

Marko Piironen

KONEHUONEPALOJEN ENNALTAEHKÄISY

Merenkulun koulutusohjelma

Merenkulkualan Insinööri

2016

KONEHUONEPALOJEN ENNALTAEHKÄISY

Piiroinen, Marko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma, Merenkulkualan Insinööri
Tammikuu 2016
Ohjaaja: Zenger, Pekka & Toukonen, Tapio
Sivumäärä: 43
Liitteitä: -

Asiasanat: laivat, konehuoneet, tulipalot, palonehkäisy

Tulipalo on yksi vakavimmista laivan turvallisuutta uhkaavista vaaroista. Valtaosa laivoilla tapahtuvista tulipaloista syttyy konehuoneessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää keinoja, joiden avulla konehuonepalojen määrää voidaan vähentää. Työn tavoitteena oli, aiheesta kirjoitetun kirjallisuuden avulla, tutustua palamisen ja syttymisen vaatimiin edellytyksiin, tutkia konehuonepalojen yleisimpiä syitä ja seurauksia sekä selvittää keinoja konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi.

Tulipaloriskien tunnistamiseksi, työssä tutustuttiin palofysiikkaan ja raportoitujen konehuonepalojen syihin ja seurauksiin. Työssä selvitettiin kansainvälistä merenkulkua säätelevien instituutioiden, konehuoneiden suunnittelijoiden ja konehuoneessa työskentelevien ihmisten käytössä olevia konehuonepaloja ennaltaehkäiseviä keinoja. Työn tekemisessä hyödynnettiin konehuonepaloista tehtyjä onnettomuustutkintaraportteja, tilastoja sekä muita aiheeseen liittyviä julkaisuja.

Työn tarkoituksena ei ollut kehittää uusia tapoja konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi, vaan selvittää olemassa olevan aineiston ja tiedon avulla konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi käytössä olevia keinoja.

FIRE PREVENTION IN ENGINE ROOMS

Piironen, Marko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Maritime Engineering

January 2016

Supervisor: Zenger, Pekka & Toukonen, Tapio

Number of pages: 43

Appendices: -

Keywords: ships, engine rooms, fires, fire prevention

Fire on board is one of the most dangerous threats to the safety of the ship. Most fires on board ships start in the engine room.

The purpose of this thesis was to find out measures that can be used to prevent engine room fires. By using of written literature about the subject the goal was to study preconditions of combustion and ignition, to canvass the most common causes and consequences of engine room fires and to find out measures used to prevent engine room fires.

The purpose of studying physics of fire and causes and consequences of reported engine room fires was to be able to identify fire risks. Some measures used to prevent engine room fires by institutions regulating the statutes of international seafaring, people designing engine rooms and people working in the engine rooms were found out. Reports, statistics and other publications about engine room fires were used as a sources of knowledge to write this thesis.

The goal wasn't to develop any new measures to prevent engine room fires but to study already known measures using existing materials and information about the topic.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	5
2. PALOFYSIIKKA.....	6
2.1. Palaminen	6
2.1.1. Polttoaineet.....	8
2.1.2. Paloluokat.....	8
2.2. Syttyminen.....	9
2.3. Itsesytyminen.....	12
3. TULIPALO KONEHUONEESSA	13
3.1. Konehuonepalon syttyminen	14
3.2. Konehuonepalojen seuraukset.....	16
3.2.1. Taloudelliset kustannukset	16
3.2.2. Henkilövahingot.....	17
4. KONEHUONEPALOJEN ENNALTAEHKÄISY	18
4.1 Säädökset.....	18
4.1.1. SOLAS	19
4.1.2. Chapter II-2	21
4.1.3. FTP Code.....	24
4.1.4. FSS Code.....	26
4.1.5. Euroopan unioni	28
4.1.6. Liikenne- ja viestintäministeriö.....	29
4.1.7. Trafi	29
4.1.8. Onnettomuustutkintakeskus	31
4.2. Suunnittelu.....	32
4.2.1. Riskianalyysi	33
4.2.2. Materiaalit ja rakenteet.....	34
4.2.3. Laitteiden sijoittelu.....	36
4.3. Ihminen konehuoneessa.....	38
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	40
LÄHTEET	42

1. JOHDANTO

Merenkulun turvallisuutta on pyritty parantamaan aktiivisesti aina RMS Titanicin uppoamisesta lähtien. Yksi vakavimmista laivaa uhkaavista vaaroista on tulipalo. Laivojen paloturvallisuuden saama huomio on kasvanut 1960 -luvulla useilla matkustaja-aluksilla tapahtuneista tulipaloista lähtien. Laivojen paloturvallisuutta koskevia asioita on tutkittu melko paljon. Tilastojen mukaan valtaosa laivoilla syttyvistä tulipaloista saa alkunsa konehuoneesta. Konehuoneen paloturvallisuuden parantaminen ja etenkin konehuonepalojen ennaltaehkäisy on merkittävä askel kohti turvallisempaa merenkulkua. (IMO:n [www-sivut](http://www.imo.org) 2015)

Puhuttaessa konehuoneiden paloturvallisuudesta, suurin huomio kiinnittyy usein konehuonepalojen ennaltaehkäisyn sijaan, tulipalojen sammuttamiseen. Tämän työn tarkoituksena on selvittää ja tutkia käytössä olevia menetelmiä, joiden avulla konehuoneen tulipalojen määrää pyritään vähentämään. Työn tavoitteena on auttaa ymmärtämään palamista kemiallisena reaktiona, ja siten tunnistamaan palamisen ja syttymisen vaatimia edellytyksiä. Tutkimalla konehuonepaloista kertovia raportteja ja tilastoja, työssä pyritään selvittämään konehuonepalojen yleisimmät syyt ja seuraukset. Käyttämällä aiheesta kirjoitettua kirjallisuutta ja muita julkaisuja, tutustutaan kansainvälistä merenkulkua sääteleviin säädöksiin sekä pyritään löytämään keinoja konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi.

2. PALOFYSIIKKA

Tulipaloksi kutsutaan tapahtumaa, jossa tuli aiheuttaa tai uhkaa aiheuttaa vahinkoja. Palofysiikan tutkiminen auttaa ymmärtämään palamista kemiallisena reaktiona. Ymmärtämällä palofysiikkaa voidaan tunnistaa tulipalojen syttymiseen johtaneita syitä sekä nimetä palamisen vaatimia edellytyksiä. Palofysiikan ymmärtäminen auttaa parantamaan konehuoneen paloturvallisuutta sekä helpottaa konehuonepalojen ennaltaehkäisyä. (Palo- ja pelastussanasto TSK 2006)

2.1. Palaminen

Palaminen voidaan määritellä seuraavasti:

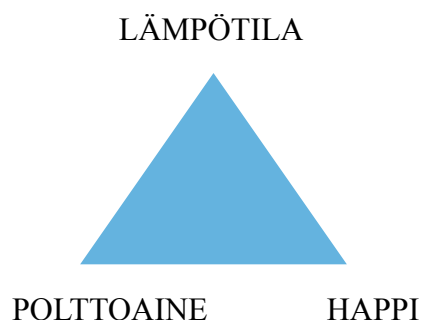
Palaminen on aineen yhtymistä happeen siten, että syntyy korkea lämpötila ja va-loilmiö. (Palo- ja pelastussanasto TSK 2006)

Aineet palavat kahdella erilaisella tavalla: liekehtien ja hehkuen. Usein tulipaloissa esiintyvät molemmat palamistavat, joko samanaikaisesti tai peräkkäin. Mainittakoon esimerkkinä puun palaminen. Aluksi puu pyrolysoituu ja palaa liekehtien. Palamisen myöhemmässä vaiheessa puu hiiltyy, jonka jälkeen hiili palaa hehkuen. Hehkuen palamista kutsutaan myös kytöpaloksi. (Hyttinen, Tolonen & Väisänen 2012, 14-17)

Palamistavat voidaan määritellä seuraavasti:

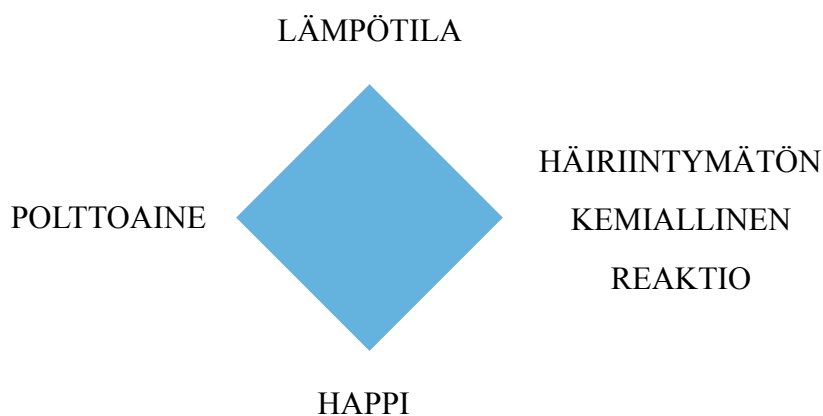
Liekehtivässä palossa kemialliset reaktiot tapahtuvat kaasussa. Hehkuen palaminen tapahtuu jähmeän polttoaineen pinnalla. (Palo- ja pelastussanasto TSK 2006)

Jotta palaminen on mahdollista, kaikkien palamisen vaatimien perusedellytyksien pitää olla voimassa samanaikaisesti. Palamisen edellytyksiä ovat lämpötila, polttoai- ne ja happi. Mikäli yksikin edellytys puuttuu palaminen ei ole mahdollista. Palon sammuttamisessa pyritään poistamaan ainakin yksi palamisen edellytyksistä, jolloin palon edellytykset eivät toteudu ja palo sammuu. Jotta hehkupalo on mahdollista, tarvitaan polttoainetta, happea ja riittävä lämpötila. (Hyttinen ym. 2012, 17-18)



KUVA 1. HEHKUPALON EDELLYTYSET.

Liekehtivää palamista edeltää nesteen kaasuuntuminen ja kiinteän aineen pyrolyysi. Palavasta kaasusta tai höyrystä muodostuu liekkitalan korkeassa lämpötilassa väli- tuotteena lyhytikäisiä, virittyneitä ja hyvin reaktiokykyisiä radikaaleja. Liekehtivä palaminen muodostuu radikaalien ja radikaalimuodossa olevan hapen lämpöä muodostavista kemiallisista reaktioista. Liekehtivä palaminen vaatii polttoaineen, lämpötilan ja hapen lisäksi häiriintymättömän kemiallisen reaktion. (Hyttinen ym. 2012, 15 - 18)



KUVA 2. LIEKEHTIVÄN PALON EDELLYTYKSET.

Jotta kiinteästä aineesta muodostuu pyrolyysin vaikutuksesta kaasuja ja nesteestä höyrystymällä höyryä tai kaasua, tarvitaan riittävän korkea lämpötila. Mitä korkeampi lämpötila saavutetaan sitä enemmän syttyviä höyryjä ja tai kaasuja muodostuu. Palamisreaktio siis kiihtyy lämpötilan kasvaessa. Palamislämpötilaan vaikuttavat erityisesti palavasta aineesta muodostuvien palokaasujen määrä, palamisilman saanti ja

palavan aineen lämpöarvo. Liekehtivässä palossa palamislämpötilalla tarkoitetaan kuumimpien liekkiä lämpötilaa ja kytöpalossa kytöpesäkkeen korkeinta lämpötilaa. (Hyttinen ym. 2012, 20-34)

2.1.1. Polttoaineet

Palamisen yhteydessä puhutaan polttoaineista, jotka toimivat palavana materiaalina palamisessa. Polttoaineet ovat joko kiinteitä, nestemäisiä tai kaasuja. Osa palavista materiaaleista muuttuu olomuotoaan lämmitettäessä. Kiinteät aineet voivat muuttua lämmitettäessä nesteiksi ja nesteet edelleen kaasuiksi. Palamisessa vapautuvan energian määrä riippuu polttoaineesta ja sen ominaisuuksista. (Hyttinen ym. 2012, 14-25)

Palotorjunnassa polttoaineina voidaan pitää kaikkia aineita, jotka palavat eksotermisesti. Eksotermisesti palavat aineet synnyttävät palaessaan enemmän lämpöä kuin sitä kuluu palamisreaktioihin. Tunnetuimpia polttoaineita ovat hiilivedyt, esimerkiksi puu, kivihiili ja polttoöljy. Hiilivetyjen lisäksi polttoaineena voivat toimia erilaiset kemikaalit sekä metallit. Polttoaineeksi soveltuvia kemikaaleja ovat esimerkiksi rikki ja fosfori. Metalleista polttoaineeksi soveltuvat esimerkiksi natrium, kalium, alumiini ja rauta. (Hyttinen ym. 2012, 17-18)

2.1.2. Paloluokat

Eri polttoaineet palavat eri tavoin ja polttoaineiden yksilölliset ominaisuudet on otettava huomioon myös palojen ennaltaehkäisemisessä ja sammuttamisessa. Suomessa voimassa olevassa eurostandardissa SFS 3062 - EN2 erilaiset palot on luokiteltu luokkiin A, B, C ja D polttoaineiden mukaan. Sähkölaittepalot luokitellaan B- tai C-luokkaan riippuen siitä, onko laitteessa palavana aineena neste vai kaasu. Paloluokkien kirjaimia käytetään myös käsisammuttimien merkinnöissä sekä jauhetyyppien nimissä. (Hyttinen ym. 2012, 19)

TAULUKKO 1. PALOLUOKAT.

PALOLUOKKA	AINE	AINE PALAA	ESIMERKKEJÄ
A	KIINTEÄ	LIEKEHTIEN, HEHKUEN	PUU, PAPERI, HIILI
B	NESTE	LIEKEHTIEN	BENSIINI, STEARIINI
C	KAASU	LIEKEHTIEN	NESTEKAASU, ASETYLEENI
D	METALLI	LIEKEHTIEN, HEHKUEN	ALUMIINI, MAGNESIUM

2.2. Syttyminen

Tulipalon syttyminen vaatii polttoaineen ja hapen lisäksi riittävän korkean lämpötilan. Alinta lämpötilaa, jossa polttoaineena toimiva aine syttyy, sanotaan syttymislämpötilaksi. (Palo- ja pelastussanasto TSK 2006) Mikäli aineen sytyttämiseen käytetään ainoastaan sen kuumennusta, syttymislämpötilaa kutsutaan itsesyttymislämpötilaksi. Itsesyttymislämpötilassa aine syttyy ilman erillistä syttymislähdettä, kuten liekkiä tai kipinää. (Hyttinen ym. 2012, 33)

Syttymislämpötilaa ei pidä sekoittaa nesteiden leimahduslämpötilaan, jolla tarkoitetaan lämpötilaa, jossa normaali-ilmanpaineessa nesteestä erottuu riittävä määrä kaasua, jotta syttyminen on mahdollista. Nesteestä lämmön vaikutuksella höyrystynyt kaasu tai höyry muodostaa ilman kanssa seoksen nesteen pinnalle, joka leimahtaa erillisen sytyttimen vaikutuksesta tai lämpötilan noustessa riittävän korkeaksi. Nesteen palamisen jatkuminen vaatii, että nesteen pinnan lämpötila on korkeampi kuin sen leimahduslämpötila, jolloin palavia kaasuja muodostuu riittävästi. Palamisen vaatima lämpö siirtyy liekeistä nesteeseen pääasiassa lämpösäteilyn välityksellä. Nesteiden palovaarallisuuden mittana pidetään niiden leimahduslämpötilaa. Esimerkiksi varotoimenpiteet nesteiden kuljetuksessa, valmistuksessa, käsittelyssä ja varastoinnissa määräytyvät nesteen leimahduslämpötilan mukaan. (Hyttinen ym. 2012, 24-26)

TAULUKKO 2. SYTTYVIEN NESTEIDEN LEIMAHDUSLÄMPÖTILOJA.

SYTTYVÄ NESTE	LEIMAHDUSLÄMPÖTILA (°C)
BENSIINI	ALLE -40
ETANOLI	13
METANOLI	11
KEVYT POLTTOÖLJY	YLI 60

Taulukossa 2. on esitettyinä muutaman syttyvän nesteen leimahduslämpötilat. Kuten taulukosta käy ilmi, monella yleisesti tunnetulla nesteellä, on hyvin matala leimahduslämpötila. Palavat nesteet jaetaan turvallisuus määräyksissä ja ohjeissa neljään eri luokkaan seuraavasti leimahduslämpötilan mukaan (Palo- ja pelastussanasto TSK 2006) :

1. Erittäin helposti syttyvä palava neste EHS (Kiehumislämpötila 35 °C ja leimahduslämpötila enintään 0 °C)
2. Helposti palava neste HS (Leimahduslämpötila alle 21 °C)
3. Syttyvä palava neste S (Leimahduslämpötila 21 - 55 °C)
4. Muut palavat nesteet MPA (Leimahduslämpötila on yli 55 °C mutta enintään 100 °C)

Leimahduslämpötila on lämpötila, jossa nesteen syttyminen on mahdollista. Leimahduslämpötilassa syntyvät kaasut syttyvät kuitenkin vasta syttymislämpötilassa. Monilla nesteillä syttymislämpötila on huomattavasti korkeampi kuin leimahduslämpötila. Mainittakoon esimerkkinä bensiini, jonka leimahduslämpötila on alle -40 °C, kun taas syttymislämpötila on 400 - 530 °C. Käytännössä tämä tarkoittaa, että bensiinistä muodostuu riittävä määrä palavia kaasuja -40 °C :n lämpötilassa, mutta näiden kaa-

sujen syttyminen vaatii yli 400 °C :sta kuuman lämpötilan, liekin tai esimerkiksi kipinän. (Hyttinen ym. 2012, 24-34)

TAULUKKO 3. SYTTYVIEN NESTEIDEN SYTTYMISLÄMPÖTILOJA.

SYTTYVÄ NESTE	SYTTYMISLÄMPÖTILA (°C)
BENSIINI	400 - 530
ETANOLI	366
METANOLI	386
KEVYT POLTTOÖLJY	230

Syttyvien nesteiden, kuin myös kaasujen ja pölyjen kohdalla, puhutaan syttymisrajoista. Alempi syttymisraja ja ylempi syttymisraja määrittävät pitoisuusalueen, jolla syttyminen on mahdollista. Kaasun ja ilman muodostaman seoksen pitoisuus tulee siis olla tietyllä syttymisalueella, jotta se voi syttyä. Kemiallisen kaavan avulla määritettyä kaasun ja ilman seosta kutsutaan stoikiometriseksi seokseksi. Stoikiometrisen seoksen palaessa kaikki polttoaine ja happi kuluvat palamisprosessissa. Stoikiometrisen seoksen ja alemman syttymisrajan välillä seosta kutsutaan laihaksi seokseksi. Laihassa seoksessa polttoaineen määrä suhteessa happeen on pieni. Vastaavasti stoikiometrisen seoksen ja ylempään syttymisrajan välissä polttoaineen määrä suhteessa happeen on suurempi. Tällöin hapen ja polttoaineen seos on rikas. Seoksen ollessa liian laiha tai liian rikas syttyminen ei ole mahdollista. On myös todettu, että seokset syttyvät vaikeammin syttymisrajoilla ja helposti syttymisalueen keskiosalla. (Hyttinen ym. 2012, 38-43)

Syttymisrajat ilmoitetaan normaalisti syttyvän aineen määränä ilmassa tilavuusprosentteina, til.-%, tai grammoina kuutiometrissä ilmaa, g/m³. Arvot ilmoitetaan normaali-ilmapaineessa ja 20 °C:n lämpötilassa. Kaasun ja ilman seokset palavat monesti humahtamalla eli hyvin räjähdysen omaisesti, aiheuttaen vaaratilanteita. Räjähdysvaara on suurempi aineilla, joilla on laaja syttymisalue. Syttymisalueen ollessa kapea räjähdysvaara on pienempi. Laajan syttymisalueen omaavia ja erittäin räjähdys

vaarallisiksi aineiksi luettavia aineita ovat esimerkiksi vety ja asetyleeni. (Hyttinen ym. 2012, 38-43)

TAULUKKO 4. NESTEIDEN SYTTYMISRAJOJA.

SYTTYVÄ NESTE	SYTTYMISRAJAT til. - %	SYTTYMISRAJAT g/m ³
BENSIINI	1,4 - 7,6	50 - 365
ETANOLI	3,3 - 19	67 - 290
METANOLI	5,5 - 36	80 - 490
VETY	4 - 75	3,3 - 64
ASETYLEENI	1,5 - 100	16 - 1080

Syttymisrajoja hyödynnetään laivoilla tulipalojen ennaltaehkäisyssä, etenkin säiliöaluksilla. Syttyminen vaatii aina polttoaineen ja lämmön lisäksi happea. Säiliöaluksilla lastitankkien sisällä oleva ilma korvataan reaktiokyvyttömällä kaasulla, joka ei reagoi kemiallisesti muiden aineiden kanssa. Tällaisia kaasuja kutsutaan inertti kaasuiksi. Inertti kaasuja käytetään säiliöalusten lisäksi esimerkiksi hitsauksessa.

2.3. Itsesyttyminen

Itselämpäimisestä aiheutuvaa syttymistä kutsutaan itsesyttymiseksi. Itselämpäimiseksi kutsutaan ilman ulkoista syytä tapahtuvaa aineen lämpötilan nousua. (Palo- ja pelastussanasto TSK 2006)

On olemassa aineita, jotka ovat itsesyttäviä tai itsesyttymistä aiheuttavia. Näiden aineiden sisällä tapahtuu kemiallisia, biologisia tai fysikaalisia reaktioita, joiden seurauksena aineen lämpötila nousee. Oikeissa olosuhteissa itsesyttävän aineen lämpötila voi nousta niin paljon, että aineen syttymislämpötila ylittyy ja aine syttyy palaamaan. Itsesyttymisen riski on suurimmillaan silloin, kun itsesyttävä aine on hyvin

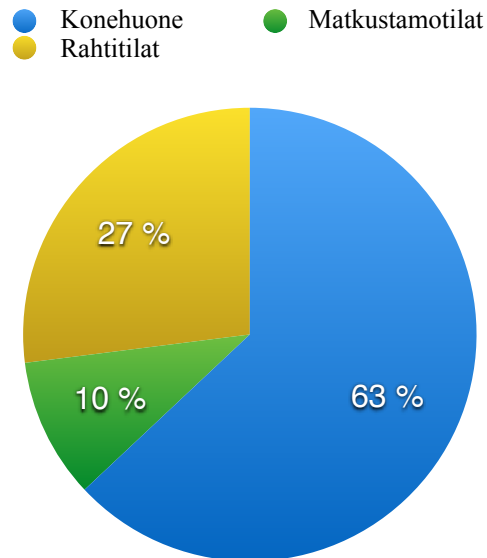
lämpöeristetty ja kosketuksissa hapen kanssa. Aineen lämpiämisen ehtona on, että aineen lämmöntuotto on suurempi kuin lämmönhukka. (Hyttinen ym. 2012, 35-36)

Itsesyttymistä aiheuttaviksi aineiksi kutsutaan aineita, jotka eivät pala, mutta voivat aiheuttaa itselämpöä toisen aineen syttymisen. Hyvänä esimerkkinä itsesyttymistä aiheuttavista aineista voidaan mainita poltettu kalkki, CaO, joka voi saavuttaa 350 °C:n lämpötilan reagoiessaan veden kanssa. Poltetun kalkin kehittämä 350 °C:n lämpötila riittää monen aineen sytyttämiseen. Esimerkiksi puu, paperi ja kevyt polttoöljy voivat syttyä 350 °C:n lämpötilassa. (Hyttinen ym. 2012, 36-38)

3. TULIPALO KONEHUONEESSA

Tulipalo laivassa on yksi vakavimmista laivaa uhkaavista vaaroista. Tulipalo vaarantaa ihmisten turvallisuuden sekä aiheuttaa suuria taloudellisia tappioita. Historian saatossa laivoilla on tapahtunut lukuisia tulipaloja, jotka ovat vaatineet ihmishenkiä, aiheuttaneet valtavia kustannuksia sekä saastuttaneet ympäristöä. Mainittakoon esimerkkinä huhtikuussa 1990 palanut M/S Scandinavian Star, jonka palossa kuoli 1598 ihmistä. (IMO 2015)

Norjalainen luokituslaitos Det Norske Veritas, DNV GL, on tehnyt tutkimuksen vuosina 1992 - 1997 DNV:n luokittamilla laivoilla tapahtuneista raportoiduista tulipaloista. Viiden vuoden aikana laivoilla tapahtui 165 tulipaloa, joista 63 % syttyi konehuoneessa, 10 % matkustamotiloissa ja 27 % rahtitiloissa. DNV:n tilastot kertovat myös, että kahtakymmentä alusta operoiva varustamo kärsii merkittävän konehuonepalon kerran kymmenessä vuodessa. Vuosina 1982 - 1990 Kansainväliselle merenkulkujärjestö IMO:lle raportoiduista laivoilla tapahtuneista tulipaloista 11 % aiheutti laivan täydellisen tuhoutumisen. Laivan täydelliseen tuhoon johtaneista tulipaloista 60 % sai alkunsa konehuonetiloista. Nämä tilastot kertovat, että konehuone on laivan merkittävin tulipalon syttymisalue. (Det Norske Veritas 2000)



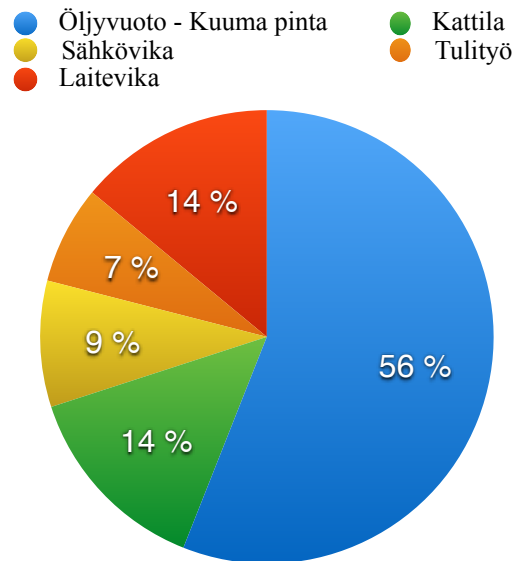
KUVA 3. TULIPALON SYTTYMISEN PAIKKA.

3.1. Konehuonepalon syttyminen

Konehuone on ympäristönä riskialtis tulipaloille. Konehuoneissa on paljon kuumia pintoja sekä herkästi syttyviä nesteitä ja kaasuja. Konehuoneiden sisältämät laitteistot, sekä mekaaniset, että sähköiset, voivat pahimmassa tapauksessa rikkoutuessaan aiheuttaa tulipalon. Myös ihmisen toiminta vaikuttaa merkittävästi konehuoneiden paloturvallisuuteen ja konehuonepalojen syttymiseen.

Det Norske Veritas:n vuonna 2000 tekemän tutkimuksen mukaan yleisin syy konehuonepalon syttymiseen on kuumen pinnan ja öljyvuodon yhdistelmä. DNV:n tutkimuksessa on huomioitu kaikki DNV:n luokittamilla laivoilla vuosina 1992 - 1997 tapahtuneet konehuonepalot. Tutkimuksesta on kuitenkin rajattu pois konehuonepalot, jotka ovat syttyneet laivan ollessa telakalla. On myös todennäköistä, että varustamot eivät ole ilmoittaneet kaikista laivoilla tapahtuneista tulipaloista viranomaisille. Kuumen pinnan ja öljyvuodon yhdistelmän lisäksi yleisiä konehuonepalon syttymiseen johtaneita syitä ovat höyrykattilaonnettomuus, laitevika, sähkövika ja tulitöistä johtuva syttyminen. (Det Norske Veritas 2000) Inhimillisen tekijän vaikutusta laivapalojen syttymiseen tutkineiden tutkimuksien perusteella jopa 70 - 80 % laivoilla tapahtuvista tulipaloista syttyy inhimillisen tekijän vaikutuksesta. Yleensä konehuo-

nepalon syttymiseen johtava inhimillinen tekijä on jonkinasteinen huolimattomuus. (Tuomisaari 1996, 11)



KUVA 4. KONEHUONEPALON SYTTYMISEN SYY.

Automaation lisääntymisestä huolimatta ihmisen rooli laivojen konehuoneissa on edelleen merkittävä. Konehuoneessa toimivan miehistön tehtävänä on suorittaa tarvittavat huoltotyöt ja valvoa, että järjestelmä ja laitteet toimivat asianmukaisesti. Järjestelmän toimiessa asianmukaisesti laivan liikkuminen on tehokasta ja turvallista. Ihminen vaikuttaa omalla toiminnallaan myös konehuonepalojen syttymiseen. Vuosina 1995 - 1996 suoritetun Paloturvallinen konehuone -tutkimusprojektin loppuraportissa nimetään ihmisten eri rooleja liittyen konehuonepaloihin. Konehuonepalon syttymiseen vaikuttavia rooleja ovat riskintuottaja ja sytyttäjä. (Häkkinen 1996, 1-4)

Toimiessaan riskintuottajana ihminen kasvattaa teoillaan konehuonepalon riskiä. Riskintuottajan toimintoja voivat olla esimerkiksi (Häkkinen 1996, 1-4) :

- Kuumien pintojen synnyttäminen tai paljastaminen.
- Palavan materiaalin tuominen vaaralliselle alueelle.
- Avotulen ja kipinöiden tuottaminen.
- Öljy- ja kaasuvuotojen aiheuttaminen.

Myös kaikkien edellä mainittujen riskien huomiotta jättäminen kasvattaa tulipalon riskiä merkittävästi. Yleensä riskintuottajan toimet johtuvat huolimattomuudesta. Stressi ja väsymys vaikeuttavat keskittymistä ja siten pahentavat tilannetta.

(Häkkinen 1996, 1-4)

Toinen konehuonepalojen syttymiseen vaikuttava ihmisen rooli on sytyttäjä. Sytyttäjä aiheuttaa toimillaan tulen syttymisen. Monesti syttyminen johtuu kahdesta eri toimesta, joiden yhtäaikaisuus aiheuttaa tulipalon. Esimerkiksi aikaisemmin mainittujen öljy- ja kaasuvuodon sekä avotulen ja kipinöiden yhtäaikaisuus aiheuttaa todennäköisesti tulipalon. Sytyttäjänä voi toimia yksi henkilö tai useampi samaan aikaan toimiva henkilö. Pareittain tai ryhmässä toimiessa tapaturman yleensä aiheuttaa koordinoinnin tai kommunikoinnin puute. (Häkkinen 1996, 1-4)

3.2. Konehuonepalojen seuraukset

Tulipalojen seurauksena syntyy kustannuksia ja ajoittain henkilövahinkoja. Konehuonepaloista syntyvien kustannuksien määrä ja henkilövahinkojen vakavuus riippuvat tulipalon suuruudesta, sen aiheuttamista tuhoista sekä pelastautumis- ja sammuustoimien onnistumisesta. Konehuonepalojen kustannuksia tarkastellessa on hyvä muistaa, että tilastoissa on huomioita ainoastaan tulipalot, joista on ilmoitettu viranomaiselle tai vakuutusyhtiöille. (Tuomisaari 1996, 9)

3.2.1. Taloudelliset kustannukset

Taloudelliset kustannukset voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin kustannuksiin. Konehuonepalojen suorilla kustannuksilla tarkoitetaan tulipalossa tuhoutunutta laitteistoa ja omaisuutta. DNV:n tutkimuksen mukaan konehuoneen tulipalon aiheuttamat suorat kustannukset rahtilaivassa 1990 -luvulla olivat noin 1 - 4 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. Matkustaja-aluksissa konehuoneen tulipalosta johtuvat suorat kustannukset nousevat helposti paljon korkeammiksi. Konehuoneen tulipalon leviäminen laivan muihin osiin laajentaa tuhoja sekä kasvattaa kustannuksia. Pahimmassa tapauksessa

koko laiva uppoaa. (Det Norske Veritas 2000) Laivoja vakuuttavan The Swedish Club - yhtiön tilastot tukevat DNV:n tutkimusta. Vuosina 1988 - 1996 yhtiön vakuutamilla laivoilla tapahtui kaikkiaan 25 raportoitua konehuonepaloa, joiden suorat kustannukset nousivat keskimäärin noin 2 miljoonaan Yhdysvaltain dollariin.

(The Swedish Club 1996)

Konehuonepalojen epäsuorat kustannukset muodostuvat useista tulipalon aiheuttamista kuluista ja tulon menetyksistä. Esimerkiksi rahtaussopimuksen menetys, matkojen peruuntuminen, vakuutus maksujen nouseminen sekä mahdolliset sakot ja vahingonkorvaukset nostavat epäsuorien kustannuksien määrää.

3.2.2. Henkilövahingot

Henkilövahingoilla tarkoitetaan konehuonepalojen ihmisille tuottamia vammoja. Konehuonepalojen aiheuttamien vammojen laatu vaihtelee lievistä vammoista aina ihmisen menehtymiseen. Tulipalosta tekee ihmiselle erityisen vaarallisen korkea lämpötila sekä myrkylliset palokaasut. Konehuonepalojen aiheuttamista henkilövahingoista löytyy tilastoitua tietoa melko huonosti. Konehuonepaloista kirjoitetuista onnettomuustutkintaraporteista kuitenkin ilmenee, että konehuoneen tulipalot aiheuttavat edelleen henkilövahinkoja. Esimerkiksi vuonna 2013 MT Mississippi Star -aluksella syttynyt konehuonepalo vaati yhden ihmisen hengen. (European Maritime Safety Agency 2013) Onnettomuustutkintaraporttien perusteella vakavaan henkilövahinkoon johtavat konehuonepalot ovat kuitenkin nykyään melko harvinaisia.

Onnettomuustutkintaraporteista selviää, että konehuonepalon aiheuttama henkilövahinko kohdistuu usein konehuoneessa työskentelevään miehistön jäseneseen. (European Maritime Safety Agency:n www-sivut 2015) Tulipalojen aiheuttamien henkilövahinkojen vähentämiseksi on asetettu vaatimuksia esimerkiksi laivoilla pidettävälle palo- ja pelastautumisharjoituksille. Konehuoneesta pelastautumista on pyritty helpottamaan muun muassa parantamalla hätäpoistumisteiden merkitsemistä ja valaistusta. Konehuoneista on löydyttävä myös hätäpoistumishengityslaite, EEBD,

Emergency Escape Breathing Device, joka suojaa kasvoja ja takaa hapen saannin vähintään 10 minuutiksi. (SOLAS 2004, 246-256)

4. KONEHUONEPALOJEN ENNALTAEHKÄISY

Konehuoneen palontorjunnan ensimmäinen tavoite on syttymisen estäminen. (Nurmi & Häkkinen 1996, 2) Merenkulun turvallisuuden parantamiseksi historian saatossa on asetettu useita säädöksiä, joiden tarkoituksena on muun muassa konehuonepalojen ennaltaehkäisy. Säädökset eivät kuitenkaan yksistään riitä konehuonepalojen ennaltaehkäisyyn. Konehuoneita suunnittelevien ja konehuoneissa työskentelevien työntekijöiden täytyy myös huomioida paloturvallisuuteen ja konehuonepalojen ennaltaehkäisyyn liittyvät asiat omassa työssään. Konehuonepalojen ennaltaehkäisy on mahdollista, kun konehuoneiden parissa työskentelevät ihmiset toimivat asetettujen säädöksen mukaisesti ja omilla toimillaan edistävät konehuonepalojen ennaltaehkäisyä. (IMO:n www-sivut 2015)

4.1 Säädökset

Yleisesti käytetty keino edistää turvallisuutta maalla, merellä ja ilmassa on yhteisistä säännöistä sopiminen. Asettamalla säädöksiä pystytään määrittämään vaatimuksia, joiden mukaan kaikkien tulee toimia. Merenkulku on kansainvälinen liikennemuoto, jota säännellään kolmella tasolla: kansainvälisesti, Euroopan unionissa ja kansallisesti. Sääntelyn tavoitteena on taata meriliikenteen turvallisuus ja ympäristöystävällisyys. Suomi on sekä Euroopan unionin, että kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n jäsen. IMO:n ja Euroopan unionin asettamat säädökset koskevat siis myös Suomea ja suomalaisia aluksia. Kansainvälisten sopimusten lisäksi tarvitaan kuitenkin myös kansallisia säädöksiä. Suomessa on kansallisia instituutioita, jotka vaikuttavat merenkulkuun ja siten myös konehuoneiden paloturvallisuuteen. Suomalaisen

merenkulun säädösten kannalta merkittäviä instituutioita Suomessa ovat Liikenne- ja viestintäministeriö ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. (Trafi:n www-sivut 2015)

International Maritime Organization, IMO, eli kansainvälinen merenkulkujärjestö on YK:n, Yhdistyneet kansakunnat, alaisuudessa toimiva järjestö, joka kehittää kansainvälisiä säädöksiä ja standardeja merenkulun turvallisuuden parantamiseksi. IMO:n kansainväliset yleissopimukset muodostavat pohjan merenkulun säätelylle. IMO:n perustamisesta tehtiin sopimus vuonna 1948 Genevessä pidetyssä kansainvälisessä kokouksessa. Sopimus IMO:n perustamisesta astui voimaan vuonna 1958 ja järjestö kokoontui ensimmäisen kerran vuonna 1959. Järjestö toimi nimellä *Inter-Governmental Consultative Organization* eli IMCO vuoteen 1982 asti. Marraskuussa 2015 IMO:oon kuului 170 jäsenvaltiota. (IMO:n www-sivut 2015)

4.1.1. SOLAS

International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS, on kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä. SOLAS on hyvin merkittävä sopimus laivojen paloturvallisuuden kannalta. Sopimuksen tarkoituksena on määrittää vähimmäisvaatimukset laivojen rakenteelle, laitteistoille ja toiminnalle, jotta laivojen turvallisuus on riittävällä tasolla. Lippuvaltioiden vastuulla on valvoa, että heidän lipun alla seilaavat alukset täyttävät asetetut vaatimukset. Sopimuksen mukaan myös muut sopimusvaltiot voivat suorittaa PSC:n eli Satamavaltiotarkastuksen, *Port state control*, toisen lippuvaltion lipun alla seilaavalle alukselle, mikäli on syytä epäillä, että alus ei täytä SOLAS - sopimuksen asettamia vaatimuksia. (IMO:n www-sivut 2015)

Ensimmäinen SOLAS - sopimus tehtiin RMS Titanicin uppoamisen seurauksena vuonna 1914. Vuoden 1914 sopimus ei kuitenkaan koskaan astunut voimaan ensimmäisen maailmansodan alkamisen takia (IMO 2015), joten ensimmäinen voimaan astunut SOLAS - sopimus on vuodelta 1929. Sopimusta on päivitetty vuosina 1948, 1960 ja 1974. Vuoden 1974 sopimus on edelleen voimassa ja siihen on tehty useita

lisäyksiä. Nykyinen sopimus koostuu kahdestatoista pääluvusta (IMO:n www-sivut 2015) :

- I Yleiset säännökset
General provisions

- II-1 Rakenne - Rakenne, Osastointi ja vakavuus, koneiston ja
sähkölaitteiden asennukset
*Construction - Structure, subdivision and stability, machinery and
electrical installations*

- II-2 Rakenne - Paloturvallisuus, palon havaitseminen ja sammutus
Construction - Fire Protection, fire detection and fire extinction

- III Hengenpelastuslaitteet ja järjestelyt
Life-saving appliances and arrangements

- IV Radioliikenne
Radiocommunications

- V Navigoinnin turvallisuus
Safety of navigation

- VI Lastin kuljetus
Carriage of cargoes

- VII Vaarallisten aineiden kuljetus
Carriage of dangerous goods

- VIII Ydinvoimakäyttöiset alukset
Nuclear ships
- IX Alusten turvallisuusjohtaminen
Management for the safe operation of ships
- X Suurnopeusalusten turvallisuusvaatimukset
Safety measures for high-speed craft
- XI-1 Erityisvaatimukset merenkulun turvallisuuden parantamiseksi
Special measures to enhance maritime safety
- XI-2 Erityisvaatimukset meriturvallisuuden parantamiseksi
Special measures to enhance maritime security
- XII Lisävarotoimia irtolastialuksille
Additional safety measures for bulk carriers

4.1.2. Chapter II-2

Chapter II-2 – Construction - Fire protection, fire detection and fire extinction on SOLAS:n pääluku II-2, joka käsittelee paloturvallisuuteen, palon havaitsemiseen ja palontorjuntaan liittyviä asioita. Nykyään voimassa olevan vuoden 1974 SOLAS:n pääluku II-2 on laaja 137 sivua kattava osio, joka koostuu seitsemästä osasta (SOLAS 2004) :

- A. Yleistä
General
- B. Tulipalojen ja räjähdysten ennaltaehkäisy
Prevention of fire and explosion

- C. Palon rajoittaminen
Suppression of fire
- D. Pelastautuminen
Escape
- E. Operatiiviset vaatimukset
Operational requirements
- F. Vaihtoehtoiset suunnitelmat ja järjestelyt
Alternative design and arrangements
- G. Erikoisvaatimukset
Special requirements

Laivojen paloturvallisuutta koskevat säännökset ovat kehittyneet ajan saatossa asteittain. Kehitystä ovat vauhdittaneet esimerkiksi toinen maailmansota ja useat onnettomuudet, joiden seurauksena nykyisen SOLAS:n pääluke II-2 on muotoutunut. Ensimmäiset paloturvallisuuteen liittyvät säännökset löytyvät vuoden 1914 SOLAS:n pääluvusta VI - *Life-saving appliances and Fire protection*, Hengenpelastuslaitteet ja paloturvallisuus. Vuoden 1914 säännökset loivat pohjan vuoden 1929 SOLAS:lle, josta löytyy ensimmäiset voimaan astuneet kansainväliset säännöksen alusten paloturvallisuuden parantamiseksi. (IMO 2015)

Vuoden 1929 SOLAS:ssa paloturvallisuutta koskevat säännökset sisältyvät päälukeun III - *Life Saving Appliances, etc.*, Hengenpelastuslaitteet, ym. Pääluvun III säännös XLIII - *Fire Detection and Extinction*, Tulipalon havaitseminen ja sammutus, määrittää vaatimukset esimerkiksi laivojen palovaroitinjärjestelmälle, palopumpuille ja putkistoille, käsisammuttimille sekä savusukelluslaitteille. Säännöksessä määritetään myös, että sammutuslaitteet tulee tarkistaa ainakin kerran vuodessa lippuvaltion hyväksymän tarkastajan toimesta. (IMO 2015)

Vuoden 1948 SOLAS:n syntymiseen vaikutti etenkin toinen maailmansota, mutta myös esimerkiksi syyskuussa 1934 tapahtunut SS Morro Castle:n tulipalo. Tämän tuhoisan tulipalon onnettomuustutkinta toi esille merkittäviä puutteita laivojen paloturvallisuudessa. Tutkimuksen tulosten seurauksena kiinnitettiin huomiota uudella tavalla laivan paloturvallisuuteen vaikuttaviin tekijöihin. Esimerkiksi palamattomat materiaalit, laivan rakenne, automaattiset palo-ovet sekä palohälyttimien sijoittelu uudistuivat SS Morro Castle:n palon seurauksena. Vuoden 1948 sopimuksessa paloturvallisuuteen liittyvät asiat oli sijoitettu pääluvun II *Construction*, Rakenne, kappaleisiin D, E ja F, jotka käsittelivät ainoastaan laivojen paloturvallisuuteen liittyviä asioita. Vuoden 1960 SOLAS - sopimuksessa paloturvallisuus asiat säilyivät pääluvun II kappaleissa D, E ja F. Merkittävin paloturvallisuuteen liittyvä muutos vuoden 1960 sopimuksessa oli, että tietyt määräykset, jotka vuoden 1948 sopimuksessa koskivat ainoastaan matkustaja-aluksia, koskivat uuden sopimuksen mukaan myös rahtilaivoja. (IMO 2015)

Vuoden 1960 SOLAS:n voimaan astumisen jälkeen useat 1960-luvulla kansainvälisessä liikenteessä olevilla matkustajalaivoilla tapahtuneet tulipalot osoittivat, että laivojen paloturvallisuutta koskevat määräykset eivät olleet riittäviä. Vuoden 1974 SOLAS:ssa pääluku II on jaettuna kahteen osaan, joista pääluku II-2 käsittelee pelkästään paloturvallisuutta koskevia asioita. Vastatoimena 1960-luvulla tapahtuneita matkustaja-alus paloja vastaan, vuoden 1974 SOLAS:ssa määritetään, että kaikki uudet matkustaja-alukset tulee valmistaa palamattomista materiaaleista sekä niissä tulee olla joko kiinteä palovaroitinjärjestelmä tai kiinteä sammutusjärjestelmä. Myös rahtilaivojen paloturvallisuus vaatimuksia päivitettiin asettamalla erityisvaatimuksia eri alustyypeille, kuten tankkereille. (IMO 2015)

Vuoden 1974 SOLAS ja paloturvallisuutta käsittelevä pääluku II-2 astui voimaan vuonna 1980 ja on voimassa edelleen. Voimaan astumisen jälkeen päälukuun II-2 on tehty useita muutoksia vuosina 1981, 1992, 1996 ja 2000. Vuonna 1992 IMO teki alusten paloturvallisuutta parantavia lisäyksiä päälukuun II-2, johtuen M/S Scandinavian Star:lla tapahtuneesta tulipalosta. Vuoden 1996 muutosten yhteydessä IMO

julkaisi erillisen palokoesäännösten eli FTP-koodin, *International Code for Fire test Procedures*. Vuonna 2000 IMO uudisti pääluku II-2:n. Uudistuksen tavoitteena oli saada pääluvun rakenne käyttäjäystävällisemmäksi. Uudistuksen yhteydessä osa pääluvun II-2:n sisällöstä erotettiin omaksi paloturvallisuusjärjestelmäsäännöksi, FSS-koodiksi, *International Code for Fire Safety Systems*. (IMO 2015)

4.1.3. FTP Code

Kansainvälinen palokoesäännöstö eli FTP-koodi, *International Code for Fire Test Procedures*, julkaistiin alunperin vuonna 1996 ja sen asettamista säännöksistä tuli pakollisia 1. heinäkuuta 1998. Koodi määrittää kansainväliset vaatimukset laivoilla käytettävien materiaalien laboriokokeille, tyyppihyväksymiselle ja palotestausmenetelmille. Esimerkiksi lippuvaltion viranomaiset hyödyntävät FTP-koodia hyväksyessään laivoissa käytettäviä materiaaleja. (IMO 2015)

Vuonna 2006 IMO:n alainen paloturvallisuuteen keskittynyt komitea, *Fire Protection Sub-Committee*, aloitti projektin FTP-koodin uudistamiseksi. Uudistuksen tavoitteena oli mm. parantaa koodin käyttäjäystävällisyyttä, varmistaa palotestausmenetelmien yhtenäisyys ja päivittää se vastaamaan uusia ISO, *international Organization of Standardization*, standardeja. Projektin tuloksena julkaistiin uusi FTP-koodi vuonna 2010. Nykyinen koodi sisältää entistä yksityiskohtaisemmat vaatimukset laivoissa käytettävien materiaalien testaukselle ja hyväksymiselle. Vuoden 2010 FTP-koodi astui voimaan 1. heinäkuuta 2012. (IMO 2015)

International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010 eli uusi FTP-koodi sisältää seuraavat osiot (2010 FTP Code 2012):

- Palamattomuuskoe
Test for non-combustibility

- Savu- ja myrkkylisyyskoe
Test for smoke and toxicity
- A, B ja F osastojen kokeet
Test for A, B and F class division
- Palo-ovien käyttöjärjestelmän testaus
Test for fire door control systems
- Pintamateriaalien syttyvyyskoe
Test for surface flammability
- Palokoe tekstiileille ja kalvoille
Test for vertically supported textiles and films
- Palokoe verhoiluille huonekaluille
Test for upholstered furniture
- Palokoe vuodevaatteille
Test for bedding components
- Palokoe suurnopeusalusten paloa rajoittaville materiaaleille
Test for fire-restricting materials for high-speed craft
- *Palokoe suurnopeusalusten palo-osastoille*
Test for fire-resisting divisions of high-speed craft

Edellä mainittujen osioiden lisäksi FTP-koodi sisältää liitteen, jossa on listattuna tuotteita ja materiaaleja, jotka voidaan asentaa laivaan testaamatta niitä FTP-koodin menetelmien mukaisesti. (2010 FTP Code 2012)

4.1.4. FSS Code

Kansainvälinen paloturvallisuusjärjestelmäsäännöstö eli FSS-koodi, *International Code for Fire Safety Systems*, syntyi osana vuoden 2000 SOLAS:n pääluvun II-2 uudistusta. Koodin tarkoituksena on määrittää kansainväliset standardit paloturvallisuusjärjestelmille. Koodissa esitetään tekniset vaatimukset SOLAS:n pääluku II-2:ssa vaadittaville paloturvallisuusjärjestelmille ja laitteille, kuten palopumpuille, kiinteille sammutusjärjestelmille, käsisammuttimille ja palomiehen varusteille. (IMO 2015)

Nykyinen FSS-koodi astui voimaan 1. heinäkuuta 2002. Koodi muodostuu 15 kappaaleesta (FSS Code 2007) :

1. *Yleistä*
General
2. Kansainvälinen laituriliitin
International shore connections
3. Henkilösuojaimet
Personnel protection
4. Käsisammuttimet
Fire Extinguishers
5. *Kiinteät kaasusammutinjärjestelmät*
Fixed gas fire-extinguishing systems
6. Kiinteät vaahtosammutinjärjestelmät
Fixed foam fire-extinguishing systems

7. Kiinteät vesisammutus- ja vesisumujärjestelmät
Fixed pressure water-spraying and water-mist fire-extinguishing systems
8. Automaattiset sprikler- ja hälytysjärjestelmät
Automatic sprinkler, fire detection and fire alarm systems
9. Kiinteät palon havaitsemis- ja hälytysjärjestelmät
Fixed fire detection and fire alarm systems
10. Savun havaitsemisjärjestelmät
Sample extraction smoke detection systems
11. Hätävalaisujärjestelmät
Low-location lighting systems
12. Kiinteät hätäpalopumput
Fixed emergency fire pumps
13. Hätäpoistumisteitä koskevat järjestelyt
Arrangement of means of escape
14. Kiinteät vaahtosammutinjärjestelmät kansille
Fixed deck foam systems
15. Inert-kaasujärjestelmät
Inert gas systems

4.1.5. Euroopan unioni

Euroopan unioni, EU, osallistuu merenkulkua ja konehuoneiden paloturvallisuutta säätelevien säädöksen valmisteluun. EU-säätelyn tavoitteena on taata tavaroiden ja ihmisten vapaa liikkuvuus EU-alueella. Useat merenkulkuun vaikuttaneet säädökset ovat kuitenkin syntyneet jäsenvaltioiden reaktiona tapahtuneita merionnettomuuksia, kuten öljyvahinkoja, vastaan. (EU:n www-sivut 2016)

EU:hun kuuluu 28 jäsenvaltiota, jotka muodostavat laajan taloudellisen ja poliittisen liiton. Alunperin EU luotiin ainoastaan taloudelliseksi liitoksi. Ideana oli, että keskenään kauppaa käyvät maat tulevat taloudellisesti riippuvaisiksi toisistaan ja siten välttävät mahdollisia ristiriitatilanteita. Ajan saatossa taloudellinen yhteistyö on levinnyt myös politiikan puolelle. (EU:n www-sivut 2016)

EU:n lainsäädäntöön osallistuvat Euroopan parlamentti, Euroopan unionin neuvosto ja Euroopan komissio, jotka ovat unionin keskeisiä toimielimiä. Lainsäädäntö toimii seuraavasti: Euroopan komissio tekee säädösehdotuksen, jonka hyväksymisestä päättävät parlamentti ja unionin neuvosto. Säädöksen hyväksymisen jälkeen komissio ja EU-maat laittavat säädöksen täytäntöön. Komissio valvoo säädöksen täytäntöönpanoa. (EU:n www-sivut 2016)

Euroopan unionin keskeisimpien toimielimien lisäksi EU:ssa on useita omilla sektoreilla toimivia toimielimiä ja virastoja. Euroopan meriturvallisuusvirasto EMSA, *European Maritime Safety Agency*, on merenkulun paloturvallisuuden kannalta merkittävä virasto. EMSA:n tehtävänä on tarjota teknistä apua EU:lle ja EU:n jäsenmaille merenkulun turvallisuutta koskevien ja laivojen aiheuttamaa merien saastumista torjuvien lainsäädäntöjen kehittämisessä ja täytäntöönpanossa. Lisäksi EMSA osallistuu meriliikenteen valvontaan, öljyntorjuntaan ja onnettomuustutkintoihin. EMSA:ssa on edustajia kaikista EU-maista sekä Norjasta ja Islannista. Suomen edustaja EMSA:ssa tulee liikenteen turvallisuusvirasto Trafi:sta. (EMSA:n www-sivut 2016)

4.1.6. Liikenne- ja viestintäministeriö

Liikenne- ja viestintäministeriö, LVM, on vuonna 1892 alkunsa saanut ministeriö, joka vastaa muun muassa liikennejärjestelmistä, liikenneturvallisuudesta ja liikenteen ilmasto- ja ympäristöasioista. Ministeriön perustehtävänä on liikenne- ja viestintäalan lakien valmistelu. Merkittävä osa liikenteen säädöksistä valmistellaan kansainvälisesti, joten ministeriö toimii aktiivisesti EU:ssa ja kansainvälisillä foorumeilla, kuten kansainvälisessä merenkulkujärjestö IMO:ssa. Liikenne- ja viestintäministeriön alaisia merenkulkuun vaikuttavia virastoja ovat liikenne järjestelmän turvallisuutta ja ympäristöystävällisyyttä kehittävä sekä liikennejärjestelmään liittyvistä viranomaistehtävistä vastaava Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, valtion hallinnoimilla liikenneväylillä liikenteen palvelutasosta ja kehittämisestä vastaava Liikennevirasto ja muun muassa radiolupien osalta viestinnästä vastaava Viestintävirasto. (Liikenne- ja viestintäministeriön www-sivut 2016)

4.1.7. Trafi

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on Suomen meriturvallisuusviranomaisen ja siten erittäin merkittävä virasto merenkulun turvallisuuden kannalta Suomessa. Trafi kehittää liikennejärjestelmän turvallisuutta, edistää liikenteen ympäristöystävällisyyttä ja vastaa liikennejärjestelmään liittyvistä viranomaistehtävistä. Merenkulun osalta Trafin tavoitteena on säilyttää saavutettu hyvä turvallisuustaso. (Trafin www-sivut 2016)

Trafi varmistaa suomalaisten merenkulkijoiden ammattipätevyyden valvomalla merenkulkijoiden koulutusta ja pätevyyskysymyksiä. Suomalaiset merenkulun oppilaitokset auditoidaan viiden vuoden välein koulutuksen arviointineuvoston ja korkeakoulujen arviointineuvoston toimesta. Trafi osallistuu auditointien suunnitteluun, seurantaan ja raportointiin IMO:lle ja EU:lle. Trafi myös myöntää merenkulkijoille eri toimiin oikeuttavia pätevyyskirjoja sekä eri tehtävien ja laivatyyppien vaatimia todistuksia

lisäpätevyydestä. Trafín myöntämiä pätevyyskirjoja ovat esimerkiksi (Trafi:n www-sivut 2016) :

- Merikapteenin pätevyyskirja
- Yliperämiehen pätevyyskirja
- Ylikonemestarin pätevyyskirja
- Vahtikonemestarin pätevyyskirja
- Pursimiehen pätevyyskirja
- Vahtimiehen pätevyyskirja.

Edellä mainittujen pätevyyskirjojen saamisen edellytyksenä on kansainvälisen STCW-sopimuksen, *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*, mukainen koulutus sekä tarvittava määrä harjoittelua tai työkokemusta. (Trafi:n www-sivut 2016)

Trafi vastaa Suomessa alusturvallisuudesta, alusten ja satamarakenteiden turvatoimista sekä veneilyn turvallisuudesta ja valvonnasta. Trafi edistää merenkulun turvallisuutta suorittamalla katsastuksia suomalaisille aluksille. Aluksen peruskatsastus suoritetaan aina ennen kuin alus asetetaan liikenteeseen suomalaisena aluksena ja ennen kuin alus asetetaan uudelleen liikenteeseen aluksen koneistoon tai runkoon tehtyjen muutostöiden jälkeen. Peruskatsastuksen lisäksi muita katsastuslajeja ovat muun muassa uusinta katsastus, määräaikainen katsastus ja ylimääräinen katsastus. Katsastusten tarkoituksena on varmistaa, että alus on aluksen turvallisuutta koskevien kansainvälisten ja kansallisten sääntöjen ja määräyksien mukainen. Katsastusten perusteella määritetään esimerkiksi matkustaja-aluksen suurin sallittu matkustajamäärä sekä alusten liikennealue. (Trafi:n www-sivut 2016)

Suomalaisille aluksille tehtävien katsastuksien lisäksi Trafi suorittaa tarkastuksia suomalaisissa satamissa vieraileville ja Suomen aluevesillä liikkuville aluksille PSC-direktiivin mukaisesti. Tarkastuksissa valvotaan aluksen turvallisuutta ja ympäristöä

koskevien sääntöjen noudattamisen lisäksi myös yleisen meriturvallisuuden ja hyvän merimiestaidon noudattamista. (Trafi:n www-sivut 2016)

4.1.8. Onnettomuustutkintakeskus

Onnettomuustutkintakeskus, OTKES, on oikeusministeriön yhteydessä toimiva tutkimuskeskus, jonka tehtävänä on Turvallisuustutkintalain (525/2011) mukaan tutkia kaikki suuronnettomuudet ja suuronnettomuuden vaaratilanteet riippumatta niiden laadusta sekä ilmailu-, raideliikenne- ja vesiliikenneonnettomuudet ja niiden vaaratilanteet. (Onnettomuustutkintakeskus:n www-sivut 2016)

Onnettomuustutkintakeskus tutkii onnettomuuksiin ja vaaratilanteisiin liittyvien tapahtumien kulun, syyt ja seuraukset sekä viranomaisten toimesta tehdyt pelastustoimet. Onnettomuuteen tai vaaratilanteeseen johtaneen suoran syyn lisäksi tutkinnassa pyritään selvittämään muita tapahtumaan vaikuttaneita tekijöitä, joita voi löytyä esimerkiksi organisaatiosta, ohjeistuksesta tai työtavoista. Tutkinnassa selvitetään onko turvallisuus otettu huomioon onnettomuuteen johtaneessa toiminnassa sekä onnettomuuden tai vaaran aiheuttajina tai kohteina olleiden rakenteiden ja laitteiden suunnittelussa, valmistuksessa, rakennuksessa ja käytössä. Lisäksi Onnettomuustutkintakeskus tutkii onko johtamis-, valvonta- ja tarkastustoiminta ollut riittävää ja asianmukaista. Tarvittaessa tutkimuksessa selvitetään myös mahdolliset puutteet turvallisuutta ja viranomaisten toimintaa koskevissa määräyksissä ja säännöksissä. Onnettomuustutkintakeskus ei yleensä tutki tahallisesti aiheutettuja tai rikoksen aiheuttamia onnettomuuksia. (Onnettomuustutkintakeskus:n www-sivut 2016)

Onnettomuustutkintakeskuksen tekemien turvallisuustutkimuksien tarkoituksena on yleisen turvallisuuden lisääminen sekä onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäiseminen ja niistä aiheutuvien vahinkojen torjuminen. Turvallisuustutkinnan lopuksi kirjoitetaan tutkintaselostus, jonka lopussa on viranomaisille ja muille tahoille osoitettuja turvallisuussuosituksia, joiden toteutumista Onnettomuustutkintakeskus seu-

raa. Turvallisuussuositukset kuvastavat Onnettomuustutkintakeskuksen tutkijoiden käsitystä siitä, miten samankaltaiset onnettomuudet voitaisiin jatkossa välttää.

(Onnettomuustutkintakeskus:n www-sivut 2016)

4.2. Suunnittelu

Konehuoneen suunnittelu prosessi etenee vaiheittain. Jokaisen suunnittelu vaiheen aikana joudutaan tekemään paloturvallisuuden kannalta merkittäviä päätöksiä. Suunnittelun tavoitteena on toimiva ja mahdollisimman turvallinen konehuone, joka sisältää kaikki tarvittavat laitteistot sekä täyttää annetut määräykset. Suunniteltaessa konehuonetta on tärkeää tiedostaa konehuonetta uhkaavat riskit. Vaikka suunnittelijoilla on käytettävissään kaikki paloturvallisuuteen liittyvä alan tietous, on kaikkien paloriskien tunnistaminen suunnittelun aikana hyvin vaikeaa. Hyvällä suunnittelulla voidaan kuitenkin vähentää konehuonepalojen määrää. (Nurmi & Häkkinen 1996, 28)

Konehuonepalojen ennaltaehkäisyn kannalta suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakenteellisia ja ihmisen toimintaan liittyviä seikkoja. Rakenteellisia seikkoja ovat esimerkiksi materiaalit ja laitteiden sijoittelu. Suunnittelua voidaan pitää onnistuneena konehuonepalojen ennaltaehkäisyn kannalta, kun seuraavat seikat toteutuvat (Nurmi & Häkkinen 1996, 28) :

- Ihmisen virhetoiminta ei johda tulipalon syttymiseen.
- Konehuone on helposti puhtaana pidettävä.
- Huoltotoimenpiteet eivät lisää paloriskiä.
- Vaurio, öljyvuoto tai muu seikka ei johda tulipalon syttymiseen.

Muun Muassa tiukoista aikatauluista ja ristikkäisistä kriteereistä johtuen konehuoneiden suunnittelussa tapahtuu virheitä. Konehuonepalojen syttymiseen johtaneet suunnitteluvirheet ovat helpoiten osoitettavissa tulipalon jälkeen. Konehuonepaloista kertovat onnettomuustutkintaraportit sisältävät monesti suosituksia suunnittelijoille, rakentajille ja konehuoneessa työskenteleville ihmisille. Suositusten tarkoituksena on

auttaa välttämään vastaavat tapahtumat ja virheet jatkossa. Konehuoneessa tapahtuvat tulipalot ovat kuitenkin lukuisten tekijöiden summa, joten onnettomuustutkintareporttien suositusten täyttäminen ei välttämättä tee konehuoneesta täysin paloturvallista. (Nurmi & Häkkinen 1996, 29)

4.2.1. Riskianalyysi

Riskianalyysin avulla selvitetään suunniteltavan konehuoneen paloturvallisuutta koskevat riskit ja niiden vakavuus, hyödyntämällä tietoja tunnetuista konehuoneepaloista. Esimerkiksi palavan materiaalin eli palokuorman ja mahdollisten sytytyslähteiden nimeäminen on yksi riskianalyysin tavoitteista. Riskianalyysin avulla voidaan vertailla konehuoneen eri vaihtoehtoja ja siten tehdä oikeita ratkaisuja muun muassa konehuoneepalojen ennaltaehkäisyksi. Riskianalyysiä voidaan hyödyntää esimerkiksi mietittäessä laitteiston kahdentamista. Laitteiston kahdentaminen varmistaa sähkön tuotannon ja helpottaa tulipalon hallintaa, mutta samalla se kasvattaa konehuoneepalon syttymistodennäköisyyttä. Käyttämällä riskianalyysiä voidaan määrittää onko laitteiden kahdentamisesta enemmän hyötyä vai haittaa asetettujen kriteerien saavuttamiseksi. (Nurmi & Häkkinen 1996, 2-5)

Yksinkertaisimmillaan riskejä voidaan arvioida matemaattisesti käyttämällä kaavaa (Paloturvallisuussuunnittelu 2003, 15) :

$$R = P \cdot C$$

R = Riski

P = Tapahtuman todennäköisyys

C = Seuraukset

Kaavan avulla voidaan arvioida riskien suuruuksia, tapahtuman todennäköisyyden ja seurauksien perusteella. Tapahtumat, joiden todennäköisyys on suuri ja seuraukset

vakavat, luovat suurimman riskin ja ne tulisi ehdottomasti välttää. (Paloturvallisuussunnittelu 2003, 15 -18)

4.2.2. Materiaalit ja rakenteet

Yleisin konehuoneessa palava materiaali on syttyvä neste. Tilastollisesti yli puolet konehuonepalojen syttymisistä johtuu polttoaineen tai muun öljyn vuotamisesta kuumalle pinnalle. Valtaosa konehuoneessa käytettävistä materiaaleista on palamattomia konehuonepalojen ehkäisemiseksi. SOLAS :ssa määritetään vaatimuksia muun muassa konehuoneen rakenteissa käytettäville materiaaleille, läpivienneille, pintamateriaaleille, eristeille, kaapeleille sekä vesitäytteisille muoviputkille. Käytännössä konehuoneen palokuorma muodostuu syttyvien nesteiden lisäksi kaapelien eriste- ja vaippamateriaaleista sekä pienistä määristä eristeitä ja pinnoitteita. Tulipalon riskiä nostavat myös esimerkiksi konehuoneessa säilytettävät pahvilaatikot ja muu palava materiaali. (Rämö 1996, 1)

Laivan rakenteelliset osat, kuten laipiot, koneperustat, turkit ja huoltotasot, ovat luokituskäytösten vaatimuksesta pääasiassa terästä. Terästä käytetään rakenteissa lujuutensa ja lämmönkestokykynsä vuoksi. Teräs säilyttää lujuutensa ja kantaa kuorman vielä noin 500 °C :n lämpötilassa, kun esimerkiksi alumiini menettää lujuutensa reilussa 200 °C :ssa. Konehuoneen rakenteella ja rakenteellisten osien materiaaleilla pyritään pääasiallisesti estämään tulipalon leviäminen ja varmistamaan laivan vesitiiviys sekä lujuuden säilyminen tulipalotilanteissa. Rakenteella ja rakenteiden materiaaleilla voidaan kuitenkin auttaa konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä. Rakenteiden avulla voidaan esimerkiksi eristää palokuorma ja sytytyslähde toisistaan.

(Varoma, Häkkinen & Vesanen 1996)

Valtaosan konehuonepaloista sytyttävän öljyn, pääseminen kuumille pinnoille voidaan estää esimerkiksi koteloinneilla sekä käyttämällä suojasermejä tai suojakankaita. SOLAS:ssa määritetään, että konehuoneen pinnat, jotka ovat kuumempia kuin 220 °C, on eristettävä tai muuten suojattava. Konehuoneessa käytettävien suojaser-

mien pääasiallisena tarkoituksena on estää suihkuavien öljyvuotojen leviäminen. Suojasermien tulee täyttää IMO:n asettamat palamattomuus vaatimukset ja niiden täytyy olla öljyä imemättömiä sekä helposti puhdistettavia. Materiaaleina suojasermieissä voi toimia esimerkiksi ohut keraaminen levy tai lentokoneista tunnettu kerroslevy, jonka pinta on lasikuitulujitettua fenolihartsia ja sisäosa hunajakennorakenteista aramidia. Aramidikuidut kestävät erittäin hyvin kuumuutta ja siksi niitä käytetään nykyisin esimerkiksi palopuvuissa. Jotta materiaalin valinta onnistuu, valitsijalta vaaditaan ajankohtaista tietoa saatavilla olevista materiaaleista sekä asintatuntemusta käyttöympäristön vaatimuksista. (Rämö 1996, 1-21)

Hyvä, halpa ja kätevä tapa suojata konehuoneessa olevat putket, kaapelit ja eristeet on suojakankaan käyttäminen. Suojakankaiden tarkoituksena konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä on muun muassa estää öljyn roiskuminen kuumille pinnoille sekä suojata kaapeleita ja eristeitä. Suojakankaiden tulee täyttää IMO:n asettamat palamattomuus vaatimukset. Suojakankaiksi soveltuvia kankaita ovat esimerkiksi keraamiset kankaat, kvartsikuitukankaat sekä erikoiskäsitellyt lasikuitukankaat. Epäpuhtaudet ja roiskeet vaikuttavat merkittävästi pinnoittamattomien kankaiden palo-ominaisuuksiin. Roiskeista ja epäpuhtauksista johtuen suojakankaat täytyy usein pinnoittaa. Pinnoite estää lian tarttumisen kankaaseen. Yleensä pinnoite heikentää kankaiden kuumuuden kestoa. Suositut tapoja pinnoittaa konehuoneissa käytettävä lasikuitukangas on aluminisointi, silikonit ja maalaus. Pinnoittamattoman lasikuitukankaan lämmönkeston yläraja on noin 500 °C :sta. Aluminisoidun tai silikonilla pinnoitetun suojakankaan lämmönsiedon yläraja on noin 300 °C :sta. Maalilla pinnoitettujen kankaiden lämmönsieto riippuu käytetyn maalin laadusta. (Rämö 1991, 20)

Seuraavalla sivulla, kuvassa 5., näkyy m/s Suojan ruusun pakoputket, joita suojaa aluminisoitu suojakangas.



KUVA 5. ALUMINISOITU SUOJAKANGAS.

4.2.3. Laitteiden sijoittelu

Konehuoneissa on, laivan käyttötarkoituksesta ja koosta riippuen, useita laitteita, jotka voivat aiheuttaa tulipalon syttymisen. Laitteiden sijoittelulla voidaan parantaa konehuoneen paloturvallisuutta merkittävästi. Tekniikan kehittyessä ja esimerkiksi dieselsähköisten propulsiojärjestelmien yleistyessä konehuoneen laitteiden sijoittelulle on entistä enemmän vaihtoehtoja. Kuitenkin edelleen laitteiden sijoittelua rajoittaa konehuoneiden ahtaus. Laitteiden sijoittelua suunniteltaessa on hyvä käyttää riskianalyysia, sillä yksittäisen laitteen sijoittaminen vaihtoehtoiseen, paloturvalliseen paikkaan, voi kasvattaa tulipalon syttymistodennäköisyyttä toisaalla. Riskianalyysin avulla pystytään selvittämään minkälaisen sijoittelun avulla saavutetaan asetetut kriteerit ja haluttu paloturvallisuus. Kuten laivan rakenteen, niin myös laitteiden sijoittelun pääasiallisena tarkoituksena on varmistaa koneiston toimiminen niin normaaleis-

sa olosuhteissa kuin tulipalotilanteissakin. Laitteiden sijoittelulla voidaan kuitenkin auttaa myös tulipalojen ennaltaehkäisyssä. (Varoma ym. 1996, 1-106)

Konehuonepalojen ennaltaehkäisyä ajatellessa laitteiden sijoittelun onnistumiselle voidaan asettaa samoja tavoitteita, kuin kohdassa 4.2. Suunnittelu, asetettiin konehuoneen kokonaisuuden suunnittelulle. Tulipalojen ennaltaehkäisyn kannalta laitteiden sijoittelu on onnistunut kun (Nurmi & Häkkinen 1996, 12-13) :

- Vuodot ovat helposti havaittavissa.
- Konehuone on helposti puhtaana pidettävä.
- Valuva tai suihkuava syttyvä neste ei osu kuumaan pintaan.
- Moottorista putoava tai sinkoava osa ei osu paloarkaan kohteeseen.
- Huoltotyöt ja korjaukset eivät kasvata paloriskiä.
- Sähkölaite ei aiheuta tulipaloa.

Konehuoneiden ahtaudesta ja käytännön syistä johtuen, kaikkia konehuonepaloja aiheuttavia laitteita, ei voida sijoittaa paloturvallisuuden kannalta optimaaliseen paikkaan, tai eristää täysin palavista aineista. Edeltävien tavoitteiden saavuttamiseksi on mietittävä esimerkiksi dieselkoneiden, polttoaineputkien ja -koneikkojen, generaattoreiden sekä voiteluöljylaitteiden sijoittelua. Tulipalojen ennaltaehkäisyn kannalta merkittävimpiä sijoitteluteknisiä keinoja ovat keinot, joilla pystytään erottamaan syttyvät nesteet kuumista pinnoista. Polttoaineen, tai muun syttyvän nesteen, roiskumista kuumille pinnoille voidaan välttää tai sitä voidaan vähentää esimerkiksi sijoittamalla dieselkoneet eripuolille vaihdetta siten, että koneiden turboahtimet tulevat vastakkain ja polttoainelinjat eri puolille kuin pakosarjat. Ideana sijoittelussa on viedä syttyvä polttoaine mahdollisimman kauas syttymistä aiheuttavista kuumista pinnoista. Polttoaineputket tulisi sijoittaa siten, että niistä vuotava polttoaine ei osu kuumaan pintaan ja mahdolliset vuodot ovat helposti havaittavissa. Ihmisen konehuoneessa toimimista helpottavat sijoittelutekniset keinot ovat tärkeitä konehuonepalojen ennaltaehkäisyksi. Laitteiden sijoittelulla voidaan muun muassa helpottaa järjestelmän valvomista ja eri laitteiden huoltamista. (Nurmi & Häkkinen 1996, 12-27)

4.3. Ihminen konehuoneessa

Konehuoneessa työskentelevän henkilökunnan tehtävänä on varmistaa laivan koneiston toimiminen. Vastuun koneiston toiminnasta ja konehuoneen työturvallisuudesta kantaa laivan konepäällikkö. Tilastollisesti, valtaosa konehuoneen tulipaloista johtuu inhimillisen tekijän vaikutuksesta. Yleensä inhimillisenä tekijänä toimii jonkinasteinen huolimattomuus. Konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi henkilökunnan on huomioitava ja korjattava konehuoneen paloturvallisuutta vaarantavat tekijät ja puutteet. Koska valtaosa konehuonepaloista saa alkunsa syttyvän nesteen vuotamisesta tai roiskumisesta kuumalle pinnalle, on erityisen tärkeää, että konehuoneen henkilökunta huolehtii konehuoneen siisteydestä ja tarvittavista huolloista sekä eristää tai peittää syttymistä aiheuttavat kuumat pinnat. (Häkkinen 1996, 1-9)

The Swedish Club -yhtiö uskoo, että konehuonepalot voidaan ennaltaehkäistä henkilökunnan toimesta suoritettavan huolellisen tarkkailun ja asianmukaisten huoltojen avulla. Yhtiö ohjeistaa pitämään huolta konehuoneen siisteydestä, tarkistamaan putket ja putkiliitokset vuotojen varalta, varmistamaan, että kuumat pinnat on eristetty tai muuten suojattu sekä suorittamaan kaikki huollot ja korjaukset huolellisesti ja asianmukaisesti. Yhtiö on julkaissut konehuoneiden henkilökunnan avuksi erilaisia check-listoja, joiden tarkoituksena on muun muassa auttaa konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä. (The Swedish Club www-sivu 2016) Konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi The Swedish Club:n tekemä check-lista on seuraavanlainen (The Swedish Club 2016) :

Varmista, että:

1. Laivan konehuonetiloissa ei ole vaaraa aiheuttavia öljy vuotoja;
2. konehuonetilojen puhtaus on korkealla tasolla;
3. putket ja kalusto ovat hyväkuntoisia;
4. putkille ja kalustolle tehdyt korjaukset ovat kestäviä;
5. kaikki korkeapaine polttoaineputket on suojattu asianmukaisesti;

6. kaikki kuumat pinnat on lämpöeristetty;
7. kaikki helposti syttyvät aineet on varastoitu niille tarkoitettuihin paikkoihin;
8. pikasulkuventtiilit toimivat;
9. palopellit toimivat;
10. sähkölaitteiden kontaktorit ja kytkennät ovat hyväkuntoisia;
11. konehuoneen palohälyttimet toimivat ja miehistö osaa toimia oikein hätätilanteissa.

Norjalainen vakuutusyhtiö Gard arvioi, että konehuonepalon riski on suurimmillaan huoltojen aikana ja heti niiden jälkeen. Gard:n mukaan huoltojen aikana tulipaloris-kiä ei tunnusteta riittävän nopeasti ja joskus riskejä aliarvioidaan tehtävän huoltotyön yksinkertaisuudesta johtuen. Riskien aliarvioiminen johtaa siihen, että tarvittavia va- rotoimia ei noudateta huollon aikana tai sen jälkeen. Laiminlyötyviä varotoimia ovat esimerkiksi tulityöluvat sekä palovahti tulitöiden aikana ja niiden jälkeen. (Gard AS 2012)

Konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä Gard korostaa varustamojen sekä laivojen miehistöjen merkitystä. Yhtiön ohjeet konehuoneen henkilökunnalle ovat hyvin sa- mantyyllisiä, kuin The Swedish Clubi:n ohjeet. Konehuoneiden siisteydestä on pidet- tävä huolta, huollot ja korjaukset on tehtävä asianmukaisesti ja kuumat pinnat on eristettävä. Gard korostaa kuumien pintojen tunnistamisen ja suojaamisen merkitystä. Miehistön tulisi tarkistaa kuumia pintoja suojaavien eristeiden ja kankaiden kunto säännöllisesti sekä aktiivisesti etsiä aikaisemmin huomaamatta jääneitä kuumia pin- toja. Yhtiö mainitsee kuumien pintojen tunnistamisen keinoiksi konehuoneen lämpö- kuvaukset sekä laserlämpömittareiden käytön. Konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä tärkeintä kuitenkin on osaava miehistö, joka tunnistaa paloriskit, ymmärtää kone- huonepalojen seuraukset ja pystyy omilla toimillaan auttamaan konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä. (Gard AS 2012)

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn alussa asetettiin tavoitteeksi löytää keinoja konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi hyödyntämällä konehuonepaloista tehtyjä raportteja, tilastoja ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Työssä keskityttiin ainoastaan konehuonepalojen ennaltaehkäisyyn, koska valtaosa aikaisemmin tehdyistä konehuoneiden paloturvallisuutta koskevista tutkimuksista käsittelee pääasiassa tulipalon sammutukseen liittyviä säädöksiä, laitteita ja toimenpiteitä. Konehuonepalojen ennaltaehkäisy on jäänyt monissa tutkimuksissa vähälle huomiolla, vaikka esimerkiksi vakuutusyhtiöt korostavat tulipalojen ennaltaehkäisyn merkitystä.

Tutkimusta tehdessä selvisi, että konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi tehdään töitä usealla tasolla. Merkittävä osa tulipalojen ennaltaehkäisyä on riskien tunnistaminen. Riskien tunnistamiseksi, on tärkeää ymmärtää palamisen ja syttymisen vaatimia edellytyksiä. Riskien tunnistamisen helpottamiseksi työssä käsiteltiin palofysiikka. Toinen merkittävä osa riskien tunnistamisessa on aikaisemmin tapahtuneista tulipaloista saatu tieto. Palofysiikan ymmärtäminen ja aikaisemmista tulipaloista saatu tieto luovat pohjan konehuonepalojen ennaltaehkäisylle. Kun ymmärretään konehuonepaloihin johtavat syyt, konehuonepaloja voidaan ennaltaehkäistä tarkentamalla paloturvallisuutta koskevia säädöksiä, suunnittelemalla entistä paloturvallisempia konehuoneita, laitteita ja materiaaleja sekä kehittämällä ihmisten toimintatapoja konehuoneissa.

Konehuoneiden paloturvallisuutta on tutkittu melko paljon ja konehuonepaloista tehtyjä onnettomuustutkintaraportteja löytyy valtava määrä. Lähdemateriaalin määrän niukkuus ei siis muodostunut ongelmaksi tutkimuksen aikana. Lähdemateriaalin löytyminen olikin erittäin tärkeää, koska tutkimuksen tavoitteena ei ollut kehittää uusia tapoja konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi, vaan selvittää olemassa olevan aineiston avulla konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi käytössä olevia menetelmiä. Löytynyt lähdemateriaali oli osittain melko vanhaa. Konehuonepaloista kertovien tilastojen tiedot oli kerätty pääasiassa 1990-luvulla. Konehuoneet eivät kuitenkaan

ole muuttuneet ratkaisevasti käytettyjen tilastojen valmistumisen jälkeen, joten en näe tilastojen käytössä ongelmaa. Myös The Swedish Club:n ja Gard:n www-sivuilta löytyneiden ajankohtaisten tietojen ja ohjeiden perusteella voidaan sanoa, että konehuonepalojen syttymiset johtuvat edelleen pitkälti samoista syistä kuin 1990-luvulla.

Työssä päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Työssä tutustuttiin palofysiikkaan ja opittiin ymmärtämään palamisen ja syttymisen vaatimia edellytyksiä. Konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi löytyi lainsäätäjien, suunnittelijoiden ja konehuoneen henkilökunnan käytössä olevia keinoja. Mielestäni konehuoneiden paloturvallisuutta ja palojen ennaltaehkäisyä koskevat säädökset sekä konehuoneiden suunnittelu, mahdollistavat nykyisellään konehuonepalojen määrän vähentämisen. Myös konehuoneessa työskenteleville ihmisille tarkoitetut ohjeet varmasti auttavat konehuonepalojen ennaltaehkäisyssä, jos niitä noudatetaan. Uskon, että tulevaisuudessa, merenkulun turvallisuuden merkityksen aina vain korostuessa, varustamot panostavat entistä enemmän konehuonepalojen ennaltaehkäisyyn ja vaativat työntekijöitään kiinnittämään enemmän huomiota paloturvallisuuteen. Olen tyytyväinen työn tuloksiin ja omaan oppimiseen työn aikana. Työn tekeminen on saanut minut ajattelemaan konehuoneen paloturvallisuutta uudella tavalla.

Tässä työssä pyrittiin selvittämään konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi käytössä olevia keinoja. Konehuonepalojen ennaltaehkäisyn tutkimista voidaan, jatkaa rajaamalla aihetta tarkemmin. Tulevissa tutkimuksissa voitaisiin tutkia tarkemmin esimerkiksi konehuoneen suunnittelussa käytettäviä keinoja konehuonepalojen ennaltaehkäisemiseksi.

LÄHTEET

- Palo- ja pelastussanasto TSK. 2006. Tulipalo. Viitattu 15.9.2015. <http://www.tsk.fi/cgi-bin/netmot.exe?UI=figr&height=161&qfind=tulipalo>
- Hyttinen, V., Tolonen, P., & Väisänen T. 2012. Palofysiikka. 6. painos. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.
- Palo- ja pelastussanasto TSK. 2006. Palaminen. Viitattu 15.9.2015. <http://www.tsk.fi/cgi-bin/netmot.exe?UI=figr&height=161&qfind=palaminen>
- Palo- ja pelastussanasto TSK. 2006. Hehkuenpalaminen. Viitattu 15.9.2015. <http://www.tsk.fi/cgi-bin/netmot.exe?UI=figr&qfind=hehkuenpalaminen>
- Palo- ja pelastussanasto TSK. 2006. Syttymislämpötila. Viitattu 18.9.2015. <http://www.tsk.fi/cgi-bin/netmot.exe?UI=figr&qfind=syttymislämpötila>
- Palo- ja pelastussanasto TSK. 2006. Syttyvä neste. Viitattu 22.9.2015 <http://www.tsk.fi/cgi-bin/netmot.exe?UI=figr&qfind=syttävä+neste>
- Palo- ja pelastussanasto TSK. 2006. Itsesytyminen. Viitattu 1.10.2015. <http://www.tsk.fi/cgi-bin/netmot.exe?UI=figr&qfind=itsesytyminen>
- Det Norske Veritas. 2000. Engine room fires can be avoided. Viitattu 16.10.2015. <https://exchange.dnv.com/Documentation/Maritime/FireSafety/FIRE%20mappe%202.qxd.pdf>
- Tuomisaari, M. 1996. Konehuoneen sammutus- ja palonilmaisujärjestelmät. Espoo: Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Viitattu 16.10.2015. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1794.pdf>
- Häkkinen, P. 1996. Paloturvallinen konehuone. Ihminen konehuoneessa. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Laivalaboratorio.
- The Swedish Club. 1996. Engine room fire - how to avoid the unnecessary. Viitattu 10.11.2015. http://www.swedishclub.com/upload/Loss_Prev_Docs/Fire/Engine_-_room_fire_article_TSCL_2-1996.pdf
- European Maritime Safety Agency. 2013. MT Mississippi Star - Fire in the engine room, resulting in one fatality. Viitattu 18.10.2015 <http://emsa.europa.eu/marine-casualties-a-incidents/casualties-involving-ships/fire-or-explosion.html>
- European Maritime Safety Agency:n www-sivut 2015. Viitattu 26.10.2015. <http://www.emsa.europa.eu>
- SOLAS. 2004. Lontoo: International Maritime Organization.

Nurmi, T. & Häkkinen, P. 1996. Paloturvallinen konehuone. Riskianalyysi. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Laivalaboratorio.

IMO:n www-sivut. 2015. Viitattu 15.11.2015. <http://www.imo.org>

Trafi:n www-sivut. 2015. Viitattu 21.11.2015. <http://www.trafi.fi>

International Maritime Organization IMO. 2015. History of SOLAS fire protection requirements. Viitattu 1.12.2015. <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ReferencesAndArchives/HistoryofSOLAS/Documents/History%20of%20SOLAS%20fire%20protection%20requirements.pdf>

2010 FTP Code. 2012. Lontoo: International Maritime Organization.

FSS Code. 2007. Lontoo: International Maritime Organization.

EU:n www-sivut. 2016. Viitattu 4.1.2016. <http://europa.eu>

EMSA:n www-sivut. 2016. Viitattu 5.1.2016. <http://emsa.europa.eu>

Liikenne- ja viestintäministeriön www-sivut. 2016. Viitattu 8.1.2016. <http://www.lvm.fi>

Trafi:n www-sivut. 2016. Viitattu 8.1.2016. <http://www.trafi.fi>

Onnettomuustutkintakeskus:n www-sivu. 2016. Viitattu 8.1.2016. <http://www.turvalisuustutkinta.fi>

Nurmi, T. & Häkkinen, P. 1996. Paloturvallinen konehuone. Konehuonekonsepti. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Laivalaboratorio.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. 2003 Paloturvallisuussuunnittelu. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

Rämö, J. 1996. Paloturvallinen konehuone. Konehuoneen materiaalit. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Laivalaboratorio.

Varoma, M., Häkkinen, P. & Vesänen, J. 1996. Paloturvallinen konehuone. Laitteet ja rakenteet. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Laivalaboratorio.

The Swedish Club:n www-sivu. 2016. Viitattu 15.1.2016. <http://www.swedishclub.com>

The Swedish Club. 2016. Engine Room Fire Prevention Check List. Viitattu 18.1.2016. http://www.swedishclub.com/upload/Loss_Prev_Docs/Fire/Engine_Room_Fire_Prevention.pdf

Gard AS. 2012. Fire prevention in engine rooms. Viitattu 19.1.2016. <http://www.gard.no/Content/20651289/Gard%20LPC%20Fire%20prevention%20in%20engine%20rooms.pdf>

