

Batérie v elektrických vozidlách a riziko požiaru

Táto publikácia vznikla v spolupráci združení

Polish Alternative Fuels Association (PSPA)

Slovak Electric Vehicle Association (SEVA)

2021

Úvod

Z času na čas sa v médiách a na internete objaví správa o požiari batériového elektrického vozidla (ďalej nazývaný aj ako „elektromobil“). Keďže sú elektromobily na našich cestách stále novinkou, vyvolávajú takéto správy veľký záujem. Do istej miery obsahujú aj dávku senzácie, no často aj menej či viac nepresných informácií. Niekedy príde k prehnanému zveličovaniu a začína sa hovoriť o výbušnom či nebezpečnom elektromobile či batérii. Takáto správa sa šíri po internete, niekedy sa použijú senzačné titulky a možno ju preberú aj mainstreamové médiá. Málokto však neskôr napíše aj o výsledku vyšetrovania havárie či o skutočných príčinách požiaru.

Ako odborníci, ktorí sa elektromobilite profesionálne venujú, by sme radi prispeli k vyššej miere informovanosti o riziku požiarov batérií. Uvedomujeme si, že podobne ako pri rôznych elektrických zariadeniach, ale aj ako pri vozidlách so spaľovacím motorom, môže aj pri používaní elektromobilu vzniknúť nepredvídateľná situácia a následný požiar. Radi by sme však predostreli fakty a ukázali, že riziko požiaru batérií v elektromobiloch je extrémne nízke a výskyt požiaru zriedkavý.

Bezpečnosť lítium-iónovými batérií, ktoré sa v elektromobiloch používajú, sa od ich zavedenia na začiatku 90. rokov výrazne zvýšila. Bežne ich používame v rôznych elektronických zariadeniach a stále viac aj v rozličných dopravných prostriedkoch. Pokročilé testovanie batérií, ktorého cieľom sú aj opatrenia pre minimalizovanie rizika požiaru, ako aj celkovo vylepšený batériový systém vo vozidle, majú za následok aj vyššiu bezpečnosť batérií.

Na základe faktov a doterajších skúseností tvrdíme, že elektromobily nezačínajú horieť častejšie a nehoria ani nebezpečnejšie ako autá so spaľovacími motormi. Ak takáto zriedkavá situácia nastane, tak elektromobil horí iba iným spôsobom. Ich riešením sú zadefinované postupy hasenia požiaru a pripravenosť záchranných zložiek na takúto situáciu.

V tejto publikácii sa zameriavame najmä na požiare vozidiel spojené so samovznietením. Nebudeme sa venovať takým prípadom, keď sa vozidlo zapáli napr. od horiaceho predmetu v jeho blízkosti.

Z praxe však vieme, že v prípade elektromobilov môžeme iba veľmi zriedkavo hovoriť o samovznietení. Na základe vyšetrovania nehôd spravidla nájdeme iba určitú spojitosť vonkajších faktorov alebo sprievodných okolností, ktoré v konkrétnom prípade zvýšili riziko požiaru.

Zvýšenie informovanosti a poskytnutie pravdivých informácií o všetkých aspektoch rizika požiaru elektromobilov je podľa nás najsprávnejšou cestou. Veríme, že takýto postup prispeje k popularizácii elektrickej dopravy ako bezpečného spôsobu mobility. Sme presvedčení, že elektrifikácia dopravy je nevyhnutným krokom, ktorý výrazne prispeje k dekarbonizácii našej planéty.

Patrik Križanský
riaditeľ

Konštrukcia vozidiel so spaľovacím a elektrickým motorom a riziko požiaru

Elektromobil sa vyznačuje inou konštrukciou ako vozidlo so spaľovacím motorom. V automobile so spaľovacím motorom prúdi palivo z nádrže (zvyčajne vzadu) k motoru (obvykle vpredu), čo zapríčiňuje, že je distribuované prakticky po celej dĺžke vozidla. Elektromobil nedisponuje benzínovým alebo naftovým motorom, namiesto toho je vybavený elektrickým pohonom a akumulátorom s lítium-iónovými článkami (inak nazývaný aj „Li-ion batéria“).

Konštrukčná odlišnosť oboch kategórií vozidiel zapríčiňuje, že pri nich existujú rôzne rizikové faktory vplývajúce na pravdepodobnosť vzniku požiaru. Rozdielny je pri nich postup hasenia prípadného požiaru alebo riziko eventuálneho samovznietenia po uhasení prvotného požiaru.

K častým príčinám požiarov automobilov, bez ohľadu na ich pohon, patria najmä výrobné chyby a dopravné nehody. Požiar sa v automobiloch rozšíri najmä vďaka veľkému množstvu použitých horľavých plastov.

Najčastejšou príčinou samovznietenia v benzínových autách sú netesnosti v ich palivovom systéme. Vytekajúce palivo sa môže vznietiť od jedinej iskry. Požiare môžu byť vyvolané horúcim katalyzátorom a jeho kontaktom s podložími, napríklad so suchým lístím alebo suchou trávou.

Elektromobily na druhej strane nemajú žiaden palivový systém, sviečky ani katalyzátor a nepoužívajú sa v nich vysoko horľavé kvapaliny ako sú palivo alebo motorový olej. Veľmi malým rizikom požiaru pri elektromobile je jeho batéria.

Batérie v elektromobiloch pozostávajú z Li-ion článkov. Články sú vzájomne paralelne resp. sériovo prepojené a tvoria batériový modul. Viaceré moduly sú ďalej navzájom spojené a tvoria batériový pack (batériu). Pevná kovová konštrukcia - batériový obal - okolo batériového packu slúži na uloženie článkov. Veľmi dôležitou funkciou takejto schránky je ale aj ochrana pred vonkajšími otrasmami, teplom a nárazom.

Celý batériový pack je umiestnený v podlahe, teda na najpevnejšom mieste vozidla. Práve toto umiestnenie je veľmi dôležité aj pre prevenciu požiarov.

Batéria obsahuje aj ďalšie konštrukčné prvky ako sú napr. senzory, ktoré monitorujú jej stav. Všetky články v batériových moduloch sú ďalej pripojené na riadiaci systém batérie (BMS), ktorý prostredníctvom týchto senzorov okrem iného kontroluje napätie, teplotu, stav nabitia a vybitia ako aj celkovú stabilitu systému.

Akumulátor v elektromobile je teda neustále monitorovaný a kontrolovaný prostredníctvom senzorov a riadiaceho systému batérie. Takáto zostava zaisťuje bezpečnú prevádzku celej batérie a elektromobilu. Pre úplnosť, vozidlo je vybavené prvkami bezpečnostného systému, ktorý tvoria:



Systém chladenia

→ Chráni batériu pred prehrievaním.



Vystužené ochranné puzdro

→ Zabraňuje mechanickému poškodeniu batérie.



Protipožiarny obal

→ Oddeluje jednotlivé batériové moduly, čím znižuje možné riziko a chráni ostatné komponenty vozidla pred požiarom.



Systém núdzového vypnutia vysokého napätia

→ Znižuje riziko samovznietenia.



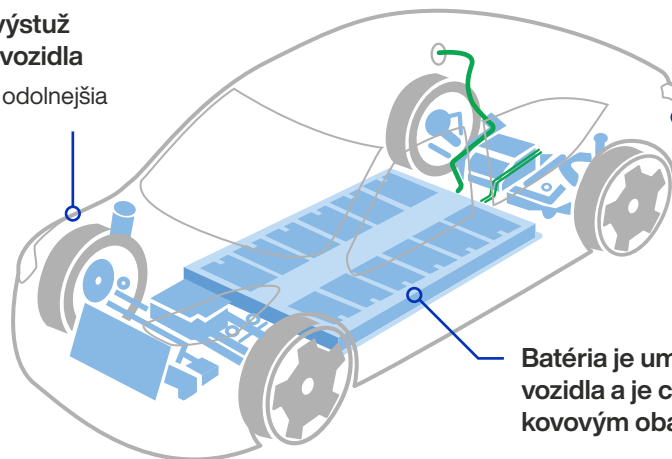
Elektrický obvod, ktorý počas parkovania oddeľuje vysoké napätie v batérii od zvyšku systému elektromobilu

→ Tento prvok významne zvyšuje bezpečnosť elektromobilu počas státia.

Vystužená konštrukcia elektromobilu a batériového systému

Dodatočná výstuž konštrukcie vozidla

Konštrukcia je odolnejšia proti nárazom



Zníženie ťažiska automobilu

Zvyšuje stabilitu a podstatne znižuje riziko prevrátenia na strechu

Batéria je umiestnená v podlahe vozidla a je chránená pevným kovovým obalom

PRÍKLAD Z PRAXE

Prestížne nemecké združenie DEKRA (Nemecké združenie pre kontrolu vozidiel) a Univerzitné medicínske centrum v Göttingene realizovali spoločný projekt zameraný na skúmanie priebehu dopravnej nehody elektrických vozidiel. Elektromobily Nissan Leaf a Renault Zoe (obidve ohodnotené piatimi hviezdami v testoch Euro NCAP) sa podrobili prísny testom bočného a čelného nárazu. V jednom z testov, pri náraze pevného stĺpu z boku vozidla, sa simulujú rôzne situácie havárie vozidla do stromu. Pri vyhodnotení výsledkov testov nemeckí inžinieri zhodnotili, že následky poškodenia boli porovnateľné s konvenčnými vozidlami so spaľovacím motorom. Systémy vysokého napätia v elektromobiloch sa v prípade nehody spoľahlivo vypli a ani v prípade silných deformácií batérie nedošlo k požiaru.

Ďalším zaujímavým zistením testovania bolo, že vyslobodenie pasažierov zakliesnených v havarovanom elektromobile možno realizovať rovnako rýchlo ako v konvenčnom vozidle a neexistuje žiadne zvýšené riziko pre záchranné zložky v prípade snahy vyslobodiť posádku.

Nezávislá organizácia EURO NCAP vykonáva nárazové testy všetkých automobilov dostupných na európskom trhu – teda aj všetkých elektromobilov. Priebeh testov je pritom identický pro všetky vozidlá. Závery testov ukazujú, že elektromobily nezaostávajú úrovňou bezpečnosti za konvenčnými automobilmi a v nárazových testoch dokonca často končia s lepšími výsledkami.

Riziká a dôvody vzniku požiaru elektromobilu

Samovznietenie batérie elektromobilu je veľmi zriedkavé a môže k nemu prísť vplyvom extrémnej vonkajšej teploty alebo mechanického nárazu, ktorý vážne poškodí batériu. Inou príčinou môže byť porucha elektrického zariadenia. Všetky tieto javy však vznikajú pri nezvyčajných prevádzkových podmienkach alebo nehodách a vo väčšine prípadov musí prísť k súbehu viacerých faktorov.

Požiar batérie zapríčinený spomínanými faktormi je zvyčajne sprevádzaný javom tzv. tepelného úniku (thermal runaway). Ide o proces, pri ktorom teplota batériových článkov nekontrolovateľne rastie nad určitú hranicu a následne dochádza k náhlemu uvoľneniu horľavých plynov a vyvíjaniu nadmerného tepla. Požiar spojený s nekontrolovateľným rastom teploty batérie je zvyčajne sprevádzaný únikom veľkého množstva dymu.

Extrémna teplota alebo počasie



Elektromobily sa bežne využívajú v horúcich oblastiach Kalifornie či v chladných podmienkach Nórska. Tento fakt dokazuje, že je možné ich úplne normálne využiť v teplotách aj viac ako 45o a menej ako -15o.

Pri extrémne vysokej teplote okolia sa však môžu vyskytnúť nežiadúce chemické reakcie v batérii spôsobujúce jej prehriatie. Naopak, pri extrémne nízkych teplotách sa zvyšuje vnútorný odpor v batérii. Vyšší odpor môže zapríčiniť vznik miniatúrnych dendritov (porušenie štruktúry materiálu), ktorý môže následne tiež spôsobiť tepelný únik. Dôležité však je, že samotné extrémne teploty nikdy nie sú jedinou príčinou požiaru elektromobilu. Extrémne počasie môže byť rizikovým faktorom, ten však musí byť podporený inými faktormi.

Mechanický náraz – nehoda



Mechanický náraz je spôsobený vážnou dopravnou nehodou, pri ktorej príde k deformácii podvozku a narušeniu obalu batérie. Moderná konštrukcia batériového systému uloženého v pevnom ochrannom puzdre, konštrukcia vozidla, no predovšetkým umiestnenie článkov vo vystuženej podlahe podvozku však v absolútnej väčšine prípadov zabezpečia, že k deštrukcii batériového obalu nepríde ani pri vážnejšom náraze.

Nesprávne zaobchádzanie s batériou pri nabíjaní



Li-ion batérie majú predpísanú určitú rýchlosť nabíjania a príliš rýchle nabíjanie alebo prebíjanie môže spôsobiť nadmerné prehrievanie. Udržiavanie správneho rozsahu je samozrejme kontrolované riadiacim systémom batérie (BMS), ktorý pri nabíjaní neustále komunikuje s nabíjacou stanicou. Ako však pri každom zariadení, aj tu môže prísť k poruche a k prehriatiu batérie. Toto samo o sebe nie je v druhej časti prípadov dôvodom pre požiar. Ten však môže vzniknúť, ak by sa k tomu zároveň pridali ďalšie faktory (napr. interný skrat v okruhu vysokého napätia).

Je potrebné zdôrazniť, že vzniku tejto situácie bráni viacero systémov – v batérii, elektromobile aj nabíjacej stanici. Elektromobil je chránený softvérom (BMS aj softvér v nabíjacej stanici) ako aj hardvérom (viaceré prvky ochrany pred skratom a odpinania príkonu elektrickej energie). Pokiaľ teda nepríde k poruche viacerých systémov v jednom čase, čo je veľmi nepravdepodobné, k požiaru batérie nemá prečo prísť.

PRÍKLAD Z PRAXE

Spoločnosť Tesla zverejnila historické údaje o počte registrovaných požiarov svojich elektromobilov na 1 miliardu najazdených míľ (približne 1,61 miliárd km). V moderných elektrických vozidlách, ktoré sú neustále prepojené cez internet, je možné zbierať množstvo dát o ich stave a prevádzke.

Správa zachytáva incidenciu požiarov na 300 000 kusoch vozidiel Tesla, ktoré najzdili celkovo 7,5 miliardy míľ (približne 12,07 miliardy km). V prepočte na takúto vzdialenosť bolo zaznamenaných 40 požiarov, čo v prepočte predstavuje 5 požiarov na každú miliardu najazdených míľ. Pre porovnanie, počet požiarov bežných spaľovacích automobilov dosahuje 55 na každú najazdenú miliardu míľ.

Prípady požiarov elektromobilov

Napriek tomu, že požiare elektromobilov sú veľmi zriedkavé, existujú reálne prípady, keď vznikli. Ich priebeh môžeme zhrnúť v týchto príkladoch.



Elektromobil vzbĺkol pri parkovaní vplyvom extrémneho počasia (v tomto prípade vplyvom predchádzajúceho zaplavenia).

PRÍKLAD Z PRAXE

31. augusta 2018 sa v čínskom meste Guangzhou spontánne vznietil elektromobil Lifan 650 a úplne zhorel. Oheň sa začal v dolnej časti vozidla, kde sa nachádzala batéria. Vyšetrenie ukázalo, že elektromobil bol po silnej búrke viac ako 2 hodiny ponorený vo vode, čo zapríčinilo vniknutie vody do batérie. Neskôr, počas prevádzky vozidla, pravdepodobne táto voda spôsobila skrat vo vnútri batérie, čo viedlo k tepelnému úniku (thermal runaway) a následnému požiaru.



Elektromobil sa vznietil počas nabíjania, čo môže súvisieť s poruchou batérie v dôsledku prebývania. Oveľa pravdepodobnejšie to však môže súvisieť s chybou spôsobenou nesprávne nainštalovanou nabíjacou stanicou alebo porušeným obalom nabíjacieho kábla. Toto býva príčina požiarov aj pri iných typoch elektronických zariadení s batériami (napr. smartfónov).

PRÍKLAD Z PRAXE

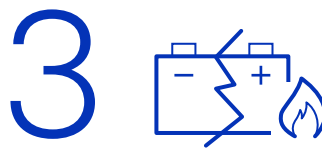
1. januára 2016 sa na ultrarýchlej nabíjacej stanici v Gjerstade v Nórsku počas nabíjania vznietil elektromobil Tesla Model S. Podľa vyhlásenia, ktoré vydala spoločnosť Tesla po vykonanom vyšetrení, bol príčinou incidentu skrat v rozvodnej skrini, no škody, ktoré vznikli pri požiaru, znemožnili stanoviť jednoznačný dôvod požiaru.

Podľa tvrdení spoločnosti Tesla je vo všeobecnosti pravdepodobnosť vznietenia ich elektromobilu počas nabíjania na úrovni 1 ku 2,5 miliónom. Táto štatistika sa opiera o fakt, že nabíjačky Tesla Supercharger boli použité už najmenej 2,5-miliónkrát a existuje iba jedno hlásenie týkajúce sa opisovaného požiaru v Nórsku.

BEZPEČNOSTNÉ OPATRENIA PRE PREDCHÁDZANIE TAKÝMTO SITUÁCIÁM

S cieľom zaistiť bezpečnosť počas nabíjania, sú v elektromobiloch použité tieto riešenia (rovnako pri AC aj DC nabíjačkách):

- Batéria je vybavená chladiacim systémom, čo umožňuje udržiavanie bezpečnej teploty článkov počas nabíjania.
- Na stav batérie počas nabíjania dohliadajú senzory a riadiaci systém batérie (BMS). V situácii, keď teplota článkov začína rásť a chladiaci systém nefunguje dostatočne, BMS zníži nabíjací prúd a v prípade potreby aj úplne zastaví proces nabíjania.
- Komunikačné kontakty v konektore nabíjacieho kábla umožnia spustiť nabíjanie výhradne pri použití na to určeného kábla a zariadenia.
- Monitoring rozdielového prúdu v prípade, ak by prišlo k prebíjaniu a prúd s vysokým napätím by začal pretekať, okamžite preruší elektrický obvod batérie.
- Teplotné senzory, ktorými je vybavená nabíjacia zásuvka a káblové konektory, chránia pred prehriatím kontaktov.
- Bezpečnostný systém v elektromobile zabezpečí, že elektrický prúd pri nabíjaní začne prúdiť len po potvrdení správneho pripojenia konektora do nabíjačky.
- Nabíjacie stanice sú celkovo navrhnuté tak, aby sa zabránilo úrazom prúdom aj počas dažďa. Štandardne sú pre prípad poruchy elektrického zariadenia (podobne ako pri bežných rozvodných skriniach) vybavené niekoľkými hardvérovými ochrannými prvkami.
- Systém detekcie zemnej poruchy a unikajúceho prúdu zabezpečí, že v prípade izolačnej poruchy či úniku elektrického prúdu sa nabíjanie nespustí.
- Používatelia nemajú počas nabíjania prístup ku komponentom vysokého napätia.
- Porty štandardného a rýchleho nabíjania nemôžu byť zapnuté súčasne, takže neexistuje riziko úrazu elektrickým prúdom, aj keď sa používateľ nechtiac počas nabíjania dotkne iného nabíjacieho portu.



Batéria elektromobilu sa pri vážnej dopravnej nehode mechanicky poškodila. Poškodenie batérie bolo natoľko vážne, že sa počas nehody alebo bezprostredne po nehode vznietila.

PRÍKLAD Z PRAXE

18. októbra 2017 narazil elektromobil Tesla Model S vysokou rýchlosťou do betónových zvodidiel na diaľnici pri Arlbergu v Rakúsku. Požiar sa začal v batérii v prednej časti vozidla v mieste nárazu.

V inom prípade, v máji 2018 v štáte Utah v USA, elektromobil narazil rýchlosťou 60 míľ za hodinu (97 km/h) do hasičského vozidla stojaceho na križovatke. Napriek výrazným poškodeniam v dôsledku čelného nárazu k požiaru nedošlo.



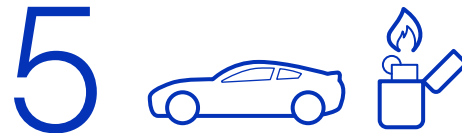
Batéria sa po uhasení počiatočného požiaru opätovne vznietila. Dôvodom takéhoto samovznietenia je najmä sekundárna teplotná reakcia v batérii a to najmä v dôsledku jej poškodenia.

PRÍKLAD Z PRAXE

Príkladom takejto situácie je Tesla Model S, ktorá na Floride v USA narazila do múru rýchlosťou 140 km/h. Náraz spôsobil vzplanutie vozidla. Po jeho uhasení a odstránení z miesta havárie, sa toto vozidlo sekundárne opäť vznietilo.

Opätovné vznietenie nastáva vtedy, ak články batérie nie sú pri požari úplne schladené. Časť energie, ktorá ostane v poškodených článkoch, môže vyvolať exotermickú reakciu a zapríčiniť opätovný požiar.

Toto riziko sa eliminuje dodržaním predpísaného postupu po uhasení požiaru. Elektrické vozidlá s rizikom samovznietenia je potrebné odstaviť na otvorenom priestranstve a v dostatočnej vzdialenosti od iných vozidiel, domov či horľavých predmetov. Pokiaľ existuje riziko vniknutia vody alebo vlhkosti do batérie poškodeného elektromobilu, je potrebné ich ochrániť pred poveternostnými vplyvmi.



Požiar elektromobilu bol zapríčinený iným požiarom

PRÍKLAD Z PRAXE

1. mája 2017 na parkovisku Crab Island Resort v Pekingu v Číne došlo k veľkému reťazovému požiaru. Pri požari bolo zničených takmer 80 elektrických autobusov a niekoľko súkromných vozidiel. Vyšetrovaním sa zistilo, že pyrotechnika použitá počas svadobného obradu zapálila suchú kopy semien topoľov a vříby, ktoré sa nachádzali vedľa elektrobusev.

Hasenie požiaru elektromobilu

Elektromobily sú na trhu stále novinkou a tak by si naše záchranné zložky, vrátane hasičského zboru, mali zadefinovať interné postupy riešenia ich dopravných nehôd. Je tiež dôležité, aby záchranári boli na takéto situácie aj priebežne pripravované a cvičené.

Najväčším rozdielom medzi vozidlom so spaľovacím motorom a elektromobilom je čas potrebný na zapálenie a rýchlosť šírenia ohňa. Benzín začne horieť okamžite po kontakte s iskrou alebo plameňom a rýchlo sa šíri. Batériový článok musí obvykle dosiahnuť teplotu medzi 350 až 500 °C, aby sa vznietil. To samozrejme trvá určitý čas, napríklad aj po vážnej dopravnej nehode. Takéto oneskorenie dáva v prípade potreby posádke dlhší čas na únik alebo záchranným zložkám na jej vyslobodenie.

Hlavnou úlohou pri hasení prípadného požiaru elektromobilu je zníženie teploty batérie. Prístup k akumulátoru je však samozrejme obmedzený, keďže je zapuzdrený v pevnom ochrannom obale. Ten batériu chráni pred nárazom a vniknutím vody. Preto v prípade deformácie ochranného obalu a batérie nemusí byť požiar zjavný hneď od začiatku.

Elektromobil horí konštantne a nevybuchuje. Plamene dosahujú menšie rozmery a nešíria sa tak rýchlo ako je to pri spaľovacom motore. Riziko, že sa zapália iné objekty v okolí, je teda nižšie. Kvôli vysokej teplote batérie počas požiaru je však plamene ťažšie uhasiť. Je tiež dôležité, že nie vždy sú viditeľné voľným okom.

V prípade horiaceho akumulátora sa používa na jeho hasenie voda. Nestačí však len uhasiť viditeľné plamene, treba riešiť aj príčinu požiaru vo vnútri batériového systému. Oheň sa šíri od jedného článku k druhému a v takýchto prípadoch je riešením celkové ochladenie batérie. Z batérie je nutné odobrať viac energie ako je ona schopná odovzdať, v opačnom prípade môže prísť k opätovnému vznieteniu. Skúsenosť a testy ukazujú, že v závislosti od rozmeru a umiestnenia batérie je v prípade požiaru elektromobilu potrebných viac ako desaťtisíc litrov vody.

Ak batéria nebola dostatočne schladená, mohla by sa opäť po krátkom čase rozhorieť. Kvôli predchádzaniu takéhoto rizika sa elektromobily na istý čas po uhasení požiaru uskladňujú na otvorené priestranstvo a v dostatočnej vzdialenosti od iných vozidiel, domov či horľavých predmetov.

Odporúčané zdroje pre ďalšie informácie

1. Are W. Brandt - Karin Glansberg, Charging of electric cars in parking garages, RISE Research Institutes of Sweden, 2020
2. Peiyi Sun - Roeland Bisschop - Huichang Niu - Xinyan Huang, A Review of Battery Fires in Electric Vehicles, Fire Technology, 2020
3. Brandsicherheit bei E-Fahrzeugen, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien 2021
4. Wie sicher sind Elektroautos bei Brand, Unfall oder Panne?, ADAC, 2021, <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/sicherheit-elektroauto>
5. Tesla Vehicle Safety Report, Tesla 2018 – 2021, https://www.tesla.com/cs_CZ/VehicleSafetyReport

pspa | We drive
e-mobility!

SEVA || SLOVAK
ELECTRIC
VEHICLE
ASSOCIATION

members of
AVERE
The European Association
for Electromobility

PSPA.COM.PL | SEVA.SK