

Lauri Mäenpää

SÄHKÖ-, HYBRIDI- JA KAASUKÄYTTÖISTEN
HENKILÖAUTOJEN PALOTURVALLISUUS MATKUSTAJA-
AUTOLAUTALLA

Merenkulun koulutusohjelma
Merikapteenin suuntautumisvaihtoehto
2019

SÄHKÖ-, HYBRIDI- JA KAASUKÄYTTÖISTEN HENKILÖAUTOJEN PALOTURVALLISUUS MATKUSTAJA-AUTOLAUTALLA

Mäenpää, Lauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Syyskuu 2019
Sivumäärä: 40

Asiasanat: paloturvallisuus, matkustaja-autolautta, riskienhallinta, riskianalyysi,
vaihtoehtoiset käyttövoimat

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien henkilöautojen paloturvallisuutta matkustaja-autolautalla. Tutkimuksessa on selvitetty vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien henkilöautojen yleistymistä Suomen tieliikenteessä, kerrottu niiden ominaispiirteistä sekä riskitekijöistä, joita niiden paloturvallisuuteen liittyy.

Opinnäytetyössä on tehty kaksi haastattelua, joita hyödynnetään tutkimuksessa. Ensimmäisessä haastattelussa selvitetään matkustaja-autolautan päällystön tietämystä ja varautumista vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen tulipalotilanteisiin. Toisessa haastattelussa selvitetään riskienhallinnan ammattilaisen mukaan riskienhallintaa ja sen toteuttamista.

Tarkoituksena on saada selville tämänhetkinen tilanne vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen paloturvallisuudesta, varautumisesta palotilanteisiin sekä niihin liittyvien riskien hallinnasta. Opinnäytetyössä otetaan huomioon kehittämiskohteet ja mietitään, kuinka niitä voitaisiin toteuttaa paloturvallisuuden lisäämiseksi matkustaja-autolautalla.

FIRE SAFETY OF ELECTRIC, HYBRID AND GAS POWERED PASSENGER CARS AT PASSENGER-CAR FERRY

Mäenpää, Lauri
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Maritime management
September 2019
Number of pages: 40

Keywords: fire safety, passenger car ferry, risk management, risk analysis, alternative fuel

This thesis investigates the fire safety of passenger cars powered by alternative fuels at passenger-car ferries. The study investigates the spread of alternative fuels cars in Finnish road traffic, their characteristics and the risk factors associated with them in terms of fire safety.

The thesis has two interviews which are used in the research. The first interview examines the knowledge of passenger-car ferry officers and their preparedness in the event of fire in cars powered by alternative fuels. The second interview describes the risk management and its implementation, according to a risk management professional.

The purpose is to find out the current situation regarding the fire safety of alternative fuel cars, the preparation for fire situations and the management of the associated risks. The thesis into account the development issues and considers how they could be implemented to increase fire safety on the passenger-car ferry.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	7
2.1	Aihealue	7
2.2	Tutkimusmenetelmä.....	7
2.3	Ajankohtaisuus ja tärkeys	8
2.4	Rajaus.....	9
2.5	Odotetut tulokset opinnäytetyöstä.....	9
2.6	Rakenne.....	9
2.7	Aikaisemmat tutkimukset	10
3	VAIHTOEHTOISILLA POLTTOAINEILLA TOIMIVIEN HENKILÖAUTOJEN YLEISYYS SUOMESSA.....	11
3.1	Vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien henkilöautojen ajoneuvokanta Suomessa	11
4	VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT	14
4.1	Sähköauto.....	14
4.2	Hybridi-auto	14
4.3	Kaasuauto.....	16
4.4	Polttokennoauto	16
4.5	Flexfuel	17
5	PALOTURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKNISET RATKAISUT.....	17
5.1	Akut.....	17
5.2	Korkeajännitejohtimet.....	18
5.3	Korkeajänniteakun tulipalovauriot.....	19
5.4	Lataus.....	20
5.5	Kaasuauto.....	21
5.6	Polttokennoauto	22
6	VAIHTOEHTOISTA POLTTOAINETTA KÄYTTÄVÄN AJONEUVON PALOTURVALLISUUS MATKUSTAJA-AUTOLAUTALLA.....	22
6.1	Laivayhtiön varautuminen	22
6.2	Autopalot matkustaja-autolautalla	24
6.3	Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävän ajoneuvon tunnistaminen	24
7	VAIHTOEHTOISTA POLTTOAINETTA KÄYTTÄVÄN AUTON RISKIT, RISKIANALYYSI, RISKIN ARVIOINTI JA RISKIENHALLINTA.....	26
7.1	Riski ja riskienhallinta	26

7.2	Riskin suuruuden määrittäminen	29
7.3	Riskin merkittävyyden määrittelemine	30
7.4	Kontrolloivat toimenpiteet	31
7.5	Seuranta.....	32
7.6	Asiantuntijahaastattelu	32
8	ALUSTURVALLISUUDEN OHJEISTUKSET JA LAIT	34
8.1	Alusturvallisuudessa noudatettavat ohjeistukset ja lait.....	34
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	35
10	LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

Ajoneuvokanta muuttuu kohti ympäristöystävällisempää suuntaa ja se tuo uusia haasteita sekä maa-, että merenkulun turvallisuuskulttuuriin. Suurin osa henkilö- ja pakettiautoista on edelleen perinteisiä bensiini- ja dieselmoottorillisia malleja. Bensiini- ja dieselmoottorin rinnalle on korvaavaksi käyttövoimaksi tullut korkeajännitteinen sähköjärjestelmä tai kaasujärjestelmä. Polttomoottori voidaan korvata kokonaan korkeajännitteisellä sähkömoottorilla, jolloin sähköstä saadaan kaikki kulkemiseen tarvittava energia.

Vaihtoehtoiset energialähteet autoissa sekä maantiellä että laivassa muuttavat riskitekijöitä onnettomuustilanteissa. Suuret jännitteet sekä kaasusäiliöt saattavat aiheuttaa onnettomuudessa riskitekijän, joka voi vaikuttaa onnettomuuden syntyyn, sen kehitykseen ja onnettomuuden hoitamiseen pelastustyön osalta.

Vaihtoehtoisten energialähteiden käyttö autoissa lisääntyy vuosi vuodelta, joten niitä myös liikkuu myös laivoissakin enemmän. Riskit ja vaaratekijät ovat osin erilaisia kuin perinteisiä polttoaineita käyttävillä autoilla. Laivahenkilökunnan olisi hyvä tietää näistä riskeistä ja vaaratekijöistä mahdollisessa onnettomuustilanteessa, jotta niiden käsittely suoritettaisiin mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti.

Laivan miehistöllä tulisi olla perustietoa vaihtoehtoisilla polttoaineilla kulkevista autoista, jotta niiden erityispiirteisiin tulipalojen varalta osattaisiin varautua. Miehistön tulisi olla tietoisia myös siitä, kuinka palotilanteet poikkeavat maaolosuhteista.

Nämä uudet käyttövoimat vaativat erilaista varautumista ja riskienhallintaa, ja sen vuoksi niille on hyvä tehdä erillinen riskienhallintaprosessi, jota hyödynnetään riskitilanteiden varalta. Laivayhtiöiden varautuminen olisi näiltä osin päivitettävä tämän päivän olosuhteita vastaaviksi.

2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

2.1 Aihealue

Aihealue tälle opinnäytetyölle on hybridi-, sähkö- ja kaasukäyttöisten henkilöautojen paloturvallisuus ja niihin liittyvät riskit paloturvallisuuden kannalta matkustaja-autolautalla.

2.2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä tässä opinnäytetyössä käytetään laadullista, eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän lähtökohtana on todellisen elämän kuvaaminen ja siinä pyritään tutkimaan kohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 156). Laadullisessa tutkimuksessa käytetään sanoja ja lauseita, kun taas määrällinen (kvantitatiivinen) tutkimus perustuu lukuihin (Kananen 2008, 24). Hirsjärvi ym. (2007, 160) listaavat kvalitatiivisen tutkimuksen erityispiirteistä lisäksi muun muassa sen, että aineiston hankinnassa käytetään laadullisia metodeja. Tällaisia metodeja ovat tässä opinnäytetyössä mm. tehdyt teema-haastattelut sekä dokumenttien ja tekstien analyysit.

Kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän avulla on hankittu tarvittava tutkimusaineisto, sekä analysoitu siitä saatuja tietoja. Joel Viitalan opinnäytetyö ”Aluksen keulamuotoilun kehitys” on hyvä esimerkki kvalitatiivisesta tutkimuksesta, sillä myös siinä tutkitaan valittua aihetta kokonaisvaltaisesti sekä analysoidaan kerättyä tietoperustaa (Viitala 2019, 7). Myöhemmin mainittavat opinnäytetyöt ovat myös tutkimusmenetelmiltään laadullisia.

Tutkimuskirjallisuutta on hankittu sekä verkkolähteistä, että kirjoista. Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä on tämän opinnäytetyön kannalta oikea menetelmä, sillä kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä ei tässä yhteydessä saa aikaan tutkimusprosessissa laadukasta lopputulosta.

Opinnäytetyön tutkimusongelma on seuraava; ovatko vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivat henkilöautot paloturvallisuusriski matkustaja-autolautalla? Tutkimuksessa selvitetään, onko vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivilla henkilöautoilla paloturvallisuusriski olemassa, ja mikäli sellainen riski on olemassa, kuinka sen kanssa tulisi toimia.

2.3 Ajankohtaisuus ja tärkeys

Merireitit ovat Suomen viennille ja tuonnille elintärkeitä, sillä jopa 80 prosenttia kaikista Suomeen tuotavista kulutustuotteista kuljetetaan meriteitse laivoilla. Tuonti vastaa 103,8 miljoonan tonnin vuosittaista tavaraliikennettä, sekä viennin osuus on noin 90 prosenttia koko viennistä. Suomessa toimivien varustamoiden yhteenlaskettu liikevaihto on noin 2300 miljoonaa euroa sekä koko meriklusterin työllistävä vaikutus on noin 50 000 henkilöä liikevaihdon ollessa yli 13 miljardia euroa. (LadySailor, 2019) Eckerö Linen hankkima Finbo Cargo –roro alus lisää meriteitse kuljetettavan rahdin kapasiteettia, sekä myös henkilöautojen rahtausta Suomen ja Viron välillä. Tästä voidaan päätellä että meriteillä liikkuu koko ajan enemmän ja enemmän rahtia, matkustajia sekä myös vaihtoehtoisilla polttoaineilla kulkevia autoja.

Vaihtoehtoisilla polttoaineilla kulkevien autojen lisääntyminen tieliikenteessä tarkoittaa sitä, että kyseisiä autoja kulkee myös laivoilla koko ajan enemmän ja tämän saman suunnan voidaan olettaa jatkuvan myös tulevaisuudessa. Opinnäytetyön osassa 3 on selvitetty tätä suuntausta ja tilastoja vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen yleistymiseen Suomen tieliikenteessä. Nämä automallit sisältävät uudenlaisia riskejä, joita tämä opinnäytetyö pyrkii selventämään. Tarkoituksena on myös selvittää kuinka näitä riskejä voidaan kartoittaa ja kuinka niiden kanssa tulee toimia. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö on ajankohtainen johtuen sekä ajoneuvokannan uudistumisesta, että muuttuvista riskiolosuhteista laivoilla.

Työssä tuotettua uutta tietoa voidaan hyödyntää varustamoiden turvallisuussuunnitelmassa riskikartoituksena vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen suhteen. Tätä tietoa hyödynnetään paloturvallisuuden kehittämiseen ja ylläpitämiseen. Paloturvallisuus on hyvin tärkeä osa-alue laivojen turvallisuussuunnitelmassa.

2.4 Rajaus

Aihe on rajattu tarkoituksella vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimiviin hybridi-, sähkö- ja kaasuhenkilöautoihin, joita matkustaja-autolautoilla kuljetetaan. Flexfuel-autot on rajattu pois opinnäytetyöstä koska niiden tekniikka on hyvin lähellä tavanomaista polttomoottorilla toimivaa autoa ja niiden riskitekijät ovat samanlaisia kuin tavallisilla autoilla. Rajaus on tehty siten että näistä yleisimmistä vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivista autoista saadaan opinnäytetyössä hyvä perustieto, sekä näiden autojen riskit kartoitetaan tiiviiseen pakettiin jota voidaan hyödyntää laivaympäristössä.

2.5 Odotetut tulokset opinnäytetyöstä

Opinnäytetyön tuloksena saadaan vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen erityispiirteet kartoitettua, toimintamalli riskien arviointiin, sekä kehitysehdotuksia paloturvallisuuden parantamiseen.

2.6 Rakenne

Opinnäytetyön alkuosassa tarkastellaan vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien henkilöautojen ajoneuvokannan kehitystä viime vuosina Suomessa, sekä sitä kuinka näiden automallien ajoneuvokanta kehittyy tulevaisuudessa. Suomen kansallinen ohjelma ajoneuvokannan uudistamisesta luo tässä kohdassa puitteet tulevaisuuden ennakkointiin.

Seuraavassa osa-alueessa eritellään vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivat automallit käytettävän energialähteen mukaan, sekä kerrotaan niiden teknisistä ratkaisuista. Tätä osa-aluetta seuraa katsaus kunkin automallin paloturvallisuudesta ja mahdollisista riskitekijöistä.

Työssä selvitetään tämänhetkinen tilanne yhden varustamon osalta vaihtoehtoisilla polttoaineilla liikkuvien autojen suhteen. Tärkeässä osassa on näiden automallien tunnistaminen laivalla, jotta pystyttäisiin havaitsemaan mahdolliset riskitekijät joita niihin liittyy.

Työn loppuosassa kerrotaan vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen riskienhallinnasta, riskien arvioinnista sekä riskianalyysistä.

Loppupäätöksissä tehdään yhteenveto edellä mainituista asioista ja mietitään miten tämänhetkinen tilanne tulee muuttumaan tulevaisuudessa. Loppupäätöksissä kerrotaan myös toimenpiteitä, joita varustamojen tulee ottaa huomioon alusten paloturvallisuuden suhteen ajoneuvokannan muuttuessa.

2.7 Aikaisemmat tutkimukset

Marko Laurén on käsitellyt insinööriyössään ”Hybridi- ja sähköautojen koulutusaineisto pelastushenkilökunnalle” hybridi- ja sähköautojen rakennetta ja ominaisuuksia sekä niiden huomioimista pelastustoiminnassa. Työn tarkoituksena on ollut antaa tietoa pelastushenkilökunnalle turvallisuuteen liittyen hybridi- ja sähköautojen kanssa toimiessa onnettomuuspaikalla. (Lauren, 2014)

Laurénin työssä on osin samoja osioita kuin tässä opinnäytetyössä. Hybridi- ja sähköautojen tekniikkaa käsitellään tarvittavilta osin, niiden tunnistaminen lisäksi, sekä tehdään katsaus tämän hetkiseen ajoneuvokannan tilanteeseen sekä sen odotettavissa olevaan muutokseen.

Tämä edellä mainittu työ eroaa siinä mielessä tästä opinnäytetyöstä, että käytännön toimet, esimerkiksi ajoneuvon sammutustekniikka ja korin leikkaaminen eivät sisälly tähän rajattuun aiheeseen. Tarkoituksena on tutkia ja tuoda ilmi paloturvallisuuteen liittyvät riskitekijät ja kuinka niiden kanssa toimitaan laivoolosuhteissa.

Janne Vuorela on tehnyt opinnäytetyön ”Hybridi- ja sähköauto, toiminta ja turvallisuus liikenneonnettomuustilanteessa”. Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut selvittää sähkö- ja hybridi-autojen tekniikkaa ja niiden rakennetta palokunnan pelastustoiminnan näkökulmasta. (Vuorela, 2015) Opinnäytetyössä on samoja piirteitä kuin Laurénin työssä mutta Vuorela keskittyy sähköturvallisuuteen erityisesti näissä autoissa sijait-

sevien korkeajännitejohtimien osalta. Työssä työskentelyn perusajatuksena on turvallisuus kohdatessa vaurioitunut hybridi- tai sähköauto. Laivaolosuhteisiin tätä näkökulmaa ei tällä hetkellä voi soveltaa, koska esimerkiksi Viking Line ei ota vaurioituneita hybridi- ja sähköajoneuvoja laivaan. Autopalotilanne on kuitenkin varteenotettava skenaario myös laivalla. Vuorelan opinnäytetyössä selvitetään hyvin eri vaihtoehtoisilla polttoaineilla kulkevien autojen ominaisuudet ja toimintaperiaatteet. Esimerkiksi Laurénin työssä käsitelty asia ajoneuvon tunnistamiseen vaihtoehtoisella polttoaineella toimivaksi on hyvin sovellettava asia laivaympäristössä.

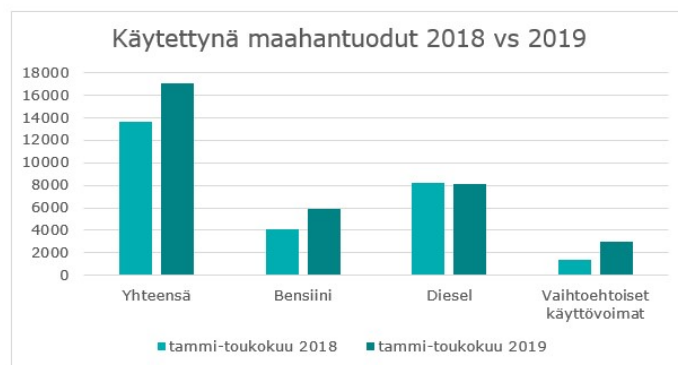
Täysin laivaolosuhteisiin tehtyä vastaava tutkimusta ei tällä tietoa ole vielä tehty, mutta vastaavanlaisista maaolosuhteisiin laadituista tutkimuksista on sovellettavissa kuitenkin tiettyjä näkökulmia ja huomioon otettavia asioita myös tähän opinnäytetyöhön.

3 VAIHTOEHTOISILLA POLTTOAINEILLA TOIMIVIEN HENKILÖAUTOJEN YLEISYYS SUOMESSA

3.1 Vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien henkilöautojen ajoneuvokanta Suomessa

Liikennefaktan mukaan vaihtoehtoisilla käyttövoimilla tai polttoaineilla toimivia autoja ovat sellaiset autot, jotka käyttävät energialähteenään sähköä, vetyä tai kaasua. Vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät autot voivat olla kokonaan tai osittain riippuvaisia vaihtoehtoisesta energiamuodosta. Esimerkiksi ladattavat hybridit käyttävät vain osittain vaihtoehtoista energiaa. Korkeaseosetanoliautot (flexfuel) luetaan myös vaihtoehtoisilla käyttövoimalla kulkeviin autoihin. Liikennefaktan verkkosivuilla kerrotaan, että Suomen kansallisessa ohjelmassa koskien liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkkoa esitetään, että vuonna 2030 kaikki uutena myydyt autot olisivat soveltuvia vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämiseen. Vuonna 2020 välitavoitteena on, että 20 prosenttia uusista autoista hyödyntäisi vaihtoehtoista polttoainetta ja vuonna 2025 vastaava luku olisi 50 prosenttia kaikista uusista henkilöautoista. (Liikennefakta, 2019)

Sähköllä tai kaasulla kulkevien henkilöautojen osuus kaikista autoista on vielä pieni, mutta näiden mallien osuus koko henkilöautokannasta kasvaa vauhdilla. Vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen osuus alkuvuoden 2019 ensirekisteröinneistä oli 6,5% ja käytettynä maahantuoduista 17,6%. Kaiken kaikkiaan tammi-toukokuussa ensirekisteröitiin 3 243 vaihtoehtoisella polttoaineella toimivaa henkilöautoa. (Traficom, 2019) Kaaviosta 1 nähdään vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien käytettyjen autojen lisääntynyt maahantuonti alkuvuoden 2018 ja alkuvuoden 2019 osalta.



Kaavio 1. Käytettynä maahantuodut 2018 vs. 2019 (Traficom)

Vuonna 2018 rekisteröitiin 120 499 uutta henkilöautoa. Vuonna 2017 vastaava määrä oli 118 587, joten kasvua oli 1,6 prosenttia edellisestä vuodesta. Käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen määrä kasvoi voimakkaasti vuonna 2018. Henkilöautoja tuotiin käytettynä maahan lähes 40 000 kpl. Kasvua edellisvuoteen verrattuna oli 35 prosenttia. (Traficom, 2019)

Vaihtoehtoista käyttövoimaa (sähkö/ladattava hybridi/kaasu) edustavien autojen määrän kasvu jatkui vuonna 2018, niiden osuus kaikista liikennekäytössä olevista henkilöautoista oli 0,9 %. Diesel-autojen määrä laski vuonna 2018 ensirekisteröinneissä yli 20 prosenttia verrattuna edellisvuoteen. Bensiini-käyttöisten henkilöautojen ensirekisteröintien määrässä oli pientä kasvua. Ensirekisteröidyistä henkilöautoista jo yli 15 prosenttia oli muita kuin perinteisiä bensiini-/diesel- käyttöisiä. (Traficom, 2019)

Vuonna 2018 ensirekisteröitiin vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivista autoista eniten ladattavia hybridejä, mutta myös kaasukäyttöisten henkilöautojen määrä lisääntyi huo-

mattavasti. Vuonna 2018 ensirekisteröitiin 776 täyssähköautoa ja 1 161 kaasukäyttöistä autoa. Vuonna 2017 vastaavat lukemat olivat 502 täyssähköautoa ja 433 kaasukäyttöistä autoa. Flexfuel-käyttöisten autojen myynti on puolestaan loppunut käytännössä kokonaan. (Liikennefakta, 2019)

Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien henkilöautojen suosio lisääntyy Suomessa vuosi vuodelta, mutta osuus kaikista ensirekisteröinneistä on vielä melko vähäinen. Norjassa joka neljäs uusi henkilöauto käyttää polttoaineenaan vaihtoehtoisia energialähteitä, sekä myös Ruotsissa, Alankomaissa ja Islannissa näiden autojen osuus ensirekisteröinneistä on Euroopan maiden keskitasoa korkeampi. (Liikennefakta, 2019)

Vesa Linja-aho kirjoittaa kirjassaan ”Ostaisinko sähköauton?” täyssähköauton eduista sekä huonoista puolista. Mielestäni Linja-ahon esiin tuomia sekä hyviä- että huonoja puolia voidaan soveltaa myös muihin vaihtoehtoisilla polttoaineilla kulkeviin autoihin. Eduiksi katsotaan jämässä lähtökiihtyvyyden tasaisen vääntökäyrän ansiosta, moottorin hiljaisuus, alhaisemmat polttoaine-, sekä huoltokustannukset, ilmainen latausmahdollisuus kauppakeskuksissa sekä päästöttömyys. (Linja-aho, 2016)

Huonoja puolia Linja-aho listaa seuraavasti: korkea hankintahinta, riippuvuus latausinfrastruktuurista, latausajan kesto, sekä toimintasäteen romahtaminen kovilla pakkasilla. (Linja-aho, 2016)

Kansallinen ohjelma liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkosta (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2017) on hyväksytty valtioneuvostossa 26.1.2017. Ohjelmassa asetetaan tavoitteet liikenteessä olevien autojen eri käyttövoimille, niiden määrälle sekä jakeluverkolle. Tavoitteena ohjelmassa on tieliikenteen olevan vuonna 2050 lähes nollapäästöistä, sekä että vuonna 2030 kaikki uudet myytävät autot olisivat vaihtoehtoisen käyttövoiman kanssa yhteensopivia.

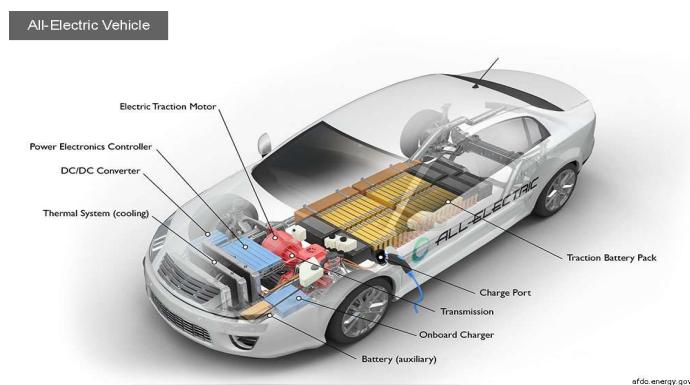
Jotta Suomen kansallisessa ohjelmassa koskien liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkkoa esitetty tavoite saavutettaisiin, tulisi vaihtoehtoisten käyttövoimien osuuden kasvaa huomattavasti uusien henkilöautojen rekisteröinneissä. Mikäli kehityksen ajatellaan tapahtuvan lineaarisesti, tarkoittaa se että vuonna 2019 vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivia autoja myytäisiin 14 440 kappaletta ja vuonna 2020

noin 22 000 kappaletta. Vuonna 2025 vastaava luku olisi noin 55 000 kpl ja vuonna 2030 110 000 kpl. Arvio perustuu 110 000 vuosittaisen henkilöauton ensirekisteröinnin mukaan. (Liikenne fakta, 2019)

4 VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT

4.1 Sähköauto

Täyssähköauto on auto, jonka voimanlähteenä on sähkömoottori ja jonka akut toimivat energiavarastona. Toimintasäde täyssähköautoilla voi olla parhaimmillaan yli 500km. Autoilun tulevaisuuden voidaan katsoa olevan pitkälti sähköautoissa, koska latauspiis-
teverkosto laajentuu, markkinoille lanseerataan jatkuvasti uusia sähköautomalleja, sekä niiden hankintahinta näyttää painuvan lähemmäksi vastaavien polttomoottoriautojen hintaa. (Traficom, 2019) Sähköauton rakenne on yleensä oheisen kuvan 1 mukainen, jossa polttomoottorin tilalla on sähkömoottori ja akusto on sijoitettuna auton alustaan tai takakontin pohjan alle.



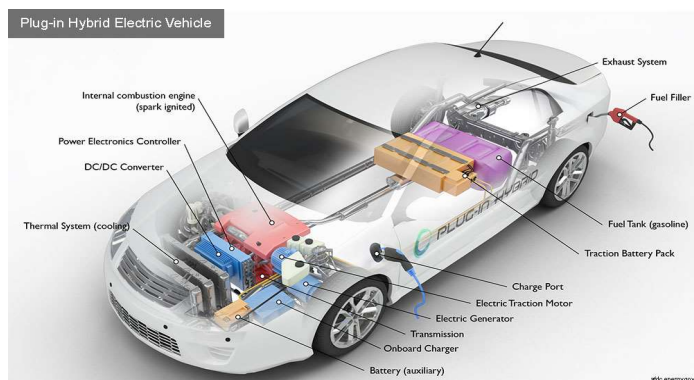
Kuva 1. Täyssähköauto (U.S. Department of Energy, 2019)

4.2 Hybridiauto

Hybridiautoissa käytetään polttomoottorin rinnalla tai sen yhteydessä sähkömoottoria. Käyttövoima hybridiautolle tuotetaan polttomoottorilla, sähkömoottorilla tai yhdistelemällä molempia energialähteitä.

Hybridiautot voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan riippuen sen teknisistä ratkaisuista. Kevythybridissä sähkömoottori toimii polttomoottorin rinnalla kiihdytyksissä tai liikkeellelähdoissä. Kevythybridiajoneuvo ei kykene liikkumaan pelkän sähkömoottorin voimin. Täyshybridissä ajoneuvoa voidaan ajaa joko pelkällä polttomoottorilla, pelkällä sähkömoottorilla tai molemmilla samanaikaisesti. Plug-in-hybridi, eli pistokehybridi, ladattava hybridi on täyshybridiajoneuvo, jonka akusto pystytään lataamaan pistokkeella suoraan sähköverkosta. Näissä ladattavissa hybridiajoneuvoissa on yleisesti suurempi akkukapasiteetti kuin ei-ladattavissa hybridiajoneuvoissa. (Leskinen, 2014)

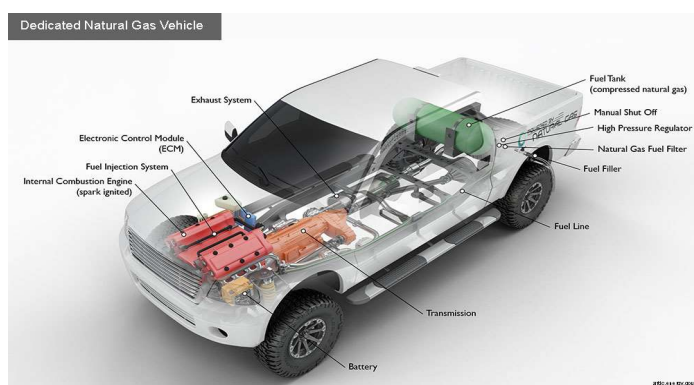
Ladattavassa hybridiautossa on polttomoottorin lisäksi avustava sähkömoottori. Ajoakustoa voidaan ladata verkkosähköllä, mutta se latautuu myös ajon aikana jarrutuksissa sekä polttomoottorin avustuksella. Ladattavalla hybridillä pystyy ajamaan lähes 100km käyttäen pelkkää sähkövoimaa. Täyssähköautojen latauspisteitä voidaan hyödyntää latauksessa, mutta latauksen voi suorittaa myös kotona. Ladattavan hybridiauton ero tavalliseen hybridiautoon on siinä, että tavallisen hybridiauton akustoa ei voi ladata verkkovirralla, vaan se käyttää polttomoottoria käyttövoiman saantiin. Hiilidioksidipäästöiltään ladattava hybridi ei ole niin ympäristöystävällinen kuin täyssähköauto. (Traficom, 2019) Kuvassa 2 on havainnollistettu ladattavan hybridin rakennetta. Polttomoottori sekä akuston laturi sijaitsevat auton etuosassa ja akusto sekä polttomoottorin tarvitsema polttoainetankki auton taka-osan alustassa.



Kuva 2. Ladattava hybridiauto (U.S. Department of Energy, 2019)

4.3 Kaasuauto

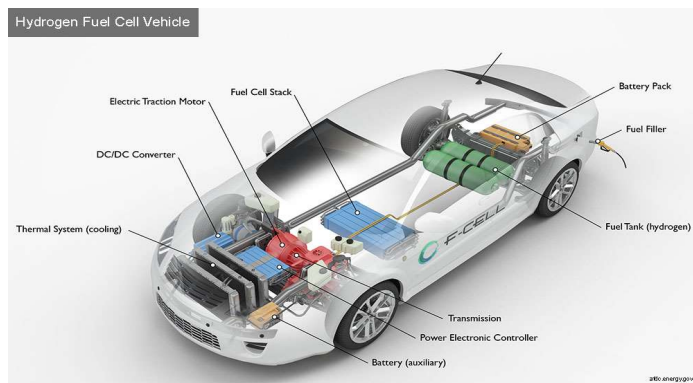
Kaasua energialähteenä käyttävässä autossa on yleensä kaksoispolttoainejärjestelmä, joka perustuu bensiinitekniikkaan (ottomoottori). Polttoaineena käytetään maakaasua (CNG- Compressed Natural Gas) tai biokaasua (CBG- Compressed Biogas) ja niiden lisäksi tarvittaessa bensiiniä. Biokaasu on ympäristöystävällisin valinta kaasuautoa tankatessa. Kaasuautojen verokohtelu on suosiollinen verrattuna bensiinikäyttöiseen autoon, joten sen hankintahinta saattaa olla edullisempi kuin vastaavan bensiiniauton. Toimintasäde on vastaava kuin bensiiniautolla, sekä tankkauspisteiden määrää lisätään koko ajan. (Traficom, 2019) Kaasuauton rakenne poikkeaa suurimmalta osin tavallisesta autosta vain kaasusäiliön osalta. kuvassa 3 näkyy kaasusäiliö, joka on sijoitettu auton tavaratilaan.



Kuva 3. Kaasuauto (U.S. Department of Energy, 2019)

4.4 Polttokennoauto

Polttokennoautoja voidaan myös pitää sähköautoina, koska niiden käyttämä energia saadaan vetykaasusta sähkökemiallisessa reaktiossa. Käytettävä polttoaine on vety, jota syötetään polttokennoon ja tuloksena saadaan sähköä ja lämpöä. Polttokennoauton suorituskyky lähentelee polttomoottoriauton arvoja ja yleensä toimintasäde vaihtelee 300 – 500 kilometrin välillä. (Motiva, 2019) Polttokennoautossa polttokennot on sijoitettu yleensä kuvan 4 mukaisesti auton alustaan kaasusäiliöiden kanssa.



Kuva 4. Polttokennoauto (U.S. Department of Energy, 2019)

4.5 Flexfuel

Flexfuel-autolla tarkoitetaan autoa, joka käyttää polttoaineenaan korkeaseosetanolia. Flexfuel-auto toimii kuin bensiiniauto, mutta siinä voidaan käyttää polttoaineena korkeaseosetanolin (E85) lisäksi kaikkia muitakin (95 E10, 98 E5) bensiinilaatuja missä suhteessa tahansa. Korkeaseosetanolit R85 (St1) ja Eko E85 (ABC) valmistetaan elintarviketeollisuuden jätteistä. (Traficom, 2019)

Flexfuel-auto on perustekniikaltaan samanlainen kuin konventionaalinen polttomootoriauto, joten tässä opinnäytetyössä ei käsitellä flexfuel-autoja paloriskien kannalta.

5 PALOTURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKNISET RATKAISUT

5.1 Akut

Hybridi- ja sähköautoissa käytetään aina vähintään kahta tasajänniteakkua. Akut jaetaan 12 voltin akkuun, sekä yli 60 voltin korkeajänniteakustoon. 12V akkuja voi olla automallista riippuen yhdestä kahteen kappaleeseen ja niiden sijainti vaihtelee merkeittäin ja malleittain. 12V akkuja käytetään autossa mm. valoihin, sähkölisävarusteisiin ja turvalaitteisiin silloin kun korkeajännitejärjestelmä ei ole kytkettynä. (Lauren, 2014)

Korkeajänniteakusto toimii sähkömoottoreiden virtalähteenä, sekä se varastoi sähkömoottoreiden tarvitsemaa energiaa. Korkeajänniteakuston ollessa kytkettynä se ylläpitää ja lataa myös 12V järjestelmää DC/DC-muuntimen välityksellä. DC/DC-muunnin muuttaa jännitteen sopivaksi 12V järjestelmälle. Korkeajänniteakuston jännitetaso hybridi- ja sähköautoissa vaihtelee 60-650 VDC:n välillä. Useimmissa sähköautomalleissa akuston jännitetaso on yli 200 VDC. (Lauren, 2014)

Yleisimmät korkeajänniteakustotyypit ovat nikkeli-metallihybridi (NiMH)- sekä litiumioni (Li-ion) –akku. Akustojen paikka vaihtelee automerkeittäin ja malleittain, mutta yleensä ne sijaitsevat auton pohjassa tai tavaratilan alueella suuren kokonsa vuoksi. Autoissa joissa käytetään korkeajännitettä, on korkeajännitejohtimet merkitty oranssilla huomiovärillä. (Lauren, 2014)

Korkeajänniteakku sisältää litium-ionikennoja ja vaurioituneena niistä voi vuotaa kirkasta nestettä. (Tesla, 2019)

5.2 Korkeajännitejohtimet

Yhdistyneiden Kansakuntien (YK) Euroopan talouskomission sääntö nr. 100 (UNECE R 100) ottaa kantaa sähköajoneuvojen sähköturvallisuuteen. Säännössä kerrotaan sähköturvallisuusratkaisuista, joita tulee käyttää EU-alueella rekisteröidyissä tehdasvalmisteisissa hybridi- ja sähköautoissa. Korkeajännitejohtimien tulee olla merkittynä oranssilla värillä, kuten kuvassa 5.

”Cables for high voltage buses which are not located within enclosures shall be identified by having an outer covering with the colour orange.” (UNECE, 2019)

Korkeajännitejohtimiin ei tule koskea sähköiskujen ja tapaturmien välttämiseksi, eikä niitä saa katkaista tai muuten vahingoittaa.



Kuva 5. Korkeajännitejohtimia (Motorvehicleregs.com, 2019)

5.3 Korkeajänniteakun tulipalovauriot

Korkeajänniteakkujen kanssa tulipalotilanteessa toimiessa pitää muistaa, että palavasta tai kuumentuneesta akusta vapautuu myrkyllisiä höyryjä. Höyryt voivat sisältää orgaanisia yhdisteitä, kuten vetykaasua, hiilidioksidia, hiilimonoksidia ja nokea. Höyryissä saattaa olla myös myrkyllisiä metallihiukkasia. Metallihiukkaset sisältävät nikkeliä, alumiinia, litiumia, kuparia, kobolttia ja fluorivetyä. Näiden myrkyllisten höyryjen vuoksi pelastustyöntekijöiden on suojauduttava täydellisellä suojaruustuksella sekä käytettävä paineilmahengityslaitetta. Savua ja höyryä ohjataan sumusuihkulla tai savutuulettimilla. (Tesla, 2019)

Korkeajännitteisten litium-ion akkujen tulipalon voi aiheuttaa seuraavat asiat:

- Kontrolloimaton kemikaalinen reaktio akussa
- Akun vaurio tai sen epämuodostuma
- Akun, laturin tai niiden tarvikkeiden huolimaton käsittely
- Ylilataus (toimimaton ylilatauksen suojaus)
- Oikosulku
- Vaurioituneen akun lataus
- Väärin asennettu tai rikkinäinen laturi
- Latausaseman väärin kytkentä tai virran väärä syöttö
- Ylikuumentuminen

(Transport Styrelsen, 2018)

5.4 Lataus

Ruotsin liikennevirasto (Swedish Transport Agency, STA) sallii sähköautojen latauksen ruotsin lipun alla kulkevilla ropax-laivoilla. Liikennöivä varustamo on kuitenkin vastuussa turvallisuustoimenpiteistä ladatessa sähköautoja, sekä varautumisesta tulipalotilanteisiin. Transport styrelsen suosittelee, että sähköautojen lataus suoritettaisiin laivan sääkannella. (Transport Styrelsen, 2018)

Ruotsin kuljetushallituksen (Transport Styrelsen) tehtävänä on valvoa rautatie-, lento-, meri- ja tieliikenteen laatua ja turvallisuutta. Kuljetushallitus laatii sääntöjä, myöntää lupia ja valvoo niiden noudattamista. Meriliikenteen osalta kuljetushallitus valvoo aluksia koskevien sääntöjen ja lupien noudattamista Ruotsin aluevesillä. Esimerkiksi kuljetushallitus valvoo, että matkustajalaivojen tulee täyttää onnettomuustilanteiden ehkäisemiseksi ja käsittelemiseksi asetetut turvallisuusmääräykset. (Transport Styrelsen, 2019)

Transport Styrelsen antaa suosituksia liittyen sähköautojen lataukseen, latauslaitteisiin, latausasemiin sekä ohjeistuksiin laivalla:

Lataus tulee suorittaa vain käyttämällä laitteita, jotka ovat valmistettu hyväksytyjen standardien mukaan ja niiden tulee olla turvallisuustasoltaan riittäviä. Latausasemien tulee olla suojaustasoltaan vähintään IP 56 –luokkaa, mikäli latauslaitteisto on suljettussa kotelossa, suojausluokaksi riittää IP 44. Latauslaitteiston tulee olla suojattu mekaaniselta räsitukselta, sekä sen tulee olla suunniteltu siten että virtalähde sammuu automaattisesti vikatilanteessa.

Mikäli latausasema on laivan sisätiloissa, tulee latausaseman sekä ladattavan auton olla SOLAS II-2/20.3.2.2. –määräyksen mukaisia. Latausasema, joka täyttää EX –luokan sekä määräyksen SOLAS II-2/20.3.2.1 on myös hyväksytty. Latausaseman lähettyvillä ei sallita minkäänlaista avotulta, mitään syttymislähteitä eikä tulenarkaa materiaalia. Latausaseman tulee olla jatkuvassa valvonnassa, esimerkiksi kameravalvontaa voidaan käyttää.

Sammutusvälineistön tulee olla SOLAS II-2/20.6 (TSFS 2009:98 annex 1) mukaisia. STA suosittelee, että vaahtosammuttimia tai vesitykkeitä on asennettu sääkannelle sekä avoimille RO-RO –kansille. Näitä voidaan käyttää etäohjauksella, tai manuaalisesti paikan päältä.

Latausaseman tulee olla merkitty varoituskyltein, ja niistä tulee käydä ilmi, että lataus on sallittua vain tehdastekoisille ajoneuvoille. Henkilökunnan, joka on vastuussa latauksesta, tulee olla koulutettu toimimaan oikeoppisesti, sekä tietoinen riskeistä, joita liittyy sähköautoihin.

Kaikki latausvarusteet, sekä kaapelit tulee tarkistaa ennen latauksen aloittamista ja rikkinäiset tulee poistaa käytöstä välittömästi. Turvallisuusohjeiden pitää olla selkeitä ja niiden tulee kertoa selkeät toimintamallit ihmisten pelastamiseen sekä sähköautopalon sammuttamiseen liittyen.

Finnlinesin laivoilla ei tällä hetkellä ole latausmahdollisuutta sähköautoille. (Finnlines, 2019)

5.5 Kaasuauto

LNG-autoissa käyttövoimana toimiva kaasu säilytetään 200 barin paineessa erilaisissa säiliöissä. Säiliöt voivat olla teräksestä tai komposiitista tehtyjä. Turvalaitteina säiliöissä on elektroninen venttiili, käsiventtiilit sekä sulakejohto. Elektroninen venttiili sulkeutuu, kun moottori sammutetaan ja se pysäyttää polttoaineen virtauksen moottoriin. Käsiventtiili sulkee polttoainepiirin autossa. Sulakejohto sulaa 110 Celsiuksen lämpötilassa ja se tyhjentää säiliön ympäröivään ilmaan 2-3 minuutin aikana. Nykyiset säädökset sallivat vain yhden turvalaitteen kullekin säiliölle, joten mikäli lämpötila nousee vain säiliön toisessa päässä, ei toisessa päässä oleva sulakejohto toimi, seurauksena voi olla paineen nousu, joka johtaa säiliön räjähdykseen. (SDIS86, 2018)

5.6 Polttokennoauto

Polttokennoautojen vetytankit on yleensä sijoitettu auton alustaan etu- ja taka-akselin väliin. Vetyä voidaan varastoida autossa sekä nestemäisessä että kaasumaisessa muodossa, mutta polttokennolle se johdetaan kaasumaisena. Vetykaasutankkeja on autossa yleensä 2-3 kappaletta ja niiden sisäinen paine on noin 700 baria. Tankeissa on kerrallaan vetyä 4-5 kiloa ja nestemäisen vedyn ollessa käytössä, tankin lämpötila on pidettävä -253 Celsiusasteessa. Tiiviiden tankkien turvallisuus on testattu monivaiheisilla turvaohjelmilla sekä törmäystesteillä. Vedyn syöttö polttokennoille katkeaa onnettomuustilanteessa turvajärjestelmän suljettua venttiilit. (Motiva, 2019)

6 VAIHTOEHTOISTA POLTTOAINETTA KÄYTTÄVÄN AJONEUVON PALOTURVALLISUUS MATKUSTAJA-AUTOLAUTALLA

6.1 Laivayhtiön varautuminen

Tässä työssä tarkastellaan Viking Linen varautumista ja turvallisuusmekanismeja, joita hyödynnetään vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen kanssa toimittaessa. Työssä haastateltiin M/S Amorellan yliperämiestä ja konepäällikköä, joilta saatiin ajantasaista tietoa liittyen turvallisuusvarautumiseen.

Konepäällikön mukaan varustamo ei ole tällä hetkellä varautunut teknisesti mitenkään sähköautojen suhteen, mutta niiden lisääntyessä varautumiseen tulee muutoksia. Tällä hetkellä toimitaan kuin perinteisissä autopalotilanteissa. Palotorjuntaa kehitetään tällä hetkellä vastaamaan sähköautotarpeita.

Sähköautojen lataus on tällä hetkellä kiellettyä Viking Linen laivoilla, eikä M/S Amorellalla ole latausmahdollisuutta.

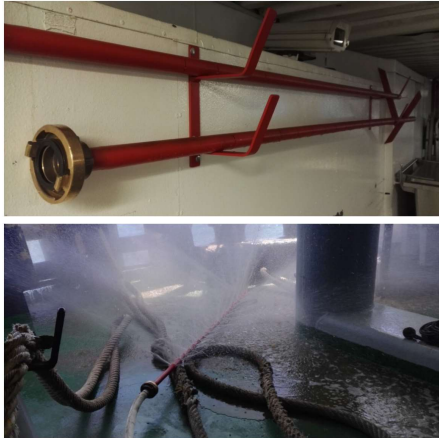
Sähköautojen tulipalotilanteisiin on ollut koulutusta ja luento, mutta tulevaisuudessa koulutusta tulee myös lisää. Konttorista on myös tullut ohjeistuksia liittyen hybridi- ja sähköautoihin liittyen, ns. marine operations circular –kirje.

Viking Linen ohjeet koskien hybridi- ja sähköautoja laivalla ovat seuraavat: Hybridi- ja sähköautojen lataus on kiellettyä autokansilla. Mikäli on mahdollista, tulee nämä autot lastata siten, että ne ovat mahdollisessa tulipalotilanteessa hyvin saavutettavissa, ja että mahdollisuus tulipalon leviämiseen muuhun lastiin on minimoitu. Vahingoittuneita autoja ei oteta laivaan, mikäli on olemassa riski, että auton akut ovat vaurioituneet.

Yliperämiehen mukaan varatessa autoa laivalle ilmoitetaan, onko kyseessä sähköauto, tällä tiedolla selvitetään, kuinka paljon sähköautoja on tulossa ja sen mukaan yliperämies/perämies päättää autojen sijoituksesta autokannella. Sähköautojen sijainti on selvillä lähdön jälkeen ja niistä informoidaan paloryhmiä, kuten IMDG-lastin kanssa.

Sähköautojen varausmäärät vaihtelevat suuresti, mutta tällä hetkellä Turku – Tukholma –reitillä niitä kulkee laivan kyydissä noin kolme kappaletta per lähtö.

Viking Linella täyssähkö- sekä hybridautojen tulipalotilanteisiin on kehitetty ja valmistettu auton alle laitettava suihkuputki (kuva 6), jonka tarkoituksena on jäähdyttää ja sammuttaa auton akuston paloa ja sen lämpenemistä. Putki liitetään laivan palolinjaan paloletkulla ja se suihkuttaa vettä putken rei'istä auton korin alaosaan, jossa akut normaalisti sijaitsevat. Suihkuputket on sijoitettu autokansille ja niitä on kaksi per kansi tulipalotilanteiden varalle. Suihkuputken virtaamaa voidaan säätää palolinjan venttiilistä. Suihkuputkea voidaan käyttää myös polttokenno- sekä kaasuautojen tulipalotilanteissa sammuttamaan ja jäähdyttämään auton alustaa.



Kuva 6. Suihkuputki (Lauri Mäenpää)

6.2 Autopalot matkustaja-autolautalla

Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävien autojen tulipaloja on sattunut jo muutamilla ro-ro laivoilla. Ropax –laiva M/S Pearl of Scandinavia oli matkalla Oslostä Kööpenhaminaan 16.11.2010 kun autokannella syttyi tulipalo. Palo syttyi latauksessa olleesta sähköautosta. Palo sammutettiin käyttämällä laivan sprinklerijärjestelmää, sammutusryhmää sekä ruotsalaisia palomiehiä jotka lennätettiin sammutustöihin laivalle. Tulipalon paikan selvittyä matkustajat evakuoitiin laivan turvallisiin osiin, eikä kukaan matkustaja tai miehistön jäsen loukkaantunut. (MIRG, 2019)

Vuosina 2002–2006 ro-ro laivoilla sattui neljä vakavaa laivapaloo, tulipalot olivat saaneet alkunsa näillä laivoilla rahtitiloista; Al Salam Boccaccio 98 (2006), Lisco Gloria (2010), Norman Atlantic (2014) ja Sorrento (2015). (EMSA, 2018)

6.3 Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävän ajoneuvon tunnistaminen

Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävän ajoneuvon voi tunnistaa ulkoisista merkinnöistä ja ominaisuuksista. Auton valmistajilla on kullakin erilaiset merkinnät, jotka kertovat auton ominaisuuksista, lisäksi jotkin valmistajat käyttävät sinistä tehosteväriä mallimerkinnöissä ja auton keulassa. Merkinnät ja merkkitunnukset on sijoitettu yleensä auton etuosaan maskiin ja lokasuojiin, sekä auton perään.

Esimerkkejä merkinnöistä kuvassa 7 ovat mm:

- Hybrid
- Plug-in hybrid
- e-tron
- e-GOLF
- GTE
- ECO plug-in



Kuva 7. Esimerkkejä mallimerkinnöistä ja tehosteväreistä (Lauri Mäenpää)

Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävän auton voi tunnistaa myös muutoin kuin mallimerkinnöistä. Ulkoisten ominaisuuksien perusteella voidaan havaita auton käyttävän sähköä polttoaineenaan, mikäli auton alla näkyy huomiovärillä varustettuja korkeajännitejohtimia, akkupaketteja tai niiden varoitusmerkintöjä. Pakoputken puuttuminen viittaa myös yleensä siihen että kyseessä olisi sähköauto. Latauspistokkeiden paikat kertovat kyseessä olevan sähköauton, ne on sijoitettu yleensä auton keulaan tai etulokasuojiin, mutta pistokepaikka voi olla myös tavanomaisen tankkausluukun kohdalla.

Auton sisältä tunnistukseen voidaan käyttää mittaristoa, jossa on akkujen lataustasosta kertova mittari (kuva 8).



Kuva 8. Esimerkkikuva hybridiautojen mittaristoista (Lauri Mäenpää)

Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävä auto voidaan tunnistaa myös kuskin oven pielessä olevasta QR-koodista sekä pelastuskortista jonka sijoituspaikka on kuskin aurinkolipassa. Näitä vaihtoehtoja ei välttämättä pystytä laivoolosuhteissa hyödyntämään.

7 VAIHTOEHTOISTA POLTTOAINETTA KÄYTTÄVÄN AUTON RISKIT, RISKIANALYYSI, RISKIN ARVIOINTI JA RISKIENHALLINTA

7.1 Riski ja riskienhallinta

Hyvin dokumentoitu riskikartoitus on pohja turvallisuussuunnitelmalle sekä turvallisuusohjeistuksille.

Riskien arvioinnin ensimmäinen ja tärkein vaihe on tunnistaa merkittävimmät vaarat ja turvallisuuspuutteet, jotka saattavat aiheuttaa haittaa ihmisten terveydelle tai turvallisuudelle. Vaarojen tunnistamisessa otetaan huomioon mahdollisesti aiemmin toteutuneet vaarat, sekä sellaiset vaaratekijät, jotka eivät vielä ole aiheuttaneet vahinkoa, mutta joiden esiintyminen on mahdollista. (TTK, 2015)

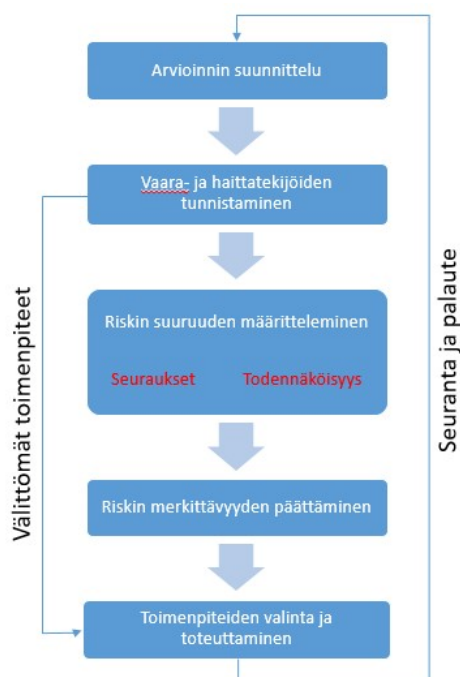
Seuraavassa kaaviossa 2 tarkastelen tunnistettuja riskejä sähköauton ja perinteisen fossiilisella polttoaineella toimivan auton välillä. Sähköauton riskejä ovat korkeajännite,

tulipalo, räjähdys sekä syttyvien ja myrkyllisten kaasujen vapautuminen. Kaaviosta 2 huomataan, että riskit ovat samanlaisia sähköauton ja fossiilisella polttoaineella toimivan auton kesken, mutta erona on jännitteen suuruus.

	Sähkö	Fossiilinen polttoaine
Riski	Korkeajännite (<600V)	12V
	Tulipalo	Tulipalo
	Räjähdys (tuottaa syttyviä kaasuja)	Räjähdys (tuottaa syttyviä kaasuja)
	Syttyvien ja myrkyllisten kaasujen vapautuminen	Syttyvien ja myrkyllisten kaasujen vapautuminen

Kaavio 2. Tunnistetut riskit (Lauri Mäenpää)

Riskien arvioinnissa voidaan hyödyntää seuraavaa riskienarvointikaaviota 3. Kaavion 3 mukaan edetessä riskienhallinta tulee kokonaisvaltaisesti käytyä läpi, mikäli kussakin kohdassa tehdään vaadittavat toimenpiteet huolellisesti.



Kaavio 3. Riskien arviointi (Lauri Mäenpää)

Riskienhallinnan perustana voidaan pitää matematiikkaa, numeroihin ja todennäköisyyksiin perustuvia malleja. Tämän ajattelutavan mukaan epävarmuus ja riskit ovat ennakoitavissa, mitattavissa, mallinnettavissa ja arvioitavissa. (Kuusela & Ollikainen,

2005) Riskien kanssa elämiseen ja niiden hallitsemiseen on olemassa monenlaisia keinoja. Ihmiset, yritykset ja organisaatiot pyrkivät etukäteissuunnittelulla parantamaan turvallisuuttaan ja tulevaisuutensa ennustettavuutta.

Kuusela ja Ollikainen kirjoittavat kirjassaan “Riskit ja Riskienhallinta” riskeistä, joita tarkastellaan siitä näkökulmasta, jossa keskeistä on epävarmuuden tiedostaminen sekä riskien merkityksen ja niiden vaikutusten kokonaisvaltainen arviointi.

Riskien hallitsevuutta voidaan parantaa mm. seuraavilla keinoilla, joita Kuusela ja Ollikainen ovat listanneet:

- riskialttiin toiminnan välttäminen
- tietoinen riskinotto
- riskin kanssa eläminen, luottaminen tuuriin ja yhteiskunnan apuun
- huolellinen suojautuminen ja vahingon rajoittaminen riskin toteutuessa
- riskin siirtäminen muualle ottamalla vakuutus

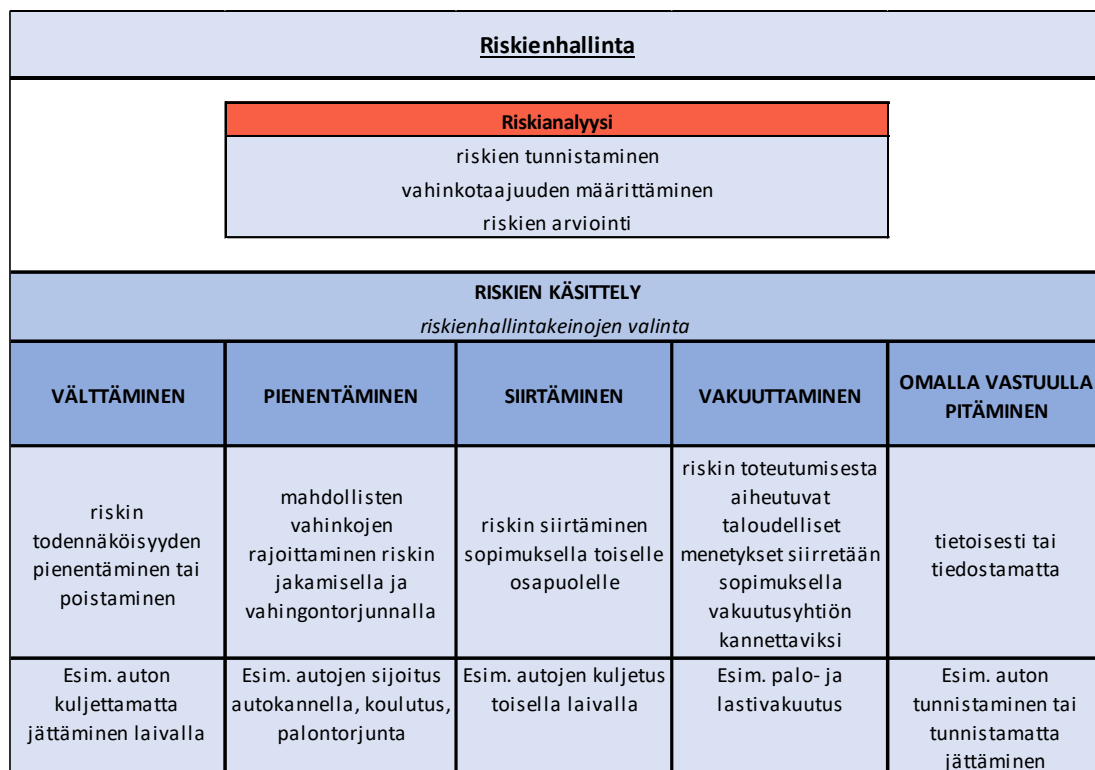
(Kuusela & Ollikainen, 2005)

Määriteltäessä riskiä on tarkasteltava ei-toivotun seuraamuksen haitallisuutta ja sen todennäköisyyttä. Riski toteutuu yleensä vaaralle altistumisen seurauksena ja sen hyväksyttävyyden riippuu monista tekijöistä. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan riskiä yhden riskityypin kannalta; riskin, joka voi aiheuttaa tuhoa tai vahinkoa.

“Riskejä tarkasteltaessa on otettava huomioon monia näkökohtia, kuten riskin suuruus, hyväksyttävyyden, kohdentuvuus ja riskikokemuksen problematiikka. Riskienhallinnan peruslähtökohtana voidaan pitää tilanteen säilyttämistä ennallaan.” (Kuusela & Ollikainen, 2005)

Kun ei-toivottu tapahtuma on sattunut, voi olla jotain mahdollisuuksia pienentää sen seurauksia, mutta paras ja kustannustehokkain keino on riskiin varautuminen. Tämä merkitsee riskien ja niiden vähennyskeinojen tunnistamista sekä varautumistapojen miettimistä ja toteuttamista etukäteen. (Virolainen & Hallikas, 2005) Tätä edellä mainittua toimintamallia kutsutaan riskienhallintaprosessiksi.

Riskienhallintaprosessia voidaan kuvata seuraavalla kaaviolla 4, jossa riskianalyysin perusteella valitaan sopivat keinot riskien käsittelyyn:



Kaavio 4. Riskienhallintaprosessi (Lauri Mäenpää)

Riskienhallintaprosessi etenee kaavion mukaan siten, että aluksi tehdään riskianalyysi. Riskianalyysissa tunnistetaan riskit, määritetään vahinkotaajuus sekä arvioidaan riskit. Riskianalyysin jälkeen riskien käsittelyssä valitaan sopivin riskienhallintakeino niihin riskeihin, joita on tunnistettu. Riskienhallintakeinot ovat menetelmiä, joilla riskien aiheuttamat menetykset voidaan minimoida. Riskienhallintakeinoja ovat riskin välttäminen, pienentäminen, siirtäminen, vakuuttaminen sekä omalla vastuulla pitäminen.

7.2 Riskin suuruuden määrittäminen

Vahingon vakavuus ja todennäköisyys vaikuttavat riskin suuruuteen. Riskien tunnistamisen jälkeen yleensä havaitaan, että mahdollisia ongelmia on niin paljon, ettei kaikkiin voida reagoida yhdellä kertaa. Tärkeintä on tunnistaa suurimmat riskit ja reagoida niiden vaatimiin toimenpiteisiin mahdollisimman nopeasti. Määrittelemällä riskin suu-

ruus ja sen seurauksena mahdollisesti syntyvien vahinkojen suuruus ja niiden todennäköisyys on toimenpidelistalla ensimmäisenä jotta vakavimpiin riskeihin voitaisiin reagoida ensimmäisenä.

Riskin suuruuden arviointiin voidaan hyödyntää oheista riskitaulukkoa 5. Riskitaulukon mukaan seurausten vakavuudelle sekä tapahtuman todennäköisyydelle on kolme eri tasoa. (PK-RH, 2019) Riskien tunnistamisen perusteella voidaan taulukkoa käyttää siten, että valitaan ensiksi seurausten vakavuus taulukon ylimmältä riviltä ja sen jälkeen tapahtuman todennäköisyys ensimmäisestä sarakkeesta. Riskin suuruus on valittujen kohtien leikkauspisteessä olevan arvon suuruinen. Riskin suuruus saa täten suurimmillaan arvon 5 (Sietämätön riski) ja pienimmillään arvon 1 (Merkityksetön riski).

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Kaavio 5. Riskitaulukko (Lauri Mäenpää)

7.3 Riskin merkittävyyden määrittäminen

Työturvallisuuskeskuksen Riskien arviointi työpaikalla –ohjekirjassa kerrotaan riskin merkittävyyden määrittämisestä. Tavoitteena on päättää riskin merkittävyyden perusteella siitä, pienennetäänkö riskiä vai ei. Riskien arvioinnissa pohditaan toimenpiderajoja; kaikkia riskejä ei ole aina mahdollista poistaa eikä niihin ole mahdollista vaikuttaa. Toimenpiteitä vaativiin suurimpiin riskeihin keskitytään ensin ja toimenpiteet olisi hyvä ulottaa niin laajalle kuin mahdollista. Tavoitteena on näiden toimenpiteiden avulla poistaa tai pienentää turvallisuudelle sekä terveydelle haittaa tai vaaraa aiheuttavia riskejä. (TTK, 2015)

Riskin merkittävyyden ja sen myötä toimenpiderajan määrittämiseen voidaan käyttää riskitaulukon avulla määritettyä riskin suuruutta. Riskin merkittävyys ja toimenpiteiden tarve esitetään kaaviossa 6. Riskin suuruuden ollessa merkityksetön tai vähäinen

(1-2), ei toimenpiteitä edellytetä. Mikäli riskin suuruus on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön (3-5), riskiä on mahdollisuuksien mukaan pienennettävä. (TTK, 2015)

Riskin suuruus	Tarvittavat toimenpiteet riskin pienentämiseksi
Merkityksetön riski	Riski on niin pieni, että toimenpiteitä ei tarvita
Vähäinen riski	Toimenpiteitä ei välttämättä tarvita Tilannetta tulee seurata, jotta riski pysyy hallinassa
Kohtalainen riski	On ryhdyttävä toimenpiteisiin riskin pienentämiseksi Toimenpiteet tulee mitoittaa ja aikatauluttaa järkevästi Jos riskiin liittyy erittäin vakavia seurauksia, on tarpeen selvittää tapahtuman todennäköisyys tarkemmin
Merkittävä riski	Riskin pienentäminen on välttämätöntä Toimenpiteet tulee aloittaa nopeasti Riskialtis toiminta pitää saada loppumaan nopeasti eikä sitä saa aloittaa, ennen kuin riskiä on pienennetty
Sietämätön riski	Riskin poistaminen on välttämätöntä Toimenpiteet tulee aloittaa välittömästi Riskialtis toiminta tulee keskeyttää eikä sitä saa aloittaa ennen kuin riski on poistettu

Kaavio 6. Riskin merkittävyys ja toimenpiteiden tarve (TTK, Lauri Mäenpää)

7.4 Kontrolloivat toimenpiteet

Tavoitteena riskien arvioinnissa on löytää parhaimmat toimenpiteet turvallisuuden parantamiseksi. Toimenpiteiden kohdentamisperusteena käytetään riskin suuruutta, joten suurimpien riskien pienentäminen tai poistaminen on etusijalla turvallisuustoimenpiteitä tehtäessä. Toimenpiteet, joita tehdään riskin pienentämiseksi tai poistamiseksi ovat riskienhallintaa. Riskienhallinnan tavoitteena on vahinkojen ennaltaehkäisy ja vahinkokustannusten minimointi. Tavoitteena on löytää parhaimmat mahdolliset toimenpiteet riskien pienentämiseksi. (TTK, 2015)

Tehtävät toimenpiteet tulisi suunnata kokonaisuuden kannalta parhaisiin mahdollisiin ratkaisuihin. Työturvallisuuslaki (Finlex, 2002) antaa yleisiä periaatteita tehtävien toimenpiteiden toteuttamiseen ja valintaan:

- Vaara- ja haittatekijöiden syntyminen estetään
- Olemassa olevat vaara- ja haittatekijät poistetaan

- Korvataan vaaraa tai haittaa aiheuttavat tekijät vähemmän vaarallisilla tai vähemmän haitallisilla korvaavilla tekijöillä
- Toteutetaan yleisesti vaikuttavat työsuojelutoimenpiteet ennen yksilöllisiä toimenpiteitä
- Käytetään parasta mahdollista käytettävissä olevaa tekniikkaa, ja otetaan huomioon tekniikan ja muiden keinojen kehittyminen vaara- ja haittatekijöiden ehkäisemisessä.

7.5 Seuranta

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan työnantajan pitää jatkuvasti tarkkailla työympäristöä, työyhteisön tilaa ja työtapojen turvallisuutta. Toteutettujen turvallisuustoimenpiteiden vaikutusta työn turvallisuuteen ja terveyteen on myös seurattava.

Riskien arviointi työpaikalla –työkirjan mukaan riskienhallinnan seurannan tavoitteena on valvoa ja arvioida toimenpiteiden toteutumista. Tilanteen muuttuminen havaitaan myös tehokkaasti suoritettulla valvonnalla. Mikäli riskien arviointeja suoritetaan säännöllisesti ja toistuvasti, voidaan havaita riskitason muuttuminen, uusien riskien syntyminen ja toteutettujen turvallisuustoimenpiteiden tehokkuus.

7.6 Asiantuntijahaastattelu

Riskienhallinnan asiantuntijahaastattelu tehtiin 28.5.2019. Haastateltavana oli Valtioneuvoston kanslian valmiusyksikön erityisasiantuntija Marko Sjöroos. Tarkoituksena haastattelussa oli saada tietoa siitä, mitä riskienhallinta on, sekä kuinka sitä toteutetaan läpinäkyvästi läpi koko organisaation. Haastattelu suoritettiin puhelimitse ja haastateltavalle oli lähetetty kysymykset etukäteen sähköpostitse.

Miten riskienhallintaa toteutetaan jokapäiväisessä työelämässä?

Sjöroosin mukaan riskienhallinnalla tulee olla organisaation johdon tuki. Riskienarviointi, riskipolitiikka ja linjavedot tulee olla kuvattuna kirjallisena ja näissä määritetään yhtenäinen tapa toimia sekä mittaristo, joilla riskienhallintaa mitataan. Näiden tulee olla läpinäkyviä läpi organisaation, jotta kokonaisvaltainen riskienhallinta toteutuu.

Jokapäiväistä riskienhallintaa ohjaa lainsäädäntö, erityisesti yleislaeista työturvallisuuslaki.

Miten tunnistaa merkittävimmät vaarat ja turvallisuuspuutteet?

Riskinarvioinnissa otetaan huomioon sisäiset ja ulkoiset vaatimukset sekä kyseisen organisaation erityistarpeet. Ulkoisia vaatimuksia ovat tehdyt ja noudettavat sopimukset, joissa pitää ottaa huomioon käytettävät standardit.

Miten tehdään etukäteissuunnittelua ja mikä on sen merkitys riskienhallinnassa?

Etukäteissuunnittelussa tulee lähteä ns. worst case scenariosta, eli siitä, mikä on pahin mahdollinen ei-toivottu tapahtuma riskin toteutuessa. Tästä pahimmasta skenaariosta lähdetään portaittain miettimään vähemmän haitallisia tapahtumia, jotka siitä huolimatta vaativat huomiota. Etukäteissuunnittelussa mietitään myös tapahtumat, mitä voi tapahtua riskin toteutuessa. Esimerkiksi laivan ollessa merellä suorat vahingot rajoittuvat laivaan itseensä, mutta satamassa ollessa tapahtumalla voi olla vaikutusta sataman toimintaan. Molemmissa skenaarioissa sekä miehistön henkilöturvallisuus, että varustamon maine voi olla uhattuna.

Kuinka määritetään riskin suuruus ja riskin merkittävyys?

Vahingon vakavuus ja todennäköisyys määrittävät riskin suuruuden, ja sen myötä myös merkittävyyden. Tapahtuman todennäköisyys ja tapahtuman seuraukset ovat jaoteltu riskitaulukkoon ja siitä saadaan riskiluku. Riskiluvun mukaan tehdään tarvittavat toimenpiteet riskin pienentämiseksi sekä sen hallitsemiseksi.

Mikä on seurannan ja palautteen merkitys riskienhallinnan kehittämisessä?

Riskienhallinnan mittaristoa seuraamalla saadaan ajantasaista tietoa riskienhallinnan toteuttamisesta. Mittariston on sidottu johdon tavoitteisiin, joten sitä seurataan aktiivisesti. Mittaristosta nähdään riskitason kehitys.

Viestintä on tärkeä osa seuranta ja palautetta. Viestinnän ja palautteen pohjalta tehdyt toimenpiteet implementoidaan riskin pienentämiseksi. (Sjöroos, 2019)

8 ALUSTURVALLISUUDEN OHJEISTUKSET JA LAIT

8.1 Alusturvallisuudessa noudatettavat ohjeistukset ja lait

SOLAS-yleissopimuksella tarkoitetaan ihmishengen turvallisuudesta merellä vuonna 1974 tehtyä kansainvälistä yleissopimusta. SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea) –sopimus takaa, että kaikkien sopimuksen kirjoittaneiden maiden alukset läpäisevät minimiturvallisuusvaatimukset, jotka koskevat alusten rakennetta, välineistöä, sekä aluksen toimintaa. SOLAS –sopimus on kaikkein tärkein kauppa-alusten turvallisuutta koskeva sopimus ja sitä hallinnoi IMO. IMO on Kansainvälinen merenkulkujärjestö (International Maritime Organization).

Suomessa alusten paloturvallisuutta ohjaa laki aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä (1686/2009), 21 §:n 3 momentti, 22 §:n 2 momentti, 23 §:n 1 momentti ja 83 §. Liikenteen turvallisuusviraston (Traficom) antaa näiden pohjalta määräyksen TRAFI/23041/03.04.01.00/2013, joka käsittelee alusten paloturvallisuutta koskevia tarkempia teknisiä turvallisuusvaatimuksia. Määräyksen paloturvallisuustavoitteet ovat seuraavat: tulipalojen ja räjähdysten estäminen, tulipaloista aiheutuvan hengenvaaran vähentäminen, tulipaloista alukselle, sen lastille ja ympäristölle aiheutuvan vauriovaaran vähentäminen, tulipalojen ja räjähdysten rajoittaminen, hallinta ja tukahduttaminen siihen osastoon, jossa ne saavat alkunsa, sekä riittävien ja helppopääsyisten poistumisteiden tarjoaminen matkustajille sekä laivaväelle. (Traficom, 2019)

Erityisesti ro-ro ja ropax –aluksilla ominaispiirteenä on suuret ja avonaiset autokannet, jotka luovat tulipalolle riittävästi tarvittavaa happea, sekä tilaa savukaasuille. Nämä tekijät tekevät näillä aluksilla tulipalon sammuttamisen haasteelliseksi. Tulipalot alkavat pienistä ja savuavista kohteista, mutta muuttuvat olosuhteiden avustuksella suuriksi paloiksi, jotka ruokkivat itseään. Palot ovat riippuvaisia palavan materiaalin määrästä, sekä saatavilla olevasta ilmanvaihdosta sekä hapestä. (Johansson, 2019)

EMSA (European Maritime Safety Agency) on Euroopan meriturvallisuusvirasto. EMSA on perustettu vuonna 2003 tarkoituksena antaa muun muassa merenkulkuun

liittyvää teknistä tukea Euroopan komissiolle, sekä sen jäsenvaltioille. EMSA: n perustama asiantuntijaryhmä on tutkinut ja selvittänyt mikä vaikutus on sähkölaitevi-
oilla, jotka johtavat tulipaloon ro-ro –aluksilla. EMSA on julkaissut FIRESAFE I ja
II:n, jotka selvittävät riskejä, tulipalojen syytä, varautumista, sammuttamista ja tekni-
siä vaatimuksia laivapalojen hallintaan.

Ajoneuvopalot sijoittuvat autokansille sekä rahtitiloihin, mutta pääasiallinen syttymis-
syy EMSA: n mukaan on sähkölaiteista johtuva tulipalo, sillä autojen sähkölaitteet
ovat olleet usein syttymisen lähteinä. Sähkölaiteviat ja –palot ovat liittyneet joko va-
rattaviin autoihin, tai kylmälaitteilla varustettuihin perävaunuihin. EMSA: n mukaan
myös vaihtoehtoista polttoainetta käyttävät autot ovat nostaneet tulipaloriskiä autokan-
silla. (EMSA, 2016)

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa vaihtoehtoisten käyttövoimien suosion kasvun syynä on mm. ihmisten li-
sääntynyt tietoisuus ei-saastuttaviin kulkuneuvoihin, sekä käyttökustannukset fossii-
littomia polttoaineita käyttävillä autoilla ovat pienemmät verrattuna traditionaaliseen
polttomootorikäyttöiseen autoon.

Suomessa on pitkät välimatkat ja lataus-, sekä kaasutankkaus pisteiden väliset pitkät
etäisyydet ovat osaltaan rajoittaneet vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien autojen
suosiota. Lataus- ja tankkaus pisteiden lisääntyminen viime vuosina on johtanut osal-
taan suosion kasvamiseen ja on odotettavissa, että niitä lisätään jatkuvalla tahdilla
myös tulevaisuudessa.

Laivoilla vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivat autot ovat tätä nykyä arkipäivää ja li-
sääntyvät tulevaisuudessa autokannan kehittyessä ympäristöystävällisemmäksi. Ras-
kaan liikenteen osalta voidaan todeta, että myös niissä vaihtoehtoiset käyttövoimat on
tulevaisuudessa otettava huomioon ja niissä olevat riskitekijät huomioitava.

Haastatteleman laivayhtiön perusteella voidaan sanoa että varautumista on lisätty ja konkreettisia toimenpiteitä paloturvallisuuden lisäämiseksi on alettu tekemään. Näitä toimenpiteitä ovat koulutukset, sähköautojen ennakoilmoittaminen sekä sammutusvälineistön päivittäminen. Riskienhallintaa näiltä osin toteutetaan, mutta kokonaisvaltainen riskienhallinta vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen osalta on vielä kesken. Asia on huomioitu ja tietoa näistä kyllä jaetaan myös laivaympäristöön.

Pelastustieto –lehden internetartikkelissa 28.6.2019 ”Sähköauto syttyi kolmesti – akkupalo on arvaamaton ja vaikea sammuttaa” sanotaan että pelastustoimessa ei olla vielä kovin tietoisia sähkö-, kaasu- tai hybridautojen käyttäytymisestä tulipalossa. Pelastusopiston TKI-palveluiden erikoistutkija Marko Hassinen kertoo, että akateemista tutkimusta aiheesta on paljon, mutta tieteelliset tutkimukset eivät jalkaudu jokapäiväiseen pelastustoimeen. Olemassa olevan tiedon ja pelastusalalle soveltuvien ohjeiden välissä on aukko, joka pitäisi täyttää. Hassinen sanoo, että A4-paperille pitää olla selkokieliset ohjeet, joiden täytyy riittää kenttäkäyttöön. Nämä olisivat yksinkertaiset ohjeet, jotka eivät pelkästään kerro parasta tapaa sammuttaa tulipalo, vaan ohjeistavat tilanteissa jotka toimivat 97,9 prosentissa tapauksista. (Pelastustieto, 2019)

Paloriskin toteutuessa se asia, että onko auto laivassa vai maalla syttyessään muuttaa toimenpiteitä jonkin verran. Laivaolosuhteissa autoa ei todennäköisesti pystytä siirtämään turvallisempaan paikkaan, joten toimenpiteet on tehtävä siinä sijainnissa missä auto on. Auton sijoittaminen autokannelle mahdollisimman helposti saavutettavaan paikkaan on tärkeää, jotta sen luokse pääseminen ja sammuttaminen voitaisiin suorittaa viipymättä ja tehokkaasti vaarantamatta laivaa sekä miehistöä.

Samanlaiset yksinkertaiset ohjeet, joista Hassinen kertoo, olisivat myös sovellettavissa laivakäyttöön henkilökunnalle. Niiden mukaan toimiessa voitaisiin tehostaa toimintaa ja saada helppolukuiset toimintaohjeet tulipalotilanteita varten. Pitää muistaa, että laivahenkilökunta ei ole pelastusalan ammattilaisia, joten ohjeiden tulisi olla sen verran helppolukuiset ja ymmärrettävissä että niiden perusteella pystyttäisiin toimimaan tositalanteessa. Koulutuksella ja harjoituksilla niiden käyttöön tulisi rutiinia ja kynnyksellä välttämään toimimiseen palotilanteissa laskisi.

Alusturvallisuuden kehittämiskohteita on useita koskien vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen paloturvallisuutta laivalla. Ensimmäiseksi tulisi laatia kokonaisvaltainen riskienhallintasuunnitelma liittyen näihin automalleihin. Riskienhallintasuunnitelman jalkauttaminen käyttöön, sen seuranta ja kehittäminen on tärkeää toimintaa paloturvallisuuden ylläpitämiseksi ja lisäämiseksi. Tunnistettujen riskien pohjalta voidaan kehittää toimintamalleja, kuten sähköautojen vakiintuneet sijoitukset autokannella, palotekniset turvallisuusratkaisut vaihtoehtoisilla polttoaineilla varustetuille automalleille ja toimenpiteet eri hätätilantilanteissa. Näiden parannusten pohjalta saavutetaan paloturvallisuuden kasvu uusiutuvia energialähteitä käyttäviä autoja kuljettavilla aluksilla. Uudet energialähteet vaativat varautumista ja uusia työkaluja niiden riskien hallintaan. Hyvänä esimerkkinä on uudenlainen, auton alle sijoitettava suihku-putki. Sähköautojen latausjärjestelmä on mitä suuremmalla todennäköisyydellä tulossa matkustaja-autolauttoihin ja sen toiminnan tulee olla paloturvallisuuden kannalta luotettava. Vaurioituneiden, vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen kuljettaminen laivalla on muodostaa suuren syttymisriskin ja siten on erittäin suositeltavaa, että niitä ei vastaanotettaisi kuljetettavaksi laivaan.

Laivan autokansilla suoritettavat palokierrokset tulee laatia ja suorittaa siten, että autokannet käydään läpi kokonaisvaltaisesti. Monella matkustaja-autolautalla on useita autokansia ja niiden tarkkailu palotilanteiden varalta on tärkeää. Palokierroksilla voidaan havaita poikkeavuuksia paremmin kuin kameravalvonnalla. Fyysisesti käymällä paikalla voidaan havaita näköaistin lisäksi myös haju- ja kuuloaistilla poikkeavuuksia joihin valvontajärjestelmät eivät vielä ole ehtineet reagoimaan. Palokierroksilla kuitataan valvontapisteitä ja nämä pisteet olisi hyvä sijoittaa autokansien eri puolille siten että kierros kattaisi koko alueen tehokkaasti.

Tutkimuskysymykseen vastauksena on, että vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen paloturvallisuusriski on olemassa, mutta siihen on voidaan varautua erilaisin keinoin. Paloturvallisuusriskiä voidaan hallita ja sitä voidaan pienentää varautumisella, koulutuksella sekä paloteknisillä ratkaisuilla

Tämän opinnäytetyön jatkotutkimuksena voidaan tehdä esimerkiksi konkreettiset toimenpidemallit vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivien autojen tulipalotilanteisiin, niiden sammuttamiseen ja luoda taktiikat tulipalotilanteiden varalle laivaympäristössä.

10 LÄHTEET

- Audi. 2019. Hybrid fuel cell / Audi h-tron. Viitattu 10.5.2019. <https://www.audi-mediacenter.com/en/hybrid-fuel-cell-slash-audi-h-tron-242>
- EMSA. 2016. Study investigating cost effective measures for reducing the risk from fires on ro-ro passenger ships (FIRESAFE). Viitattu 23.7.2019. <https://www.emsa.europa.eu>
- Finlex. 2002. Työturvallisuuslaki. Viitattu 23.8.2019 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020738>
- Finnlines. 2019. Hyvä tietää ennen matkaa ja laivalla. Viitattu 27.5.2019 <https://www.finnlines.com/fi/laivamatkat/hyva-tietaa/hyva-tietaa-ennen-matkaa-ja-laivalla>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 14. uud. p. Helsinki: Tammi.
- Johansson, L. 2017. Laivapaloista laaditut raportit palokoulutuksessa. AMK-opinnäytetyö. Laurea-ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.6.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017052910715>
- Kananen, J. 2008. KVALI. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kuusela, H & Ollikainen, R. 2005. Riskit ja Riskienhallinta. Tampere: Tampere University.
- LadySailor. 2019. Eckerö Linen uusi rahtialus Finbo Cargo aloitti liikennöinnin Vuosaaren satamasta. Viitattu 26.6.2019. <http://www.ladysailor.info/?p=2944>
- Lauren, M. 2014. Hybridi- ja sähköautojen koulutusaineisto pelastushenkilökunnalle. AMK-opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.5.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405147929>
- Leskinen, I. 2014. Sähkö ja kaasu kuljettaa - koulutusmateriaali pelastuslalle. AMK-opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 13.5.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405147964>
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2017. Kansallinen ohjelma liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkosta valmistunut. Viitattu 18.5.2019. <https://www.lvm.fi/-/kansallinen-ohjelma-liikenteen-vaihtoehtoisten-kayttovoimien-jakeluverkosta-valmistunut-921195>

- Liikennefakta. 2019. Vaihtoehtoiset käyttövoimat. Viitattu 8.5.2019
https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/vaihtoehtoiset_kayttovoimat
- Linja-aho, V. 2016. Ostaisinko sähköauton? Helsinki: Into.
- MIRG. 2019. SHIP FIRE INCIDENT ANALYSIS. Viitattu 25.5.2019.
https://www.raja.fi/download/70757_SHIP_FIRE_INCIDENT_ANALYSIS_FINAL.pdf?23843c22b21ad588
- Motiva. 2019. Kestävä liikenne ja liikkuminen. Viitattu 16.4.2019
https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen
- Motorvehiclereg.com. 2019. EV Safety. Viitattu 7.5.2019.
https://www.motorvehiclereg.com/the_vehicle_reg_blog/electric-vehicles/
- Pelastustieto. 2019. Sähköauto syttyi kolmesti – akkupalo on arvaamaton ja vaikea sammuttaa. Viitattu 28.6.2019.
<https://pelastustieto.fi/pelastustoiminta/operatiivinen-toiminta/sahkoauto-syttyi-kolmesti-akkupalo-on-arvaamaton-ja-vaikea-sammuttaa/>
- PK-RH. 2019. Pk-yrityksen riskienhallinta. Viitattu 9.5.2019.
<http://virtual.vtt.fi/virtual/pkrh/startti-riskienhallintaan/mita-riskienhallintaan/riskien-suuruuden-arviointi/riskien-suuruuden-arviointi/index.html>
- SDIS86. 2018. Palokunnan toimintakäsikirja ajoneuvoa koskeviin hätätilanteisiin. Viitattu 10.5.2019. <https://godr.sdis86.net/godr/godr-sr-fi/files/downloads/GODR-SR-FINLANDAIS-Novembre-2018-V2.pdf>
- Sjöroos, M. 2019. Erityisasiantuntija, Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. Puhelinhaastattelu 28.5.2019 Haastattelijana Lauri Mäenpää.
- Tesla. 2019. Emergency Response Guide. Viitattu 10.5.2019.
https://www.tesla.com/sites/default/files/downloads/Model_3_Emergency_Response_Guide_fi.pdf
- Traficomin www-sivut. 2019. Viitattu 1.5.2019. <https://www.traficom.fi>
- Transport Styrelsen www-sivut. 2019. Viitattu 27.7.2019.
<https://www.transportstyrelsen.se>
- TTK. 2015. Riskien arviointi työpaikalla. Viitattu 1.6.2019.
https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf
- U.S. Department of Energy. 2019. Alternative Fuels Data Center. Viitattu 10.4.2019.
<https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>

- UNECE. 2019. Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train. Viitattu 11.4.2019. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R100r1e.pdf>
- Hallikas, J. & Virolainen, V.-M. 2005. Toimittajaverkostoihin liittyvä riskienhallinta. Helsinki: Juvenes print Oy.
- Viitala, J. 2019. Aluksen keulamuotoilun kehitys. AMK-opinnäytetyö. SAMK. Viitattu 13.10.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019091018336>
- Vuorela, J. 2015. Hybridi- ja sähköauto, toiminta ja turvallisuus liikenneonnettomuustilanteessa. AMK-opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.6.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015110415939>

