



Vesa Koskinen

# Turvajärjestelmien palonkestävät johtojärjestelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

3.5.2022

# Tiivistelmä

Tekijä: Vesa Koskinen  
Otsikko: Turvajärjestelmien palonkestävät johtojärjestelmät  
Sivumäärä: 38 sivua  
Aika: 3.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Tapio Kallasjoki

---

Insinöörityössä tutkittiin palonkestävien johtojärjestelmien sekä yleisimpien palon aikana toimiviksi tarkoitettujen turvajärjestelmien vaatimuksia ja asennustapoja lakien, standardien ja asennusohjeiden perusteella. Työn tavoitteena oli koota kyseisistä järjestelmistä kattava ohjeistus, jonka avulla voidaan tehdä palonkestävien sähköasennuksien suunnittelua ja asennuksia.

Insinöörityössä on käyty läpi palonkestävään johtojärjestelmään kuuluva osakokonaisuus kerrallaan ja jokaisesta osiosta kerättiin tietoja ja ohjeita, jotka on hyvä ottaa huomioon suunnittelussa ja asennuksissa. Palon aikana toimiviksi tarkoitettuja turvajärjestelmistä on kerrottu yleisesti sekä vaatimuksista palon aikaiseen toimintaan liittyen.

Työn aikana havaittiin, että palonkestävien johtojärjestelmien ja turvajärjestelmien vaatimuksia ja ohjeita löytyy lukuisista eri lähteistä, joten näiden tietojen kasaaminen kootusti yhteen olisi tarpeellista.

Avainsanat: palonkestävä, johtojärjestelmä, turvajärjestelmä, sähkösuunnittelu, sähköasennus

## Abstract

Author: Vesa Koskinen  
Title: Fire-resistant Wiring System on Safety Systems  
Number of Pages: 38 pages  
Date: 3 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Electrical Power Engineering  
Supervisors: Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer

---

In this thesis work, the requirements and installation methods of fire-resistant wiring systems and the most common safety systems intended to operate during a fire were studied on the basis of laws, standards and installation instructions. The objective was to compile a comprehensive instruction on these systems for the design and installation of fire-resistant electrical installations.

The thesis covers each subset of the fire-resistant wiring system one at a time. Information and instructions, as well as matters that should be taken into account in the design and installations were collected concerning each section. Safety systems intended to operate during a fire, as well as requirements related to operations during a fire, have been described in general.

As result during the thesis work, it was discovered that the requirements and guidelines for fire-resistant wiring systems and safety systems are found in numerous sources. It would be necessary to collect this information into one place.

Keywords: Fire-resistant, Wiring system, Safety system, Electrical design, Electrical installation

# Sisällys

## Lyhenteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | Lait, asetukset, määräykset, standardit ja ohjeet   | 2  |
| 3     | Rakennusten paloturvallisuus                        | 3  |
| 3.1   | Rakennusten paloluokat                              | 3  |
| 3.2   | Palo-osastot  | 4  |
| 3.3   | Rakennusosien paloluokat                            | 5  |
| 3.4   | Rakennusmateriaalit ja tarvikkeet                   | 6  |
| 4     | Palonkestävät johtojärjestelmät                     | 7  |
| 4.1   | Kaapelit  | 8  |
| 4.1.1 | Kaapeleiden paloluokat                              | 11 |
| 4.1.2 | Kaapeleiden palokuormat                             | 13 |
| 4.2   | Kaapelihyllyt                                       | 14 |
| 4.3   | Asennustarvikkeet                                   | 16 |
| 4.4   | Läpiviennit   | 19 |
| 4.5   | Keskukset   | 20 |
| 4.6   | Merkintä ja dokumentointi                           | 21 |
| 5     | Palon aikana toimivat turvajärjestelmät             | 22 |
| 5.1   | Turvajärjestelmien piirit ja sähköiset tehonlähteet | 23 |
| 5.2   | Paloilmoitinjärjestelmä                             | 25 |
| 5.3   | Turvavalaistusjärjestelmä                           | 25 |
| 5.4   | Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä       | 27 |
| 5.5   | Savunhallintajärjestelmä                            | 29 |
| 5.6   | Sammutuslaitteistot                                 | 29 |
| 6     | Asennustavat  | 30 |
| 6.1   | Kaapeleiden asennus                                 | 31 |
| 6.2   | Kaapelihyllyjen asennus                             | 33 |
| 6.3   | Roiloasennus  | 33 |
| 6.4   | Uppoasennus palamattomaan rakenteeseen              | 34 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 6.5 | Asennus rakennusteknisen palosuojauksen avulla | 34 |
| 7   | Yhteenveto                                     | 35 |
|     | Lähteet  | 37 |

## Lyhenteet

CPR: Construction Product Regulation. EU:n rakennustuoteasetus.

DIN 4102: Saksalaisen standardin mukainen palonkestävyydesti.

ETA: European technical assesment. Eurooppalainen tekninen arviointi.

FRHF: Fire Resistant Halogen Free. Merkintä, joka ilmoittaa kaapelin olevan palonkestävä ja halogeeniton.

IEC: International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.

Tukes: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.

SFS: Suomen Standardisoimisliitto.

## 1 Johdanto

Rakennusten paloturvallisuuteen on viime vuosina kiinnitetty jatkuvasti enemmän huomiota, jotta voidaan taata rakennusten, henkilöiden, kiinteän omaisuuden sekä pelastushenkilöstön turvallisuus tulipalon sattuessa. Rakennusten paloturvallisuuden vaatimusten täyttämiseksi on säädetty useita eri lakeja, asetuksia ja standardeja sekä annettu ohjeistuksia suunnittelua ja rakentamista varten. Turvajärjestelmillä, joiden tarkoitus on toimia palon aikana, voidaan parantaa rakennusten käyttäjien henkilöturvallisuutta sekä turvata pelastushenkilöstön työskentelyä tulipalon aikana. Turvajärjestelmien palon aikainen riittävän pitkä toiminta voidaan varmistaa käyttämällä palonkestäviä johtojärjestelmiä.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tutkia palonkestävien johtojärjestelmien vaatimuksia ja toteutustapoja sekä käydä yleisesti läpi turvajärjestelmiä, joiden tarkoitus on toimia palon aikana. Palonkestävien johtojärjestelmien vaatimukset ja toteutustavat on julkaistu lukuisissa eri lähteissä, joten tähän insinööriyöhön on kasattu palonkestävien johtojärjestelmien eri vaatimuksia kootusti yhteen. Palonkestävien johtojärjestelmien suunnitteluun on syytä kiinnittää erityistä huomiota jo hankkeen alkuvaiheessa ja tätä insinööriyötä voidaankin käyttää apuna palonkestävien johtojärjestelmien sähkösuunnittelussa ja -asennuksissa.

Insinööriyön alussa käsitellään rakennusten paloturvallisuudelle ja palonkestäville johtojärjestelmille asetettuja vaatimuksia ja paloluokituksia. Työn keskivaiheilla käsitellään palonkestävän johtojärjestelmän kokonaisuutta osio kerrallaan, esimerkiksi kaapelit, kaapelireitit ja asennustarvikkeet. Palonkestäviä kaapeleita on käsitelty hieman laajemmin sekä pyritty havainnollistamaan palonkestävien ja tavallisten kaapeleiden välisiä eroja. Loppuosiossa on esitelty yleisesti palon aikana toimiviksi tarkoitettuja turvajärjestelmiä ja niiden vaatimuksia. Viimeiseen osioon on koottu palonkestävien johtojärjestelmien toteutustapoja.

## 2 Lait, asetukset, määräykset, standardit ja ohjeet

Suomessa rakentamisen yleisissä edellytyksissä, olennaisissa teknisissä vaatimuksissa, lupamenettelyssä ja viranomaisvalvonnassa noudatetaan maankäyttö- ja rakennuslakia 132/199. Rakennusten paloturvallisuus sisältyy maankäyttö- ja rakennuslain olennaisiin teknisiin vaatimuksiin. Rakentamisen yksityiskohtaisemmat säännökset ja ohjeet on koottu Ympäristöministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. [1.]

Rakennusmääräyskokoelman Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017 käsittelee ja määrittelee rakennusten paloturvallisuudelle asetettuja vaatimuksia. Asetus soveltuu uuden rakennuksen rakentamiseen sekä laajentamiseen, mutta asetusta voidaan soveltaa myös rakennusten korjaus- ja muutostöihin, mikäli rakennuksen paloturvallisuus ei heikkene korjaus- ja muutostöiden seurauksesta. [2, s. 1.]

Suomessa on noudatettava sähköasennuksissa useita eri lakeja, määräyksiä, asetuksia, standardeja sekä ohjeita, joilla varmistetaan sähkölaitteistojen ja -asennusten turvallisuus sekä vaatimustenmukaisuus. Sähköturvallisuusviranomainen (Tukes) ylläpitää noin kerran vuodessa päivitettävää luetteloa voimassa olevista sähköalan standardeista, joita noudattamalla täytetään sähkötyöturvallisuuden turvallisuusvaatimukset. Edilex vastaa Tukesin säädöstietopalvelun ylläpidosta, josta löytyvät sähköalaan liittyvät lait, valtioneuvoston asetukset ja ministeriöiden päätökset. [3, s. 24.]

Muita palonkestävien sähköasennuksien suunnittelussa ja asennuksessa hyödynnettäviä lakeja, määräyksiä, asetuksia, standardeja ja ohjeita ovat seuraavat:

- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016
- Pelastuslaki 379/2011
- Sisäministeriön asetus 1353/2018, uloskäytävien valaistus ja merkitseminen
- Sisäministeriön laki pelastustoimen laitteista 10/2007

- SFS 6000-1 standardin kohdat 5–52 ja 5–56
- ST 51.06 Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille
- ST 51.17 Sähkökaapelit ja paloturvallisuus
- ST 51.18.02 Sähköläpivientien paloeristäminen
- ST-käsikirja 39 Kaapelit ja paloturvallisuus.

### 3 Rakennusten paloturvallisuus

Rakennusten suunnittelussa on huolehdittava, että rakennus täyttää paloturvallisuudelle asetetut tekniset vaatimukset, joko noudattamalla Ympäristöministeriön asetusta paloturvallisuudesta 848/2017 tai suunnittelemalla ja rakentamalla oletettuun palokehitykseen perustuvia vaatimuksia ja menetelmiä noudattaen. [2, s. 3.]

#### 3.1 Rakennusten paloluokat

Rakennukset on jaettu neljään paloluokkaan P0, P1, P2 ja P3. Ympäristöministeriön asetuksen vaatimusten mukaan suunnitelluissa rakennuksissa on käytettävä paloluokkia P1, P2 ja P3 ja paloluokat määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella. Rakennus voi koostua eri paloluokituksen omaavista osista, mutta palon leviäminen täytyy estää osastosta toiseen palomuurilla. [2, s. 3.]

Paloluokkaa P0 on käytettävä, mikäli rakennus suunnitellaan joko suurelta osin tai kokonaan käyttämällä oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakennuksen suunnittelussa huomioidaan palon aikana oletettavasti tapahtuvat tilanteet ja muutokset. Paloturvallisuuden vaatimusten täytyminen todennetaan tapauskohtaisesti. Suunnittelumenetelmien on oltava sellaisia, joiden kelpoisuus on osoitettu. [2, s. 3.]

Paloluokkaan P1 kuuluvien yli 2-kerroksisten rakennusten ja sen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän tietyllä varmuudella sortumatta palossa. P1-luokan rakennusten kokoa sekä henkilömäärää ei ole rajoitettu, mutta rakennuksen

palo-osastojen palokuormaryhmät tulee määrittää käyttötarkoituksen perusteella tai erillisellä laskelmalla. Paloluokan P1 rakennuksia ovat esimerkiksi sairaalat ja kerrostalot. [2, s. 4–6.]

Paloluokan P2 rakennuksien kantavien rakennusten vaatimukset voivat olla matalammat kuin paloluokan P1 rakennusten, mutta riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi on asetettu vaatimuksia rakennuksen pintaosien ominaisuuksille ja käyttämällä paloturvallisuutta parantavia laitteita. P2-luokan rakennusten kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla saavutetaan riittävä turvallisuustaso käyttötarkoituksesta riippuen. Paloluokan P2 rakennuksia ovat esimerkiksi teollisuusrakennukset. [2, s. 4–6.]

Paloluokan P3 rakennuksien kantaville rakenteille ei ole asetettu erityisvaatimuksia palokestävyuden osalta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla varmistetaan riittävä turvallisuustaso. Paloluokan P3 rakennuksia ovat esimerkiksi omakoti- ja rivitalot. [2, s. 4–6.]

### 3.2 Palo-osastot

Palo-osastoinnilla pyritään estämään palon ja savun leviäminen rakennuksen muihin osastoihin, sekä turvallisen poistumisen takaamiseksi ja pelastustöiden helpottamiseksi. Yleensä rakennusten eri kerrosten palo-osastointi toteutetaan niin sanotusti kerrososastoimalla, eli rakennusten eri kerrokset ovat omia palo-osastojaan. Palo-osaston koon rajoittamisella voidaan myös ehkäistä suurien omaisuusvahinkojen aiheutuminen palon aikana. Ympäristöministeriön asetuksen 848/2017 §15 mukaisen taulukon mukaan rajoitetaan palo-osastojen kokoa tilojen käyttötarkoituksen mukaan. [2, s. 9.]

Eri palo-osastojen läpi kulkevien turvajärjestelmien johtojärjestelmät tulee rakentaa palonkestävästi. Tämä on otettava huomioon muun muassa kaapelireitien ja kaapeleiden asennuksessa. Lisäksi eri palo-osastojen välisien läpivientien palokatkoasennuksilla on suuri merkitys palon ja savun leviämisen estämisessä. [4, s. 19.]

### 3.3 Rakennusosien paloluokat

Osastoivan rakennusosien tulee olla rakennettu vaatimusten mukaisesti niin, että pystytään estämään palon leviäminen palo-osastosta toiseen tarvittavan ajan, esimerkiksi rakennuksesta poistumista tai pelastautumista varten. Rakennusosien merkinnät on jaettu neljään luokkaan:

- R = Kantavuus
- E = Tiiviys
- EI = Tiiviys ja eristävyys
- EI1 tai EI2 = Tiiviys ja eristävyys (ikkunat ja ovet, jotka voidaan avata avaimella, työkalulla tai vastaavalla, varatienä käytettävällä sallitaan avaus kiintopainikkeella). [4, s. 5.]

Mikäli rakennusosalta vaaditaan, että se on kantava, tiivis ja eristävä, voidaan merkintöjä yhdistellä ja käyttää merkintää REI. Merkintöjen R, REI, RE, E, EI yhteydessä ilmoitetaan rakennusosan palonkestävyysaika minuutteina luvulla, joita ovat 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 ja 240. Tällöin merkintä voi olla esimerkiksi muodossa EI 90, jolloin rakennusosa on tiivis ja eristävä sekä sen palonkestävyysaika on 90 minuuttia. Mikäli rakennusosalta vaaditaan lisäksi iskunkestävyyttä, niin merkintää voidaan täydentää tunnuksella M. [4, s. 5.]

### 3.4 Rakennusmateriaalit ja tarvikkeet

Rakennustarvikkeiden paloluokat on esitetty taulukossa 1. Lisäksi tarvikkeiden savuntuotolle on oma lisäluokitus s ja palavalle pisaroinnille lisäluokitus d. [4, s. 5.]

Taulukko 1. Rakennustarvikkeiden luokitukset [4, s. 5].

| <b>Pääluokat</b>  |   |
|-------------------|---|
| A1                | Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon                   |
| A2                | Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu     |
| B                 | Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu        |
| C                 | Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti                  |
| D                 | Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä         |
| E                 | Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä        |
| F                 | Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty                 |
| <b>Lisäluokat</b> |   |
| s1                | Savuntuotto on erittäin vähäistä                                    |
| s2                | Savuntuotto on vähäistä   |
| s3                | Savuntuotto ei täytä s1 tai s2 vaatimuksia                          |
| d0                | Palavia pisaroita tai osia ei esiinny                               |
| d1                | Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti                          |
| d2                | Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 tai d1 vaatimuksia |

Rakennusmateriaalit ja -tarvikkeet kuten kipsilevyt ja sisäkattomateriaalit eivät saa edistää palon leviämistä ja eivät saa sisältää aineita, jotka tuottavat tulipalossa poikkeuksellisella tavalla myrkyllisiä kaasuja ympäristöön. Rakennustarvikkeet ovat luokiteltu sen perusteella, millaiset ominaisuudet niillä on palon aikana, kuten palon leviämisessä, savun tai palavan pisaroinnin tuotossa. [4, s. 5.]

## 4 Palonkestävät johtojärjestelmät

Viime vuosina johtojärjestelmien ja kaapeleiden paloturvallisuuteen on kiinnitetty entistä enemmän huomiota ja standardeissa sekä ohjeissa on paljon uusia vaatimuksia palonkestävien johtojärjestelmien toteutukselle.

Johtojärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu kaapeleista ja osista, jotka kiinnittävät ja tarvittaessa suojaavat koteloinnilla kaapelit. Olennaista on, että koko järjestelmällä (kaapelit, rasiat, liittimet, kaapelihyllyt ja kiinnikkeet) varmistetaan sähkönsyötön jatkuminen palotilanteessa. [6, s. 56.]

Johtojärjestelmien paloriskiä sekä palokäyttäytymistä voidaan hillitä muun muassa sillä, että johtojärjestelmällä saavutetaan riittävä suojaustaso ennakkoon tiedossa olevien ulkoisten riskien huomioimisella. Lisäksi käyttämällä tuotteita, joilla on rakennuskohteeseen sopivat paloluokitukset ja jotka rajoittavat palon edistämistä. Palonkestävillä asennuksilla tulee taata rakennusten kriittisten toimintojen jatkuminen riittävän pitkään tulipalon aikana. [5, s. 234.]

Palo-osastojen sisäisissä johtojärjestelmissä on otettava huomioon, että asennukset eivät saa heikentää rakennuksen yleistä kestävyyttä tai paloturvallisuutta. Käyttämällä standardien vaatimukset täyttäviä kaapeleita ja asennustarvikkeita sekä sähköläpivientien oikealla toteutuksella rakennusten paloturvallisuus ei heikkene. Johtojärjestelmiä koskevat standardit ja testausmenetelmät on esitetty taulukossa 2. [5, s. 235.]

Taulukko 2. Johtojärjestelmiä koskevat standardit [6, s. 47].

| Standardi      | Kuvaus   |
|----------------|--|
| SFS-EN 50575   | Kaapeleiden palotekniset luokitukset   |
| SFS-EN 13501-6 | Palokäyttäytymisen suoritusluokat (euroluokat)                                 |
| EN 60332-1-2   | Yksittäisen kaapelin polttokoe   |
| EN 60332-3     | Nippuun asennettujen kaapeleiden polttokoe                                     |
| EN 61034       | Savutiheystesti  |
| EN 60754       | Savukaasujen johtavuus ja syövyttävyyys (halogeenipitoisuus)                   |
| EN 50200       | Palonaikaisen toimintakyvyn testi iskupoltolla, kaapelin halkaisija alle 20 mm |
| EN 50362       | Palonaikaisen toimintakyvyn testi iskupoltolla, kaapelin halkaisija yli 20 mm  |

Palonkestävässä johtojärjestelmässä koko järjestelmän täytyy olla toimintakykyinen palon aikana, joten tästä syystä kaikkien käytettyjen komponenttien (esim. kaapelit, kaapelihyllyt, jakorasiat ja kiinnitystarvikkeet) sekä asennustapojen tulee täyttää palonkestävyyden vaatimukset ja on noudatettava valmistajien omia asennusohjeita. Lisäksi palonkestävä johtojärjestelmä tulisi sijoittaa muiden asennusten yläpuolelle, jolloin palon aikana sen päälle ei romahda raskaita taakkoja, mikäli tämä ei ole mahdollista niin johtojärjestelmän kiinnitysten tulee kestää päälle putoava taakka. [5, s. 234; 6, s. 36; 7, s. 10.]

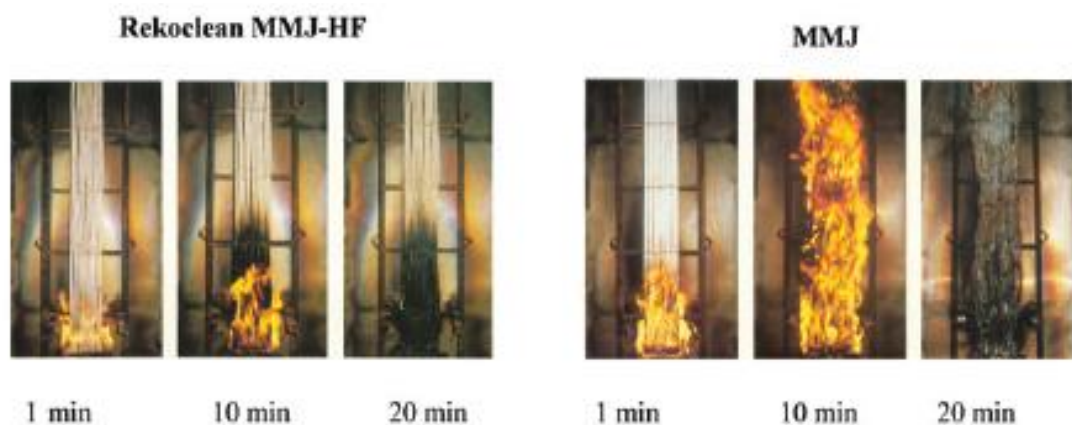
#### 4.1 Kaapelit

Kaapelit muodostavat merkittävän palokuorman rakennuksissa, joten niille on asetettu useita eri vaatimuksia palon aikaiseen käyttäytymiseen liittyen. Vaatimusten mukaiseen kaapelivalintaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Sähkötekniisten ominaisuuksien lisäksi kaapelilta voidaan vaatia parempia palonkesto ominaisuuksia. [6, s.123.]

Palonkestävien asennusten vaatimusten mukaisella kaapelien ja johtimien valinnalla voidaan rajoittaa palovaaran riskiä ja parantaa johtojärjestelmän

tulipalon aikaisen käyttäytymisen ominaisuuksia. Kyseisillä tuotteilla on alhaisempi savuntuotto, ne rajoittavat palon leviämistä ja niillä voidaan turvata rakennusten turvajärjestelmien toiminta palon aikana. [5, s. 234.]

PVC-sekoitteet (polyvinyylikloridi) ja PE-muovit (polyeteeni) ovat yleisiä tavallisten asennuskaapeleiden vaippamateriaalin muoveja, mutta nykyään useimmiten käytetyissä kaapeleissa on halogeenittomia ja täyteaineista sekoitettuja halogeenittomia muoveja (HFFR). Halogeenittomien kaapeleiden palaminen on huomattavasti hitaampaa kuin PVC- ja PE-kaapeleiden, eivätkä ne tuota niin paljon vaarallisia savukaasuja ympäristöön palaessaan. Kuvassa 1 on havainnollistettu halogeenittoman kaapelin ja tavallisen PVC-eristeisen kaapelin eroja nippupolttotestissä. [6, s. 38.]



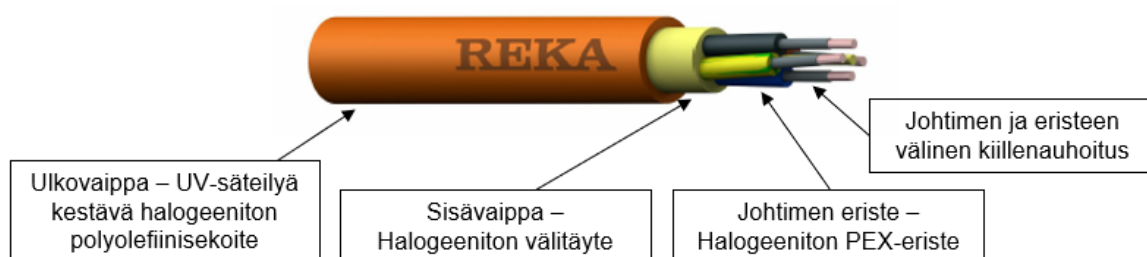
Kuva 1. Vasemmalla halogeeniton kaapelinippu ja oikealla PVC-eristeinen kaapelinippu nippupolttokokeessa [6, s. 43].

Monet palonkestävät kaapelit tunnetaan nimen liitteenä olevasta tunnuksesta ”FRHF”, jolla voidaan yhdellä tapaa ilmoittaa kaapelin olevan palonkestävä ja halogeeniton, mutta parempi tapa on viitata standardin palokäyttäytymisluokkiin ja toimivuuksikoihin palon aikana. Palonkestävät kaapelit ovat useimmiten punaisen tai oranssin värisiä, mutta tämä ei ole standardoitu päätös vaan enemmänkin kaapeleiden tunnistamista helpottava vakiintunut käytäntö. [6, s. 52.]

Palonkestäviä kaapeleita ei ole toistaiseksi luokiteltu EU:n rakennustuoteasetuksen 305/2011 (CPR) mukaisesti, mutta ne kuitenkin täyttävät standardien mukaiset polttokoestuksien vaatimukset, joita ovat yksittäispolttokoe (EN 603321-1 ja -2), nippupolttotesti (EN 60332-3), savukuutiopolttokoe (EN 61034) sekä turvakaapelipolttokoe (EN 50200 ja EN 50362). [6. s. 52; 7. s. 6.]

Palonkestävän kaapelin toimintakyvyn säilyminen perustuu siihen, että kuparijohtimen päälle on kierretty palamaton ja eristävä kiillenauhoitus, joka kestää noin 1000 °C:n lämpötilan, kun taas kuparijohtimien sulamispiste on 1100 °C. Kiillenauhoitus käytännössä estää johtimien välisen oikosulun. Palonkestävän ulkovaippa ei siis itsessään ole palamaton. Palonkestävissä kaapeleissa ei käytetä alumiinia johdinmateriaalina, koska sillä on huomattavasti alhaisempi sulamispiste (noin 660 °C) kuin kuparilla. [8, s. 6.]

Palonkestävien kaapeleiden toimintakyky heikkenee palon aikana, koska lämpötilan noustessa johtimien resistiivisyys kasvaa. Myös on huomioitava, että normaalissa käytössä jatkuva johtimien käyttölämpötila ei saa olla yli 90 °C, eikä oikosulun sattuessa lämpötila saa ylittää 250 °C:ta. Nämä asiat on syytä huomioida kaapeleiden kuormitusvirtojen määrittelyssä. [8, s. 6] Kuvassa 2 on esitetty Reka FlameRex -kaapelin rakenne.



Kuva 2. Reka FlameRex -kaapelin rakenne [9, s. 2].

Palonkestäviä kaapeleita käytetään turvaamaan esimerkiksi turvajärjestelmien toiminta palon aikana, jolloin voidaan taata turvallinen poistuminen rakennuksesta ja helpottaa pelastustöiden toteuttamista. Palonkestävien kaapeleiden valmistajia ja heidän tuotemerkkejään on muun muassa

- Prysmian Group – Firetuf
- Reka Kaapeli Oy – FlameRex
- Nexans – ALSECURE
- Dätwyler – Keram (Suomessa toimittaja pistesarjat Oy).

#### 4.1.1 Kaapeleiden paloluokat

Kaapeleiden luokittelussa noudatetaan CPR:n asettamia vaatimuksia, jotka koskevat rakennuksen kiinteänä osana käytettäviä kaapeleita. Kyseisiä kaapeleita ovat:

- energiakaapelit
- ohjaus- ja tietoliikennekaapelit
- optiset kuitukaapelit. [5, s. 287.]

Standardissa SFS-EN 50575 on määritelty kaapeleille paloteknisen käyttäytymisen perusteella paloluokat, jotka koskevat kaikkia rakennuksiin kiinteästi asennettavia energia- ja tiedonsiirtokaapeleita. CPR:ää ei kuitenkaan tällä hetkellä sovelleta palonkestävien kaapeleiden (FRHF) luokitteluun, eli toisin sanoen standardi ei koske palon aikana toimiviksi tarkoitettujen järjestelmien kaapeleita. Paloteknisen käyttäytymisen luokat tulee ilmoittaa tuotteen CE-merkinnässä. [6, s. 26–27.]

Tavallisten asennuskaapeleiden paloluokkia ovat  $A_{ca}$ ,  $B1_{ca}$ ,  $B2_{ca}$ ,  $C_{ca}$ ,  $D_{ca}$ ,  $E_{ca}$  ja  $F_{ca}$ . Luokan  $A_{ca}$  kaapeli on mineraalieristeinen kaapeli, joka ei osallistu paloon ollenkaan tai erittäin rajoitetusta, eikä luokan  $A_{ca}$  kaapeleille voi yhdistää mitään lisäluokkaa. Luokan  $F_{ca}$  kaapeleille ei ole määritelty suoritustasoa, jonka takia käytettyjen kaapeleiden minimivaatimus on yleensä luokka  $E_{ca}$ . Lisäksi kaapeleille on olemassa alaluokitukset, joilla ilmoitetaan kaapeleiden

savunmuodostuksen, palavien pisaroiden ja happamien kaasujen tuottamisesta, Taulukossa 3 on kuvattu kaapeleiden luokitukset. [5, s. 287–288.]

Taulukko 3. Kaapeleiden palotekniset luokitukset ja niiden määritelmät [6, s. 35].

| Luokka            | Kuvaus   |
|-------------------|--|
| $A_{ca} - F_{ca}$ | Kaapeleiden yleiset palokäyttäytymistasot          |
| Alaluokka s(1-3)  | Kaapeleiden savunmuodostuksen määrä                |
| Alaluokka d(1-3)  | Kaapeleista muodostuvien palavien pisaroiden määrä |
| Alaluokka a(1-3)  | Kaapeleista muodostuvien happamien kaasujen määrä  |

Suomessa suositellaan käytettäväksi seuraavien luokitusten kaapeleita tavallisissa johtojärjestelmissä:  $C_{ca}$ -s1,d1,a2;  $D_{ca}$ -s2,d2,a2 ja  $E_{ca}$ . Erityistarpeiden vaatiessa käytetään parempien luokitusten omaavia kaapeleita. [5, s. 288.]

Sellaisissa rakennuksissa ja laitteistoissa, joissa henkilöiden ja laitteiden turvallisuus edellyttää kaapelin toimivuutta palon aikana riittävän pitkän ajan, käytetään johtojärjestelmässä palonkestäviä kaapeleita. Kyseisiä kaapeleita ovat:

- mineraalieristeiset IEC 60702-1 ja 60702-2 mukaiset kaapelit
- palonkestävät SFS-EN 50200 tai SFS-EN 50362 ja SFS-EN 60332-1-2 mukaiset kaapelit
- johtojärjestelmät, jotka on suojattu riittäväillä toimenpiteillä mekaanisesti ja tulipalolta. [6, s. 50–51.]

Mineraalieristeiset kaapelit ovat palokuormaltaan olemattomia ja palamattomia, mutta niitä ei kuitenkaan käytetä kuin erityiskohteissa, koska niiden asennus on hankalaa. Palonkestävät kaapelit testataan standardien EN 50200 tai EN 50362 mukaisessa polttokokeessa, jossa ne altistetaan jännitteisenä +830 °C:n lämpötilalle ja samalla kaapelia rasitetaan määrävälein tehtävillä iskuilla. [6, s. 50–51.] Kuvassa 3 on havainnollistettu standardin EN 50200 mukainen testi.



Kuva 3. Palonkestävä kaapelin polttokoe iskuilla [10].

#### 4.1.2 Kaapeleiden palokuormat

Kaapeleista muodostuu palokuormaa, jotka on hyvä huomioida esimerkiksi kiinteistön suojaustason valinnoissa sekä uloskäytävissä. Palokuormille ei aseteta vaatimuksia standardeissa, eikä vaadita erillisiä testejä palokuorman mittaamiseksi, mutta taulukon 4 mukaisten arvioiden perusteella voidaan laskea kaapeleista aiheutuvia palokuormia. [8, s. 5.]

Taulukko 4. Kaapeleiden palokuorma-arviot [8, s. 6].

| Ominaisuus         | PE-vaippaiset kaapelit | PVC-vaippaiset kaapelit | Palosuojatut halogeenittomat kaapelit | Palonkestävät halogeenittomat kaapelit |
|--------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Eristys PVC        | ---                    | 21 MJ/kg                | ---                                   | ---                                    |
| Eristys PE tai PEX | 46 MJ/kg               | 46 MJ/kg                | 46 MJ/kg                              | 46 MJ/kg                               |
| Täytemassa         | 9–21 MJ/kg             | 21 MJ/kg                | 9 MJ/kg                               | 9 MJ/kg                                |
| Vaippa             | 41–46 MJ/kg            | 20–21 MJ/kg             | 17–26 MJ/kg                           | 17 MJ/kg                               |

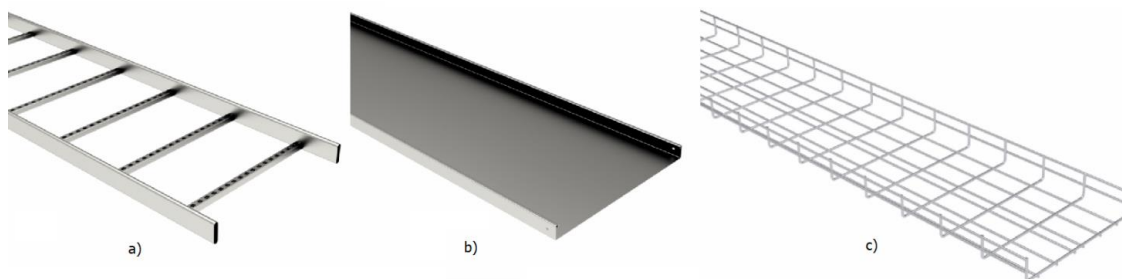
Taulukosta voidaan huomioida, että joidenkin palosuojattujen halogeenittomien kaapeleiden palokuorma voi olla suurempi kuin perinteisten PVC-kaapeleiden. Palonkestävien kaapeleiden palokuormat ovat pienimmästä päästä. [8, s. 5.]

## 4.2 Kaapelihyllyt

Palonkestäviltä johtojärjestelmiltä vaaditaan, että ne toimivat palon aikana ilman järjestelmän piirin toiminnan heikkenemistä. Tämä asettaa vaatimuksia palonkestävissä asennuksissa käytettäville kaapelihyllyjen ominaisuuksille, koska kaapelien kiinnitys ja tuenta tulee toteuttaa niin, että se kestää vaadittavan ajan tai yhtä kauan kuin tuettu kaapeli [5, s. 432.]

Standardin SFS 6000-5-56 mukaan vaatimus kaapelien tuennan palokestävydestä koskee kaapelihyllyjä ja niiden kiinnittämiseen käytettyjä tarvikkeita. Näille ei kuitenkaan ole olemassa suomalaista tai eurooppalaista standardia koskien kaapelireittien rakennetta tai testausta, joten kyseisten materiaalien palonkestävyys voidaan osoittaa muiden maiden kansallisten standardien tai valmistajan ilmoittamien tietojen perusteella. Monesti näiden tuotteiden palonkestävyyden testauksessa ja tarkastuksessa on noudatettu DIN 4102:n mukaisia menetelmiä. [5, s. 432.]

Palonkestävissä asennuksissa yleisimmin käytetyt hyllytyypit ovat levy-, tikas-, ja lankahyllyt sekä lisäksi voidaan käyttää valaisinkiskoja. Kaapelihyllyt ja niiden kannakkeet ym. on valmistettava teräksestä ja niille on tehty kuumasinkitty pintakäsittely. [7, s. 4.] Kuvassa 4 on esitetty Meka Pro Oy:n valmistamia kaapelihyllyjä.



Kuva 4. a) KS80-tikashylly, b) KRA-levyhyilly ja c) WMT-lankahylly [11, s. 3–6].

Levyhyillyt soveltuvat hyvin palonkestäviin asennuksiin käyttövarmuutensa ansiosta. Niissä ei kaapeleita tarvitse kiinnittää koko matkalta, mutta on varmistettava kaapeleiden pysyminen erillään muista kaapeleista (esimerkiksi hyllyjen kulmakappaleissa). Tikashyllyjä käytetään yleensä vaaka- ja pystysuorien kaapelireittien asennuksessa. Tikashyllyjen pystyasennuksissa on huomioitava kaapeleihin kohdistuva pystysuuntainen vetorasitus palon aikana. Kaapeleihin kohdistuva liian suuri vetorasitus voidaan välttää käyttämällä pystyhyllyn kaapeleiden kiinnitykseen sopivaa kiinnitysväliä sekä asentamalla palosuojaeriste määräväleihin. Lankahyllyjä käytettäessä tulee huomioida kaapeleihin kohdistuva pistemäinen kuormitus, joten niille voidaan asentaa vain sellaisia palonkestäviä kaapeleita, jotka kaapelivalmistajan mukaan kestävät lankahyllyn pistemäisen kuormituksen palon aikana. [7, s. 5.]

Palonkestävien kaapelihyllyjen asennuksissa kaikki käytetyt tarvikkeet pitää olla paloluokiteltuja ja asennuksessa täytyy noudattaa valmistajan ohjeita. Tuotteiden valmistajat ilmoittavat ohjeissa kaapelihyllyjen kiinnitysten toteutustapojen lisäksi maksimiarvot hyllykannakkeiden välisille etäisyyksille, palonaikaiselle kuormitukselle hyllymetriä kohden sekä kaapeleiden mahdollinen kiinnitystarve ja näitä arvoja ei saa ylittää palonkestävissä asennuksissa. [7, s. 4.] Taulukossa 5 on esitetty Meka Pro Oy:n ilmoittamia asennusohjeita erilaisille kaapelihyllyille ja valaisinkiskoille.

Taulukko 5. Meka Pro Oy:n asennusohjeet eri tuotteille [11, s. 3–6].

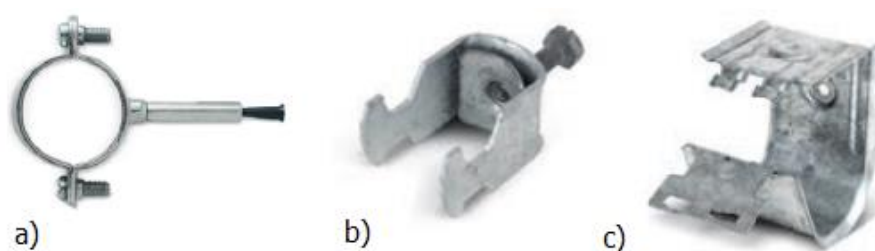
| <b>Tikashyllyt</b>    |                                |                                   |                                 |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Tuote</b>          | <b>Kannakeväli<br/>max (m)</b> | <b>Hyllyn leveys<br/>max (mm)</b> | <b>Kuormitus<br/>max (kg/m)</b> |
| KS80                  | 1,5                            | 600                               | 20                              |
| KSF80                 | 1,5                            | 600                               | 20                              |
| KS20                  | 1,5                            | 600                               | 15                              |
| KS60                  | 1,5                            | 600                               | 20                              |
| <b>Levyhyllyt</b>     |                                |                                   |                                 |
| KRA                   | 1,5                            | 500                               | 10                              |
| <b>Lankahyllyt</b>    |                                |                                   |                                 |
| WMT                   | 1,25                           | 200                               | 10                              |
| <b>Valaisinkiskot</b> |                                |                                   |                                 |
| MEK 110               | 1,25                           | 110                               | 5                               |
| MEK 70                | 1,25                           | 70                                | 5                               |

Palonkestävät kaapelihyllyt tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä sijoittamaan muiden asennuksien yläpuolelle, jos tämä ei ole mahdollista niin kiinnityksen tulee kestää hyllyn päälle putoava paino. Mikäli käytetään yhteishyllyjä useammille eri järjestelmille, niin kaapelihyllyn kiinnitykset tulee toteuttaa vaativimman asennustavan mukaisesti. Yhteishyllylle tehtävissä asennuksissa on myös huomioitava, että turvajärjestelmien palonkestävät kaapelit tulee erottaa muiden piirien kaapeleista riittävän etäisyyden tai suojauksen avulla. [7, s. 4.]

### 4.3 Asennustarvikkeet

Palonkestävissä johtojärjestelmissä myös asennustarvikkeiden on oltava palonkestäviä, jotta koko järjestelmän palonkestävyysluokitus säilyy. Tämä tarkoittaa, että myös kaapelikiinnikkeiden, kiinnitystarvikkeiden ja jakorasioiden on täytettävä vaatimukset (DIN 4102).

Palonkestävissä asennuksissa käytettävät kaapelikiinnikkeet valmistetaan teräksestä ja ne voidaan asentaa suoraan betonipintaan, asennuskiskoon tai kaapelihyllyn poikkipienaan. Näitä kiinnikkeitä on joko yksittäisille kaapeleille tai kaapelinipuille. Teräsputkia voidaan myös hyödyntää palonkestävien kaapeleiden asennuksessa ja niiden kiinnityksessä voidaan käyttää yksittäiselle kaapelille sopivaa kiinnikettä. Kiinnikkeiden asennuksessa noudatetaan valmistajan antamia ohjeita, jotta esimerkiksi kiinnikkeiden maksimikuormitettavuus ei ylitä. [7, s. 5–6.] Kuvassa 5 on esitetty erilaisia kaapelikiinnikkeitä.



Kuva 5. a) yksittäiskiinnike, b) kaarikiinnike ja c) seinälle tai kattoon asennettava kaapelikiinnike [12, s. 94–97].

Kaapelikiinnikkeiden asennusväli on yleisesti 300 mm, mutta kokeellisesti osoittamalla voidaan asennusväliä pidentää esimerkiksi 600 mm. Kuvassa 6 on havainnollistettu palonkestävien kaapeleiden asennus seinälle ja kattoon kaapelikiinnikkeitä käyttäen. [7, s. 5.]



Kuva 6. Kaapelikiinnikkeiden asennustapoja. [7, s. 6]

Kiinnitystarvikkeet ovat myös valmistettu teräksestä, jotta ne täyttävät palonkestävyydelle asetetut vaatimukset. Muovitulppia tai messinkiankkureita ei voi käyttää huonojen palonkesto-ominaisuuksien takia. [7, s. 6.]

Palonkestävien järjestelmien kaapelointien ja rasiointien on pysyttävä toimintakunnossa palon aikana ja kosketussuojien tulisi pysyä ehjänä, joten asennuksissa on palonkestäviä jako- ja kytkentärasioita. Rasioiden valinnassa tulee huomioida käyttötarpeen perusteella sopiva valmistusmateriaali. Kestomuovista (esimerkiksi polypropeeni), alumiinista ja messingistä valmistettuja rasioita voidaan käyttää, jos niiden toimintakyky palossa säilyy vaaditun ajan. Teräksiset rasiat keraamisella kytkentärimalla täyttävät asetetut vaatimukset. Kestomuovista valmistettuja rasioita voidaan käyttää, mikäli kosketussuojauksen puute ei heikennä toimivuutta. Valmistajan asennusohjeessa ilmoitetaan esimerkiksi, kuinka monta kaapelia rasiaan saa enintään kytkeä ja minkä kokoisille johtimille liittimet soveltuvat. [7, s. 7.] Kuvassa 7 on esitetty yleisesti käytetty palonkestävä jakorasia, joka on valmistettu kestumuvista (polypropeeni) ja sisältää keraamisen kytkentäriman.



Kuva 7. Palonkestävä jakorasia OBO T100ED [13, s. 338].

#### 4.4 Lämpiviennit

Kaapelit ja johtojärjestelmän osat, jotka kulkevat osastoivan rakennusosan (esimerkiksi seinät ja lattiat) läpi sekä niiden edellyttämät läpiviennit eivät saa ollenaisesti heikentää rakennusosan osastoivuutta. Sähkölämpiviennit, jotka tehdään palo-osastojen välisiin rakennusosiin, täytyy paloeristää tekemällä palokatko. Palokatkon avulla voidaan estää palon aikana liekkien, kuumuuden ja savun leviäminen muihin palo-osastoihin läpiviennin kautta. [14, s. 1.]

Palokatkot kuuluvat myös CPR:n piiriin ja kyseisten tuotteiden tulee olla CE-merkittyjä. Palokatkotuotteille ei ole tällä hetkellä olemassa yhdenmukaista tuotestandardia. Tuotteille sovelletaan ETA-hyväksyntää, jolla arvioidaan tuotteen sopivuutta suunniteltuun käyttötarkoitukseen. ETA-hyväksynnässä tuotteelle on esitetty asennusohjeet, raja-arvot ja määritykset kuinka hyväksytty palokatko toteutetaan kyseistä tuotetta käyttäen. Rakennusvalvontaviranomaisella on myös päätäntävaltaa palokatkojen hyväksymisessä. Lisäksi palokatkojen tarkastaminen kuuluu sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksen yhteydessä tehtäviin aistinvaraisiin tarkastuksiin. [14, s. 2.]

Sähkölämpivientien palokatkoasennukset voidaan toteuttaa esimerkiksi niin, että läpimenevät kaapelit niputetaan tai yksittäisen kaapelin ympäristö tiivistetään ja massataan asennusohjeiden mukaisesti, Palokatkoja tehdessä on hyvä jättää varauksia jälkikäteen asennettavia kaapeleita varten, jolloin palokatkon uudelleen tiivistäminen on huomattavasti helpompaa. [14, s. 2.] Kuvassa 8 on havainnollistettu palokatkojen toteutustapoja.



Kuva 8. Erilaisia palokatkoja.

Johtojärjestelmiä asennettaessa on hyvä huomioida, että kaapelihyllyjä ei tulisi asentaa osastoivien seinien läpi, vaan ne tulisi katkaista läpiviennin kohdalta. Ensimmäiset kaapelihyllyn kannakkeet tai kaapelikiinnikkeet tulee asentaa riittävän lähelle läpivientiä, jotta ne kestävät mekaanista rasitusta tulipalon aikana. Asennusputket ja johtokanavat tiivistetään sisä- ja ulkopuolelta vastaamaan rakennusosan paloteknistä luokitusta. Poikkeuksena liekkiä ylläpitämättömien ja poikkipinnaltaan enintään 710 mm<sup>2</sup>:n asennusputkien ja johtokanavien läpiviennissä on, että niitä ei tarvitse tiivistää sisäpuolelta, mikäli niiden kotelointi-luokka on vähintään IP 33 ja, jos putki lävistää rakennuksen palo-osastoa erottavan rakenteen, sen päät on oltava myös vähintään IP 33. [5, s. 235.]

#### 4.5 Keskukset

Palon aikana toimiviksi tarkoitettujen turvajärjestelmien keskukset (esimerkiksi paloilmoitinkeskus) eivät yleensä ole palonkestäviä, joten ne on sijoitettava paloturvalliseen tilaan, kuten erilliseen tekniseen tilaan tai vaihtoehtoisesti ne on suojattava palolta. Mikäli esimerkiksi saneerauskohteissa ei ole sopivia paloturvallisia tiloja turvajärjestelmän keskuksen sijoittamiseen, niin voidaan käyttää palonkestäviä keskuksia tai asentaa keskus palonkestävän kotelonsisään turvamaan keskuksen riittävän pitkän toiminta-aika palon aikana. [7, s. 10.]

Turvajärjestelmien tehonlähteinä normaalin syötön lisäksi voidaan käyttää akkuja, paristoja, normaalista syötöstä riippumattomia generaattoreita tai erillistä syöttöä. Tehonlähteen sijainnin ei tarvitse olla palonkestävä, joten normaali tekninen tila riittää. Mikäli palonkestävän turvajärjestelmän laitteella ei ole yllä mainittua varasyöttöä, tulee laitteen syöttö ottaa suoraan pääkeskuksen pääkytkimen syöttöpuolelta. Tässä tilanteessa keskukseen pitää kiinnittää varoituskilpi, jolla varoitetaan jännitteiseksi jäävistä osista ennen pääkytkintä. [7, s. 8.]

#### 4.6 Merkintä ja dokumentointi

Palonkestävät johtojärjestelmät ja turvajärjestelmien laitteistot tulee merkitä selkeästi tunnistetiedoilla (kuva 9) ja palonkestävälle kaapelihyllyille voidaan sopia kohdekohtaisesti merkintätapa. Palonkestävien johtojärjestelmien merkinnän avulla voidaan välttää myöhemmin asennettavien kaapeleiden aiheuttama lisäkuorma. [7, s. 12.]



Kuva 9. Esimerkki palonkestävän asennuksen merkitsemiseen käytetystä merkintäkilvestä [12].

Palonkestävistä johtojärjestelmistä tavanomaisten dokumenttien lisäksi tulee luovuttaa piirustukset, joista selviää yksityiskohtaiset sijaintitiedot:

- järjestelmän kaikista sähkölaitteista ja jakokeskuksista ja niiden laitetunnuksista
- turvajärjestelmien toimilaitteista mukaan luettuna tiedot niiden ryhmäjohtoista, yksityiskohdista ja käyttötarkoituksista
- turvajärjestelmien erityisistä kytkin- ja valvontalaitteista. [5, s. 431.]

Myös kaikista turvajärjestelmien kiinteään syöttöön liitetyistä kulutuskojeista pitää olla luettelo, josta selviää kyseisten laitteiden mitoitustehot, mitoitusvirrat, käynnistysvirrat ja käynnistysajat. Sähköisten turvajärjestelmien ja toimilaitteiden käyttöohjeet ja tiedot asennusten yksityiskohdista täytyy olla saatavilla. [5, s. 431.]

## 5 Palon aikana toimivat turvajärjestelmät

Turvajärjestelmät koostuvat sähköisistä laitteista ja niiden tarkoitus on suojata tai varoittaa henkilöitä vaaratilanteessa. Turvajärjestelmiä voidaan myös käyttää evakuoinnin apuna. [5, s. 425.]

Standardissa SFS 6000-5-56 määritellään, kuinka turvajärjestelmät toteutetaan, mutta viranomaisten vaatimusten tai rakennuksen haltijan tarpeiden perusteella määritellään turvajärjestelmien tarve. Turvajärjestelmien laitteet kuuluvat Sisäministeriön lain pelastustoimen laitteista 10/2007 piiriin, jolla varmistetaan, että markkinoilla olevat laitteet ovat turvallisia, tarkoitukseen sopivia sekä vaatimusten mukaisia. Lailla varmistetaan myös laitteiden oikea asennus, huolto sekä tarkastus turvaamaan laitteiden tehokas ja luotettava toiminta palon aikana käyttötarpeen mukaan. [5, s. 425; 10, s. 1.]

Turvajärjestelmien laitteista tulee ilmetä vaatimustenmukaisuus tarpeellisilla merkinnöillä ja laitteen mukana täytyy toimittaa tarvittavat käyttö-, huolto- ja asennusohjeet. Näiden asioiden sekä laitteen vaatimustenmukaisuuden varmistaminen kuuluu laitteiden valmistajille ja maahantuojille. [15, s. 2.]

Turvajärjestelmien toimintakyvyn voidaan vaatia säilyvän normaalitilanteiden lisäksi myös sähkökatkon ja tulipalon aikana. Tämä vaatimus voidaan toteuttaa käyttämällä erityisiä tehonlähteitä ja laitteita sekä palonkestäviä piirejä ja kaapeleita. Palon aikana toimiviksi tarkoitetuille turvajärjestelmille on valittava tehonlähde, jolla voidaan taata sähkönsyötön riittävän pitkä toiminta-aika sekä laitteiden palonkestävyysaika tulee olla riittävän pitkä. [5, s. 428.]

Turvajärjestelmissä, joissa käytetään sähköiskulta suojaamiseen syötön automaattista poiskytkentää, tulisi käyttää sellaista menetelmää vikasuojauksessa, joka ei aiheuta syötön katkeamista ensimmäisen vian sattuessa. Myöskään normaaliasennuksen mahdolliset viat ohjaus- ja väyläjärjestelmissä eivät saa vahingoittavasti vaikuttaa turvajärjestelmien toimintoihin. [5, s. 428.]

Kaikille turvajärjestelmille ei ole määritelty vaadittua toiminta-aikaa palon aikana. Ainoastaan poistumisreitivalaistukselta vaaditaan viranomaismääräyksellä vähintään 60 minuutin toiminta-aika, joten tämä asettaa vaatimuksia koko johtojärjestelmän, kaapelireittien ym. toteutukselle. Taulukossa 6 on esitetty muutamien eri turvajärjestelmien toiminta-aikoja palon aikana, joita löytyy turvajärjestelmien standardeista ja EU:n yleisistä suosituksista. [7, s. 3.]

Taulukko 6. Turvajärjestelmien toiminta-aikoja [6, s. 62].

| <b>Turvajärjestelmä</b>                       | <b>Aika [min]</b> |
|---|-------------------|
| Paloilmoitinjärjestelmä                       | 30                |
| Poistumis- ja turvavalaistusjärjestelmä       | 60                |
| Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä | 30                |
| Savunhallintajärjestelmä (painovoima)         | 30                |
| Savunhallintajärjestelmä (koneellinen)        | 90                |
| Sammutuslaitteistojärjestelmä (rak.luokka P2) | 30                |
| Sammutuslaitteistojärjestelmä (rak.luokka P1) | 90                |

Turvajärjestelmien laitteet esimerkiksi turvavalaisimet eivät välttämättä kestä tulipaloa. Tämä tulee huomioida eri palo-osastoissa sijaitsevien laitteiden syöttökaapeloinneissa, ettei toisen palo-osaston laitteen rikkoutuminen palon aikana aiheuta häiriötä tai vaarana muiden palo-osastojen laitteiden toimintaa. [7, s. 3.]

### 5.1 Turvajärjestelmien piirit ja sähköiset tehonlähteet

Turvajärjestelmien sähköisellä tehonlähteellä tarkoitetaan tehonlähdettä, joka on tarkoitettu käytettäväksi osana turvajärjestelmien sähkönsyöttöverkkoa. Tällaisia tehonlähteitä ovat

- akut
- paristot

- generaattori, joka on normaalista syötöstä riippumaton
- erillinen syöttö jakeluverkosta, joka on riippumaton normaalista syötöstä. [5, s. 426–429.]

Turvajärjestelmien sähköiset teholähteet ovat asennettava kiinteästi, niin ettei normaalisyötön vika vaikuta turvajärjestelmien teholähteisiin. Teholähteet voidaan asentaa sellaiseen tilaan, esimerkiksi tekniseen tilaan, jossa on riittävä ilmanvaihto ja joihin on pääsy vain ammattihenkilöillä tai opastetuilla henkilöillä. [5, s. 429.]

Turvajärjestelmien sähköpiirit toimivat osana turvajärjestelmien sähkönsyöttöverkkoa ja näiden piirien tulee olla riippumattomia muista piireistä, jotta muissa järjestelmissä tapahtuvat muutokset eivät vaikuta turvajärjestelmien piireihin ja tämän myötä turvajärjestelmän toimintaan. [5, s. 430.]

Palo-osastosta toiseen kulkevien turvajärjestelmien syöttöpiirien asentamista palovaarallisten tilojen läpi on mahdollisuuksien mukaan vältettävä, mikäli tämä ei ole mahdollista, niin syöttöpiirien on oltava palonkestäviä. Räjähdyksivaarallisten tilojen läpi piirit eivät saa missään tapauksessa mennä. Turvajärjestelmien piirien kaapelit, jotka eivät ole palonkestäviä ja metallivaipalla häiriösuojattuja kaapeleita tulee erottaa riittävän etäisyyden tai suojauksen avulla muista kaapeleista, jotta viereisten kaapeleiden palo ei vaikuta turvajärjestelmien toimintaan. [5, s. 430.]

Turvajärjestelmien sähköpiireillä ei tarvitse käyttää ylikuormitussuojausta, mikäli piirin syötön katkeaminen aiheuttaisi suuremman vaaran, mutta mahdollista ylikuormitusta pitää kuitenkin valvoa. Turvajärjestelmän piirien ylivirtasuojauksen täytyy olla sellainen, että yhden piirin mahdollinen ylivirta ei heikennä järjestelmän toimintaa. Kytkin- ja ohjauslaitteet, joita käytetään turvajärjestelmien piireissä, tulisi sijoittaa vastaavanlaisiin tiloihin kuin teholähteet sekä myös merkitä selkeästi. [5, s. 430.]

## 5.2 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinjärjestelmää käytetään havainnoimaan tulipaloja, lämmöntuottoa ja savunmuodostusta. Järjestelmä suojaa rakennuksessa olevia ihmisiä, kiinteää ja irtainta omaisuutta ilmoittamalla palosta välittömästi paikallisesti sekä hälytys- ja/tai hätäkeskukseen, jotta pelastautuminen ja pelastustyöt päästään aloittamaan mahdollisimman nopeasti. Paloilmoitinjärjestelmä toteutetaan rakennukseen rakennusluvan ehtona, pelastusviranomaisen vaatimuksesta tai omaehtoisena ja näiden yhteydessä päätetään myös valvonnan laajuudesta. Paloilmoitinjärjestelmät koostuvat paloilmoitinkeskuksesta, teholähteestä, paloilmainsimista, paloilmoituspainikkeista, hälyttimistä ja ilmoituksen siirtojärjestelmästä. [16, s. 13–23.]

Paloilmoitinjärjestelmä toteutetaan paloilmoitinliikkeen hyväksymän suunnitelman mukaan, jossa määritellään muun muassa kaapelityypit ja kaapeleiden poikkipinta-alat. Järjestelmän kaapelointien suunnittelu on tehtävä siten, että yhdessä paikassa tapahtuva vaurio vaikuttaisi mahdollisimman vähän muiden laitteiden toimintaan. [16, s. 66.]

Valvomattomien tai sammutuslaitteistolta suojaamattomien palo-osastojen läpi menevät kaapeloinnit tulee toteuttaa palonkestävästi, tällöin tulisi kiinnittää erityistä huomiota paloilmaitimen keskuslaitteiden välisiin kaapelointeihin, ilmaisinsilmukoiden, ohjausten ja hälyttimien kaapelointeihin. Mikäli myös paloilmaitinkeskus tai käyttölaite sijaitsee valvomattomalla tai sammutuslaitteistolla suojaamattomalla alueella tulee se koteloida palonkestävästi. Paloilmoitinjärjestelmän kaapeloinnit kuitenkin pääasiassa toteutetaan KLM- tai KLMA-kaapelilla, koska nykyään paloilmoitinjärjestelmä kattaa lähes koko rakennuksen. [16, s. 25, 31.]

## 5.3 Turvavalaistusjärjestelmä

Turvavalaistus on yleisnimitys koko järjestelmälle ja sen alaryhmiä ovat poistumisvalaistus ja varavalaistus. Poistumisvalaistuksen alaryhmään taas kuuluvat

poistumisreittivalaistus, avoimen alueen valaistus, sekä riskialttiin työalueen valaistus ja näistä poistumisreittivalaistus pitää sisällään opasvalaisimet ja turvalaisimet. Exilight Oy:n opasvalaisin ja turvalaisin on esitetty kuvassa 10.

Turvavalaistuksen eri valaistusmuotojen kuvaukset ovat seuraavat:

- turvavalaistus on normaalin valaistuksen sähkönsyötön häiriintyessä käytettävä valaistus
- poistumisvalaistusta käytetään varmistamaan henkilöiden turvallisuus tilasta poistuttaessa
- varavalaistuksella taataan normaalin toiminnan jatkuminen ilman suuria muutoksia
- poistumisreittivalaistuksella varmistetaan, että henkilöt tunnistavat poistumiskeinot turvallista käyttöä varten
- avoimen alusteen valaistuksella voidaan ehkäistä paniikkia ja varmistaa henkilöiden pääsy poistumisreittien lähelle
- riskialttiin työalueen valaistuksella varmistetaan vaarallisissa tilanteissa tai prosesseissa työskentelevien ihmisten turvallisuus. [17, s. 1–2.]

Exilight Oy:n opasvalaisin ja turvalaisin on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Vasemmalla opasvalaisin ja oikealla turvalaisin [18].

Pelastuslaissa 379/2011 määrätään, että uloskäytävät ja kulkureitit tulee merkitä ja valaista asianmukaisesti. Sisäministeriön asetuksessa 805/2005 sanotaan, että poistumisopasteiden tulee olla selkeitä ja aina valaistuja sekä poistumiseiitit valaistaan niin, että ne mahdollistavat reittien turvallisen käytön. Sisäministeriön asetuksessa asetetaan vaatimuksia, jotka valaisimen on täytettävä.

Lisäksi asetuksessa määritellään, että valaistuksella on oltava normaalin valaistuksen sähkönsyötöstä riippumaton virransyöttö, jolla turvataan poistumisreittien valaistukselle määrätty vähintään 60 minuutin toiminta-aika. [19, s. 2.]

Poistumisvalaistuksen valaisimia voidaan syöttää keskitetyn tehonsyötön järjestelmästä, jolla voidaan varmistaa tarvittavan tehon syöttö valaisimille riittävän pitkäksi ajaksi tulipalon aikana tai valaisimet voivat olla itsenäisesti toimivia, jolloin valaisimet sisältävät oman tehonlähteen (akku). [5, s. 432.]

Itsenäisesti toimiville valaisimille ei tarvitse soveltaa palonkestäviä asennusmenetelmiä, koska niissä valaisin sisältää omat tehonlähte- ja ohjauskomponentit, joten niiden asennuksen yhteydessä voidaan käyttää tavallisia kaapeleita, kuten MMJ- tai KLM/KLMA-kaapeleita riippuen järjestelmän käyttöjännitteestä. [17, s. 8.]

Keskitettyä tehonsyöttöä käytettäessä poistumisvalaistuksen johtojärjestelmä tulee toteuttaa palonkestävästi niiltä osin, kun johtojärjestelmä kulkee eri palo-osastojen läpi, jotta valaisimien tehonsyöttö pysyy yllä riittävän pitkän ajan tulipalon aikana. Palo-osastojen sisällä valaisimien välisten kaapelointien ei tarvitse olla palonkestäviä, ellei kyseessä ole laaja palo-osasto missä on suuri määrä valaisimia. Laajan palo-osaston tapauksessa täytyy riskiarvioinnin avulla tai viranomaisten kanssa selvittää onko tarpeellista käyttää kahta erillistä syöttöä valaisimille ja palonkestävää johtojärjestelmää. [5, s. 432.]

#### 5.4 Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä

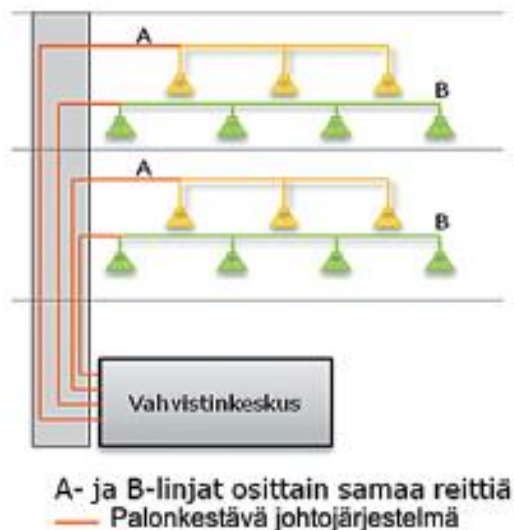
Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmää käytetään henkilöiden ohjaamiseen ja varoittamiseen rakennuksen sisällä ja sen ulkopuolella. Järjestelmä on jaettu neljään luokkaan:

- yleisäänentoistojärjestelmä
- itsenäinen yleisäänentoisto-, poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä, jota käytetään turvajärjestelmänä hätätilanteissa, muttei tulipalon sattuessa

- yleisäänentoisto-, poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä paloilmoinjärjestelmän palokelloja täydentävänä osana
- yleisäänentoisto-, poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä paloilmoinjärjestelmän palohälyttimet korvaavana osana. [20, s. 19–20.]

Paloilmoinjärjestelmän yhteydessä toimiva poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä tuottaa hälytyssignaalin käsikäyttöisesti tai automaattisesti. Hälytys-signaaleina käytetään merkkiääniä, puheviestejä tai molempia yhdessä. [20, s. 8.]

Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmän tärkein toiminta tapahtuu ennen suurta palotilannetta, joten itse järjestelmälle ei ole asetettu erityisiä vaatimuksia palonkestävyydelle. Järjestelmän johtojärjestelmän tulee olla palonkestävä tarpeen vaatiessa, esimerkiksi eri palo-osastojen läpi kulkevat kaapeloinnit ja mikäli vahvistinkeskukselta lähtevät kaiutinlinjat kulkevat samoja kaapelireittejä pitkin, niin vahvistimen ja ensimmäisten kaiuttimien välit voidaan toteuttaa kuvan 11 mukaisella periaatteella palonkestävää johtojärjestelmää käyttäen. [20, s. 22.]



Kuva 11. Esimerkki kaiutinlinjojen johtojärjestelmän toteutuksesta [20, s. 22].

Kriittisiksi määritellyissä kohteissa, joissa poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmältä vaaditaan varmaa toimintaa palon aikana, voidaan käyttää palonkestävää johtojärjestelmää koko kaapeloinnin toteutuksessa [20, s. 23].

## 5.5 Savunhallintajärjestelmä

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017 velvoittaa, että rakennukseen tulee suunnitella ja rakentaa eri tiloihin soveltua savunpoiston mahdollisuus. Savunpoisto voidaan toteuttaa esimerkiksi savunpoistoluukuilla, savunpoistoikkunoilla tai savunpoistopuhaltimilla. Savunhallintajärjestelmästä käytetään myös nimeä savunpoistojärjestelmä. [2, s. 23.]

Savunpoistojärjestelmiä tarvitaan, koska tulipalossa rakennuksen sisätiloihin muodostuu merkittävä määrä savua ja myrkyllisiä savukaasuja, joten savunpoistolla pystytään helpottamaan henkilöiden pelastautumista rakennuksesta palon aikana sekä pelastustyöntekijöiden työskentelyä. [21, s. 3.]

Savunhallintajärjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan turvajärjestelmänä, joten järjestelmältä vaaditaan, että se toimii palon aikana tarvittavan ajan. Tästä johtuen järjestelmän johtojärjestelmä laitteineen tulee tehdä palonkestävästi. Savunhallinnan ohjausjärjestelmät kuuluvat kokonaisuudessaan turvajärjestelmien piiriin sekä niihin liittyviin automaatiojärjestelmiin tulee soveltaa samoja vaatimuksia. Järjestelmän laitteilta vaaditaan tiettyä palonkestoa, mutta osaa laitteista ei ole saatavilla palonkestävänä, joten laitteiden palosuojaus on toteutettava asennuksien avulla esimerkiksi asentamalla laite palosuojakoteloon tai omaan käyttötapaosastoituihin tiloihinsa. Savunhallintajärjestelmiin kytketyt rakennusautomaation tiedonsiirtokaapeleiden ei tarvitse olla palonkestäviä, mikäli niiden ei tarvitse toimia palon aikana. [21, s. 7–14.]

## 5.6 Sammutuslaitteistot

Automaattisella sammutuslaitteistolla voidaan havaita tulipalo ja sammuttaa se palon alussa, tai pitää paloa hallinnassa siihen asti, että lopullinen sammutus

saadaan tehtyä. Mikäli automaattinen sammutuslaitos on rakennusluvan eh-  
tona, tulee laitteiston sähköinen järjestelmä suunnitella standardin SF 6000-5-  
56 mukaisesti. On myös suositeltavaa noudattaa standardin ohjeita, mikäli lait-  
teisto hankitaan vapaaehtoisesti. Sammutuslaitteistoja ovat muun muassa vesi-  
sammutuslaitteistot (esimerkiksi sprinklerilaitteisto) ja kaasusammutuslaitteistot,  
joissa käytetään esimerkiksi hiilidioksidia palon sammuttamiseen. [16, s. 13; 6,  
s. 68.]

Vesisammutuslaitteistojen palonkestävät kaapelit voidaan asentaa ohjeiden ja  
oikeiden asennustapojen mukaisesti ilman erityistoimenpiteitä. Alumiinikaape-  
leita käytettäessä tulee huomioida CEA:n ohjeiden mukainen kaapeleiden suo-  
jaus palon aiheuttamilta vahingoilta, joka käytännössä tarkoittaa, että alumii-  
nikaapelit tulisi sijoittaa rakennuksen ulkopuolelle tai sellaisiin osiin, joissa nii-  
den palovaara on pieni, tai testattuihin luokan EI 60 johtokanaviin. [7, s. 9.]

## 6 Asennustavat

Palonkestäville johtojärjestelmille on erittäin paljon erilaisia asennustapoja, joita  
annetaan muun muassa standardeissa, ST-materiaaleissa ja tuotteiden valmis-  
tajiensa ohjeissa. Palonkestävien johtojärjestelmien komponenttien asennustavat  
voivat vaihdella eri valmistajien tuotteiden välillä.

Palonkestävän johtojärjestelmän suunnittelun ja asennuksen lähtökohtia ovat:

- järjestelmän osat asennetaan palonkestävälle alustalle
- alustan pitää kestää järjestelmän osien aiheuttama kuorma palon ai-  
kana
- tarvikkeiden kiinnittämiseen käytetään palonkestäviä ja toimintaky-  
vyn takaavia tuotteita
- asennustapojen on kestettävä palon aiheuttamat muutokset
- turvajärjestelmien johtojärjestelmät tulisi sijoittaa muiden asennus-  
ten yläpuolelle tai muuten niiden on kestettävä päälle putoavat kuor-  
mat palon aikana. [7, s. 10.]

Palon aikana toimivien turvajärjestelmien keskuslaitteet tulisi suunnitella ja asentaa palovaarattomiin tiloihin, jonne pääsee vain sähköalan ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Tämä ei kuitenkaan koske pelastuslaitoksen käyttöön tulevia laitteita. [7, s. 10.]

## 6.1 Kaapeleiden asennus

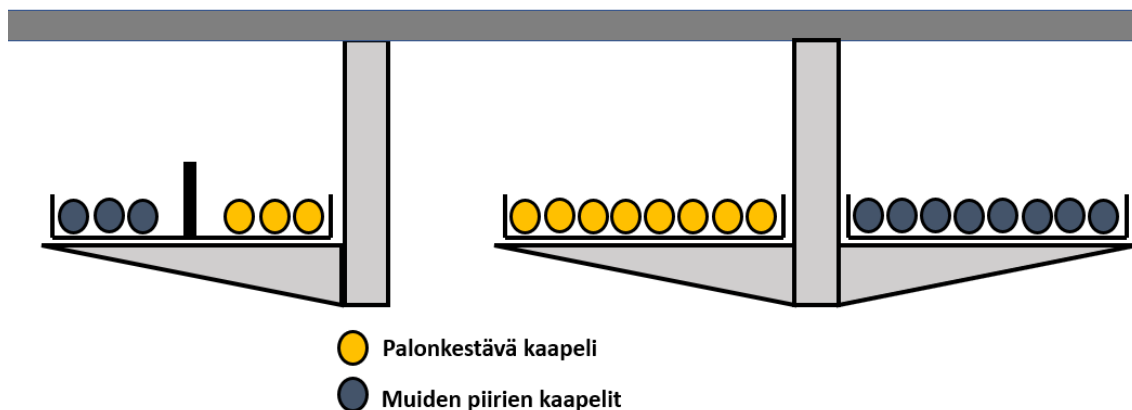
Palonkestävien kaapeleiden asennus palonkestäviä kaapelikiinnikkeitä käyttäen pitää toteuttaa niin, että kannakkeiden asennusväli on 300 mm, mutta on myös mahdollista käyttää pidempää asennusväliä, mikäli toiminta on kokeellisesti todistettu [7, s. 5]. Läpivientien kohdalla ensimmäiset kaapelikiinnikkeet tulisi asentaa enintään 750 mm:n päähän läpiviennistä, jotta kaapeliin kohdistuvat mekaaniset rasitukset eivät kasva palon aikana liian suureksi [5, s. 235]. Kuvassa 12 on havainnollistettu palonkestävän kaapelin asennusperiaate kaapelikiinnikkeitä käyttäen.



Kuva 12. Palonkestävän kaapelin asennus kaapelikiinnikkeillä [7, s. 11].

Kaapelihyllyillä palonkestävät kaapelit tulisi ensisijaisesti asentaa omalle hyllylle. Mikäli tämä ei ole mahdollista, niin kaapelit tulisi erottaa muiden järjestelmien kaapeleista etäisyyden (yleensä kaapelin halkaisija tai vähintään 50 mm)

tai suojauksen avulla. [7, s. 11.] Kuvassa 13 on havainnollistettu palonkestävien kaapeleiden erottaminen muiden piirien kaapeleista suojauksen avulla sekä kaapeleiden asentaminen omalle hyllylle.



Kuva 13. Esimerkki palonkestävien kaapeleiden asennuksesta kaapelihyllylle.

Pystyhyllyillä kaapelit kiinnitetään 300 mm:n välein esimerkiksi kaarikiinnikkeillä ja lisäksi tulee asentaa sopivin määrävällein palosuojaeriste, kuten kerrosväli tai 3,5 metrin välein. Hyllyille kaapeleita ei pidä vetää liian kireälle vaan olisi hyvä jättää kaapeliin hieman löysää, jotta kaapelit eivät vaurioidu palon aikana rakenteiden mahdollisten muodonmuutoksien takia. [7, s. 11.]

Palonkestävissä kaapeloinneissa on vältettävä ylimääräisten jatkosten tekoa varsinkin eri paloalueiden läpi kulkevissa kaapeleissa. Jatkokset on tehtävä sellaisilla menetelmillä ja tarvikkeilla, joilla voidaan taata, että järjestelmän palonkesto ei heikkene ja samalla vaarana järjestelmän toimintakykyä. [7, s. 11.]

Sähköläpivientien osalta kaapeloinnissa tulisi huomioida, että kaapeleiden osuus läpivientiaukon pinta-alasta ei ylitä yli 30 %:a, jotta palokatkomassalle jää riittävästi tilaa aukon tiivistämiseen ja voidaan varmistaa läpiviennin paloteknisen luokan pysyminen samana kuin ympäröivän rakennuksen osan. [6, s. 89.]

Yleisesti kaapeleiden asennuksessa tulee noudattaa valmistajien ilmoittamia ohjeita, joissa ilmoitetaan esimerkiksi kiinnitysvälit, alimmat asennuslämpötilat, minimitaivutussäteet ja maksimivetovoimat [7, s. 11].

## 6.2 Kaapelihyllyjen asennus

Kaapelihyllyjen asennuksessa on huomioitava hyllyjen mahdollinen lämpölaajeneminen palon aikana. Tästä johtuen kaapelihyllyjä ei pidä asentaa palokatkosten läpi vaan hylly tulisi aina katkaista läpiviennin kohdalta. Kaapelihyllyjen ensimmäiset kannakkeet tulee asentaa enintään 750 mm:n päähän läpiviennistä. [7, s. 11; 5, s. 236.]

Kaapelihyllyjen ja muiden liitoskappaleiden kohdalla hyllykannakkeet pitäisi asentaa enintään 300 mm:n päähän liitoskohdasta, jotta liitoksen tuenta on riittävä. Pystyhyllyjen asennuksessa hylly kiinnitetään seinäkiinnikkeillä seinään 1–1,5 metrin välein ja mikäli järjestelmältä vaaditaan korkeampaa palolukitusta, voidaan pystyhylly kiinnittää lattiaan seinäkiinnityksen lisäksi. Vaakahyllyjen asennuksessa hyllykannakkeiden asennusväli on yleensä 1,25–1,5 metriä ja aiemmin esitellyssä taulukossa 5 on havainnollistettu Meka Pro Oy:n eri tuotteiden asennusohjeita. [11, s. 3–6.]

Kaapelihyllyjen asennuksessa tulee kuitenkin noudattaa valmistajien ilmoittamia ohjeita, jotta voidaan varmistaa asennuksien palonkestävyys. Valmistajien välisissä ohjeissa on jonkin verran eroavaisuuksia johtuen siitä, ettei kaapelihyllyjen rakenteelle tai testaukselle ole suomalaista tai eurooppalaista standardia vaan palonkestävyys voidaan osoittaa käyttämällä muiden maiden kansallisia standardeja tai valmistajan ilmoittamia tietoja. [5, s. 432.]

## 6.3 Roiloasennus

Roiloasennuksissa on ensimmäiseksi varmistettava voiko haluttuun kohtaan tehdä kaapelille roilon ja roilon mitat on myös syytä huomioida esimerkiksi syvyyden ja leveyden osalta. Yhteen roiloon saa asentaa enintään kolme

kaapelia. Roilot tulee täyttää riittävän paksulla kerroksella palamatonta materiaalia. Kaapelivalmistajilla voi olla omia ohjeistuksia roilon täyttöön tarvittavan rappauksen paksuudesta. [7, s. 7.]

#### 6.4 Uppoasennus palamattomaan rakenteeseen

Palonkestävän johtojärjestelmän voi toteuttaa upottamalla asennuskaapeli joko palamattomaan rakenteeseen (esimerkiksi betoniin), tai muihin A1-luokan rakenteisiin tai vaatimukset täyttävään runkorakenteeseen, kevytrakenteiseen, esimerkiksi kipsilevyistä tai muista A2-luokan materiaaleista rakennettuun seinään. Palamattoman rakenteen uppoasennuksissa tulee noudattaa kaapelivalmistajan ohjeita. [7, s. 7.]

#### 6.5 Asennus rakennusteknisen palosuojauksen avulla

Mikäli asennuksissa käytetään rakennusteknistä palosuojauksia suojaamaan johtojärjestelmää mekaanisesti sekä tulipalolta, sen toteutuksena on joko rakenteellinen kotelointi, jolla on riittävä mekaaninen suojaus ja palosuojaus säilyy, tai johtojärjestelmän asennus toteutetaan erillisiin palosuojakoteloihin. [5, s. 431.]

Rakennusteknisen palosuojauksen käyttö ei saa heikentää johtojärjestelmän piirien jatkuvuutta, joten toteutuksessa on myös huomioitava lämpötilan ja kosteuden kohoaminen tulipalon aikana [7, s. 7].

## 7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia palonkestävien johtojärjestelmien vaatimuksia ja toteutustapoja sekä samalla selvittää palon aikana toimiviksi tarkoitettujen turvajärjestelmien vaatimuksia. Näiden tietojen perusteella on koottu kattava tietopaketti palonkestävien johtojärjestelmien suunnittelua ja asennusta varten.

Turvajärjestelmien tarve tulee selvittää jo hyvissä ajoin ennen varsinaisen suunnittelutyön aloitusta tilaajan ja paloviranomaisten kanssa, koska jotkin turvajärjestelmät voivat olla rakennusluvan ehtona. Samalla saadaan kokonaiskuva kuinka laajoja palonkestäviä johtojärjestelmiä turvajärjestelmät vaativat.

Turvajärjestelmien suunnittelussa tulee huomioida lukuisat eri lait, asetukset, määräykset, standardit sekä tuotteiden valmistajien ohjeet, jotta voidaan varmistaa johtojärjestelmän palonkestävyys koko järjestelmän matkalta. Palonkestävässä johtojärjestelmässä kaikkien käytettyjen komponenttien kuten kaapeleiden, kaapelihyllyjen ja asennustarvikkeiden tulee olla osoitettu palonkestäviksi standardien mukaisilla tavoilla. Lisäksi kaikkien palonkestävässä johtojärjestelmässä käytettyjen kannakkeiden ja kiinnikkeiden kiinnitysalustojen pintojen tulee olla palamatonta materiaalia, esimerkiksi betonia. Standardissa SFS 6000-5-56 ja ST-kortissa 51.06 on esitetty vaatimuksia ja ohjeita palonkestävien johtojärjestelmien toteutukselle.

Valmistajien ilmoittamia asennusohjeita on erittäin tärkeä noudattaa niin suunnittelussa kuin asennuksissakin, koska niissä ilmoitetaan tuotteille testatut ja hyväksytyt asennustavat, joilla asennusten ja johtojärjestelmän palonkestävyys ei heikkene. Esimerkiksi kaapelihyllyjen ja niiden kiinnitystarvikkeiden rakenteelle ja testaukselle ei ole olemassa suomalaista tai eurooppalaista standardia. Tästä johtuen niiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa muiden maiden kansallisten standardien vaatimusten mukaisilla menetelmillä (usein käytetty DIN 4102) tai valmistajalta saatujen tietojen perusteella.

Turvajärjestelmille on ilmoitettu vähimmäistoiminta-aikoja palon aikana. Tämä tulee huomioida palonkestävien johtojärjestelmien suunnittelussa ja

toteutuksessa esimerkiksi komponenttien valinnassa ja asennustavoissa, jotta johtojärjestelmän palonkestävyysaika takaa turvajärjestelmälle riittävän toiminta-ajan palossa.

Insinööriä tehtäessä tuli havaittua, että palonkestävien johtojärjestelmien vaatimuksia ja ohjeistuksia olisi hyvä yhtenäistää ja tuoda niitä myös paremmin sekä selkeämmin esille. Tällä hetkellä niihin liittyvää tietoa on esitetty useissa eri lähteissä, jolloin kaiken tarpeellisen tiedon löytäminen on haastavaa sekä työlästä. Palonkestäviä johtojärjestelmiä nykyään tarvitaan useissa kohteissa, joten olisi tarpeellista, että tietoa olisi helpommin saatavilla. Tämä helpottaisi suunnittelu- ja asennustyötä.

## Lähteet

- 1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <[ym.fi/rakentamismaaraykset](http://ym.fi/rakentamismaaraykset)>, Luettu 20.2.2022.
- 2 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. 2017. 848/12.12.2017. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 3 Sähköturvallisuuslaki. 1135/16.12.2016.
- 4 Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 5 SFS-käsikirja 600–1–1. Pienjännitesähköasennukset: Osa 1–1. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 6 Kaapelit ja paloturvallisuus. 2016. ST-käsikirja 39. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 7 Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille johtojärjestelmille. 2020. ST-kortti 51.06. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 8 Sähkökaapelit ja paloturvallisuus. 2018. ST-kortti 51.17. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 Palossa toimivien kaapeleiden asennusohje. 2021. Verkkoaineisto. Reka Kaapeli Oy. <[https://img3.materialbank.net/NiboWEB/reka/getPublicImage.do?ticket=7&name=Palossa\\_toimivien\\_kaapeleiden\\_asennusohje\\_2021.pdf&type=original](https://img3.materialbank.net/NiboWEB/reka/getPublicImage.do?ticket=7&name=Palossa_toimivien_kaapeleiden_asennusohje_2021.pdf&type=original)>. Luettu 25.2.2022.
- 10 Fire Performance Standards. Verkkoaineisto. Cables Britain Ltd. <<https://cablesbritain.com/cables-accessories/fire-performance-cables/fire-performance-standards/>>. Luettu 1.3.2022.
- 11 Palonkestävät kaapelitiejärjestelmät. 2022. Verkkoaineisto. Meka Pro Oy. <<https://mekaeu.wpcomstaging.com/wp-content/uploads/2022/03/Mekan-palonkestavat-kaapelitiejarjestelmat.pdf>>. Luettu 18.3.2022.
- 12 Palonkestävät asennusjärjestelmät. 2016. Verkkoaineisto. Pistesarjat Oy. <[https://pistesarjat.fi/files/esitteet/Palonkestavat\\_asennusjarjestelmat\\_2016\\_web.pdf](https://pistesarjat.fi/files/esitteet/Palonkestavat_asennusjarjestelmat_2016_web.pdf)>. Luettu 5.3.2022.
- 13 Palonkestävät johtojärjestelmät. 2016. Verkkoaineisto. OBO BETTERT-MANN Oy. <[https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Produktkataloge/05\\_BSS/Katalog-BSS\\_fi\\_2016.pdf](https://www.obo.fi/fileadmin/DMS/Produktkataloge/05_BSS/Katalog-BSS_fi_2016.pdf)>. Luettu 6.3.2022.

- 14 Sähköläpivientien paloeristäminen. 2014. ST-kortti 51.18.02. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 15 Laki pelastustoimen laitteista. 2007. 10/12.1.2007.
- 16 Paloilmoittimen suunnittelu, asennus ja ylläpito. 2019. ST-ohjeisto 1. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 17 Turvavalaistus ja poistumisopasteet, suunnittelu. 2020. ST-kortti 59.10. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 18 Tuote-esitys. 2020. Verkkoaineisto. Exilight Oy. <[https://exilight.fi/wp-content/uploads/2020/09/2020\\_exilight\\_tuote\\_esite.pdf](https://exilight.fi/wp-content/uploads/2020/09/2020_exilight_tuote_esite.pdf)>. Luettu 10.3.2022.
- 19 Sisäministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisimisesta. 2005. 805/6.10.2005. Helsinki: Sisäministeriö.
- 20 Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmät. 2018. ST-ohjeisto 21. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 21 Savunhallinnan ohjaus- ja valvontajärjestelmä, suunnittelu. 2019. ST-kortti 666.10. Espoo: Sähköinfo Oy.