

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Ville Hirvonen

TOIMINNALLINEN PALOTURVALLISUUSSUUNNITTELU JA EML-ARVIO

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Ville Hirvonen

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja EML-arvio, 52 sivua, 4 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Ohjaajat: lehtori Martti Muinonen, yksikönpäällikkö Kim Ruokonen

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu eri muodoissaan yleistyy jatkuvasti varsinkin suurempien ja erikoisempien kohteiden suunnittelussa. Toiminnallisella paloturvallisuussuunnittelulla tarkoitetaan rakennusten suunnittelemista paloturvalliseksi käyttäen tietoa kohteesta, siinä toimivista ihmisistä, pelastustoimesta sekä mahdollisista palotapauksista. Tämä suunnitelma laaditaan yhteistyössä viranomaisten kanssa. Koska toiminnallisesti suunnitellut kohteet ovat usein suuria, voivat niissä tapahtuvat tulipalot aiheuttaa merkittäviä omaisuusvahinkoja.

Vakuutusyhtiöt laativat suurimmista kohteistaan EML-arvion, eli arvion siitä, kuinka suuri vahinko kohteessa voisi pahimmassa mahdollisessa tapauksessa syntyä. Toiminnallinen paloturvallisuussuunnitelma taas laaditaan kattamaan kohteessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Koska EML-arviossa tarkastellaan suurinta mahdollista vahinkoa, ei siinä huomioida lainkaan paloteknisiä laitteita kuten automaattista sammutuslaitteistoa tai savunpoistoa, joiden toimintavarmuudet ovat 80–90 prosenttia. Nämä laitteistot ovat kuitenkin usein merkittävässä asemassa toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa.

Tämän työn tarkoituksena on pohtia vakuutusyhtiön kannalta sitä, miten toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun ratkaisut mahdollisesti vaikuttavat EML-arvion laatimiseen sekä vahinkojen suuruuteen rakennuksen ja omaisuuden osalta. Asiaa lähestytään käytännön esimerkkien sekä Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 sallimien lievennysten kautta.

E1 sallii taulukkomitoitukseen verrattuna huomattavia lievennyksiä rakennuksen kantavien rakenteiden ja pintojen vaatimuksiin, mikäli rakennukseen asennetaan automaattinen sammutus- tai savunpoistolaitteisto. Myös palo-osaston kokoa saadaan suurentaa merkittävästi. Näillä lievennyksillä ei ole suurtakaan merkitystä suunnittelun pohjana olevissa, rakennuksessa todennäköisesti esiintyvissä tilanteissa. Sitä vastoin EML-arvion mukaisessa, pahimmassa mahdollisessa tilanteessa vahingot voivat näiden lievennysten takia suurentua huomattavasti, kun palotekniset laitteet eivät toimi ja savu ja lämpö pääsevät aiheuttamaan tuhoja laajemmalla alueella.

Asiasanat

EML, sprinkleri, savunpoisto, vakuuttaminen

ABSTRACT

Ville Hirvonen

Performance-Based Fire Safety Design and EML-evaluation, 52 pages, 4 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Construction Technology

Master`s degree in engineering

Instructors: lecturer Martti Muinonen, Vice President Kim Ruokonen

Performance-Based Fire Safety Design in various forms is becoming more common especially in the design of larger and more special constructions. Performance-Based Fire Safety Design means that buildings and other constructions are designed to be safe in case of fires by using the information on the construction itself, it's occupants, fire services and possible cases of fires. This plan is prepared in co-operation with the authorities. Performance-Based Fire Safety Design is often used for large constructions where fires can cause extensive losses.

For their largest objects insurance companies prepare an EML-evaluation, which is an estimation of maximum losses in the worst possible case whereas Performance-Based Fire Safety plan is made to cover probable cases. EML-evaluation does not take into account fire-technical devices such as automatic fire extinguishing system or smoke extraction. However these fire-technical devices have a significant role in Performance-Based Fire Safety Design.

The aim of this study is to consider from the insurance company's point of view how the solutions of Performance-Based Fire Safety Design may affect the preparation of the EML-evaluation and the extent of damage to buildings and property losses. The matter has been considered through practical examples and relief according to part E1 of The National Building Code of Finland.

E1 does allow significant alleviations to the requirements of load-bearing construction elements and surfaces if an automatic fire extinguishing or smoke extraction system has been installed into the building. It is also possible to increase the size of the fire compartment. These reliefs are not significant in the most probable cases that are used as a basis for the design. On the other hand in the worst possible case according to EML-evaluation damage and losses may increase significantly when the fire-technical devices do not work with the result that smoke and heat cause damage on larger areas.

Keywords

EML, sprinkler, smoke venting, insurance

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 TOIMINNALLINEN PALOTURVALLISUUSSUUNNITTELU	7
2.1 Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu Euroopassa	9
2.2 Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun käyttö	11
2.3 Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun eteneminen	15
2.4 Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja tilojen käyttäjät	17
3 TOIMINNALLINEN PALOTURVALLISUUSSUUNNITTELU JA PALOTEKNISET LAITTEET	19
3.1 Automaattinen paloilmoitin	19
3.2 Automaattinen sammutuslaitteisto (sprinkleri)	22
3.3 Automaattinen savunpoistolaitteisto	28
3.4 Paloteknisten laitteistojen yhteistoiminta	30
4 EML-ARVIO	32
5 ESIMERKKIKOHTTEET	34
5.1 Myymälärakennus	34
5.2 Päivittäistavarakauppa	36
5.3 Autojen varastointihalli.....	37
5.4 Suuri kokoontumistila	39
5.5 Peruskorjattu vanha kohde.....	40
6 PÄÄTELMÄT	44
6.1 E1:n sallimien lievennysten vaikutus rakenteisiin	45
6.2 Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja EML-arvio	46
6.3 Tulevaisuuden näkymät.....	48
KUVAT	52
LÄHTEET	53

LIITTEET

Liite 1 Myymälärakennuksen rakennustiedot

Liite 2 Päivittäistavarakaupan rakennustiedot

Liite 3 Autojen varastointihallin rakennustiedot

Liite 4 Suuren kokoontumistilan rakennustiedot

1 JOHDANTO

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu yleistyy jatkuvasti erityisesti vaativampien ja suurempien kohteiden paloteknisessä mitoituksessa. Nämä kohteet ovat myös yleensä sellaisia, joissa voi tapahtua suuria omaisuusvahinkoja, joita vakuutusyhtiö joutuu korvaamaan. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus pohtia sitä, miten toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu sekä paloteknisten laitteiden käyttö vaikuttaa rakennuksen rakenteisiin ja palotekniikkaan sekä mikä vaikutus näillä on mahdolliseen suurempaan palovahinkoon. Vakuutusyhtiön kannalta on tarkoitus pohtia sitä, miten toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun ratkaisut mahdollisesti vaikuttavat EML-arvion laatimiseen sekä vahinkojen suuruuteen rakennuksen ja omaisuuden osalta. Asiaa lähestytään muutaman käytännön esimerkin sekä E1:n sallimien lievennysten kautta. Työssä käsitellään ainoastaan tulipalosta aiheutuvia omaisuusvahinkoja rakennuksen tietojen pohjalta eikä EML-arvioon liittyviä keskeytysvahinkoja käsitellä työssä lainkaan. Tarkoitus on myös pohtia toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun tulevaisuutta sekä käyttömahdollisuuksia myös vakuutusyhtiön tarpeisiin.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa E1, Rakennusten paloturvallisuus, sallii paloturvallisuuden kannalta rakennusten oleellisten vaatimusten täyttymisen osoittamiseen kaksi tapaa. Toinen on perinteinen, niin sanottu taulukkomitoitus, jossa käytetään E1:n määräysten ja ohjeiden mukaisia paloluokkia ja lukuarvoja. Toinen tapa on vaatimusten täyttymisen osoittaminen toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun kautta. Tässä opinnäytetyössä selvitetään aluksi, mitä on toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja miten se etenee sekä käydään läpi toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun yleisyyttä eri puolella Eurooppaa.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 sekä sen soveltamisoppaan kautta selvitetään myös toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun useasti liittyvien paloteknisten laitteiden käytöstä saatavia lievennyksiä E1:n taulukkomitoituksen mukaisiin arvoihin sekä paloluokkiin. Esimerkiksi

automaattisen sammutuslaitteiston asentamisen perusteella voidaan rakennuksen palo-osastojen kokoa kasvattaa huomattavasti ja kantavien rakenteiden palonkestoa pienentää.

Sekä E1 että toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu lähtevät siitä olettamuksesta, että suunnittelu ja turvallisuustaso kattavat rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vakuutusyhtiöt taas laativat omiin tarpeisiinsa niin sanotun EML-arvion, eli arvion siitä, kuinka suuri vahinko kohteessa voi pahimmassa mahdollisessa tilanteessa syntyä. Työssä pohditaan E1:n sallimien lievennysten ja esimerkkikohteiden kautta niiden vaikutusta tähän suurimpaan mahdolliseen vahinkoon.

2 TOIMINNALLINEN PALOTURVALLISUUSSUUNNITTELU

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohdan 1.2 mukaan rakennuksen ja muun rakennuskohteen olennaisista vaatimuksista on voimassa, mitä maankäyttö- ja rakennusasetuksessa tai muutoin on erikseen säädetty tai määrätty. Paloturvallisuuden kannalta tämä tarkoittaa erityisesti sitä, että rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan, palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua sekä palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa. Lisäksi rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin ja pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon. Näiden vaatimusten katsotaan täyttyvän, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen E1:n määräysten ja ohjeiden paloluokkia ja lukuarvoja ("taulukkomitoitus"). Toinen vaihtoehto paloturvallisuusvaatimusten täyttämiseen on rakennuksen suunnittelu ja rakentaminen oletettuun palonkehitykseen perustuen (toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu). Tällöin tulee huomioida rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet ja vaatimuksen täytyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö.

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu on käänös englanninkielisestä termistä "*Performance-Based Fire Safety Design*" ja sillä tarkoitetaan rakennusten ja muiden rakennetun ympäristön kohteiden suunnittelemista paloturvalliseksi käyttäen kohdetta, siinä toimivia ihmisiä, pelastustoimea ja mahdollisia palotapauksia koskevaa tietoa. Toiminnallinen paloturvallisuussuunnitelma laaditaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohdan 1.3.2 mukaisesti yhteistyössä viranomaisten kanssa. (Hietaniemi 2007, 5, 7)

Toiminnallisen paloturvallisuussuunnitelman laatii pätevä paloturvallisuussuunnittelija, jonka pätevyysvaatimukset on määritelty vastaavasti kuin muillakin suunnittelijoilla. Paloturvallisuussuunnittelijan

pätevyys jakaantuu AA-, A- ja B-luokkaan. Näiden eri luokkien mukaiset määritelmät ja koulutus sekä pätevyysvaatimukset on määritelty FISE Oy:n ohjeissa. FISE Oy pitää myös kirjaa hyväksytyistä suunnittelijoista. Tällä hetkellä rekisterissä on hieman yli kaksikymmentä A- tai AA-pätevyyden omaavaa paloturvallisuussuunnittelijaa. (FISE Oy, 2010)

Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa lähdetään kohteen ominaisuuksista ottaen huomioon kaikki paloturvallisuuden kannalta oleelliset tekijät. Suunnittelu perustuu tulipalon uhkakuviin, joita kohteessa voi esiintyä. Uhkakuvat ovat kuvauksia kohteen eri tiloissa alkavista paloista, joita paloturvallisuussuunnittelija käsittelee laadullisesti ja määrällisesti arvioiden muun muassa palon alkamisen todennäköisyyttä, palon kasvamis tapoja ja kasvunopeuksia sekä palon leviämisen mahdollisuutta. Uhkakuvista sovitaan paloviranomaisten kanssa suunnitteluprosessin alussa. Tässä arvioinnissa otetaan huomioon kohteen ominaisuudet tarkastellen muun muassa tilojen ja rakenteiden ominaisuuksien (esimerkiksi palavat materiaalit) sekä eri palontorjuntalaitteiden, kuten alkusammuttimien, palonilmaisimien, savunpoistolaitteiden ja automaattisten sammutuslaitteiden vaikutusta. Jos uhkakuvaan liittyy henkilöturvallisuuden arviointi, tulee suunnittelijan määrittää tilassa olevien henkilöiden määrä sekä näiden henkilöiden jakautuminen toimintakyvyltään erilaisiin henkilötyyppisiin sekä näiden eri henkilötyyppien toiminta, eli tiedon saaminen palosta ja tähän tietoon reagoiminen, sekä poistumisen vaatima aika. Yleensä yhdenkin uhkakuvan tarkastelussa käydään läpi useita eri vaihtoehtoja, kunnes löydetään paloturvallisuustavoitteet täyttävä ratkaisu. Paloturvallisuustavoitteiden täytyminen selvitetään vertaamalla kohteen toimintaa palon sattuessa sen toiminnalle asetettuihin hyväksymiskriteereihin. Vielä tällä hetkellä hyväksymiskriteerit sovitaan kohdekohtaisesti paikallisten palo- ja rakennusviranomaisten kanssa. Tilanne on epätydyttävä siinä mielessä, että tulkinnot siitä, mikä on turvallista ja mikä ei, poikkeavat eri paikkakunnilla, kun turvallisuus sinänsä ei voi riippua siitä, missä kunnassa ollaan. (Hietaniemi & Rinne 2007, 13–14)

Tulipalon eteneminen tilassa eli se, miten savu ja kuumat kaasut leviävät, milloin ilmaisimet tai sammutinlaitteet toimivat, määritetään käyttäen

palonsimulointia, jossa termi "simulointi" viittaa todellisuuden jäljittelyyn. Palon simuloinnin tietokoneohjelmat ovat ohjelmistoja, joilla kuvataan tulipaloa kyseisessä kohteessa. Parhaat nykyään saatavilla olevat ohjelmat pystyvätkin täyttämään tämän tehtävän riittävän hyvin, joten kohteen palonaikaiseen toimintaan viittaava termi "toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu" on sopivampi kuin vielä säädöksissä esiintyvä termi "oletettuun palonkehitykseen perustuva" suunnittelu. Ihmisten poistumista arvioidaan poistumisen simulointiohjelmilla, jotka pyrkivät mahdollisimman hyvin ottamaan huomioon ihmisten todellisen käyttäytymisen palon sattuessa. Rakenteiden vasteen laskentaan voidaan käyttää erilaisia laskentamalleja yksinkertaisista yksittäisten rakenneosien toiminnan käsinlaskentakaavoista aina rakennejärjestelmien lämpömekaanisen toiminnan FEM-perustaisiin tietokoneohjelmiin. (Hietaniemi & Rinne 2007, 13–14)

Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun olennaiset tekijät ovat siis paloturvallisuustavoitteiden määrittely, suunnitteluprosessi kokonaisuudessaan sekä uhkakuvat, jotka käsitellään määrällisesti käyttäen palonsimulointia, poistumislaskentaa sekä rakenteiden toiminnan laskentaa. Tulosten perusteella arvioidaan kohteen turvallisuus vertaamalla kohteen toiminnalle saatuja tuloksia paloturvallisuusvaatimukseen ja niihin liittyviin hyväksymiskriteereihin. (Hietaniemi & Rinne 2007, 13–14)

2.1 Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu Euroopassa

Suomessa toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu tarkoittaa tällä hetkellä käytännössä sitä, että suunnittelu toteutetaan osin rakennusmääräyskokoelman osan E1 määräysten ja ohjeiden lukuarvoja ja luokkavaatimuksia noudattaen ja osin käyttäen paloturvallisuustekniikan menetelmiä. Vuodesta 1997 Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa E1 on tunnustanut myös toiminnallisten paloturvallisuussuunnittelun, eli oletettuun palonkehitykseen perustuvan mitoituksen. Ympäristöministeriön rakennusten rakenteellista turvallisuutta koskeva ohjeistus muuttuu lähitulevaisuudessa, kun Eurokoodit korvaavat niihin

rinnastettavat rakenteiden kantavuutta koskevat tekniset ohjeet vuonna 2010. Myös muualla Euroopassa rakenteellinen suunnittelu tulee tulevaisuudessa perustumaan Eurocode-systeemiin. Eurokoodeissa on erillinen paloturvallisuussuunnitteluosio ja lisäksi kunkin materiaalin Eurokoodissa käsitellään siihen liittyvää paloteknistä mitoitusta. Eurokoodin palo-osa on *SFS EN 1991-1-2: Eurocode 1 - Rakenteiden kuormat ja osa 1-2 Yleiset kuormat - Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset*. Eurokoodeissa toiminnallinen mitoitus on samanarvoinen standardipaloon perustuvan mitoituksen kanssa. (VTT, Paloturvallisuussuunnittelijan oppimisympäristö, Suunnitteluprosessi)

Ennen Eurokoodien voimaantuloa toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun käyttö Euroopassa on ollut erittäin vaihtelevaa. Tällä hetkellä palosäädökset ovat täysin toiminnalliset tai pohjimmiltaan toiminnallisiksi tulkittavissa Iossa-Britanniassa, Ruotsissa ja Norjassa. Ranskassa on meneillään tutkimus- ja kehitystyö, jolla pyritään toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun merkittävään lisääntymiseen. Myös Tanska suunnittelee muutoksia, jotka vievät yhä enemmän kohti toiminnallisia palosäädöksiä ja paloturvallisuustekniikan käyttöä. Tällä hetkellä tanskalaiset rakennusmääräykset ovat laajalti toiminnallisuusperustaiset, mutta myös luokkamääräyksiä sovelletaan. (Hietaniemi 2006, EU:n raporttien pohjalta)

Toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun ei monessakaan Euroopan maassa ole vielä olemassa yhdenmukaisia hyväksymiskäytäntöjä, minkä takia toiminnallisesti tehdyt suunnitelmat tulee usein hyväksyttävä erikseen valvovilla viranomaisilla. Näin on esimerkiksi Kreikassa, Italiassa, Belgiassa, Hollannissa, Tanskassa ja Sveitsissä. Hollannissa ja Itävallassa rakennusmääräykset perustuvat toiminnallisuuskriteereihin ja toiminnallista paloturvallisuussuunnittelua sovelletaan rakennusmääräysten samanarvoisuusperiaatteen nojalla. Suunnitelmien hyväksyttämiseen voidaan käyttää laskentamenetelmiä, erilaisia kokeita ja asiantuntija-arvioita, jotka hyväksytään ainakin Luxemburgissa, Irlannissa, Sveitsissä ja Islannissa. Myös Saksassa paikalliset viranomaiset voivat hyväksyä vaihtoehtoisia tapoja paloturvallisuuden osoittamisessa. (Hietaniemi 2006, EU:n raporttien pohjalta)

Joissakin maissa kuten Espanjassa toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun rooli on ainakin tähän asti ollut likipitään olematon. Siellä vaihtoehtoisten paloturvallisuussuunnitelmien hyväksymisessä käytetään vain asiantuntija-arvioita, mutta laajamittainen toiminnallisen suunnittelun ja paloturvallisuustekniikan sisältävä säädösreformi on suunnitteilla. Portugalissa taas vaihtoehtoisten paloturvallisuussuunnitelmien hyväksymisessä käytetään vain asiantuntija-arvioita eikä aikeita siirtymisestä kohti toiminnallista suunnittelua ole. (Hietaniemi 2006, EU:n raporttien pohjalta)

2.2 Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun käyttö

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohta 1.3.2 antaa mahdollisuuden käyttää taulukkomitoituksen sijasta toiminnallista palomitoitusta. Sen mukaan paloturvallisuusvaatimusten katsotaan taulukkomitoituksen lisäksi täyttyvän myös, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täyttyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö.

Yleisesti toiminnallista paloturvallisuussuunnittelua käytetään muiden kuin kantavien ja osastoivien rakennusosien kestävyuden mitoittamiseen. Nämä mitoitetaan yleisesti E1:n taulukoiden perusteella, ja niissä huomioidaan paloteknisten laitteiden sallimat lievennykset. Toiminnallista suunnittelua käytetään paloteknisten laitteiden kuten sammutuslaitteiston ja savunpoiston mitoittamiseen niin, että rakennuksessa saavutetaan riittävä turvallisuustaso esimerkiksi poistumisturvallisuuden osalta. Lisäksi toiminnallista suunnittelua voidaan käyttää E1:n taulukoiden perusteella tehdyn mitoituksen tarkastamiseen tai erikoisempaan kohteeseen valittujen ratkaisujen, kuten uloskäytävien toimivuuden tarkastamiseen. Tyypillisiä kohteita ovat isommat kokoontumis- ja liikehuoneistot joissa on tarpeen kasvattaa palo-osaston kokoa sekä etäisyyttä uloskäytäviin. Lisäksi historiallisten kohteiden paloturvallisuutta on tutkittu toiminnallisen palomitoituksen kautta.

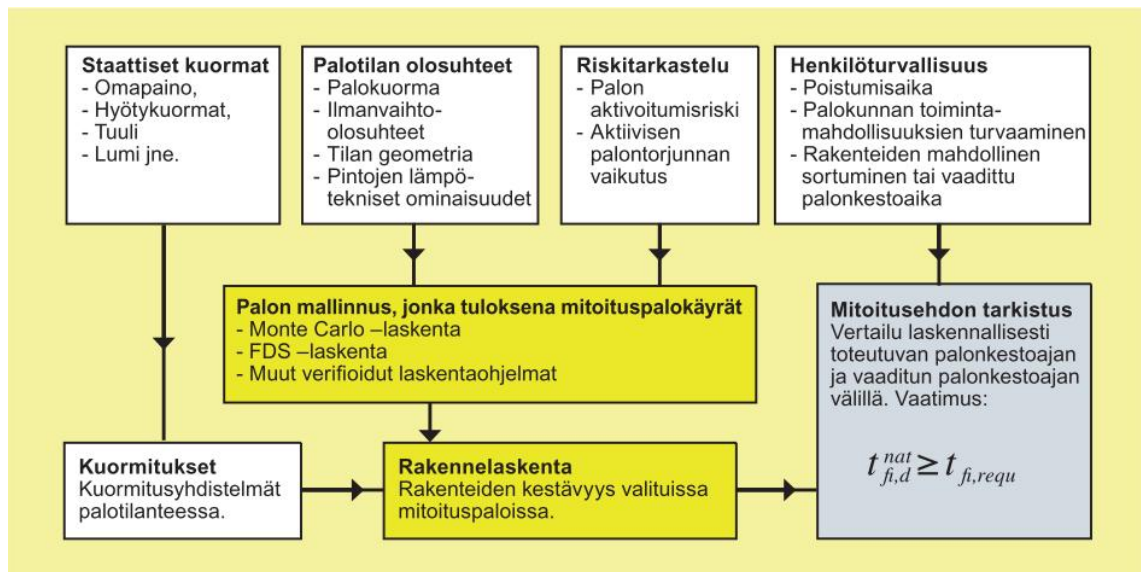
Toiminnallisen palomitoituksen kautta voidaan hakea myös kustannussäästöjä esimerkiksi savunpoiston osalta, mikä on kauppakeskuksen kaltaisessa rakennuksessa kokonaiskustannuksiltaan merkittävä osa rakentamista. Laitteiston mitoittamiseen on tällöin kaksi vaihtoehtoa: vakiopalotehoon perustuva laskenta ja palosimulointi. Palosimuloinnilla voidaan saada koneelliselle savunpoistolle huomattavasti vakiopalotehoa pienempi ilmamäärä joka vaikuttaa suoraan laitteiston kustannuksiin. (Torkkeli 2009, 6, 64)

Suurin osa toiminnallisesta paloturvallisuussuunnittelusta Suomessa on liittynyt savunpoistoon tai poistumisturvallisuuteen kun taas rakenteet on valittu E1:n taulukkomitoituksen perusteella. Vuosina 2007 - 2008 toteutettiin tutkimusprojekti jossa kehitettiin rakenteiden toiminnallisen palomitoituksen ohjeistusta ja tuotemallipohjaista suunnittelua. Projektissa kehitettiin rakenteellisen paloturvallisuuden analysointia varten todenmukaisempi ja luotettavampi lähestymistapa, jossa otetaan huomioon aktiivinen palontorjunta ja palon todelliset ominaisuudet. Lisäksi kehitettiin kolmen ohjelman yhteistoimintamalli, jolla voidaan toteuttaa rakenteiden toiminnallinen palomitoitus käyttäen kunkin kohteen suunnittelun alussa sovittuja palon uhkakuvia. Kolmen ohjelmiston kokonaisuuden muodostavat tuotemalliohjelma, rakenneanalyysiohjelma sekä palon simulointiohjelma, joiden välinen tiedonsiirto kehitettiin projektin aikana. (Outinen 2009, 26–29)

Mallintamisessa tutkittavan palotilanteen lähtötietoina käytetään pätevän paloturvallisuussuunnittelijan kanssa määriteltäviä uhkakuvia, joissa voidaan hyödyntää muun muassa VTT:n keräämää palodataa ja sen perusteella koottuja niin sanottuja palopaketteja, joissa erilaisten rakennustyyppien tilastollisesti tyypillisiä palokuormia on koottu laskennan lähtötiedoiksi. VTT on koonnut myös erilliseen julkaisuun toiminnallisen palomitoituksen hyväksymiskriteerit. E1:n taulukkomitoitus perustuu niin sanottuun standardipalokäyrään, jossa laskennallinen lämpötila nousee nopeasti hyvin korkeaksi koko palotilassa ja jatkaa hitaampaa nousua aina tarkastelun lopettamiseen saakka. Standardipalo ei ota huomioon esimerkiksi palotilan geometriaa, palokuorman tyyppiä, määrää ja sijaintia, palon saamaa hapen

määrää tai palon hiipumisvaihetta, jotka toiminnallisessa mitoituksessa voidaan huomioida. Rakenteiden toiminnallisen mitoituksen tavoitteena on määrittää kohdekohtaisesti todenmukaisempia arvoja tekijöille, jotka paloturvallisuuteen vaikuttavat. Ilmiöiden syvällisemmällä ymmärtämisellä ja tarkemmalla analyysillä saavutetaan yhtä hyvä tai parempi turvallisuustaso, kuin yleisillä standardipaloon perustuvilla määräyksillä. Ensisijaisena tavoitteena on varmistua rakennuksessa olevien henkilöiden ja pelastushenkilökunnan turvallisuudesta, toissijaisena tavoitteena on pienentää palosta aiheutuvia taloudellisia, aineellisia ja rakenteellisia vahinkoja. (Ruukki 2008)

Aktiivisen (esimerkiksi sprinklaus, palokunnan toiminta) ja passiivisen (esimerkiksi rakenteellinen palosuojaus) palontorjunnan sopivaa yhdistelmää käyttäen voidaan toiminnallisella palosuunnittelulla saavuttaa kohteelle tavoiteltu turvallisuustaso. Viranomaisten tehtävänä on määrätä, mitä uhkakuvia tietyn kohteen suunnittelussa on otettava huomioon. Näiden uhkakuvien huomioon ottaminen on paloturvallisuussuunnittelijan tehtävä. Suunnittelijan tulee esittää tarkastelut perusteellisesti ja sisällyttää tarvittavat herkkyysanalyysit suunnitelmaan. Kuten muussakin suunnittelussa, myös toiminnallisessa suunnittelussa asioita joudutaan yksinkertaistamaan. Suunnittelijan on huolehdittava siitä, että yksinkertaistukset johtavat turvallisella puolella oleviin tuloksiin. Suunnitelmien tarkastuksessa viranomaisen voi käyttää hyväkseen myös kolmatta asiantuntijaosapuolta. Yksinkertaisessa mallissa laskenta perustuu niin sanottuun määrättyyn kriittiseen lämpötilaan. Jos rakenteen lämpötila pysyy kriittistä lämpötilaa alempana, rakenne kestää siihen kohdistuvat rasitukset ja jos se kohoaa sen yli, rakenne sortuu. Tavoite saavutetaan, jos kriittisen lämpötilan saavuttamiseen kuluva aika on pitempi kuin vaadittu palonkesto-aika. Kuvassa 1 on esitetty oletettuun palonkehitykseen perustuvan rakenteellisen palomitoituksen kulku yksinkertaistettuna. (Ruukki 2008)



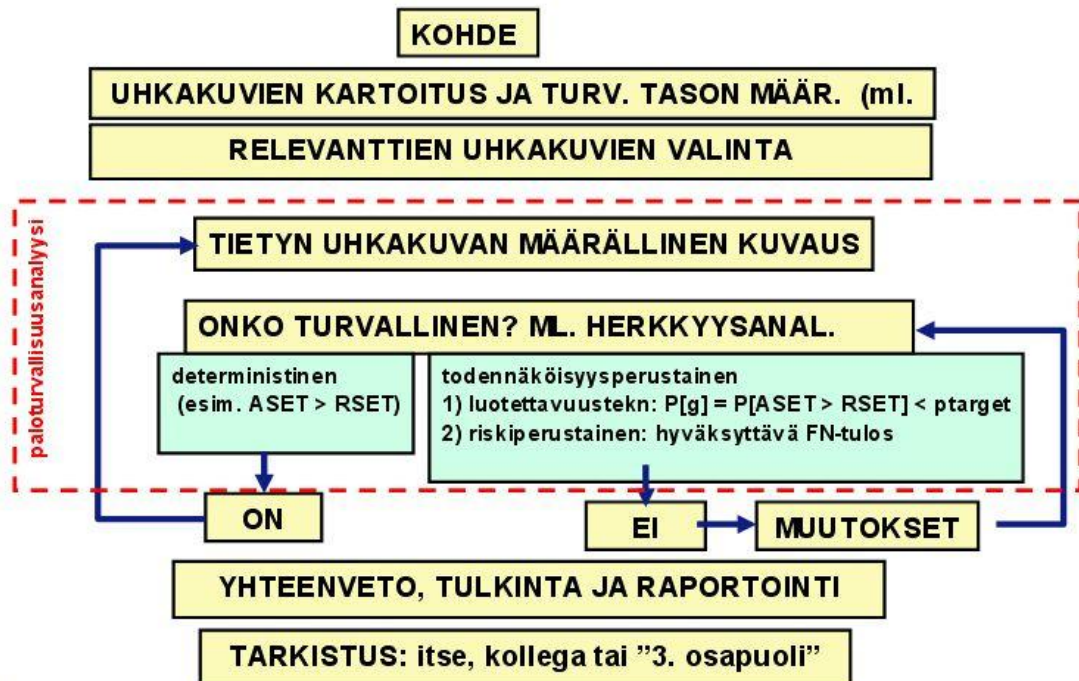
Kuva 1. Oletettuun palonkehitykseen perustuvan rakenteellisen palomitoituksen kulku yksinkertaistettuna. (Ruukki 2008)

Haasteina rakenteiden toiminnallisessa palomitoituksessa nähtiin suunnittelijoiden ja viranomaisten erilaiset mielipiteet vaatimuksista ja niiden täyttymisestä erilaisissa kohteissa sekä toiminnallisen suunnitelman dokumentointi ja sen vaatiminen. Myös palosimuloinnin ja rakennesuunnittelun yhdistäminen on edelleen haasteellista, vaikka työkalut sen tekemiseen ovat olemassa. (Outinen 2009, 26–29)

Rakenteiden toiminnallinen mitoitus perustuu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohtaan 6.3.1. Sen mukaan on oletetun palonkehityksen mukaan suunniteltu rakennus kantavien rakenteiden osalta riittävän paloturvallinen, mikäli yli kaksikerroksinen rakennus ei yleensä sorsu palon eikä jäähtymisvaiheen aikana tai enintään kaksikerroksinen rakennus ei sorsu poistumisen turvaamiseen, pelastustoimintaan ja palon hallintaan saamiseen tarvittavana aikana. Palorasituksena käytetään oletetun palonkehityksen mukaisia olosuhteita siten, että palorasitus todennäköisesti kattaa kyseisessä rakennuksessa esiintyvät tilanteet.

2.3 Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun eteneminen

Toiminnallisen palomitoituksen lähtökohtana käytetään nykyisin useimmiten pääsuunnittelijan tekemiä suunnitelmia (esimerkiksi uloskäytävät, niiden leveys, etäisyys, palokuormat), joiden pohjalta paloturvallisuussuunnittelija tekee omat ehdotuksensa toiminnallisen palomitoituksen lähtötietojen, mitoituspalon ja hyväksymiskriteerien osalta. Tämä esitys hyväksytetään rakennusvalvonta- ja pelastusviranomaisilla ennen kuin varsinaista mallintamista aloitetaan. Kun lähtötiedot on hyväksytty, käynnistetään itse simulointi, jonka lopputuloksia verrataan hyväksymiskriteereihin. Mikäli riittävää turvallisuustasoa ei saavuteta, käydään suunnittelijoiden kanssa läpi mitä asioita pitäisi muuttaa tai korjata. Tarvittavia muutoksia voivat olla esimerkiksi uloskäytävien leventäminen tai lisääminen, savunpoiston tehokkuuden lisääminen tai savuotsan korkeuden kasvattaminen. Kun muutokset on tehty, kokeillaan simulointia uudelleen niin kauan, että etukäteen asetetut kriteerit täyttyvät. Tämän jälkeen simuloinnissa käytetyt rakenteet päivitetään myös alkuperäisiin suunnitelmiin ja käydään simulointi sekä sen tulokset ja niiden pohjalta tehdyt ratkaisut läpi viranomaisten kanssa. Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun eteneminen on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun prosessi (VTT, Palosuunnittelun oppimisympäristö, Suunnitteluprosessi).

Mitoituspalona mallintamisessa käytetään kauppakeskuksissa ja kokoontumistiloissa usein niin sanottua kenkähyllypaloa, joka perustuu Australiassa tehtyihin kokeisiin ja on oikeastaan kenkävaraston lieskahtava palo. Käytännössä kenkähyllypalo on pienehkön boutique-tyyppisen myymälän lieskahtava tulipalo, jonka koejärjestely on esitetty kuvassa 3. Muissa tiloissa voidaan käyttää VTT:n mitoituspalotietokannan muita valmiita mitoituspalon tulipaloja, esimerkiksi autohallissa kolmen henkilöauton tulipaloa. Pienen palokuorman tiloissa kuten urheiluhalleissa, mallit valitaan todellisen tilanteen mukaan, jolloin mitoituspalona käytetään esimerkiksi korkeushyppypatjan tai huoltokoneen tulipaloa. Tätäkin asiaa on VTT tutkinut ja asiasta on julkaistu mitoituspalotietokanta.



Kuva 3. Kenkävaraston palokokeen asetelma. Tilan korkeus on 3 m ja aukon koko 2 m x 2 m. (Hietaniemi 2007, 105)

Poistuvien henkilöiden määränä voidaan käyttää joko E1:n mukaisia määriä, jossa henkilömäärät ovat yleensä todenmukaista suurempia tai todellisia mitattuja arvoja. Poistujien määrän tulee kuitenkin perustua vähintään todelliseen määrään. Kauppakeskus Jumbossa tutkittiin laajennusta suunniteltaessa joulukuun ruuhka-aikaan asiakkaiden todellisia määriä. Tällöin suurimpaan ruuhka-aikaan asiakkaita oli enintään $1/6\text{m}^2$ kun E1:n mukainen arvo kokoontumis- ja liiketiloille on 1 henkilö/ 3m^2 (Laaksonen 2009). Kauppakeskuksissa voidaan mallintamisessa tällä perusteella siis käyttää pienempää henkilömäärää kuin E1:n mukainen. Toisaalta joissakin ravintoloissa henkilömäärä voi olla suurempikin kuin E1:n mukainen. Paloturvallisuussuunnittelijan tulisi siis selvittää tilan todellinen henkilömäärä

koko sen elinkaaren ajan ennen poistumisen simulointia. Mallintamisen lähtötiedoissa tulisikin pyrkiä huomioimaan rakennuksen koko elinkaari ja käyttötarkoituksen mahdollinen muutos jossain vaiheessa. Suunnittelua ei siis pitäisi tehdä pelkästään nykyhetken tilanteen mukaan. Vaihtoehtoisesti mallintaminen tulisi tehdä uudelleen, mikäli mallintamisessa käytetyt lähtötiedot oleellisesti muuttuvat esimerkiksi toiminnan muuttuessa.

Käytännössä toiminnallisen palomitoituksen mallien pohjana ovat yleensä kohteesta laaditut arkkitehtisuunnitelmat, 2D-piirustukset (CAD), joiden perusteella luodaan toiminnallisessa palomitoituksessa käytetty malli esimerkiksi PyroSim-ohjelmalla. Muita esimerkkejä mallinnukseen käytetyistä ohjelmista ovat esimerkiksi FDS, joka on ilmainen palon mallintamiseen käytettävä ohjelma sekä siihen liittyvä VTT:n kehittämä Evac-lisäosa, jolla voidaan mallintaa henkilöiden mallintamista. Simulex-ohjelmalla pystytään mallintamaan ainoastaan poistumista.

2.4 Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja tilojen käyttäjät

Mallinnuksen lopputulokset käydään läpi aina tilaajan kanssa, jonka lisäksi ne kirjataan palosimulointiraporttiin. Asiat tulisi kirjata myös kohteen käyttö- ja huoltokirjaan. Siitä, miten usein tieto toiminnallisen palomitoituksen rajoituksista on rakennuksen varsinaisilla käyttäjillä (esimerkiksi kauppakeskuksen yhden liikehuoneiston vuokralaisella), ei käytännössä ole tietoa. Nämä kuitenkin usein vastaavat palokuorman sijoittelusta, poistumisteiden vapaana pitämisestä ja muista päivittäiseen paloturvallisuuteen vaikuttavista asioista. Yleensä tieto isommissa kohteissa on kiinteistön vastuuhenkilöllä tai isännöitsijällä, jolla ei välttämättä ole mahdollisuutta seurata tilannetta paikan päällä. Tämän takia mahdolliset rajoitukset sekä paloturvallisuusasiat yleensäkin pitäisi ohjeistaa tilojen todellisille käyttäjille mahdollisimman tarkasti ja yksinkertaisesti.

Mikäli rakennus on edes osittain suunniteltu alun perin toiminnallisesti, tulisi se huomioida myös rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa. Vastuu asian huomioimisesta on tilaajalla ja rakennuttajalla, joiden tulisi olla tietoisia

toiminnallisesta paloturvallisuussuunnittelusta sekä sen mahdollisesti asettamista rajoituksista rakennuksen käyttöön. Lisäksi myös pelastus- ja/tai rakennusvalvontaviranomaisella tulisi olla tieto toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun mahdollisesti aiheuttamista rajoituksista rakennuksen käytölle koko sen elinkaaren ajan. Palosimulointiraportin säilyttäminen tulisi olla ohjeistettua ja siinä mahdollisesti mainitut rajoitukset tulisi olla myös pelastusviranomaisella tiedossa, vaikka vastuu rakennuksen rakennusluvan mukaisessa kunnossa pitämisestä onkin rakennusvalvontaviranomaisella. Pelastusviranomaisen käy kuitenkin paikan päällä tekemässä palotarkastuksia, joiden kautta on mahdollista saada käsitys siitä, missä kunnossa rakennus milloinkin on.

Käytännössä yksittäisen liiketilan haltijalla tuskin on kovinkaan usein tietoa siitä, minkälaisia muutoksia tiloihin ja toimintaan voi tehdä, jotta toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun lähtötiedot vielä pitävät paikkansa. Tosin pätevän paloturvallisuussuunnittelijan tulisi ottaa kaikki mahdolliset muutokset huomioon lähtötietoja valitessaan, mutta käytännössä tämä voi olla hankalaa. Toinen ongelma on se, että rakennus voi muuttua muutamassa vuodessa paljonkin siitä, mikä tilanne on ollut kun toiminnallisen palomitoituksen lähtötietoja on kerätty.

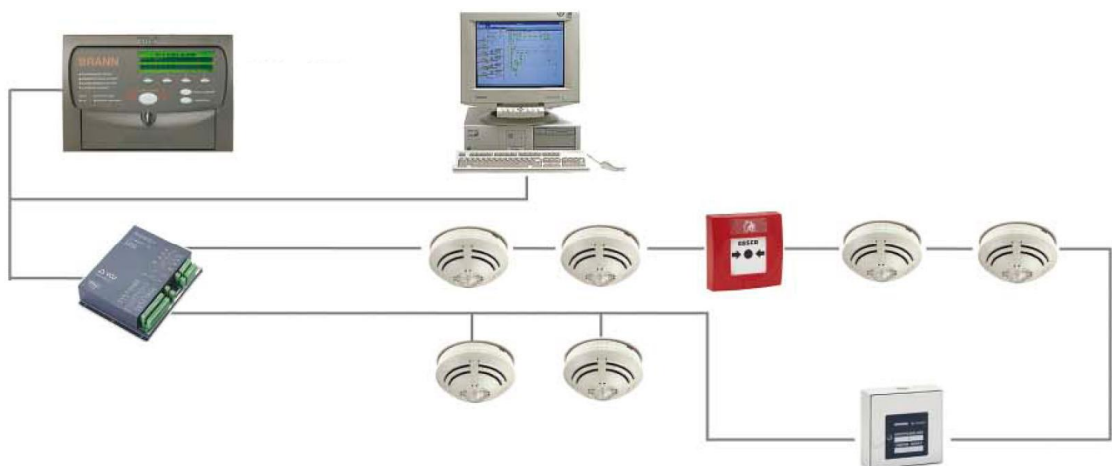
Rakennuksen käyttötarkoitusta tai toimintaa siellä oleellisesti muutettaessa tulisikin toiminnallinen paloturvallisuussuunnitelma tarkastaa ja tarvittaessa uusia uusilla lähtötiedoilla. Lisäksi alkuperäisten hyväksymiskriteerien riittävyys uuden toiminnan aikana tulee varmistaa ja nekin päivittää tarpeen mukaan. Käytännössä tämä vaatii tiivistä yhteistyötä rakennuksen käyttäjien, isännöitsijän, rakennusvalvonnan sekä suunnittelijoiden kesken.

3 TOIMINNALLINEN PALOTURVALLISUUSUUNNITTELU JA PALOTEKNISET LAITTEET

Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun yhteydessä käytetään useimmiten erilaisia paloteknisiä laitteita, kuten automaattista paloilmoitinta, automaattista sammutuslaitteistoa tai eri tavoin toteutettua savunpoistolaitteistoa. Näiden yhteistoiminnalla tulipalotilanteessa voidaan yleensä sallia lievennyksiä E1:n taulukkomitoituksen mukaisiin ratkaisuihin. Seuraavaan on koottu tietoa eri paloteknisten laitteiden luotettavuudesta sekä käytöstä toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa.

3.1 Automaattinen paloilmoitin

Automaattinen paloilmoitin on laitteisto, joka automaattisesti ja välittömästi antaa ilmoituksen alkavasta palosta sekä laitteiston toimintavarmuutta vaarantavista vioista. Paloilmoitinjärjestelmän pääosia ovat ilmoitinkeskus, teholähde, paloilmalaisimet joiden toiminta perustuu esimerkiksi savun tai lämmön havaitsemiseen, paloilmoituspainikkeet, hälyttimet sekä automaattinen ilmoituksensiirtojärjestelmä, joka siirtää hälytyksen hätäkeskukseen. Paloilmoitinlaitteiston periaate on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Periaatekuva automaattisesta paloilmoitinjärjestelmästä. (Honeywell Life Safety 2010)

Automaattisia paloilmoittimia asennetaan henkilöturvallisuuden kannalta tärkeisiin kohteisiin sekä kohteisiin, joihin liittyy huomattava omaisuusriski. Näissä kohteissa automaattinen paloilmoitin on usein jo rakennusluvan ehtona. Paloilmoittimen ensisijaisena tehtävänä on ilmoittaa alkavasta tulipalosta tai vaaratilanteesta kiinteistössä oleskeleville henkilöille, jonka lisäksi se välittää ilmoitustiedot automaattisesti myös hätäkeskukseen. Automaattinen paloilmoitin ei suoranaisesti vaikuta palon etenemiseen tai kehittymiseen, mutta sen ansiosta palosta saadaan ilmoitus jo aiemmin. Tällöin palo havaitaan nopeammin ja toimenpiteet sen sammuttamiseksi voidaan aloittaa aiemmin. Lisäksi automaattisen paloilmoittimen hälytyksen perusteella hätäkeskus hälyttää paikalle ennalta ohjeistetun määrän pelastuslaitoksen yksiköitä. (Sisäasiainministeriö 2008)

Ongelmana automaattisen paloilmoittimen käytössä on sen kautta tulevien erheellisten paloilmoitusten suuri määrä. Sisäasiainministeriön ylläpitämän pelastustoimen tilastojärjestelmä Pronton mukaan vuonna 2004 hätäkeskukset vastaanottivat yli 18.000 hälytystä, joissa ilmoitustapana oli automaattinen paloilmoitin. Näistä hälytyksistä 97 prosenttia oli erheellisiä. Erheellisellä paloilmoituksella tarkoitetaan automaattisen paloilmoittimen hätäkeskukselle välittämää ilmoitusta, joka ei ole johtanut pelastuslaitoksen sammutus- tai pelastustoimiin, vaikka pelastuslaitos on hälytetty hälytystehtävään. Erheellinen paloilmoitus aiheuttaa aina kiinteistössä paikallishälytyksellä häiriötilanteen, joka käynnistää pelastussuunnitelmassa mainitut toimenpiteet. (Sisäasiainministeriö 2008, 1, 10)

Paloilmoitinlaitteistojen yleistyessä ja tekniikan kehittymisen myötä ilmaisimien herkkyydet lisääntyvät ja sitä kautta myös erheellisten paloilmoitusten määrä kasvaa jatkuvasti. Tämä johtaa siihen, että palokunnat hälytetään lähes 20 000 kertaa vuodessa tilanteisiin, joissa ei ole tarvetta sammutus- tai pelastustoimiin. Erheellisten paloilmoitusten syynä 10 prosentissa tapauksista on ihmisten huolimattomuus kiinteistön korjaus- tai huoltotöissä. Muusta savusta ja pölystä aiheutuu yli 20 prosenttia hälytyksistä. Vain viisi prosenttia paloilmoittimen antamista ilmoituksista johtuu laitteiston vioista. Teknisenä keinona erheellisten ilmoitusten vähentämiseen on käytetty viivästystä, joka antaa kiinteistölle itse

ennalta määritetyn ajan tutkia palohälytyksen syytä ilman, että ilmoitus ohjautuu heti hätäkeskukseen. (Sisäasiainministeriö 2008, 8-10)

Suomessa tehdään vuosittain 4000–5000 paloilmoitinlaitteiston tarkastusta, joissa vain muutamissa on havaittu vikoja hätäkeskusyhteyksissä. Tällöin tieto ei ole välittynyt riittävän nopeasti, oikein tai ollenkaan. Paloilmoittimen yhteysvika on viesti siitä, että paloilmoitinlaitteen ja hätäkeskuksen välisessä puhelinverkkoyhteydessä on häiriö. Aiemmin hätäkeskusyhteyden vikoja valvoivat hätäkeskukset, mutta nykyään valvonta on kiinteistön omistajan vastuulla. Ilmoitus välittyy tällä hetkellä hätäkeskuksen lisäksi teleoperaattorin tai muun ilmoitinjärjestelmän ylläpitäjän valvomoon, josta asiasta ilmoitetaan kiinteistön vastuuhenkilöille. Paloilmoitinlaitteistojen luotettavuutta voidaankin pitää varsin hyvänä, vaikka tarkempaa tutkittua tietoa asiasta ei olekaan. (Nuolivirta 2009; Hätäkeskuslaitoksen kirje 204/1.6.2/2008)

Automaattisen paloilmoittimen kautta sallittavat lievennykset Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 (Rakennusten paloturvallisuus) taulukkomitoitukseen perustuvat palon nopeampaan havaitsemiseen sekä paikalla olevien henkilöiden varoittamiseen. E1:n kohdan 5.2.3 mukaan rakennuksen palo-osaston kokoa voidaan suurentaa, mikäli osasto varustetaan automaattisella paloilmoittimella. Tämä ei kuitenkaan koske majoitustiloja tai hoitolaitoksia, joiden majoitusosastoja ei yleensä voida sallia suurennettavan paloilmoittimen perusteella. Lisäksi kohdan 11.3.3 mukaan automaattisen paloilmoittimen asentamisen kautta voidaan suurentaa kerrosalaa ja palo-osastoa 50 prosenttia, mikäli palokuorma on alle 600 MJ/m² eikä kysymyksessä ole majoitustila. Lisäksi voidaan sallia lievennyksiä määräyksistä jotka on tarkoitettu estämään palon leviäminen naapurirakennuksiin tai torjumaan aluepalon vaara. Lievennyksiä myönnettäessä on varmistettava, että tehokas sammutustyö voidaan aloittaa riittävän nopeasti. Teollisuus ja varastorakennuksissa noudatetaan E2:n ja E4:n määräyksiä. (Ympäristöministeriö 2005, 136)

3.2 Automaattinen sammutuslaitteisto (sprinkleri)

Sammutuslaitteisto on pelastustoimintaa helpottava laitteisto, jonka tarkoituksena on sammuttaa ja/tai rajoittaa havaitsemansa palo. Laitteistot ryhmitellään säädöksissä sprinklerilaitteistoihin, kaasusammutuslaitteistoihin sekä muihin yksilöitävissä oleviin sammutuslaitteistoihin. Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisimpiä sprinklerilaitteistoja, joiden toiminta perustuu siihen, että palopesäkettä jäähdytetään suihkuttamalla palokohteeseen vettä. Vesi sitoo kohteen lämpöä hyvän lämmönsitomiskykynsä ansiosta. Koska veden kuumentuminen ja höyrystyminen tapahtuu pisaran pinnalta, pisaran suurempi pinta-ala varmistaa sen nopeamman kuumentumisen ja höyrystymisen. Sen vuoksi pienemmät pisarat ovat tehokkaampia kuin voimakas vesisuihku. Suuret pisarat tunkeutuvat kuitenkin helpommin läpi nousevien palamiskaasujen ja pääsevät näin paremmin palopesäkkeeseen kuin pienet. Lisäksi automaattinen vesisammutuslaitteisto rajoittaa paloa suihkuttamalla vesipisaroita palopesäkkeeseen ja sitä ympäröiville alueille (kuva 5).



Kuva 5. Sprinklerijärjestelmän suuttimen laukeaminen (Brison 2008)

Kuvassa 5 on esitetty kuinka sprinklerijärjestelmä laukeaa sprinklerisuuttimien laukaisuelementtien (lasikapseli tai sulava juotos) reagoidessa savusta ja palamiskaasuista kulkeutuvaan lämpöön. Tämän takia sprinklerin kohdalla on oltava riittävän suuri lämpötilan nousu ja ilmavirtaus. Ongelmia esiintyy tulipaloissa, joissa muodostuu paljon savua, mutta vähän lämpöä kuten korkeissa varastotiloissa joissa ei ole suurta palokuormaa. Sammuttaminen ei myöskään onnistu ellei vesi pääse tulipesäkkeeseen. Toimintatavasta johtuen sprinklerijärjestelmän rajat tulevat vastaan myös korkeissa huonetiloissa, joissa on vain kattosprinklerit.

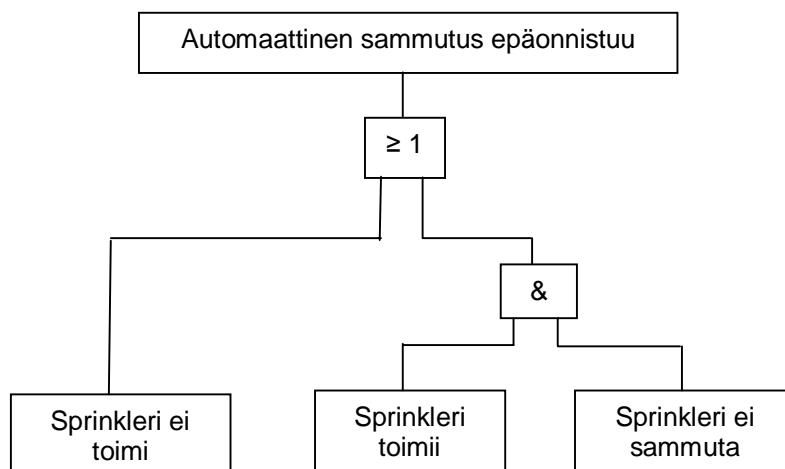
Normaalisti sprinklerijärjestelmän toiminta perustuu yksilöllisesti laukeaviin suuttimiin, kun taas yleensä aluelaukaisusprinklerilaitteistossa sammutusvesi purkautetaan samanaikaisesti koko sammutettavalle alueelle. Järjestelmän laukaisemiseen voidaan käyttää kaikkia palon ilmaisun menetelmiä ja se sopii myös yli 15 metriä korkeisiin tiloihin. Äärimmäisen korkeita tiloja lukuun ottamatta aluelaukaisusprinklerilaitteisto pystyy suojaamaan tehokkaasti alueita, joissa palo etenee nopeasti, samoin kuin pientavaravarastoja.

Perinteisten vesisammutusjärjestelmien lisäksi sammutusjärjestelmiä kehitetään jatkuvasti. ESFR-sprinklerin (EFSR = Early Suppression Fast Response) tulee laueta heti palon alkuvaiheessa, jolloin sprinkleristä purkautuvan veden oletetaan pääsevän tukahduttamaan palopesäkkeen heti palon alkuvaiheessa. Vesisumusammutusjärjestelmät taas tuottavat pieniä vesipisaroita, mikä parantaa lämmön sitomiskykyä. On kuitenkin pidettävä mielessä, ettei tämä järjestelmä pisarakoon pienuudesta johtuen ole välttämättä tehokas voimakkaissa ilmavirtauksissa. Näissä sammutusjärjestelmissä käytettävät vesimäärät ovat yleensä merkittävästi pienempiä kuin perinteisissä sammutusjärjestelmissä, jonka takia mahdolliset veden aiheuttamat vahingot jäävät yleensä pieniksi.

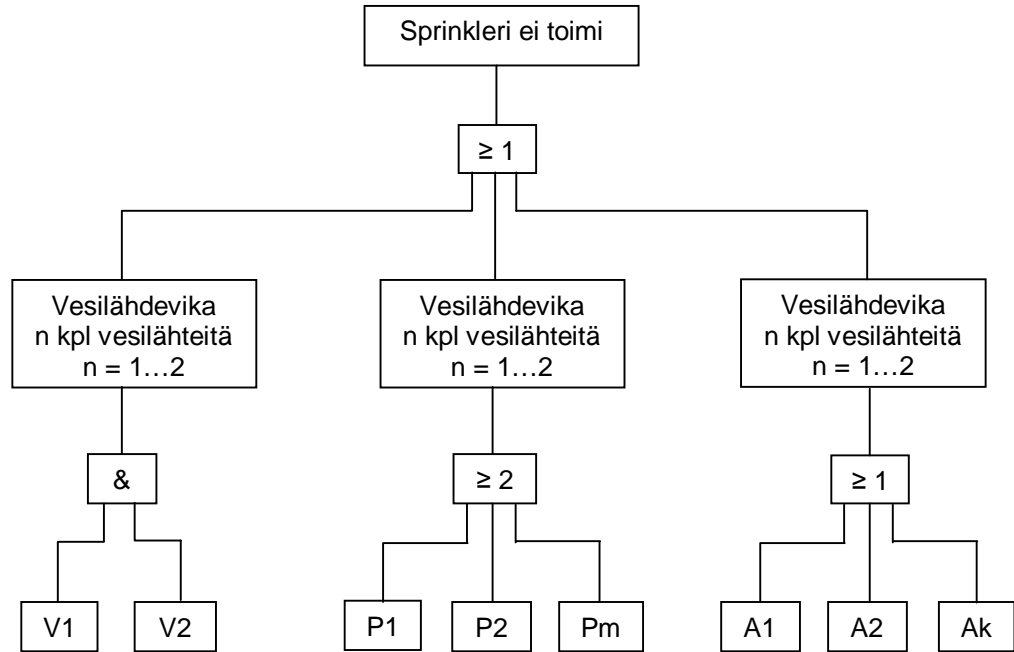
Sprinklerilaitteistoa pidetään yleisesti ottaen tehokkaimpana ja luotettavimpana rakennusten aktiivisena palontorjuntalaitteistona. Sprinklauksen tulipaloriskiä pienentävä vaikutus on huomioitu perinteisessä taulukkomitoituksessa

sallimalla lievennyksiä muun muassa suurimpiin sallittuihin osastokokoihin ja poistumistiematkoihin, kuitenkin vain yhteen lievennykseen kerrallaan. Nämä lievennykset ovat perustuneet ulkomaisiin ja suomalaisiin tilastoihin, joissa sprinklerilaitteistojen onnistumisprosentit ovat yleisesti olleet yli 90 prosenttia. Toiminnallisen suunnittelun avulla on haettu entistä enemmän lievennyksiä taulukkomitoituksen mukaisiin suunnitteluratkaisuihin perustuen sprinklerilaitteiston luotettavuuteen. Tämä luotettavuus voidaan määrittellä todennäköisyydeksi sille, että tulipalotilanteessa sprinklerilaitteisto ilmaisee ja sammuttaa tulipalon alkuvaiheessaan tai pitää palon hallinnassa kunnes lopullinen sammutus saadaan suoritetuksi muilla menetelmillä. (Hassinen 2001, 60–61)

Sprinklerilaitteiston luotettavuus on keskeisessä asemassa tehtäessä suurten kohteiden toiminnallista suunnittelua ja arvioitaessa erilaisten paloturvallisuusratkaisujen toimivuutta riskianalyysin avulla. Aikaisemmin sprinklerilaitteistojen luotettavuutta on arvioitu vuosien varrella sprinklatuissa rakennuksissa tapahtuneista tulipaloista kertyneen tilastoaineiston perusteella. Sen sijaan luotettavuusteoriaan ja riskianalyysiin perustuvia menetelmiä, joissa sprinklerilaitteiston toimintavarmuus pyritään arvioimaan laitteiston komponenttien luotettavuustietojen perusteella, ei ole juurikaan esitetty. Eräs vaihtoehto luotettavuusmalleiksi ovat vikapuukaaviot, joissa on periaatteellisella tasolla kuvattu laitteiston vikaantumisen riippuvuus siihen kuuluvien komponenttien vikaumisista. Tämä malli on esitetty kuvissa 6 ja 7.

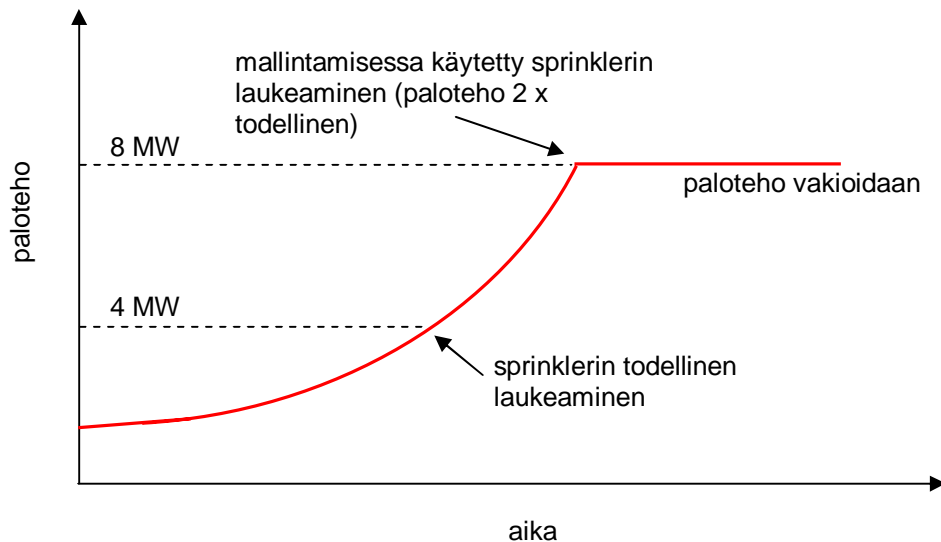


Kuva 6. Automaattisen sammutustoiminnan epäonnistumisen vikapuu (Hassinen 2001, 62)



Kuva 7. Sprinklerilaitteiston yleistetty vikapuu. (Hassinen 2001, 63)

Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa automaattisen sammutuslaitteiston toimintavarmuus huomioidaan mitoituspalon palotehon määrittelyssä, eli käytännössä mallintamisen yhteydessä tutkitaan käytettävien lähtötietojen perusteella ensin se, missä tilanteessa sprinkleri laukeaisi. Tämän jälkeen varsinaisessa mallintamisessa sprinklerin todellisen laukeamisen aiheuttaman palotehon annetaan kaksinkertaistua ennen kuin mallissa sprinkleri laukeaa. Laukeamisen jälkeenkään palotehon ei mallissa anneta laskea, vaan se vakioidaan mallintamisen loppuun asti samalle tasolle, kuten kuvassa 8 on esitetty. Tämän takia automaattisen sammutuslaitteiston osalta ei käytetä enää erillistä varmuuskerrointa.



Kuva 8. Mallintamisessa käytetty sprinklerin laukeaminen

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 (Rakennusten paloturvallisuus) perusteella voidaan kohteen suunnittelussa käyttää taulukkomitoituksesta poikkeavia arvoja, mikäli rakennus varustetaan automaattisella sammutuslaitteistolla. Käytännössä tällöin voidaan suurentaa rakennuksen kerrosalaa ja palo-osastojen kokoa kolmin tai nelinkertaiseksi (kohta 5.2.3), rakennuksen pinnoille voidaan hyväksyä lievemmat vaatimukset (kohta 8.2.5) ja kulkureitin enimmäispituuksista uloskäytävään voidaan sallia yksinomaisena lievennyksenä enintään 100 prosentin ylitys (kohta 10.2.2). Lisäksi kohdan 11.5.3 mukaan voidaan sallia lievennyksiä palokuormaryhmiin sijoittamista koskevista määräyksistä, rakenteita koskevista määräyksistä niin, että lämpötilan hitaamman nousun yleensä ja kantavien rakennusosien jäähdytyksen saa ottaa huomioon mitoituksessa sekä määräyksistä, jotka on tarkoitettu estämään palon leviäminen naapurirakennuksiin ja torjumaan aluepalon vaara. Lievennyksiä harkittaessa tulee kuitenkin kiinnittää huomiota pelastushenkilöstön mahdollisuuksiin sammuttaa tai rajoittaa alkanut palo henkilöturvallisuutta vaarantamatta. Kaikkia lievennysmahdollisuuksia ei yleensä voida käyttää samanaikaisesti kokonaan hyväksi, vaan sallitut lievennykset on harkittava tapauskohtaisesti. Tällöin kiinnitetään erityistä huomiota sammutuslaitteiston toimintavarmuuteen ja -kelpoisuuteen. (Ympäristöministeriö 2005, 142, 143)

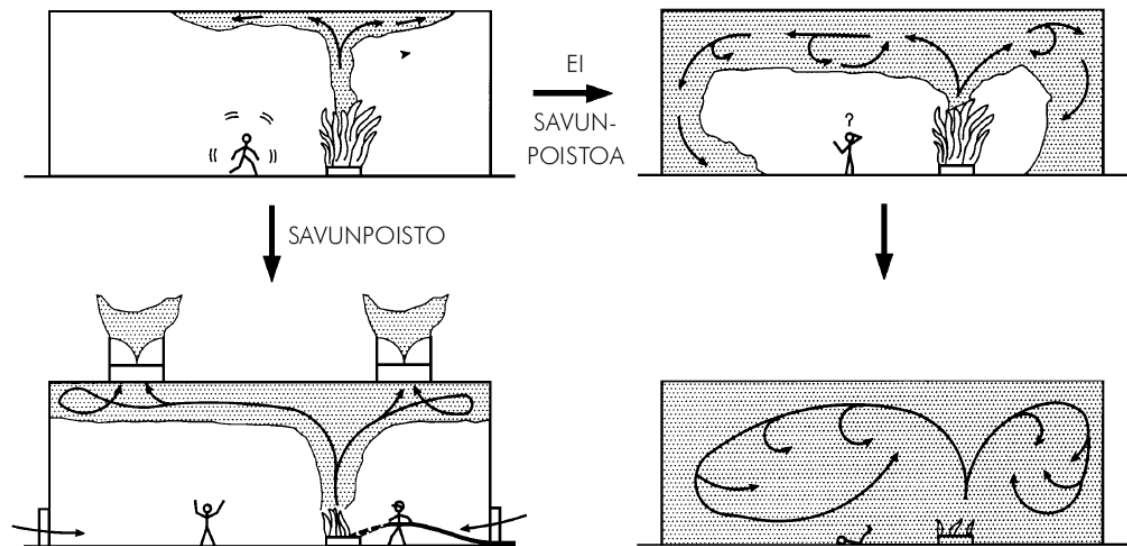
Myös tuotanto- ja varastorakennusten kantavia rakennusosia koskevista määräyksistä on mahdollista saada lievennyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E2 (Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus) kohdan 5 mukaisesti. Yksikerroksisessa rakennuksessa voidaan sallia lievennyksiä siten, että kantavat ja runkoa jäykistävät rakenteet voidaan tehdä P1-luokan rakennuksessa luokkaan R 15, jos rakennus suojataan automaattisella sammutuslaitteistolla ja nämä rakenteet ovat vähintään A2-s1, d0-luokan rakennustarviketta. Mikäli rakenteet tehdään huonomman luokan tarvikkeista, tulee P1-luokan rakennuksessa rakenteet tehdä luokkaan R 30, jos rakennus suojataan automaattisella sammutuslaitteistolla. Ilman automaattista sammutuslaitteistoa rakenteet tulisi tehdä rakennuksen palokuormaryhmästä riippuen vähintään luokkaan R 60.

P2-luokkaisessa palovaarallisuusluokan 1 rakennuksessa rakenteet tulee tehdä luokkaan R 15, jos nämä rakenteet ovat vähintään A2-s1, d0-luokan rakennustarviketta. Palovaarallisuusluokan 2 rakennuksessa voidaan käyttää saman luokan rakenteita, mikäli rakennus on suojattu automaattisella sammutuslaitteistolla. Vaatimukset yläpohjan rakenteille, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia, on esitetty määräyskokoelman osan E1 taulukossa 6.2.1. Lievennysten käyttö edellyttää, että yläpohjan lämmöneriste on tehty vähintään A2-s1, d0-luokan rakennustarvikkeista, niin sanottu jatkuva sortuminen on estetty ja osastointiin liittyvät vaatimukset ja ohjeet täyttyvät.

Automaattinen sammutuslaitteisto asennetaan rakennukseen useimmiten siksi, että sen perusteella saadaan edellä mainittuja lievennyksiä muun muassa rakenteiden palonkestosta tai palo-osaston koosta. Suunnittelun yhteydessä tulee selvittää laitteiston asentamisen hyödyt suhteessa kustannuksiin. Käytännössä suunnittelussa ja asentamisessa noudatetaan sisäasiainministeriön asetusta SM-1999-967/Tu-33 ja sovelletaan muun muassa Suomen Vakuutusyhtiöiden keskusliiton julkaisua Sprinklerilaitteistojen suunnittelu ja asentaminen, CEA 4001.

3.3 Automaattinen savunpoistolaitteisto

Savunpoistolaitteistolla on tulipalotilanteessa kaksi tehtävää. Palon alkuvaiheessa savunpoistojärjestelmä poistaa syntynyttä savua ja palon kehittyessä ja saavuttaessa huippunsa savunpoistojärjestelmän kautta voidaan poistaa lämpöä ja viilentää palokohdetta tilapäisesti. Savunpoistojärjestelmän suojausarvo voidaankin nähdä osana palokunnan nopeata ja oikein kohdistettua sammutustyötä. Laitteiden tarkoituksena on luoda savuton alue lattiatason yläpuolelle poistamalla palossa syntyneitä savukaasuja. Tämä on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Savunpoiston periaate. (IF Vahinkovakuutusyhtiö 2002)

Vuonna 2009 valmistuneessa opinnäytetyössä (Heinonen) tutkittiin Inspectan toimeksiannosta savunpoistolaitteiston toimintavarmuutta. Tutkimuksen mukaan noin 20 prosenttia savunpoistolaitteistoista ei tulipalotilanteessa toimi oikein. Tulos on kuitenkin vain suuntaa-antava, sillä tutkimuksen lähteenä käytetty pelastustoimen tilastojärjestelmä Pronto ei ole täysin luotettava. Tutkimuksen perusteella savunpoistolaitteiden toimintavarmuutta on parannettava, jotta ne toimisivat tulipalotilanteissa suunnitellusti ja oikein. Merkittävämpänä syynä savunpoistolaitteiden toimimattomuuteen on yritysten turvallisuuskulttuurin puute, joka ilmenee henkilöiden käyttövirheinä. Tämän lisäksi savunpoistolaitteiden toimimattomuus johtuu laitevioista sekä siitä, että

savunpoistojärjestelmää ei ole suunniteltu tai asennettu oikein. (Heinonen 2009, 3)

Vaikka savunpoiston toimintavarmuus on heikompi kuin automaattisen sammutuslaitteiston, ei sille mallintamisessa huomioida erillistä varmuuskerrointa. Varmuuskerroin on huomioitu todellista suuremmissa mitoituspaloissa, eli palon annetaan mallintamisessa kehittyä todellista tilannetta suuremmaksi ennen kuin palotekniset laitteet toimivat mallissa. Tällöin mallintamiseen saadaan todellista tilannetta suuremmat savun määrät ja lämpötilat, jolloin malliin saadaan varmuuskerrointa myös savunpoistolle. Mallintamisessa käytettävän suuremman mitoituspalon perusteella määritellään kohteeseen savunpoisto, jonka mukaiset ilmamäärät myös mitataan kohteessa.

E1:n kohdan 11.4.5 mukaan mikäli rakennukseen tai sen palo-osastoon asennetaan automaattinen savunpoistolaitteisto, joka toimiessaan antaa paloilmoituksen, voidaan sallia lievennyksiä rakennuksen kerrosalaa ja sen palo-osaston pinta-alaa koskevista määräyksistä. Lisäksi rakenteita koskevissa määräyksissä voidaan mitoituksessa ottaa huomioon lämpötilan hitaampi nousu. Lievennyksiä harkittaessa tulee kiinnittää huomiota mahdollisuuksiin sammuttaa tai rajoittaa alkanut palo henkilöturvallisuutta vaarantamatta. Ympäristöministeriön julkaisun Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa (2005, 138) mukaan rakennuksen kerrosalaa tai palo-osaston pinta-alaa voidaan suurentaa yleensä enintään yhtä paljon kuin automaattista paloilmoitinlaitteistoa käytettäessä. Lisäksi rakenteiden mitoituksessa voidaan ottaa huomioon savunpoiston lämpötilaa alentava vaikutus ja toisaalta paikallinen lämpötilan kohoaminen avoimen savunpoistoluukun läheisyydessä. Kaikkia lievennysmahdollisuuksia ei kuitenkaan voi käyttää yhtä aikaa, vaan lievennykset harkitaan tapauskohtaisesti. Huomiota kiinnitetään sekä savunpoistolaitoksen käyttökelpoisuuteen että palokunnan toimintavalmiuteen ja mahdollisuuteen päästä riittävän nopeasti paikalle.

3.4 Paloteknisten laitteistojen yhteistoiminta

Rakennuksissa, joissa on automaattinen sammutuslaitteisto, käytetään sen lisäksi myös erilaisia savunpoistojärjestelmiä. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E2 kohdan 7.4 (Automaattinen sammutuslaitteisto ja savunpoisto) mukaan suojaustason 3 (automaattinen sammutuslaitteisto) yhteydessä on huolehdittava siitä, ettei savunpoisto vaaranna tai viivytä sammutuslaitteiston toimintaa. Näiden kahden laitteiston yhteistoimintaa on käsitelty Finanssialan Keskusliiton julkaisussa Vesisammutus ja savunpoistojärjestelmien vuorovaikutus (palontorjunnassa). Julkaisun mukaan järjestelmien yhteisvaikutus riippuu olennaisesti kummankin järjestelmän laukeamistavasta. Sprinklerijärjestelmä laukeaa lämpötilan noususta, jonka lisäksi laukeamisnopeuteen vaikuttaa sen vasteherkkyys (RTI arvo). Vesisammutus ja savunpoistojärjestelmien laukaisujärjestys voidaan toteuttaa savun ja lämmön perusteella (manuaalinen, lämpöön tai savuun perustuva laukaisu). Suojaustavoitteet ratkaisevat laukaisujärjestyksen. Manuaalisessa laukaisussa savunpoistojärjestelmä aktivoidaan vesisammutusjärjestelmän jälkeen, jolloin savunpoisto helpottaa palon sammuttamista ja vähentää rakenteisiin kohdistuvaa lämpörasitusta.

Aluelaukaisusprinklerilaitteiston ja koneellisen savunpoiston tai savuilmaisimiin perustuvan savunpoistojärjestelmän yhdistelmässä tavoitteena on lähes samanaikainen laukaisu. Tämä voidaan toteuttaa ohjaamalla koneellisen savunpoiston laukaisuimpulssi aluelaukaisusprinklerilaitteiston hälytysventtiiliin kautta tai laukaisemalla molemmat järjestelmät savuilmaisimiin yhdistetyn laukaisumekanismin välityksellä.

Joillakin sovellusalueilla, esimerkiksi silloin kun poistumisen turvallisuuden varmistaminen on etusijalla, on tarkoituksenmukaista, että savunpoistojärjestelmä toimii ennen vesisammutusjärjestelmää. Tämän takaamiseksi savunpoistojärjestelmä voidaan laukaista savuilmaisimilla. VdS:n suosituksen mukaan yksi savuilmaisin riittää 400 m² alueelle. Jos halutaan varmistua siitä, että savuilmaisimet toimivat ennen vesisammutusjärjestelmän

laukeamista, on savuilmaisimia oltava yksi jokaista 200 m² aluetta kohti. (Finanssialan keskusliitto 2009)

Jos savunpoisto laukaistaan ennen sammutusjärjestelmää, laitteiston asennuksessa on kiinnitettävä huomiota siihen, ettei savun poistumisreitille synny käytävävaikutusta, kun sprinklerilaitteisto laukeaa. Sama koskee koneellista savunpoistoa, joka laukaistaan aina savuilmaisimesta. Koska sprinkleri sijaitsee kuumen savun kaasun kerroksessa, yli 2000 m² savulohkoon tarvitaan aina savusulku, jonka korkeus on vähintään 500 mm. (Finanssialan keskusliitto 2009)

Koska savunpoisto saattaa häiritä herkästi toimivaa ESFR-järjestelmää, voidaan näiden yhdistelmää käyttää ainoastaan rajatusti. ESFR-järjestelmän yhteydessä savunpoistoluukkujen savuilmaisinlaukaisua ei tule käyttää. Koneellisten savunpoistolaitteiden tulisi aina käynnistyä vasta ESFR-sprinklerien laukeamisen jälkeen. Sama koskee savunpoistoluukkuja, jotka laukeavat lämpösulakkeesta. Vesisumusammutusjärjestelmän ja savunpoiston yhdistelmä on vielä kriittisempi kuin ESFR- ja savunpoistojärjestelmien yhdistelmä. Vaarana on, että ilmavirta saa pienet pisarat poikkeamaan suunnasta. Savunpoistoa voidaan harkita vain silloin, kun se laukaistaan manuaalisesti helpottamaan palon sammuttamista. (Finanssialan keskusliitto 2009, 5-6)

Vakuutusyhtiön kannalta tärkeää on tiedostaa myös se, mistä savunpoiston korvausilma otetaan ja miten nämä aukot on murtosuojattu. Esimerkiksi aukeavat ovet aiheuttavat varkausriskin kohteelle, joka toisaalta on yleensä huomattavasti paloriskiä pienempi.

4 EML-ARVIO

Vakuutusyhtiöt laativat suurempien kohteiden vakuuttamisen yhteydessä EML-arvion (Estimated Maximum Loss) eli arvion siitä, kuinka suuri vahinko ja korvausmeno kyseisessä kohteessa voisi enimmillään yhdestä vahinkotapahtumasta aiheutua. Käytännössä arviossa on siis huomioitava sekä omaisuudelle että yrityksen toiminnalle keskeytyksen muodossa aiheutuneet vahingot. EML-arvio laaditaan jälleenvakuuttamista varten, eli kartoitetaan vakuutusyhtiön suurimmat jälleenvakuutusyhtiön vastuulla olevat riskit. Arviot laaditaan sellaisista tapahtumista, joissa vahinko voisi olla useita miljoonia euroja ja sen laatiminen perustuu käytännössä pitkälti arvion laatijan ammattitaitoon ja kokemukseen. Yleensä suurimmat vahingot aiheutuvat palovahingoista, mutta arviota laadittaessa on huomioitava myös muut mahdolliset suuret vahinkotapahtumat. Tällaisia voisivat olla tulipalon lisäksi esimerkiksi jonkin kriittisen koneen rikkoontuminen ja siitä aiheutunut toiminnan keskeytyminen tai veden aiheuttamat vahingot. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan kuitenkin ainoastaan tulipalon aiheuttamia omaisuusvahinkoja.

EML-arvion laatimiseen on jokaisella vakuutusyhtiöllä omat ohjeensa, mutta yleisesti niissä ei huomioida paloteknisten laitteiden toimintaa, jotka taas toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa ovat usein merkittävässä osassa. Tilanteen eteneminen ja vahinkojen suuruus arvioidaan siis sen mukaan, ettei sammutuslaitteisto tai savunpoisto ole kohteessa toiminut. Arvion pohjana käytetään rakennuksen tietoja, joita ovat käytetyt rakenteet ja niiden palonkesto, osastoinnin tiiveys ja palo-osastojen koot sekä rakennuksen materiaalit ja niiden ominaisuudet. Kohteen ja toiminnan osalta tarkastellaan tilojen käyttötarkoitusta ja sitä kautta palokuormaa, sisustusta sekä syttymislähteitä. EML-arvio laaditaan käytännössä vakuutusmäärien mukaan, ja niistä selvitetään rakennuksen ja eri omaisuuslajien vakuutusmäärä sekä keskeytysvakuutus. Lisäksi selvitetään kohteen omat sekä palokunnan mahdollisuudet palon rajaamiseen ja sammuttamiseen. Näiden kaikkien edellä mainittujen tietojen perusteella pyritään arvioimaan sitä, kuinka laajaksi palo voisi pahimmassa mahdollisessa tilanteessa levitä ja kuinka suuret vahingot

siitä voisi aiheutua sekä rakennukselle että toiminnalle. Aina arvion mukainen tilanne ei välttämättä tarkoita suurimpia vahinkoja rakennukselle, sillä arvioissa huomioidaan myös toiminnan keskeytymisen aiheuttamat kulut.

Tällä hetkellä arvion laatijalla ei useinkaan ole käytössään rakennuksen suunnitelmia tai rakennetietoja, vaan tiedot perustuvat usein arvion tekijän havaintoihin paikan päällä. Arvion tekemistä selkeyttää, mikäli käytössä on tarkemmat rakennus- ja rakennetiedot, jonka lisäksi tulisi selvittää mistä on mahdollisesti saatu lievennyksiä asentamalla rakennukseen paloteknisiä laitteita. Käytännössä tulisi siis tehdä vertailua E1:n taulukkomitoituksen mukaisiin rakenteisiin ja sitä kautta pohtia näiden vaikutusta EML-arvioon, jossa paloteknisten laitteiden ei oleteta toimivan. Myös käytettyjen lievennysten arvioimiseen voitaisiin tulevaisuudessa käyttää mallintamista, eli tarkasteltaisiin rakenteiden käyttäytymistä ja palon leviämistä, kun sammutuslaitteisto tai muu palotekniikka ei toimikaan.

5 ESIMERKKIKOHTTEET

Tässä työssä toiminnallisen palomitoituksen vaikutuksia rakennuksen todellisiin ratkaisuihin on arvioitu esimerkkikohteiden kautta. Tätä tarkoitusta varten laadittiin kyselylomake Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 taulukkomitoituksen mukaisista asioista. Lomake täytettiin L2 Paloturvallisuus Oy:lla yhdessä suunnittelupäällikkö Juha-Pekka Laaksosen kanssa (täytetyt lomakkeet ovat liitteinä 1-4). Näiden lisäksi yhtenä esimerkkikohteena on peruskorjattu Porvoon museo, jonka tiedot on kerätty VTT:n julkaisusta *Historiallisesti arvokkaan kohteen toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu* (Hietaniemi & Rinne 2007).

Esimerkkikohteiden kautta on tarkoitus tarkastella sitä, miten toiminnallisesti suunnitellun rakennuksen ratkaisut poikkeavat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 taulukkomitoituksesta sekä, mistä vaatimuksista on saatu mahdollisia lievennyksiä. Kaikissa esimerkkikohteissa rakenteiden kantavuus on mitoitettu taulukkomitoituksella, ja toiminnallista tarkastelua on käytetty savunpoiston, poistumisen sekä palokunnan toimintaedellytysten mallintamisessa. Jokaisen esimerkkikohteen osalta on pohdittu sitä, miten palovahinkojen EML-arvio muuttuu kussakin kohteessa verrattaessa toteutettua tilannetta E1:n taulukkomitoituksen mukaisiin ratkaisuihin. EML-arvioita laadittaessa oletetaan, etteivät mitkään palotekniset laitteet toimi rakennuksessa.

5.1 Myymälärakennus

Ensimmäinen esimerkkikohte on suuri huonekalujen ja kodintarvikkeiden myymälä, jossa rakennuttajan omat vaatimukset ovat Suomen rakentamismääräyskokoelmaa tiukemmat. Rakennuksen mallintamisessa tutkittiin lähinnä poistumisturvallisuutta, eli poistumiseen kuluvaa aikaa suhteessa kuumaan savukerrokseen ja näkyvyyteen. Lähtökohtana oli tilaajan ja E1:n määräyksiin nähden pienempi määrä uloskäytäviä sekä pidempi matka

uloskäytävään. Erikoisuutena tässä kohteessa oli se, että tilaajalla oli omat, sekä E1:n että CEA:n vaatimukset ylittävät ohjeet rakennuksen palo- ja poistumisturvallisuudelle. Muun muassa rakennuksen savunpoisto mitoitettiin kaksinkertaisilla vaatimuksilla normaaliin verrattuna. Tilaaja myös tarkasti toiminnallisen palomitoituksen lopputulokset ja oikeellisuuden omalla suunnittelutoimistollaan.

Rakennuksen käyttötapa on kokoontumis- ja liiketila, joka on suunniteltu P1 paloluokkaan, $600 - 1.200 \text{ MJ/m}^2$ palokuormaryhmään ja sen kerrosala on 20.000 m^2 . Kantavien rakenteiden materiaalina on betoni, ja ne ovat luokkaa R 60 ja osastoivat rakenteet EI 60. Rakennuksessa on täydellinen automaattinen sammutuslaitteisto, joka on suunniteltu CEA:n vaatimuksia tiukempien ohjeiden mukaan, täydellinen automaattinen paloilmoin sekä automaattinen savunpoistolaitteisto puhaltimilla. Savunpoiston korvausilma tilaan otetaan poistumistien automaattisesti aukeavien ovien kautta. Mitoituspalona mallintamisessa käytettiin niin sanotun kenkähylypalon palotehon ajallista kehittymistä, jossa toteutuneet palotehot olivat 4 - 12 MW. Poistumisen mallintamisessa käytettiin henkilömääränä 4.000 henkilöä, kun E1:n mukainen laskennallinen henkilömäärä olisi 6.666 henkilöä.

Eroa E1:n vaatimukseen on kulkureitin enimmäispituudessa uloskäytävään, sillä taulukkomitoituksen mukainen maksimietäisyys on 30 metriä, jota voidaan automaattisella sammutuslaitteistolla pidentää. Todellinen enimmäispituus rakennuksessa on noin 65 metriä. Toiminnallisessa mitoituksessa tarkastettiin, että uloskäytävät ovat riittävät eikä etäisyys niihin ole liian pitkä. Rakennuksen kantavat rakenteet ovat myös E1:n taulukkomitoituksesta poikkeavat. Taulukkomitoituksen mukaan kantavien rakenteiden tulisi olla luokkaa R 90 ja osastoivien rakenteiden luokkaa EI 90. Rakennuksessa on käytetty luokan R 60 ja EI 60 rakenteita perustuen paloteknisten laitteiden kautta saataviin lievennyksiin huomioiden pienempi lämmön nousu rakenteissa.

EML-arvion kannalta tässä kohteessa suurimmat huomioitavat asiat ovat automaattisen sammutuslaitteiston kautta saadut lievennykset palo-osaston kokoon sekä etäisyydet uloskäytäviin. Erityisesti palo-osaston suurempi koko

vaikuttaa EML-arviota laadittaessa suurempiin omaisuusvahinkoihin, kun palo ja savu pääsevät leviämään suuressa avarassa tilassa laajemmalle alueelle. E1:n taulukkomitoituksen mukainen suurin sallittu palo-osaston koko kyseiselle rakennukselle ilman automaattista sammutuslaitteistoa olisi 2.400 m², todellisuudessa suurimman osaston koko on 13.500 m². Myös henkilövahinkoriski suurentuu EML-arvion mukaisessa tilanteessa, kun savunpoisto ei poistakaan savua ja lämpöä tiloista, jolloin poistuminen vaikeutuu. Kyseisen kohteen suunnittelussa on kuitenkin ollut paloturvallisuussuunnittelija mukana koko hankkeen ajan, jonka lisäksi tilaajalla on CEA:n määräyksiä vaativammat omat ohjeet riittävästä turvallisuustasosta. Suunnitelmat sekä mallintamisen on myös tarkastanut tilaajan oma suunnittelutoimisto, joten paloturvallisuuden voidaan olettaa olevan hyvällä tasolla tiloissa todennäköisesti esiintyvien tapahtumien varalta. EML-arviossa taas pyritään selvittämään pahin mahdollinen tilanne, joka tällaisessa kohteessa tarkoittaa merkittäviä omaisuusvahinkoja.

5.2 Päivittäistavarakauppa

Toinen esimerkkikohde on valtakunnalliseen ketjuun kuuluva päivittäistavarakauppa. Tässä tapauksessa mallinnettiin myös lähinnä poistumista. Kyseisen kohteen kerrosala on 16.000 m² ja suurimman palo-osaston pinta-ala 14.000 m². Rakennus on yksikerroksinen, 8 metriä korkea, henkilömäärä 4.900, paloluokka P1, rakenteet luokkaa R 60 ja EI 60 betonista. Uloskäytäviä on yhteensä 14 ja niiden yhteisleveys on 36.000 mm, joka vastaa 5.340 henkilöä. Mallinnuksessa käytettävää, 4.900 henkilöä varten uloskäytävien yhteenlaskettu minimileveys tulisi olla 33.200 mm. Etäisyys uloskäytäviin on huomattavasti E1:n mukaisia matkoja pidempi, jonka takia mallinnuksessa keskityttiin poistumisen tutkimiseen Simulex-ohjelmalla. Simuloinnilla selvitettiin ruuhkapaikat, joissa poistuminen hidastui. Näitä paikkoja avarrettiin, muun muassa yksi kassa poistettiin ja korvattiin portilla jonka lisäksi yhtä poistumistietä levennettiin. Näiden ratkaisujen jälkeen poistumisaika saatiin riittävän nopeaksi vaikka taulukkomitoituksen mukainen etäisyys uloskäytäviin ylittyikin.

Rakennuksessa on täydellinen automaattinen sammutuslaitteisto sekä automaattinen paloilmoitin. Savunpoisto toimii manuaalisesti ja korvausilma sille tulee palokunnan käsin avaamien ovien kautta. Mallintamisen lopputulos käytiin läpi suunnittelupalaverissa, minkä lisäksi tiedot on kirjattu palosimulointiraporttiin.

Tässäkin myymälärakennuksessa palo-osaston koko on merkittävästi taulukkomitoituksen ilman sammutuslaitteistoa sallimaa määrää suurempi. Suurin palo-osasto on kooltaan 14.000 m². Lisäksi etäisyydet uloskäytäviin ylittyivät kohteessa selvästi, minkä takia mallintamisessa tutkittiinkin poistumiseen kuluva aika suhteessa savun leviämiseen rakennuksessa. Paloturvallisuussuunnittelija tuli tässä hankkeessa mukaan vasta suunnitelmien valmistuttua ja mallintamisessa tutkittiin saavutetaanko suunnitelluilla ratkaisuilla riittävä poistumisturvallisuus. Mallintamisen tuloksena jouduttiin poistumisen kannalta ahtaimpia paikkoja avartamaan ja suunnitelmia muuttamaan niiltä osin. Tässäkin kohteessa EML-arvio nousee sammutuslaitteiston ja savunpoiston toimimattomuuden takia melko suureksi, sillä savu ja lämpö pääsevät leviämään avarassa myymälätalassa laajalle alueelle.

5.3 Autojen varastointihalli

Kolmas esimerkkikohde on entinen hallirakennus, johon ollaan suunnittelemassa Suomeen tuotavien autojen varastointia. Projektia ei ole vielä toteutettu, mutta suunnitelmat siihen ovat valmiina. Tarkoitus on rakentaa halliin neljä maanalaista kerrosta ja neljä maanpäällistä kerrosta. Autojen varastointiin käytettävien kerrosten leveys on suunnitelmien mukaan noin 30 metriä ja pituus hieman yli 100 metriä. Rakennuksen paloluokka oli alun perin P1. Rakennuksessa mitoitettiin savunpoisto ja automaattinen sammutuslaitteisto niin, että sisällä toimivien ihmisten poistuminen ja palokunnan toiminta oli turvattu.

Maan alle oli tarkoitus tulla 150.000 neliötä tilaa ja maan päälle saman verran lisää. Henkilöitä rakennuksessa tulisi työskentelemään enintään 20. Kantavat rakennusosat mitoitettiin R 120/R 60 -luokkaan ja osastoivat rakennusosat EI 60 -luokkaan. Kaikki rakenteet oli suunniteltu tehtäväksi betonista. Suurimman palo-osaston koko oli noin 70.000 m², eli osastointi oli suunniteltu kerroksen puoliväliin sekä maanpinnan tasolle. Kerrososastointia ei ollut tarkoitus tehdä, vaan ainoastaan savuosastointi kerrosten välille. Toiminnallisella palomitoituksella tarkasteltiin rajoitusta osastoinnille ja savunpoistolle. Mitoituspalona käytettiin kolmen henkilöauton tulipaloa, johon automaattisen sammutuslaitteiston oletettiin rajaavan palon. Savunpoisto mitoitettiin niin, että lämpötilat pysyivät riittävän alhaisena, jotta palokunta pystyy toimimaan tiloissa eikä palo leviä kerroksesta toiseen. Henkilökunnan poistuminen on suunniteltu rakennuksen päissä sekä keskellä olevien osastoitujen porraskäytävien kautta. Uloskäytävien yhteisleveys oli 3.600 mm. Rakennukseen oli suunniteltu automaattinen sammutuslaitteisto ja -paloilmoitin. Savunpoisto oli myös automaattinen ja sen oli tarkoitus toimia maanalaisten tilojen osalta niin, että korvausilma otettiin maanalaisten tilojen toisella sivulla olevien kanavien kautta kerroksiin ja savu poistettiin vastakkaiselta puolelta.

Rakennuksen kantavat ja osastoivat rakennusosat ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman taulukkomitoituksen mukaiset. Koska kyseinen tila oli suunniteltu autojen varastointiin, voidaan käytettyjä ratkaisuja verrata myös Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E4 (Autosuojien paloturvallisuus) määräyksiin. Sen mukaan suojaustason 3 rakennuksessa suurin sallittu palo-osaston koko maan alla P1-luokan rakennuksessa on 10.000m² ja maan päällä osaston kokoa voidaan suurentaa harkinnan mukaan. Kyseisessä esimerkkikohteessa nämä pinta-alat ylitettiin huomattavasti. Toisaalta rakennuksen varsinainen käyttötarkoitus on autojen varastointi, eikä varsinainen autosuoja. Tällöin osastoinnin koko on harkinnanvarainen.

Tässä kohteessa mallintamisessa on käytetty mitoituspalona kolmen henkilöauton paloa, sillä automaattisen sammutuslaitteiston oletetaan rajaavaan palon niihin. Lisäksi savunpoisto poistaa palosta aiheutuvan savun ja lämmön, jotta palokunta pääsee paikalle suorittamaan sammutuksen loppuun. EML-

arvion mukaisessa tilanteessa jossa paloteknisten laitteiden ei oleteta toimivan, palo leviäisi todennäköisesti huomattavasti laajemmalle kuin kolmeen henkilöautoon. Palosta syntyvä savu pääsisi leviämään laajalle isossa palo-osastossa eikä palokunnalla välttämättä olisi mahdollisuutta päästä sammuttamaan paloa, jolloin EML-arviossa voitaisiin olettaa koskevan vähintään puolen kerroksen autoja. Palo voisi laajeta myös useampaan kerrokseen, sillä kerrosten välillä ei ole palo-osastointia, vaan ainoastaan savusulut.

5.4 Suuri kokoontumistila

Neljäs kohde on suuri kokoontumistila, joka on suunniteltu E1:n taulukkomitoituksella ja jonka poistumisturvallisuus tarkastettiin toiminnallisella mitoituksella. Rakennuksen kerrosala on 30.000 m², kerrosluku enimmillään 8 ja henkilömäärä kokoontumistilan puolella on enintään 4.710. Lisäksi samassa rakennuksessa toimii oppilaitos joka jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Rakennuksen paloluokka on P1, palokuormaryhmä alle 600 MJ/m². Kantavat rakennusosat ovat betonia ja R 60 luokkaa. Suurimman palo-osaston pinta-ala on noin 10.000 m².

Todellinen kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään on 45 metriä ja laskennallinen 55 metriä. Uloskäytäviä kokoontumistilasta on yhteensä 10 kpl. Suurimman poistumisalueen henkilömäärä on 1.600 ja sieltä on neljä suoraan ulos johtavaa ovea sekä 12 yhteyttä aulan kautta. Koko rakennus on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla sekä paloilmoittimella. Savunpoisto on yleisötiloissa automaattinen ja toteutettu puhaltimilla, porraskäytävissä manuaalinen ja toteutettu luukkujen kautta. Korvausilma otetaan maan päällä oleviin tiloihin ovien ja ikkunoiden kautta, pienempiin saleihin ulkoseinän luukkujen kautta.

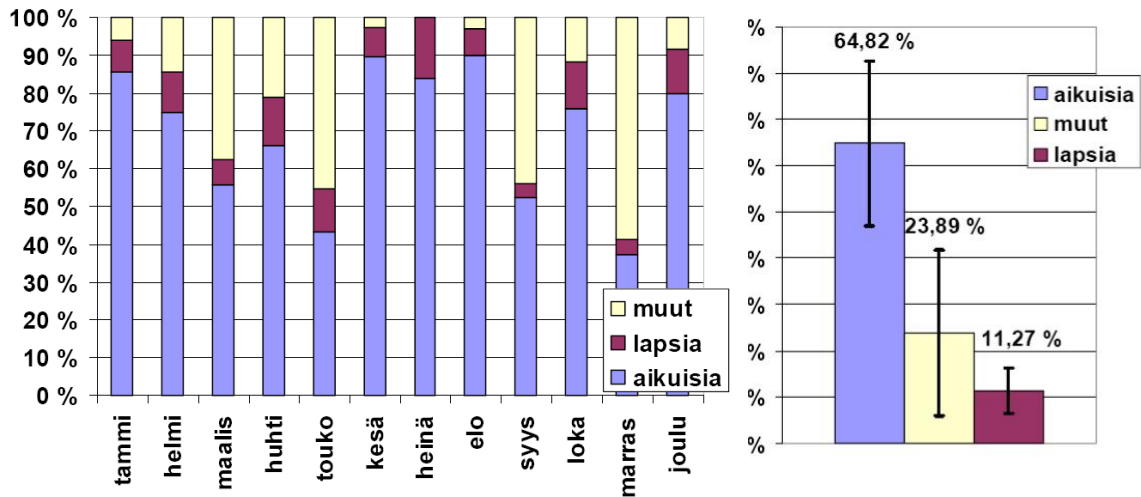
Rakennus on suunniteltu E1:n taulukkomitoituksella, jonka sopivuus tällaiseen isoon kohteeseen tarkastettiin toiminnallisesti. Suunnitelmat myös tarkasti kolmas osapuoli (VTT). Mitoituspalona käytettiin niin sanottua kenkähyllypaloa,

jonka maksimipaloteho oli 40 MW. Toiminnallisesti tarkasteltiin vain poistumista FDS-Evac-ohjelmalla. Toiminnallisen tarkastelun tuloksena selvisi, ettei E1:n taulukkomitoituksen mukaisiin ratkaisuihin tarvitse tehdä muutoksia, mikäli palokuormat pysyvät sellaisina kuin ne ovat tarkasteluvaiheessa. Vaikka rakennus onkin suunniteltu taulukkomitoituksella, on siinä käytetty hyväksi paloteknisten laitteiden kautta sallittavia lievennyksiä muun muassa palo-osaston koossa sekä etäisyydessä uloskäytävään. EML-arvion mukaisessa tilanteessa tässäkin kohteessa palon aiheuttamat vahingot pääsisivät leviämään suuressa palo-osastossa laajalle alueelle, josta voi aiheutua merkittävät omaisuusvahingot.

5.5 Peruskorjattu vanha kohde

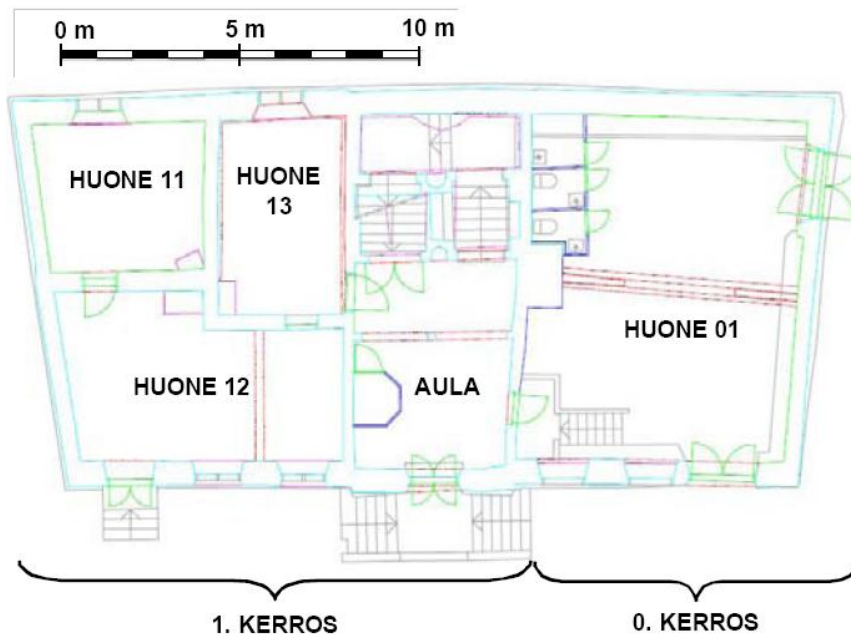
Viimeinen esimerkkikohde on peruskorjattu Porvoon museo, jonka tiedot on kerätty VTT:n julkaisun pohjalta ja se toimii esimerkkinä vanhan rakennuksen peruskorjauksesta. Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu tehtiin VTT:n toimesta ja siitä on olemassa erillinen julkaisu, johon tämän luvun tiedot perustuvat.

Rakennuksessa on kolme kerrosta, yläpohjan ontelo sekä kellotorni. Rakennuksen pinta-ala on noin 600 m² ja se on kokonaisuudessaan kivirunkoinen. Paloturvallisuussuunnittelun yhteydessä tutkittiin myös rakennuksen todellinen henkilömäärä, jona mallintamisessa käytettiin 80 museovierasta sekä muutamaa henkilökuntaan kuuluvaa. Tutkimuksessa selvitettiin myös museovieraiden jakaantuminen aikuisiin, nuoriin, lapsiin ja vanhuksiin ja tämä huomioitiin myös poistumisen mallintamisessa. Esimerkki toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun lähtötiedoiksi kerätyistä asiakkaiden määrästä on esitetty kuviossa 1.

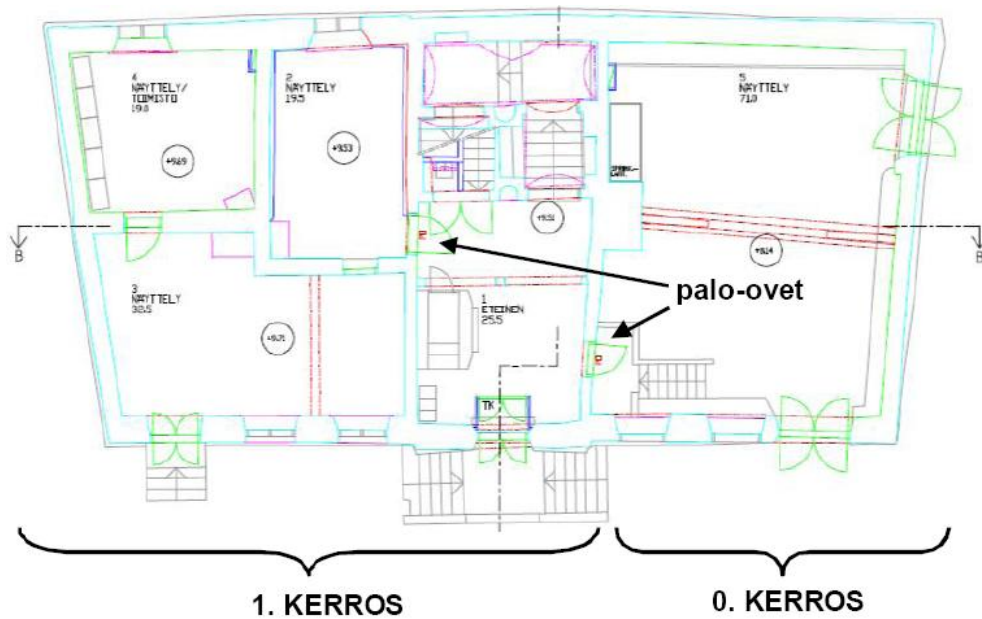


Kuvio 1. Tutkimuksen pohjana käytetty asiakkaiden jakautuminen lapsiin ja aikuisiin vuonna 2004, sekä poistumisaikalaskelmassa käytetty jakauma. (Hietaniemi & Rinne 2007, 68)

Tutkimuksen perusteella rakennuksen porrashuoneet osastoitiin peruskorjauksen yhteydessä EI 30 -rakentein näyttelytiloista. Aiemmin poistuminen tapahtui näyttelytilan kanssa samaa palo-osastoa olevan porraskäytävän kautta. Lisäksi maanpinnalla olevien kerrosten ovista tehtiin poistumistiet suoraan ulos. Lähtötilanne ennen peruskorjausta sekä peruskorjauksen yhteydessä tehdyt muutokset on esitetty kuvissa 10 ja 11.

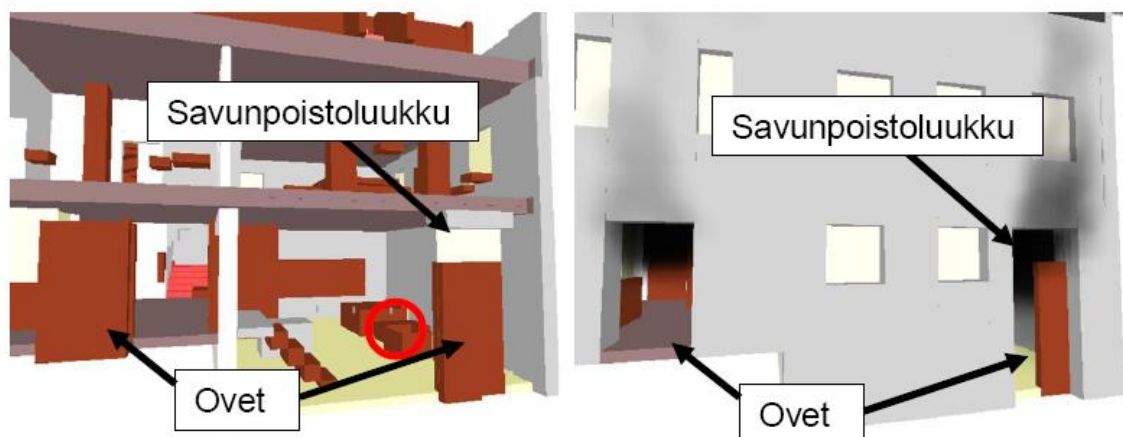


Kuva 10. Porvoon museon 0. ja 1. kerros ennen peruskorjausta (Hietaniemi & Rinne 2007, 63)



Kuva 11. Porvoon museon 0. ja 1. kerros peruskorjauksen jälkeen (Hietaniemi & Rinne 2007, 64)

Rakennuksen eri tulipalotilanteet mallinnettiin FDS-palonsimulointiohjelmalla sekä poistumisen viemä aika laskettiin FDS-Evac-ohjelmalla. Se on VTT:n kehittämä poistumisen laskentamalli, joka ottaa entistä paremmin huomioon ihmisen ja tulipalon vuorovaikutuksen kuten ovien avaamisen vaikutuksen tulipalon kehittymiseen sekä näkyvyyden heikkenemisen vaikutuksen poistumiseen. (Hietaniemi & Rinne 2007, 80)



Kuva 12. Esimerkki mallinnetusta palotilanteesta, vanhan vaunuvaraston tulipalo pohjakerroksessa. Syttymispaikka on ympyröity. (Hietaniemi & Rinne 2007, 74)

Porvoon museossa mallinnettiin erilaisia palotilanteita, joiden perusteella tutkittiin riittävän henkilöturvallisuustason täyttymistä sekä toisaalta museon esineistön turvaamista. Esimerkkinä yhdestä palotilanteesta on kuvassa 12 esitetty vanhan vaunuvaraston tulipalo pohjakerroksessa. Koska kyseessä on VTT:n esimerkki, on tässä tapauksessa lähtötilanne ja eri onnettomuusskenaariot käsitelty laajasti ja otettu huomioon eri vaihtoehdot. Muista esimerkkikohteista poiketen, tässä tapauksessa palo-osaston koot olivat E1:n taulukkomitoituksen mukaisia, eikä rakennukseen asennettu automaattista sammutuslaitteistoa. Automaattinen paloilmoin rakennuksessa oli jo ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen yhteydessä lisättiin savunpoistoluukku sekä kuivasprinklaus yläpohjan onteloon.

Tämän kohteen toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa pyrittiin huomioimaan mahdolliset palotilanteet rakennuksessa ennen peruskorjausta. Kun mahdolliset riskit oli kartoitettu, pyrittiin ne peruskorjauksen yhteydessä korjaamaan niin, että paloturvallisuus rakennuksessa saatiin hyvälle tasolle. Esimerkkejä korjattavista asioista ovat palokuorman pienentäminen, pintojen ja osastoinnin parantaminen sekä savunpoiston parantaminen. Mikäli kaikki tehdyt korjaukset pystytään ylläpitämään rakennuksen käytönkin aikana, ei EML kasva tiloissa kovinkaan suureksi. Tosin tässä kohteessa vahinkoja voi suurentaa merkittävästi tiloissa säilytettävä museoesineistö, johon kohdistuvia vahinkoja toiminnallisella paloturvallisuussuunnittelulla pyrittiin rajaamaan.

6 PÄÄTELMÄT

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu yleistyy jatkuvasti erityisesti suurempien ja vaativampien kohteiden suunnittelussa, joita rakennetaan pääasiassa pääkaupunkiseudulle ja suurempiin kaupunkeihin. Tällä hetkellä toiminnallisesti mitoitetaan useimmiten poistumiseen ja savunpoistoon liittyviä tekijöitä, mutta myös rakenteiden toiminnallista mitoitusta ollaan kehittämässä. Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun lisäksi rakennus ja sen rakenteet voivat poiketa paljonkin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 taulukkomitoituksesta, mikäli rakennukseen asennetaan paloteknisiä laitteita, kuten automaattinen sammutuslaitteisto tai savunpoisto.

Vielä nykyisin erillinen paloturvallisuussuunnittelija otetaan yleensä mukaan suunnitteluprosessiin varsin myöhäisessä vaiheessa, eli vasta rakennussuunnitteluvaiheessa. Tämän jälkeen tehdään toiminnallinen paloturvallisuussuunnitelma ja mahdollisesti mallinnetaan kohteessa todennäköiset palotapahtumat. Paloturvallisuussuunnittelijan myöhäinen mukaan tulo aiheuttaa sen, että jo tehtyjä suunnitelmia joudutaan mahdollisesti korjaamaan, mikä taas voi aiheuttaa viivästyksiä suunnitelmien valmistumiseen. Mikäli kohde havaitaan hankesuunnittelun yhteydessä sellaiseksi, ettei E1:n taulukkomitoitus välttämättä sovellu siihen, tulisi jo hyvissä ajoin ottaa yhteyttä pätevään paloturvallisuussuunnittelijaan. Tällöin saadaan jo ennen rakennussuunnitteluvaihetta huomioitua paloturvallisuuteen liittyvät tekijät ja suunnitelmat ovat myös paloturvallisuussuunnittelijan käytössä ja kommentoitavana alusta alkaen.

Vakuutusyhtiön jälleenvakuuttamisen tarpeisiin laadittavassa EML-arviossa ei tämän hetkisten ohjeiden mukaan huomioida paloteknisten laitteiden toimintaa lainkaan, sillä tarkoitus on selvittää suurin mahdollinen vahinko. Automaattisen sammutuslaitteiston toimintavarmuus on tutkimusten mukaan noin 90 prosenttia ja savunpoiston toimintavarmuus noin 80 prosenttia, joten pahimmassa mahdollisessa tilanteessa on mahdollista, etteivät nämä laitteistot toimi tulipalon sattua niin kuin on suunniteltu. Kuitenkin rakennuksen rakenteille, palo-osaston koolle sekä etäisyydelle uloskäytävään on voitu sallia lievennyksiä,

mikäli näitä laitteita on asennettu rakennukseen. Näiden lievennysten rajoituksista ei ole olemassa Ympäristöministeriön sovellusoppaan lisäksi muuta yhtenäistä ohjetta, vaan lievennyksiä voidaan harkita tapauskohtaisesti. Eniten EML-arvion laatimiseen vaikuttaa automaattisen sammutuslaitteiston kautta saatavat lievennykset kantaville rakenteille lämpötilan hitaamman nousun ja kantavien rakennusosien jäähtymisen perusteella. Tällöin kantavat rakenteet voivat olla huomattavasti taulukkomitoituksen mukaisia rakenteita heikommalla. Myös suuremmat palo-osaston koot voivat vaikuttaa vahinkojen leviämiseen laajemmalle.

6.1 E1:n sallimien lievennysten vaikutus rakenteisiin

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohdan 1.2 mukaan rakennuksen ja muun rakennuskohteen olennaisista vaatimuksista on voimassa, mitä maankäyttö- ja rakennusasetuksessa tai muutoin on erikseen säädetty tai määrätty. Paloturvallisuuden kannalta tämä tarkoittaa erityisesti sitä, että rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan, palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua ja palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa. Lisäksi rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin ja pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon. Näiden vaatimusten katsotaan täyttyvän, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen E1:n määräysten ja ohjeiden paloluokkia ja lukuarvoja ("taulukkomitoitus"). Toinen vaihtoehto paloturvallisuusvaatimusten täyttämiseen on rakennuksen suunnittelu ja rakentaminen oletettuun palonkehitykseen perustuen (toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu). Tällöin tulee huomioida rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet ja vaatimuksen täyttyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö.

Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa tulee siis huomioida rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet, eikä suurinta mahdollista vahinkoa. Rakenteiden toiminnallinen mitoitus perustuu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohtaan 6.3.1. Sen mukaan kun kantavien rakenteiden mitoitus perustuu oletettuun palonkehitykseen, on rakennus kantavien rakenteiden osalta riittävän paloturvallinen, mikäli yli kaksikerroksinen rakennus ei yleensä sorru palon eikä jäähtymisvaiheen aikana tai enintään kaksikerroksinen rakennus ei sorru poistumisen turvaamiseen, pelastustoimintaan ja palon hallintaan saamiseen tarvittavana aikana. Palorasituksena käytetään oletetun palonkehityksen mukaisia olosuhteita siten, että palorasitus todennäköisesti kattaa kyseisessä rakennuksessa esiintyvät tilanteet. Taloudellisesti ei olekaan järkevää mitoittaa rakennusta ja rakenteita pahimman mahdollisen tilanteen varalle, mutta se tulisi kuitenkin huomioida suunnittelussa.

Automaattisen sammutuslaitteiston kautta saadaan lievennyksiä rakenteista pienemmän lämmön nousun perusteella, jonka lisäksi myös savunpoisto voidaan toiminnallisesti mitoittaa taulukkomitoitusta pienemmäksi. EML-arviossa käsiteltävässä pahimmassa mahdollisessa tilanteessa näistä kumpikaan ei toimi, joten tilanne rakennuksessa voi olla aivan toinen kuin mitoituksessa käytetty todennäköinen tilanne. Myös pelkästään toisen laitteiston pettäminen voi vaikuttaa vahinkojen suuruuteen merkittävästi, esimerkiksi jos savunpoisto ei poistakaan tilaan kertynyttä savua ja lämpöä suunnitellusti.

6.2 Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja EML-arvio

Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa käytettävät uhkakuvat ja onnettomuusskenaariot perustuvat rakennuksessa tapahtuviin todennäköisiin tapahtumiin ja niissä tulisi huomioida rakennuksen koko elinkaari. Vakuutusyhtiöiden laatimissa EML-arvioissa tarkastellaan kuitenkin pahinta mahdollista tilannetta vahinkojen kannalta, eikä siinä huomioida paloteknisiä laitteita kuten automaattista sammutuslaitteistoa, jonka asentamisella saadaan kuitenkin paljonkin lievennyksiä E1:n taulukkomitoituksesta. EML-arvioita

laadittaessa tuleekin selvittää se, miten palotekniikalla saadut lievennykset vaikuttavat rakennuksen vakuutusriskeihin sekä käyttäytymiseen isommassa tulipalossa, mikäli laitteet eivät toimikaan. E1:n taulukkomitoituksen lukuarvoja voidaan keskimääräisesti pitää riittävänä turvallisuustasona, mikäli rakennukseen ei ole asennettu turvallisuutta parantavia paloteknisiä laitteita.

Kantavien rakenteiden osalta tulee arvioida sitä, miten rakenteet kestävät mahdollisen suuren tulipalon rasitukset, kun automaattinen sammutuslaitteisto ei jäähdytäkään niitä tai savunpoistolaitteisto ei poista savua ja lämpöä kohteesta. Tällöin rakenteisiin kohdistuva lämpörasitus voi olla huomattavasti suurempi kuin toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun yhteydessä käytetty, jolloin rakenteet voivat käyttäytyä eri tavalla kuin alun perin on suunniteltu. Myös palo-osaston koon suurentaminen voi vaikuttaa merkittävästi tulipalon aiheuttamiin vahinkoihin, kun tulipalossa syntyvät savu ja lämpö eivät poistukaan kuten on alun perin suunniteltu, vaan pääsevät leviämään laajemmalle alueelle. EML-arvioita laadittaessa tulee siis lähtötietoina selvittää Suomen rakentamismääräyskokoelman E-osan taulukkomitoituksen mukaiset rakenteet käsiteltävänä olevalle rakennukselle sekä sen jälkeen rakennuksessa käytetyt rakenteet ja perusteet niiden käytölle. Perusteina on useimmiten todennäköisesti rakennukseen asennettu palotekninen laitteisto, jonka perusteella on saatu lievennyksiä taulukkomitoituksen mukaisista ratkaisuista. Tällöin itse arviota laadittaessa, kun palotekniikkaa ei huomioida, voidaan arvioida rakenteiden kestoja ja palon leviämistä suhteessa todelliseen tilanteeseen rakennuksessa. Tähän vaikuttavat muun muassa toiminta ja sitä kautta palokuorma rakennuksessa, osastoinnin toimivuus käytännössä, rakenteiden palonkesto sekä palokunnan toimintaedellytykset. Käytännössä arvion laatiminen perustuu kuitenkin aina arvion laatijan kokemukseen ja ammattitaitoon, sillä arvion laatimiseen on mahdotonta laatia taulukkoa tai mallia jota voitaisiin soveltaa kaikissa mahdollisissa kohteissa.

Ruukin kehittämän, kantavien rakenteiden toiminnalliseen palomitoitukseen suunnitellun järjestelmän ensisijaisena tarkoituksena on varmistua rakennuksessa olevien henkilöiden ja pelastushenkilöstön turvallisuudesta, toissijaisena tavoitteena taas on pienentää palosta aiheutuvia taloudellisia,

aineellisia ja rakenteellisia vahinkoja. Mikäli toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa yleistyy myös rakenteiden toiminnallinen mitoitus, voitaisiin mallintamisen avulla todeta, miten paloteknisten laitteiden kautta sallittavat lievennykset todellisuudessa vaikuttavat rakennuksen käyttäytymiseen tulipalossa. Samalla mallilla voitaisiin tarkastella myös EML-arvion mukaista tilannetta, eli rakennuksen ja rakenteiden käyttäytymistä kun palotekniset laitteet tai osa niistä ei toimi lainkaan. Pahin mahdollinen tilanne vahinkojen kannaltahan voi olla myös se, että osa laitteista toimii ja osa ei. Ennen toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun merkittävää yleistymistä tämä ei kuitenkaan ole taloudellisestikaan järkevää.

Nykyisen ohjeistuksen mukaan EML-arviossa ei huomioida lainkaan paloteknisiä laitteita, jotka ovat toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa usein merkittävässä osassa. Tulevaisuudessa palotekniset laitteet voitaisiin mahdollisesti ottaa jollakin tavalla huomioon EML-arviota laadittaessa, mikäli niiden luotettavuus on käyty läpi esimerkiksi komponenttien luotettavuustietojen perusteella. Tällöin tietyn varmuuden omaavat laitteistot voitaisiin ainakin osin huomioida arviota laadittaessa ja sitä kautta pienentää suurimman mahdollisen vahingon suuruutta. Ennen kuin laitteistojen toiminta voidaan huomioida EML-arviossa, tulisi niiden todellinen luotettavuus ja siihen vaikuttavat asiat selvittää mahdollisimman tarkasti. Tarkoitus on kuitenkin selvittää suurin mahdollinen vahinko kohteessa, joten tämänhetkisen tiedon ja laitteistojen luotettavuuden perusteella ei niitä voida huomioida arviota laadittaessa. Todennäköisesti laitteet toimivat suurimmassa osassa mahdollisista palotilanteista oikein ja kuten toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun yhteydessä on ajateltu, mutta pahimmassa mahdollisessa tilanteessa näin ei ehkä käykään.

6.3 Tulevaisuuden näkymät

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu sekä mallintaminen laajemminkin ovat yleistymässä rakennusten suunnittelussa jatkuvasti. Luonnollinen eteneminen mallintamisessa on se, että jossain vaiheessa koko rakennuksen

suunnittelu tehdään tietomallipohjaisesti rakenteista alkaen. Jatkossa samalla mallilla voidaan tehdä myös sekä rakenteiden että paloteknisten laitteiden mitoitus ja tutkia poistumisturvallisuutta. Sama malli voisi olla käytössä myös rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa, jolloin toiminnallinen palomitoitus voitaisiin ajaa uudelleen muuttuneen tilanteen mukaisilla lähtötiedoilla.

Näkisinkin tietomallin parhaaksi käyttötarkoitukseksi vakuutusyhtiön kannalta kohteen tulipalon ja siitä aiheutuvien vahinkojen mallintamisen. Tässä toiminnallisen palomitoituksen avulla laadittavassa simuloinnissa voitaisiin käyttää rakennuksen suunnittelun yhteydessä laadittua tietomallia tarvittavin osin, sillä tulevaisuudessa suuri osa tietomallinnuksen avulla laadituista kohteista on todennäköisesti palomitoitettu jo suunnittelun aikana toiminnallisesti. Tietomallin tulisikin sisältää myös rakenteiden palonkestoon liittyvää tietoa siitä, milloin rakenteet pettävät tulipalon kuormituksen seurauksena. EML-arvioon tulisi rakennuksen ja rakenteiden tietojen lisäksi lisätä kohteen käytön mukaiset parametrit, eli todenmukainen palokuorma rakennuksen sisälle sekä käytön mukainen henkilömäärä. Näiden tietojen perusteella voitaisiin mallintaa pahin mahdollinen tulipalo kohteessa ja arvioida simuloinnin perusteella suurin mahdollinen vahinko kun palon annettaisiin kehittyä niin pitkälle että vahingot ehtivät tapahtua, esimerkiksi kantavien rakenteiden sortumiseen saakka. Näin laadittuna EML-arvio perustuisi todenmukaisen, pahimman mahdollisen tilanteen perusteella laadittuun simulointiin, eikä pelkästään arvion laatijan kokemukseen ja arvioon.

Lisäksi tietomallin pohjalta laadittavaa toiminnallista paloturvallisuussuunnittelua voitaisiin käyttää rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa. Tietomalli tulisi siinä vaiheessa päivittää ylläpitomallin (as-maintained) mukaiseksi, ja siinä tulisi huomioida mahdolliset uuden käyttötarkoituksen mukaiset sisustukset, rakenteet sekä palokuorma. Esimerkiksi teollisuusrakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa konepajasta puutyö- tai lasikuitutehtaaksi muuttuu myös rakennuksen sisällä oleva palokuorma ja syttymislähteet huomattavasti riskialttiimpaan suuntaan. Kun tietomallissa olevat rakenteiden tiedot täydennetään palokuorman ja tulipalon lähtötiedoilla, voidaan toiminnalliseen palomitoitukseen liittyvän palon simuloinnin avulla arvioida

tarvittavat lisäsuojaukset rakenteille. Tällaisia ovat esimerkiksi kantavien rakenteiden palosuojaus tai paloteknisten laitteiden kuten automaattisen sammutuslaitteiston lisääminen rakennukseen. Uuden tilanteen mukaisen simulaation tulos voi olla myös sellainen, ettei riittävää turvallisuustasoa kohteessa saavuteta järkevillä kustannuksilla. Tällöin voi olla taloudellisempaa asettaa rakennuksen käytölle joitakin rajoituksia, kuin alkaa muokata rakennuksen tiloja uutta toimintaa vastaavaksi.

Edellä mainittujen ratkaisujen käyttö edellyttäisi riittävää tietämystä toiminnallisesta paloturvallisuussuunnittelusta myös vakuutusyhtiöltä. Varsinaisen tietomallin laativat kohteen suunnittelijat ja huomioivat siinä myös rakenteiden käyttäytymisen tulipalossa, esimerkiksi niiden kestävyys lämpökuormituksessa. Rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisen tilanteen tietojen tulisi tulla kohteen tilaajalta, ja siinä tulisi huomioida ainakin kohteen käytön mukainen sisustus ja palokuorma. Varsinaisen toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun kohteelle tekisi siihen erikoistunut suunnittelija, joka määrittelee alkupalon, palon etenemisen sekä muut simulointiin tarvittavat tiedot. Näin vakuutusyhtiölle jäisi simulaation tulosten tulkinta sekä niiden oikeellisuuden arviointi ja johtopäätösten tekeminen tulosten pohjalta.

Jotta toiminnallisen palomitoituksen pohjalta laadittava tulipalon simulointi yleistyisi myös vakuutusyhtiön tarpeita varten, edellyttäisi se tietomallinnuksen huomattavaa yleistymistä. Nykyisin rakennus suunnitellaan yleensä perinteisellä 2D-menetelmällä ja malli toiminnallista palomitoitusta varten laaditaan erikseen. Mikäli rakennuksen tietomalli tuotettaisiin jo varsinaisen suunnittelun aikana, voitaisiin koko rakennuksen palotekniikka suunnitella toiminnallisesti ja tehdä rakennuksen ”loppuun poltto” simulaation yhteydessä. Näin vakuutusyhtiönkin käyttöön olisi jo suunnitteluprosessin aikana tuotettu valmista materiaalia rakennuksen käyttäytymisestä tulipalossa.

Tosin toiminnallisessa palomitoituksessa käytettävät palotapahtumat ja alkupalot ovat yleensä valittu todennäköisten tapahtumien pohjalta, eikä niinkään pahimman mahdollisen tapahtuman tietojen perusteella. Palotekniset suunnittelutoimistot eivät välttämättä halua käyttää mallintamisessa pahinta

mahdollista paloa, sillä sen perusteella mitoitettuna rakennuksen rakenteista voi tulla liian raskaita ja kalliita. EML-arvioinnissa taas tulisi pystyä arvioimaan pahin mahdollinen tilanne ja siitä aiheutuvat vahingot. Käytännössä siis rakennuksen palotekninen mitoitus on järkevää tehdä todennäköisten palotilanteiden perusteella, ja kun rakennuksen rakenteet on niiden perusteella mitoitettu ja tieto siirretty tietomalliin, voitaisiin pahin mahdollinen tulipalo simuloida EML-arviota varten. Tämän simulaation tuloksena voi hyvinkin olla se, että kantavat rakennusosat sortuvat ennen kuin palo saadaan sammumaan. Mikäli paloteknisen mitoitus on laadittu oikein ja rakenteet mitoitettu todennäköisten palotapahtumien mukaan, voidaan EML-arviossa hyväksyä se, että rakennus sortuu palon seurauksena. Tämä tulee vain huomioida rakennuksen vakuuttamisen yhteydessä suurempana riskinä ja sitä kautta vakuutusten hinnoittelussa.

Kaiken kaikkiaan tietomallintamisen ja erityisesti isompien ja vaativampien kohteiden toiminnallisen palomitoituksen sekä palon simuloinnin tulee yleistyä huomattavasti ennen kuin niitä on järkevää käyttää vakuutusyhtiön tarpeisiin. Vasta sitten, kun vakuutusyhtiölle tarpeellinen tieto saadaan ikään kuin mallintamisen sivutuotteena, voisi sen käyttö olla järkevää esimerkiksi EML-arvion laatimisen apuna. Tietokoneella laadittu arvio ei kuitenkaan tule kovin helposti korvaamaan kohdetta tuntevan ihmisen asiantuntemusta arvion laatimisessa, mutta hyvä apu siitä voisi jossain vaiheessa tulevaisuudessa olla.

Toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun tulee myös saada valtakunnalliset hyväksymiskriteerit, jotta sama rakennus on yhtä turvallinen riippumatta siitä, missä päin Suomea se sijaitsee. Tämä edellyttää toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun liittyvät tietouden lisäämistä sekä rakennusvalvonnan että rakennuslupien lausunnon antavan pelastusviranomaisten osalta. Valvojan viranomaisen tehtävänä on tarkastaa toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun lähtötiedot sekä riittävän turvallisuustason täyttymisen kriteerit. Näihin tulisi saada yhteiset valtakunnalliset käytännöt sekä kolmannen osapuolen tarkastus.

KUVAT

- Kuva 1 Oletettuun palonkehitykseen perustuvan rakenteellisen palomitoituksen kulku yksinkertaistettuna, s. 14 (Ruukki 2008)
- Kuva 2 Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun prosessi, s. 15 (VTT, Paloturvallisuussuunnittelun oppimisympäristö, Suunnitteluprosessi)
- Kuva 3 Kenkävaraston palokokeen asetelma, s. 16 (Hietaniemi 2007, 105)
- Kuva 4 Periaatekuva automaattisesta paloilmoitinjärjestelmästä, s. 19 (Honeywell Life Safety 2010)
- Kuva 5 Sprinklerijärjestelmän suuttimen laukeaminen, s. 22 (Brison 2008)
- Kuva 6 Automaattisen sammutustoiminnan epäonnistumisen vikapuu, s. 24 (Hassinen 2001, 62)
- Kuva 7 Sprinklerilaitteiston yleistetty vikapuu, s. 25 (Hassinen 2001, 63)
- Kuva 8 Mallintamisessa käytetty sprinklerin laukeaminen, s. 26
- Kuva 9 Savunpoiston periaate, s. 28 (IF Vahinkovakuutusyhtiö 2002)
- Kuva 10 Porvoon museon 0. ja 1. kerros ennen peruskorjausta, s. 41 (Hietaniemi & Rinne 2007, 63)
- Kuva 11 Porvoon museon 0. ja 1. kerros peruskorjauksen jälkeen, s. 42 (Hietaniemi & Rinne 2007, 64)
- Kuva 12 Esimerkki mallinnetusta palotilanteesta, s. 42 (Hietaniemi & Rinne 2007, 74)

KUVIOT

- Kuvio 1 Asiakkaiden jakautuminen lapsiin, aikuisiin ja muihin Porvoon museossa, s. 41 (Hietaniemi & Rinne 2007, 68)

LÄHTEET

Brison, A. 2008. Miten sprinklerit pelastavat ihmishenkiä. Helsinki 23.1.2008.
<http://www.pelastustoimi.fi/wp-content/uploads/2008/01/brinsonsuomeksi.ppt>
(Luettu 28.9.2009)

CEA Omaisuusvakuutuskomitea. Sprinklerilaitteistot - Suunnittelu ja asentaminen. CEA 4001:2002-04 (fi)

E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta.
<http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf> (Luettu 12.4.2009)

E2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet 2005. Ympäristöministeriön asetus tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuudesta.
<http://www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf> (Luettu 12.4.2009)

E4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet 2005. Ympäristöministeriön asetus autosuojien paloturvallisuudesta.
<http://www.finlex.fi/data/normit/28206-E4su2005.pdf> (Luettu 12.4.2009)

Finanssialan Keskusliitto ry. 2009. Vesisammutus- ja savunpoistojärjestelmien vuorovaikutus palontorjunnassa. www.vahingontorjunta.fi. (Luettu 15.8.2009)

FISE Oy, 2010. Paloturvallisuussuunnittelijoiden pätevyysvaatimukset.
http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset_ja_patevyysshakemus_lomakkeet/uudisrakentamisen_suunnittelu/paloturvallisuus/ (Luettu 10.1.2010)

Hakkarainen, T. 2007. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa. Espoo: VTT tiedotteita 2383.

Hassinen, J-P. 2001. Sprinklerilaitteiston luotettavuusanalyysi - luotettavuusmallin laatiminen. Palontorjuntatekniikka 3-4/2001.

Heinonen, V. 2009. Savunpoistolaitteiden toimintavarmuus. Laurea-ammattikorkeakoulu. Turvallisuusalan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Hietaniemi, J. 2006. Mitä on toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu. Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun seminaari 19.9.2006.
www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=57032 (Luettu 11.8.2009)

Hietaniemi, J. 10.9.2007. Toiminnallinen palotekninen suunnittelu.
[http://www.pelastusopisto.fi/pelastus/hankkeet/ptr/home.nsf/files/Hietaniemi%20Toiminnallinen%](http://www.pelastusopisto.fi/pelastus/hankkeet/ptr/home.nsf/files/Hietaniemi%20Toiminnallinen%20) (Luettu 11.8.2009)

Hietaniemi, J. 2007. Palon voimakkuuden kuvaaminen toiminnallisessa paloteknisessä suunnittelussa. Espoo: VTT JH Working Papers 1.

Hietaniemi, J. & Rinne, T. 2007. Historiallisesti arvokkaan kohteen toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu - Esimerkkitapauksena Porvoon museo. Espoo: VTT Working papers 71.

Honeywell Life Safety, 2010. Delta järjestelmän esite.
<http://www.honeywelllifesafety.fi/Deltaesite.pdf> (Luettu 3.1.2010)

Hätäkeskuslaitoksen kirje 204/1.6.2/2008. 14.5.2009. Paloilmoittimien yhteysvikojen valvonta hätäkeskuksissa loppuu 31.12.2009.

IF Vahinkovakuutusyhtiö Oy 2002. Suojeluohje B7, Savunpoisto.

Laaksonen, J-P. 2009. Suullinen tiedonanto 26.5.2009.

Nuolivirta, H. Sähköpostiviesti 1.4.2009.

Outinen, J. 2009. Rakenteiden toiminnallinen palomitoitus.
Palontorjuntatekniikka, Palotutkimuksen päivät 2009.

Ruukki 2008. Rakenteiden toiminnallinen palomitoitus.
[http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/0/212764A1FDBFB673C225753C0046F56C/\\$File/Datasheet_Rakenteiden%20toim%20palomit_web.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/0/212764A1FDBFB673C225753C0046F56C/$File/Datasheet_Rakenteiden%20toim%20palomit_web.pdf?openElement) (Luettu 28.9.2009)

Sisäasiainministeriö, Pelastusosasto. 2008. Hanke erheellisten paloilmoitusten vähentämiseksi, Loppuraportti hankkeen toiminnasta. SM083:00/2005
<http://www.pelastustoimi.fi/wp-content/uploads/2008/04/loppuraportti.pdf> (Luettu 18.9.2009)

Torkkeli, T. 2009. Savunpoiston laskeminen ja simulointi kauppakeskuksessa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

VTT. Paloturvallisuussuunnittelijan oppimisympäristö. Suunnitteluprosessi.
<http://www.vtt.fi/proj/fise/> (Luettu 11.8.2009)

Ympäristöministeriö 2005. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Uusittu painos 2003. Helsinki: Edita Prima Oy.

1. Kohteen nimi ja osoite XXXXX			
2. Rakennuksen käyttötarkoitus tai -tapa myymälärakennus Kokoontumis- ja liiketilat			
3. Rakennus- ja rakennetietoja			
Kerrosala:	20.000	m ²	Tilavuus: m ³ Korkeus: m
Kerrosluku:	2	Henkilömäärä:	4.000 (simul.) Paloluokka: <input checked="" type="checkbox"/> P1 <input type="checkbox"/> P2 <input type="checkbox"/> P3
Palokuormaryhmä:	<input type="checkbox"/> < 600 MJ/m ²	<input checked="" type="checkbox"/> 600 - 1200 MJ/m ²	<input type="checkbox"/> > 1200 MJ/m ²
Kantavat rakennusosat			
Luokka:	R60	Materiaali:	betoni
Osastoivat rakennusosat			
Luokka:	EI60	Materiaali:	betoni
Sisäpintojen materiaali:			
Suurimman palo-osaston pinta-ala:	13.500	m ²	
4. Uloskäytävät			
Kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään, todellinen	n. 65	m	laskennallinen m
Uloskäytävien lukumäärä:	17	kpl	Uloskäytävien yhteislevyys: 1.2-3mx17 mm
Suurimman poistumisalueen henkilömäärä:	2.500	Poistumisalue:	suurin osasto (myymälä)
Em. poistumisalueen uloskäytävien yhteislevyys:	19.000	mm	ja määrä 9
5. Palotekniset laitteet			
Automaattinen sammuuslaitteisto	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:	tilaajalla tiukemmat määräykset/vaatimukset kuin CEA:lla		
Automaattinen paloilmoitin	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Savunpoisto	<input checked="" type="checkbox"/> Automaattinen	<input type="checkbox"/> Manuaalinen	<input type="checkbox"/> Ei ole
<input type="checkbox"/> Savunpoistoluukut	<input checked="" type="checkbox"/> Puhaltimet	<input type="checkbox"/> Muu, mikä:	
Mistä korvausilma savunpoistolle tulee:	ulko-ovista, aukeavat automaattisesti		
Lisätietoja:	savunpoisto mitoitettu kaksinkertaisilla vaatimuksilla tilaajan vaatimuksesta. Korvausilma ovet ainoastaan poistumiskäytössä.		
6. Toiminnallinen palomitoitus			
Mitoituspalot ja perusteet niiden käyttöön Kenkähylypalo, toteutuneet palotehot 4 - 12 MW			
Mikä toiminnallisessa palomitoituksessa mitoitavana tekijänä / perusteena Poistuminen ensisijaisena, kuuma savukerros/näkyvyys			
Mihin toiminnallisessa palomitoituksessa käytetyt ratkaisut perustuvat Tilaajan ohjeisiin verrattuna pienempi määrä uloskäytäviä, E1:n mukaiset matkat ylittyivät			
Mahdolliset toiminnallisen palomitoituksen perusteella määritellyt rajoitukset / oletukset Uloskäytävien määrä ja niiden vapaana pitäminen			
Miten edellä mainitut asiat on käyty läpi kohteen tilaajan / käyttäjien kanssa Tilaaja tarkastanut toiminnallisen mitoituksen oman suunnittelutoimistonsa kanssa, lisäksi käyty tarkaan läpi.			
7. Muuta huomioitavaa			

1. Kohteen nimi ja osoite			
XXXXXX			
2. Rakennuksen käyttötarkoitus tai -tapa			
Päivittäistavara kauppa		Kokoontumis- ja liiketilat	
3. Rakennus- ja rakennetietoja			
Kerrosala:	16.000	m ²	Tilavuus: m ³ Korkeus: 8 m
Kerrosluku:	1	Henkilömäärä:	4900 Paloluokka: <input checked="" type="checkbox"/> P1 <input type="checkbox"/> P2 <input type="checkbox"/> P3
Palokuormaryhmä:	<input type="checkbox"/> < 600 MJ/m ²	<input checked="" type="checkbox"/> 600 - 1200 MJ/m ²	<input type="checkbox"/> > 1200 MJ/m ²
Kantavat rakennusosat			
Luokka:	R60	Materiaali:	betoni
Osastoivat rakennusosat			
Luokka:	EI60	Materiaali:	betoni
Sisäpintojen materiaali: betoni			
Suurimman palo-osaston pinta-ala:		14.000 m ²	
4. Uloskäytävät			
Kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään, todellinen		pitkä m	laskennallinen pitkä m
Uloskäytävien lukumäärä:		14 kpl	Uloskäytävien yhteislevyys: 36000 mm
Suurimman poistumisalueen henkilömäärä:		Poistumisalue: myymälä	
Em. poistumisalueen uloskäytävien yhteislevyys:		mm ja määrä	
5. Palotekniset laitteet			
Automaattinen sammutuslaitteisto	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Automaattinen paloilmoitin	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Savunpoisto	<input type="checkbox"/> Automaattinen	<input checked="" type="checkbox"/> Manuaalinen	<input type="checkbox"/> Ei ole
<input type="checkbox"/> Savunpoistoloukut	<input type="checkbox"/> Puhaltimet	<input type="checkbox"/> Muu, mikä:	
Mistä korvasilma savunpoistolle tulee:	palokunnan käsin avaamat ovet		
Lisätietoja:			
6. Toiminnallinen palomitoitus			
Mitoituspalot ja perusteet niiden käyttöön			
Ei ollut, tutkittiin vain E1:n mukaisen henkilömäärän poistumista Simulex ohjelmalla			
Mikä toiminnallisessa palomitoituksessa mitoitavana tekijänä / perusteena			
Poistuminen verrattuna E1:n mukaiseen ratkaisuun kulkureitin enimmäispituudesta uloskäytävään			
Mihin toiminnallisessa palomitoituksessa käytetyt ratkaisut perustuvat			
Simuloinnilla selvitettiin ruuhkapaikat joiden takia poistuminen hidastui. Näitä helpotettiin, mm. yksi kassa poistettiin ja korvattiin portilla, yhtä poistumistietä levennettiin.			
Mahdolliset toiminnallisen palomitoituksen perusteella määritellyt rajoitukset / oletukset			
Ei ollut, simuloinnissa käytetty henkilömäärä oli ylimitoitettu			
Miten edellä mainitut asiat on käyty läpi kohteen tilaajan / käyttäjien kanssa			
Kirjattu palosimulointiraporttiin, suunnitteluryhmässä käyty läpi (jossa oli myös tilaajan edustaja)			
7. Muuta huomioitavaa			
Uloskäytävien leveys 2000 - 4000 mm (14 kpl). Ainoastaan poistuminen mallinnettu.			

1. Kohteen nimi ja osoite			
XXXXX			
2. Rakennuksen käyttötarkoitus tai -tapa			
vanha hallirakennus johon autojen varastointia		Tuotanto- ja varastotilat	
3. Rakennus- ja rakennetietoja			
Kerrosala:	maan alla 150.000 ja sama maan alla	m ²	Tilavuus: m ³
Kerrosluke:	4 maan alla, 4 maan päällä	Henkilömäärä: 20	Korkeus: m
Palokuormaryhmä:	<input checked="" type="checkbox"/> < 600 MJ/m ²	<input type="checkbox"/> 600 - 1200 MJ/m ²	<input type="checkbox"/> > 1200 MJ/m ²
Kantavat rakennusosat Luokka: R120/ R60	Materiaali: betoni	Paloluokka: <input checked="" type="checkbox"/> P1 <input type="checkbox"/> P2 <input type="checkbox"/> P3	
Osastoivat rakennusosat Luokka: E160	Materiaali: betoni		
Sisäpintojen materiaali:	betoni		
Suurimman palo-osaston pinta-ala:	70.000 m ²		
4. Uloskäytävät			
Kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään, todellinen	m	laskennallinen	m
Uloskäytävien lukumäärä:	3 kpl	Uloskäytävien yhteislevyys:	3600 mm
Suurimman poistumisalueen henkilömäärä:	10	Poistumisalue:	kerros
Em. poistumisalueen uloskäytävien yhteislevyys:	3600 mm	ja määrä	3
5. Palotekniset laitteet			
Automaattinen sammutuslaitteisto	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Automaattinen paloilmoitin	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Savunpoisto	<input checked="" type="checkbox"/> Automaattinen	<input type="checkbox"/> Manuaalinen	<input type="checkbox"/> Ei ole
<input type="checkbox"/> Savunpoistoluukut	<input checked="" type="checkbox"/> Puhaltimet	<input type="checkbox"/> Muu, mikä:	
Mistä korvausilma savunpoistolle tulee:	toiselta sivulta		
Lisätietoja:			
6. Toiminnallinen palomitoitus			
Mitoituspalot ja perusteet niiden käyttöön Kolmen henkilöauton palo			
Mikä toiminnallisessa palomitoituksessa mitoitavana tekijänä / perusteena Sprinkleri rajaa palon kolmeen henkilöautoon			
Mihin toiminnallisessa palomitoituksessa käytetyt ratkaisut perustuvat Savunpoisto em. palon perusteella. Lämpötilat niin että palokunta pystyy toimimaan eikä palo leviä kerroksesta toiseen.			
Mahdolliset toiminnallisen palomitoituksen perusteella määritellyt rajoitukset / oletukset Ei määritelty, palon perusteella rakennuksen käyttö vain autojen varastointiin			
Miten edellä mainitut asiat on käyty läpi kohteen tilaajan / käyttäjien kanssa Simulointi valmiina ja käyty läpi tilaajan kanssa, investointipäätöstä ei ole tehty.			

7. Muuta huomioitavaa

Entinen hallirakennus jota suunniteltiin autojen varastohalliksi. Tarkoitus oli rakentaa 4 maanalaista kerrosta ja altaan päälle 4 maanpäällistä kerrosta. Yhden kerroksen pinta-ala 40.000 m². Palo-osastointi oli tarkoitus tehdä kerroksen puoliväliin ja lisäksi maanpäällisen ja maan alaisen osan väliin. Toiminnallisella palomitoituksella tarkasteltiin rajoitusta osastoinnille ja savunpoistolle. Kerrososastointia ei ollut tarkoitus tehdä, vaan ainoastaan savuosastointi kerrosten välille.

1. Kohteen nimi ja osoite			
XXXXX			
2. Rakennuksen käyttötarkoitus tai -tapa			
kokoontumistila ja oppilaitos		Kokoontumis- ja liiketilat	
3. Rakennus- ja rakennetietoja			
Kerrosala:	30.000	m ²	Tilavuus: m ³ Korkeus: 20 m
Kerrosluvu:	8	Henkilömäärä:	4.710 (ei oppilaitos) Paloluokka: <input checked="" type="checkbox"/> P1 <input type="checkbox"/> P2 <input type="checkbox"/> P3
Palokuormaryhmä:	<input checked="" type="checkbox"/> < 600 MJ/m ²	<input type="checkbox"/> 600 - 1200 MJ/m ²	<input type="checkbox"/> > 1200 MJ/m ²
Kantavat rakennusosat			
Luokka:	R60	Materiaali:	betoni
Osastoivat rakennusosat			
Luokka:	E160	Materiaali:	betoni, kipsilevy
Sisäpintojen materiaali:	vaikka mitä		
Suurimman palo-osaston pinta-ala:	n. 10.000 m ²		
4. Uloskäytävät			
Kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään, todellinen	45	m	laskennallinen 55 m
Uloskäytävien lukumäärä:	10	kpl	Uloskäytävien yhteisveveys: 1.2-3mx9 mm
Suurimman poistumisalueen henkilömäärä:	1600	Poistumisalue:	iso sali
Em. poistumisalueen uloskäytävien yhteisveveys:	mm	ja määrä 4 suoraan uloskäytävään,	12 yhteyttä aulan kautta
5. Palotekniset laitteet			
Automaattinen sammutuslaitteisto	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Automaattinen paloilmoin	<input checked="" type="checkbox"/> Täydellinen	<input type="checkbox"/> Osittainen	<input type="checkbox"/> Ei ole
Lisätietoja:			
Savunpoisto	<input checked="" type="checkbox"/> Automaattinen	<input checked="" type="checkbox"/> Manuaalinen	<input type="checkbox"/> Ei ole
<input checked="" type="checkbox"/> Savunpoistoluukut	<input checked="" type="checkbox"/> Puhaltimet	<input type="checkbox"/> Muu, mikä:	
Mistä korvausilma savunpoistolle tulee:	koneellisena, maan päällä oleviin tiloihin ovien/ikkunoiden kautta. Pienempiin saleihin ulkoseinän luukkujen kautta ulkoseinän välitilasta.		
Lisätietoja:	yleisötiloissa automaattinen savunpoisto, muualla manuaalinen. Porrashuoneissa savunpoistoluukut, muualla puhaltimet.		
6. Toiminnallinen palomitoitus			
Mitoituspalot ja perusteet niiden käyttöön			
Rakennus suunniteltu E1:n taulukkomitoituksella jonka sopivuus tällaiseen isoon kohteeseen tarkastettu toiminnallisesti. 3. osapuoli (VTT) tarkastanut suunnitelmat. Mitoituspalo ns. kenkähylypalo, maksimipaloteho 40MW.			
Mikä toiminnallisessa palomitoituksessa mitoittavana tekijänä / perusteena			
Tarkasteltiin vain poistumista FDS-Evac -ohjelmalla			
Mihin toiminnallisessa palomitoituksessa käytetyt ratkaisut perustuvat			
Tehty E1:n mukaan ja tarkastettu toiminnallisesti > ei muutostarvetta			
Mahdolliset toiminnallisen palomitoituksen perusteella määritellyt rajoitukset / oletukset			
Palokuormaa ei voi suurentaa isossa salissa (ei suurempaa määrää lavasteita)			
Miten edellä mainitut asiat on käyty läpi kohteen tilaajan / käyttäjien kanssa			
Asiat/rajoitukset käyty läpi tilaajan kanssa ja kirjattu simulointiraporttiin.			

7. Muuta huomioitavaa

Suurin osa uloskäytävistä ylipaineistettuja.

4 ulko-ovea aukee korvausilman saamiseksi.

Rakennuksesta oli olemassa 3D-malli joka muutettiin FDS-malliksi (sama työmäärä kuin uuden mallin laatimisessa)

Lomakkeen täyttöohjeet

1. Kohteen nimi ja osoite	(mikäli voidaan julkistaa)
2. Rakennuksen käyttötarkoitus	Esim. myymälärakennus, kauppakeskus ja E1:n mukainen käyttötapa luettelosta valitseminen
3. Rakennus- ja rakennetietoja	
<i>Kerrosala:</i>	rakennuksen kerrosten yhteenlaskettu pinta-ala
<i>Tilavuus:</i>	tila, jota rajoittaa rakennuksen vaipan ulkopinta: alapohjan alapinta, ulkoseinien ulkopinta ja yläpohjan yläpinta
<i>Korkeus:</i>	Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.
<i>Kerrosluku:</i>	Rakennuksen kerroslukuun lasketaan mukaan kaikki ne pääasiallisesti maanpinnan yläpuolella olevat kerrokset, joissa on asuin- tai työhuoneita tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Jos rakennuksen kerrosten lukumäärä vaihtelee rakennuksen eri osissa, kerrosluvulla tarkoitetaan rakennuksen suurinta kerroslukua.
<i>Henkilömäärä:</i>	E1 taulukko 3.2.2:n mukainen suurin sallittu henkilömäärä rakennuksessa (paikkaluku, henkilömäärä, työntekijämäärä)
<i>Paloluokka:</i>	E1 kohdan 3.1 mukainen paloluokka
<i>Palokuormaryhmä</i>	E1 kohdan 2.2 mukainen palokuormaryhmä
<i>Kantavat rakennusosat:</i>	Kantavien rakennusosien luokka ja materiaali
<i>Osastoivat rakennusosat:</i>	Osastoivien rakennusosien luokka ja materiaali
<i>Sisäpintojen materiaali:</i>	mitä materiaalia rakennuksen sisäpinnat pääasiassa ovat
<i>Suurimman palo-osaston pinta-ala:</i>	kuinka suuri on suurin palo-osasto
4. Uloskäytävät	
<i>Kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään:</i>	kuinka pitkä matka on pisimmillään todellisuudessa sekä E1 kohdan 10.2.1 mukaan laskettuna
<i>Uloskäytävien lukumäärä</i>	kuinka monta uloskäytävää rakennuksessa yhteensä on
<i>Uloskäytävien yhteisleveys:</i>	mikä on rakennuksen kaikkien uloskäytävien yhteenlaskettu leveys
<i>Suurimman poistumisalueen henkilömäärä:</i>	mikä on suurimman poistumisalueen henkilömäärä enintään
<i>Poistumisalue:</i>	mikä on em. poistumisalue (nimi tai muu tunniste)
<i>Em. poistumisalueen uloskäytävien yhteisleveys:</i>	suurimman poistumisalueen uloskäytävien yhteisleveys
<i>Ja määrä:</i>	suurimman poistumisalueen uloskäytävien lukumäärä
5. Palotekniset laitteet	
<i>Automaattinen sammutuslaitteisto:</i>	onko rakennuksessa täydellinen sammutuslaitteisto (kaikissa tiloissa), osittainen vai ei ollenkaan
<i>Lisätietoja:</i>	mahdollisia lisätietoja laitteistosta tai kattavuudesta
<i>Automaattinen paloilmoin:</i>	onko rakennuksessa täydellinen sammutuslaitteisto (kaikissa tiloissa), osittainen vai ei ollenkaan
<i>Lisätietoja:</i>	mahdollisia lisätietoja laitteistosta tai kattavuudesta
<i>Savunpoisto:</i>	onko laitteisto automaattinen (toimii automaattisesti) vai manuaalinen (käsin laukaistava) vai ei ollenkaan. Millä tavalla savunpoisto on toteutettu (luukut, puhaltimet tai jokin muu ratkaisu)
<i>Korvausilma:</i>	mistä savunpoiston tarvitsema korvausilma saadaan (aukeavat ovet, luukut, tms.)
<i>Lisätietoja:</i>	lisätietoja laitteistosta tai kattavuudesta