

# POŽAR ELEKTRIČNOG VOZILA

---

Šarić, Marjan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:142536>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Marjan Šarić

# **POŽAR ELEKTRIČNOG VOZILA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Marjan Šarić

# **ELECTRIC VEHICLE FIRE**

FINAL PAPER

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Marjan Šarić

# **POŽAR ELEKTRIČNOG VOZILA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: mr.sc. Snježana Kirin, dipl. ing.

Karlovac, 2020.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J. J. Strossmayera 9.  
HR - 47000, Karlovac, Croatia.  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2020.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Marjan Šarić

Matični broj: 0171120302

Naslov: Požar električnog vozila

Opis zadatka:

- Općenito o električnim vozilima
- Taktički nastup pri gašenju električnih vozila
- Suvremena sredstva za gašenje
- Analiza vatrogasne intervencije gašenja električnog vozila

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

.....

.....

.....

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

mr. sc. Snježana Kirin, dipl. ing.

## PREDGOVOR

Poslom vatrogasca počeo sam se baviti davne 1998. godine, prvo kao dobrovoljac u Dobrovoljnom vatrogasnom društvu Šibenik, dok posljednjih 12. godina radim kao profesionalni vatrogasac u Javnoj vatrogasnoj postrojbi Grada Šibenika. Kroz dosadašnji radni vijek susretao sam se sa mnogim različitim intervencijama te neobičnim situacijama. Kako u današnje vrijeme na cestama susrećemo sve više vozila na električni pogon, sprovedenim istraživanjem uvidjeo sam da zemlje poput SAD-a, Francuske itd., imaju razvijene standardne operativne postupke za ovakve vrste intervencija, te su i sami sudjelovali u gašenju požara na električnim vozilima, dok u Hrvatskoj trenutno ne postoji nikakav naputak kako se ponašati pri ovakvim intervencijama. Iz tog razloga odlučio sam se za ovu temu s ciljem, saznanja o opasnostima pri ovakvim intervencijama, unaprijeđenja djelovanja i smanjenja pogreške vatrogasaca.

Prvenstveno bih se zahvalio svojoj obitelji na strpljenju i pruženoj potpori tijekom studiranja, kao i Javnoj vatrogasnoj postrojbi Grada Šibenika na ukazanom povjerenju te omogućavanju pohađanja Veleučilišta u Karlovcu.

Također zahvale upućujem i profesorima Veleučilišta u Karlovcu na prenesenom znanju, čime su unaprijedili moje znanje i vještine koje koristim pri obavljanju posla.

Te za kraj posebne zahvale mentoru mr. sc. Snježani Kirin, dipl. ing., na vremenu, strpljenju i vodstvu tijekom izrade diplomskog rada.

## SAŽETAK

Požari na električnim vozilima predstavljaju izazov i veliku opasnost za vatrogasce, ponajviše zbog pogonskih električnih baterija koje su zahtjevne za gašenje. Kroz teoretski dio rada prikazati ću, uz općeniti dio o električnim vozilima, taktički nastup pri gašenju električnih vozila, suvremena sredstva za gašenje, kao i opasnosti s kojima se vatrogasci susreću prilikom ovakvih vrsta intervencija. Dok ću kroz praktični dio rada analizirati intervenciju požara električnog vozila koji se desio 01.04.2018. godine u mjestu Santa Clara, u SAD-u. Ovakva vrsta intervencija pokazala se dosta zahtjevnom i opasnom za vatrogasce. Kroz analizu su istaknuti snalažljivost, te opasnost i nedostaci koji se javljaju prilikom gašenja požara električnog vozila koje bi trebalo definirati i standardizirati.

**KLJUČNE RIJEČI:** požar električnog vozila, taktički nastup, opasnosti, suvremena sredstva za gašenje.

## SUMMARY

Electric vehicle fires are a challenge and a great danger for firefighters, mainly because of the electric batteries that are demanding to extinguish. Through the theoretical part of paper, I will present, along with the general section on electric vehicles, the tactical appearance of extinguishing electric vehicles, the modern means of extinguishing, as well as the dangers that firefighters face on these types of interventions. While thought the practical part of the paper I will be analysing the fire intervention of an electric vehicle that happened on 01.04.2018. in Santa Clara, USA. This type of intervention has proven to be quite challenging and dangerous for firefighters. The analysis highlights the resourcefulness, the dangers and the deficiencies that occur when extinguishing an electric vehicle fire that should be defined and standardized.

**KEYWORDS:** electric vehicle fire, tactical appearance, hazards, modern extinguishing agents.

SADRŽAJ	IV
	Stranica
ZAVRŠNI ZADATAK	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
SADRŽAJ	IV
1.UVOD.....	1
1.1.Svrha pisanja završnog rada.....	2
1.2.Izvori podataka i metode prikupljanja .....	2
2.POVIJEST I RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZILA .....	3
2.1.Elktrična vozila u RH.....	5
2.2.Vrste električnih vozila .....	5
2.2.1.Hibridna električna vozila.....	6
2.2.2.Plug-in hibridna električna vozila .....	7
2.2.3.Električna vozila s produljenim dometom .....	8
2.2.4.Električna vozila s baterijom .....	8
3.GLAVNI DIJELOVI ELEKTRIČNOG VOZILA .....	9
3.1.Elektromotor .....	10
3.2.Električne visokonaponske baterije .....	11
3.3.Upravljač motora (kontroler) .....	13
4.GAŠENJE POŽARA ELEKTRIČNOG VOZILA.....	14
4.1.Označavanje i sigurnost kod električnih vozila .....	14
4.2.Opasnosti pri intervencijama .....	16
4.2.1.Rizik od električnog udara.....	16
4.2.2.Toksični rizik.....	18
4.2.3.Toplinski rizik.....	18



4.3. Opasnost od požara električnih baterija .....	19
4.4. Gašenje požara električnog vozila .....	19
4.4.1. Postupci pri gašenju požara električnog vozila .....	20
4.4.2. Taktika gašenja požara električnog vozila .....	22
5. SUVREMENA ICT RJEŠENJA I USLUGE .....	24
6. SREDSTVA ZA GAŠENJE .....	26
6.1. Voda .....	26
6.2. F-500 .....	28
6.3. Firesorb .....	29
6.4. Usporedba sredstava za gašenje .....	30
7. ANALIZA VATROGASNE INTERVENCIJE .....	31
7.1. Tijek događaja .....	31
7.2. Uočeni nedostaci i dobri postupci na intervenciji .....	32
8. ZAKLJUČAK .....	33
9. LITERATURA .....	35
10. POPIS SIMBOLA .....	37
11. POPIS SLIKA .....	38
12. POPIS TABLICA .....	39

## 1. UVOD

Interes za električna vozila znatno se povećao u posljednjih nekoliko godina i takav trend će se nedvojbeno i nastaviti. Sa sigurnosnog aspekta postignut je značajan napredak ali i dalje valja biti posebno oprezan zbog količine energije pohranjene u pogonskim električnim baterijama. Najveći problem vatrogascima predstavljaju pogonske baterije kada se zapale. Dosadašnja iskustva vatrogasaca, ali i sprovedenim istraživanjima, pokazuju da su potrebne velike količine vode za gašenje i hlađenje samih pogonskih baterija. Suvremena sredstva za gašenje pokazala su se jako dobra ako postoji pristup bateriji (koje su inače zatvorene u vlastitom oklopu i nalaze se u podnožju vozila).

Zemlje poput SAD-a, Francuske i Njemačke surađuju s proizvođačima električnih vozila te na dnevnoj bazi izmjenjuju iskustva s vatrogascima te unaprijeđuju sigurnost vozila. Također provode osposobljavanja i vježbe po vatrogasnim postrojbama kako bi vatrogasci bili upoznati s opasnostima te se znali ponašati prilikom takvih intervencija.

U razgovoru s kolegama vatrogascima iz različitih dijelova Hrvatske uočio sam da svi imaju interes za učenjem o ovakvim vrstama intervencija, ali sve to ostaje na osobnoj razini interesa ili razini pojedine vatrogasne postrojbe. Za ozbiljniji pristup potrebno je sprovesti osposobljavanja na razini cijele države te usvojiti standardne operativne postupke pri djelovanju prilikom ovakvih vrsta intervencija.

## **1.1. Svrha pisanja završnog rada**

Požari na električnim vozilima u današnje vrijeme predstavljaju veliki izazov za vatrosgce kako u svijetu tako i kod nas. Suočavajući se s tim problemom potaknut sam podrobnije istražiti ovu tematiku kako bih unaprijedio vlastito znanje, te ga dalje prenosio. Pojavom sve većeg broja električnih vozila na našim cestama povećava se i opasnost nastanka požara. Stoga sam se odlučio pisati završni rad na ovu temu.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

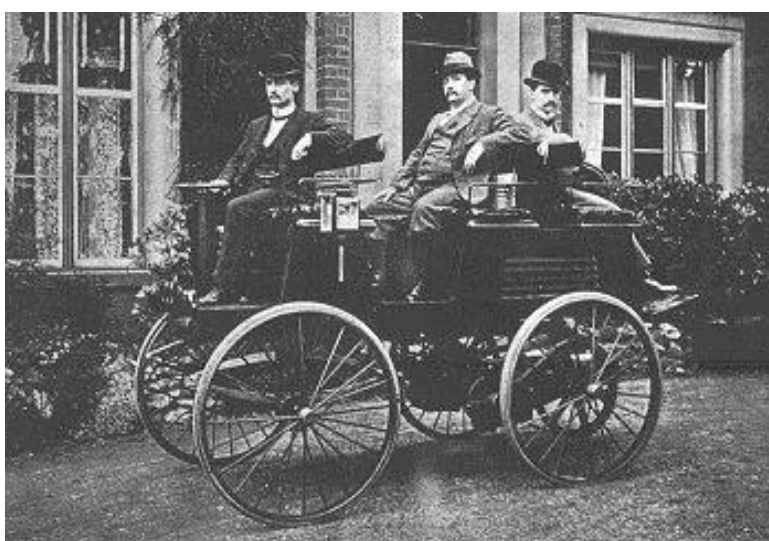
Ovaj rad nastao je kombinacijom dugogodišnjeg vlastitog iskustva te sustavnog proučavanja, ponajviše strane stručne literature, kao i znanja stečenog na Veleučilištu u Karlovcu.

Analizom dostupnih podataka nastojao sam prikazati opasnosti, taktički nastup prilikom gašenja, sredstva za gašenje te sigurnost pri gašenju požara na električnom vozilu.

U praktičnom dijelu rada analizirana je vatrogasna intervencija gašenja požara na naponskim baterijama električnog vozila, koji se dogodio u Santa Clara, u SAD-u putem dostupnih podataka.

## 2. POVIJEST I RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZILA

Električna vozila prvi put se pojavljuju ranih 1800. godina (slika 1.), točnije 1835. godine kada je gospodin R. Anderson konstruirao prvi električni automobil i to devet godina prije konstruiranja prvog motora s unutarnjim izgaranjem. Narednih desetljeća dolazi do velikog napretka u razvoju i primjeni električnih vozila, ali imali su velike troškove pri izradi baterijskih izvora napajanja što je usporilo njihov razvoj, iako su već u to doba postojala i vozila pogonjena motorima s unutarnjim izgaranjem.



Slika 1. Električno vozilo iz 1880-ih godina

[Izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_automobil](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_automobil) ]

Električna vozila imala su brojne prednosti poput nepostojanja ispušnih plinova, smanjena buka, ugodnija vožanja bez potrebe mijenjanja stupnjeva brzine, ali imali su i određenih nedostataka poput prosječne brzine, radijusa kretanja i broja mjesta za punjenje. 1899. godine konstruirano je prvo hibridno vozilo (vozilo koje koristi za pogon kombinaciju motora s unutarnjim izgaranjem i električnog pogona). Početkom 20-og stoljeća veći dio od ukupnog broja vozila imaju električna vozila, kada i dolazi do zastoja u njihovom razvoju zbog otkrića nafte u Texasu a kasnije i u ostatku svijeta što je imalo za rezultat padom cijena nafte. Izgradnjom prometnica još je više došao do izražaja njihov najveći nedostatak, a to su električne baterije koje nisu bile dovoljne za duže relacije. U

vremenskom razdoblju između 1910.-1925. akumulatorske baterije tehnološki napreduju, odnosno povećan je kapacitet, vijek trajanja, radijus kretanja vozila te su smanjeni troškovi održavanja. [1]

U posljednje vrijeme električna vozila postaju interesantna zbog suvremenog održivog razvoja koji se temelji na očuvanju okoliša i štednji energije. Električna vozila su idealna za gradske potrebe (obiteljske, gradski prijevoz, mala dostavna vozila itd.) zbog cijene po kilometru i radijusu kretanja. Gotovo svi svjetski proizvođači automobila imaju razvoj električnih vozila, kao što su: General Motors, Nissan, Honda, Renault, Peugeot, Tesla, VW, Toyota itd. I Republika Hrvatska ima svoje predstavnike na tom području DOK-ING te Rimac automobili (slika 2.).



Slika 2. DOK\_ING, Loox, električni automobil

[Izvor: <https://tehnika.lzmk.hr/automobil/>]

Pojavom baterija na pogon gorivim ćelijama te litij-ionskih baterija povećao se interes za električna vozila, kao i zbog povećanja cijene nafte i globalnog zagrijavanja. Sve je veći naglasak na ekološkoj osvještenosti, kao i zbog činjenice da su naftne rezerve ograničene, fokus se okreće na električna vozila.

## 2.1. Električna vozila u RH

Prema dostupnim statističkim podacima Centra za vozila Hrvatske (tablica 1.) u 2018. godini bilo je registrirano ukupno 452 vozila na električni pogon te 3552 vozila na hibridni pogon. U 2019. godini broj električnih vozila se popeo na 730, a hibridnih vozila na 5547. Iz navedenog vidljiv je porast prodaje električnih vozila i vozila na hibridni pogon što predstavlja potencijalnu opasnost i izazov za vatrogasce zbog slabog poznavanja tih vrsta vozila, kao i nerazvijene tehnike gašenja požara.[2]

Tablica 1. Broj vozila na električni i hibridni pogon 2013-2019 [1]

Godina	Električni pogon	Hibridni pogon	Hibridi s vanjskim punjenjem
2013	24	446	12
2014	74	873	33
2015	156	1347	70
2016	224	1843	96
2017	277	2500	132
2018	452	3552	230
2019	730	5547	352

## 2.2. Vrste električnih vozila

Električna vozila možemo podijeliti na četiri glavne vrste:

1. Hibridna električna vozila,
2. Plug-in električna vozila,
3. Električna vozila s produljenim dometom,
4. Električna vozila s baterijom.

### 2.2.1. Hibridna električna vozila

Hibridna vozila su ona vozila koja za pogon koriste dva ili više izvora energije, umjesto jednog kod tradicionalnih vozila pogonjenih motorom s unutarnjim izgaranjem. Hibridi najčešće koriste kombinaciju benzinskog ili dizel motora s elektromotorom (slika 3.). Hibridna vozila svoju su popularnost stekla zbog znatno manjih emisija štetnih plinova koji uzrokuju onečišćenje zraka i kisele kiše.

Dijele se na djelomične i potpune hibride. S obzirom na autonomnost električnog pogona, potpuni hibridi omogućavaju vožnju samo elektromotorom, pri čemu elektromotor ima snagu barem 1/3 snage motora s unutarnjim izgaranjem. Znatno je jeftiniji, te tako stvara manju dodatnu snagu i ima manju potrošnju goriva. Kod djelomičnog hibrida elektromotor samo pomaže motoru s unutarnjim izgaranjem. Hibridna vozila dijele se u tri skupine: serijski, paralelni i serijsko-paralelni hibridi.



Slika 3. Toyota Yaris hibridno električno vozilo [Izvor: <https://www.toyota.hr/>]

### 2.2.2. Plug-in hibridna električna vozila

Plug-in hibridna električna vozila izvedena su s serijskim i sa paralelno-serijskim pogonskim sustavom. Pogonske baterije su povećanog kapaciteta u odnosu na obične hibride što ima za rezultat veći domet samo na električnu energiju. Spajaju se utičnicom na mrežu kako bi izbjegao korištenje motora s unutarnjim izgaranjem za kraća putovanja. Prednost kod ovakvih vrsta vozila je ta što kada se baterija isprazni nije potrebno tražiti utičnice za ponovno punjenje, jer se vozilo automatski prebacuje na hibridni način rada. Ovakav koncept zanimljiv je korisnicima koji svakodnevno putuju na manjim relacijama, izbjegavajući potpuno ili djelomično korištenje motora s unutarnjim izgaranjem čime smanjuju emisije štetnih plinova (slika 4.).



Slika 4. Toyota Prius Plug-in hibridno električno vozilo

[Izvor: <https://autostart.24sata.hr/>]



### 2.2.3. Električna vozila s produljenim dometom

Za razliku od prethodno dva navedena tipa hibridnih vozila, ovaj tip hibrida koristi isključivo elektromotor za pokretanje. Kod ove vrste hibrida motor s unutarnjim izgaranjem koristi samo za punjenje baterija (slika 5.). Ovisno o načinu vožnje, vremenskim prilikama, uključenim električnim uređajima ovakva vozila mogu preći do 65 kilometara na struju koja je pohranjena u baterijama. Kada se struja potroši automatski se prebacuje na benzinski generator koji proizvodi struju i produžuje domet vozila. Obično se kombiniraju s manjim benzinskim generatorom.



Slika 5. Chevrolet Volt, električno vozilo s produljenim dometom

[Izvor: <https://www.dreamstime.com/>]

### 2.2.4. Električna vozila s baterijom

Ova vozila su u potpunosti električna. Ne posjeduju motor s unutarnjim izgaranjem, a da bi se napunila moraju se priključiti na elektroenergetsku mrežu. Električna vozila znatno su skuplja od prethodno spomenutih hibridnih vozila, zbog troškova proizvodnje litij-ionskih akumulatorskih baterija (slika 6.). U posljednje vrijeme zbog masovnosti proizvodnje električnih vozila i cijena samih baterija opada. Prednosti električnih vozila su što ne proizvode buku, ne

ispuštaju ispušne plinove, imaju bolji stupanj djelovanja te bolja vozna svojstva usporedno s vozilima koja koriste za pogon motor s unutrašnjim izgaranjem iste snage. Glavni nedostatak električnih vozila je manjak punionica i strah korisnika da neće biti u mogućnosti stići na određeno mjesto zbog ograničenosti doseg električnog vozila.



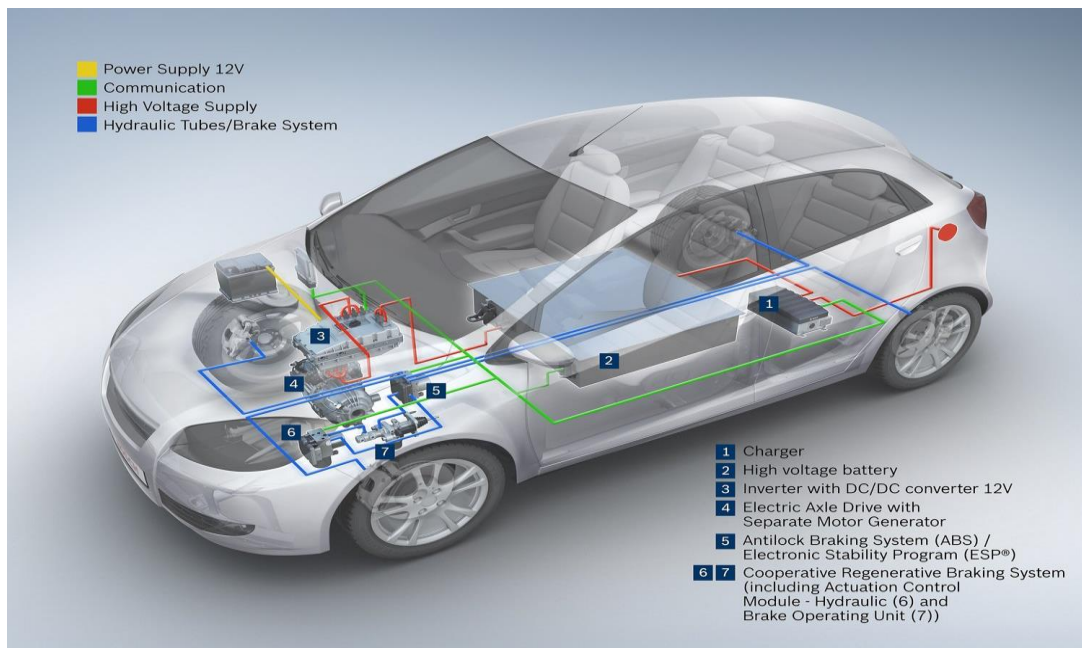
Slika 6. Tesla model S, vozilo na električni pogon

[Izvor: <https://ownermanual.co/cars/tesla/tesla-model-s/>]

### 3. GLAVNI DIJELOVI ELEKTRIČNOG VOZILA

Glavni dijelovi pogona električnog vozila su elektromotor, električne pogonske baterije i upravljač (kontroler) motora.

Ostali dijelovi električnog vozila su: analogno-digitalni pretvarač signala papučice gasa, sklopnik, osigurač, istosmjerni pretvarač napona za pogon trošila na vozilu napona 12 V (svijetla, brisači, radio uređaj, zvučni signali i sl.), mijerni instrumenti za upravljanje vozila (pokazivač kapaciteta baterije, napon, struja, brzina, snaga) te punjač baterija. Uz navedene glavne i ostale dijelove električno vozilo mora još sadržavati: kabel pogonskog napona, kabel pomoćnog napona 12 V, baterije pomoćnog napona 12 V, kableske stopice te priključke (slika 7.).



Slika 7. Dijelovi električnog vozila [Izvor:

<https://www.theautochannel.com/news/2010/07/09/486320.html>]

### 3.1. Elektromotor

Elektromotor je najvažnija komponenta svakog električnog vozila (slika 8.). Definira se kao stroj koji električnu energiju pretvara u mehaničku energiju na principu elektromagnetske indukcije. Znatno su jednostavnije konstrukcije naspram motora s unutarnjim izgaranjem. Za razliku od motora s unutarnjim izgaranjem koji se sastoji od oko tisuću dijelova, elektromotori sastoje se od tri do pet pokretnih dijelova, što za rezultat ima pouzdanost i dugotrajnost. Motori se konstrukcijski sastoje od dva motora (stator i rotor) od kojih je jedan uzбудni a drugi radni. Namoti statora u elektromotoru stvaraju napon u skladu s brzinom vrtnje osovine rotora. Elektromotor pokreće kotače, ali također može puniti električne baterije tijekom kočenja ili pri vožnji nizbrdo. Nemaju potrošnih dijelova što ih čini jednostavnim za održavanje. Omogućuju linearno i bezprekidno ubrzanje vozila sa znatno boljim karakteristikama vuče od konvencionalnih vozila. Ne posjeduju mjenjačke kutije, što znatno smanjuje

masu vozila, te ima za rezultat manju potrošnju energije te manju cijenu vozila s te strane. Električna vozila razlikuju se po konstrukciji i načinu rada. S obzirom na vrstu struje i izvor razlikujemo:

- istosmjerne motore (DC motori)
- izmjenične motore (AC motori)
- univerzalne motore

Svi navedeni razlikuju se po naponu potrebnom za rad, dok je kod izmjeničnih motora bitna i frekvencija struje. Za pogon električnih vozila koriste se sve vrste navedenih motora.



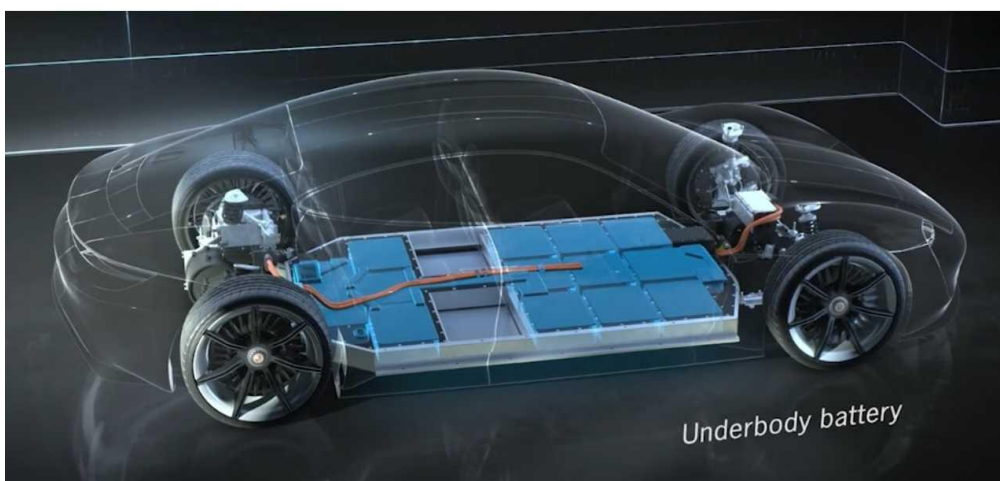
Slika 8. Elektromotor [Izvor: [https://www.primaryfp.co.uk/po\\_detail.cfm?id=30](https://www.primaryfp.co.uk/po_detail.cfm?id=30)]

### **3.2. Električne visokonaponske baterije**

Električne visokonaponske baterije osiguravaju skladištenje električne energije, te snagu svim električnim komponentama kao što su transformatori i elektromotor koji pokreću električno vozilo (slika 9.). Električna baterija određuje karakteristike vozila, definira njegovu cijenu, doseg (autonomiju) te raspoloživost. Preformanse električne baterije ovise o energiji i snazi. Omjerom snage i baterije dobivamo pokazatelj koliko je potrebno snage po jedinici energije za određenu primjenu. Početkom razvoja električnih vozila koristile su

se većim dijelom olovne te manjim dijelom nikal-kadmijeve baterije. Kao glavni nedostatak ovakvih baterija isticala se masa. U novije vrijeme pojavile su se baterije zasnovane na litiju. Ubrzo su prepoznate prednosti naspram olovnih baterija, gdje se isticala masa baterija koje su bile i do tri puta lakše i dimenzijama manje. Također, neke vrste ovih baterija podnose i brza punjenja, te uporabu snažnijih punjača, što im omogućuje punjenje čak i za 30-ak minuta.

Litij-ionske baterije međusobno se razlikuju po konstrukciji, materijalima, kemijskim procesima te drugim svojstvima. Pa tako razlikujemo  $\text{LiFePO}_4$ ,  $\text{LiMnCo}$ ,  $\text{LiPo}$ . Današnje baterije pokrivaju prosječne dnevne potrebe korisnika osobnih vozila. Vijek trajanja izražava se u broju ciklusa (punjenje i pražnjenje), pa možemo usporediti olovne baterije koje imaju 500 do 1000 ciklusa u odnosu na Litij-ionske koje imaju do 3000 ciklusa što je velika razlika. Sami proizvođači ograničavaju tehnološki razvoj električnih baterija, ali se u budućnosti može očekivati značajan odmak u procesu razvoja električnih baterija. Sve veći interes za električna vozila pridonosi daljnjem razvoju električnih baterija kako u različitim oblicima tako i u različitim kapacitetima s većom sigurnošću i brzinom punjenja. U daljnjem dijelu rada biti će prikazana problematika Litij-ionskih baterija koje mogu biti podložne oštećenjima što dovodi do pregrijavanja i

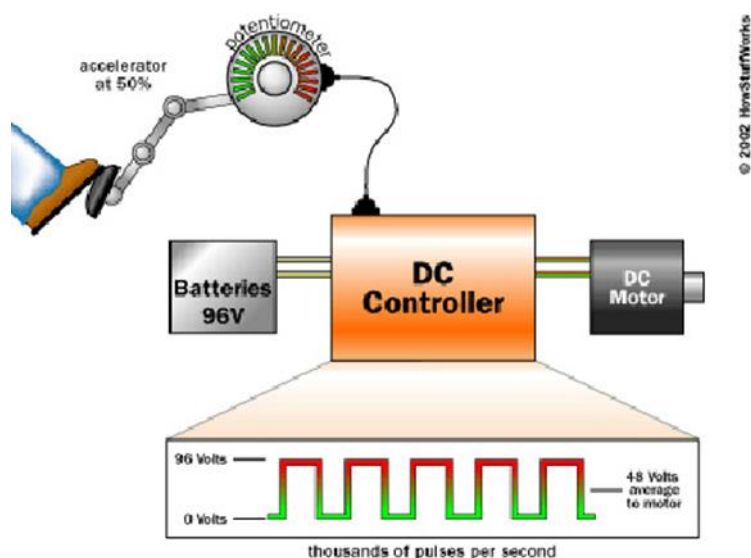


naposljetku požara.

Slika 9. Litij-ionska baterija [Izvor:  
<https://insideevs.com/photo/4014358/cutaway-of-audi-e-tron-gt-comparison-with-porsche-taycan/>]

### 3.3. Upravljač motora (kontroler)

Upravljač motora je jedan od najvažnijih dijelova električnog vozila koji upravlja vozilom i ujedno je vrlo složen sklop te ga možemo promatrati kao jednu cjelinu s elektromotorom (slika 10.). Pretvara istosmjerni napon baterija u izmjenični trofazni izvor za elektromotor. Za rukovanje s njim koristi se zaslon osjetljiv na dodir. Po funkciji ga možemo usporediti s rasplinjačem kod benzinskih motora ili Bosh pumpom kod dizel motora. Upravljač motora putem vlastitog procesa kontrolira radnje dok je automobil u pogonu. Ovisno o pritisku na papučicu gasa ili kočnicu, osigurava potrebnu elektromagnetsku struju ili ga koristi kao generator u regenerativnom kočenju. Također, može izračunati stanje baterije i prati temperaturu, ako se poveća temperatura smanjuje snagu motora.[3]



Slika 10. Upravljač motora [Izvor:  
<https://www.pinterest.com/pin/498070040021835275/>]

## **4. GAŠENJE POŽARA ELEKTRIČNOG VOZILA**

Prilikom gašenja požara na električnim vozilima vatrogasci se susreću s opasnostima i situacijama koje se uvelike razlikuju od požara na konvencionalnim vozilima. Opasnosti predstavljaju visokonaponske baterije i kablovi koji se nalaze u vozilu. Vatrogasci se koriste različitim metodama da olakšaju posao, poput termovizijskih kamera, suvremene tehnologije (aplikacija) i sredstava za gašenje.

Vatrogasci u Republici Hrvatskoj iskustva temelje na dosadašnjim intervencijama požara konvencionalnih vozila te individualnim zanimanjima pojedinih vatrogasaca po postrojbama, koje prikupljaju od kolega vatrogasaca iz inozemstva, gdje postoje priručnici i vodiči za rad u slučaju intervencija s vozilima na električni pogon. Postavlja se pitanje kako se pripremiti za takvu vrstu intervencije? Dostupnost vozila na električni pogon za testiranje i vježbu je mala i sve se svodi na prezentacije ili treneska simuliranja situacija. Bilo bi poželjno da se suradnja s proizvođačima, odnosno distributerima električnih vozila poboljša što bi pojednostavnilo djelovanje vatrogasaca na intervencijama.

### **4.1. Označavanje i sigurnost kod električnih vozila**

Većina proizvođača električnih vozila ima vlastite oznake, sigurnosne te zaštitne elemente. Standardiziranje istih bilo bi od velike pomoći vatrogascima. Vanjske oznake i sigurnosne mjere ponajviše služe vatrogascima kako bi se zaštitili, jer postoji velika opasnost od strujnog udara ako se ne vodi računa.

Vanjski simboli označavanja električnih vozila služe za jednostavnije raspoznavanje. Simboli su označeni plavom bojom ili imaju oznaku EV, Hybrid, Plug-in hybrid (slika 11.). Utičnica za punjenje može se nalaziti bilo gdje na vozilu, ovisno o proizvođaču. Pored spomenutih simbola postoje još neka

obilježja lakšeg raspoznavanja a to su da električna vozila nemaju ispušni lonac odnosno ne proizvode ipušne plinove.



Slika 11. Označavanje električnih vozila [Izvor: <https://car-recalls.eu/toyota-opel-and-mazda-announced-recalls-due-to-the-fire-risk-37-18/>]

Kada govorimo o sigurnosti, proizvođači električnih vozila primjenjuju brojne kako bi se ona podigla na veći novo(slika 12.). Neke od glavnih mjera su:

- Smještaj visokonaponskih kablova izvan uobičajenih mjesta rezanja, narančaste su boje (obično se postavljaju u podnožju po sredini vozila),
- Položaj visokonaponskih baterija, koje se obično nalaze u središtu vozila ili između stražnjih kotača, ovisno o proizvođaču,
- Otpornost na udare, prodor vode u kućište baterije,
- Jedan ili više uređaja za prekid napajanja baterije, koji mogu biti automatski osigurači i releji, te plug service. Nalaze se na različitim mjestima, ovisno o proizvođaču (prtljažnik, ispred suvozača u podu, ispod šasije vozila).



Slika 12. Sigurnosne mjere na električnim vozilima [Izvor: <http://forum-auto.caradisiac.com/pole-technique/mecanique-electronique/sujet544916.htm>]



## **4.2. Opasnosti pri intervencijama**

U svom radu, vatrogasci se susreću s raznim opasnostima. Konvencionalna vozila poznata su stvar vatrogascima, te su upoznati s opasnostima koje mogu proizaći prilikom požara takvih vozila. Dok vozila na hibridni i električni pogon predstavljaju nepoznanicu za vatrogasce. Prilikom požara na električnim ili hibridnim vozilima glavnu opasnost predstavlja električna baterija u vozilu. Opasnosti koje proizlaze su rizik od električnog (strujnog) udara, toksični te toplinski rizik. Pored navedenih opasnosti, električna vozila predstavljaju i dodatne opasnosti i izazove za vatrogasce. Električna vozila imaju operativne značajke s kojima vatrogasci nisu upoznati, poput toga da električna vozila ne proizvode nikakav zvuk dok je vozilo zaustavljeno. Stoga vatrogasci moraju uvijek pretpostaviti da je vozilo upaljeno te poduzeti potrebne radnje osiguranja vozila.

### **4.2.1. Rizik od električnog udara**

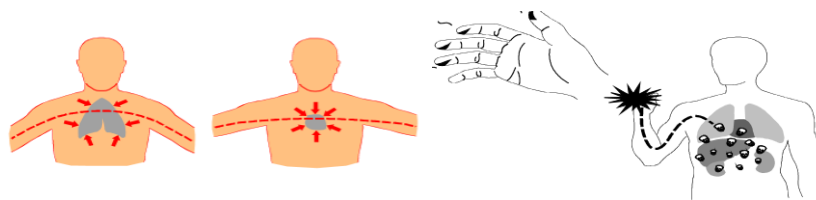
Naponi u električnim baterijama kreću se do 650 V DC, dok su kod konvencionalnih vozila naponi od 12/24 V. Opasnosti od strujnog udara kod električnih vozila dolaze od utičnica za napajanje, same baterije, naponskih kablova, plug service. Kod električnih vozila susrećemo se s direktnom i izmjeničnom strujom. Da bi bolje razumjeli, razmjeri opasnosti biti će prikazani kroz slijedeći primjer. Pa tako u kućanstvima imamo izmjeničnu struju od 220 V dok kod električnih vozila imamo 400 V izmjenične struje koju proizvodi alternator. Dok kod direktne struje, koja se pohranjuje u baterijama, imamo napone do 600 V, dok je kod baterija AA 1,5 V, auto-baterija 12 v te kamionskih baterija 24 V direktne struje. Kako struja utječe na ljudsko tijelo prikazano je u slijedećoj tablici (tablica 2.).

Tablica 2. Utjecaj struje na ljudsko tijelo [2]

STRUJA (Ma)	UTJECAJ NA LJUDSKO TIJELO
0-1	nema utjecaja
1-15	grčenje mišića (ruke, prsti), samopražnjenje je teže
15-30	jedva podnošljivi bolovi, kontrakcije mišića i ruku, otežano disanje i rast krvnog tlaka
30-50	nesvjestica, srčana fibrilacija s dužim izlaganjem, rast krvnog tlaka, kontrakcija mišića
50-500	srčana fibrilacija, nesvijest, moguća brza smrt
>500	zastoj srca, moguća neposredna smrt

Kontakt s visokonaponskim komponentama vozila može prouzročiti slijedeće ozljede:

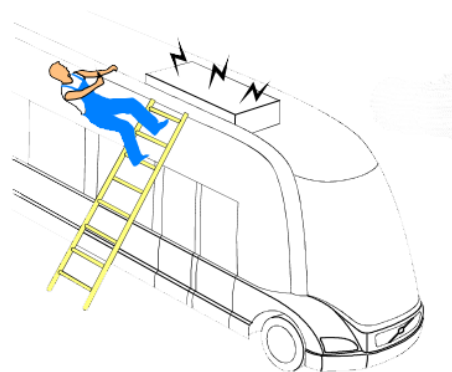
- Primarne (slika 13.): zastoj srca, opekline te otrovanje (vrenjem krvi oslobađaju se toksini)



Slika 13. Primarne ozljede [Izvor:

<http://213.191.137.190/Dokumenti/OpasneTvari/Agoria%20Hybrid%20Vehicles.pdf>]

- Sekundarne (slika 14.): događaju se slučajnim dodirima polova na 12 V bateriji, gdje struja prolazi kroz tijelo i ne uzrokuje ozbiljne posljedice jer se mišići ne grče značajnije. Isto tako ako se osoba nalazi na visini, može doći do pada uslijed čega dolazi do lomova, lakših opekotina itd.



Slika 14. Sekundarne ozljede [Izvor: <http://213.191.137.190/Dokumenti/OpasneTvari/Agoria%20Hybrid%20Vehicles.pdf>]

Stoga je uvijek preporuka da se koristi zaštitna oprema i slijede sigurnosne procedure.

#### 4.2.2. Toksični rizik

Prilikom nastanka požara na električnom vozilu, odnosno kada požar zahvati visokonaponske baterije dolazi do otpuštanja otrovnih i korozivnih plinova i para poput Fluor vodika (HF), Klorovodika (HCl), Vodika ( $H_2$ ), Cijanovodik (HCN), dok su posljednja dva plina i eksplozivna. Ispuštanjem otrovnih tvari dolazi do zagađenja zraka, tla i vode. Pri gašenju požara obavezno je korištenje osobne zaštitne opreme i uređaja za zaštitu dišnih organa.

#### 4.2.3. Toplinski rizik

Osim gore navedenih rizika još se javlja i rizik od topline koju proizvodi električna baterija uslijed zapaljenja, oštećenja kućišta baterije ili destabilizacije iste. Također dolazi i do elektrotermalnih opekline uslijed prolaska struje kroz ljudsko tijelo. Opekline se obično nalaze na rukama. Naravno vatrogasci obavezno moraju koristiti osobnu zaštitnu opremu.[4]

### **4.3. Opasnost od požara električnih baterija**

Električne baterije sastavljene su od puno zasebnih ćelija ukomponiranih u modul. Moduli se sastavljaju i tvore velike električne baterije. Takve baterije su opremljene sigurnosnim sustavima koji kontroliraju struju, voltažu, temperaturu ćelija kako bi se optimizirale performanse i smanjile potencijalne greške, uključujući požare. Električna vozila koja su zahvaćena požarom predstavljaju veliku opasnost zbog visokonaponskih sistema.

Električna baterija je jedan od ključnih komponenti električnog vozila. Služi za spremanje energije, te je komponenta s najvećim volumenom, težinom pa i cijenom. Kod električnih baterija problem je velika količina energije u odnosu na njezinu veličinu. Dijelovi baterije konstruirani od laganih i krhkih materijala, te su tanki između baterije i vanjskog pokrova. Pri oštećenju baterije javlja se kratki spoj i iskra lako može zapaliti visoko reaktivni litij. Na primjer Tesla Roadster se sastoji od 7000 baterija. Baterije se olako ne oštećuju, ali postoje situacije kod kojih može doći do zapaljenja, a to su:

- Prilikom punjenja prejakim ili preniskim strujama, uslijed čega dolazi do naglog zagrijavanja baterije, a time i do zapaljenja,
- Pražnjenjem prejakim strujama, što zagrijava slabo hlađenu bateriju i dovodi do zapaljenja,
- Uslijed tehničke neispravnosti, mehaničkih oštećenja, kratkog spoja što također dovodi do zagrijavanja i zapaljenja.

### **4.4. Gašenje požara električnog vozila**

Kako je i ranije ukazano, u Republici Hrvatskoj ne postoje razrađeni standardni operativni postupci, po kojima bi djelovali vatrogasci prilikom ovakvih vrsta intervencija. Stoga smo praktički, samoinicijativno, prisvojili taktički nastup i operativne postupke od kolega vatrogasaca iz Francuske i SAD-a, koji ove modele koriste za gašenje požara svih vozila na alternativni pogon.

#### 4.4.1. Postupci pri gašenju požara električnog vozila

Požari na baterijama električnih vozila mogu se pojaviti na samoj bateriji ili se proširiti/prenijeti s ostatka vozila. Električne baterije mogu imati različite karakteristike gorenja i mogu različito reagirati kada su izložene toplini. Stoga je struka propisala slijedeće postupke i korisne podatke za vatrogasce:

- Korištenje vode za gašenje požara na električnim vozilima ne predstavlja opasnost za vatrogasce,
- Ako je požarom zahvaćena baterija postoji mogućnost da se ponovo zapali nakon gašenja i hlađenja, stoga je potrebna stalna kontrola termo kamerom,
- Zapaljenje električne baterije praćeno je zvukovima puhanja, potom ispuhivanja bijelog dima, iskrenjem te konstantnim plamenom,
- Do ponovnog zapaljenja može doći u rasponu od nekoliko sati do 24 sata nakon gašenja,
- Po završetku gašenja, te kada vučna služba odveze vozilo, potrebno je vršiti kontrolu vozila na odlagalištu te upoznati djelatnika vučne službe s problemom,
- Kako se električne baterije nalaze u izoliranom kućištu nemoguće je izravno doprijet sa sredstvom za gašenje, te je iz tog razloga potrebna velika količina vode (procjena je oko 15000 litara vode),
- Hlađenje nastaviti i kada više nema vidljivog plamena kako bi se pravilno ohladile baterije te spriječilo ponovno zapaljenje,
- Potrebno je predvidjeti duže gašenje i opskrbu s vodom,
- Ako električne baterije još nisu zahvaćene požarom, vozilo se gasi na tradicionalan način,
- Poklopac kućišta električne baterije zabranjeno je otvarati ili uklanjati zbog mogućih ozljeda uslijed visokog napona,

- Svi oni koji se nalaze u krugu od 15 metara od zapaljenog vozila moraju koristiti osobnu zaštitnu odjeću i obuću te aparate za zaštitu dišnih organa, jer tijekom gorenja ispuštaju toksičan plin. Potrebno je osigurati dovoljan broj aparata za zaštitu dišnih organa.
- Koristiti standardnu opremu koja se nalazi u vatrogasnim vozilima,
- Električna i hibridna vozila ne zahtijevaju specijaliziranu opremu za gašenje.

Pri gašenju požara vatrogasci se susreću s još nekoliko poteškoća kao što su veličina i lokacija baterija, proširenost požara unutar baterije, prilaz vozilu, učinkovitost sredstva za gašenje koje se nanosi na kućište baterije, te nedostatak otvora na kućištu baterija koji omogućuje da vatrogasci direktno dopru, s sredstvom za gašenje, do gorućih ćelija. Pojedini proizvođači električnih vozila, poput Renaulta i Nissana, ugrađuju na kućišta električnih baterija otvor koji ima nepropusni čep. Kada vozilo zahvati požar, čep se otopi te omogućava vatrogascima, da sredstvo za gašenje, direktno dovedu do zapaljene električne baterije (slika 15.). Također, u posljednje vrijeme, proizvođači električnih vozila, ugrađuju umjetni zvuk rada motora vozila, što do sada nije bio slučaj, a poznato je da električna vozila ne proizvode zvuk.[5]



Slika 15. Otvor na kućištu električne baterije [Izvor: Vlastita arhiva]

#### 4.4.2. Taktika gašenja požara električnog vozila

Kako je već ranije spomenuo taktički nastup je preuzet od kolega vatrogasaca iz Francuske i SDA-a, te će biti prikazan kroz zamišljenu intervenciju požara na električnom vozilu s opremom i vozilima koje posjeduje JVP Šibenik, u kojoj sam i zaposlen.

Za gašenje se koriste dvije vrste načina gašenja, i to:

- Ofanzivni napad – preporuča se kada vatra nije zahvatila električne baterije
- Defanzivni napad – preporuča se kada je požarom zahvaćena električna baterija

Po zaprimanju dojave, o požaru električnog vozila, u VOC zapovjednik smjene, odnosno voditelj intervencije, upućuje NV s 6 vatrogasaca te AC s tri vatrogasca (slika 16.).



Slika 16. Navalno vozilo i auto cisterna JVP Šibenik

[Izvor: <http://www.jvp-sibenik.hr>]

Voditelj intervencije po dolasku vrši izviđanje te prikuplja podatke kao što su marka i tip vozila te obavještava VOC, koji mu šalje povratne informacije o vozilu, poput mjesta gdje se nalazi električna baterija, sigurna mjesta gdje se može prekinuti visokonaponski kabel, te sigurna mjesta za rezanje lima ako je potrebno. Također, ako je električno vozilo priključeno na stanicu za punjenje potrebno je pronaći izvor napajanja i isključiti ga iz struje, sve dok se izvor

napajanja ne isključi ne smije se gasiti požar. U nemogućnosti isključenja izvora napajanja, iz razloga što je požar s vozila prešao na stanicu za punjenje potrebno je da se isključi kompletna struja za to područje, u suradnji s HEP-om. Potrebno je imati na umu da ovakva intervencija može potrajati oko 2 sata, ako ne postoji direktan pristup ćelijama električne baterije zahvaćene požarom, te osigurati dovoljnu količinu vode kao i uređaja za zaštitu dišnih organa. Nadalje, potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere kako bi se zaštitile ostale interventne službe i civili koji se nalaze nizbrdo ili niz vjetar od zapaljenog vozila. U toj situaciji preporuka je upotrebljavati ventilator koji kombinira zrak i maglu te na taj način usmjerava otrovni dim i pare. Tijekom trajanja intervencije vrši se konstantna kontrola temperature putem termo kamere (slika 17.). Pojedine vatrogasne postrojbe posjeduju velike kontejnere koje napune s vodom te urone vozilo u vodu.

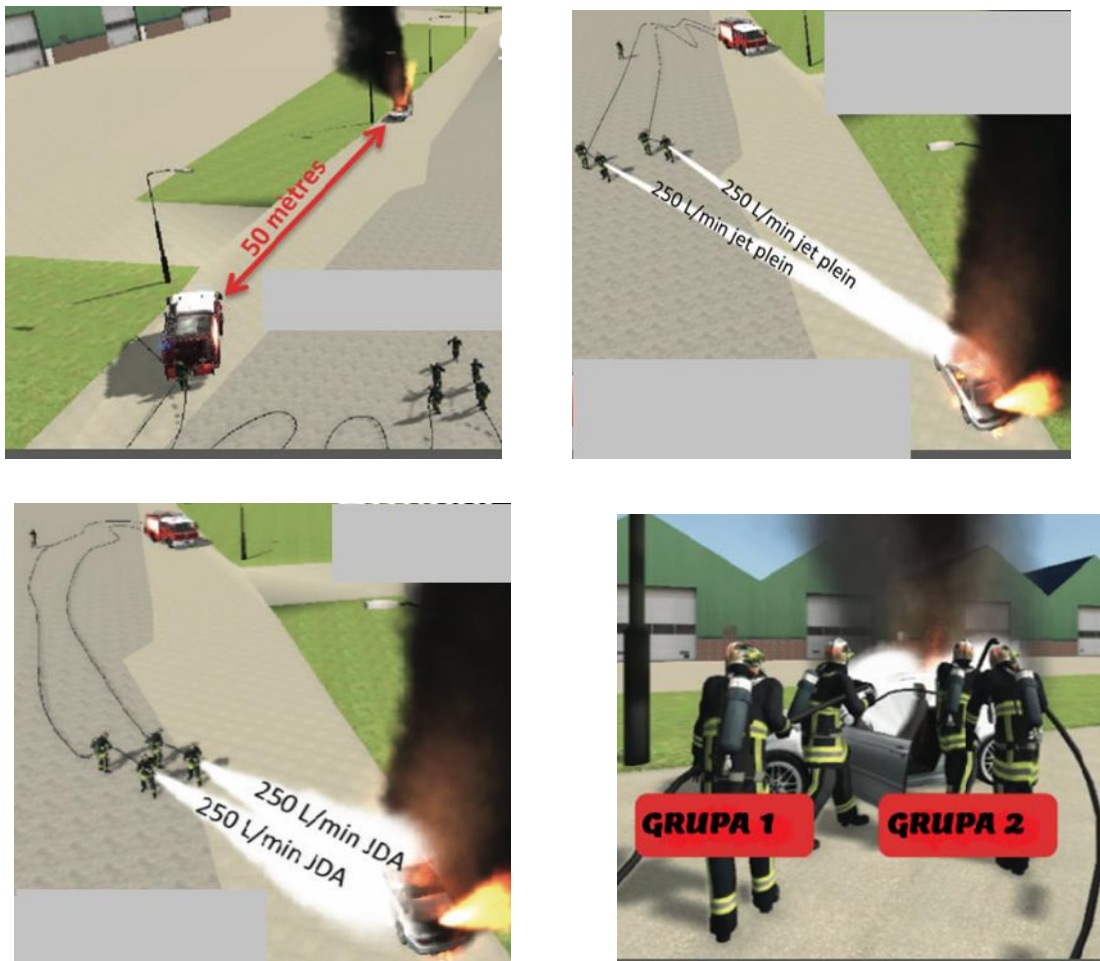


Slika 17. Termo kamera [Izvor: <https://firesafecambodia.com/wpcproduct/scott-iso-k250-thermal-imaging-camera/>]

Za to vrijeme vozila se raspoređuju, ako to okolnosti dopuštaju, na sigurnoj udaljenosti od 50 metara, te vatrogasne grupe vrše postavljanje dva mlaza vode za gašenje. Bitna stvar, koju vatrogasci po dolasku moraju ocijeniti, je dovoljan broj vatrogasni cijevi za gašenje, kako bi se došlo do zapaljenog vozila. Mlaznice za gašenje postavljaju se na protok od 250 l/min dok tlak u cijevima mora biti najmanje 8 bara. U početku gašenja koristi se puni mlaz radi dometa. Vozilu se prilazi pod kutom od 45°. Kako se vatrogasci postepeno približavaju zapaljenom vozilu, prva grupa i dalje gasi punim mlazom dok druga grupa



polako raspršuje mlaz vode. Po dolasku blizu vozila, na udaljenost od nekoliko metara uporabom raspršenog mlaza, prva grupa vrši aktivno gašenje požara vozila, dok druga grupa vrši hlađenje zapaljene električne baterije (slika 18).[6]



Slika 18. Gašenje požara električnog vozila [Izvor: <http://iuv.sdis86.net/mgo-et-technique-dextinction/>]

## 5. SUVREMENA ICT RJEŠENJA I USLUGE

Kako nam može pomoći suvremena tehnologija? Po vlastitom iskustvu suvremena tehnologija nam pomaže pri radu i vježbi. Pa tako neke aplikacije pomažu upisom marke i tipa vozila, na primjer za električno vozilo prikazuje gdje su sigurna mjesta za rezanje, gdje se nalaze visokonaponski kablovi, električna baterija, rezervar goriva itd... One omogućavaju vatrogascima brže i

učinkovitije obavljanje intervencija koristeći ih putem računala, tableta ili pametnih telefona, te brži pristup korisnim podacima. Aplikacije i sustavi u sebi mogu sadržavati GIS karte, lokacije vatrogasnih vozila i vatrogasaca, evidenciju smjena, podatke o opasnim tvarima, bazu podataka u VOC-u. Većina aplikacija je namijenjena američkim vatrogascima, ali mogu poslužiti kao temelj za stvaranje vlastitih aplikacija i sustava. U Republici Hrvatskoj HVZ (kao krovna vatrogasna organizacija) razvila je vlastiti sustav za upravljanje vatrogasnim intervencijama radnog naziva UVI. Svrha mu je pružanje podrške vatrogascima pri intervencijama te analiziranje prikupljenih podataka. Također povezan je s bazom podataka o vatrogasnim organizacijama, članstvu, opremi i vozilima, sustavom za praćenje vozila, sustavom za uzbunjivanje, bazom podataka za opasne tvari, sustavom ZEOS te GIS sustavom (slika 19.).[7]



Slika 19. Sustav za upravljanje intervencijama-HVZ [Izvor: <https://www.hvz.hr/informatizacija/sustav-za-pra%C4%87enje-vozila>]

Aplikacije i sustavi koji mogu biti od velike pomoći:

- RESCUE CODE – ova aplikacija pruža različite tehničke podatke o vozilu koji su nam potrebni pri prometnim nesrećama, ali i prilikom gašenja

požara vozila. Podatke prikazuje unosom marke i tipa vozila ili skeniranjem QR coda.

- ERI CARD – ova aplikacija pruža bazu podataka o opasnim tvarima u slučaju nesreća i akcidenata. Podatke dobivamo unosom naziva opasne tvari ili unosom UN broja.
- WEBER RESCUE – aplikacija služi za edukaciju vatrogasaca prilikom prometnih nesreća. Sadrži razne tehnike, postupke i savjete pri radu i spašavanju unesrećenih.
- E-POZIV – je telekomunikacijska usluga i elektronski sigurnosni sustav koji se ugrađuje u vozila. Služi za automatsko ili ručno alarmiranje službe 112, te im javlja lokaciju vozila.

## **6. SREDSTVA ZA GAŠENJE**

Osnovna sredstva koja vatrogasci najčešće koriste su voda, pjena i prah. U novije vrijeme, na tržištu, se javljaju i nova sredstva poput F-500 i Firesorb. Kako je i ranije spomenuto, pri gašenju požara električnih vozila, koristi se uglavnom voda, dok pjenu i prah možemo koristiti dok vatra ne zahvati električne baterije. Novija sredstva imaju puno bolje karakteristike od vode, pjene i praha, te će biti kroz slijedeći tekst opisana te uspoređena. Ispitivanja je sprovedla DEKRA automobil. U svrhu ispitivanja korištene su Litij-ionske baterije koje su se trenutno koristile u električnim vozilima.

### **6.1. Voda**

Za potrebe ispitivanja koristila se mlaznica tipa AWG CM (DIN 14365) te voda iz hidranta, dok je protok mlaznice bio namješten na 100 l/min pri tlaku od 8 bara (slika 20.).



Slika 20. Mlaznica AWG CM [Izvor: <https://www.mbs-fire.com/awg-cm-strahlrohr-din-14365-c-storz-kupplung-pn16.html>]

Nakon zapaljenja električne baterije, uzrokovanog kratkim spojem, prvi znakovi gorenja i oštećenja pojavili su se nakon 8 minuta. Također, tijekom zapaljenja pojavile su se određene deformacije na samoj električnoj bateriji, te su počeli izbijati zapaljivi toksični plinovi, blješteći plameni jezici, poput plamena prilikom zavarivanja, 200 centimetara u dužini.

Nadalje, uočeno je prskanje male količine tekućeg aluminija u krugu od 2 metra, dok se temperatura baterije penjala do 750 °C. Za gašenje plamena utrošeno je 70 litara vode u vremenu od 40 sekundi. Nakon gašenja plamena električna baterija se samozapalila za 2,2 minute, te je u naredne 4 minute utrošeno još 200 litara vode za gašenje i 200 litara vode za rashlađivanje dima. Za vrijeme gašenja uočeno je znatno ispuštanje otrovnog dima, gdje su razine toksičnih para bile izrazito visoke. Za cijeli proces gašenja utrošeno je oko 500 litara vode u vremenu od 17 minuta.

Također, 3 sata nakon, električna baterija, je bila uronjena u bazen s vodom te je još siljedeća 3 sata ispuštala balone dima. Ispitivanje je pokazalo da se nakon gašenja s vodom, baterija počela ponovo grijati, zbog čega se i ponovo zapalila. Stoga se može očekivati da nakon 24 do 48 sati može zapaliti na što treba posebno obratiti pozornost.

## 6.2. F-500

F-500 je aditiv koji se dodaje vodi, a djeluje na način da odjednom smanjuje toplinu, neutralizira gorenje te prekida lančane reakcije slobodnih radikala, što za rezultat ima brže obaranje plamena, trajniju otpornost na izgaranje i uklanjanje većine pare, čađe i dima. Također, skoro trenutno smanjuje površinsku napetost vode što rezultira boljom apsorpcijom topline i bolje prodiranje u pore gorivog materijala, te smanjuje isparavanje i poboljšava vidljivost, što je izuzetno povoljno za same vatrogasce.[8]

Za ispitivanje je korištena voda iz hidranta i AWG Turbo-mlaznica 2000 venturi 75-C2L (slika 21.), koja je specijalno dizajnirana za dopremanje F-500 aditiva.



Slika 21. AWG Turbo-mlaznica 2000 venturi 75-C2L [Izvor: <https://www.awg-fittings.com/en/company/press/press-release/article/turbo-spritze-2000-venturi-75-und-f-500-im-praxistest.html>]

Mlaznica je podešena na protok od 75 l/min a doziranje na 1%. Pri započetom gašenju plamen je odmah nestao u kontaktu s mješavinom vode i aditiva F-500, za što je bilo potrebno 14 sekundi i 15 litara mješavine. Za razliku od vode temperatura baterije nakon gašenja nije rasla. Također, uz još nekoliko prskanja gašeno je da se smanji količina dima. Sveukupno je utrošeno oko 80 litara mješavine.

### 6.3. Firesorb

Firesorb je aditiv koji se također miješa sa vodom, te nanošenjem na zapaljivu površinu formira gel koji se lijepi. Stvara sloj debljine 10 centimetara, te se može koristiti na glatkim, okomitim površinama te stropovima. Zbog svojih kemijsko-fizikalnih svojstava, brzina isparavanja vode se značajno smanjila čak i pri visokim temperaturama, što dovodi do smanjenja potrošnje vode. Može se koristiti za različite vrste požara doziranjem od 1% do 3%. Karakteristike Firesorb sredstva za gašenje su da dobro hladi, smanjuje brzinu isparavanja, prekida dovod kisika te sprječava isparavanje zapaljivih plinova i čađe.[9]

U svrhu ispitivanja, korištena je voda iz hidranta te međumiješalica (slika 22.) protoka 200 l/min dozirana na 1,8%.



Slika 22. Međumiješalica protoka 200 l/min i Firesorb aditiv [Izvor:

[http://www.hct-world.com/wp-content/uploads/2013/08/Articles/CH\\_F5\\_AUT\\_Fire%20Suppression%20for%20Hybrid%20and%20Electric%20Vehicles-Compiled.pdf](http://www.hct-world.com/wp-content/uploads/2013/08/Articles/CH_F5_AUT_Fire%20Suppression%20for%20Hybrid%20and%20Electric%20Vehicles-Compiled.pdf)]

Prilikom gašenja s mješavinom vode i Firesorb, za gašenje plamenova, bilo je potrebno 6 sekundi i 40 litara mješavine. Temperatura električne baterije nije ponovo rasla. Za sveukupno gašenje požara utrošeno je 120 litara mješavine, dok su razine koncentracije toksičnih para bile zanemarive.

#### 6.4. Usporedba sredstava za gašenje

Rezultati sprovedenog testiranja pokazali su da se pri požaru Litij-ionskih baterija temperatura penje i do 800°C, dok se vatra širi u radijusu od oko 2 metra. Također, povećava se i temperatura ostatka vozila te koncentracija toksičnih plinova. U slučaju požara može se gasiti vodom ali je potrebno osigurati veće količine vode. Također, treba imati na umu da se neće moći direktno pristupiti bateriji u vozilu. Usporedno s vodom, aditivi F-500 i Firesorb pokazali su jako dobre osobine gašenja. Ističe se F-500 zbog lakšeg i dubljeg prodora u strukturu vozila te same baterije. Preporučava se da, u skladu s mogućnostima, baterije zahvaćene požarom odnosno cijelo vozilo, potope u vodu ili mješavinu narednih 24 do 48 sati.[10]

Tablica 3. Usporedba sredstava za gašenje [3]

	<b>VODA</b>	<b>F – 500</b>	<b>FIRESORB</b>
<b>Baterija</b>		Identična	
<b>Težina</b>		175 kg	
<b>Količina vode</b>	400 l	80 l	120 l
<b>Aditiv</b>	-	F -500	Firesorb
<b>Postotak mješavine</b>	-	1%	1,8%
<b>Vrijeme gašenja</b>			
<b>Plamena</b>	40s	7s	6s
<b>Ponovno zapaljenje</b>	DA	NE	NE
<b>Ugašeno</b>	1050s	689s	456s
<b>Temperatura</b>	460°C	577°C	409°C

## 7. ANALIZA VATROGASNE INTERVENCIJE

### 7.1. Tijek događaja

U Republici Hrvatskoj dosada nije zabilježen nitijedan požar električnog vozila, stoga je za analizu odbrana intervenciju koja se dogodila u okrugu Santa Clari, Kalifornija, SAD. Nesreća se dogodila na autocesti 101, uslijed gubitka kontrole nad vozilom, te se vozilo zabilo u barijeru, zbog čega je došlo do zapaljenja vozila. Vatrogasci su zaprimili dojavu ujutro u 09:29. Radilo se o vozilu marke Tesla model 3. U nesreći je sudjelovalo još tri vozila, koja nisu zahvaćena požarom. Vatrogasci su stigli na mjesto događaja nešto iz 09:30, dosta brzo, i zatekli da je prednji dio vozila pretrpio teška oštećenja, koja su uzrokovala i zapaljenje baterije na vozilu (slika 23.). Vatrogasni zapovjednik, u izvješću, je naveo da su se našli u iznimno teškoj situaciji. Naime, na mjesto događaja vatrogasci su stigli s navalnim vozilom koje sadrži 1900 litara vode, a za dopremiti vodu do vozila, najbliži hidrant nalazio se 700 metara od nesreće, koju su trebali dopremiti s tankim crijevima preko auto-cesta pune prometa u oba smjera, što bi bilo neizvedivo. S druge strane, nije bila ni opcija ostaviti vozilo da izgori, što je u krajnjoj nuždi i jedna od metoda gašenja, a koja je isto loš izbor zbog prometa. Vatrogasci su iskoristili vodu koju su imali na raspolaganju, te su kontaktirali proizvođača vozila. Potom, su na mjesto događaja, došli i inženjeri proizvođača te su na siguran način rastavili kućište baterije na vozilu, kako bi vatrogasci mogli pogasiti požar. Cijelim tijekom intervencije termo kamerom je praćena temperatura vozila i same baterije. Po završetku intervencije vozilo je preuzela vučna služba, vatrogasci su otpratili vozilo do odlagališta, te upozotili djelatnika na moguće ponovno zapaljenje.[11]





Slika 23. Požar električnog vozila [Izvor: <https://www.nakedcapitalism.com/2018/04/tesla-encounters-material-world.html>]

## 7.2. Uočeni nedostaci i dobri postupci na intervenciji

Uočeni nedostaci na intarvencij:

- nedovoljoan broj vatrogasaca
- nedovoljna količina vode
- velika udaljenost hidranta od nesreće
- velika gustoća prometa

Dobri postupci na intervenciji:

- brzina dolaska na mjesto događaja
- raspolaganje s sredstvom za gašenje
- pozivanje tehničara proizvođača vozila
- suradnja s tehničarima prizvođača vozila
- praćenje temperature vozila i same baterije s termo kmerom

- praćenje vozila do odlagališta
- upoznavanje djelatnika vučne službe o mogućim opasnostima

## **8. ZAKLJUČAK**

Požari električnih vozila vrlo su zahtjevni i opasni, kako za same vatrogasce tako i za okoliš. Iako se požari na električnim vozilima dešavaju, u odnosu na broj vozila na prometnicama, postotak je dosta mali, što nam pokazuje da su električna vozila dosta sigurna. Na prostoru Republike Hrvatske dosada nije zabilježen niti jedan požar električnog vozila, ali valja se obučavati i pripremati za takve vrste intervencija. Stoga, smišljenja, da bi se Hrvatska vatrogasna organizacija (HVZ, odnosno Središnji državni ured za vatrogastvo) trebala pozabaviti s tim problemom, te donijeti standardne operativne postupke, jer pogotovo ljeti, broj električnih vozila je svake godine sve veći.

Intervencije gašenja požara električnih vozila su vrlo specifične intervencije koje zahtjevaju veliki broj vatrogasaca, sredstva za gašenje, uređaja za zaštitu dišnih organa zbog opsežnosti intervencije, opasnosti po zdravlje vatrogasaca te utjecaja na okoliš.

U ovom radu prikazana su, kroz analizu ispitivanja, suvremena sredstva za gašenje koja su se pokazala dosta efikasnijim od vode. Ali zbog svoje cijene i nemogućnosti prodora do same električne baterije rijetko se koriste. Stoga vatrogasci ostaju pri vodi kao glavno sredstvo za gašenje.

Uzroci nastanka požara na električnim vozilima najčešće su tehničke prirode poput pregrijavanja električnih baterija ili kratkog spoja.

Analizirajući vatrogasnu intervenciju požara električnog vozila uvidjeo sam da se puno pažnje posvećuje samoj sigurnosti vatrogasaca i taktičkom nastupu prilikom gašenja. Vatrogasna intervencija bila je dosta zahtjevna i specifična prvenstveno zbog same lokacije nesreće. Auto-put je poseban zbog prometa i velikih brzina, a nerijetko se vrijeme dolaska povećava zbog lokacije nesreće i gužvi koje nastaju prilikom nesreće. Kao glavni nedostatak istaknuo

bih nemogućnost dopreme dovoljne količine sredstva za gašenje (voda), premda se to moglo izbjeći pozivanjem dodatnih vozila s vodom (cisterni). U ovoj intervenciji ključna je procjena i uloga voditelja intervencije, da je količina sredstva za gašenje koje se nalazi u vozilu dostatna, kao i broj vatrogasaca i opreme. Nadalje suradnja s žurnim i ostalim službama je bila odlična te su poduzete mjere i radnje za uspješno odrađivanje intervencije. Sve navedeno se pokazalo točnim, ali nikad nije idealno i uvijek se javljaju poteškoće u obavljanju intervencije, stoga su vatrogasci primorani, u većini slučajeva, improvizirati.

## 9. LITERATURA

- [1] Cvitanović V., Ćurković T., Hreljić R., Kovač S., Kučina T., Robić M., Tirić S., Vidić L.: "Električnim automobilom u evropu", Škola za cestovni promet, Zagreb 2014.
- [2] Centar za vozila Hrvatske, preuzeto s: <https://www.cvh.hr/tehnicki-pregled/statistika/>, pristupljeno 27.04.2020.
- [3] The fire protection research foundation, preuzeto s: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/final\\_report\\_nfpa.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/final_report_nfpa.pdf), pristupljeno 05.03.2020.
- [4] Agoria, preuzeto s: <http://213.191.137.190/Dokumenti/OpasneTvari/Agoria%20Hybrid%20Vehicles.pdf>, pristupljeno 17.03.2020.
- [5] National fire protection association, preuzeto s: <https://www.nfpa.org/training-and-events/by-topic/alternative-fuel-vehicle-safety-training>, pristupljeno 01.04.2020.
- [6] Service départemental d'incendie et de secours, preuzeto: <http://iuv.sdis86.net/contact/>, pristupljeno 03.04.2020.
- [7] Hrvatska vatrogasna zajednica, preuzeto s: <http://www.hvz.hr/informatizacija/VATROnet/>, pristupljeno 15.03.2020.
- [8] Fire Control Technologies, preuzeto s: <https://f500-fct.co.uk/lithium-ion-fire-extinguishers/>, pristupljeno: 12.03.2020.
- [9] Creasorb, preuzeto s: <https://www.creasorb.com/product/creasorb/en/products/firesorb/>, pristupljeno 11.03.2020.
- [10] Hazard control technologies, inc, preuzeto s: <http://www.hct-world.com/products/chemical-agents/f-500-encapsulator-agent/why-f-500-ea-is-economical/>, pristupljeno 18.03.2020.

[11] Naked capitalisam objavljeno 01.04.2018., Lambert Strether, preuzeto s: <https://www.nakedcapitalism.com/2018/04/tesla-encounters-material-world.html>, pristupljeno 10.03.2020.

## 10. POPIS SIMBOLA

1.	LiNiMnCo	Kobaltov oksid litij-nikal-mangan
2.	LiFePO4	Litij-željezni fosfat
3.	LiPO	Litijum polimer baterije
4.	DC	Istosmjerna struja
5.	AC	Izmjenična struja
6.	NV	Navalno vozilo
7.	AC	Auto cisterna
8.	VOC	Vatrogasni operativni centar
9.	HEP	Hrvatska elektroprivreda
10.	ICT	Informacijska i telekomunikacijska tehnologija
11.	HVZ	Hrvatska vatrogasna zajednica
12.	GIS	Geografski informacijski sustav
13.	UVI	Unos vatrogasnih intervencija
14.	ZEOS	Zemljopisno obavjesni sustav
15.	QR CODE	Kod brzog odgovora
16.	ERI CARD	Kartice za intervenciju u kriznim situacijama
17.	UN BROJ	Identifikacijski broj za opasne tvari ili predmete
18.	E-POZIV	Sustav za automatsko pozivanje hitnih lužbi
19.	DEKRA AUTOMOBIL	Europska kompanija za ispitivanje vozila

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Električno vozilo iz 1880-ih godina.....	3
Slika 2. DOK_ING, Loox, električni automobil.....	4
Slika 3. Toyota Yaris hibridno električno vozilo.....	6
Slika 4. Toyota Prius Plug-in hibridno električno vozilo.....	7
Slika 5. Chevrolet Volt, električno vozilo s produljenim dometom.....	8
Slika 6. Tesla model S, vozilo na električni pogon.....	9
Slika 7. Dijelovi električnog vozila.....	10
Slika 8. Elektromotor.....	11
Slika 9. Litij- ionska baterija.....	12
Slika 10. Upravljač motora.....	13
Slika 11. Označavanje električnih vozila.....	15
Slika 12. Sigurnosne mjere na električnim vozilima.....	15
Slika 13. Primarne ozljede.....	17
Slika 14. Sekundarne ozljede.....	18
Slika 15. Otvor na kućištu električne baterije.....	21
Slika 16. Navalno vozilo i auto cisterna JVP Šibenik.....	22
Slika 17. Termo kamera.....	23
Slika 18. Gašenje požara električnog vozila.....	24
Slika 19. Sustav za upravljanje intervencijama-HVZ.....	25
Slika 20. Mlaznica AWG CM.....	27
Slika 21. AWG Turbo-mlaznica 2000 venturi 75-C2L.....	28

Slika 22. Međumiješalica protoka 200 l/min i Firesorb aditiv.....29

Slika 23. Požar električnog vozila.....32

## **12. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Broj vozila na električni i hibridni pogon 2013-2019.....5

Tablica 2. Utjecaj struje na ljudsko tijelo.....17

Tablica 3. Usporedba sredstava za gašenje.....30