken voor de categorie RFID's die nooit meer dan 16kWh hebben geladen, kan worden gekeken naar laadsnelheid. PHEV's hebben in de regel een lagere laadsnelheid dan FEV's (3,7kW versus 7,4 of 11kW). Hier blijken echter uitzonderingen; zo zijn er meerdere FEV modellen die een laadsnelheid hebben van 3,7kW; terwijl er ook PHEV-modellen zijn met een hogere laadsnelheid. Van de laatste categorie zijn dat de BMW i3 (model 2016; in juni 2016 op de markt gekomen) en Audi Q3 (in juli 2016 op de markt gekomen. Tot juni 2016 waren er geen modellen die over een laadsnelheid van meer dan 3,7kW beschikten: voor de analyse wordt dan ook gebruik gemaakt van data tot en met mei 2016.
Om de accuraatheid van data van laadsnelheid te valideren is voor alle RFID's die op het publieke laadnetwerk hebben geladen de maximum laadsnelheid bepaald. Figuur D1 laat zien dat er een sterke daling is van laadsnelheid boven de 3,6-3,7 kW wat te verwachten is gezien het grote aantal PHEV's die met 3,7kW laden. Het lijkt dan ook een veilige aanname om RFID's die een maximum waargenomen laadsnelheid van boven de 3,7kW als FEV te zien.



Figuur D1 Frequentiedistributie van RFID's geplot op maximum laadsnelheid (gelimiteerd tot 4 kW)

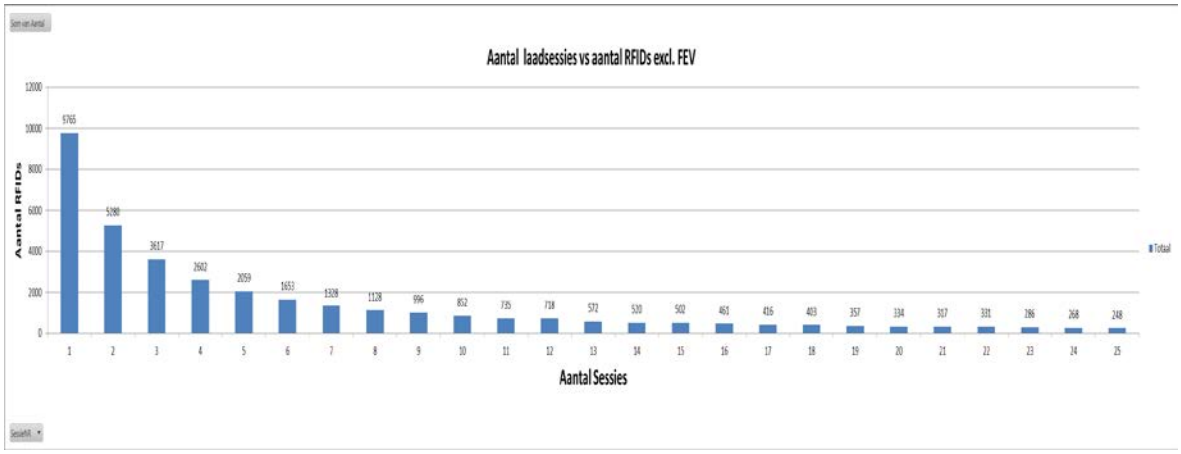
Concluderend kunnen RFID's die véél hebben geladen, maar altijd minder 16kWh én met een maximale laadsnelheid van 3,7kW, zeer waarschijnlijk als PHEV kunnen worden ingeschaald.

[9] http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers

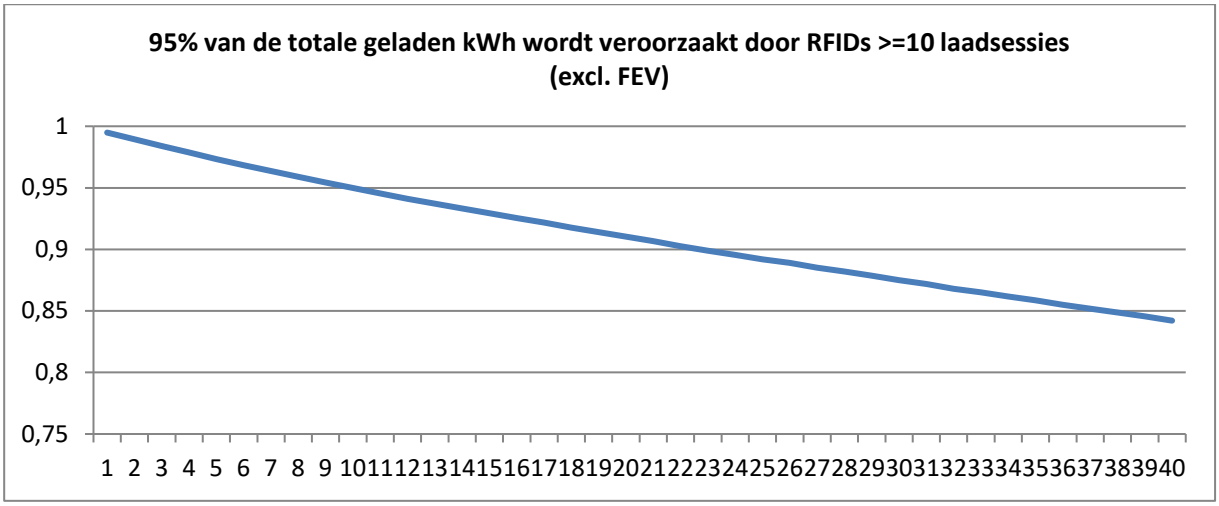
3 Laadfrequentie

Om vast te stellen wat de maximum batterijcapaciteit van een voertuig is, wordt aangenomen dat de frequentie van laden een goede indicator is. Gebruikers van het netwerk die regelmatig laden, maar altijd minder dan 16kWh (en op laadsnelheid van maximaal 3,7kW) zijn zeer waarschijnlijk een PHEV. Bezoekers met een beperkt aantal sessies met weinig kWh geladen, zouden alsnog goed een FEV kunnen zijn.
Figuur D2 geeft een frequentiedistributie van hoe vaak alle RFID's in de database geladen hebben op het openbare laadnetwerk in de G4/MRA; het toont een dalende trend met een groot aantal RFID's met 1 tot 5 laadsessies.

Figuur D3 vertaalt dit naar de bijdrage aan geladen kWh per categorie. Hierbij valt op dat 95% van de geladen kWh op het publieke laadnetwerk (exclusief hetgeen dat door FEV's wordt geladen; deze categorie is hier al uit gefilterd) wordt veroorzaakt door RFID's die meer dan 9 keer laden. De incidentele bezoekers hebben dan ook een kleine bijdrage aan het totaal geladen elektriciteit en schone kilometers in de stad.
In dit onderzoek is uitgegaan dat van gebruikers die minimaal 10 keer hebben geladen met voldoende accuratesse kan worden bepaald wat de batterijcapaciteit is van het voertuig om deze te kunnen indelen als PHEV of als FEV.



Figuur D2 Frequentiedistributie van RFID's geplot op maximum laadsnelheid



Figuur D3 Aantal kilowattuur geladen door RFID per aantal-sessie-categorie

Validatie van de gekozen criteria

Om te valideren of de gekozen criteria juist zijn gekozen zijn de PHEV/FEV toewijzingen per RFID gecontroleerd en getoetst op laaddata na mei 2016 (juni tot en met september 2016).

258 RFID's bleken onterecht ingedeeld als PHEV te zijn (1,5% van het totaal aantal RFID's en 1,0% van het totaal geladen kWh). Van deze groep bleek 52% (134 RFID's) een FEV te zijn; deze groep heeft in meer dan 10 sessies minder dan 16kWh maximaal geladen en is als zodanig als PHEV gecategoriseerd. De overige groep RFID's (124) heeft meer dan 10 laadsessies gehad, minder dan 16 kWh geladen, maar een hogere laadsnelheid van 3,7kW laten zien. Deze groep zouden normaal gesproken als Unknown geschaald worden. De beperkte omvang van de groep en beperkte bijdrage aan geladen elektriciteit maakt het legitiem met de gekozen groep te werken om uitspraken te doen over PHEV en FEV bijdrage aan luchtkwaliteit en identificatie van trends in laadgedrag.