



**SAVONIA**



**PELASTUSOPISTO**

## **Tekniikka**

Palopäällystön koulutus

### **OPINNÄYTETYÖ**

**HYBRIDI- JA SÄHKÖAUTO,  
TOIMINTA JA TYÖTURVALLISUUS  
LIIKENNEONNETTOMUUSTILANTEESSA**

Janne Vuorela

29.10.2015 

---

<b>SAVONIA–AMMATTIKORKEAKOULU - TEKNIikka, KUOPIO</b>		
Koulutusohjelma Palopäälystön koulutusohjelma		
Tekijä Janne Vuorela		
Työn nimi Hybridi- ja sähköauto, toiminta ja työturvallisuus liikenneonnettomuustilanteessa		
Työn laji	Päiväys	Sivumäärä
Opinnäytetyö	11.5.2015	77 + 18
Työn valvojat	Tilaaajan yhdyshenkilö	
vanhempi opettaja Tapio Neuvonen, vanhempi opettaja Kirmo Savolainen	palomestari Pekka Ahola	
Tilaaaja Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää sähkö- ja hybridautojen tekniikkaa ja rakennetta palokunnan toiminnan näkökulmasta, koska korkeajännitekomponenttien kanssa toimiminen tuo lisähaasteita onnettomuuspaikoilla. Sähköonnettomuudet voivat olla hengenvaarallisia ja tästä syystä pelastushenkilöstön tulee osata toimia oikein sähkö- ja hybridautojen onnettomuuksissa. Uusiutuvat energiamuodot säästävät perinteisiä polttoaineita, kuten öljyä, mutta ne aiheuttavat samalla uusia vaaroja, jotka vaativat palokunnalta erilaisia toimintatapoja onnettomuustilanteessa.</p> <p>Opinnäytetyö ja siihen liittyvä koulutuspaketti tehtiin Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselle. Koska uusia hybridautoja tulee koko ajan lisää Suomen markkinoille, ennemmin tai myöhemmin palokunta kohtaa sellaisen hälytystehtävässään. Tämä aiheuttaa painetta hankkia tarvittavaa tietoa ja taitoa korkeajännitteen käsittelystä. Työstä on hyötyä pelastushenkilöstön lisäksi myös muille viranomaisille ja yhteistyökumppaneille, esimerkiksi hinausliikkeille</p> <p>Palomiesten ja muun onnettomuuspaikalla toimivan henkilöstön työturvallisuus riippuu koko ketjun toiminnasta, sen ymmärtämisestä ja osaamisesta. Opinnäytetyössä on kerätty tietoa ja taitoa Suomesta ja ulkomailta yhteen koulutuspakettiin helpottamaan pelastuslaitoksen henkilöstöä päätösten tekemistä ja opastamaan toimimaan oikein hätätilanteissa joissa sähkö- tai hybridauto on osallisena. Tietoja on kerätty useista luotettaviksi katsotuista kirjallisista lähteistä sekä alan asiantuntijoilta auto- ja pelastusalalta.</p> <p>Sähkö- ja hybridautoja korjattaessa on korjaamolla oltava koulutettu sähkötöiden johtaja. Hän vastaa siitä, että työt tehdään turvallisesti ja työn suorittaja on pätevä tekemään kyseisiä sähkötöitä. Sähkötöissä on aina muistettava sähkön vaarallisuus. Pienikin virta kehon läpi saattaa aiheuttaa vakavia vammoja tai jopa kuoleman. Pelastuslaitoksilla vastaavia koulutuksia ja vaatimuksia ei ole, vaikka olosuhteet ja tilanteet voivat olla huomattavasti autokorjaamo haastavampia.</p>		
Avainsanat pelastushenkilöstö, palokunta, työturvallisuus, sähkö- ja hybridauto, liikenneonnettomuus		
Luottamuksellisuus julkinen		

**SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

Degree Programme

Fire Officer (Engineer)

Author

Janne Vuorela

Title of Project

Hybrid and Electric Vehicles and Work Safety at a Traffic Accident Scene

Type of Project

Final Project

Date

11 May 2015

Pages

77 + 18

Academic Supervisors

Mr Tapio Neuvonen, Senior Instructor,  
Mr Kirmo Savolainen, Senior Instructor

Company Supervisor

Mr Pekka Ahola, Fire Officer

Company

Etelä-Pohjanmaa Rescue Department

Abstract

This final project was commissioned by Etelä-Pohjanmaa Rescue Department with the purpose to study electric and hybrid vehicles and their technology from the perspective of the rescue department. The objective was to find solutions and methods to enable the rescue personnel to work safely with electric or hybrid vehicles at a traffic accident scene. Electric and hybrid technology brings additional risks, especially the high voltage components, and the rescue personnel must be able to use correct working methods which require new firefighting strategies and procedures.

As these vehicles are increasingly popular, the degree of probability that one is a part of an accident is quite high. Therefore, the rescue personnel needs to acquire the necessary knowledge and skills for handling high voltage components. The safety of fire fighters and other emergency first responder personnel depends on understanding and properly handling these hazards through adequate training and preparation.

Information on the best practices and know-how was collected for the use of fire fighters, fire ground incident commanders, and other emergency first responders to support their decision making processes at emergencies with hybrid and electric vehicles involved. Literature from multiple sources was studied, and information was gathered from experts in the field of automotive industry and the rescue services.

Work safety is the most important to consider related to electrical work as even a small amount of current can do great damage or even kill. When high voltage vehicles are repaired at a garage, there must be a specialized foreman present to ensure that safe working methods are used and only qualified staff carry out the work. The rescue services lack similar requirements even though the circumstances and situations often are more challenging at the accident scene. The results of the final project are useful not only for the rescue personnel but also for other authorities and partners, such as towing companies.

Keywords

rescue personnel, fire brigade, safety, electric cars, hybrid cars, traffic accident

Confidentiality

public

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	11
2	TIETOLÄHTEET	13
2.1	Kysely	13
2.2	Kirjallisuuslähteet sekä internet	16
2.3	Muut tietolähteet sekä tiedonhankinta	17
3	HYBRIDIAUTO: RAKENTEET JA ERITYISPIIRTEET	18
3.1	Yleistä sähkö- ja hybridiajoneuvoista	18
3.2	Sähkön historia autojen käyttöjärjestelmänä	20
3.3	Hybridiautot Suomessa	23
3.4	Lait ja määräykset	25
3.5	Rakenteet	31
3.6	Tekniikka	35
3.6.1	Akut	35
3.6.2	Korkeajännitekaapelit ja -laitteet	36
3.6.3	Huoltoerotin	37
3.7	Turvallisuus	40
4	TOIMINTA ONNETTOMUUSTILANTEESSA	41
4.1	Liikenneonnettomuus	41
4.2	Liikennevälinepalo	45
4.3	Tunnistettavuus ja tunnistaminen	46
4.4	Onnettomuusajoneuvon vakauttaminen	48
4.5	Riskianalyysi	50
5	TOIMINTAOHJEET, TEKNIikka JA TAKTIikka	52
5.1	Työturvallisuus	52
5.2	Yleisohje	53
5.2.1	Tunnistaminen	53
5.2.2	Virrattomaksi tekeminen ja vakauttaminen	53
5.2.3	Syttymisen estäminen	53
5.3	Toiminta onnettomuustilanteessa -ohjekortti	54
5.4	P3-käsikirjan ohjelehdet	55

	5	
5.5	Pelastushenkilöstön toimintaa helpottavia työkaluja	58
5.5.1	Crash Recovery System	58
5.5.2	Pelastuskortti	60
5.6	Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO	61
6	MUUT VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET	62
6.1	Etanoli eli ”Flex Fuel”	62
6.2	Maakaasu ja biokaasu	63
6.3	Täyssähköautot	63
6.4	Vety eli polttokenno	64
7	KOULUTUSMATERIAALI HYBRIDIAUTOISTA	65
7.1	Asiantuntijat ja yhteistyökumppanit	65
7.2	Koulutusmateriaali Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselle	66
8	POHDINTA	67
8.1	Luotettavuus ja pätevyys	67
8.2	Oman toiminnan hallitseminen	69
8.3	Oma oppiminen	70
	LÄHTEET	71
	LIITTEET	77

## Lyhenteet

AC	Vaihtovirta
AKL	Autoalan keskusliitto
BMS	Battery Management System, akun hallintajärjestelmä
CAN	Controller Area Network, CAN-väylä
CEV	City electric vehicle, kaupunkisähköauto
CRS	Crash Recovery System
DC	Tasavirta
EV	Electric vehicle, sähköauto
E-REV	Electric range extender vehicle, laajennetun toimintasäteen sähköauto
FIA	Federation Internationale de l'Automobile
HEV	Hybrid electric vehicle, hybridauto
H-PEV	High performance electric vehicle, tehokas/urheilullinen sähköauto
HV	High voltage, korkeajännite
IEC	International electrotechnical commission
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö
Li-ion	Litium-ioni, akkutyyppe
LV	Low voltage, matalajännite
MV	Medium voltage, keskitason jännite
NEV	Neighborhood electric vehicle, taajamasähköauto
Ni-Cd	Nikkeli-kadmium, akkutyyppe
Ni-MH	Nikkeli-metallihybridi, akkutyyppe
ohm	Ohmi, vastuksen yksikkö
PEV	Pure electric vehicle, täyssähköauto
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
Plug-in	Verkosta ladattava laite
REV	Range extender vehicle, ajomatkan pidennin
SFS	Suomen standardoimisliitto
SOA	Safe Operating Area, turvallinen toiminta-alue
Tukes	Turvallisuus ja kemikaalivirasto
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
UNECE	Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomissio
VPK	Vapaaehtoinen palokunta, sopimuspalokunta

## Käsitteet

### Mikrohybridi

Auto, joka on varustettu esimerkiksi käynnistys-pysäytysjärjestelmällä tai jarrutusenergian talteenotolla mutta liike tapahtuu vain polttomoottorin avulla. Tällainen ajoneuvo ei ole varsinainen hybridi, koska lisäjärjestelmät ainoastaan auttavat polttoaineen säästämässä ja siinä ei ole sähkömoottoria eikä akustoa.

### Kevythybridi

Sähkömoottorin tehtävä on lähinnä avustaa ajoneuvoa kiihdytyksissä ja liikkeellelähdoissä. Pelkällä sähkömoottorilla ei vielä kykene liikuttamaan ajoneuvoa.

### Täyshybridi

Ajoneuvossa on sekä sähkö- että polttomoottori, ja kummallakin käyttöjärjestelmällä voi liikuttaa ajoneuvoa erikseen tai yhtä aikaa. Täyshybridiksi joissain lähteissä määritellään myös ajoneuvo, jossa suurin osa tehosta tuotetaan sähkömoottorilla

### Hybridiauto

Hybridi- eli yhdistelmäautossa on enemmän kuin yksi voimanlähde, yhdistelminä voidaan käyttää useampia erityyppisiä energia lähteitä, tavoitteena yhdistellä eri käyttöjärjestelmät siten, että jokaisen edut tulevat mahdollisimman hyvin hyödyksi. Hybridiauton polttomoottori voi olla sekä diesel- että bensiini, usein hybridiajoneuvo on ilman ulkoista latausmahdollisuutta.

### Pistokehybridi

On hybridiajoneuvo jonka voimanlähteenä on sähköverkosta ladattavan sähkömoottorin lisäksi jokin toinen voimanlähde, kuten polttomoottori. Pistokehybridiä voidaan ladata sähköverkosta. Ominaista pistokehybrideille on se, että niissä on edellisiä tehokkaampi ja suurempi akusto, jolla voidaan ajaa jo pitkiäkin matkoja pelkästään sähköllä. Näin auto toimii periaatteessa puhtaana sähköautona hetkellisesti.

### Sähköauto

Sähköautossa kaikki auton liikuttamiseen vaadittava teho synnytetään yhdellä tai useammalla sähkömoottorilla. Auton voimanlähteenä on sähkömoottori, ja sähköenergia varastoidaan akkuihin. Sarjahybridissä, jossa polttomoottori pyörittää generaattoria ja

auton ajamiseen käytetään sähkömoottoria, saatetaan jossain yhteyksissä kutsua sähköautoksi. Sähköautot ovat liikkeessaan päästöttömiä, niiden tuottamat päästöt riippuvat siitä millä tavalla auton käyttämä energia on tuotettu.

#### Ajomatkan pidentimellä varustettu sähköauto

Ajomatkan pidennin eli polttomoottorilla toimiva generaattori, tuottaa akustolle lisää virtaa ajon aikana. Käytännössä tämä on sarjahybridi, mutta nimityksellä annetaan sähköautoon viittaava kuva, sähkö on auton pääkäyttäjärjestelmä. Vertaa E-REV

#### Laajennetun toimintasäteen sähköauto

Hybridiautomainen sähköauto, niin sanottu laajennetun toimintasäteen sähköauto, jossa kaikki liikkeeseen siirtyvä energia on peräisin akustosta tai generaattorista. Polttomoottori tuottaa sähköä, autossa ei yleensä ole mekaanista voimansiirtoa vaan toimii 100-prosenttisesti sähköllä. E-REV yhdistelee sähköauton ja pistokehybridin ominaisuuksia. Vertaa REV

#### Kaupunkisähköauto

Sähköiset kaupunkiautot, eurooppalainen luokitus ajoneuvoille, jotka ovat pieniä ja kevyitä ja tarkoitettu lyhyeen ajomatkaan pääasiassa kaupunkialueilla.

#### Urheilullinen sähköauto

Tehokas sähköauto, jonka teho on yleisesti yli 300 kilowattia, huippunopeus yli 180 kilometriä tunnissa ja hinta yli 100 000 euroa. Esimerkkejä tällaisista ajoneuvoista ovat muun muassa Fisker Karma ja Tesla Model S.

#### Taajamasähköauto

Amerikkalainen luokitus alle 1400 kilon painoisille autoille joiden ajonopeus on rajoitettu alle 40 km/h, käyttö sallittu ainoastaan taajamanopeusrajoitus alueilla.

#### Sarjahybridi

Sarjahybridiksi kutsutaan ajoneuvoa, jossa sähkömoottori tuottaa kaiken auton liikuttamiseen tarvittavan tehon ja polttomoottoria käytetään pyörittämään generaattoria, joka tuottaa virtaa suoraan sähkömoottorille ja lataa akkua tasaisessa ajossa. Sarjahybridin rakenne on yksinkertaisempi kuin rinnakkaishybridissä, mutta sähkömoottorin pitää olla tehokkaampi, jotta moottorin teho riittää liikuttamaan autoa.



### Rinnakkaishybridi

Rinnakkaishybridi on hybridauto, joka käyttää sähkömoottoria ja polttomoottoria samanaikaisesti eli rinnakkain ja ne molemmat tuottavat ajamiseen tarvittavan tehon. Polttomoottori on yleensä pääasiallinen voimanlähde, jota sähkömoottori tukee tarvittaessa, esimerkiksi kiihdytyksissä. Joissain tilanteissa esimerkiksi liikkeelle lähtö voi tapahtua käyttämällä vain sähkömoottoria.

### Superkondensaattorit

Kondensaattori on staattista sähköä varaava komponentti, joka estää tasavirran kulun, mutta päästää lävitseen vaihtovirtaa. Superkondensaattori eroaa käyttöominaisuuksiltaan muista kondensaattoreista erityisesti epätyypillisen korkean sisäisen resistanssin vuoksi. Perinteisessä kondensaattorissa energia varastoidaan sähkökenttään, kun superkondensaattorissa energia varastoidaan ionien liikkeen avulla.

### Akun hallintajärjestelmä

Akkujen hallintajärjestelmä toimii latauksen ohjauksena, järjestelmä valvoo ja tasapainottaa akustoa. Akkua ladattaessa ja käytettäessä kennojen lämpötilojen ja jännitteiden tulee pysyä annetuissa arvoissa. Erityisesti suurienergiset litium-ioni-akut tarvitsevat suojakseen akunhallintajärjestelmän, joka valvoo, että akkua käytetään sallituissa käyttöolosuhteissa. Järjestelmä rajoittaa akkujen kuormitusta ja lopulta estää akkujen käytön kokonaan, mikäli käyttöturvallisuus on vaarantunut.

### Invertteri

Taajuusmuuttaja joka kytketään kahden erillisen sähköverkon välille, laite muuttaa tasavirtaa vaihtovirraksi tai vaihtovirtaa tasavirraksi. Sähköverkkojen jännitteen taajuus ja amplitudi eli värähdyslaajuus voivat poiketa toisistaan.

### Sähkövirta

Sähkövirta on elektronien liikettä kaapeleissa. Osa aineista johtaa sähkövirtaa helposti lävitseen, koska ne sisältävät paljon vapaita elektroneja. Kaikki sähkövirrat eivät ole samanlaisia, joissain saadaan enemmän hyötyä kun sähkövirran suunta vaihtelee. Tätä virtaa kutsutaan vaihtovirraksi, ja se lyhennetään kirjaimilla AC. Tasavirrassa virran suunta pysyy samana, ja se lyhennetään kirjaimilla DC. Akkujen ja paristojen virta on tasavirtaa, pistorasioiden virta vaihtovirtaa.

### Jännite

Jännite saa sähkövirran kiertämään johtimessa. Jännitteen suuruus mitataan voltteina ja se lyhennetään kirjaimella V. Paristoista ja akuista saadaan tasajännitettä, pistorasiasta vaihtojännitettä. Jo alle 100 voltin suuruinen jännite voi olla hengenvaarallinen. Euroopassa pistorasiassa vaikuttaa 230 voltin jännite, jota kutsutaan myös verkkojännitteeksi.

### Resistanssi

Kapeampi kohta vesistössä vastustaa joen virtausta, samoin toimii sähköjärjestelmässä oleva laite, esimerkiksi lamppu. Sähkövirran vastustusta kutsutaan resistanssiksi ja sen suuruus ilmoitetaan ohmeina ( $\Omega$ ).

### CAN-väylä

CAN-väylän tarkoituksena on vähentää johtojen määrää sähköjärjestelmässä. Yhdellä väylällä voidaan korvata huomattava määrä perinteistä johtosarjaa. CAN-väylässä kaikki liikenne välitetään kaikille ohjausyksiköille. Jokaisella lähetettävällä viestillä on oma sanomatunniste. Kun ohjausyksikkö vastaanottaa viestin, päättää se tunnisteiden perusteella, kuuluuko viesti myös sille.

### Huoltoerotin

Katkaisin jolla korkeajänniteakusto voidaan erottaa muusta ajoneuvosta tarvittaessa. Huoltoerotin on irrotettava osa, joka poistetaan paikaltaan huolto- tai korjaustyön ajaksi.

### Valmiusvalo

Valmiusvalo on sähkötoimisen auton kojetaulussa palava väriltään vihreä merkkivalo joka palaessaan kertoo auton olevan valmis liikkumaan pelkällä sähkövoimalla.

## 1 JOHDANTO

Jokapäiväisessä liikenteessä tapahtuu jatkuvasti muutoksia, ja niiden joukossa on myös uusia haasteita, joihin palokunnan on päivittäisessä toiminnassaan pystyttävä vastaamaan. Osa liikenteen jatkuvasti muuttuvaa luonnetta on vaihtoehtoiset energialähteet ja palokunnan näkökulmasta liikenneonnettomuudet, joissa nämä ovat mukana. Suuret jännitteet saattavat aiheuttavat onnettomuudessa riskitekijän, joka vaikuttaa itse onnettomuuden kehitykseen, ja tämän mahdollisuuden tulisi muuttaa osaltaan pelastushenkilöstön toimintatapoja onnettomuustilanteessa.

Jännitteet sähkö- ja hybridiajoneuvoissa voivat olla jopa 700 voltia. Kaikissa edellä mainittuja käyttövoimia käyttävissä ajoneuvoissa, henkilöautoissa, busseissa ja kuorma-autoissa suurjännitekaapeleiden väri on oranssi, ja ne yleensä kulkevat turvallisesti kotoituna auton rakenteiden sisällä. Autoissa on omia turvallisuuden ja virrattomaksi tekemiseen liittyviä komponentteja, mutta palokunta ei ikinä kuitenkaan voi luottaa siihen, että auto olisi virraton, ainakaan siitä ensin varmistumatta.

Koska vaihtoehtoisten energialähteiden käyttö ajoneuvoissa lisääntyy nopeasti, lisääntyvät myös riskit ja vaaratekijät siinä, mikä pelastushenkilöstöä odottaa onnettomuuspaikalla. Tämän vuoksi pitää tunnistaa ne tekijät, jotka muuttavat aiemmin käytettyjä toimintatapoja, tekniikoita ja myös vasteita. Vaihtoehtoisten polttoaineiden ja uuden autotekniikan palokunnan toimintaan vaikuttavista tekijöistä on tehty erilaisia selvityksiä ja koulutuspaketteja pelastuslaitoksilla sekä alan järjestökentällä mutta yhtenäistä koulutusta tai ohjeistusta ei ole vielä luotu. Perustiedot siitä, mitä ja minkälaisia lisävaaroja ajoneuvojen laatu tuo onnettomuuspaikalle, puuttuvat edelleen. Tämän opinnäytetyön ja siihen liittyvän koulutusmateriaalin tavoitteena on koota ja levittää pelastuslaitoksille käytäntöjä ja tietoa operatiivisen henkilöstön turvaksi sekä esimiesten auttamiseksi päätöksenteossa. Erityisesti tässä työssä keskitytään hybridiautojen tieliikenneonnettomuuksiin ja liikennevälinepaloihin sekä akkujen ominaisuuksiin onnettomuustilanteessa. Suomen pelastusalan keskusjärjestö, Suomen palopäällystöliitto ja Pelastusopisto yhteistyössä toteutti vuonna 2014 kiertueen, jossa asiaa koulutettiin ja jalkautettiin kentälle, alueellisesti koulutus tavoitti kuitenkin vain pienen osan toimijoista.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää mahdollisimman laaja-alaisesti asioita, jotka vaikuttavat pelastuslaitosten ja palokuntien operatiivisen henkilöstön toimintata-

poihiin ja työturvallisuuteen silloin, kun onnettomuudessa on osallisena hybridi- tai sähköauto. Työhön kerätään tietoa ja asiantuntemusta kolmen pelastuslaitoksen alueelta, Pelastusopiston liikennepelastamisen opettajilta ja edellä mainittujen pelastusalan osapuolien yhteenliittymältä sekä autoalalta sähköajoneuvomekaniikoilta ja huoltoneuvojilta.

Opinnäytetyön osana tehdään koulutusmateriaali Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselle työvuorojen sekä sopimuspalokuntien koulutukseen. Koulutusmateriaali tehdään neljälle oppitunnille, joissa käydään läpi perusteita, toimintaa ja tekniikkaa onnettomuustilanteissa, erilaisia toteutuksia ja työturvallisuusseikkoja autovalmistajilta sekä toimintatapoja ja ohjeita tulipalon, sähköiskun ja ensihoidon alueella.

Koska yhtä ja ainoaa totuutta ei ole saatavilla, näihin kansiin kerätään palokuntien olevaa tietoa ja kokemusta sekä parhaita käytäntöjä yhdistettynä autoalan ohjeistuksiin ja työturvallisuusmääräyksiin. Työn liitteenä on ohjekortti. Se toimii muistilistana pelastustoiminnan johtajalle onnettomuustilanteessa, jossa osallisena on kokonaan tai osittain sähkövoimalla liikkuva ajoneuvo.

## 2 TIETOLÄHTEET

### 2.1 Kysely

Tutkimuksen alussa toteutettiin taustakysely, jonka avulla selvitettiin pelastustoimen kentän osaamistasoa, saadun koulutuksen määrää sekä sähkö- ja hybridiajoneuvojen kohtaamia hälytystehtävissä. Kysely tehtiin kyselylomakkeella, joka löytyy tämän raportin liitteenä (Liite 1). Toteutustavaksi valittiin lomakkeen jakaminen ja täyttämisen Pelastusopistolla keväällä 2013 läsnä oleville alipäällystön ja päällystön aikuiskoulutus kursseille, koska tällä tavalla saatiin helpoimmin maantieteellisesti sekä pelastustoimen operatiivisen tehtävänkuvan mukaan laaja sekä tasalaatuinen otanta vastauksiin. Kyselyyn vastasi kaksi AP-kurssia ja kaksi AMK-A-kurssia.

Vastauksia saatiin 21 pelastuslaitokselta, ainoastaan Pohjois-Karjalan pelastuslaitos jäi kokonaan kyselyn ulkopuolelle. Jaetuista lomakkeista palautui 100 prosenttia, koska kyselyyn vastaaminen vei aikaa noin 5 - 10 minuuttia ja se toteutettiin oppituntien yhteydessä Pelastusopistolla. Vastausmäärä tavoitteeksi asetettiin 100 lomaketta, mutta poissaolojen ja päällekkäisten tapahtumien vuoksi palautuneiden vastausten määräksi jäi yhteensä 77 kappaletta. Tästä määrästä 37 vastaajaa oli toiminut pelastustehtävissä miehistössä, 30 ryhmänjohtajaa ja kymmenen päällystötehtävissä.

77 vastaajasta vain 10 oli kyselyn toteuttamiseen mennessä kohdannut hybridiajoneuvon työskennellessään pelastuslaitoksella hälytystehtävässä. Kaikissa näissä tapauksista oli kyseessä tieliikenneonnettomuus, kahden ajoneuvon törmäys tai tieltä suistuminen. Joka kerta onnettomuusauto oli tunnistettu hybridiksi jo onnettomuustilanteessa, ja kuudessa tehtävässä kymmenestä pelastustoiminnassa tapahtui tunnistamisen johdosta muutoksia tekniikassa, taktiikassa tai molemmissa. Yleisimmin muutos tarkoitti korostettua varovaisuutta ja pelastushenkilöstön oman työturvallisuuden korottamista. Kaksi vastaajaa kertoi, että autoa ei edes yritetty tunnistamisen jälkeen tehdä virrattomaksi. Yksi vastaaja kertoi auton virrattomaksi tekemisen olleen selvästi tavanomaista hankalampaa ja työläämpää, kaksi vastaajaa osasi määritellä korkeajännitteen aiheuttavan vaaratilanteen riskin pelastajalle ja tiesi jännitetyökäsineiden välttämättömyyden korkeajännitekomponentteihin koskettaessa.

Kyselyn viidennessä kysymyksessä selvitettiin tunnistuskeinoa, jolla palokunta on onnettomuuskohteena olevan ajoneuvon havainnut olevan hybridi. Kuusi vastaajaa kertoi auton olleen yleisin Suomen teillä liikkuva hybridiajoneuvo eli Toyota Prius, jolloin korin muotoilu paljastaa auton käyttöjärjestelmän luonteen asiantunteville ja autoista kiinnostuneille henkilöille. Kahdessa vastauksessa tunnistus oli tapahtunut auton ulkoisen mallimerkinnän avulla, ja kahdessa onnettomuustilanteessa auton kuljettaja oli kertonut ryhmänjohtajalle sekä muulle pelastushenkilöstöllä autossa olevasta riskistä.

Liitteessä 2 on eriteltyä kysymyskohtaisesti kaikki taustakyselylomakkeen vastaukset. Muita kysymyslomakkeelle annettuja sanallisia palautteita oli yhteensä yhdeksässä lomakkeessa, pääasiallisesti ne liittyivät pelastuslaitosten työvuorokoulutukseen. Joissain laitoksissa koettiin ongelmaksi se, että koko operatiiviselle henkilöstölle ei anneta yhteistä koulutusta tai että koulutus annetaan vain keskuspaloasemalle tai operatiiviselle päällystölle. Myös tiedonkulkua koulutuksista kritisoitiin, aina ei riitä edes omaaloitteisuus niihin mukaan pääsemiseksi. Kuitenkin 38 vastaajaa kertoi omalla pelastuslaitoksellaan olleen koulutusta toimimisesta hybridi- ja sähköajoneuvon kanssa onnettomuudessa.

Kaksi vastaajaa kertoi pelastuslaitoksella olevan käytössä Moditechin Crash Recovery System –ohjelmisto. Tähän palaamme myöhemmin tässä raportissa, välihuomautuksena tämän tai muiden vastaavien apuvälineiden soisi yleistyvän pelastusalalla. Yksi vastaaja kommentoi aihetta kokonaisuudessaan seuraavasti:

*”Hybridi-auto on kyllä aikamoinen karhunpesä. Onneksi ei ole vielä tullut vastaan. Niissä tulisi olla helposti saatavilla oleva ”päävirtakytkin”, jolla ne saisi vaarattomaksi.”*

Koko asian ydin on hyvin koottu edellä kirjoitettuun kommenttiin. Pitää saada tietoa ja koulutusta, jotta näihin ”karhunpesiin” voi mennä turvallisesti toimimaan, kun tilanne tulee kohdalle. Myös huoli uuden tekniikan vaaroista on selkeä ja sisältää tervettä järkeä ja ajattelua. Valitettavasti autovalmistajat eivät suunnittele tuotteitaan pelastustoimen kannalta, edes törmäystestien jälkeen ei tutkita sitä, kuinka ”palomiesystävällinen” auto on onnettomuuden jälkeen pelastuskohteena.

Merkille laitettavaa on yleinen tyytymättömyys koulutuksen määrään ja laatuun pelastuslaitoksilla, viimeiseen eli yhdeksänteen kysymykseen:

*”Saatko mielestäsi riittävästi työvuoro- tai muuta lisäkoulutusta ajankoh-  
taisista ja muuttuneista asioista joilla on merkitystä pelastushenkilöstön  
tehtäviin ja turvallisuuteen?”*

vastasi 51 pelastuslaitosten työntekijää kieltävästi. Jos kysely olisi toteutettu laajempaan pelastuslaitoksien miehistöissä tai sopimuspalokuntakentällä, olisi tämä tulos ollut varmasti vieläkin suurempi. Tämä on asia, johon tulee jokaisen kiinnittää huomiota. Nyt vastaajien otanta koostui vain koulutusmyönteisestä pelastushenkilöstön osasta eli heistä, jotka ovat hakeutuneet Pelastusopiston alipäällystö- tai päällystökursseille kehittääkseen itseään muuttuvassa tehtäväkentässä. Eräs vastaaja totesi vastauksessaan koulutusmateriaaliakin eri aiheista pelastuslaitoksellaan olevan, mutta tietoa ei jaeta kentälle.

Sähkö- ja hybridautojen määrä on kasvussa, vuotta 2012 voidaan pitää hybridauton yleistymisen ja suuren yleisön tietoisuuden tuleminen kannalta eräänlaisena rajapyykinä. Opinnäytetyötä varten tehdyssä kyselytutkimuksessa kävi ilmi selkeästi etteivät palokunnat vielä ole juurikaan joutuneet tekemisiin operatiivisessa toiminnassa vaihtoehtoisten energialähteiden kanssa, mutta mahdollisuus siihen, että onnettomuuspaikalta löytyy hybridi- tai muu vaihtoehtoista polttoainetta käyttävä ajoneuvo, kasvaa päivä päivältä. Tämä voi tuo uusia ja yllättäviä vaaroja, jotka kohtaavat ja haastavat palokunnan hätätilanteessa.

## 2.2 Kirjallisuuslähteet sekä internet

Opinnäytetyössä on käytetty paljon erilaisia kirjallisuuslähteitä. Valmiiksi suomenkielillä olevaa materiaalia on tarjolla erittäin vähän. Ne tekstit, joita on saatavissa, ovat keskittyneet sähkö- ja hybridiajoneuvoihin tekniikan näkökulmasta tai muuten tavalla, joka ei ole niin sanotusti ”palomiesystävällinen” eli yksiselitteinen ja yksinkertainen. Tämän vuoksi tärkeimmiksi tausta-aineistoiksi valikoitui englannin- ja ruotsinkieliset palokuntien koulutusmateriaalit ja selvitykset sekä eri autovalmistajien omat merkki- ja mallikohtaiset menettelyohjeet hätätilanteisiin. Tiedon hankkiminen oli siis varsin työlästä, ja sen omaksuminen ja ymmärtäminen osin hidasta vieraan kielen ja erityisesti sanaston teknisyiden ja haastavuuden vuoksi. Kaikkea tekstiä pyrittiin tulkitsemaan sekä vertaamaan asiantuntijoilta saatuun tietoon ja sen pohjalta muodostamaan oikea käsitys kustakin aihekokonaisuudesta. Ongelmaksi muodostuivat myös hyvin erilaiset toimintakulttuurit liikennehäiriötilanteissa eri pelastuslaitoksissa ja jopa paloasematasolla. Tästä huolimatta tutkimusraportin pohjalta saadun tiedon perusteella luotu ohjeistus on pyritty saamaan yleispäteväksi ohjeistukseksi riippumatta auton valmistajasta tai pelastushenkilöstön taustasta.

Nykyaikana suuri osa tiedosta on saatavissa myös internetin välityksellä. Tietoa kerätessä pyrin pitämään lähdekriittisyyden korkealla tasolla ja käyttää vain sellaisia lähteitä, joiden tietopohjan pystyy todentamaan. Tämän vuoksi esimerkiksi pelastuslaitoksilla tai sopimuspalokunnilla jo valmiina olleita koulutuspaketteja en hyväksynyt lähteiksi, koska ne ovat käytännössä vain tekijöidensä mielipiteitä asioista. Internetistä haettiin tilastoja ja tietoa tapahtuneista onnettomuuksista sekä sähköä käyttäjärjestelmänään käyttävien autojen tutkimus- ja kehitystyöstä. Suomen autokannasta sai hyvät tiedot Trafilta, tiedot joutui tosin keräämään muutamasta eri tilastosta mutta ne on tässä työssä yhdistetty samaan tiedon käsittelyn ja esittämisen helpottamiseksi (Kuvat 2 ja 3).

Toinen mainittava internetlähde on pelastuskortit. Pelastuskortti on väline, jonka avulla pelastustyöntekijät saavat onnettomuuspaikalla ajoneuvokohtaisen tiedon siitä, miten onnettomuuden uhrin saadaan turvallisesti ja ilman ylimääräistä viivytystä ulos kyseisestä automallista. Pelastuskortti eli Rescue sheet on Kansainvälisen autoliiton säätiön FIA Foundationin kehittämä idea ja on jo käytössä useissa Euroopan maissa. Suomessa pelastuskorttia on tehnyt tunnetuksi Autoliitto.



### 2.3 Muut tietolähteet sekä tiedonhankinta

Aiemmin mainittujen tietolähteiden lisäksi opinnäytetyössä ja sen liitteenä tehdyn koulutusmateriaalin taustaselvityksessä on käytetty asiantuntijoita auto- sekä pelastusalalta. Suomeen tuotavien hybridautojen tarjontaa selvitettiin kaikkein perinteisimmällä tavalla, jalkautumalla autoliikkeisiin Kuopion ja Turun seudulla ja keräämällä teknistä tietoutta erilaisista rakenteista ja ratkaisuista. Autoliikkeiden myyjät ja muutamat haastattelemani huoltopäälliköt suhtautuivat asiaan erinomaisesti, ja sain esitteitä, materiaalia sekä puhelinnumeroita maahantuojien asiantuntijoille tai muille vastaaville tahoille. Yllättävää itselleni oli se, että useat automyyjät kertoivat itse miettineensä tai kuulleensa muualta, asiakkailta tai yhteistyökumppaneilta, ihmettelyä hybridautojen sähköturvallisuudesta onnettomuustilanteissa. Osa autovalmistajista ja maahantuojista on myös varautunut asiaan kiitettävästi, tästä parhaan arvosanan saa Mitsubishi ja Delta-auto, joka uudesta Outlander PHEV –mallistaan on julkaissut erittäin laadukkaan ja kattavan oppaan menettelystä onnettomuus- ja hätätilanteissa myös suomenkielisenä.

Teknisenä asiantuntijana ja monessa kohtaa ongelmanratkaisijana toimi veljeni Kimmo Vuorela. Kimmo työskentelee ajoneuvomekaanikkona Kuopiossa Autotalo Hartikaisella ja on suorittanut sähkökäyttöisten autojen huolto- ja korjaustoiminnan SFS 6002 -standardin mukaisen kurssin, joka antaa rajoitetun sähkö- ja hybridautojen korjaus- ja huoltotoimintaan vaadittavan S3-pätevyyden. Lisäksi pitkä kokemus autoalalta ja vuosien toiminta sopimuspalokunnassa antoi hyvän pohjan ja ymmärryksen projektissa tarvittavien oikeiden tietojen saamiseen.

Pelastustoimen asiantuntijoina ja myös yhteistyökumppaneina työssäni ovat olleet palomestari Pekka Ahola Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselta, paloesimies Pekka Salmi Varsinais-Suomen pelastuslaitokselta ja paloesimies Jarno Joensuu Satakunnan pelastuslaitokselta. Kaikki edellä mainitut toimivat myös omilla alueillaan tieliikennepelastamisen kouluttajina, ja he ovat aiemmin osallistuneet muun muassa Saksassa järjestettävään WEBER Rescue Systems, Rescue Days –tapahtumaan ja tieliikennepelastamisen koulutuksen kehittämiseen alueellisesti sekä valtakunnallisesti.

### 3 HYBRIDIAUTO: RAKENTEET JA ERITYISPIIRTEET

#### 3.1 Yleistä sähkö- ja hybridaajoneuvoista

Sähkö- ja hybridautot ovat yhä yleisempiä teillämme, mutta vielä ei ole paljon kokemusta onnettomuuksista joissa ne ovat osallisina. Tämän vuoksi on tärkeää selvittää, tuovatko nämä käyttöjärjestelmät uusia työturvallisuusriskejä pelastushenkilöstölle jou tuessaan liikenneonnettomuuteen tai tulipaloon. Uusi teknologia tarjoaa hienoja mahdollisuuksia, joiden tavoitteena on tehdä maailmasta parempi paikka, mutta samassa se tuo oheistuotteena useita muuttujia ja haasteita, välillisesti esimerkiksi pelastushenkilöstölle. Kun uusi teknologia tieliikenteessä eli sähkö- ja hybridautot lisääntyvät, pelastushenkilöstön sekä ensihoidon pitää olla valmiita käsittelemään ja ymmärtämään riskejä ja vaaroja, joita onnettomuuksissa saattaa esiintyä.

Tämä luku sisältää perustietoa sähköstä ajoneuvojen käyttövoimana sekä selittää käsitteitä sähkö- ja hybridauto. Luvussa lähdetään sähkö- ja hybridautojen historiasta, käsitellään lakeja ja määräyksiä sekä teknisiä ratkaisuja ja trendejä, lopussa on taulukoituna yhteenveto työn kirjoitushetkellä maassamme olevasta ajoneuvokannasta. (Kuvat 2 ja 3)

Sana hybridi merkitsee yhdistelmää. Sillä voi siis olla monta erimerkitystä. Kulkemisen ja kuljettamisen ensimmäisinä hybrideinä voidaan pitää alkuaikojen höyrylairoja, koska niissä yhdistettiin höyrykoneen antama voima purjelaivan runkoon ja takilaan. Moottoriajoneuvoista puhuttaessa hybridillä tarkoitetaan kahden eri voimanlähteen yhdistelmää käyttävää ajoneuvoa. (Bellis 2006.)

Ajoneuvojen osalta Suomessa ollaan oltu vaihtoehtoisten polttoaineiden kehityksen kärkijoukoissa. Helsingin kaupungin liikennelaitos koekäytti 1970-luvun lopulla SWS-merkkisen johdinauton prototyyppiä, joka käytti dieselmoottoria varavoimanlähteenä. Moottori tuotti virtaa silloin, kun johdinauton ulkoinen voimanlähde oli pois käytöstä. Tämä kokeilu päättyi valitettavasti koko johdinautoliikenteen lakkauttamiseen, ja sen vuoksi prototyyppi jäi ainoaksi laatuaan. (Blomberg 2006, 315, 318.)

Autona hybridauto on siis sellainen, jonka voimanlähteenä on useampi erilainen moottori. Tällä hetkellä autovalmistajien valikoimissa olevissa hybridautoissa on voimanläh-

teeksi yhdistetty polttomoottori, käytännössä bensiini tai diesel, sekä sähkömoottori. (Ala-Mattinen 2012, 8.) Hybridiautojen polttoainetaloudellisuus on perinteistä polttomoottoriautoa pienempi, koska polttomoottoria pystytään käyttämään paremmin sen hyötysuhteen kannalta, optimaalisella kierroslukualueella. Hybridirakenteen mukaan kiihdytyksissä voidaan avustaa sähkömoottorilla tai auto liikkuu vain sähkömoottoreilla polttomoottorin ladatessa akkua. Polttomoottori voidaan myös sammuttaa lyhyissä liikenteen pysähdyksissä. Tasaisessa maantieajossa, jossa polttomoottori käy jatkuvasti, hybridiautolla ei saavuteta säästöjä perinteiseen diesel- tai bensiinimoottoriin verrattuna. Yleensä kuitenkin hybridiautolla voidaan ajaa ”kaupunkinopeuksissa” pelkästään sähkömoottorilla, kiihdytyksissä ja suuremmissa, ”maantienopeuksissa” kytkeytyy polttomoottori automaattisesti käyntiin. Pelkällä sähkömoottorilla ajettaessa ei polttoainetta luonnollisesti kulu lainkaan, mutta sähkömoottorin tarvitsema energia on tuotettu auton polttomoottorin voimin. Hybridiautonkin energialähde yleisesti on siis bensiini tai diesel. (Lagunoff 2008, 45 - 47; Bosch 2003, 367, 533.)

Hybriditekniikka on vaihtoehtona nykyään myös hyötyajoneuvoissa. Näitä kevyitä jake-luautoja, takseja sekä linja-autoja on markkinoilla, joskin vielä huomattavasti pienemmissä määrin kuin henkilöautoja. Hyötyajoneuvoissa sähkömoottoria käytetään ainoastaan lisävoimanlähteenä. Auto siis toimii pääasiassa pelkän polttomoottorin avulla, mutta silloin kun tehoa tarvitaan normaalia enemmän, sähkömoottori lisää käytössä olevaa vääntöä. Ainakin Toyota ja Mercedes-Benz -hyötyajoneuvohybridissä käytetään tällaista järjestelmää dieselmoottorin rinnalla. (Autotieto 2012, Veho Group Oy 2014.)

Laajennetun käyttöäteen sähköautoissa eli jatkuvatoimisissa hybridiautoissa sähkömoottorin akuille tuotetaan koko ajan lisää virtaa esimerkiksi pienellä polttomoottorilla. Voimanlähteenä toimii tällöin pelkkä sähkömoottori ja polttomoottori on valjastettu energiantuotantoon toimien eräänlaisena aggregaattina. (Tekniikka ja talous 2012.)

Uusiutumattomien ja erittäin hitaasti uusiutuvien luonnonvarojen käyttö on siis pääasiallinen syy hybriditekniikan tulemiseen ajoneuvoteollisuuteen. Ympäristönäkökulmasta katsoen hybridiauto onkin erittäin hyvä siirtymävaihe odotettaessa polttokenno-, vety- tai sähköauton laajamittaista käyttöönottoa. Näistä tosin sähköauto olisi jo teknisesti toteutuskelpoinen ja ympäristövaikutusten vähäisyydessä ylivoimainen, jos sähkö tuotettaisiin ilman hiilidioksidipäästöjä. Vaihtoehtoiset polttoaineet, sähkö ja hybridi ovat varmasti tulleet jäädäkseen. Mikä on tulevaisuuden polttoaine ja voimanlähde, siitä ei

ole kenelläkään vielä oikeaa vastausta annettavana. Hybridiautot yleistyvät liikenteessä hitaasti, mutta varmasti. Suosion kasvua on toistaiseksi hillinnyt muun muassa niiden korkeahko hankintahinta ja rajattu valikoima valmistajissa sekä malleissa, joita Suomeen on tuotu. Tuotantomäärien kasvaessa ja mallien lisääntyessä asiakashinnatkin laskevat ja autot yleistyvät liikenteessä.

### 3.2 Sähkön historia autojen käyttöjärjestelmänä

Autoilun historian alun voidaan katsoa lähteneen vuodesta 1705, ensimmäisen taloudelliseen käyttöön soveltuvan höyrykoneen rakentamisesta. Autojen esiasteena olivat tykinvetoon tarkoitettut kolmipyöräiset höyryvaunut, jotka siis olivat ensimmäisiä oman voimanlähteensä avulla kulkevia ja ohjattavia ajoneuvoja. Vuonna 1875 itävaltalainen Siegfried Liepmann Marcus kehitti käyttökelpoisen polttomoottorin avulla toimivan ajoneuvon, polttomoottorin oli patentoinut ja julkaissut ranskalainen insinööri Alphonse Beau de Rochas vuonna 1862 (Autotieto 2013). Auton yleistymisen ja sen kehittyminen teolliseen tuotantoon soveltuvaksi kuuluu kuitenkin saksalaisille Gottlieb Daimlerille ja Carl Friedrich Benzille ja ensimmäinen auto, merkiltään Benz, patentoitiin 29.1.1886. Autojen määrä onkin siitä lähtien kasvanut jatkuvasti, ja auto on vakiinnuttanut paikkansa suosituimpana kulku- ja kuljetusvälineenä (Sparke 2005, 8).

Sähkö autojen voimanlähteenä ei ole uusi keksintö, ja sähköautojen historia onkin suunnilleen yhtä pitkä kuin polttomoottoriautojen. 1830-luvulla keksittiin ja patentoitiin sähkömoottori, ja hyvin nopeasti sen jälkeen skotlantilainen Robert Anderson kehitti ensimmäisen alkeellisen sähköllä kulkevan kulkuvälineen. Autojen kehittelyn alkuvuosina olivat sähköautot hyvin suosittuja, koska polttomoottoriautot olivat melko alkeellisia. Lyijyakun keksiminen mahdollisti ensimmäisten kaupallisten sähköajoneuvojen käyttöönoton Pariisissa ja Lontoossa 1880-luvulla. Sähköauton kehitys kulki eteenpäin polttomoottoritekniikan kanssa samassa vauhdissa, ja etenkin Yhdysvalloissa sähkö oli merkittävä voimanlähde autoissa 1800-luvun lopulla ja vuosisadan vaihteessa. Myös valmistajia oli useita, ja esimerkiksi Anthony Electricin, Baker Electricin, Detroit Electricin ja valmistamat sähköautot myivät vielä 1900-luvun alun USA:ssa polttomoottoriautoja paremmin. Polttomoottoritekniikka teki kuitenkin ohimarssin 1920-luvulla sähköautoista etenkin nopeuden ja tehon kannalta, ja ensimmäinen maailmansota ratkaisi kilpailun polttomoottorin hyväksi, sähköautot sopivat huonosti sodankäynnin vaatimuk-

siin. Sen sijaan polttomoottorilla varustettujen kulkuvälineiden, etenkin kuorma-autojen, kysyntä nousi räjähdysmäisesti. Sähköautot katosivatkin pitkäksi aikaa muualta paitsi Englannista, jossa niitä on ollut käytössä runsaasti mm. maidonjakeluautoina 1960-luvulla. (Bellis 2006.)

Myös Suomessa sähköautojen historia on alkanut jo yli sata vuotta sitten. Suomen ensimmäisen sähköauton käyttäjä ja omistaja oli Helsingin palokunta vuonna 1909. Sähköauto kulki 35 kilometriä tunnissa ja yhdellä latauksella pääsi jo tuolloin yli 25 kilometriä. Sähköpaloauto palveli palokuntaa aina vuoteen 1927 saakka jolloin polttomoottorikalusto korvasi sen ollessaan palontorjuntaan parempi vaihtoehto suuremmalla teholla ja toimintasäteellä. (Kuva 1.)

Uusi tuleminen sähköautoille kesti pitkään. Muutamia kehitysaskelia ja yksittäisiä sähköautoja on rakennettu lähes koko autoilun historian ajan, mutta vasta vuonna 1990 General Motors esitteli Impact -nimisen sähköauton prototyypin, joka myöhemmin nimettiin EV1:ksi. Tällä GM sai Kalifornian ilmanlaadusta vastaavat viranomaiset vakuuttamaan sähköautoista. Niiden tekninen valmiusaste oli hyvä, ja kehitystyöllä oli saatu aikaan todellinen vaihtoehto polttomoottoriautolle kaupunkiolosuhteissa. Viranomaiset asettivat tämän johdosta lain, joka velvoitti autovalmistajaa tuottamaan myyntiin tietyn kiintiön verran nollapäästöistä eli käytännössä sähköä voimanlähteenään käyttävää ajoneuvoa. (Sähköautot!-Nyt! 2013.)

Myöskään hybridit eivät ole uusi asia autonvalmistajille, vaikka vasta muutamien edellisten vuosien aikana niistä on alettu puhua vakavasti otettavana voimanlähdemuotona. Hybridin alkutaival on otettu Japanissa, Toyota aloitti hybridiprojektinsa jo vuonna 1965. Projekti suunniteltiin ja toteutettiin kaasuturbiinilla, joka tuotti hybridiauton sähkömoottorin tarvitseman sähköenergian. Tekniikka asennettiin Toyotan pieneen ja kevyeen urheiluautoon, tämä prototyyppi esiteltiin yleisölle Tokion autonäyttelyssä vuonna 1975. Tästä meni kuitenkin vielä yli 20 vuotta, ennen kuin varsinainen hybridiauton tuotantomallin prototyyppi nähtiin julkisuudessa. (Toyota Auto Finland 2014.)

Euroopassa voidaan pitää vuosia 2011 ja 2012 hybriditeknologian esiintulon ajankohtana. Autoalan ja tekniikan lehdistä voi jokainen huomata autovalmistajien kilpailun hybridiautomarkkinoilla, lähes jokaiselta suurelta merkiltä löytyy jo mallistostaan uusia hybridiratkaisuja.



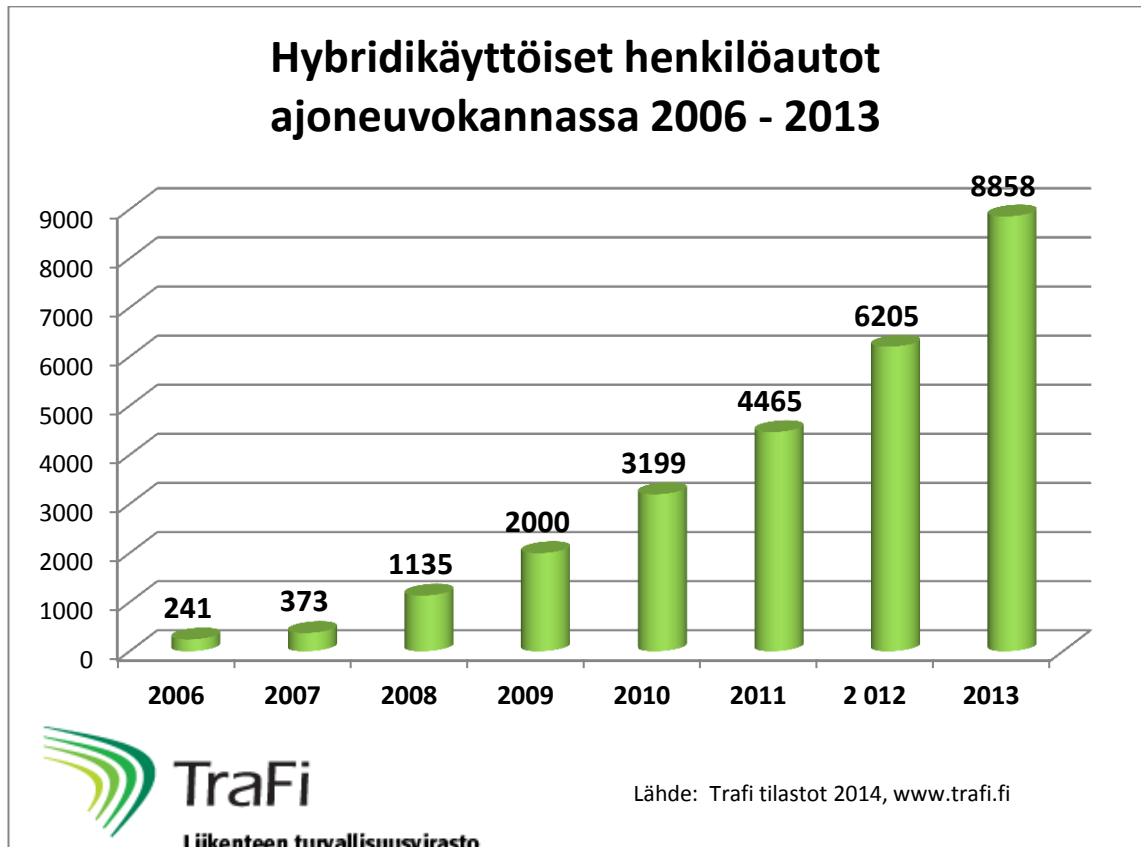
Kuva1. Suomen ensimmäinen sähköauto Helsingin palokunnalle 1909, kuva Signe Brander, 1909, Helsingin kaupunginmuseon kokoelmat

### 3.3 Hybridiautot Suomessa

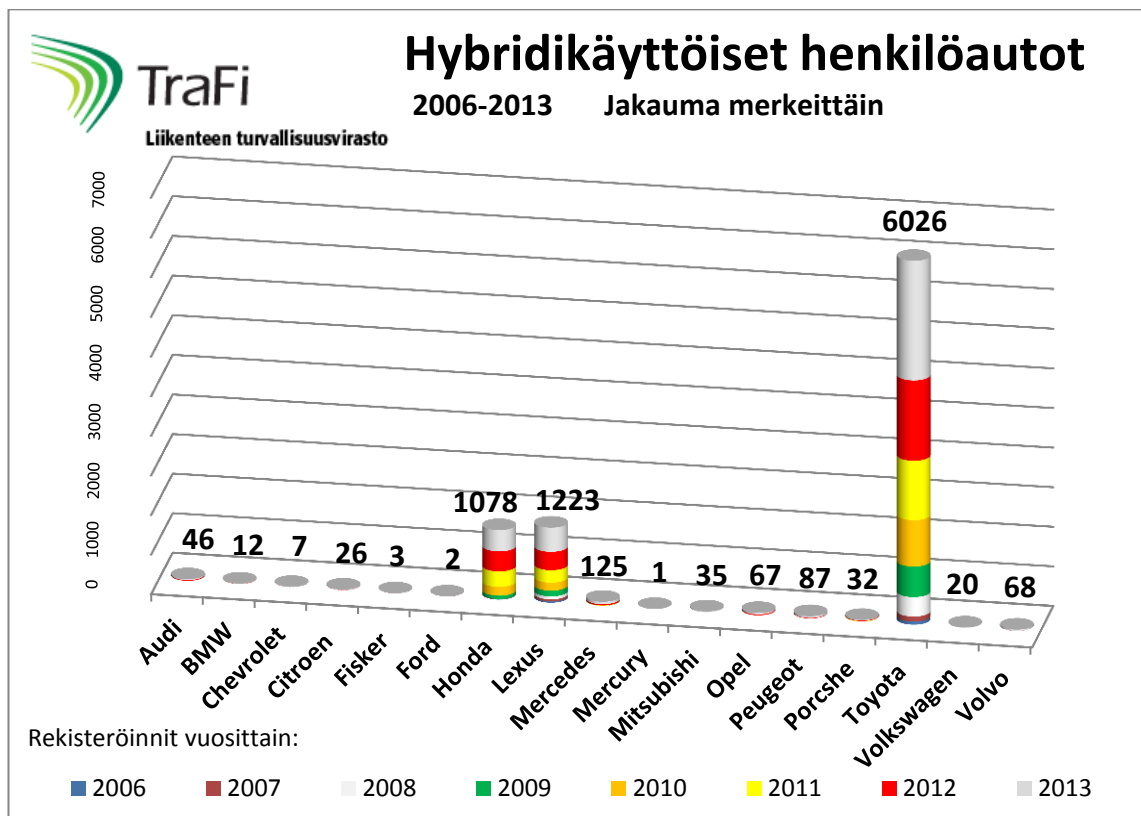
Hybridiautojen ja muiden vaihtoehtoisia käyttövoimia hyödyntävien autojen osuus liikenteessä olevista ajoneuvoista on kasvanut Suomessa viime vuosina huomattavasti. Trafín tilastojen mukaan hybridikäyttöisiä henkilöautoja oli viime vuoden lopussa 0,2 prosenttia Suomen kaikista henkilöautoista, mutta määrällisesti tarkasteltuna kasvu on kuitenkin ollut nopeaa. Hybridihenkilöautoja oli viime vuoden lopussa liikenteessä yli 8700, mikä on 43 prosenttia edellisvuotta enemmän. (Trafi-tilastot 2014.) (Kuva 2)

Kuvasta 2 havaitsee, että hybridikäyttöisten henkilöautojen rekisteröintimäärät ovat Suomessa kasvaneet vuosi vuodelta rajusti. Kun vielä vuonna 2006 sekä sähkö- että polttomoottoria käyttäviä hybridiautoja oli 241 kappaletta, viime vuoden loppuun mennessä autoja oli maamme teillä 8858 kappaletta. Näiden lähes yhdeksän tuhannen yksilön lisäksi määrää kasvattaa käytettynä maahan tuodut autot, paketti- ja kevytkuorma-autot sekä hyötyajoneuvot. Näiden lisäyksellä, kokonaismäärä on jo lähes 10 000 yksilöä. (Trafi-tilastot 2014.)

Kuvan 3 taulukon tuloksista näkee suosituimman hybridiauton Suomessa olevan yhä edelleen Toyotan Prius, joita Trafín tilastojen mukaan oli vuoden 2013 loppuun mennessä liikennekäytössä 3248, ja joista ladattavia plug-in – hybridejä 117 autoa. Toiseksi suosituin oli saman merkin Auris HSD 2011 autolla ja kolmostilalla oli Yaris 759 määrällä. Viime vuoden ensirekisteröintien perusteella suosituimmaksi tuli jo toista vuotta peräkkäin Auris HSD, joita rekisteröitiin 1065 autoa ja Yarista toiseksi suosituimpana puolestaan 535. Sen jälkeen tulee suuri ero rekisteröintimäärissä, reiluun sataan yksilöön nousee Prius Plus ja Lexus IS300H. (Trafi-tilastot 2014.)



Kuva 2. Hybridikäyttöisten henkilöautojen määrä Suomen ajoneuvokannassa



Kuva 3. Suomen hybridikäyttöiset henkilöautot, määrät merkeittäin



### 3.4 Lait ja määräykset

Suomen maanteillä liikkuvista ajoneuvoista säädetään ajoneuvolaissa 11.12.2002/1090 niiden;

- 1) luokitusta;*
- 2) rakennetta, hallintalaitteita, varusteita, järjestelmiä, osia ja erillisiä teknisiä yksiköitä;*
- 3) ympäristöominaisuuksia;*
- 4) hyväksymistä liikenteeseen ja rekisteröintiä;*
- 5) määräaikaisia ja muita ajoneuvon kunnan ja rekisteriin merkittyjen tietojen tarkastamiseksi ja muuttamiseksi suoritettavia katsastuksia.*

Nämä koskevat kaikkia maassamme rekisteröityjä ja käytössä olevia autoja käyttövoimasta riippumatta.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 19.12.2002/1248 pykälässä 18 a § (30.9.2011/1064) on listattuna sähkökäyttöisen ajoneuvon vaatimukset.

*1. Sähköisellä voimansiirtojärjestelmällä varustetun M- ja N- luokan ajoneuvon, jonka suurin rakenteellinen nopeus on vähintään 25 kilometriä tunnissa ja jonka käyttöjännite on tasajännitteellä vähintään 60 voltia tai vaihtojännitteellä vähintään 30 voltia, riittävänä osoituksena sähköisen voimansiirtojärjestelmän turvallisuuden vaatimustenmukaisuudesta yksittäishyväksynnässä, muutokatsastuksessa tai muun kuin EY-tyyppihyväksytyyn voimansiirtojärjestelmältään muuttamattoman ajoneuvon rekisteröintikatsastuksessa hyväksytään, jos ajoneuvon osoitetaan täyttävän vähintään E-sääntöä 100 vastaavat vaatimukset tai vastaavat aiemmassa rekisteröintimaassa voimassa olevat tekniset vaatimukset sähköturvallisuuden osalta. Jos ajoneuvo on otettu ensi kertaa käyttöön ajankohtana, jolloin E-säännön 100 jonkin muutossarjan vaatimuksien soveltaminen uusiin ajoneuvoihin oli pakollista Euroopan unionin lainsäädännön nojalla, ajoneuvon tulee yksittäishyväksynnässä, rekisteröintikatsastuksessa ja muutokatsastuksessa vastata vähintään mainitun muutossarjan tai sitä uudemman muutossarjan vaatimuksia.*

*2. Sähköisellä voimansiirtojärjestelmällä tarkoitetaan tässä asetuksessa järjestelmää, johon kuuluvat yksi tai useampi ajomoottori, uudelleen la-*

*dattava energiavarasto, ajosähköenergian säätöjärjestelmä, apusähköjärjestelmien muuntimet, näihin liittyvät johdinsarjat ja liittimet sekä energiavaraston lataukseen tarvittava kytkentäjärjestelmä.*

*3. Muun kuin voimansiirtojärjestelmältään muuttamattoman EY-tyyppihyväksytyyn ajoneuvon tulee palo- ja pelastustilanteita varten olla varustettu ajoneuvosta ulospäin näkyvällä riittävän selkeällä sähkökäyttöä ilmaisevalla merkinnällä. Tämä merkintä ei kuitenkaan korvaa korkeajännitteisiä osia koskevia, E-säännön 100 mukaisia jännitevaarasta kertovia merkintöjä.*

*4. Edellä 1 momentissa tarkoitetuista vaatimuksista poiketen ajoneuvon eristysresistanssia koskeva mittaus voidaan tehdä normaalissa ulkoilman kosteudessa ilman vakautusta.*

*5. Osoituksena 1–3 momentissa mainittujen vaatimusten täyttymisestä rekisteröinti- ja muutokatsastuksessa sekä yksittäishyväksynnässä hyväksytään vähintään nimetyn tutkimuslaitoksen tai hyväksytyyn asiantuntijan vaatimukset tai ilmoitetun laitoksen vaatimukset täyttävän testaaajan selvitys. Muutokatsastuksessa osoituksena vaatimusten täyttymisestä hyväksytään myös käyttöönottopöytäkirja siltä, jolla on sähköpätevyys ja joka itse on vastannut ajoneuvon muutosten tekemisestä tai Turvallisuus- ja kemikaaliviraston valtuuttaman tarkastuslaitoksen tai tarkastajan lausunto.*

Tässä asetuksessa tulee esiin tässä opinnäytetyössä käsiteltäviä aiheita, muun muassa korkeajänniteosien merkinnästä sekä sähkö- eli hybridauton rakenteesta.

Sähkötöitä koskeva lainsäädäntö määräytyy työturvallisuuslain ja sähkötyöturvallisuuslain perusteella. Sähköturvallisuuslain mukaan sähköalan sääntely kuuluu Suomessa Työ- ja elinkeinoministeriölle ja sähköturvallisuuden valvonnasta vastaa turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Sähköturvallisuuslakia täydentää vuonna 1996 sähköturvallisuuslain nojalla tehty päätös KTMP 516/1996 sekä sen lisäys KTMP 1194/1999. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tietyllä jännitealueella toimivia sähkölaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä 2006/95/EY asettaa jäsenmaiden lait samalle tasolle.

Pelastuslaitosta ei suoranaisesti työssään koske sähkötyölait, koska virta pyritään katkaisemaan aina ennen sähkölaitteiden läheisyydessä työskenneltäessä. Sähköauto tekee siihen ongelman, koska sähkömiestä ei saa tien päälle nopeasti tekemään onnettomuus-

ajoneuvoa virrattomaksi vaan pelastushenkilöstöllä on oltava osaamista itsellä toimimiseen tällaisessa tilanteessa. Huolto- ja korjaustoimintaa varten luotiin järjestelmä, sähköautopätevyys 3 -luokitusta, jonka mukainen tutkinto sähkö- ja hybridautojen korjaukset ja huollot suorittavalla tai työtä valvovalla tulisi olla.

Työturvallisuuslaki 738/2002 39 § ottaa kantaa sähköturvallisuuteen vain toteamalla, että ”*Sähkölaitteista, sähkön käytöstä ja staattisesta sähköstä johtuvan vaaran tulee olla mahdollisimman vähäinen.*” Sähkölaitteista ja niiden turvallisuudesta sekä sähkötyön turvallisuudesta on säädetty erikseen sähköturvallisuuslaissa, ja työturvallisuuslain 2 §:n nojalla näitä erityisiä sähkölaitteistoja ja sähkötyöturvallisuutta koskevia säännöksiä pitää noudattaa. Työturvallisuuslain 10 § ottaa kantaa sähköturvallisuuteen yleisesti tässä työssä esiintyviin riskitekijöihin toteamalla, että ”*työnantajan on työn ja toiminnanluonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvítettävä ja tunnistettava työstä, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät sekä, milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle.*”

Sähköturvallisuuslaki 410/1996 määrittelee sähköturvallisuusviranomaisen roolin, kuten aiemmin TUKESia käsittelevässä kappaleessa mainitussa sähköturvallisuuslain 26§:ssä on säädetty ja siitä KTM:n päätöksen 516/1996 mukaan täydennetty.

SFS 6002 -standardin mukaan jokaiselle sähköalalla työskentelevälle henkilölle on annettava yleinen sähkötyöturvallisuus koulutus, jossa käsitellään sähkön aiheuttamia vaaroja ja sähköistä johtuvia tapaturmia sekä sähkötyöturvallisuutta koskevia keskeisiä säädöksiä ja sähkötyöturvallisuusstandardia. Tietojen ymmärtäminen on varmistettava kuulustelulla eli kokeella ja koulutuksesta on annettava todistus. Sähkötyöturvallisuus koulutus on myös uusittava viidenvuoden välein, ja tämä koskee myös korjaamoissa tapahtuvia sähkötöitä. (Linja-aho, 64.)

Suomen lainsäädäntö ei tunne suoraan hybridaajoneuvoa käsitteenä ja siksi seuraavassa tekstissä viitataan sähköautoon, joka on lainsäädännössä tunnettu käsite. Sähköturvallisuuslakeja ja asetuksia laadittaessa on ne pääosin kohdistettu sähkönjakelujärjestelmiin, teollisuuden sähköjärjestelmiin ja kiinteistöjen sähköjärjestelmiin sekä kaikkiin edellä mainittuihin kuuluviin laitteisiin. Hybridaajoneuvojen huolto- ja korjaustöissä ovat voimassa kaikki säädetyt sähköturvallisuuslait ja -määräykset. Lisäksi on säädetty erillisiä sähköturvallisuusmääräyksiä muun muassa laivasähköasennuksiin sekä hissien asen-

nuksiin ja huoltoihin. Vuonna 2012 hybridi- ja sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotoiminnasta vastaavalle työnjohtajalle määrättiin koulutus, joka antaa rajoitetun sähköpätevyyden luokassa S3. (SFS standardisarja 6002.)

Sähköturvallisuuslaki 410/1996 määrää sähkö- ja hybridiautojen, joissa on yli 120 voltin korkeajännitejärjestelmä, korjaus- ja huoltotoimintaa suorittavien korjaamojen rekisteröitymisen Tukesin "sähköurakoitsijarekisteriin". Rekisteröidyttyessä yrityksen tulee nimetä sähkötöiden johtaja jolla on hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu sähköpätevyystodistus 3.

Sähköalan töiden tekemisen edellytyksenä on aina riittävän laaja ja soveltuva sähköalan koulutus. Sähköasennuksia tekevän toiminnanharjoittajan palveluksessa on oltava sähkötöiden johtaja, jonka pätevyysvaatimukset on määritelty KTM-asetuksessa 516/1996. Nämä pätevyysvaatimukset määrittelevät sen, että kyseisellä henkilöllä on soveltuva sähköalan koulutus, riittävän laaja-alainen sähköalan työkokemus sekä sähköturvallisuustutkinto suoritettuna. Sähköpätevyudet jaetaan asetuksessa kolmeen luokkaan:

- Sähköpätevyys 1 oikeuttaa vastaamaan kaikista sähkötöistä.
- Sähköpätevyys 2 oikeuttaa vastaamaan sähkötöistä enintään 1000 V sähkölaitteistoissa.
- Sähköpätevyys 3 oikeuttaa vastaamaan enintään 1000 V sähkölaitteiden korjauksista.

Autoalalla tällainen koulutus vaaditaan siis korkeajännitejärjestelmien parissa työskenteleville mekaanikoille ja työnjohdolle sekä esimerkiksi mekaanikkoja puhelinpalvelussa neuvoville asiantuntijoille eli standardin mukaan työnjohto-, käyttö- ja asiantehtävissä toimiville henkilöille. Hybridi- ja sähköajoneuvojen neuvottelukunta suosittelee, että kaikille henkilöille, jotka työskentelevät korjaamotilassa, jossa korjataan hybridi- tai sähköajoneuvoja, annetaan edellä mainitun mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus.

Yksinkertaisiin huolto- ja korjaustoimenpiteisiin, kuten renkaiden, polttimoiden ja nesteiden vaihtoon, tällaista koulutusta ei vaadita. Kuitenkin tällaisiin tehtäviin määrätty on opastettava turvalliseen työskentelyyn korjaamalla. Pelastushenkilöstölle ei ole missään laissa, asetuksessa tai standardissa siis asetettu mitään vaatimuksia, kun taas autotalossa jokainen yksittäinen myyjä ja sihteerit joutuvat suorittamaan vähintään ensiapukurssin ja

perehdytyksen aiheeseen. (Kimmo Vuorela, keskustelu 7.3.2014; Sähköautot 2013; Sähköala 2013)

Vain vähäistä vaaraa tai haittaa aiheuttavia töitä, joita maallikko saa tehdä ilman tutkintoja, ovat esimerkiksi enintään 250 V nimellisjännitteisten liitosjohtojen huolto-, asennus- ja korjaustyöt, enintään 50V vaihtojännitteiset tai 120 V tasajännitteisiin laitteistoihin kohdistuvat sähkötyöt sekä omaan käyttöön rakennettujen sähkölaitteiden korjaaminen silloin, kun se liittyy sähköalan harrastustoimintaan. Päätös sisältää myös muita määräyksiä sähkötyöturvallisuudesta. (Sähköautot 2013; Sähköala 2013)

Kaikille hybridi- ja sähköajoneuvojen huollossa ja korjauksissa työskenteleville on annettava SFS 6002:n mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus, johon kuuluu loppukoe ja kuulustelu osaamisesta ja josta annetaan erillinen pätevyys todistus. SFS 6002 sähkötyöturvallisuuskoulutus loppukokeineen on kuitenkin eri asia kuin autoalan rajoitettu S3-sähköturvallisuustutkinto. Pelkän SFS 6002 koulutuksen perusteella ei myönnetä henkilölle sähköpätevyydestä. Sähkölaitteen käyttöjännitteen ylittäessä 120 voltia tasavirtaa tai 50 vaihtovirtaa, sen korjaustyöt ovat luvanvaraisia ja edellyttävät sähköpätevyys kolme -luokan oikeuksia. Tämän lisäksi ovat Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) sääntö nro 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimajärjestelmään sovellettavien erityisvaatimusten osalta. UNECE R100 määrittää sähkö- ja hybridiautojen vaatimustenmukaisuuden ja turvallisuuden minimitason. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) hyväksyy AKL-Sertifiointi Oy:n hallinnoimaan hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitetun S3:n sekä SFS 6002 –standardin mukaisia tutkintoja. Standardi SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus antaa perusteet turvalliselle sähkötyölle, ja kaikkien sähköalan ammattilaisten pitää tuntea standardin sisältö.

EU:n pienjännitedirektiivi (2006/95/EY) koskee sähkötöitä 50–1000 voltin jännitteellä vaihtovirralla ja tasavirralla 75–1500 voltin jännitteellä. Laitteiden sisäiset jännitteet voivat olla näitä suurempia. Sähköturvallisuuslaki 410/1996 sisältää edellä mainitun direktiivin vaatimukset ja asettaa pätevyudet asennustoiminnalle sekä muulle toiminnalle. Sähköturvallisuusasetus 498/1996 tarkentaa lakia, lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 1193/1999 joka ei koske kulkuneuvojen sähkölaitteita, mutta sen liitteenä oleva "Olennaiset turvallisuusvaatimukset" on kattava ohje silloin kun muista asetuksista ja määräyksistä ei löydy vastausta.

Seuraavaan taulukkoon on merkitty vaatimukset tarvittavasta osaamisesta hybridi- ja sähköautotekniikassa standardin SFS 6002 mukaisesti.

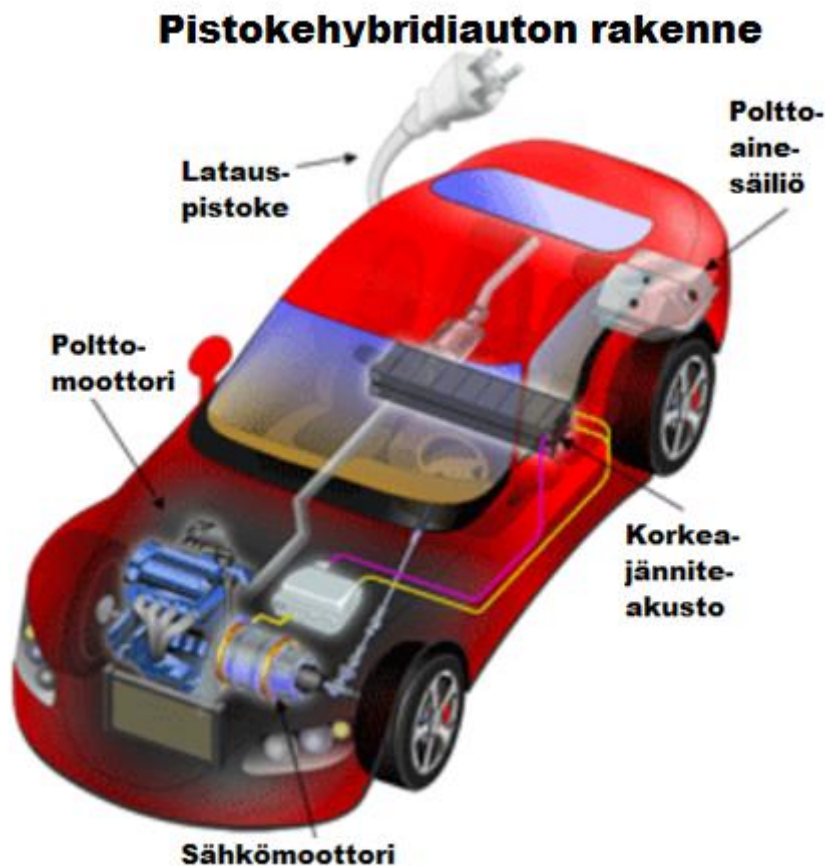
Sähkötöiden johtaja (1)	Tyonaikainen sähköturvallisuuden valvoja (2)	Opastettu henkilö (3)	Muu henkilö
Ammattihenkilö (4)	Ammattihenkilö	Tiettyyn työhön opastettu henkilö (esimerkiksi korimekaanikko)	Henkilöt, jotka voivat joutua tekemisiin tuotteen kanssa (esim. automyyjät, varaosamyyjät, auton käyttäjät, siivoojat.)
	Aina paikalla		
SFS 6002 sovellettuna autoalalle + koe (5)	SFS 6002 sovellettuna autoalalle + koe (5)	SFS 6002 sovellettuna autoalalle + koe (5)	Perehdytys: Sähkön vaarat ja toiminta onnettomuustilanteessa (SFS 6002)
Ensiapukoulutus	Ensiapukoulutus	Ensiapukoulutus	
Mallikohtainen tuotetuntemus	Mallikohtainen tuotetuntemus	Mallikohtainen tuotetuntemus	
Valtakunnallinen rajoitettu S3-koe ja rajoitettu S3 sähköpätevyys (6)	Suositus: Valtakunnallinen rajoitettu S3-koe		

Kuva 4. SFS 6002 vaatimukset

### 3.5 Rakenteet

Sekä sähkö- ja hybridautoa voidaan pitää sähköautoina. Opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin pääasiassa hybridautoon. Sähkö- ja hybridaajoneuvon erona on se, että sähköauto käyttää liikkumiseen pelkästään sähkömoottoria, kun taas hybridauto varustetaan sekä sähkö- että polttomoottorilla. Hybridauto siis käyttää liikkumiseen enimmäkseen polttomoottorista saamaa energiaa ja sähkömoottorin käytöllä parannetaan polttomoottorin hyötysuhdetta. (Sähköajoneuvot Suomessa 2009, 11–12.)

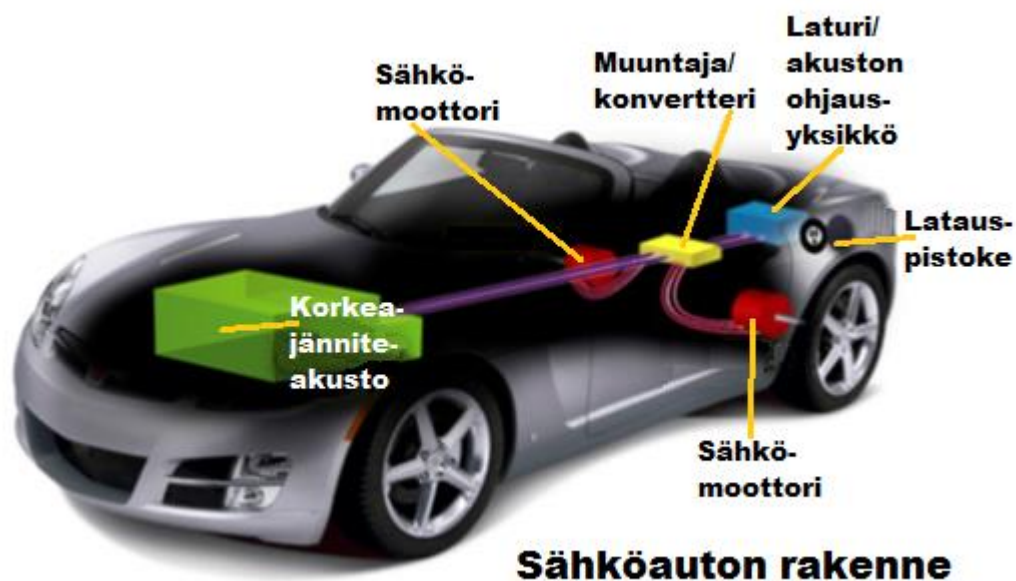
Pistokehybridi tarkoittaa hybridautoa, jonka akut voidaan ladata täyteen ulkoisesta virtälähteestä samaan tapaan kuin sähköautossa. Liikkeelle lähettäessä akut täynnä, voidaan lisätä sähkömoottorin käyttöä ja vähentää näin polttonesteiden kulutusta ja sitä kautta päästöjä. Pelkällä sähkömoottorilla ajaessa ei auton moottori synnytä lainkaan hiilidioksidipäästöjä. Pistokehybridistä käytetään myös nimitystä ladattava hybridi sekä englanninkielestä johdettuja nimiä plug-in hybridi tai lyhennettä PHEV (plug-in hybrid vehicle). Kuvassa 5 on esitettyä tyypillisimmän pistokehybridauton rakenne sekä toimintaperiaate. (Sähköajoneuvot Suomessa 2009, 45–47.)



Kuva 5. Pistokehybridin (Plug-In-Hybrid) rakenne ja toimintaperiaate

Sähköautossa kaikki auton liikuttamiseen vaadittava teho synnytetään yhdellä tai useammalla sähkömoottorilla. Sähköauto ei siis tuota ajon aikana päästöjä lainkaan, lisäksi sähköauton moottori on lähes äänetön. Sähkömoottori tuottaa huipputehon heti alakierroksilta lähtien, sähköautossa ei tarvita vaihteistoa. Käytännössä lähes kaikki apulaitteet on muutettu sähköisiksi. Sähköautossa on kuitenkin yleensä myös 12 voltin käyttöakku ja tehokkaampi ajamiseen käytettävä akku. Kuvassa 6 on esitettyä takapyörävetoisen napamoottoreilla varustetun sähköauton perusrakenne ja toimintaperiaate.

Teknisesti sähköauto on melko yksinkertainen, mutta yleistymistä hidastaa vielä kallis akkuteknologia, lisäksi ajomatkat ovat toistaiseksi melko lyhyitä, 100 – 200 kilometriä. Akkujen lataus tavallisesta verkkovirtalähteestä vie noin 4 - 8 tuntia. Pikalataustekniikoita on jo olemassa, mutta niiden toteutukset ovat vielä harvinaisia. Ympäristöystävällisyyden lisäksi sähköauton etuna ovat edulliset käyttökustannukset, ajaminen maksaa vain muutaman sentin kilometriä kohden. (Kuisma, 3-5)



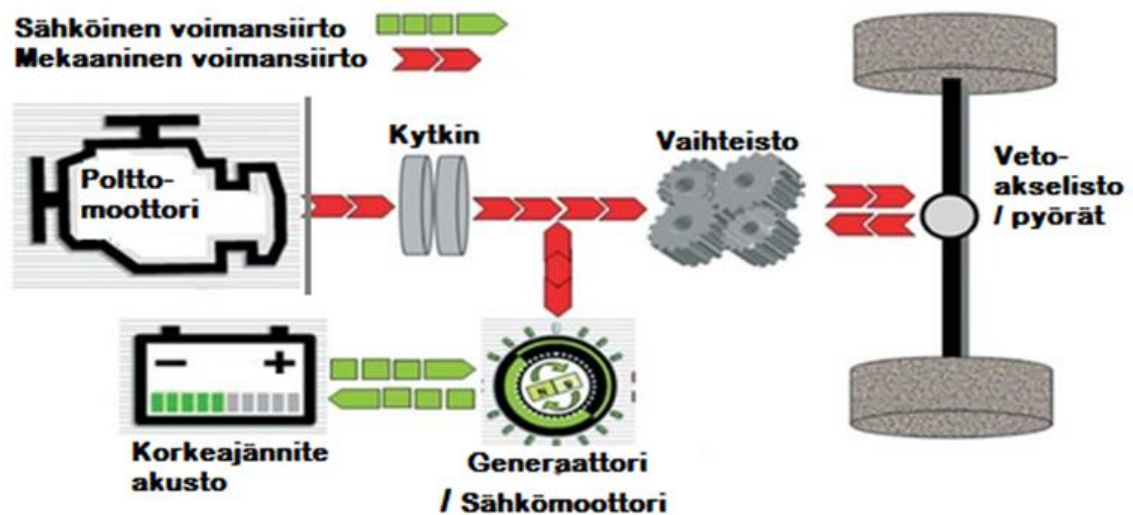
Kuva 6. Sähköauton perusrakenne ja toimintaperiaate

Hybridiautoja on tullut viime vuosina lähes kaikilta autovalmistajilta ja joiltakin useita eri malleja. Kaikissa hybridiautoissa on kaksi käyttöjärjestelmää, useimmin sähkömoottorin yhdistelmänä on bensiini- tai dieselkäyttöinen polttomoottori. Kaksi yleisintä tekniikkaa, joita autovalmistajat käyttävät, ovat rinnakkaishybridi ja sarjahybridi.



Rinnakkaishybridi on hybridauto, joka käyttää sähkömoottoria ja polttomoottoria samanaikaisesti eli rinnakkain, ja ne molemmat tuottavat ajamiseen tarvittavan tehon. Polttomoottori on yleensä pääasiallinen voimanlähde, jota sähkömoottori tukee tarvittaessa, esimerkiksi kiihdytyksissä, joissain tilanteissa esimerkiksi liikkeelle lähtö voi tapahtua käyttämällä vain sähkömoottoria. Sähkömoottoreita autoissa on yleensä vain yksi, joka toimii tilanteen mukaan joko lisävoimanlähteenä tai generaattorina. Rinnakkaishybridissä tyypillisesti sähkömoottori tarjoaa vain lisätehoa kiihdytyksissä ja kerää vastaavasti energiaa talteen jarrutuksissa, tasaisessa ajossa sähkömoottori toimii generaattorina ja varastoi sähköenergiaa akustoon. (Lagunoff 2008, 80 - 82.)

## Rinnakkaishybridin voimansiirto



Kuva 7. Rinnakkaishybridin voimansiirron kaavakuva

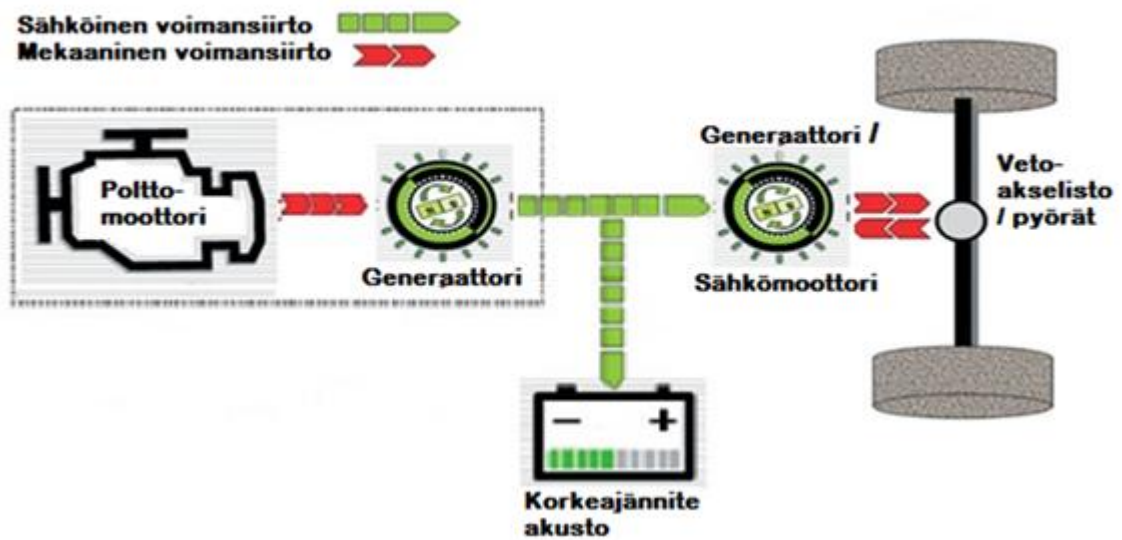
Rinnakkaishybridillä ei yleensä pysty ajamaan pelkällä sähkömoottorilla, vaan polttomoottori on aina käynnissä, tällaisesta rinnakkaishybridistä käytetään myös nimitystä kevythybridi. Kun poltto- ja sähkömoottori osallistuvat molemmat käyttövoiman tuottamiseen, voidaan voimanlähteet mitoittaa hieman pienemmiksi. Kuvassa 7 on esitettyä rinnakkaishybridin voimansiirron periaatteet piirroskuvana.

Jos akkua ei käytetä ainoana käyttöjärjestelmänä, voidaan sekin mitoittaa pienemmäksi kuin sarjahybridissä. Rinnakkaishybridillä on mahdollista ajaa myös pelkällä sähkövoimalla, mikäli polttomoottori voidaan irrottaa voimansiirrosta esimerkiksi kytkimen avulla ja autossa on riittävän tehokas sähkömoottori sekä akusto. Rinnakkaishybridijärjestelmää hyödynnetään henkilöautojen lisäksi muun muassa hybridibusseissa.. (Ekobii-li 2013)

Sarjahybridiksi kutsutaan ajoneuvoa jossa sähkömoottori tuottaa kaiken auton liikuttamiseen tarvittavan tehon ja polttomoottoria käytetään pyörittämään generaattoria, joka tuottaa virtaa suoraan sähkömoottorille ja lataa akkua tasaisessa ajossa. Kuvassa 8 on esitetty sarjahybridin voimansiirron rakenne ja toimintaperiaate. Hybridikäyttöiset linja-autot ovat sarjahybrideitä, kaupunkiliikenteessä tämä tarjoaa puhtaan vaihtoehdon koska polttomoottorilla ajoa voidaan vähentää muun muassa liikkeellelähdoissä.

Sarjahybridissä voidaan käyttää polttomoottoria koko ajan parhaalla mahdollisella käyntinopeudella, ja sillä saavutetaan paras mahdollinen hyötysuhde. Sarjahybridin huonona puolena on tehohäviö liike-energian muuttamisesta sähköiseen muotoon ja takaisin liike-energiaksi. Sarjahybridin rakenne on yksinkertaisempi kuin rinnakkais-hybridissä, mutta sähkömoottorin pitää olla tehokkaampi jotta sen teho riittää liikuttamaan ajoneuvoa. Mikäli sarjahybridissä on tarpeeksi tehokas akku, voidaan autolla ajaa myös pelkällä sähkömoottorilla polttomoottori sammutettuna, jolloin auto ei synnytä lainkaan päästöjä. (Ekobiili 2013.)

## Sarjahybridin voimansiirto



Kuva 8. Sarjahybridin voimansiirron kaavakuva

Sähköauto jossa on polttomoottori, on siis periaatteessa sarjahybridi silloin, kun polttomoottori on käynnissä. Sarjahybridillä ajomatka onkin paljon pidempi kuin pelkällä sähkömoottorilla varustetulla täyssähköautolla, koska se pystyy itse lataamaan itseään ilman ulkoista sähköenergian syöttöä. Sarjahybridin perusrakennetta on hyödynnetty jo pitkään muun muassa laivoissa, sukellusveneissä ja vetureissa. (Lagunoff 2008, 82 - 83)

### 3.6 Tekniikka

Hybridi- ja sähköautojen tekniikassa on muutamia huomioitavia asioita joita voi pitää ns. ”nyrkkisääntöinä”:

- Korkeajännitteiset kaapelit ja komponentit ovat värikoodiltaan oransseja
- Akusto on lähes aina sijoitettu auton takaosaan
- Kun turvavyyny laukeaa, tai korkeajännitepiiri menee oikosulkuun, myös korkeajänniteakuston virta yleensä kytkeytyy pois
- Joissain tapauksissa jo akuston suojakannen avaaminen kytkee virran pois päältä

(Fuhs 2009, 427)

Kuvassa 9 on esitettyä tyypillisin rinnakkaishybridiauton tekniikka, jossa polttomootori ja generaattori edessä konepeiton alla, voima välittyy mekaanisesti etupyöriin ja korkeajänniteakusto sijaitsee takana tavaratilan alla.

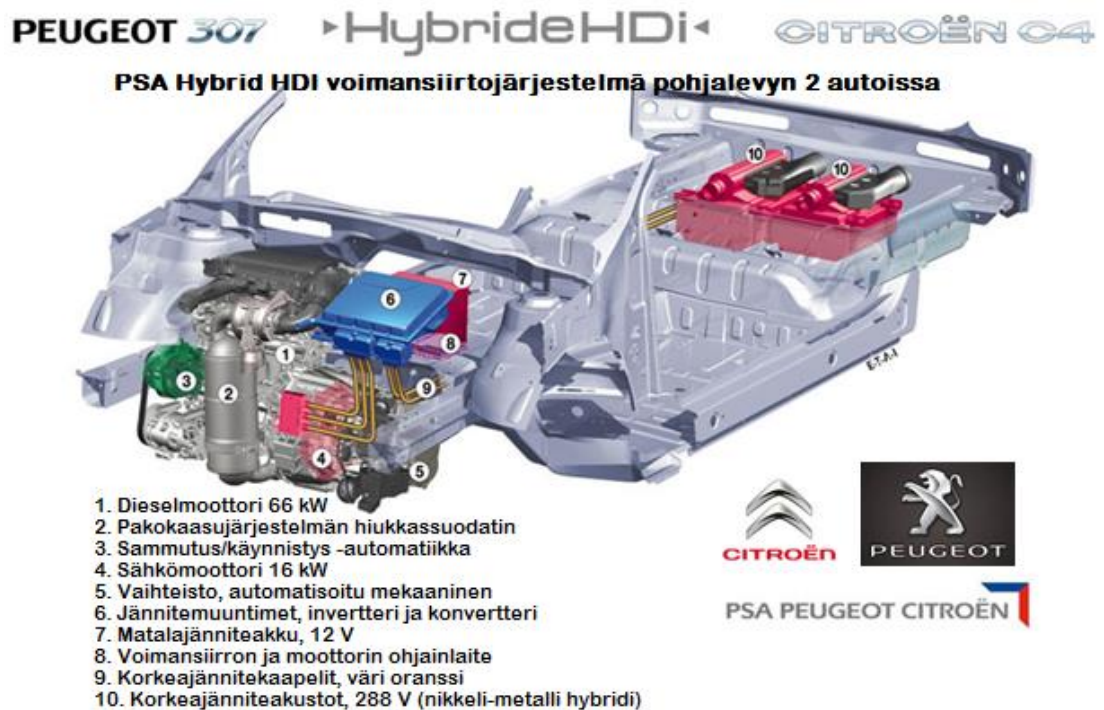
#### 3.6.1 Akut

Lyijyakku on vanhin käytössä oleva akkutyyppejä ja on parhaimmillaan ajoneuvokäytössä esimerkiksi käynnistysakkuna. Lyijyakusta on kehitetty paljon erilaisiin käyttötarkoituksiin sopivia versioita, kuten suurta virtaa tuottavia, tärinää kestäviä ja syväpurkauksesta toipuvia. Lyijyakun energiatiheys on pieni, ja sen vuoksi ne eivät sovellu sähköajoneuvojen ajoakkuiksi. (Ripatti 2011, 10)

Yleisin nikkeliakkutyyppejä on Ni-MH eli nikkeli-metallihybridi. Sitä käytetään vielä suurimmassa osassa hybridiautoja korkeajänniteakustona. Pelkästään sähköllä toimiviin ajoneuvoihin nikkeliakut eivät ole parhaita mahdollisia, koska ne ovat suurikokoisia painavia. Energiatiheys on parempi kuin lyijyakuilla, mutta huonompi kuin litiumakuilla. (Ripatti 2011, 10)

Litiumpohjaisten akkujen suosio sähköajoneuvoissa on kasvanut viime vuosina nopeasti. Suosio perustuu akun keveyteen ja muihin akkutyyppejä suurempaan energiatiheeseen. Tavoitteena on niiden energia- ja tehotehyyksien kasvattaminen entisestään, mutta sa-

malla etsitään myös uusia sähkö- ja hybridaajoneuvo käyttöön sopivia akkutyyppisiä. Autoissa käytettävä litiumakku on tyypiltään litiumioni, Li-Ion, muut litiumpohjaiset akut eivät toistaiseksi ole riittävän vakaita mm. tärinän kestoaltaan. (Ripatti 2011, 10)



Kuva 9. PSA Hybrid HDI

### 3.6.2 Korkeajännitekaapelit ja -laitteet

Korkeajänniteakuston jännite sähkö- ja hybridautoissa on 100 - 700 voltia akuston tyyppin ja auton valmistajan mukaan. Korkeajänniteakustot sijaitsevat tyypillisesti auton takaosassa tai pohjassa ja ovat suojatussa metallikotelossa. Autoissa on myös vähintään yksi perinteinen matalajänniteakku, yleensä 12 voltia, jota käytetään samalla tavalla kuin perinteisissä polttomoottoriautoissa. Korkeajännitekaapelit voi tunnistaa oransseista liittimistä ja johdon eristeistä, ja ne useimmiten kulkevat auton jäykässä rakenteessa, pelastushenkilöstö ei joudu tavanomaisessa onnettomuustilanteessa niiden kanssa kosketuksiin. Korkeajännitekaapelien kulkiessa pohjassa, autonkorin ulkopinnassa, myös ne voivat olla koteloitu tai kulkea suojakuoren sisällä, minkä vuoksi oranssia väriä ei pysty havaitsemaan. Mikäli onnettomuuteen joutunut ajoneuvo on saanut merkittäviä vaurioita ja korin rakenne on muuttunut ja vääntynyt siihen kohdistuvien voimien seurauksena, voivat korkeajännitepiirin osat olla vaurioituneet ja kosketuksissa auton korin kanssa. (Wargclou 2010, 40 - 41; Dunbar 2013, 44)

Kaikissa uusissa, nykyaikaisissa sähkö- ja hybridautoissa on omat turvajärjestelmänsä, kytkemällä 12 voltin matalajänniteakun virta pois myös korkeajännitepiiri poistuu käytöstä. Tämä ei kuitenkaan tapahdu aina nopeasti vaan auton ja sen vaurioiden mukaan virrattomaksi kytkeytyminen voi viedä jopa 15 minuuttia. Tämän lisäksi auton turvautunut sekä muut passiiviset turvalaitteet voivat pysyä aktiivisina jopa kymmeniä minutteja, vaikka niille ei tulisikaan enää jännitettä. Korkeajänniteakuston oikosulkutilanteessa releet kytkevät akuston irti. (Wargclou 2010, 40 - 41; Dunbar 2013, 44; NFPA 2012, 10-11)

### 3.6.3 Huoltoerotin

Lähes kaikissa sähkötoimisissa autoissa on myös huoltoerotin, joka mekaanisesti katkaisee korkeajännitteen ja vähentää siten riskejä vahinkojen tapahtumiseen. Nimensä mukaisesti tämä osa on ajoneuvon huolloissa ja korjauksissa käytettävä, sitä ei ole suunniteltu sen vuoksi helpoksi käyttää tai edes havaita. Myös pelastustoiminnassa auton virrattomuus sähköiskuvaaran vuoksi olisi erittäin tärkeää, ja tämä olisi helpoin tapa varmistaa huoltoerottimen poistamisella. Vakavin työturvallisuusriski on se, että onnettomuusajoneuvon korkeajännitettä ei ole saatu kytkettyä pois ja korkeajännitekaapeli tai akusto vaurioituu niin, että se saa kosketuksen auton runkoon. (Wargclou 2010, 40 - 41; NFPA 2012, 12)

Huoltoerottimelle tyypillisiä paikkoja ovat takaluukku, takapenkin alusta, takamatkustajien jalkatilat tai keskikonsoli. Usein ne sijaitsevat erillisen suojakannen alla, pääsääntöisesti kansi on irrotettavissa ilman työkaluja mutta muutamien valmistajien malleissa ne on kiinnitetty pulteilla ja muttereilla. Etsin tietoa useista eri lähteistä, onko pelastushenkilöstölle aiheutunut työtapaturmia tai läheltä piti –tilanteita tässä työssä käsiteltävien ajoneuvojen kanssa mutta en löytänyt yhtään todennettua tapausta. Tällainen onnettomuusskenaario on silti olemassa, mutta useat autovalmistajat vakuuttavat, että se on teoriassa mahdollista, mutta hyvin epätodennäköistä. Onnettomuustilanteissa pelastushenkilöstön olisi kuitenkin tiedostettava tämä riski ja toimia sen edellyttämällä työtaavoilla ja käyttää tarvittavia suojarusteita.

Kuvan 10 taulukossa on esitetty vuoden 2013 lopussa ollut tilanne Suomeen rekisteröityjen hybridautojen korkeajänniteakustojen tekniikan osalta. Ulkoisesta virtalähteestä

ladattavia autoja on taulukon mukaan alle 300. Litiumioni akut ovat selkeästi yleistymässä uudemmissa Suomeenkin toimitetuissa hybridautoissa.

**Suomessa rekisteröityjen hybridiautojen akkujen teknisiä tietoja  
merkeittäin ja malleittain 2006-2013**

<b>Merkki</b>	<b>Malli</b>	<b>Akusto</b>	<b>Jännite</b>	<b>Määrä</b>	<b>Ladattava</b>
Audi	A8 Hybrid	Li-Ion	267	1	Ei
Audi	Q5 Hybrid	Li-Ion	267	45	Ei
BMW	Activehybrid 3	Li-Ion	317	3	Ei
BMW	Activehybrid 5	Li-Ion	317	2	Ei
BMW	Activehybrid 7/7L	Li-Ion	120	3	Ei
BMW	Activehybrid X6	Ni-Mh	312	6	Ei
Chevrolet	Volt	Li-Ion	230	7	Kyllä
Citroën	DS5 Hybrid4	Ni-Mh	288	26	Ei
Fisker	Karma	Li-Ion	400	2	Kyllä
Ford	Escape Hybrid	Ni-Mh	330	2	Ei
Honda	Civic Hybrid	Ni-Mh	144	32	Ei
Honda	CR-Z	Ni-Mh	144	105	Ei
Honda	Insight	Ni-Mh	100	596	Ei
Honda	Jazz Hybrid	Ni-Mh	144	348	Ei
Lexus	CT 200H	Ni-Mh	202	339	Ei
Lexus	GS 450H	Ni-Mh	288	144	Ei
Lexus	IS 300H	Ni-Mh	245	105	Ei
Lexus	LS 600H/HL	Ni-Mh	288	27	Ei
Lexus	RX 400H/450H	Ni-Mh	288	643	Ei
Mercedes-Benz	E300 Bluetec CDI Hybrid	Li-Ion	120	104	Ei
Mercedes-Benz	S400/400L Hybrid	Li-Ion	120	24	Ei
Mercury	Mariner Hybrid	Ni-Mh	330	1	Ei
Mitsubishi	Outlander PHEV	Li-Ion	300	35	Kyllä
Opel	Ampera	Li-Ion	230	67	Kyllä
Peugeot	3008 Hybrid4	Ni-Mh	288	42	Ei
Peugeot	508 RXH Hybrid4	Ni-Mh	288	45	Ei
Porsche	Cayenne S Hybrid	Ni-Mh	288	25	Ei
Porsche	Panamera S E-Hybrid	Ni-Mh	288	1	Kyllä
Porsche	Panamera S Hybrid	Ni-Mh	288	9	Ei
Toyota	Auris HSD	Ni-Mh	201	2011	Ei
Toyota	Camry Hybrid	Ni-Mh	245	2	Ei
Toyota	Highlander Hybrid	Ni-Mh	288	5	Ei
Toyota	Prius	Ni-Mh	273	3131	Ei
Toyota	Prius Plus	Li-Ion	201		Ei
Toyota	Prius Plug-in-Hybrid	Li-Ion	201	117	Kyllä
Toyota	Yaris Hybrid	Ni-Mh	144	759	Ei
Volkswagen	Jetta Hybrid	Li-Ion	220	20	Ei
Volvo	V60 plug-in-hybrid	Li-Ion	400	68	Kyllä
<b>Yhteensä</b>				<b>8902</b>	

Lähteet: Autojen merkit ja mallit, Trafi tilastot 2013, mallikohtaiset tekniset tiedot autovalmistajien internet-sivustot.

Kuva 10. Suomessa rekisteröityjen hybridiautojen akkujen tekniikkaa

### 3.7 Turvallisuus

Hybridiautojen turvallisuudesta kiinnostuneita ovat kuljettaja ja matkustajat, onnettomuustilanteessa pelastushenkilökunta, turvallisuusviranomaiset (esim. Tukes), autonvalmistaja sekä automallin jälkimerkkinointi eli huolto- ja korjaustoimintaan osallistuvat henkilöt. Hybridiautot eroavat turvallisuudessaan tavanomaisista, polttomoottoriautoista huolto- ja korjaustilanteissa sekä onnettomuustilanteissa. Hybridiautossa on suuri energiavarasto ja se voi käyttäytyä onnettomuustilanteessa ja sen jälkeen hyvinkin eri tavalla kuin tankillinen polttonestettä. Onnettomuudessa vaaran aiheuttaa tämän energiavaraston purkautuminen sähköän muodossa sähköjohtojen tai autojen rakenteiden kautta matkustajiin tai pelastushenkilökuntaan tai akuston rikkoutuminen ja sen reagoiminen esimerkiksi metallirakenteiden kanssa. (Juslin 2013, 13)

Sähkö- ja hybridiauton suurijännitteisiä osia ovat akuston osat, akuston ja sähkömoottorin väliset kaapelit, invertteri, ohjainlaitteet ja sähkömoottori. Invertterissä on superkondensaattori, jonka tehtävänä on tasoittaa jännite-eroja, vaikka akusto olisi kytketty pois päältä. Kondensaattorin jännitteen purkautuminen saattaa kestää useita minuutteja. Auton tila ja jännitteettömän työskentelyn varmistaminen on myös vaikeampaa todeta - vaikka sytytysvirta on päällä ja polttomoottori poiskäynnistä, hybridiauton ei voi olettaa olevan poiskäynnistä. Auton moottori saattaa käynnistyä itseksensä akuston varauksen tason mennessä tietyn rajan alle. Tämän vuoksi auton virta-avain tulee aina poistaa virtalukosta. Joissain hybridiajoneuvoissa on myös turvatyynyn lailla kolarissa toimiva turvakytin, joka kytkee kaikki auton jännitelähteet pois päältä, mikäli auton turvalaitteet toimivat. (Juslin 2013, 14; Fuhs ym. 2009, 419)

Auton kolariturvallisuus varmistetaan EY-tyyppihyväksynnässä ennen markkinoille tuloa (DfT 2009). Henkilöautojen kolariturvallisuus määritellään etu- ja sivutörmäyksen osalta UNECE:n säännöissä R 94 ja R 95 (UNECE).



## 4 TOIMINTA ONNETTOMUUSTILANTEESSA

Hybridiautojen lukumäärä kasvaa kotimaan teillä sitä vauhtia, että sellaisen ajoneuvon kohtaaminen onnettomuuspaikalla on koko ajan todennäköisempää. Pelastustehtävä muuttuu joiltakin osin teknisesti, kun kyseessä on hybridiauto, mutta ihmisen pelastamisessa edetään kuitenkin aina potilaan ehdoilla, auton käyttövoimasta riippumatta. Pelastushenkilöstö joutuu ottamaan työssään riskejä, mutta vaarat pitää huomioida ja mahdollisuuksien mukaan ne pitää karsia pois työturvallisuuden varmistamiseksi. Onnettomuusajoneuvo tulee pääsääntöisesti tehdä virrattomaksi, kun ajoneuvo on tunnistettu hybridiksi, siitä pitää silti tarvittaessa saada virta pois. Tähän on valmistajien tekemät keinot, mutta niiden käyttö on suunniteltu korjaamo-olosuhteisiin. Kaikista autoista löytyy päävirtakytkin, mutta löytääkö sen onnettomuustilanteessa? (Honkanen 2012, 24 - 25.)

Vielä tällä hetkellä Suomessa ja maailmallakin on olemassa vain vähän kokemusta onnettomuuspaikalla toimimisesta, kun osallisena on sähkö- tai hybridiauto. Yhtään loukkaantumista, vahinkoa tai läheltä piti –tilannetta vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimiviin ajoneuvoihin liittyen ei ole tähän päivään mennessä kirjattu tapahtuneeksi maassamme. Tähän kappaleeseen olen koonnut kuudesta eri lähteestä ja neljältä asiantuntijalta, Pekka Aholalta, Jarno Joensuulta, Pekka Salmelta ja Kimmo Vuorelalta, tietoa ja ohjeita siitä, mitä tulee ottaa huomioon toiminnassa liikenneonnettomuus- tai liikennevälinepalotilanteessa, kun kohteena on sähköä käyttöjärjestelmänään käyttävä kulkuneuvo.

### 4.1 Liikenneonnettomuus

Onnettomuuspaikalle saapuessa ja lähtötilanteessa tulee noudattaa totuttuja ja ennalta harjoiteltuja liikenneonnettomuuksissa sovellettavia menetelmiä (Savolainen 2011, 138-139). Tiedustelun aikana tilannetta johtavan esimiehen ensimmäinen tehtävä on ajoneuvon tunnistaminen. Pelastushenkilöstön tulee pystyä tunnistamaan, jos kyseessä on sähkö- tai hybridiauto ennen pelastustoiminnan aloittamista. Tunnistaminen voi olla haastavaa ja joskus ilman konepeiton avaamista mahdotonta, koska autovalmistajat tekevät täysin samoja automalleja perinteisellä polttomoottoritekniikalla ja vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivina (NFPA 2012, 9; Wargclou 2010; 46). Hybridiautosta ei pidä koskaan olettaa, että käyttöjärjestelmä on sammutettu, vain sen vuoksi, koska se on hiljainen. Tästä syystä ajoneuvon edessä ja takana työskentelyä tulee välttää siihen saakka,

kunnes auto on tehty liikkumattomaksi ja mahdollisuuksien mukaan virrattomaksi. Sähköisen käyttöjärjestelmän ollessa käyttövalmiina tai silloin, kun autosta ei ole täyttä varmuutta, onko se kokonaan virraton, auto voi lähteä liikkeelle. Suojatoimenpiteenä tällaisessa tilanteessa tulee kytkeä auton seisontajarru ja siirtää vaihde vapaalle. Mikäli ajoneuvosta ei pystytä kytkemään korkeajännitepiiriä irti, on pelastustoiminnassa edettävä erittäin suurta varovaisuutta noudattaen. (Dunbar 2013, 42-43; Casey & Grant 2010, 44-45)

Ajoneuvon virrattomaksi tekemisessä on merkkikohtaisia eroja ja jokaisella autonvalmistajalla on siihen omat ohjeensa. Valitettavasti kaikki autotehtaat eivät ota huomioon ohjeissaan virran pois kytkemistä niin sanotuissa kenttäolosuhteissa tai niin, että auton kaikki omat komponentit eivät ole helposti saatavissa koriin tulleiden vaurioiden tai potilaiden vuoksi. Huoltoerotin saattaa olla sijoitettuna tavaratilan pohjan alle, takapenkin alle, takamatkustajien jalkatilaan, auton keskikonsoliin tai konehuoneeseen. Huoltoerotin tulisi kuitenkin aina poistaa autosta ennen potilaan irrottamista pelastusvälineillä, ennen akkujärjestelmään koskemista on tehtävä matalajänniteakku virrattomaksi sekä irrotettava oranssilla värillä merkitty korkeajänniteakun huoltoerotin aina. (Savolainen 2011, 133-135; NFPA 2012, 10-11; Mehtner 2013)

Onnettomuuskohteeseen ensimmäisenä tiedustelua tekemään tulevan pelastajan tulee virrattomaksi varmistaa, että auton kojetaulussa oleva vihreä valmiusvalo on sammunut ja viedä virta-avain vähintään 5 metrin päähän onnettomuusajoneuvosta (Dunbar 2013, 43) Mikäli autossa on avaimeton käynnistys, virta sekä vaihde kytkettynä, akuston varaustason mennessä riittävän alas akunhallintajärjestelmä käynnistää polttomoottorin ja auto pahimmassa tapauksessa lähtee liikenteeseen hallitsemattomasti (NFPA 2012, 11-13). Raportin liitteenä ovat yleisohjeet toiminnasta, jota noudattamalla voidaan edellä kuvatut onnettomuudet välttää. Avaimettoman käynnistykseen toinen haaste pelastushenkilöstön näkökulmasta on se, ettei sille ole kaikissa autoissa paikkaa vaan se riittää kun avain on muutaman metrin säteellä auton korista. Onnettomuuden seurauksena virta-avain saattaa olla lähes missä tahansa, avaimen ollessa sopivalla etäisyydellä riittää virta-napin painaminen kojelaudasta käynnistämään auton.

Jos virta-avainta ei voi poistaa tai sitä ei löydy, 12 voltin matalajännite akku on irrotettava virtapiiristä. Avaimen poistaminen pitäisi olla vakiotoimenpide kaikille liikenneonnettomuuteen joutuneille ajoneuvoille nykyään, ei vain hybrideille, koska autojen

avaimissa on paljon enemmän kuin metallinen osa, joka käynnistää moottorin. Avain, jossa on keskuslukituksen ohjaus, sisältää myös ohjaustoimintoja ja kytkee auton ohjainlaitteita ja järjestelmiä aktiiviseksi heti, kun avain on virtalukossa, ilman että virtaa on kytketty vielä päälle.

Kaikki korkeajännitteiset osat on merkitty ajoneuvoissa oranssilla suojavärillä kaapelin vaipassa ja liittimien kuorissa. Muut korkeajännitteiset osat, esimerkiksi akustot, ohjainlaitteet ja latauspistokkeet on merkitty oheisella kuvan 11 merkinnällä. (Savolainen 2011, 132)



Kuva 11. Korkeajänniteosan varoitusmerkkintä

Auton rakenteissa, konetilassa ja alustassa kulkeviin oranssin värisiin johtoihin ei saa koskaan koskea (Kuva 12). Korkeajännitteisiä osia ei koskaan saa leikata, avata tai muutenkaan vaurioittaa koska, sähköiskun vaara on silloin ilmeinen. Auton valmistajan mukaan korkeajännitepiirissä kulkevan jännitteen suuruus on sadasta voltista aina 700 volttiin. Jännite itsessään ei aiheuta ihmiselle vaaraa vaan virran määrä. Tilanteessa, jossa jännite on satoja voltteja, riittää virta jo aiheuttamaan vakavia vahinkoja, jos pelastushenkilöstö koskee jännitteisiin osiin. Toinen vähintään yhtä suuri riski sähköiskujen lisäksi on akkujen suuri virransyöttökyky, joka voi aiheuttaa valokaaria ja näin ollen loukkaantumisia ja tulipaloja. Lisäksi litiumioniakusto palaa aggressiivisesti. (Wargclou 2010, 40-41, 48; Dunbar 2013, 43; Casey & Grant 2010, 42-44; NFPA 2012, 12 - 13, 20)



Kuva 12. Korkeajännitekaapelin liitin ajoneuvon konehuoneessa ja korkeajänniteakusto sekä – kaapelit ilman kotelointia auton alustassa.

Jos auton korissa on onnettomuuden jäljiltä merkittäviä muutoksia ja vaurioita, erityisesti konehuoneessa ja korkeajänniteakuston läheisyydessä, voi myös ajoneuvon matalajänniteakussa olla korkeajännite. Tämä johtuu siitä, että auton matalajänniteakut latautuvat sähkömoottorin tuottamalla virralla, jota niihin varataan jännitteenalentimen kautta. Onnettomuustilanteessa sähköjärjestelmät tai alennin saattaa olla myös vaurioitunut. Matalajänniteakun korkeamman jännitteen tunnistaa akun ulkonäöstä, koska akku on tällöin paisunut, se vuotaa nesteitä ulos ja hyvin todennäköisesti myös höyryää. Korkeajännitepiirin akusto voi vaurioitua myös muusta kuin liikenneonnettomuudesta johtuvasta iskusta tai törmäyksestä. Sähköjärjestelmä saattaa näiden lisäksi vaurioitua oikosulusta tai akustoon on saattanut joutua vettä. (Wargclou 2010, 40-41, 48; Casey & Grant 2010, 42-44; NFPA 2012, 15, 17-18)

Kun ajoneuvo on saatu kytkettyä irti korkeajännite ja matalajännitepiireistä, voi autossa pysyä turvattu ja muut passiiviset turvalaitteet aktiivisina jopa kymmeniä minuutteja, vaikka niille ei tulisikaan enää jännitettä ja auton päävirrassa olla jännite viidestä yli viiteentoista minuuttia. Nykyään useimpien markkinoilla olevien hybridautojen kohdalla irrottamalla 12 voltin matalajänniteakku piiristä myös korkeajännitepiiri poistuu käytöstä. Näissä autoissa korkeajänniteakun virta kulkee releiden kautta, joita ohjataan matalajännitteellä. Releille virta tulee kuitenkin superkondensaattorin kautta, ei aina nopeasti, ja järjestelmässä voi olla jäännösjännite vielä yli 15 minuuttia. Oikosulutilassa nykyaikaisissa hybridautoissa releet kytkvät korkeajänniteakuston irti. (Kimmo Vuorela, keskustelu 14.3.2014)

Hybridautoissa on tällä hetkellä käytössä kahden tyyppisiä korkeajänniteakkuja. Perinteisempi malli on nikkeli-metallihybridi, joka on pääasiainen akkutyyppe. Useiden valmistajien uudemmissa malleissa on litiumioniakut, joiden kapasiteetti on suurempi kokoon nähden. Se ylläpitää varausta paremmin, vaikka akkua ei käyttäisi. Li-Ion-akuston haittapuolia on sen epävakampi käytös verrattuna Ni-MH-akustoon, sen korkeampi hinta ja vähäisempi kokemus akkutyypistä. Korkeajänniteakustoja on olemassa rakenteeltaan ja materiaaleiltaan vielä paljon muitakin erilaisia, mutta ne ovat liian tehotomia tai epävakaita ajoneuvokäyttöön. (Kuisma 2011, 6 - 9; Kimmo Vuorela, keskustelu 10.2.2014)

Mikäli onnettomuustilanteessa on syytä epäillä akkujen vuotoa, ei vuotaneeseen aineeseen saa missään tapauksessa koskea ilman asianmukaisia suojaimia ja varusteita, esi-

merkiksi roiskesuojapukuja ja suojalaseja sekä kumi-, lateksi- tai nitiilikäsineitä ja kumisaappaita (NFPA 2012, 20). Akkua ja sen liitäntöjä käsiteltäessä on aina käytettävä 1000 voltin jännitetyöhansikkaita (Kimmo Vuorela, keskustelu 14.3.2014). Potilaiden kanssa toimitaan kuin normaaleissa onnettomuustilanteissa.

Hybridiautot poikkeavat toisistaan erittäin paljon rakenteellisesti ja toiminnallisesti. Valmistajien mallikohtaisissa turvallisuusohjeissa on ohjeet vaarallisten tilanteiden varalle. (Juslin 2013, 13-14)

## 4.2 Liikennevälinepalo

Hybridi- ja sähköautoissa voi tulipalo aiheutua monesta eri syystä. Korkeajännitesähköjärjestelmässä tai -akustossa tapahtunut oikosulku tai ylikuormitus voi aiheuttaa tulipalon, akuissa voi tapahtua oikosulku esimerkiksi viallisen akun tai akkukennon seurauksena tai jonkin ulkoisen syyn kuten törmäyksen yhteydessä liikenneonnettomuudessa. Liikennevälinepalotilanteessa pelastushenkilöstön on huomioitava litiumakkujen ominaispiirre, palava Li-Ion-akku kiihdyttää paloa tuottaen palaessaan happea. Hybridiautot ovat paloturvallisuudessa muiden autojen kanssa samalla tasolla, akusto kuitenkin sähköjärjestelmineen lisää paloriskiä verrattuna polttomoottoriautoon. Rakennerratkaisuilla ja hyvällä suunnittelulla sähkö- ja hybridiautoista saadaan kuitenkin tehtyä vähintään yhtä turvallisia kuin polttomoottoriautoista. (Wargclou 2010, 44-45; NFPA 2012, 15-16; UATP 2014, 50; Ripatti 2011, 7; Dunbar 2013, 44)

Euroopassa käytettävien akkujen turvallisuudesta on olemassa määräykset ja standardi (IEC 62133). Tämän akkustandardin tarkoituksena on suojata vaarallisten kaasujen päästöiltä, akun lämpötilan nousemiselta ja oikosuluilta. Muita lakeja ja määräyksiä löytyy EU:lta, Suomen kansallisista määräyksistä sekä SFS-standardeista

Yleisohjeena myös sähkö- ja hybridiautojen tulipaloon voidaan pitää sitä, että auton palaessa vesi on hyvä sammutusaine. Mikäli autossa on Li-Ion-akusto ja akusto osallistuu paloon, vesi reagoi paloa kiihdyttävästi. Valitettavasti autoa ei pysty aina tunnistamaan hybridiautoksi ennen tulipalon sammumista. Tulipalotilanteessa on ehdottomasti aina käytettävä normaalisti hengityksen suojaavia laitteita, koska palamisen seurauksena syntyvät hajoamistuotteet voivat sisältää muun muassa litiumoksidia, vetyfluoridia, hii-

limonoksidia ja hiilidioksidia normaalin autopalon muiden vaarallisten aineyhdisteiden savukaasujen lisäksi. (Wargclou 2010, 44-45; NFPA 2012, 15-16; Jarno Joensuu, keskustelu 9.3.2014)

Mikäli on mahdollista, pitää poistaa korkeaajänniteakusto tulipaloalueelta ennen syttymistä tai estää sen syttyminen jäähdyttämällä. Se on paras tapa estää lisävahinkoja. Tämä taktiikka tulee kysymykseen silloin, kun esimerkiksi onnettomuudessa osallisena ollut muu ajoneuvo on syttynyt palamaan. On huolehdittava tulipalon jälkivalvonnasta ja –sammutuksesta, koska litium-akut voivat syttyä palamaan vasta pitkän ajan, jopa vuorokausien kuluttua, uudelleen ja tulipalon sammutuksen jälkeenkin. Itsesytyminen on mahdollista silloin, jos litiumioni-akut kuumenevat yli 125 °C:seen, lämpenemisen yhteydessä akun kennot voivat erittää kaasuja tai jopa räjähtää. Akkukennot sellaisenaan eivät ole palavia, mutta niiden sisältämät orgaaniset aineet ja litium palavat, mikäli kenno puhkeaa. Akut ja akkukennot ja niiden jäämät ovat vahingoituttuaan luokiteltava ongelmajätteenä, joiden käsittely on tehtävä määräysten mukaisesti. (Wargclou 2010, 44-45; NFPA 2012, 15-16; Mehtner 2013; Moditech 2014; Jarno Joensuu, keskustelu 9.3.2014)

Kun sähkö- tai hybridauto on syttynyt palamaan ja sen virta sekä vaihde ovat kytkettyinä päälle, voi auto pyrkiä itsekseen liikkeelle odottamattomasti. Jauhesammuttimen käyttöä autopalon sammutukseen tulisi pitää sähköautopaloissa vaihtoehtona, mikäli palo ei ole päässyt etenemään niin sanottuun täyden palon vaiheeseen. Korkeaajänniteakuston kennot on vahvasti koteloitu, niiden syttyessä jäähdyttäminen ja sammuttaminen on hankalaa, koska koteloon ei pääse sisälle eikä sitä pidä murtaa väkivalloin. (Wargclou 2010, 47; NFPA 2012, 11 - 14; Mehtner 2013; Lagunoff 2008, 86; Dunbar 2013, 44; Fuhs ym. 2009, 419)

#### 4.3 Tunnistettavuus ja tunnistaminen

Ajoneuvon tunnistaminen on olennainen osa pelastustoimintaa aina, kun on tapahtunut moottoriajoneuvon onnettomuus, koska sähkö- ja hybridi käyttövoimana ei ole ainoa riskitekijä tilannepaikalla. Pelastushenkilöstön tulee tietää ja tunnistaa olennaiset asiat ajoneuvosta, jotta he voivat suorittaa tunnistuksen. Ajoneuvon tunnistamisen jälkeen voidaan käyttää erilaisia apuvälineitä ja ohjelmia joita ovat muun muassa Moditechin Crash Recovery System ja pelastuskortit, joista saa toimintaohjeita sekä tietoa muista

mahdollisista huomioitavista kohdista, turvalaitteista ja leikkauspaikoista. Tärkeää on tunnistaminen ennen pelastustoimenpiteiden aloittamista ja mahdollista potilaan irrottamista onnettomuusajoneuvosta. Liikennevälinepalotilanteessa tämä ei aina ole kuitenkaan mahdollista. (Wargclou 2010, 46; Dunbar 2013, 43; Casey & Grant 2010, 42-44; NFPA 2012, 9; Pekka Salmi keskustelu 28.2.2014)

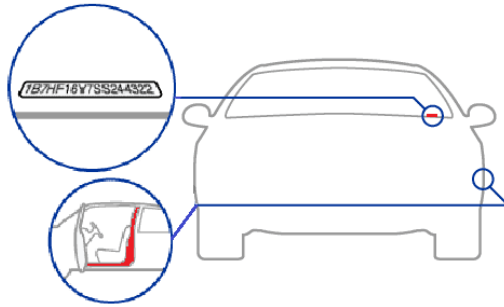
Onnettomuuteen osallistuneiden ajoneuvojen tunnistamisen voi suorittaa jo hätäkeskus hätäilmoituksen yhteydessä. Tämä on tieto, joka tulee aina välittyä pelastustoimenjohtajalle. Onnettomuuspaikalla tiedustelua suorittava yksikkö voi suorittaa tunnistamisen auton muotoilun, merkin ja mallin, korin ulkoisten tunnisteiden tai kuljettajalta saatujen tietojen perusteella. Tunnistuksen tiedot tulee aina välittää kaikille onnettomuuspaikalla toimiville, pelastustoiminnan johtajalle sekä muille tarvittaville yhteistyötahoille, esimerkiksi poliisille, ensihoidolle ja hinausauton kuljettajalle. Tämä tiedon välitys on edellytys sille, että kaikki toimijat ovat tilannetietoisia mahdollisista vaaroista ja auttaa jokaista toimimaan turvallisesti ja oikeilla toimintatavoilla.

Aina auton käyttövoimaa ei pysty tunnistamaan ulkokuoresta, koska valmistajat tekevät täysin samoja malleja erilaisilla tekniikoilla. Käytännössä ulkoisesti täysin samannäköinen ajoneuvo voi olla käyttäjärjestelmältään polttomoottori, sähkö, hybridi tai kaasutoiminen. Varma tunnistuskeino on VIN-numero eli valmistenumero ja sitä kautta ohjelmistoista saatava tieto. Valmistenumeron löytää henkilöautoista kuljettajan oven ovikotelosta ja tuulilasin alareunasta. Myös rekisterinumeron perusteella saa usein auton mallin ja tarkemmat tekniset tiedot esimerkiksi numeropalveluiden tai Trafín tekstiviestikyselyllä. Näitä ei aina kuitenkaan ole mahdollista käyttää, tai se ei ole käytännöllistä ajankäytön tai pahoin vaurioituneen auton vuoksi onnettomuustilanteessa,

Konehuoneesta pystyy käyttövoiman tunnistamisen suorittamaan aina luotettavasti, näkyvillä on korkeajännitejohtimia, jotka ovat väriltään oransseja, korkeajännitejärjestelmän muita osia, jotka on merkitty varoitustarroilla, sekä myös tekstillä merkitty ”hybrid”, ”electric”, tai muulla vastaavalla tunnisteella. Moottoritilassa sijaitsee aina myös sähköauton ohjainlaitteet ja lähes aina generaattori. (Wargclou 2010, 46; Dunbar 2013, 43; NFPA 2012, 9; Moditech 2014; Mehtner 2013; Pekka Salmi keskustelu 28.2.2014)

Myös ajoneuvon kojetaulu, mittaristo ja muut sisäosat paljastavat sähkötoimisuuden, mikäli käynnistysvirta on edelleen kytkettynä. Kojelaudassa on väriltään vihreä valmisvalo, joka kertoo auton olevan valmis liikkumaan sähkövoimalla. Valo voi olla auton

mallinen, ready-teksti tai muu merkki ja mallikohtainen. Kuvassa 13 on esimerkkejä paikoista joissa valmistenumero on merkittynä auton koriin sekä kuvassa 14 muutamia erilaisia esimerkkejä eri autovalmistajien valmiusvaloista.



Kuva 13. VIN-numeron sijainti henkilöautossa



Kuva 14. Hondan, Opelin, Mitsubishiin ja Toyotan toteutukset valmiusvalosta

#### 4.4 Onnettomuusajoneuvon vakauttaminen

Vakauttaminen eli liikkumisen estäminen alkutoimenpiteenä on erityispiirre pelastuslaitoksen toiminnassa, kun kyseessä on hybridi-auto. Tämä on erittäin tärkeää oman turvallisuuden ja lisävahinkojen estämisen vuoksi, koska sähkötoiminen auto voi lähteä liikkeelle täysin varoittamatta ja ilman ääntä niin kauan, kun akuissa on virta kytkettynä. (Dunbar 2013, 42-43; Moditech 2014; Mehtner 2013; Kimmo Vuorela keskustelu 10.2.2014)

Vakauttamisen ensimmäinen vaihe on seisontajarrun kytkeminen ja vaihteen vapauttaminen sekä virta-avaimen poistaminen ajoneuvon lähistöltä. Jos avainta ei voida poistaa, tulee kytkeä 12 voltin matalajänniteakusto irti virtapiiristä. Avaimen poistaminen ajoneuvosta tulisi ottaa normaaliksi pelastustoimenpiteeksi kaikille liikenneonnettomuusajoneuvoille - ei vain hybridi- tai sähköautoille. Tällä katkaistaan virta ajoneuvon ohjainlaitteilta ja muun muassa superkondensaattoreilta. (Dunbar 2013, 42-43; Moditech 2014; Mehtner 2013; Kimmo Vuorela keskustelu 10.2.2014)



Vakauttamisen tarkoituksena on estää auton liikkuminen sekä painovoimaisesti että sähköön voimalla, ja tämä toteutetaan pyöräkiiloilla tai vaihtoehtoisesti nostamalla auton vetopyörät maasta. Erityisen ongelman aiheuttavat nelivetoautot, joissa sähkömoottori käyttää toista akselia ja polttomoottori toista. Tällainen voimansiirto on ongelmallinen, koska auto saattaa pyrkiä liikkeelle siihen saakka, kun korkeajännitepiirin virta on saatu katkaistuksi. Kuvassa 15 esimerkki Peugeot 508 Hybrid –mallisen auton voimansiirrosta. (Moditech 2014; Mehtner 2013; Lagunoff 2008, 86; Kimmo Vuorela keskustelu 10.2.2014)



**Kuvan lähde: <http://www.digitaltrends.com/cars/peugeot-508-hybrid4-a-diesel-electric-hybrid/#!AgE15>**

Kuva 15. Esimerkki neliveto voimansiirrosta jossa sähkömoottorin voima välittyy taka-akselin kautta ja polttomoottorin teho etuakselilta.

#### 4.5 Riskianalyysi

Pelastushenkilöstön toiminnassa on syytä ottaa huomioon sähköautojen aiheuttamat koulutustarpeet, koska sähkö- ja hybridautot voivat aiheuttaa odottamattomia onnettomuuksia kolaripaikoilla. Perinteisen polttomoottoritekniikan rinnalle tuleva korkeajännitetekniikka voi aiheuttaa vakavia loukkaantumisia pelastustoiminnassa, mikäli ajoneuvoa käsittelevä henkilö ei ole tietoinen sähköautojen erityispiirteistä.

Onnettomuustilanteessa hybridi- ja sähköajoneuvot tuovat haasteita ja vaaratilanteita pelastushenkilöstölle. Hybridautoissa on tavallisen matalajännitesähköjärjestelmän lisäksi korkeajännitepiiri, joka lisää turvallisuusriskiä perinteiseen autoon verrattuna. Korkeajännitepiiriin kuuluu korkeajänniteakustot, korkeajännitekaapelit sekä liittimet, DC/DC -muunnin, inverteri sekä muut korkeajännitettä käyttävät laitteet. Korkeajännitteen suuruus on aina yli sata volttia, ja se voi olla jopa 700 voltin jännite. Korkeajännitekaapelit, jotka eivät kulje auton alustassa koteloituna, on varustettu oranssilla ulkovai-palla. Koteloidut korkeajännitekaapelit, -laitteet ja -komponentit on merkitty korkeajännitteen varoitussymbolilla Korkeajännitepiirin kaapeleihin sekä laitteisiin ja komponentteihin koskeminen aiheuttaa aina suuren riskin, jos ei voida olla varmoja siitä, että ajoneuvo on virraton.

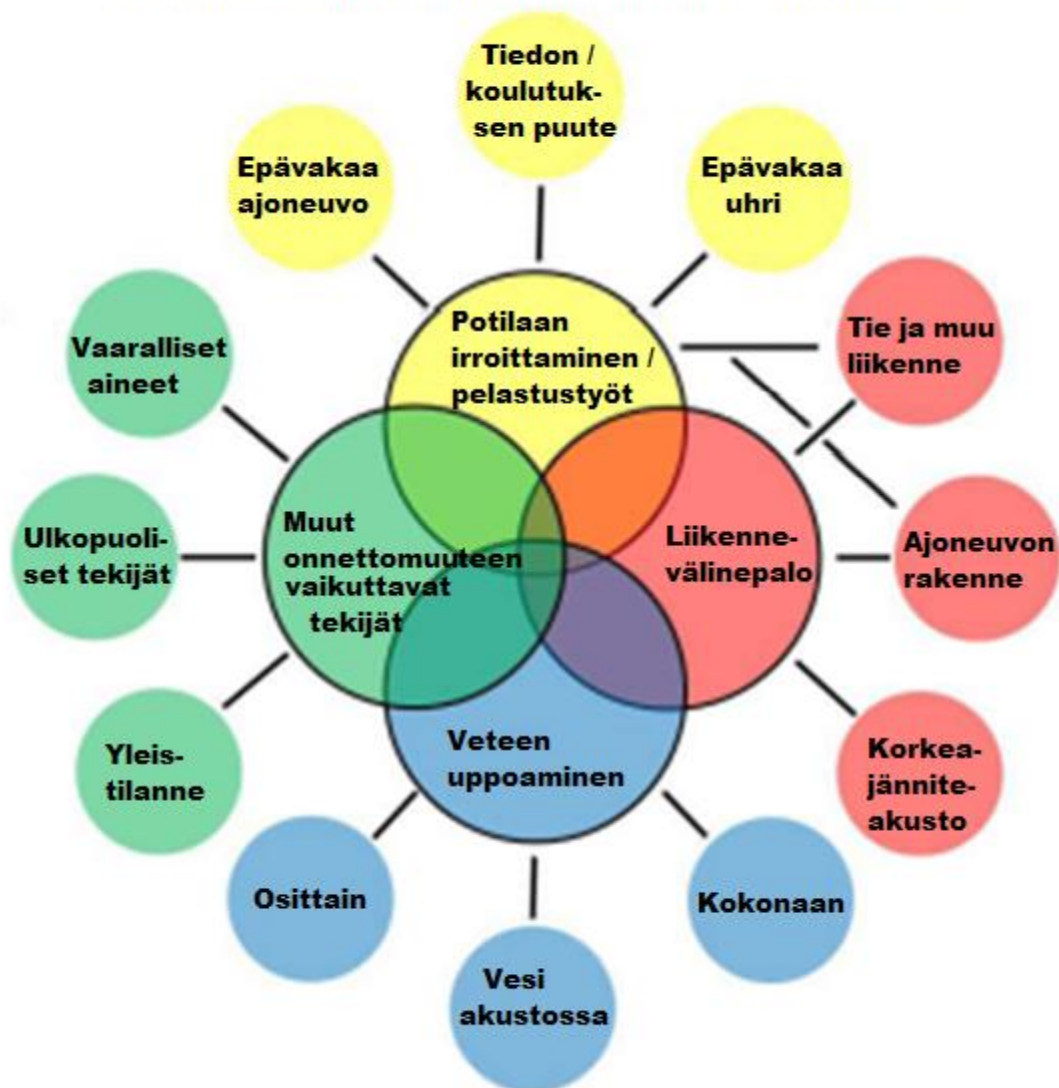
Potilaan irrottaminen onnettomuusajoneuvosta koria leikkaamalla ei ole mahdollista mistä tahansa kohtaa, etteivät pelastusvälineet leikatessaan osu korkeajännitekaapeleihin tai -komponentteihin. Pelastuslaitoksilla pitäisi olla käytössä järjestelmä, jonka avulla saisi nopeasti ajoneuvon kaavakuvat vaarallisten osien sijainnista. Autoliitto suosittelee, että ajoneuvon omistaja tulostaisi pelastuskortin ja laittaisi sen pelastushenkilöstön saataville. (Linja-aho 2012; Moditech 2014; Dunbar 2013, 45-46)

Sähköiskuun kuolee Suomessa vuosittain joitakin ihmisiä. Luku on tullut selvästi alas-päin viimeisinä vuosikymmeninä, ammattihenkilöitä kuolee ja loukkaantuu sähkötapaturmissa nykyään erittäin harvoin. Vuonna 2013 kuoli yksi maallikko, yksi LVI-asantaja ja yksi sähköasantaja sähkötapaturmassa, yhteensä vuoden aikana tapahtui 78 onnettomuutta. Verrattuna esimerkiksi vuoteen 1973 jolloin tapahtui yli 20 kuolemaan johtanutta onnettomuutta, luku on huomattavasti pienempi. (Tukes 2014.)

Toisaalta polttoaine perinteisissä autoissa aiheuttaa myös paloriskin, joten siinä ei ole mitään uutta, että onnettomuusauto voi olla vaarallinen. Ihmisten on hyvä kuitenkin tiedostaa, että riskit voivat olla hyvin erilaisia. (Jarno Joensuu keskustelu 9.3.2014)

Kuvaan 16 on kerätty keskeisiä huomioita riskeistä, joita hybridiauto tuo onnettomuustilanteeseen. Kehässä olevat otsikot ovat vain aihealueita, jotka voivat jakautua useisiin pienempiin yksityiskohtiin, toisaalta jokainen aihe vaikuttaa toiseen ja koulutuksen puute jokaiseen pääkohtaan.

### Riskinarvio, hybridiauto liikenneonnettomuudessa



Kuva 16. Pelastustoimintaan ja eri onnettomuustyyppeihin vaikuttavia riskitekijöitä onnettomuustilanteessa jossa osallisena sähkö- tai hybridiajoneuvo.

## 5 TOIMINTAOHJEET, TEKNIikka JA TAKTIikka

### 5.1 Työturvallisuus

Suomen lainsäädäntö ohjaa ja velvoittaa pelastustoimen työturvallisuustoimintaa. Pelastuslaitosten oman toiminnan epäsuotuisiin tapahtumiin on reagoitu yleensä vasta tapahtuman kohdatessa organisaatiota. Usein reagointi oman toiminnan jonkinasteiseen riskienhallintaan on edellyttänyt valtakunnan tason toimintaa sisäministeriön ohjeistuksena tai määräyksinä. (Haapanen 2004, 9 - 10.)

#### Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslain (738/2002) tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työ olosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennaltaehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja sekä muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden haittoja. Lakia sovelletaan työ- ja virkasuhteissa tehtävään työhön sekä muun muassa oppilaan ja opiskelijan työhön koulutusyhteydessä.

Auto on erityisen vaarallinen ympäristö jo muutenkin sähkötyön tekemiseen, koska johtavaa runkoa on tarjolla joka puolella ja usein palokunnan käyttämät työkalut ovat metallisia ja suojaamattomia. Sähkötöissä on käytettävä eristettyjä työkaluja, joilla voidaan pienentää sähköiskun ja valokaaren vaaraa. Lisäksi auto saattaa olla vuodenajasta ja säästä riippuen kostea ja likainen, mikä lisää vaaraa (lisää johtavuutta ihmisen kautta) ja paikat joissa johtosarjat autoissa kulkevat ovat pääsääntöisesti ahtaita ja osin sekaviakin.

Liikenneonnettomuustilanteessa lisävaaran tekevät korin muutokset, minkä jälkeen suojaetäisyydet ja sähköiset rakenteet voivat olla muuttuneet merkittävästi sekä korkeajännitejärjestelmä tai akusto voivat olla vaurioituneet.

## 5.2 Yleisohje

Opinnäytetyön liitteenä 8 on ohjekortti toimimisesta onnettomuuspaikalla, jossa osallisena on hybridiajoneuvo. Tässä kappaleessa on yleisohje palokunnalle toimintaan hybridiajoneuvon kanssa liikenneonnettomuuspaikalle perusteluineen.

### 5.2.1 Tunnistaminen

Ajoneuvo tulee tunnistaa sähkötoimiseksi ennen pelastustoimien aloittamista. Mikäli ulkoisia tunnisteita ei ole, kuljettajan haastattelu tiedusteluvaiheessa paljastanee useimmiten ajoneuvon laadun. Mikäli kuljettajaan ei voida puhutella, konepeiton avaamalla näkee moottoritilan ja sieltä voi tehdä varman tunnistuksen.

### 5.2.2 Virrattomaksi tekeminen ja vakauttaminen

Onnettomuusajoneuvo tulee tehdä liikkumattomaksi sekä poistaa virta-avain auton välittömästä läheisyydestä. Virrattomaksi tekemisessä matalajänniteakku irrotetaan virtapiiristä aina ensin, sen jälkeen korkeajänniteakusto huoltoerottimen tai hätäkatkaisimen avulla. Pelastushenkilöstön suojautuminen sähköiskuilta on toteutettava oikeilla suojarusteilla, korkeajänniteosia käsitellessä 1000 V jännitetyöhansikkaita. Mikäli turvalaitteet ovat toimineet, turvalaitteiden ohjainlaite ohjaa korkeajännitepiirin releet auki useimmissa uusissa autoissa. Oletusarvoisesti pelastustoimiin ryhdyttäessä kaikki korkea jänniteosat ovat jännitteellisiä, leikkaaminen, vääntäminen tai jopa koskettaminen voi johtaa vakavaan loukkaantumiseen tai kuolemaan.

### 5.2.3 Syttymisen estäminen

Jos korkeajänniteakusto tai sen kotelo on vaurioitunut onnettomuudessa, voi akusto alkaa lämmetä ja itsesytyä. Akustoa tulee jäähdyttää riittävän pitkään, koska syttyminen voi tapahtua vielä kymmenien tuntien kuluttua vauriosta. Hyvä työkalu akuston tarkkailussa on lämpökamera, akuston ei pitäisi sytyä, jos lämpö ei nouse tuntiin eikä savun muodostusta ole. Kun korkeajänniteakusto lämpiää tai palaa, vapautuu vaarallisia kaasuja, esimerkiksi rikkihappoa sekä hiilen, nikkelin, alumiinin, litiumin, kuparin ja ko-

boltin oksideita. Liikennevälinepalossa on käytettävä ehdottomasti aina hengityssuojaimia, hybridin kyseessä ollessa vaarallisten aineiden määrä palokaasuissa lisääntyy edelleen tavanomaisesta.

Kun akusto on vaurioitunut, akustosta voi vuotaa nestettä, Li-Ion ja Ni-Mh-akun neste on väriltään kirkasta mutta generaattoreissa, muuntimissa ja säätimissä on tyypillisesti glykoli-pohjainen jäähdytysneste, joka on väriltään sinistä tai vihreää

### 5.3 Toiminta onnettomuustilanteessa -ohjekortti

Ohjekortti (Liite 8.) on laadittu eri lähteistä saatujen tietojen perusteella siitä, mitä pelastushenkilöstön tulee ottaa erityisesti huomioon toimittaessa onnettomuustilanteessa jossa osallisena on hybridikäyttöinen ajoneuvo. Myös ohjekortin laadinnassa on haastateltu asiantuntijoina Pekka Aholaa, Jarno Joensuuta, Pekka Salmea ja Kimmo Vuorelaa ja näin pyritty saamaan ohjekortista yksiselitteinen ja käyttökelpoinen työkalu, josta pelastusryhmän johtaja voi tarkistaa asioita ja jota käyttää myös työvuoro- ja viikkoharjoituksissa muistilistana toiminnasta.

Ohjekortti koostuu seitsemästä kohdasta. Nämä kaikki kohdat sijoittuvat onnettomuuspaikalle saapumisen ja varsinaisen potilaan irrotustehtävän väliin, ja ne keskittyvät erityisesti oman työskentelyn ja onnettomuuden uhrien turvaamiseen sekä jälkivahinkojen estämiseen. Ohjekortissa ei oteta kantaa aiemmin harjoiteltuihin toimintamalleihin toimimisessa liikenneonnettomuudessa, ensiauttamisessa tai muissa palokunnan perustehtävissä, ainoastaan asioihin, jotka sähkö ajoneuvon käyttövoimana tuo esiin.

Ohjekortti on tehty helppolukuiseksi. Kuvissa on pyritty tuomaan muutamia erilaisia variaatioita jokaisesta aiheesta näkyviin ja jatkossa jo kuvan näkemällä pystyy muistamaan aiheen, joka tulee ottaa huomioon.

## 5.4 P3-käsikirjan ohjelehdet

Seuraavassa kappaleessa on esitetty taktiset muutokset pelastustoiminnan johtamiseen kun onnettomuuspaikalla on osallisena sähkövoimalla toimiva ajoneuvo. Huomioitavaa on se, että hybridi käyttöjärjestelmänä voi olla myös kuorma- ja linja-autoissa.

### **Liikennevälinepalo**

Hanki tiedot:

- ajoneuvotyyppi, käyttövoima, loukkaantuneet, ajoneuvojen sijainti, leviämistä vaara, mallikohtaiset pelastusohjeet
- kuorman sisältö
- ajoneuvomerkinnät
- selvitä hälytetyt resurssit, tarkenna vaste.
- huomioi riittävä veden tarve.

Kohteessa

- pysäytä liikenne tai järjestä liikenteenohjaus, jos poliisi ei ole paikalla.
- määrää hengityssuojainten käyttö tarvittaessa jo matkalla.
- määrää suojavarusteiden ja välineiden käyttö, jännitetyökäsineet
- ota huomioon laajenemismahdollisuudet ja mahdolliset erityisvaarat.
- jos sähköauto, akuston paloon osallistuminen kiihdyttää paloa

Huomioitavaa

Pakettiauto/kappaletavara-auto

- tarkista vaaralliset aineet, kaasupullot yms.
- tarkista käyttövoima. (mahdollisten kaasusäiliöiden ja korkeajänniteakustojen määrä ja sijainti)
- huomioi johtoauton paikka, perusta johtopaikka ja ilmoita johtopaikka.

Säiliöauto

- laaja avopalo = kalvovaahto säiliöyksiköstä
- ajoneuvopalo = vesi/kalvovaahto

Kaasusäiliöauto

- älä sammuta palavaa vuotopaloa (esim. Varoventtiili).
- jäähdytä säiliötä (200 l /min/ säiliön pituus m).
- huomioi vesihuolto.
- huomioi maadoittaminen.
- evakuoit tarvittaessa 500 m tai ainekohtaisesti.
- Huom! Tokeva-tiedostot

Tehtävät joista täytyy selviytyä

- pelastaminen, potilaiden irrottaminen
- sähköajoneuvon vakauttaminen
- sammuttaminen tai sammutusvalmius
- liikenteen ohjaus/katkaisu
- syttymisen estäminen ja ajoneuvojen virrattomaksi tekeminen
- turvavarusteiden eliminoiminen/huomioiminen
- tilannekuvan ylläpito

Sisältö muutettu P3-käsikirjan ohjelehteen, katso. liite 5

### **Tieliikenneonnettomuus**

Hanki tiedot

- mikä on ajoneuvojen määrä ja laatu, käyttövoima?

- onko lisäonnettomuuden mahdollisuutta?
- onko loukkaantuneita tai kiinni olevia matkustajia?
- selvitä hälytetyt resurssit, tarkenna vaste.
- tarkista poliisin toimintavalmius.
- huomioi vallitseva säätila (suojatila potilaille).
- onko tulipalon vaaraa?
- ajoneuvon merkki ja mallikohtaiset pelastusohjeet

#### Matkalla

Kysy ensimmäiseltä kohteessa olevalta yksiköltä lisätiedot.

#### Ensitoimenpiteet kohteessa

- huomioi johtoauton paikka, perusta johtopaikka ja ilmoita johtopaikka.
- suojaa onnettomuusalue isoilla pelastusajoneuvoilla.
- anna yksiköille sijoittumisohje ja tehtävä.
- määrää ensimmäinen yksikkö tiedustelemaan ajoneuvojen tyyppi
- määrää tarvittaessa valaistus.
- tarvittaessa pysäytä muu liikenne tai järjestä liikenteen ohjaus.
- huomioi riittävä ennakkovaroitus liukkaalla kelillä/mäen takana/moottoritieellä.
- määrää syttymisen estäminen: työjohtoselvitys, käsisammutin tai tarvittaessa vaahto.
- määrää poliisille liikenteenohjaus.
- määrää tarvittaessa lääkinnällisen pelastustoiminnan johtaja/toiminnasta vastaava ja ilmoita siitä pelastusorganisaatiolle.
- ajoneuvo pitää tunnistaa ennen potilaan irrottamisen aloittamista
- tarvittaessa määrää lämmitys potilaille.
- varmista helikopterille turvallinen laskeutumispaikka ja pidä yleisö riittävän kaukana.

#### Tehtävät joista täytyy selviytyä

- tiedustelu, ajoneuvon tyyppi ja käyttövoima
- sammutus
- syttymisen estäminen ja virrattomaksi tekeminen
- oman toiminnan turvaaminen, turvavarusteiden eliminointi/huomioiminen
- pelastus ja potilaiden irrotus
- potilaiden ensihoito
- ajoneuvojen stabilointi
- potilaiden siirto ulos onnettomuusautosta
- lisävahinkojen estäminen, liikenteenohjaus/-katkaisu
- raivaus
- lisäveden järjestelyt, maadoitus, tiedottaminen



Muut toimenpiteet

Tarvittaessa merkitse ajoneuvojen paikat.

Määrää alueen siivous:

- onnettomuusjäte (kaikki irtain romu onnettomuusautoihin sisälle ennen pois hinausta)
- polttoaine ja öljy.

Jos kohteessa on huomattavia vaarallisten aineiden vahinkoja, selvitä omistaja ja vakuutusyhtiö.

Kirjaa omistaja, kuljettaja, rekisterinumero ja auton merkki.

Sovi poliisin kanssa autojen siirtämisestä ja poishinauksesta.

Varmista, ettei mitään arvokasta irtainta omaisuutta jää autoihin.

Merkitse onnettomuusauto uusintahälytysten välttämiseksi.

Ilmoita yhteistyötahoille sähköajoneuvosta (poliisi, ensihoito, hinausauto)

Harkitse, tarvitaanko

- sähkölaitosta
- tien kunnossapitoa
- tutkijalautakuntaa
- henkistä ensiapua.

Sisältö muutettu P3-käsikirjan ohjelehteen, katso. liite 6

## 5.5 Pelastushenkilöstön toimintaa helpottavia työkaluja

### 5.5.1 Crash Recovery System

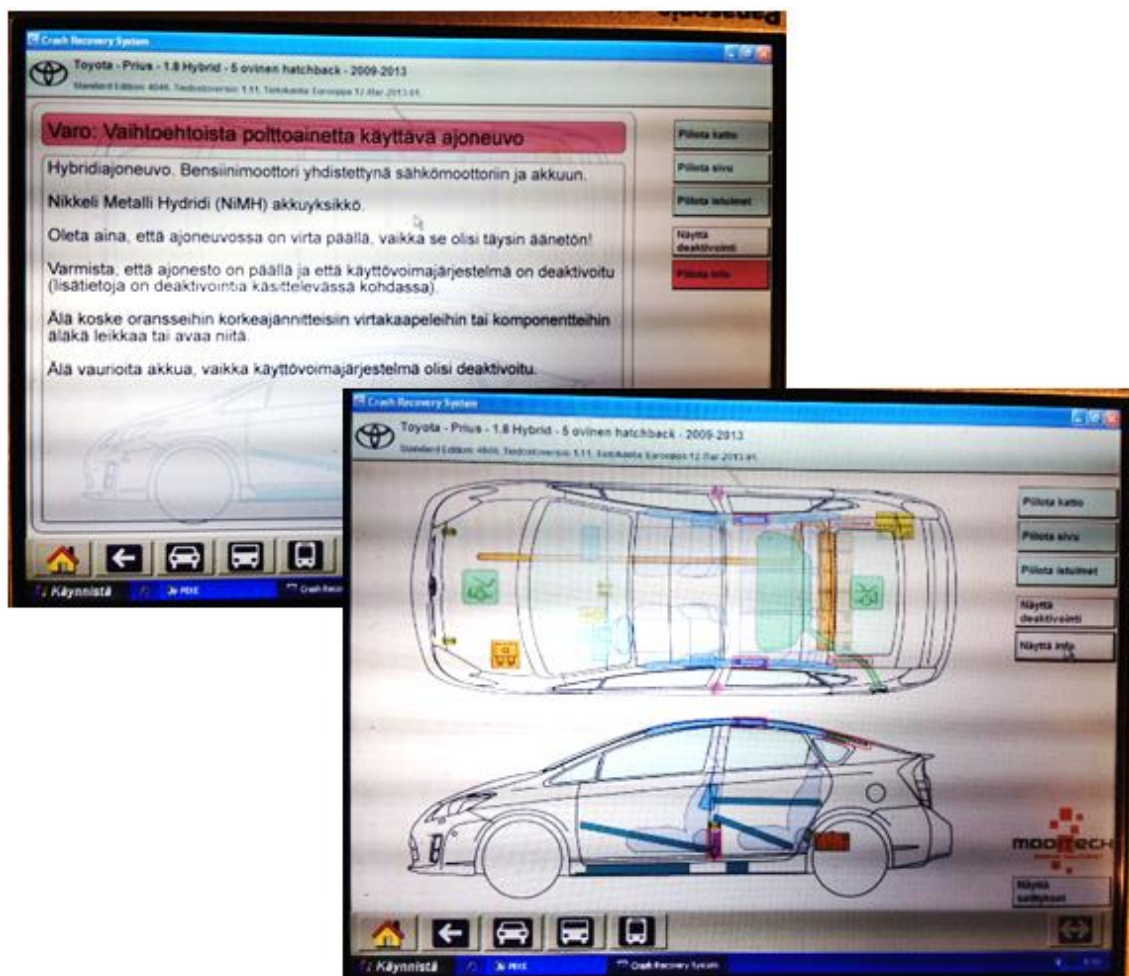
Crash Recovery System on ohjelma, jonka tietokannasta löytyy lähes kaikkien henkilö- ja pakettiautojen rakenteelliset piirroskuvat. Kuvista selviää suurlujuusterästen ja turvalaitteistojen sijainnit sekä sähköajoneuvoissa akustojen ja korkeajännitekaapelien sekä laitteiden paikat. Ohjelmisto parantaa pelastushenkilöstön sekä onnettomuuden uhrien turvallisuutta sekä nopeuttaa pelastustoimintaa. Ohjelman on luonut Moditech Rescue Solutions BV-niminen yritys, joka sijaitsee Hollannissa. Ohjelma kertoo pelastushenkilöstölle tärkeimpien komponenttien sijainnin ajoneuvossa sekä usein sisältävät yksityiskohtaiset ohjeet ajoneuvon virrattomaksi tekemisestä ja tunnistamisesta. Ohjelmasta on olemassa myös versio, joka sisältää raskaan kaluston ja hyötyajoneuvot sekä myös niiden vaihtoehtoiset polttoainemuodot. Haku tapahtuu auton merkin ja mallin tai rekisterinumeron perusteella. Suomessa ohjelma on käytössä toistaiseksi vain noin 30 ammatinpalokunnan pelastusyksiköllä. Yleistyminen olisi pelastustoiminnan työturvallisuuden ja laadun takaamiseksi erittäin suotavaa. Kuva 17 esimerkkinä Kanta-Porin paloaseman pelastusyksikön esimiehen paikalta, jossa CRS on aktiivisesti käytössä tehtävän tyyppin niin vaatiessa. Kuvassa 18 esimerkkinä ohjelman ohjelehdet Toyota Prius Hybridin käsittelyä ja kohtaamisesta onnettomuustilanteessa.



Kuva 17. Crash Recovery System käytössä ja toiminnassa pelastusyksikön ryhmänjohtajan paikalle sijoitettuna RSA 101:ssä.

Crash Recovery System -lomake sisältää seuraavia tietoja:

- turvatyyny
- painesäiliöt
- turvavöiden esikiristimet
- suurlujuusterästen sijainnit
- turvakaaret
- akut, matala- ja korkeajännite
- matkustajien lukumäärä
- polttoainesäiliön sijainti
- erityiset kuorma-autokomponentit, kuten alustan erityispiirteet
- vaihtoehdotiset käyttöjärjestelmät
  - järjestelmän komponentit (korkeajännite)
  - polttoainesäiliöt ja akustot ( myös kaasusäiliöt)
  - toimintatavat virrattomaksi tekemiseen/polttoaineen sulkuun



Kuva 18. Crash Recovery System ohjelman ohjelehtiä Toyota Prius 1,8 Hybrid ajoneuvosta.

### 5.5.2 Pelastuskortti

Pelastuskortin ajatus on se että, vastaavat tiedot kuin edellisessä CRS-ohjelmassa pelastuslaitos hakee omasta järjestelmästä, on auton omistaja hakenut ja tulostanut valmiiksi autoonsa. Pelastuskortista kertova tarra liimataan tuulilasin vasempaan alakulmaan ja kortti itsessään sijoitetaan aurinkolipan taakse tai alle. Näin se on helposti pelastushenkilöstön käytössä tarvittaessa. Liitteenä raportissa on esimerkki pelastuskortista. (Liite 3.) Osa pelastuskorteista on mahdollista tulostaa suomenkielisinä, mutta tärkein tieto välittyy kielestä huolimatta koska symbolit ovat samat maailmalaajuisesti. (Liite 4.)

Vain harvoilla pelastuslaitoksilla on käytössään sähköinen järjestelmä, josta saadaan selkeät tiedot onnettomuudessa olleen ajoneuvon vahvistetuista rakenteista, turvavyöjen ja niiden panosten sekä akun ja polttonestesäiliön sijainnista. Kansainvälinen autoliitto säätiö FIA Foundationin kehittämän, pelastuskortti (Rescue Sheet) on yksinkertainen internetistä veloitusetta tulostettava sivu, josta näkyvät auton kriittisten kohteiden sijainti. Tietoa pelastuskortista ja linkit tulostettaviin sivuihin löytyy osoitteesta [www.rescuesheet.info](http://www.rescuesheet.info). Kuvassa 19 on Autoliiton ohjeet pelastuskortin ja sen ajoneuvossa olosta kertovan tarran sijoittamisesta autoon.



Kuva 19. "Pelastuskortti autossa" –tarra tulee liimata auton tuulilasin kuljettajan puoleiseen alakulmaan ja itse pelastuskortin paikka on kuljettajan häikäisysojassa.

## 5.6 Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO

Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto Pronto on järjestelmä pelastustoimen seuranta- ja kehittämistä sekä onnettomuuden selvittämistä varten. Sen yleisestä ohjauksesta ja kehittämisestä vastaa sisäministeriön pelastusosaston turvallisuusverkkoyksikkö, pelastuslaitokset vastaavat toimenpide- ja resurssirekistereiden aineistoista ja Pelastusopisto vastaa teknisestä ylläpidosta ja kehittämisestä. Pronto on kansainvälisessä vertailussa ainutlaatuinen rekisteri, koska se on valtakunnallinen, ajantasainen ja siitä on jo kymmenien vuosien kokemus rekisteröinnistä. Tämän vuoksi sitä voidaan hyödyntää monella tasolla tutkimus- ja kehitystyössä pelastustoimen alalla. (Pelastusopiston www-sivut 2014.)

Selvitin sellaisia kirjattuja liikenneonnettomuuksia ja liikennevälinepaloja Prontosta, joissa on ollut sähköajoneuvo osallisena. Niitä löytyi todella vähän, tilanne 31.3.2014 tehdyn haun perusteella oli koko Suomessa vain 28 onnettomuutta. Määrä on liian pieni, jo pelkästään keskustelujen perusteella Jarno Joensuun ja Pekka Salmen kanssa pystyttiin nimeämään useampia onnettomuustilanteita joissa hybridiajoneuvo on ollut jollakin tasolla osallisena, mutta näitä tietoja ei löytynyt onnettomuustilastosta. Myös televisiosarjoissa Pelastajat sekä 112 on molemmissa kuvattu onnettomuuksia joissa sähköä käyttövoimana käyttävä ajoneuvo on ollut pelastuskohteena, mutta näitäkään ei voi löytää Prontosta sähköön tai hybridiajoneuvoon liittyvillä hakusanoilla.

Tämä selittyy osittain sillä, ettei onnettomuusselosteen laatija ole katsonut käyttövoima tietoa tarpeelliseksi tai ei ole edes tiennyt onnettomuusajoneuvon erityispiirteistä. Jotta myös tällaista tietoa saataisiin kerättyä, tulisi Prontoon merkitä ajoneuvon käyttövoima etenkin silloin, kun se on poikkeava perinteisistä käyttöjärjestelmistä.

## 6 MUUT VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET

Liikenne on vielä hyvin riippuvainen fossiilisista polttoaineista lukuun ottamatta sähkökäyttöistä raideliikennettä. Yleisimmin liikenteessä käytettyjä polttoaineita ovat bensiini, dieselöljy, polttoöljy ja kerosiini, muita polttoaineita ovat muun muassa etanoli, nestekaasu ja maakaasu.

Etanolin eli biopolttoaineiden tuotanto ja markkinoille tulo on viime vuosien aikana parantunut, sillä on jo kaksi jakelijaa maassamme ja tuotetta on saatavissa lähes maanlaajuisesti. Monipolttoaine eli ”Flex Fuel” autojen käyttöön polttoaine sisältää 85 % yleisimmin elintarviketeollisuuden biojätteestä valmistettua bioetanolia, myyntinimi tuotteelle Suomessa on E85 tai RE85. Lisäksi päästöjä vähentäviä ajoneuvoteknologioita ovat esimerkiksi biokaasuautot ja tässä työssä käsitellyt sähköautot ja hybridautot. (Trafi 2014.)

### 6.1 Etanoli eli ”Flex Fuel”

Korkeaseosetanoli eli bioetanoli on tarkoitettu Flex Fuel -autoihin, joiden polttoaineeksi voi tankata sekaisin korkeaseosetanolia ja bensiiniä. Flex Fuel -automalleja on saatavilla useilta eri autovalmistajilta. Maailmanlaajuisesti etanoli on eniten käytetty vaihtoehtoinen polttoaine. Suomessa etanolin suosion ja jakelupisteiden määrän kasvua ovat hidastaneet talviolosuhteet. Suomessa valmistettuun RE85-polttoaineeseen lisätään kylmäkäynnistystä helpottavia bensiinin komponentteja sen käyttö polttoaineena talven pakkaudella edellyttää moottorinlämmittimen käyttöä, jotta auton käynnistyminen pysytään varmistamaan. Etanolitankillisella ei voida ajaa yhtä pitkää matkaa kuin tankillisella bensiiniä, koska etanolin energiasisältö on hieman bensiiniä pienempi. Auton polttoaineenkulutus on etanolilla ajettaessa noin 20 - 30 prosenttia enemmän kuin bensiinin kulutus, E85:n litrahinta kuitenkin on bensiiniä tällä hetkellä noin kolmanneksen edullisempi, joten suurempi polttoaineenkulutus ei tarkoita bensiiniautoa suurempia kuluja. (Hautamäki, 20 - 21; ALD-automotive 2014; Motiva 2014.)

## 6.2 Maakaasu ja biokaasu

Kaasuautoissa on yleensä kaksoispolttoainejärjestelmä, eli ajoneuvossa on kaasusäiliön lisäksi myös bensiinitankki, ja auto vaihtaa automaattisesti bensiinin käyttöön kaasutankin tyhjennyttyä. Auton saa tankattua kuljettajan valinnan mukaan sekä kaasuasemilla että perinteisillä polttoaineen jakeluasemilla. Kaasuautoilija ei siis jää Suomessakaan tien päälle, vaikkei kaasutankkauspistettä olisikaan saatavissa. Suomessa on tällä käytössä hetkellä alle 2000 kaasulla liikkuvaa ajoneuvoa, markkinoilla on useiden eri valmistajien useita eri kaasujoneuvomalleja. Erityisesti saksalaiset autotehtaat ovat satsanneet kaasuautomalleihin, ja kaasun käyttö ajoneuvon polttoaineena onkin Keski-Euroopassa paljon Suomea yleisempää. (Hautamäki, 7-13; ALD-automotive 2014.)

Suomessa kaasutankkauspisteet sijoittuvat pääasiassa Etelä- ja Itä-Suomeen, uusia tankkauspisteitä on suunniteltu avattavaksi myös suunnitteilla ja rakenteilla olevien biokaasulaitosten yhteyteen. Suomella ei ole omia maakaasuvaroja, myös liikenteen käytössä tarvittava kaasu tuodaan ulkomailta, pääasiassa Venäjältä. Maakaasu on vähäpäästöinen polttoaine, koostumus vaihtelee hieman kaasun alkuperän mukaan, Siperiasta tuodussa maakaasussa esimerkiksi on 98 prosenttia metaania, muu osa on pääasiassa etaania ja tyyppiä. Biokaasuna tarkoitetaan uusiutuvaa biopolttoainetta, joka on tuotettu biokaasulaitoksessa, ja se sisältää pääasiassa metaania ja hiilidioksidia. Biokaasu on orgaanisesta materiaalista hajottamalla syntyvä kaasu. Kaasun jakeluverkkoon syötettävä biokaasu on jalostettu täysin maakaasua vastaavaksi tuotteeksi. (Hautamäki, 7-13; ALD-automotive 2014.)

## 6.3 Täyssähköautot

Sähköautojen kohdalla puhutaan jo toisen sukupolven sähköautoista, akku ja lataustekniikat ovat kehittyneet merkittävästi kuluneella vuosikymmenellä. Täyssähköauton voimalähteenä on ainoastaan sähkömoottori, ja sen akustot ladataan kiinteästä latausasemasta kotona, työpaikalla tai vaihtoehtoisesti noin 300 julkisesta latauspisteestä tai noin 30 pikalatauspisteestä joita löytyy ympäri Suomen maata. (Hautamäki, 14 - 15; ALD-automotive 2014.)

Suomen ensimmäinen julkinen sähköauton latauspiste avattiin Helsinkiin Runeberginkadulle jo kesällä 2009. Julkisissa latauspisteissä käytössä on sähköautojen lataukseen suunniteltu ja valmistettu latauslaite, joka onkin sähköauton varsinainen ja pääasiallinen lataustapa. Laadukas ja autovalmistajan hyväksymä latauslaite takaa turvallisen, nopean ja helpon lataamisen. Ajoneuvon akkujen lataaminen kestää yleensä yhdestä kuuteen tuntia, akuston ja täyttöasteen mukaan. Sähköauton pikalatauspisteen teho on 50 kilowattia, ja sen avulla voi täyssähköauton akut ladata noin 80 prosenttisesti täydestä varauksesta vajaassa puolessa tunnissa. Lataus mahdollistaa noin sadan kilometrin ajomatkan. (Hautamäki, 14 - 15; ALD-automotive 2014.)

#### 6.4 Vety eli polttokenno

Polttokenno ajoneuvot ovat vielä tällä hetkellä tulevaisuuden autoja, mutta useat autovalmistajat ovat arvioineet, että ”vetyautoja” tulee kuluttajien saataville muutaman vuoden kuluessa. Vetyautojen tekniikka ja teknologia olisi jo nyt käyttövalmista, mutta polttoaineen jakeluverkoston puuttuminen estää toistaiseksi niiden yleistymisen. (Hautamäki, 25; ALD-automotive 2014.)

Vetyauton toiminta perustuu polttokennoon, joka muuttaa vedyn ja hapen energiaksi. Polttokennon lisäksi autoissa on sähkömoottori, joten ainoaksi päästökseen jää vesihöyry. Suorituskyvyltään vetyauto on tuotekehityksen testimittausten ja -ajojen mukaan vastaava perinteisten polttomoottoriautojen kanssa. Vetyä valmistetaan maakaasun höyryreformoinnilla tai kaasuttamalla kiinteää biomassaa siitä vety erottaen. (Hautamäki, 25; ALD-automotive 2014.)

Vetyautoilun kehittämisessä ja yleistymisessä merkittävänä vauhdittajana toimii Euroopan unioni. Se on ilmoittanut tukevansa jakeluverkoston rakentamista ja laajentamista siten, että viimeistään vuonna 2020 polttokennoautolla voisi ajaa koko Euroopan Unionin laidalta toiselle, Nuorgamista aina Malagaan saakka. (Hautamäki, 25; ALD-automotive 2014.)



## 7 KOULUTUSMATERIAALI HYBRIDIAUTOISTA

### 7.1 Asiantuntijat ja yhteistyökumppanit

Teknisenä asiantuntijana ja monessa kohtaa ongelmanratkaisijana toimi veljeni Kimmo Vuorela. Kimmo työskentelee ajoneuvomekaanikkona Kuopiossa Autotalo Hartikaisella ja on suorittanut sähkökäyttöisten autojen huolto- ja korjaustoiminnan SFS 6002 standardin mukaisen kurssin, joka antaa rajoitetun sähkö- ja hybridautojen korjaus- ja huoltotoimintaan vaadittavan S3-pätevyyden. Lisäksi pitkä kokemus autoalalta ja vuosien toiminta sopimuspalokunnassa antoi hyvän pohjan ja ymmärryksen projektissa tarvittavien oikeiden tietojen saamiseen.

Pelastustoimen asiantuntijoina ja myös yhteistyökumppaneina työssäni ovat olleet palomestari Pekka Ahola Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselta, paloesimies Pekka Salmi Varsinais-Suomen pelastuslaitokselta ja paloesimies Jarno Joensuu Satakunnan pelastuslaitokselta. Kaikki edellä mainitut toimivat myös omilla alueillaan tieliikennepelastamisen kouluttajina, ja he ovat aiemmin osallistuneet muun muassa Saksassa järjestettävään WEBER Rescue Systems, Rescue Days –tapahtumaan ja osallistuvat tieliikennepelastamisen koulutuksen kehittämiseen alueellisesti sekä valtakunnallisesti.

Seuraavassa listauksessa on lueteltuna opinnäytetyön laadintaan osallistuneiden asiantuntijoiden todennettu pätevyys ja osaaminen yksilöitynä:

- Ahola Pekka, palomestari, tieliikenne pelastamisen kouluttaja, Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos, Ilmajoki.
- Joensuu Jarno, paloesimies, tieliikenne pelastamisen kouluttaja, Satakunnan pelastuslaitos, Pori.
- Pietilä Teemu, opettaja, pelastajakoulutus, tieliikennepelastaminen, Pelastusopisto, Kuopio.
- Salmi Pekka, paloesimies, tieliikenne pelastamisen kouluttaja, Varsinais-Suomen pelastuslaitos, Lieto.
- Vuorela Kimmo, ajoneuvomekaanikko, Sähkötöiden valvoja, Autoalan rajoitettu S3-pätevyys. SFS 6002 sähköturvallisuuskoulutus. Autotalo E. Hartikainen Oy, Kuopio.

## 7.2 Koulutusmateriaali Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselle

Opinnäyteraportin sivutuotteena on tehty 3 - 4 oppitunnin laajuinen opetuspaketti, ”Hybridi- ja sähköauto, toiminta ja työturvallisuus liikenneonnettomuustilanteessa” Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitoksen työvuorokoulutuksen ja sopimuspalomiesten viikko-harjoituskäyttöön. Sisällysluettelo PowerPoint-kalvosarjasta löytyy tämän raportin liitteenä numero yhdeksän, kalvosarja sisältää yhteensä 149 sivua ja se on jaettu neljään osioon:

- Sähkö- ja hybridauton teoria
- Toiminta liikenneonnettomuustilanteessa
- Hybridautojen rakenne ja tunnistaminen
- Syventävä osuus.

Ensimmäisessä osiossa käsitellään sähkö- ja hybridautojen historiaa ja kehitystä, tekniikkaa, rakennetta yleisellä tasolla, erilaisia hybridien ja sähköautojen tyyppisiä, tunnistamista, akkujen rakenteita, sähköoppia sekä viranomaisvaatimuksia. Osio sisältää yhteensä 34 sivua.

Toisen osion tarkoitus on saada koulutettavat ymmärtämään muutokset palokunnan toiminnassa, kun kohteena liikenneonnettomuus tai autopalo ja paikalla on sähköä käyttövoimanaan käyttävä ajoneuvo. Pääpaino aihealueessa on laitettu työturvallisuuteen, vaaraa aiheuttavan jännitteen tunnistamiseen ja ajoneuvon vaarattomaksi ja virrattomaksi tekemiseen. Oppituntimateriaalin laajuus on 28 sivua.

Kolmas oppitunti keskittyy erilaisten Suomessa myytyjen hybridi- ja sähköautojen rakenteiden eroavaisuuksiin ja ajoneuvojen tunnistamiseen. Osiossa on kalvoja runsaasti, yhteensä 43 sivua mutta tekstiä vähän eli opetuksen on ajateltu kulkevan kuvien ja kerroksen avulla. Autoista on pelastuskortit, joihin on selvennetty ja lisätty tiettyjä sähköön liittyviä asioita, lisäksi yleisimmistä automalleista on runsaasti kuvia selitteineen.

Neljäs ja viimeinen oppitunti on tietynlainen lisäosa kouluttajalle. Täällä käsitellään syvemmin erityyppiset hybridit ja ajoneuvot, vaihtoehtoisia työtapoja, soveltuvia sammutusaineita, ensihoitoa, lakeja ja asetuksia. Jokainen kouluttaja voi täältä kerätä omiin oppitunteihinsa lisää aineistoa, työstää neljännessä oppitunnista oman näköisensä kertaustunnin lisämateriaaleilla tai vaihtoehtoisesti pitää oppitunnin täysin tehtyjen kalvojen mukaisena. Kalvoja osiossa on 42, sisältö on pääosin tekstiä.

### 8.1 Luotettavuus ja pätevyys

Tutkimuksen ja koko opinnäytetyön luotettavuuteen vaikuttaa monet tekijät, muun muassa tutkimuksen tekijä, tutkittava asia, valitut työskentelymenetelmät, valitut lähdemateriaalit, haastatellut henkilöt sekä monet muut pienemmät yksityiskohdat. Omaa luotettavuuttani tämän aiheen tutkijana pidän hyvänä, lisäksi asiantuntijat, joilta olen saanut tukea ja vastauksia, ovat omilla aloillaan erittäin osaavia tekijöitä. Omasta taustasta mainitsemisen arvoisia seikkoja on pitkä kokemus pelastusalan vapaaehtoispuolelta ja sitä kautta hankittu koulutus ja kokemus tieliikennepelastamisesta ja sen kouluttamisesta sekä yli seitsemän vuoden työkokemus autokorjaamon eri tehtävissä. Molemmissa on ollut varmasti hyväksi se, etten ole hyväksynyt aina kaikkia aloilla vallitsevia toimintaperiaatteita ja toimintatapoja ymmärtämättä ensin niiden taustoja. Asioiden kehittäminen päättyy tai ainakin vähenee ja vaikeutuu jos kaikki toimijat muodostavat järkkymättömät mielipiteensä ja juurtuvat tiettyihin toimintatapoihin joita koulutetaan ja käytetään ainoina oikeina vaihtoehtoina. Lisäksi luotettavuutta vahvistaa tehty koulutusmateriaali, joka soveltuu pelastusosalalle ja josta jokainen aiheen kouluttaja saa poimittua itselleen oman näköisensä oppituntipaketin.

Alkukysely toteutettiin Pelastusopistolla neljälle luokalle, kahdelle alipäällystökurssille ja kahdelle päällystön koulutusohjelman aikuiskoulutusryhmälle. Alkukyselyn pääasiallinen tarkoitus oli selvittää kyselyn hetkellä tiedot, taidot ja kokemukset sähkö- ja hybridiajoneuvoista pelastuslaitosten päivittäisessä toiminnassa, joten opiskelijat, jotka olivat jo työskennelleet vakinaisessa palokunnassa ympäri Suomea eri pelastuslaitoksilla ja eri tehtävissä miehistöstä ylempään päällystöön, antoivat varmasti parhaan mahdollisen tilannekuvan toiminnan tasosta. Vastausten tavoitemääräksi asetettiin sata, vastauksia sain yhteensä 77 kappaletta, joka katsottiin kuitenkin riittäväksi määräksi siihen että tulosta voidaan pitää luotettavana.

Asiantuntijoiden osaaminen käsiteltiin jo edellisessä luvussa. Heiltä olen saanut useita kertoja neuvoja yksittäisissä asioissa. Olen myös itse tehnyt päätelmiä ja käännoistyötä ja selvittänyt näin eri yksityiskohtia mutta useasti olen lisäksi kysynyt vahvistuksen ajatuksilleni asiantuntijajäseniltä. Nämä avustajat hyötyvät luonnollisesti projektista

myös itse, koska saavat tutkittua ja tuoretta tietoa käyttöönsä koulutuksiin ja päivittäiseen työhönsä.

Etenkin työn aloitusvaiheessa kiersin autoliikkeissä haastattelemassa automyyjiä, myyntipäälliköitä, korjaamopäälliköitä, teknisiä neuvojia, työnjohtajia ja myös hybridautojen kanssa työskenteleviä asentajia. Vaikka näitä keskusteluja ei tallennettu, vastausten kirjaaminen ja käsittely on tehty toiminnalliselle opinnäytetyölle sallituilla työtavoilla. (Vilka ja Airaksinen, 64.)

Kirjallisuuslähteiden luotettavuus on hyvä. Pelastusalaan liittyvät teokset koostuvat Saksasta, Ruotsista, Kanadasta, Itävallasta ja Yhdysvalloista eri tekijöiden pelastuslaitoksen henkilöstölle laadituista selvityksistä ja koulutusmateriaaleista. Suomessa sähköautoja ja hybrideitä on selvitetty erilaisissa ammattikorkeakoulujen opinnäytetöissä, ja näitä on lähteinä käytetty silloin, kun tehty tutkimus on antanut soveltuvan näkökulman pelastuslaitoksen toimintaan. Lakitekstien ja asetusten luotettavuutta ei varmasti tarvitse edes perustella, muu lähteiksi otettu kirjallisuus on tunnettua ja myös muualla käytettyä niin, että niidenkin voidaan arvioida olevan luotettavia. Kirjallisuuslähteiden valmistumisvuodet eivät myöskään olleet kovin kaukaa menneisyydestä, enintään kymmenen vuotta, millä varmistettiin teosten asiasisällön olevan ajantasaista.

Internetlähteet on pyritty ottamaan ainoastaan yleishyödyllisiltä, tunnetuilta ja virallisilta verkkosivuilta. Mieli- ja keskustelusivustoja, selkeää mainontaa tai niin sanottuja vapaan sanan lähteitä ei hyväksytty lähteiksi. Luettaessa verkkosivujen päivitykset ja julkaisuajankohta tarkastettiin ja niiden todettiin olevan riittävän ajantasaista tietoa.

Opinnäytetyön kirjoitettua tekstiä on kyseenalaistettu kerta toisensa jälkeen ja kirjoitettu uudelleen. Tekstiä on luetettu työn tekemisessä mukana olleilla asiantuntijoilla ja käsitelty heidän kanssaan yhteistyössä. Lisäksi työn on lukenut kaksi oponoijaa ja avovai-  
moni Erja. Näillä toimilla on tarkoituksena ollut luettavuuden ja ymmärrettävyyden parantaminen sekä tekstin asiapitoisuuden säilyminen.

## 8.2 Oman toiminnan hallitseminen

Aiheen rajaaminen oli hankalaa työn alussa sekä lähes koko projektin ajan. Aihepiiriä oli hankala hallita jo senkin takia, ettei alussa ollut kenelläkään tietoa aiheesta niin paljon kuin nyt. Ensimmäisessä palaverissa ohjaajien kanssa olin rajannut aiheen liian laajaksi, molemmat ohjaajat varoittelivat ja kehottivat tarkastelemaan rajapintoja uudelleen. Uusi yritys oli paljon parempi, siitäkin pudotettiin myöhemmin pois muut vaihtoehtoiset polttoaineet ja työtä alettiin tehdä pääasiassa hybridauton ympärille niin, että täyssähköauto pidettiin koko ajan rinnalla. Tämä oli hyvä päätös. Edelleen työ on varsin laaja, Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitokselle valmistettu koulutusmateriaali mukaan luetuna reilusti yli 200 arkkia.

Rajauksen tekemisen tärkeys tuli esille useaan kertaan projektin edetessä. Rajausta piti miettiä, ja sen olemassaolo tuli esille erityisesti silloin kun lähdemateriaalissa oli useita eri versioita ja asiaan löytyi hieman erityyppisiä, maakohtaisia eroavaisuuksia. Näitä ongelmia ei tosin ollut kovin montaa koko opinnäytetyön kokoamisen aikana.

Opinnäytetyö on ollut kahteen otteeseen hetken ”vetämässä henkeä”. 2013 syksyllä sairastuin aivokalvontulehdukseen ja opiskelut olivat tämän vuoksi tauolla lähes kahden kuukauden ajan, opinnäytetyö jäi ilman huomiota 4 - 5 kuukauden ajaksi. Loppukesästä 2014 ostimme Erjan kanssa vanhan omakotitalon Nakkilasta, syksyn ja talven vapaa-aikaa on käytetty remontoidessa ja rakentaessa, joten projektin viimeinen puristus on siirtynyt keväälle 2015. Pitkän tauon jälkeen ongelmaksi muodostuu aina se, että omaankin tekstiin pitää keskittyä ja se pitää omaksua uudelleen, ennen kuin voi jatkaa siitä, mihin viime kerralla on jäänyt.

Näitä kahta poikkeuksellista tapahtumaa lukuun ottamatta työ on edennyt tasaisesti kohti maaliaan. Koko opinnäytetyöprojektiin aloituspalaverista lukien on nyt käytetty yli kaksi ja puoli vuotta, käytännössä työtä on tehty noin puolentoista vuoden aikana.

### 8.3 Oma oppiminen

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni olen oppinut paljon sähkö- ja hybridautoista, akuista, sähköautojen tekniikasta ja rakenteesta sekä siitä, mikä voi olla edellä mainituissa ajoneuvoissa palokunnan näkökulmasta huomionarvoista. Tietynlaisen syyseurausajatusmallin kehittyminen on ollut varsin huomattavaa. Kun yksi osatekijä voi vaikuttaa kokonaiseen tapahtumasarjaan onnettomuusskenaariossa ja onnettomuuden jälkeen palokunnan toiminnassa, on samat seikat otettava huomioon ja pitää osata käsitellä koko tapahtumaa erittäin laaja-alaisesti. Onnettomuus yleensäkin vaikuttaa ajoneuvoon, onnettomuudessa loukkaantuneisiin sekä muihin onnettomuudessa osallisina olleisiin ihmisiin, ympäristöön sekä pelastushenkilöstöön. Pienikin muutos, juuri esimerkiksi korkeajännitteiset komponentit ja sähkö, opeteltuihin ja oletettuihin tapahtuneeseen ja totuttuihin toimintamalleihin voi olla ratkaiseva. Tämän oppiminen auttoi koamaan opinnäytetyön ytimen kasaan ja edelle mainitun opin voi suoraan siirtää työelämään ja sen erilaisiin tarpeisiin.

Tämän opinnäytteen tekeminen on tuonut oppimieni asioiden lisäksi ammatillisia linkkejä sekä ihmissuhteita. Vaikka työ ei ole vielä kokonaisuudessaan valmis, on tullut jo kyselyjä siitä, voisinko tulla kertomaan pelastuslaitoksen työvuoroille tai sopimuspalokunnalle koulutuksessa aiheesta.

Aloittaessa projektia työlle ei ollut tilaajaa vaan muutamien sattumuksien ja henkilösuhteiden kautta sellainen tuli mukaan työn alkuvaiheessa. Tehtävää tuli lisää, mutta sen jälkeen opinnäytetyö on ollut vahvasti työelämälähtöinen, ja tämä katsotaan ammattikorkeakouluista annetuissa asetuksissa ja säädöksissä hyväksi asiaksi.

## LÄHTEET

**Kirjallisuus:**

Ala-Mattinen, S. 2012. *Hybridi-, bio- ja maakaasuauto riskinä pelastustoimen onnettomuuksissa*. Kehittämishanke. Pelastusopisto, Kuopio.

Blomberg, O. 2006. *Suomalaista Sisua vuodesta 1931 – Monialaosaajasta kuorma-autotehtaaksi*. Oy Sisu Auto Ab, Karjaa.

Casey C. Grant, P.E. 2010. *Fire Fighter Safety and Emergency Response for Electric Drive and Hybrid Electric Vehicles. DHS/Assistance to Firefighter Grants (AFG) Funded Study*. Fire Protection Research Foundation.

Dunbar, I. 2013. *Vehicle extrication techniques*. Holmatro Rescue Equipment BV.

Fuhs, A. E. 2009. *Hybrid Vehicles and the Future of Personal Transportation*. Taylor & Francis Group.

Haapanen, J. 2004: *Henkilöriskien hallinta pelastuslaitoksessa*. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Hautamäki, J. 2008. *Autojen vaihtoehtoiset polttoaineet*. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Honkanen, J-P. 2012. *Mitä jos onnettomuuspaikalta löytyy hybridauto?* Pelastustieto 2/2012

Jaakkola, S, Iivarinen, T, Rikka, J. 2012. *Hybridi- ja sähköajoneuvojen tekniikan esiselvitys*. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu.

Juslin, J. 2013. *Hybridi- ja sähköautojen korjaamisen lainsäädännölliset vaatimukset*. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Kuisma, J. 2011. *Sähköautojen lataustekniikat*. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.

Lagunoff G. 2008. *Automotive Hybrid Technology, Status, Function and Development Tools*. Luleå University of Technology.

Linja-aho, V. 2012. *Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähköturvallisuus*. Autoalan koulutuskeskus Oy.

National Fire Protection Association 2012. *Electric Vehicle Emergency Field Guide*. NFPA.

Robert Bosch GmbH. 2003. *Autoteknillinen taskukirja, 6. painos*. Käännös Suomen autoteknillinen liitto. Autoalan koulutuskeskus. Gummerus Jyväskylä.

Ripatti, S. 2011. *Muunnossähköauton akuston suunnittelu*. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Savolainen, K. 2011. *Pelastustoiminta tieliikenneonnettomuuksissa*. Pelastusopiston julkaisu.

Sparke, P. 2005. *Auto sata vuotta muotoilua*. WSOY, Helsinki.

Sähköajoneuvot Suomessa -työryhmä. 2009. *Sähköajoneuvot Suomessa – selvitys*. Selvitystyöraportti Työ- ja elinkeinoministeriö, Biomeri Oy.

UATP 2014, *Uusi autotekniikka tutuksi pelastustoiminnassa - perusteet*. Koulutusmateriaali. Metropolia.

Veho Group Oy Ab. 2014. *Kohti nollapäästöjä*. Esite. Veho Group Oy.

Warglou, D. 2010. *Räddning vid trafikolycka – personbil*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

Vilkka H ja Airaksinen T. 2003. *Toiminnallinen opinnäytetyö*. Tammi, Jyväskylä.



**Lait ja asetukset:**

Ajoneuvolaki 11.12.2002/1090

Sähköturvallisuuslaki 410/1996.

Työturvallisuuslaki 738/2002

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 1248/2002.

Sähköturvallisuusasetus 498/1996.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tietyllä jännitealueella toimivia sähkölaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä 2006/95/EY.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 1193/1999.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/96.

Standardisarja SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2012

Standardisarja SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005

Standardisarja IEC 62133 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications. International Electrotechnical Commission, Geneva

**Internet:**

ALD-automotive 2014, Vaihtoehtoiset polttoaineet. Www-dokumentti.  
<http://www.aldautomotive.fi/vaihtoehtoisetpolttoaineet.aspx>. 20.4.2014

Autoliitto 2013, *Autoliiton internet-sivut pelastuskortista*. Www-dokumentti.  
<http://www.autoliitto.fi/?x20043=4790196>. 27.2.2014

Autotieto 2013, *Sähköauton historia*. Www-dokumentti.  
[http://www.autotieto.net/yleistaidot/oppimateriaalit/1\\_auton\\_historia.htm](http://www.autotieto.net/yleistaidot/oppimateriaalit/1_auton_historia.htm). 27.9.2013

Bellis, M. 2006: *History Of Electric Vehicles*. Www-dokumentti.  
<http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm> Bellis. 27.9.2013

Ekobiili 2013, *Hybridiajoneuvojen rakenteet*. Www-dokumentti.  
<http://www.ekobiili.fi/2011/rinnakkaishybridi/>. 27.9.2013

FireLink, Serving the Fire & Rescue Community. 2013: *Hybrid Vehicle Rescue Guide*.  
Www-dokumentti.  
[http://firelink.monster.com/content/hybrid\\_emergency\\_response\\_guides](http://firelink.monster.com/content/hybrid_emergency_response_guides). 4.3.2013

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2009: *Ajoneuvot 2015 –strategia, teknologinen kehitys – ajoneuvot ja polttoaineet*. Www-dokumentti.  
[http://www.lvm.fi/docs/fi/191434\\_DLFE-10404.pdf](http://www.lvm.fi/docs/fi/191434_DLFE-10404.pdf). 10.5.2013

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. 2014: *Tilastot*. Www-dokumentti.  
<http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot>. 20.4.2014

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. 2014, *Vaihtoehtoiset polttoaineet ja energiamuodot*. Www-dokumentti.  
[http://www.trafi.fi/ymparisto/vaihtoehtoiset\\_polttoaineet\\_ja\\_energiamuodot](http://www.trafi.fi/ymparisto/vaihtoehtoiset_polttoaineet_ja_energiamuodot). 20.4.2014

Methner, Peter. 2013: *Firefighting in Canada, Hybrid hints and hazards*. www-dokumentti. Www-dokumentti.  
<http://www.firefightingincanada.com/content/view/1219/213/>. 7.12.2013

Moditech 2014, *Crash Recovery System*. Www-dokumentti.

[http://www.weber-rescue.com/download/katalog/KAT\\_finnisch.pdf](http://www.weber-rescue.com/download/katalog/KAT_finnisch.pdf). 22.3.2014

Motiva Oy 2014, Liikenteen biopolttoaineet. Www-dokumentti.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/liikenteen\\_biopolttoaineet](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/liikenteen_biopolttoaineet). 20.4.2014

Pelastusopisto 2014, *Pronto-tietokannan esittely dia-sarja*. Www-dokumentti.

[http://www.pelastusopisto.fi/fi/tutkimus-\\_ja\\_tietopalvelut/tutkimus-\\_ja\\_kehittamispalvelut/tilastot\\_pronto](http://www.pelastusopisto.fi/fi/tutkimus-_ja_tietopalvelut/tutkimus-_ja_kehittamispalvelut/tilastot_pronto). 23.4.2014

Sähköautot! – Nyt!. *Sähköautot - Nyt! –hankkeen www-sivusto*. Www-dokumentti.

<http://www.sahkoautot.fi/wiki:tekniikka>. 26.3.2013

Sähköala 2013, *Sähköalan ammattipätevyudet, rajoitettu S3*. Www-dokumentti.

<http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/patevyudet/>. 27.9.2013

Toyota Auto Finland Oy, 2014, Toyota hybridien esittely. Www-dokumentti.

<http://www.toyota.fi/hybrid/hybrid.json>. 20.4.2014

**Kuvat:**

- Kuva 1. Suomen ensimmäinen sähköauto Helsingin palokunnalle 1909. kuva Signe Brander, 1909, Helsingin kaupunginmuseon kokoelmat. Kuvan lähde: <http://www.pinterest.com/kaupunginmuseo/signe-brander/54746951690900987/>
- Kuva 2. Hybridikäyttöisten henkilöautojen määrä Suomen ajoneuvokannassa. Lähde T trafi tilastot 2014
- Kuva 3. Suomen hybridikäyttöiset henkilöautot, määrät merkeittäin. . Lähde T trafi tilastot 2014
- Kuva 4. Taulukko tarvittavasta osaamisesta hybridi- ja sähköautotekniikassa Standardin SFS 6002 mukaan. Taulukon lähde Tukes 2013
- Kuva 5. Pistokehybridin (Plug-In-Hybrid) rakenne ja toimintaperiaate. Kuvan lähde: <http://keetsa.com/blog/auto/public-get-glimpseof-phev/>. Tekstien käännös Janne Vuorela
- Kuva 6. Sähköauton rakenne ja toimintaperiaate. Kuvan lähde: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2008/05/23/463434/crosssection.jpg>. Tekstien käännös Janne Vuorela
- Kuva 7. Rinnakkaishybridin voimansiirron kaavakuva. Kuvan lähde <http://www.tuulilasi.fi/tekniikka>. Tekstien käännös Janne Vuorela
- Kuva 8. Sarjahybridin voimansiirron kaavakuva. Kuvan lähde <http://www.tuulilasi.fi/tekniikka>. Tekstien käännös Janne Vuorela
- Kuva 9. PSA Hybrid HDI voimansiirtojärjestelmä pohjalevyn kaksi autoissa. Kuvan lähde: <http://www.automania.be/en/cars/page-5502/psa-peugeot-citroen-news/document-5529.html>. Tekstien käännös Janne Vuorela.
- Kuva 10. Suomessa rekisteröityjen hybridiautojen akkujen tekniikkaa. Lähteet: Autojen merkit ja mallit, T trafi tilastot 2013, mallikohtaiset tekniset tiedot autojen maahantuoja ja autovalmistajien internet-sivustot
- Kuva 11. Korkeajännitteisen osan varoitustarra/merkintä. Kuvan lähde: <http://www.rescuesheet.info/>
- Kuva 12. Korkeajänniteliitin Toyota Priuksen konehuoneessa, kuva Pekka Salmi ja korkeajännitökaapelit ja akusto Mitsubishi Outlanderin alustassa, kuva Kimmo Vuorela.
- Kuva 13. VIN- eli valmistenumeron sijainti. Kuvan lähde: <http://www.comologia.com/que-es-el-vin-y-cual-es-el-proposito-de-un-vin/>
- Kuva 14. Esimerkkejä valmiusvaloista autojen mittaristoissa, kuvat Pekka Salmi, Kimmo Vuorela ja Janne Vuorela

- Kuva 15. Esimerkki neliveto voimansiirrosta jossa sähkömoottorin voima välittyy taka-akselin kautta ja polttomoottorin teho etuakselilta. Kuvan lähde: <http://www.digitaltrends.com/cars/peugeot-508-hybrid4-a-diesel-electric-hybrid/>
- Kuva 16. Pelastustoimintaan ja eri onnettomuustyyppisiin vaikuttavia riskitekijöitä onnettomuustilanteessa jossa osallisena sähkö- tai hybridiajoneuvo.
- Kuva 17. Crash Recovery System käytössä pelastusyksikön esimiehen paikalle sijoitettuna RSA 101:ssä. Kuvat Jarno Joensuu.
- Kuva 18. Crash Recovery System ohjelman ohjelehtiä Toyota Prius 1,8 Hybrid ajoneuvosta. Kuvat Jarno Joensuu.
- Kuva 19. Pelastuskortin sijoitus autossa sekä ”pelastuskortti autossa” –tarran liimausohjeet pelastushenkilöstön toiminnan helpottamiseksi. Kuvan lähde: <http://www.autoliitto.fi/tietopankki/pelastuskortti/>

## LIITTEET

- Liite 1. Kyselylomake AP ja AMK-A kursseille, 2 sivua
- Liite 2. Taulukot kyselylomakkeiden vastauksista, 4 sivua
- Liite 3. Pelastuskortti Mercedes-Benz M-Class HYBRID, malli 164, 2 sivua
- Liite 4. Pelastuskortin symbolit Suomeksi
- Liite 5. P3 käsikirjan sivu, liikennevälinepalo
- Liite 6. P3 käsikirjan sivu, tieliikenneonnettomuus, 2 sivua
- Liite 7. Esimerkkejä hybridiauton ulkoisista tunnisteista
- Liite 8. Ohjekortti toimintaan liikenneonnettomuudessa jossa on osallisena hybridikäyttöinen ajoneuvo
- Liite 9. Hybridi ja sähköauto, toiminta ja työturvallisuus liikenneonnettomuustilanteessa koulutuspaketin kalvojen sisällysluettelo, 4 sivua



Miten ajoneuvo tunnistettiin hybridiksi?

---

---

---

---

5. Kuka tunnistuksen suoritti?

6. Pelastaja
- Paloesimies
- Muu palopäällystön jäsen
- Hätäkeskus
- Muu, mikä?

---

7. Tuliko tieto kaikille onnettomuuspaikan toimijoille tiedoksi?

- Kyllä
- Ei

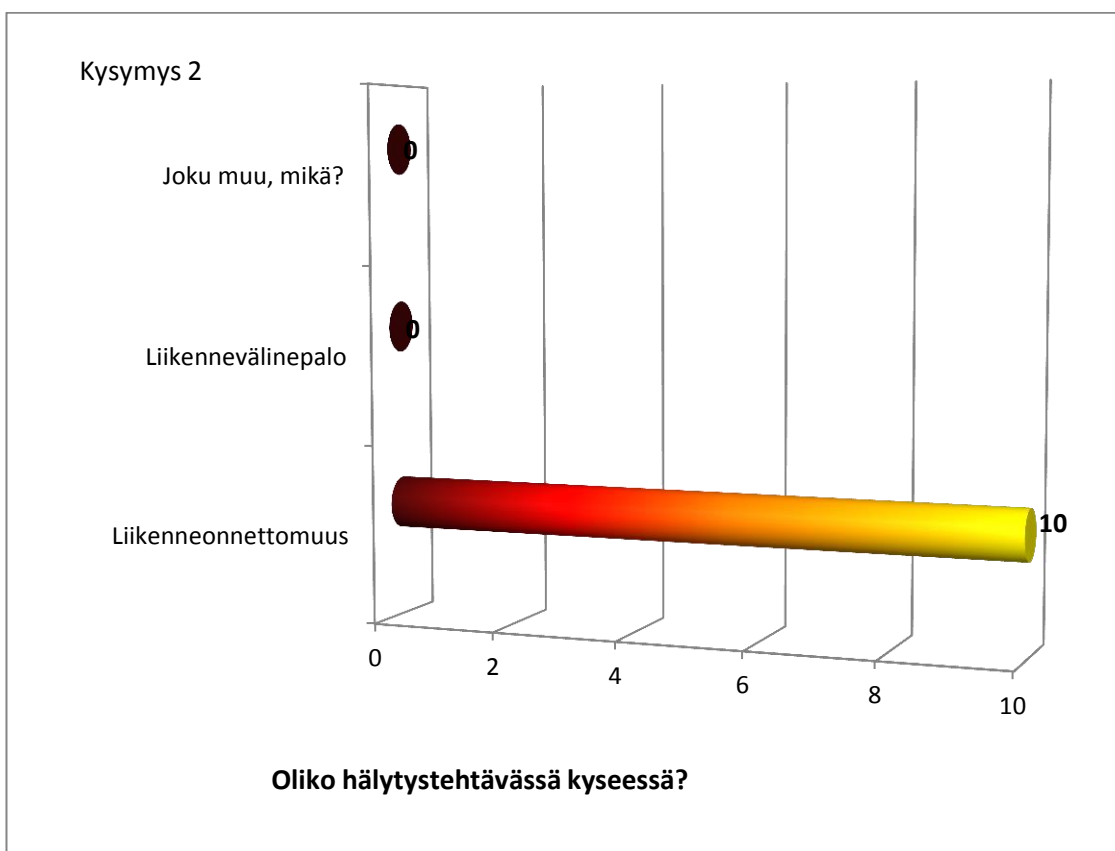
8. Onko pelastuslaitoksellasi annettu koulutusta onnettomuuspaikalla toimimisesta kun onnettomuudessa on osallisena hybridiajoneuvo?

- Kyllä
- Ei

9. Saatto mielestäsi riittävästi työvuoro- tai muuta lisäkoulutusta ajankohtaisista ja muuttuneista asioista joilla on merkitystä pelastushenkilöstön tehtäviin ja turvallisuuteen?

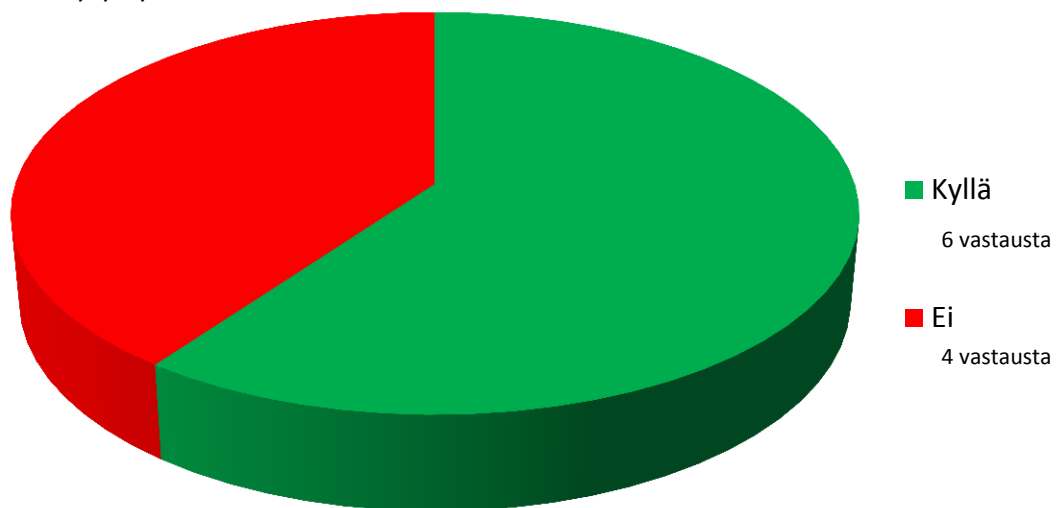
- Kyllä
- Ei

## Liite 2



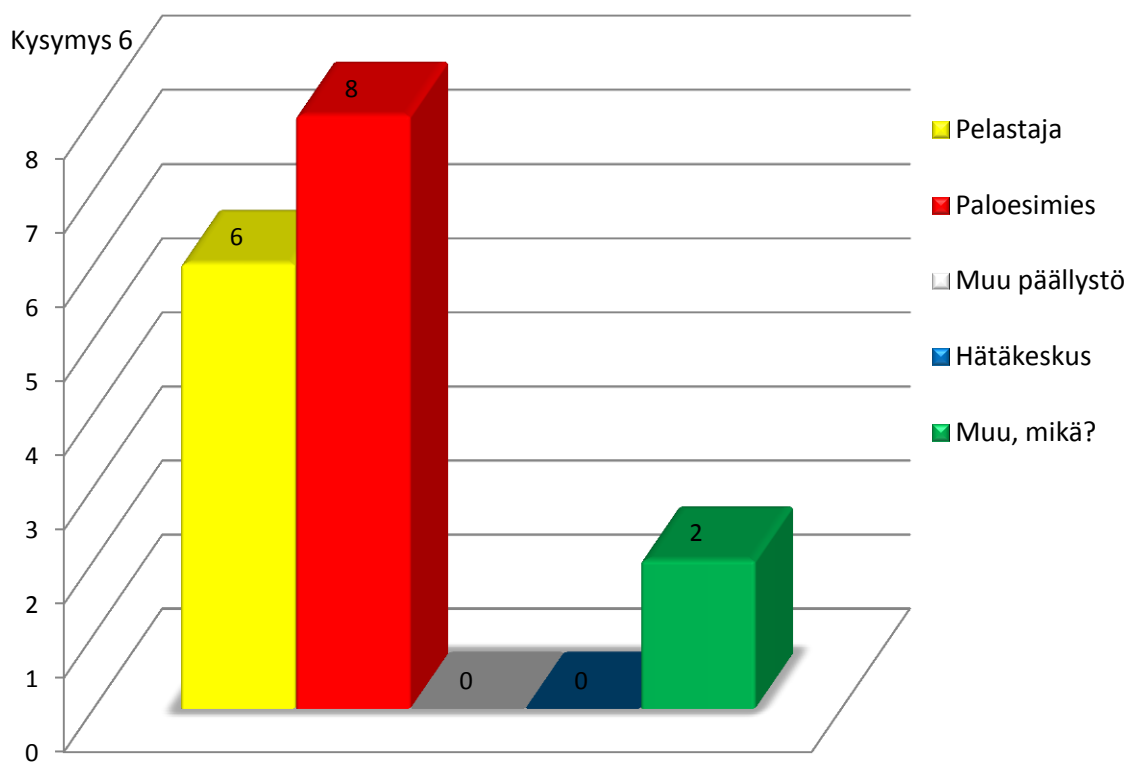


Kysymys 3



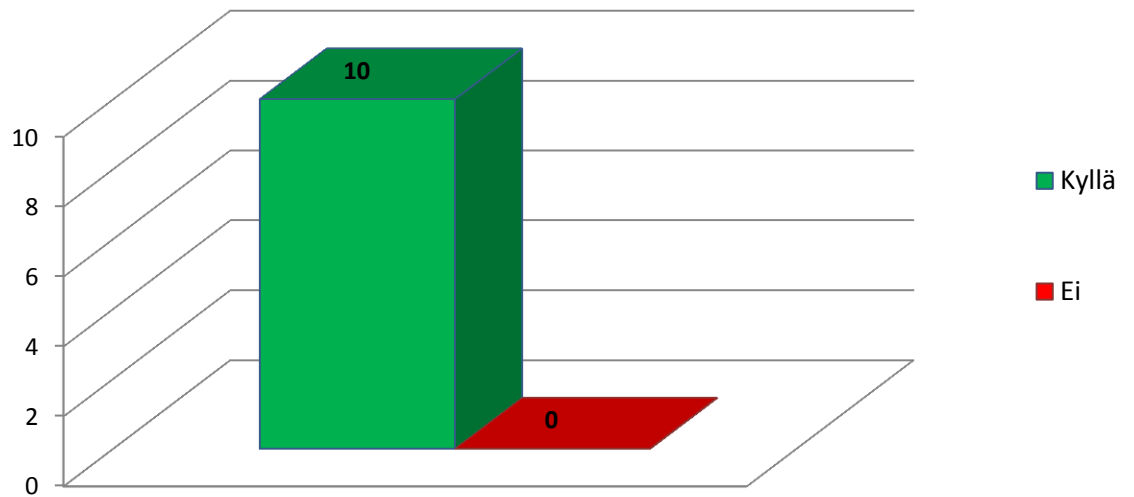
**Aiheuttiko ajoneuvon tyyppi muutoksia pelastustöissä?**

Kysymys 6

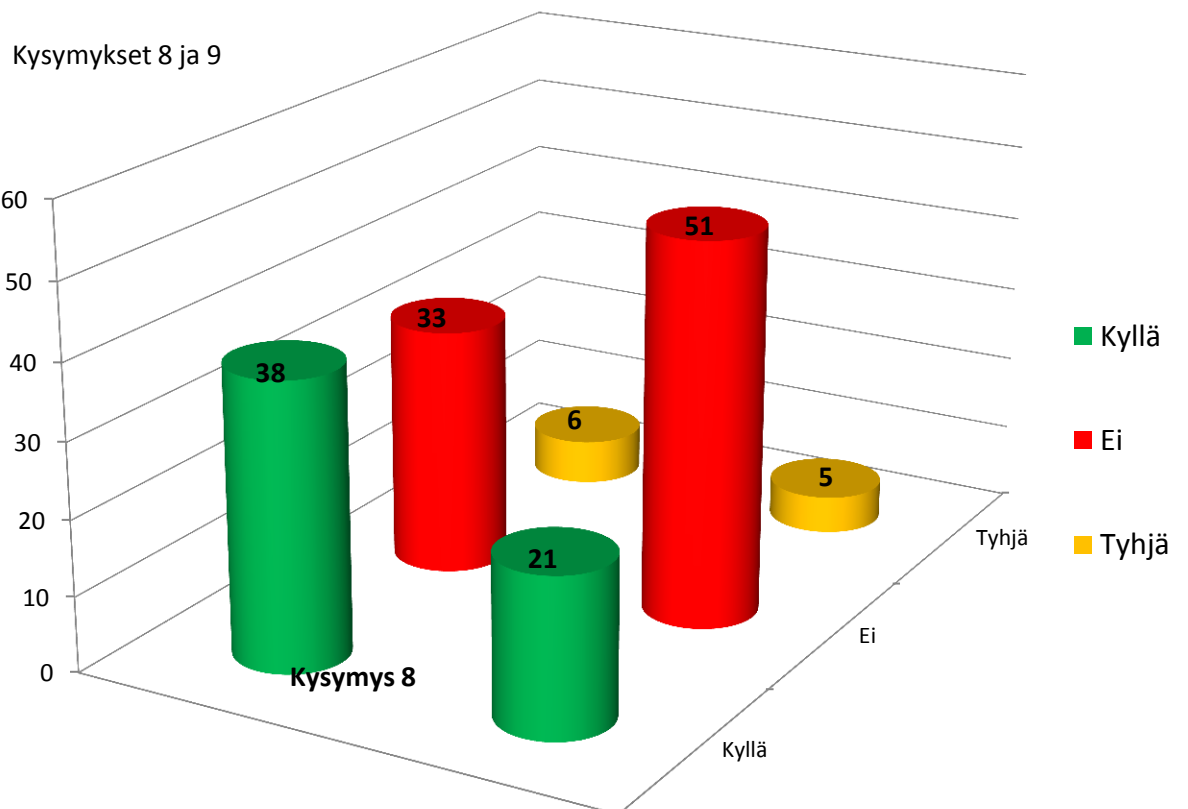


**Kuka suoritti hybridiajoneuvon tunnistuksen?**

Huom. Kahdessa vastauksessa auton kuljettaja antoi tiedon tunnistukseen.

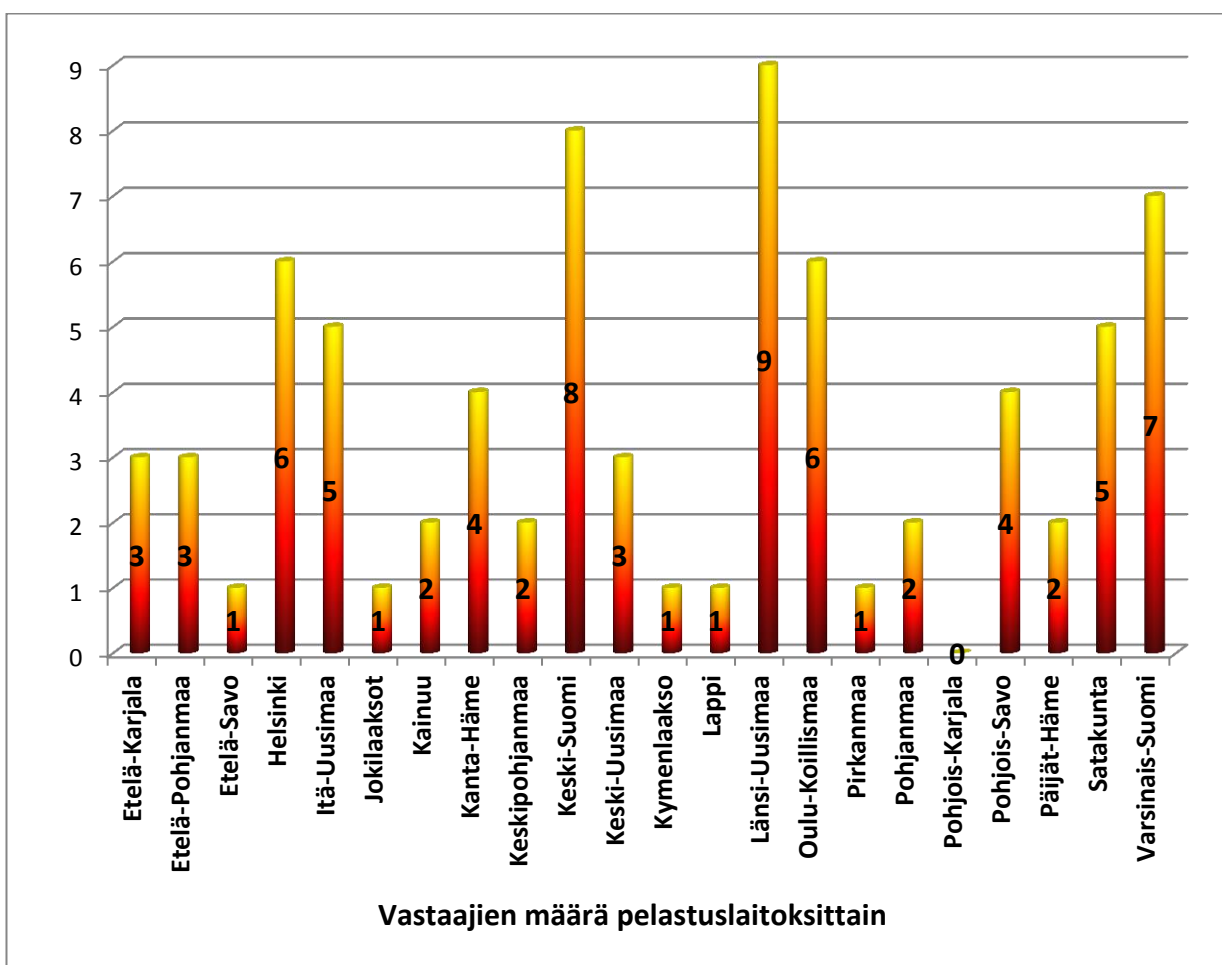
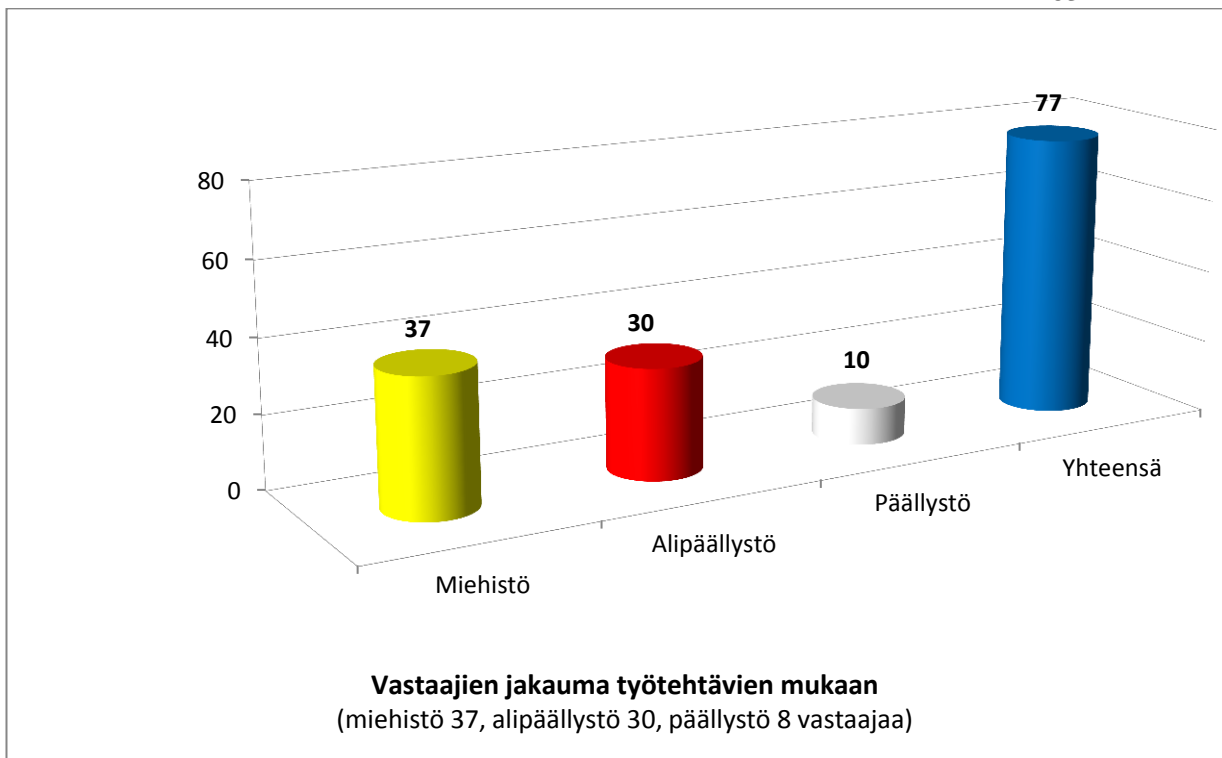


**7. Tuliko tieto kaikille onnettomuuspaikan toimijoille tiedoksi?**



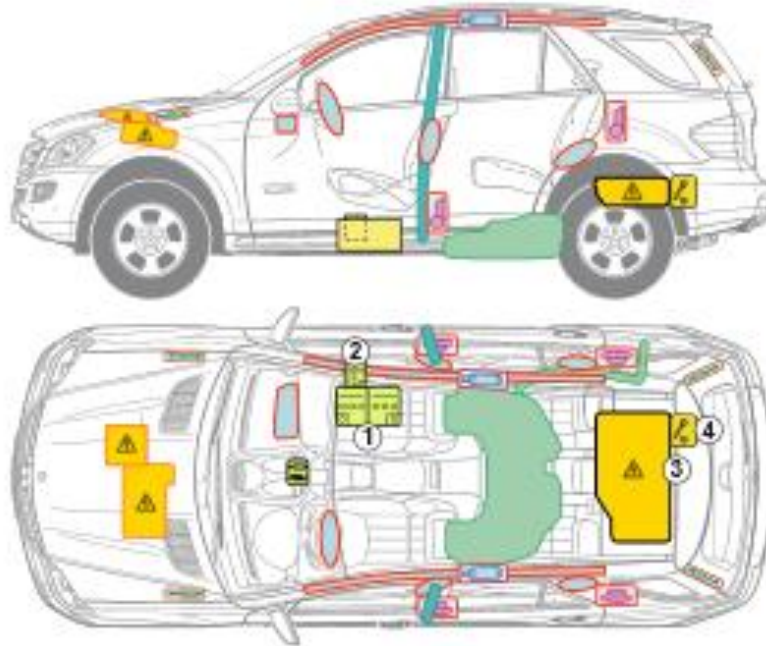
**8. Onko pelastuslaitoksellasi annettu koulutusta onnettomuuspaikalla toimimisesta kun onnettomuudessa on osallisena hybridiajoneuvo?**

**9. Saatto mielestäsi riittävästi työvuoro- tai muuta lisäkoulutusta ajankohtaisista ja muuttuneista asioista joilla on merkitystä pelastushenkilöstön tehtäviin ja**



M-Class HYBRID cross-country vehicle, model 164

As of 2009



- 1 Main battery (12 V)
- 2 Additional battery (12 V)
- 3 High-voltage battery
- 4 High-voltage disconnect device

Legend

			
Airbag	Gas-filled strut	Battery (12 V)	High-voltage battery
			
Gas generator	Fuel tank	Restraint systems control unit	High-voltage components
			
Seat belt pretensioner	Body reinforcement	High-voltage disconnect device	

## M-Class HYBRID cross-country vehicle, model 164

As of 2009

### High-voltage disconnect device

The high-voltage disconnect device is located on the right at the rear of the high-voltage battery.



High-voltage disconnect device

Lift load compartment floor (1) / Remove cover (2) / Push switch (3) to the right and pull off high-voltage battery



### Vehicle identification

Right fender



Left fender



Right of B-pillar

## PELASTUSKORTIN SYMBOLIT SUOMEKSI

 <p>Turvatyyny</p>	 <p>Korin vahvistus</p>	 <p>Ohjainyksikkö</p>	 <p>Kaasunkehitin</p>
 <p>Kaasujousi</p>	 <p>Akku</p>	 <p>Aktiivinen kierähdys-suoja</p>	 <p>Turvavyön esikirstin</p>
 <p>Turvavyön esikirstin</p>	 <p>Polttoainesäiliö</p>	 <p>Kaasusäiliö (Maakaasu/ Nestekaasu)</p>	 <p>Turvaventtiili (Maakaasu-/ Nestekaasujärjestelmä)</p>
 <p>Korkeajänniteosat</p>	 <p>Korkeajännitejohdot/ -osat</p>	 <p>Korkeajännitevirran poiskytkentä</p>	 <p>Korkeajänniteakku</p>
 <p>Mekaaninen sensori</p>			

## LIIKENNEVÄLINEPALO

# 10

### HANKI TIEDOT

- ajoneuvotyyppi, käyttövoima, loukkaantuneet, ajoneuvojen sijainti, leviämiskaava, mallikohtaiset pelastusohjeet
- kuorman sisältö
- ajoneuvomerkinnot
- selvitä hälytetyt resurssit, tarkenna vaste
- huomioi riittävä veden tarve

### KOhteessa

- pysäytä liikenne tai järjestä liikenteenohjaus, jos poliisi ei ole paikalla.
- määrää hengityssuojainten käyttö tarvittaessa jo matkalla.
- määrää suojarusteluiden ja välineiden käyttö, jännitetyökäsineet
- ota huomioon laajenemismahdollisuudet ja mahdolliset erityisvaarat
- jos sähköauto, akuston paloon osallistuminen kiihdyttää paloa

### HUOMIOITAVAA

#### Pakettiauto/kappaletavara-auto

- tarkista vaaralliset aineet, kaasupullot yms.
- tarkista käyttövoima. (mahdollisten kaasusäiliöiden jakorkeajänniteakustojen määrä ja sijainti)
- huomioi johtoauton paikka, perusta johtopaikka ja ilmoita johtopaikka.

#### Säiliöauto

- laaja avopalo = kalvovahto säiliöyksiköstä
- ajoneuvopalo = vesi/kalvovahto

#### Kaasusäiliöauto

- älä sammuta palavaa vuotoa (esim. Varoventtiili).
- jäähdytä säiliötä (200 l /min/ säiliön pituus m).
- huomioi vesihuolto.
- huomioi maadoittaminen.
- evakuoit tarvittaessa 500 m tai ainekohtaisesti.
- Huom! Tokeva-tiedostot

### TEHTÄVÄT JOISTA TÄYTYY SELVIYTYÄ

- pelastaminen, potilaiden irrottaminen
- sähköajoneuvon vakauttaminen
- sammuttaminen tai sammutusvalmius
- liikenteen ohjaus/katkaisu
- syttymisen estäminen ja ajoneuvojen virrattomaksi tekeminen
- turvavarusteluiden eliminointi/huomioiminen
- tilannekuvan ylläpito

## TIELIIKENNEONNETTOMUUS

# 16

### HANKI TIEDOT

- mikä on ajoneuvojen määrä ja laatu, käyttövoima?
- onko lisäonnettomuuden mahdollisuutta?
- onko loukkaantuneita tai kiinni olevia matkustajia?
- selvitä häytetyt resurssit, tarkenna vasta.
- tarkista poliisin toimintavalmius.
- huomioi vallitseva säätila (suojaatila potilaille).
- onko tulipalon vaaraa?
- ajoneuvon merkki ja mallikohtaiset pelastusohjeet

### MATKALLA

Kysy ensimmäiseltä kohteesta olevailta yksiköiltä lisätiedot.

### ENSITOIMENPITEET KOHTEESSA

- huomioi johtoauton paikka, perusta johtopaikka ja ilmoita johtopaikka.
- suojaa onnettomuusalue isoilla pelastusajoneuvoilla.
- anna yksiköille sijoittumisohje ja tehtävä.
- määrää ensimmäinen yksikkö tiedusteimaan ajoneuvojen tyyppi
- määrää tarvittaessa valaistus.
- tarvittaessa pysäytä muu liikenne tai järjestä liikenteen ohjaus.
- huomioi riittävä ennakkovaroitus ilukkailla keliä/mäen takana/moottoritieillä.
- määrää syttymisen estäminen: työjohtoseivitys, käsiammutin tai tarvittaessa vaahto.
- määrää poliisille liikenteenohjaus.
- määrää tarvittaessa lääkinnällisen pelastustoiminnan johtaja/toiminnasta vastaava ja ilmoita siitä pelastusorganisaatiolle.
- ajoneuvo pitää tunnistaa ennen potilaan irrottamisen aloittamista
- tarvittaessa määrää lämmitys potilaille.
- varmista helikopterille turvallinen laskeutumispäikka ja pidä yleisö riittävän kaukana.

### TEHTÄVÄT JOISTA TÄYTY SELVIITYÄ

- tiedustelu, ajoneuvon tyyppi ja käyttövoima
- sammutus
- syttymisen estäminen ja verratomaksi tekeminen
- oman toiminnan turvaaminen, turvavarusteiden eliminointi/huomioiminen
- pelastus ja potilaiden irrotus
- potilaiden ensihoito
- ajoneuvojen stabilointi
- potilaiden siirto ulos onnettomuusautosta
- lisävahinkojen estäminen, liikenteenohjaus-/katkaisu
- raivaus
- lisäveden järjestelyt, maadoitus, tiedottaminen



## MUUT TOIMENPITEET

Tarvittaessa merkitse ajoneuvojen paikat.

Määrää alueen siivous:

- onnettomuusjäte (kaikki irtain romu onnettomuusautoihin sisälle ennen pois hinausta)
- polttoaine ja öljy

Jos kohteessa on huomattavia vaarallisten aineiden vahinkoja, selvitä omistaja ja vakuutusyhtiö

Kirjaa omistaja, kuljettaja, rekisterinumero ja auton merkki

Sovi poliisin kanssa autojen siirtämisestä ja polshinauksesta

Varmista, ettei mitään arvokasta irtainta omaisuutta jää autoihin

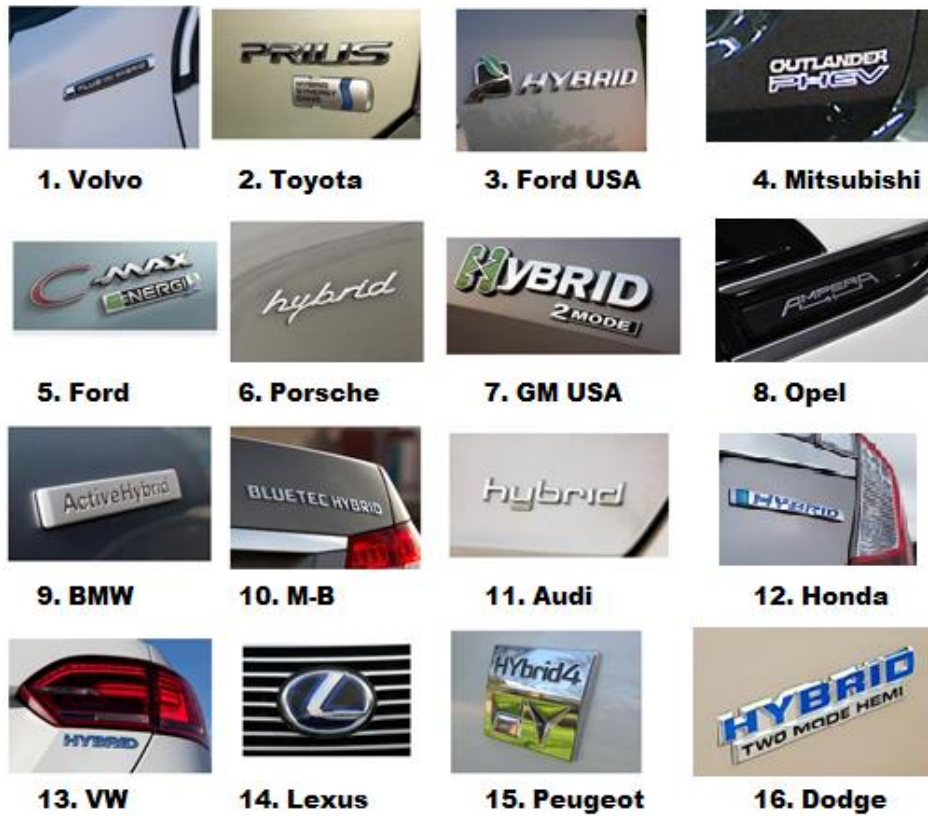
Merkitse onnettomuusauto uusintahälytysten välttämiseksi

Ilmoita yhteistyötahoille sähköajoneuvosta (poliisi, ensihoito, hinausauto)

Harkitse, tarvitaanko

- sähkölaitosta
- tien kunnossapitoa
- tutkijalautakuntaa
- henkistä ensiapua

## Liite 7.



1. Volvo, merkintä etulokasuojan takaosassa peilien kohdalla
2. Toyota, merkintä takaluukun kannessa sekä etulokasuojien takaosassa
3. Ford USA ja Mercury, merkintä takaluukussa sekä etuovissa
4. Mitsubishi, merkintä takaluukussa ja etulokasuojien takaosassa
5. Ford, eurooppalaiset autot, merkintä takaluukussa mallimerkinnän alla
6. Porsche, merkintä takaluukun alaosassa
7. GM USA, Chevrolet ja Cadillac, merkintä etuovissa ja takaluukun reunassa
8. Opel Ampera ja Chevrolet Volt, merkintä takaluukussa ja etulokasuojien takaosassa peilien takana
9. BMW, merkintä etulokasuojissa sekä takaluukun alaosassa
10. Mercedes-Benz, merkintä takaluukun kannessa sekä kyljessä auton etuosassa
11. Audi, merkintä takaluukun alaosassa
12. Honda, merkintä etuovien etuosassa ja takaluukun reunassa
13. Volkswagen, merkintä takaluukun oikeassa reunassa, etulokasuojien takaosassa ja keulamaskissa
14. Lexus, merkintä mallimerkinnän yhteydessä takaluukussa sekä kyljissä.
15. Peugeot ja Citroën, merkintä etulokasuojan takaosassa ja takaluukun reunassa
16. Dodge, merkintä etulokasuojien takaosassa ja takaluukun oikeassa reunassa

Useissa autoissa keulamaskin merkki valaistu takaa sinisellä valolla, mm. Toyota, Audi Lexus, Honda, Ford. Moottoritilassa kaikissa autoissa Hybrid tms. tekstit moottorissa.

**Tunnista käyttövoima**

Ulkoiset tunnisteet, merkit  
Korin muotoilu, auton malli  
Korkeajännitekaapelit ja osat



- Oranssi väri näkyvissä osissa
- Merkintä muissa osissa

**1****Kytke virta pois päältä**

Sammuta käynnistysvirta avaimesta tai  
käynnistyskattaisijasta  
Vie virta-avain vähintään 5 metrin päähän  
onnettomuusajoneuvosta  
Muista avaimeton käynnistys!

**2****Vakauta ajoneuvo ja estä sen liikkuminen**

Estä auton rullaaminen kuloilla tai  
stabilointiportilla  
Virran ollessa kytkettynä saattaa pyrkiä  
liikkeelle sähkövoimalla

**3****Kytke käsijarru**

Vapauta vaihde, automaattissa N tai P  
Huomioi ajoneuvon sijainti tiellä,  
sähköinen käsijarru tekee autosta  
liikkumattoman virrattomana ja  
automaattivaihteisto lukittuu P-asennossa

**4****Tee matalajännitepiiri virrattomaksi**

Selvitä akkujen sijainti, yleensä  
hybridiautossa enemmän kuin yksi  
Ota huomioon sähkötoimiset penkit,  
ikkunat, ratin ja polkimien säädöt

**5****Poista huoltoerotin tai hätäkatkaisin**

Sijaitsee yleisesti korkeajänniteakuston  
läheisyydessä  
Poista kokonaan pois paikaltaan, älä hävitä  
Odotu muutama minuutti, jos mahdollista

**6****Käytä apuvälineitä ja ohjelmia**

Käytä harjoiteltuja toimintamalleja

- Potilaan käsittely
- Työturvallisuus

Käytä aina tarvittavia suojavälineitä  
ja varusteita!

**!**



1

Hybridi- ja sähköauto, toiminta ja työturvallisuus liikenneonnettomuustilanteessa  
koulutuspaketin kalvojen sisällysluettelo

1. Kalvosarjan kansilehti
2. *Oppitunti 1, sähkö- ja hybridauto teoria -kansilehti*
3. Hybridi, sähkö vai polttomoottori? Yleisön herättelyä aiheeseen
4. Mikä antaa käyttövoiman? Samassa automallissa voi olla käyttövoimana eri variaatioita
5. Sähköauton historia ja kuva ensimmäisestä sähköautosta, Thomas Parker 1884, Englanti
6. Hybridauton historia ja kuva ensimmäisestä hybridautosta Lohner-Porsche 1898, Saksa
7. Sähköauton historia Suomessa ja kuva Suomen ensimmäisestä sähköautosta, Helsingin palokunta 1909
8. Hybridautojen kokonaismäärä Suomessa Trafín tilastojen mukaan 2006-2013
9. Hybridautot merkittäin Suomessa Trafín tilastojen mukaan 2006-2013
10. Hybridautot merkittäin Suomessa, merkkien eri malleja
11. Esimerkkejä raskaan kaluston hybridajoneuvoista Suomessa
12. Kuvia edellisestä kalvosta
13. Sähköautojen tulevaisuuden näkymiä 1
14. Sähköautojen tulevaisuuden näkymiä 2
15. Erilaisten hybridautojen eroja
16. Käsite hybridauto 1, yleistä
17. Käsite hybridauto 2, yleistä
18. Käsite hybridauto 3, tekniikkaa
19. Käsite hybridauto 4, tekniikkaa
20. Hybridauton tunnistaminen
21. Hybridauton tunnistaminen, ulkoiset tunnisteet
22. Hybridien perusrakenteet, sarja- ja rinnakkaishybridi
23. Havainnekuva sarjahybridin voimansiirrosta
24. Havainnekuva rinnakkaishybridin voimansiirrosta
25. Hybridauton moottoritila, kuvat diesel/sähkö ja bensiini/sähkö
26. Korkeajännitejohtojen perusteita
27. Kuva Toyota Priuksen konehuoneen korkeajännitejohdosta
28. Hybridauton perustekniikka, PSA diesel/sähkö, etuveto
29. Akkutekniikkaa 1
30. Akkutekniikkaa 2
31. Akun rakenne
32. Jännitteet hybridautoissa
33. Hybridauton käynnistys-sammutus-automaatiikan erityispiirteet
34. Sähköautojen huollon viranomaisvaatimukset





35. *Oppitunti 2, toiminta liikenneonnettomuustilanteessa -kansilehti*
36. Toimenpiteet paikalle tullessa
37. Auton virrattomaksi tekeminen
38. Auton liikkumattomaksi saattaminen
39. Korkeajännite
40. Toiminta potilaiden kanssa
41. Oikosulku korkeajännitepiirissä, matalajännitteen ohjaamat releet
42. Autojen ja akkujen rakenne
43. Akuston vaurioituminen
44. Korkeajännitetyöhansikas
45. Hybridi pelastuskohteena
46. Akuston lämpeneminen/syttyminen
47. Akuston syttyminen/osallistuminen paloon
48. Akuston rikkoontuminen, vuotava neste
49. Jos ei tiedetä, oletetaan kaikkien korkeajänniteosien olevan jännitteellisiä
50. Hybridi ajoneuvon tunnistaminen, VIN-numero
51. Hybridi virrattomaksi, yleisohje
52. Hybridi virrattomaksi jos onnettomuusautossa ei ulkoisia muutoksia
53. Hybridi virrattomaksi jos käynnistyskatkaisijaa ei löydy (avaimeton käynnistys)
54. Huoltoerottimen irrotus, kuvasarja
55. Toiminta autopalossa
56. Akuston tulipalo 1
57. Akuston tulipalo 2
58. Esimerkkikuva rakenteesta jossa etuveto ja mekaaninen voimansiirto
59. Esimerkkikuva rakenteesta jossa etuveto ilman mekaanista voimansiirtoa
60. Esimerkkikuva rakenteesta jossa takaveto ja mekaaninen voimansiirto
61. Esimerkkikuva rakenteesta jossa neliveto ja mekaaninen voimansiirto mutta käyttövoima eri etu- ja taka-akseleille
62. Esimerkkikuva rakenteesta jossa neliveto ja mekaaninen voimansiirto molemmille käyttövoimille





63. *Oppitunti 3, hybridautojen rakenne ja tunnistaminen -kansilehti*

64. Merkkien selitykset pelastuskorteista
65. Pelastuskorttien symbolit suomennettuna
66. Honda Jazz
67. Toyota Yaris
68. Toyota Auris 1/3
69. Toyota Auris 2/3
70. Toyota Auris 3/3
71. Honda Civic
72. Honda Insight 1/3
73. Honda Insight 2/3
74. Honda insight 3/3
75. Toyota Prius
76. Toyota Prius+ 1/4
77. Toyota Prius+ 2/4
78. Toyota Prius+ 3/4
79. Toyota Prius+ 4/4
80. Toyota Prius plug-in 1/4
81. Toyota Prius plug-in 2/4
82. Toyota Prius plug-in 3/4
83. Toyota Prius plug-in 4/4
84. Lexus CT 200h
85. Citroén DS5 1/2
86. Citroén DS5 2/2
87. Volkswagen Jetta 1/2
88. Volkswagen Jetta 2/2
89. BMW 3-sarja
90. Peugeot 508 1/2
91. Peugeot 508 2/2
92. Volvo V60
93. Lexus RX450H
94. Audi Q5
95. Porsche Panamera
96. Mitsubishi Outlander PHEV 1/4
97. Mitsubishi Outlander PHEV 2/4
98. Mitsubishi Outlander PHEV 3/4
99. Mitsubishi Outlander PHEV 4/4
100. MB E300 Hybrid
101. Chevrolet Volt/Opel Ampera 1/4
102. Chevrolet Volt/Opel Ampera 2/4
103. Chevrolet Volt/Opel Ampera 3/4
104. Chevrolet Volt/Opel Ampera 4/4
105. Volvo C30
106. Nissan Leaf 1/2
107. Nissan Leaf 2/2





- 108. Oppitunti 4, syventävä osuus -kansilehti*
109. Auton turvatyyny
110. Turvatyynyjen toiminta-aika
111. Turvatyynyjen varoetäisyydet
112. Turvalaitteiden räjähdyspanokset
113. Auto virrattomaksi, mihin vaikuttaa 1
114. Auto virrattomaksi, mihin vaikuttaa 2
115. Sähköajoneuvojen tyyppejä 1
116. Sähköajoneuvojen tyyppejä 2
117. Kevyt ja täyshybridin erot, teoriaa 1
118. Kevyt ja täyshybridin erot, teoriaa 2
119. Mikrohybridi
120. Sähköauto 1
121. Sähköauto 2
122. Sarjahybridi 1
123. Sarjahybridi 2
124. Rinnakkaishybridi 1
125. Rinnakkaishybridi 2
126. Rinnakkaishybridi 3
127. Sarja-rinnakkaishybridi 1
128. Sarja-rinnakkaishybridi 2
129. Pistokehybridi
130. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, syttyminen
131. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, akkuneste
132. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, käsittely ja suojaus
133. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, vuoto
134. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, tulipalo 1
135. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, tulipalo 2
136. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, hajoamistuotteet
137. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, ensiapu 1
138. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, ensiapu 2
139. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, ensiapu 3
140. Litiumioniakkujen turvallisuusohjeet, akkujäte
141. Ensiapu sähköiskussa 1
142. Ensiapu sähköiskussa 2
143. Ensiapu sähköiskussa 3
144. Ensihoito-ohjeet sähköiskussa 1
145. Ensihoito-ohjeet sähköiskussa 2
146. Hybridi- ja sähköajoneuvojen sähkötyöturvallisuus SFS6002 koulutus 1
147. Hybridi- ja sähköajoneuvojen sähkötyöturvallisuus SFS6002 koulutus 2
148. Hybridi- ja sähköajoneuvojen sähkötyöturvallisuus SFS6002 koulutus 3
149. Hybridi- ja sähköajoneuvojen sähköturvallisuus S3 koulutus

