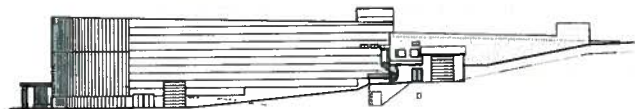
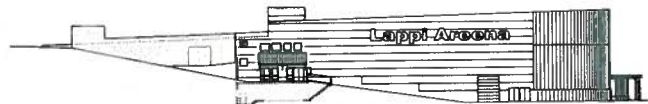
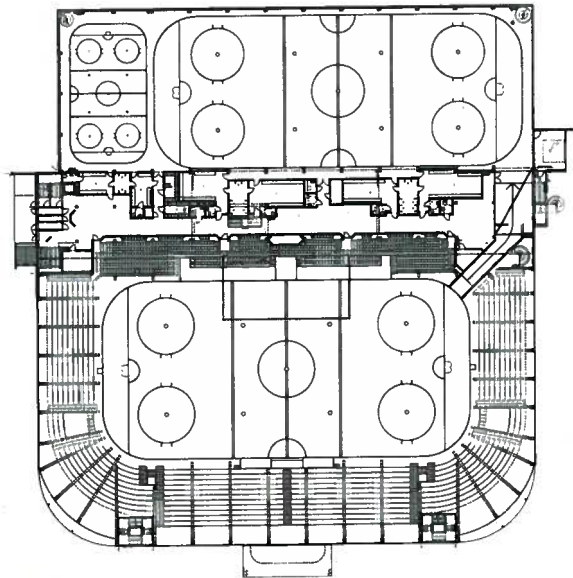


RAKENTAMINEN

Monitoimihallin paloturvallisuus



ISBN 951-682-729-2
ISSN 1238-8602

© Ympäristöministeriö ja opetusministeriö
Julkaisija: Ympäristöministeriö ja opetusministeriö
Kustantaja: Rakennustieto Oy

Kannen kuva: IRH – Integroitu Riskien Hallinta – Oy
Taitto: DTPage Oy
Kirjapaino: Tammer-Paino Oy, Tampere 2003

Painettu ympäristömerkin saaneelle paperille

Suomessa on viime vuosien aikana rakennettu lukuisia jääkiekko- ja jalkapallohalleja, joita käytetään monitoimihalleina. Jäähalleja on tällä hetkellä lähes 200 kappaletta, joista vain osa on suunniteltu monitoimihalleiksi.

Monitoimihalleissa järjestetään peruskäytön lisäksi myös monia muita tapahtumia, kuten konsertteja, teatteriesityksiä, vaalitilaisuuksia, messuja, konferensseja, ratsastuskilpailuja, moottoripyörien taitoajoja, palloiluotteluita, kirpputoreja. Monitoimihallien käyttötapa ja rakennuksessa olevien henkilöiden määrä vaihtelee hyvinkin voimakkaasti.

Monitoimihallien paloriskit vaihtelevat suuresti. Palokuorman määrä, laatu, syttymisherkkyys ja sijainti ovat eri käyttötilanteissa erilaiset. Palon sytytyslähteiden sijainti vaihtelee. Henkilötiheys vaihtelee eri käyttötavoissa ja jopa saman käyttötavan sisällä.

Rakennusluvassa määritellään rakennukselle sallittavat käyttötavat, paloluokitus ja suurimmat sallittavat henkilömäärät eri käyttötavoissa. Ei ole siis samantekevää, miten halleja käytetään.

Varsin usein näiden rakennusten palotekniset ratkaisut, kuten savunpoisto- ja poistumisjärjestelyt, on suunniteltu pelkästään liikuntahallikäyttöön. Osaanhalleista on tehty jälkeenpäin muutoksia, joilla on pyritty parantamaan paloturvallisuutta muuttuneiden käyttöolosuhteiden tasolle.

Yleensä nämä muutokset on tehty mahdollisimman yksinkertaisesti. Poistumisreitit on lisätty jälkeenpäin hallien ulkosivuille, jolloin poistuminen on suunniteltu tapahtuvan pääsääntöisesti ylimmän penkkirivin kautta. Ratkaisussa on riskinsä, sillä tulipalotilanteessa savukerroksen alapinta eli kuuman vyöhykkeen alareuna saavuttaa pääkatsomon ylimmän penkkirivin varsin nopeasti, jolloin ylimmän tason kautta poistuminen on mahdollista vain pienelle osalle ylimpien penkkirivien katsojia. Näin tapahtui myös paloteknisessä analyysissä, joka tehtiin oppaan esimerkkikohteelle, Lappi Areenalle.

Joidenkin hallien monikäyttötilanteissa on paloturvallisuuden tasoa yritetty nostaa tilapäisesti varaamalla paikalle lisää alkusammutuskalustoa, pelastushenkilökuntaa ja pihalle paloauto. Ratkaisu on urheiluhenkkinen, mutta ei korvaa rakenteellisen paloturvallisuuden vakavia puutteita käyttötavoissa, joissa on kyse henkilöturvallisuudesta.

Hallien rakenteelliset ja turvatekniset ratkaisut vaihtelevat voimakkaasti kunnittain.

Useimpien monitoimihallien paloturvallisuuden suunnittelu on toteutettu perinteisen E1:n mukaisesti. Viime vuosina olisi kuitenkin jo voitu käyttää oletettuun palonkehitykseen perustuvaa paloturvallisuussuunnittelua. **Tällöin moni hanke on voitu kehittää teknisiltä ratkaisuiltaan turvallisemmaksi ja hankintahinnaltaan sekä käyttökustannuksiltaan edullisemmaksi kuin perinteisellä tavalla toteutetut hankkeet.**

Opasprojektin toteutus

Toiminnallista palosuunnittelua kuvaavan oppaan laatimistarve ja edellä esitetyt käytännön suunnitteluongelmat käynnistivät oppaan laatimistyön opetusministeriön ja ympäristöministeriön yhteisprojektina. Esimerkkikohteen esisuunnitelma, palotekniset analyysit ja paloturvallisuusraportti on toteutettu opetusministeriön rahoittamana tutkimusprojektina. Ne ovat oppaan liitteinä. Oppaan käsikirjoituksen laatimisen ja siihen liittyvät neuvottelut ja matkat on rahoittanut ympäristöministeriö.

Projektin ohjausryhmään ovat kuuluneet puheenjohtajana *Ulla Kankaanpää*, ympäristöministeriö ja jäsenenä *Pirjo Kurki*, ympäristöministeriö, *Jouni Vastamäki*, ympäristöministeriö, *Risto Järvelä*, opetusministeriö, *Mauri Peltovuori*, opetusministeriö, *Hannu Olamo*, sisäasiainministeriö, *Keijo Sihvonen*, Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto, *Kauko Juutinen*, Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto, *Jussi Rahikainen*, Helsingin kaupungin pelastuslaitos, *Matti Orainen*, Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö, *Jarmo Majamaa*, Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö, *Seppo Pekurinen*, Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto, *Pekka Paavola*, Suomen Jääkiekkoliitto ja sihteerinä ja oppaan laatijana *Simo Lehtimäki*, IRH – Integroitu Riskien Hallinta – Oy. Ohjausryhmän jäsenet ovat osallistuneet aktiivisesti oppaan sisällön kehittämiseen ja tekstien kommentointiin. Ulkopuolisena asiantuntijana on analyysien laadinta- ja tekstien kommentointivaiheessa ollut *Timo Hakokorpi*, If Vahinkovakuutusyhtiö Oy.

Oppaan esimerkkikohteeksi etsittiin monitoimihallia, joka on merkittävän kokoinen ja riittävän vaativa suunnittelukohde. Tällainen kohde löytyi Rovaniemeltä, jossa suunniteltiin Lappi Areenaa Ounasvaaran liikuntakeskusalueelle. Lappi Areenan kiinteistöyhtiön toimitusjohtajana on toiminut projektiamme tukien Rovaniemen kaupungin teknisen viraston johtaja *Kaarlo Kantola*. AVM-Rakentajat Oy:n toimitusjohtaja *Aulis Niemelä* on toiminut Lappi Areena projektin johtajana ja auttanut hankkeen suunnitteluvaiheessa merkittävästi projektimme läpiviemisessä. Rakennushankkeen toteutusvaiheessa siirtyi vetovastuu hankkeen toteutuksesta Peab Pohjois-Suomi Oy:lle, jonka projektipäällikkönä on toiminut *Sampo Tuisku*. Tärkeä osuus teknisten ratkaisujen kehittämisessä on ollut Peab Suomi Oy:n järjestelmäpäällikkö *Jorma Leppikorvella* sekä SS-Teracon Oy:n *Seppo Salolla* ja *Pasi Koivistolla*. Kustannuslaskelmista on vastannut Normek Oy:n suunnittelupäällikkö *Matti Arponen* ja projektiryhmän päällikkö *Arto Sopanen*.

Esimerkkikohteen pääsuunnittelijana on toiminut arkkitehti *Erkki Päiveröinen*. Hän on avuliaasti toimittanut tarvittuja tietoja ja piirustuksia sekä kommentoinut tekstejä. Rovaniemen kaupungin palopäällikkö *Veikko Kauppinen* on valvontaviranomaisena osallistunut Lappi Areenan paloturvallisuussuunnitelmien tarkastamiseen ja antanut monia kehittämisideoita suunnitelman sekä oppaan tekstin laatijalle. Rakennustarkastaja *Markku Kolehmainen* on osallistunut paloturvallisuussuunnitelmien valvontaan ja oppaan tekstien kommentointiin.

Lappi Areenasta on yksityiskohtaisempia tietoja oppaan tekstissä ja liitteissä.

Oppaan sisällölliset tavoitteet

Oppaassa kuvataan paloturvallisuussuunnitelman laatimista ja opastetaan sen sisällössä huomioon otettavia asioita. Oletettuun palonkehitykseen perustuvaa mitoitusta käytettiin savunpoiston mitoittamiseen, poistumisajan riittävyyden tarkasteluun, automaattisten paloilmalaitteiden tai sammutuslaitteiden toiminta-ajan, rakenteiden palonkestävyyden ja palokunnan toimintaedellytysten selvittämiseen. Savunpoistoa ja poistumisaikoja tutkittiin erityisesti jäähallikäytössä ja konserttikäytössä.

Oppaan liitteenä esitetään esimerkkikohteen paloturvallisuusraportti, jossa määritetään paloturvallisuuden suunnitteluperusteet. Muita liitteitä ovat esimerkkikohteen esisuunnitelma, palotekniset analyysit ja erillisselvitykset. Oppaan liitteessä 4 esitetään, miten voidaan laskea oletettuun palonkehitykseen perustuvalla mitoituksella kantavien rakenteiden mitoituslämpötilat palopatsaiden kohdalla.

Oppaassa annetaan myös ohjeita paloturvallisuusjärjestelmien kuvausta ja turvallisuussuunnitelman laatimista varten. Nämä asiat tulee sisällyttää rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeisiin.

Työssä hyödynnettiin ympäristöministeriön aikaisemmin rahoittamaa SPEK:n julkaisua Palotekninen erityissuunnittelu vyöhykemalleja käyttäen /2/ sekä monia lähdetiedoissa mainittuja julkaisuja. Projektin rahoittajina ovat toimineet opetusministeriö ja ympäristöministeriö.

Haluamme kiittää kaikkia opasprojektiin osallistuneita siitä, että olemme onnistuneet yhdessä toteuttamaan tämän vaiherikkaan projektin.

Helsingissä huhtikuun 30. päivänä 2003

Helena Säteri
Kehittämisjohtaja
Rakennusneuvos
Ympäristöministeriö

Risto Järvelä
Rakennusneuvos
Opetusministeriö

Sisältö

Esipuhe	3
I Johdanto	9
1.1 Sanastoa	9
2 Paloturvallisuussuunnittelun käynnistäminen	11
2.1 Rakentamissäädökset	11
2.2 Paloturvallisuussuunnittelu	13
3 Esisuunnitelma	14
3.1 Johdanto	14
3.2 Paloriskit	14
3.3 Rakenteiden palonkestävyys	16
3.4 Tilojen henkilömäärät ja poistumisreitit	16
3.5 Savunpoisto	17
3.6 Sammutus- ja pelastustoiminta	18
3.7 Esisuunnitelman esittelykokous viranomaisille	19
4 Paloturvallisuussuunnittelu	20
4.1 Palotekninen analyysi	20
4.1.1 Palosimulointiohjeet	20
4.1.2 Laskentaohjelmat	20
4.1.3 Simuloitavat tilat	20
4.1.4 Pelkistetyt mallit	21
4.1.5 Paloskenaariot	21
4.1.6 Palontorjuntajärjestelmien vikaantuminen	21
4.1.7 Mitoituspalot	22
4.1.8 Poistumisaikalaskelmat	23
4.2 Palotapahtumien kuvaukset ja tulokset	24
4.2.1 Paloskenaario I (perusskenaario)	24
4.2.2 Paloskenaario II (mahdollinen skenaario)	24
4.2.3 Paloskenaario III (mahdollinen skenaario)	24
4.2.4 Paloskenaario IV (poikkeuksellinen skenaario)	24
4.2.5 Herkkyysanalyysit	25
4.3 Muut analyysit ja selvitykset	26
5 Paloturvallisuusraportti	27
5.1 Yleistiedot	27
5.1.1 Kohdetiedot	27
5.1.2 Tilat ja toiminta	27
5.2 Sijoituspaikan paloturvallisuus	27
5.2.1 Ulkopuoliset paloriskit	27
5.2.2 Paloriskit ulkopuolelle	28
5.3 Toiminnan paloturvallisuus	28
5.3.1 Käyttötavat ja palokuormat	28
5.3.2 Suojaustasot	29
5.4 Rakenteellinen paloturvallisuus	29
5.4.1 Rakennuksen paloluokka	29
5.4.2 Osastointi	29
5.4.3 Savunpoistoalueet	30
5.4.4 Kantavat ja osastoivat rakenteet	30
5.4.5 Pinnat	30
5.4.6 Talotekniikka	30

5.5	Henkilömäärät ja poistuminen	31
5.6	Sammutus- ja pelastustehtävien huomioon ottaminen	32
6	Paloturvallisuusjärjestelmien kuvaus	33
6.1	Kuvattavat palontorjuntajärjestelmät tai -järjestelyt	33
6.2	Palontorjunnan järjestelmien kuvausten sisältö	33
7	Paloturvallisuusjärjestelmien toiminnan varmistaminen	34
8	Turvallisuussuunnitelma	35
8.1	Turvallisuussuunnitelman laatiminen	35
9	Kustannusvertailuja	36
10	Viitteet	37
Liitteet		
1	Paloturvallisuusraportti	39
2	Esisuunnitelma – paloturvallisuussuunnittelua varten	47
3	Palotekninen analyysi	53
4	Teräsrakenteiden mitoituslämpötilat	95
5	Palon säteilylämpövirran ja savunpoiston toimimattomuuden vaikutus poistumiseen	104
6	Rakennuksen savunpoistojärjestelmän kuvaus	110
7	Paloturvallisuussuunnittelua koskevia säädöksiä	112
Kuvailulehdet		113

Johdanto

Monitoimihallin paloturvallisuuden suunnittelu on vaativa suunnittelutehtävä. Monitoimihallin toteutus edellyttää enemmän paloteknistä suunnittelua kuin normaali urheiluhalli, jäähalli tai messuhalli, koska halli suunnitellaan useita käyttötilanteita varten.

Jo projektin alkuvaiheessa tulee kiinnittää hankkeeseen paloturvallisuussuunnittelija, jolla on riittävät edellytykset selvittää kohteen eri käyttötapojen palo- ja muut turvallisuuskysymykset.

Tässä oppaassa kuvataan monitoimihallin paloturvallisuuden suunnittelua ja suunnitelmia, joita tarvitaan monitoimihallin monien paloturvallisuuskysymysten selvittämiseksi ja toteutuksen ohjeistamiseksi. Oppaassa on käytetty esimerkkikohteena Lappi Areena -nimistä monitoimihallia, jota opasta laadittaessa suunniteltiin Rovaniemelle Ounasvaaran liikuntakeskusalueelle. Lappi Areena on monitoimihalli, jonka peruskäyttönä on jääliikunta ja lisäkäyttöinä suunnittelussa olivat palloilu – etenkin lentopallo ja koripallo sekä suuret kokoukset, konsertit, tanssit ja messut. Lappi Areenassa on kaksi jäähallia: kilpailuhalli ja harjoitus-halli sekä monitoimihallikäyttöjen tarvitsemat oheistilat. Tämän oppaan selvityksissä on pääasiallisesti keskitytty kilpailuhallin ongelmien ratkaisemiseen, koska siellä esiintyvät suuret henkilömäärät ja pääpaloriskit eri käytöissä. Oppaan tekstissä esimerkkikohteella tarkoitetaan Lappi Areenaa. Lähteiden viitteet on esitetty / -merkinnoin.

1.1 Sanastoa

Sanaston määritelmiä laadittaessa on käytetty lähteinä mm. viitteitä /21/, /33/, /34/.

Automaattinen sammutuslaitteisto (*Automatic Fire Extinguishing System*) on tulipalon sammuttamiseen tarkoitettu kiinteästi asennettu automaattisesti laukeava laitteisto. Automaattisia sammutuslaitteistoja ovat esimerkiksi sprinkleri-, kaasusammutus- ja vaahtosammutuslaitteistot. Tulipalon sattuessa laitteisto antaa automaattisesti palohälytyksen ja aloittaa palon sammuttamisen.

Automaattinen savunpoistolaitteisto (*Automatic Smoke and Heat Exhaust System*) on tulipalossa muodostuvien savukaasujen poistamiseen tarkoitettu laitteisto, joka sisältää savunpoistolaitteet, palonilmaisulaitteet ja savunpoistolaitteiden laukaisukeskuksen. Palon sattuessa laitteisto toimii automaattisesti ilman ulkopuolista signaalia. Hätäkeskukseen kytketty automaattinen savunpoistolaitteisto antaa palohälytyksen automaattisesti.

Esisuunnitelma (*Preplan or Predesign*) on tässä oppaassa luettelo asioista, jotka tulee ottaa paloturvallisuuden suunnittelussa huomioon. Luettelo sisältää myös suunnitelmavaihtoehtoja ja alustavia selvityksiä.

Kulkureitti on lattiapinnan kustakin kohdasta uloskäytävään johtava kulkukelpoinen tie.

Mitoittava palotapahtuma (*Design Fire Scenario*) on rakennuksen, rakennusosan, sisustuksen, prosessien jne. paloturvallisuuden arvioinnissa käytettävä suurin palotapahtuma.

Palosimulointi (*Fire Simulation*) on paloteknisten laskentamallien avulla tapahtuvaa mitoittavien palotapahtumien selvittämistä paloturvallisuussuunnittelun perusteita varten. Huomautus: Laskentamallien kelpoisuus tulee olla osoitettu.

Palotekninen analyysi (*Fire Technical Analyses*) on tässä oppaassa analyysi mitoittavista palotapahtumista, joissa palontorjuntajärjestelmät tai -järjestelyt toimivat tai eivät toimi suunnitellusti. Analyysillä selvitetään etenkin poistumisturvallisuutta ja palokunnan toimintaedellytyksiä. Sen tuloksia voivat olla myös mm. savunpoiston ja rakenteiden suunnitteluperusteet.

Palotekninen erittely (*Fire Technical Specification*) tarkoittaa samaa asiakokonaisuutta kuin sana paloturvallisuusraportti.

Palotekninen erityissuunnittelu tarkoittaa samaa kuin paloturvallisuussuunnittelu.

Palotekninen selvitys (*Fire Technical Clarification*) on selvitys ja mahdollinen laskelma, joka tehdään rakennusosan, turvaetäisyyden yms. asian paloteknisen ratkaisun kelpoisuuden osoittamiseksi.

Paloturvallisuuden odotusarvolaskelma on laskelma, jossa esitetään taloudellisen palovahin-

Paloteknisestä erityissuunnittelusta vastaavalla henkilöllä tulee olla useiden vuosien kokemus toimimisesta paloteknisenä asiantuntijana, riittävä tietämys paloteorioista ja laskentamenetelmistä sekä palontorjuntajärjestelmien ja -menetelmien laaja tuntemus, jotta hän pystyy selvittämään vaihtoehtoiset ratkaisumallit.

Rakennuslupa

Rakennusluvassa voidaan määrätä erityissuunnitelmien laatimisesta ja toimittamisesta rakennusvalvontaviranomaisille.

Tärkein osa paloturvallisuussuunnittelua tehdään ennen rakennusluvan hakemusasiantuntijakirjojen valmistumista. Vaativan rakennushankkeen lupahakemuksen liiteasiakirjoja ovat paloturvallisuusraportti ja sen liitteinä olevat palotekniset analyysit ja erityisselvitykset.

Rakennusluvassa määrätään myös aloituskouksesta sekä rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen laatimisesta.

Aloituskokous

Aloituskouksesta määrätään rakennusluvassa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee kutsua kokous koolle ennen rakennustyön aloittamista.

Aloituskokouksen pöytäkirjaan merkitään muun muassa rakennushankkeeseen ryhtyvän velvoitteet, hankkeen suunnittelun ja rakennustyön keskeiset osapuolet, rakennusvaiheiden vastuhenkilöt, työvaiheiden tarkastuksia suorittavat henkilöt ja erillisen laadunvarmistusselvityksen esittämistarve.

Aloituskouksessa voidaan määritellä myös rakennusprojektin aikana tarvittavat lisäselvitykset sekä niiden laatijat.

Käyttö- ja huolto-ohje

Rakennukselle on laadittava rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje /5/. Käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää tarpeelliset tiedot rakennuksen ja sen rakennusosien sekä erilaisten laitteiden ja laitteistojen käytölle ja kunnossapidolle.

Paloturvallisuussuunnittelijan tulee laatia käyttö- ja huolto-ohjeeseen tarvittavat tiedot paloturvallisuuslaitteiden ja -laitteistojen osalta. Tarkempia määräyksiä ja ohjeita rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeesta on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa A4 /5/.

Paloturvallisuuden olennainen vaatimus

Rakennuksilta edellytettävät olennaiset tekniset vaatimukset ovat rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys ja hygieenisyys, käytöturvallisuus, ääneneristävyys, energiataloudellisuus ja lämmöneristävyys (MRA 50§) /4/.

Rakennuksen paloturvallisuuden olennainen vaatimus tarkoittaa sitä, että palon sattuessa

- kantavien rakenteiden tulee kestää niille asetetun vähimmäisajan
- palon ja savun kehittyminen ja leviäminen rakennuksessa on rajoitettu
- palon leviäminen viereiseen rakennukseen on rajoitettu
- henkilöt voivat poistua rakennuksesta tai heidät voidaan pelastaa muilla keinoin
- pelastushenkilöstön turvallisuus on otettu huomioon.

Vaatimuksen täyttymisen osoittaminen

Paloturvallisuuden olennaisen vaatimuksen täytyminen osoitetaan tämän oppaan kohdan 5 mukaisella paloturvallisuusraportilla, jossa määritellään rakennuksen keskeiset suunnittelupeusteet. Paloturvallisuusraporttia täydennetään tapauskohtaisesti muilla tarvittavilla selvityksillä ja analyyseillä.

Liitteessä 1 on esitetty esimerkkikohteen paloturvallisuusraportin tiedot siinä laajuudessa kuin ne olivat käytössä opasta kirjoitettaessa.

Muut säädökset ja ohjeet

Pelastustoimilain 561/1999 23§:ssä /7/ säädetään, että rakennus, rakennelma ja sen ympäristö on suunniteltava, rakennettava ja pidettävä kunnossa siten, että tulipalon syttymisen ja leviämisen vaara on vähäinen ja että pelastustoiminta on onnettomuuden sattuessa mahdollista.

Rakennusten paloturvallisuuteen liittyviä vaatimuksia on lisäksi esitetty mm. työturvallisuuslain /8/, kemikaalilain /9/ ja räjähdysvaarallisista aineista annetun lain /10/ säädöksissä. Palovahingon seuraamuksista saattavat olla kiinnostuneita myös ympäristönsuojelulain /11/, ympäristövaikutusten arviointilain /12/ tai luonnonsuojelulain /13/ valvojat.

Rakennuksen paloturvallisuutta koskevia ohjeita on lisäksi annettu mm. sähköturvallisuusmääräyksissä, standardeissa ja vakuutusyhtiöiden suojeluohjeissa.

2.2 Paloturvallisuussuunnittelu

Paloturvallisuussuunnitelman suunnittelutarjouksen tulee sisältää kohteen vaativuuden mukaiset palotekniset selvitykset, analyysit ja ohjeet (paloturvallisuusraportti, esisuunnitelma, palotekninen analyysi, palontorjuntajärjestelmien kuvaus, tarvittavat käyttö- ja huolto-ohjeet sekä mahdollisesti myös turvallisuussuunnitelma).

Paloturvallisuussuunnittelu alkaa suunnittelutilanteen kartoituksella. Erityissuunnittelija tutustuu muihin suunnittelijoihin ja heidän tehtäviinsä projektissa joko projektin suunnittelukokouksessa tai erillisissä suunnittelijoiden työneuvotteluissa.

On huomattava, että vaativissa rakennushankkeissa paloturvallisuussuunnittelijan tulee olla mukana jo ensimmäisissä hanketta koskevissa neuvotteluissa, joita käydään palo- ja rakennuslupaviranomaisten kanssa.

Kohteen omistajan ja tulevien käyttäjien kanssa neuvotellaan valmiissa kohteessa toteutettavasta riskienhallinnasta ja sen organisoinnista, jotta saadaan selvyys eri palontorjuntamenetelmien toimivuudesta tulevaisuudessa. Rakennuksen tuleva käyttö ja sen edellyttämät tulevaisuuden tarpeet kartoitetaan, jotta toteutettavat ratkaisut olisivat muutostilanteessa joustavia ja jotta mahdolliset käyttötavan muutokset eivät aiheuttaisi tarpeettoman suuria lisäkustannuksia.

3

Esisuunnitelma

Esisuunnitelma toimii muistilistana asioista, jotka tulee ottaa huomioon paloteknisessä suunnittelussa.

3.1 Johdanto

Esisuunnitelman varsinaisena tehtävänä on määritellä paloteknisessä suunnittelussa tutkittavat asiat, jotta projektiryhmässä ja viranomaisten kanssa voidaan käsitellä paloteknisiä asioita systemaattisesti ja sopia etukäteen, mitä asioita lasketaan tai selvitetään tarkemmin. Samalla kirjaetaan muistiin ne mitoitusperusteet tai lähtöarvot, joita käytetään apuna paloteknisissä analyyseissä tai selvityksissä.

Osa esisuunnitelman asioista poimitaan suoraan rakentamismääräyksistä ja osa muista ohjeista, standardeista tai lähdekirjallisuudesta. Esisuunnitelma kehittyy sisällöltään suunnittelun edetessä ja monet sen sisältämät asiat rakentamismääräyksistä tai -ohjeista kirjaetaan sellaisenaan paloturvallisuusraporttiin.

Tämän oppaan liitteenä on esimerkkikohteen esisuunnitelma. Esisuunnitelmasta lainattu teksti on syvennetty kuten tämä teksti.

3.2 Paloriskit

Kohteen paloriskit tutkitaan kohteen käyttötavan tai monitoimihallissa kohteen suunniteltujen käyttötapojen perusteella. Monitoimihalleissa esiintyviä paloriskejä on käsitelty opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisuissa /14/, /15/, /16/ ja paloalan kirjallisuudessa esimerkiksi lähteessä /33.

Kohteen käyttötavat

Kohde suunnitellaan ensin peruskäytön perusteella. Peruskäyttötapa voi olla monitoimihalleissa esimerkiksi jäähalli-, urheiluhalli-, messuhalli- tai väestönsuojakäyttö. Jäähallille voidaan suunnitella sitten jääurheilukäyttöjen lisäksi käyttötavaksi esi-

merkiksi messut, suuri kokous, konsertti, tanssit, koripallo-ottelu, lentopallo-ottelu, ratsastus, taito-moottoripyöräily yms. käyttötapa. Muille halleille voidaan suunnitella samoja lisäkäyttötapoja kuin edellä paitsi jääurheilukäytöt.

Mahdolliset palokuormat

Kohteen mahdolliset palokuormat selvitetään suunniteltujen käyttöjen pahimpien palokuormakeskittymien mukaan. Näitä palokuormaselvityksiä käytetään pohjana, kun paloteknisessä analyyseissä määritellään mitoittavia palotehoja. Samalla selvitetään tärkeimpien palo-osastojen palokuormat lattianeliömetriä kohti.

Mahdolliset syttymislähteet

Mahdollisia syttymislähteitä voi olla rakennuksen sisä- ja ulkopuolella. Kohteen potentiaaliset syttymislähteet kartoitetaan. Tyypillisiä syttymislähteitä ovat jäähalleissa

- tuhotyö (tuhopoltto)
- ammoniakki-jäähdytyslaitteisto
- jääntekokone (sähkö-, nestekaasu- tai dieselkäyttö)
- tupakointi/tupakansytytin taskussa
- sähkölaitteet: saunan kiuas, kylmäkoneet, keittimet, uunit, sähkölämmittimet, akut
- valaisimet: siirrettävät näyttämövalaisimet, siirrettävät työmaavalaisimet, avoimet hehkulamput, avoimet valaisinputket ja niiden osat, avoimet halogeenispotit
- kaapelipalo
- staattinen sähkö tai sähkökipinä käytettäessä syttyviä nesteitä esimerkiksi korjauksissa
- tulityöt korjauksissa
- työkoneet.

Muissa halleissa esiintyvät samat syttymislähteet paitsi jääntekolaitteet ja -koneet. Ongelmallisin syttymislähde on tuhopoltto, koska sen toteutus ja paikka on vaikea arvioida. Olettamuksena voidaan ainakin pitää sytytystä katsomossa noin 2 litalalla herkästi syttyvää nestettä kuten bensiiniä.

Suunnittelussa tulee kiinnittää erityisesti huomiota

- syttymislähteiden ja irtaimistopalokuormien eliminointiin (esim. ulkoseinustoilla ei tulisi olla palokuormakertymiä, jotka tuhopolttaja voi helposti sytyttää)
- turvallisempien käyttölaitteiden ja koneiden valintaan (esim. ammoniakkijäähdytys toisio-putkistossa korvataan turvallisemmalla jäähdytysnesteellä tai sähkökäyttöinen jääkone valitaan kaasukäyttöisen sijasta)
- turvalliseen sijoittamiseen käyttötavan mukaisiin omiin osastoihin (esim. jääkone säilytetään omassa palo-osastossa tai jäähdytyslaitteet, sähkölaitteet ja muuntaja sijaitsevat omissa palo-osastoissaan).

Mahdollinen palojen sijainti, niiden syyt ja palotehot

Olennaista on kartoittaa analyysiä varten palojen mahdolliset sijaintipaikat, syyt ja palotehot. Merkille pantavaa tässä yhteydessä on, että

- alhaalla oleva palo on savunmuodostuksen kannalta pahempi kuin ylhäällä oleva,
- ylhäällä oleva palo kuormittaa enemmän seinien ja katon rakenteita kuin alhaalla oleva
- suurimmat palotehojen arvot saavat yleensä aikaan vakavimmat palotapahtumat.

Esimerkkikohteen kilpailuhallissa arvioitiin seuraavat palojen sijainnit, syyt ja palotehot:

- (1) Palo näyttämöllä esim. valaisimesta: kulissit ja näyttämö palavat (< 40 MW)
- (2) Palo katsomossa esim. tuhotyöstä (< 20 MW)
- (3) Palo näyttelyn esittelytilassa esim. kohdevalaisimesta (< 40 MW)
- (4) Palo aulan anniskelualueella esim. jääkaapista (< 5 MW)
- (5) Palo yleisö-WC:ssä esim. roskakorissa tupakasta (< 2 MW)
- (6) Palo kaapelireitillä esim. ylikuormituksesta (< 2 MW)
- (7) Palo saunassa esim. kiukaan kaapelista (< 10 MW)
- (8) Palo aitiassa esim. jääkaapista (< 6 MW)
- (9) Palo tuolivarastossa esim. salatupakoinnista tai tuhotyöstä (oma palo-osasto)
- (10) Palo siirtolattiavarastossa esim. salatupakoinnista tai tuhotyöstä (oma palo-osasto).

Mitoittavat palotapahtumat

Mitoittavia palotapahtumia ovat ne palotapahtumat, joiden perusteella rakennuksen tai sen osien paloturvallisuus suunnitellaan.

Savunpoiston ja poistumisen kannalta mitoittavia palotapahtumia arvioitiin esimerkkikohteen kilpailuhallissa olevan **palo näyttämöllä, katsomossa tai näyttelyn esittelytiloissa**. Katon ja kantavien vaakarakenteiden kannalta mitoittava palotapahtuma on edellisten lisäksi **palo aitiassa**. Pahoja palotapahtumia voi myös esiintyä suuria palokuormia sisältävissä varastoissa. Tässä kohteessa ne ovat erillisiä palo-osastoja, jotka pidetään lukittuina yleisötapahtumien aikana.

Palontorjuntajärjestelmien vikaantuminen

Rakennukseen valittu suojaustaso määrittelee palontorjuntajärjestelmät, jotka ovat automaattinen sammutuslaitteisto tai paloilmoitin. Näiden järjestelmien toimivuus tai vikaantuminen on tutkittava erityisen huolellisesti. Poistumisturvallisuuden kannalta on olennaista tutkia myös savunpoiston toimivuus tai vikaantuminen.

Hyväksymiskriteerit

Analyysin laskelmille asetetaan hyväksymiskriteereitä, joilla varmistetaan

- rakennuksen käyttäjien turvallisuus
- pelastushenkilöstön turvallisuus ja toimintaedellytykset
- rakenteiden palonkestävyys
- palon ympäristövaikutusten rajoittuminen.

Esimerkkikohteen kilpailuhallin hyväksymiskriteereiksi määriteltiin:

- Poistuminen tapahtuu kylmässä vyöhykkeessä, jonka lämpötila ei ylitä sallittua maksimiarvoa.
- Liekin tai savupatjan säteilyn määrä on sallittu.
- Seinä- ja kattorakenteet sekä niiden ripustukset kestävät sortumatta poistumisen, pelastustyön ja jäähtymisen edellyttämän ajan.
- Varmuuskertoimet valitaan SPEK:n oppaan mukaisesti /2/.
- Herkkyysanalyysissä tutkitaan ainakin paloteho (+50 %) ja savunpoisto (+100 %).
- Sallittava korvausilman virtausnopeus tuloaukon poikkipintaa kohden on enintään 3–5 m/s.

Herkkyysanalyysijä tehdään riittävä määrä, jotta saadaan selville, mitä muutokset laskentaparametreissa aiheuttavat lopputuloksiin.

Esimerkkikohteen kilpailuhallin analyysissä herkkyyssanalyysit toivat esille monia asioita, jotka otettiin huomioon suunnittelussa (katso kohta 3.3.2.5).

3.3 Rakenteiden palonkestävyys

Rakennuksen ja rakenteiden palonkestävyys

Rakennuksen paloluokan osoitetaan vastaavan paloluokkaa P1 tai P2.

Esimerkkikohteessa rakennuksen paloluokaksi valittiin P1.

Rakentamismääräysten E1 kohdan 6.3 mukaan rakennusta pidetään riittävän paloturvallisena kantavien rakenteiden osalta, mikäli:

- yli kaksikerroksinen rakennus ei yleensä sorru palon eikä jäähtymisen aikana tai
- enintään kaksikerroksinen rakennus ei sorru poistumisen turvaamiseen, pelastustoimintaan tai palon hallintaan saamiseen tarvittavana aikana.

Palorasituksena käytetään oletetun palonkehityksen mukaisia olosuhteita siten, että palorasitus todennäköisesti kattaa kyseisessä rakennuksessa esiintyvät tilanteet.

Kilpailuhallissa suunnitellaan käytettäväksi katon kantavina rakenteina teräsristikoita tai liimapuuristikkoita. Kilpailuhallin katon kantavat rakenteet mitoitetaan rakentamismääräysten E1 kohdan 6.3 mukaisesti oletettuun palonkehitykseen perustuen.

Rakenteiden ontelot, piilotilat ja tuuletusraot tutkitaan ja pyritään rajoittamaan palon leviäminen niiden kautta. Selvitetään mahdolliset ulkopuoliset tulipalot kuten metsäpalot, jäteastiapalot, autopalot yms., jotka saattavat uhata rakennusta. Pyritään löytämään materiaali- ja rakenneratkaisut, jotka ehkäisevät palon siirtymistä ulkopuolelta rakennukseen.

Rakenteiden suunnitteluperusteet määritellään paloturvallisuusraportissa, joka perustuu E1:n määräyksiin, paloteknisiin analyysihin, poistumisen analyysihin ja muihin tarvittaviin selvityksiin.

Selvitettävät rakenteet

Palosimuloinnilla tarkastettavia asioita lämpötilan ja liekkivaikutuksen suhteen ovat esimerkiksi katon kantavat rakenteet ja savun leviämistä estävät kevyet seinä- ja ikkunarakenteet.

Esimerkkikohteen tutkittavia rakenteita ovat:

- kilpailuhallin katon kantavat rakenteet ja laitteiden ripustukset
- kilpailuhallin katon kattorakenteet
- aition ja salin väliseinän lasirakenne (savun leviämistä estävä lasirakenne)
- muut savun leviämistä estävät rakenteet.

Selvitettävät layout- ym. asiat

Käyttötapaosastoinnin suhteen selvitetään esimerkiksi varastot, jääkoneen lataustila, ammoniakki-jäähdytyskoneen tila, IV-konehuonetilat, sähkötilat yms.

Vaarallisten aineiden käyttö- ja varastotilat sijoitetaan rakennuksen ulkovaipalle ja niihin järjestetään oviyhteys suoraan ulkoa.

Rakenteiden ontelot katkaistaan aina osastovien rakenteiden kohdalla ja tarvittaessa järjestetään myös muita palon katkaisukohtia.

Rakennuksen ulkovaipan lähelle ei suunnitella sijoitettavaksi jäteastioita, autoja tai muita palovaarai aiheuttavia tavaroita.

3.4 Tilojen henkilömäärät ja poistumisreitit

Tilojen henkilömäärät eri käytöissä

Maankäyttö- ja rakennusasetuksen /4/ 54 §:n mukaan kokoontumistilaa koskevassa rakennusluvassa vahvistetaan kyseisessä tilassa samanaikaisesti sallittujen henkilöiden enimmäismäärä. Näin tilojen sallittavat henkilömäärät eri käyttötavoissa selvitetään rakennusvalvonnan lupapäätöstä varten ja poistumisaikalaskelmien pohjaksi.

Esimerkkikohteen kilpailuhallissa käyttäjien määräksi arvioitiin alustavasti:

- jäähallikäyttö noin 4550–4700 henkeä
- suuret kokoukset noin 5000 henkeä
- messut noin 3000 henkeä.

Poistumisen reititys ja mitoitus

Poistumisen reititys ja mitoitus tutkitaan vastaamaan Rakentamismääräysten E1 /6/ ja F2 /17/ vaatimuksia:

- Kulkureittien ja uloskäytävien mitoitus kehitetään laskelmien ja selvitysten avulla.
- Poistumisreititsuunnitelmassa esitetään vaihtoehtoiset kulkureitit ja uloskäytävät.

Poistumisaikalaskelmat

Poistumisaikalaskelmia tehdään kilpailuhallin katsomoiden poistumisturvallisuuden selvittämiseksi eri käyttötilanteissa:

- Poistumisaikalaskelmat tehdään suurimmista katsomon osista virtausmallilla.
- Poistumisaikalaskelmat laaditaan palotekni- sen analyysin yhteydessä.
- Poistumisaikoja kriittisissä etappipisteissä ver- rataan kuuman vyöhykkeen laskeutumisaikoi- hin eri paloskenaarioissa.

Kulkureittien ja uloskäytävien valaistus ja merkitseminen

Kulkureittien ja uloskäytävien valaistus ja merkitseminen suunnitellaan monitoimihallin eri käyt- tötäpöihin. Ohjeina käytetään toistaiseksi edelleen SM:n ohjetta merkki- ja turvavalaistuksesta sekä poistumisopasteista /18/.

- Poistumista varten hankitaan merkki- ja tur- vavalaistusjärjestelmä.
- Opastevalaisimet suunnitellaan toimiviksi eri käyttötilanteissa.
- Portaisiin ja käytäviin suositellaan valaistusta myös lattian rajassa.

3.5 Savunpoisto

Savunpoiston suunnitteluperusteet määritellään palosimuloinnin avulla.

Kilpailuhallin osalta tehdään täydellinen palo- tekninen analyysi, jossa tutkitaan savunpoiston ja korvausilman riittävyys. Muiden suurten ti- lojen osalta tehdään erillislaskelmia palosimu- lointiohjelmalla.

Savunpoiston lähtöoletukset ja suunnittelutavoitteet

- Savunpoiston avulla pyritään turvaamaan poistuminen, rakenteiden palonkestävyys ja palokunnan toimintaedellytykset.
- Poistumisen tulee olla mahdollista kylmässä vyöhykkeessä, siedettävällä tasolla olevissa lämpösäteilyolosuhteissa.
- Palosimulointi selvittää, onko savunpoiston automaattinen ohjaus tarpeen.
- Savunpoiston poisto- tai imupisteet ja korva- usilmareitit määritetään analyysissä ja erillis- selvityksissä.

Savunpoiston aukot ja korvausilmareitit

Selvitetään, voivatko savunpoistoaukot sijaita pää- osin katossa tai seinien yläosissa.

Selvitetään, riittävätkö oviaukot korvausilma- reiteiksi.

Savunpoistoalueet

Kukin rakennuksen osasto, tila tai komero kuu- luu johonkin savunpoistoalueeseen. Savunpoiston käyttöohjeessa on ohjeet kunkin savunpoistoalu- een savunpoistoa varten.

Savunpoiston ohjeet

Kaikkien savunpoistoalueiden savunpoistojärjes- telmistä laaditaan kuvaus, jossa esitetään toimin- nan periaatteet ja ohjaustavat, jotka kuvataan tar- vittaessa tarkemmin erillisessä savunpoiston oh- jauksen selostuksessa. Projektin lopussa laaditaan savunpoiston käyttöohjeet paikannuskaavioineen. Laitteiden toimittajat laativat lisäksi laitekohtaiset käyttö- ja huolto-ohjeet.

Savunpoistojärjestelmän valinta

Savunpoistojärjestelmän valinnasta on neuvotel- tava paikallisen paloviranomaisen kanssa.

3.6 Sammutus- ja pelastustoiminta

Suojaustekniikan tason määrittelyssä päädyttiin tässä oppaassa käyttämään termiä suojaustaso, joka esiintyy rakentamismääräyskokoelman ohjeissa E2 /19/. Käytetyt suojaustasot eivät täysin vastaa E2:n määrittelyä.

Oletetun palonkehityksen mukaisessa suunnittelussa otetaan suojaustason ja savunpoiston vaikutus huomioon palotapahtumien kehityksessä. Palotapahtuman kulkuun vaikuttaa se, kuinka suojaustason osatekijät ja savunpoistolaitteet toimivat tai eivät toimi.

Seuraavassa määritellään suojaustasojen suunnitteluperusteet tai analyysissä selvitettävät asiat:

Suojaustaso: *Automaattinen paloilmoin ja tavallinen alkusammutuskalusto* (lyhennys: *Paloilmoitin*)

- Jos kohteeseen valitaan suojaustaso *Paloilmoitin*, tarvitaan se paloteknisen analyysin mukaan /2/ osoitteellisena aikaista palohälytystä ja paloilmoitusta sekä savunpoiston ohjausta varten.
- Savuilmaisimien toiminta-aika simuloidaan.

Suojaustaso: *Automaattinen sammutuslaitteisto ja tavallinen alkusammutuskalusto* (lyhennys: *Sprinkleri*)

- Automaattinen sammutuslaitteisto (sprinklerilaitteisto) on koko rakennuksessa.
- Sprinkleriluokka on OH3.
- Sprinklerin toiminta-aika simuloidaan.
- Sprinklerilaitteiden keskus sijoitetaan rakennuksen ulkovaipalle.
- Vesilähteen luotettavuus ja varmistukset selvitetään.
- Jos kohteeseen valitaan sprinklerilaitteisto, savuilmaisimia saatetaan tarvita savunpoiston ohjaukseen, jolloin niitä hyödynnetään samalla aikaiseen palohälytykseen ja paloilmoitukseen.

Esimerkkikohteen suunnittelussa on automaattisena sammutuslaitteistona käytetty sprinklerilaitteistoa. Se on sammutusteknisesti ja taloudellisesti tarkastellen sovelias tämäntyyppisessä suuressa ja korkeassa rakennuksessa.

Palopostit

- Rakennus varustetaan palopostein.

Palokuntaa varten asennetaan rakennuksen molempiin päätyihin seinäpaloposteja, 2 x DN 80. Esimerkkikohteen viereiselle tontille paineenkorotuspumppaamon kattoon asennetaan palopostin ulosotot 2 x DN 100 Rovaniemen kaupungin omana hankintana.

Alkusammutus

- Rakennus varustetaan alkusammutuskalustolla.

Esimerkkikohteeseen hankitaan normaalit pikapalopostit, DN 25, 25 m kelat yhdistelmäsuihkusuihkuuttimin. Niitä sijoitetaan ainakin halleihin, katsomoiden alapuolisiin käytäviin ja keskiosan käytäviin.

Jauhesammuttimia (6 kg) täytöllä asennetaan 25 m hakuetaisyyskilla kulkuteiden varteen. Niitä sijoitetaan ainakin halleihin, käytäviin, huoltoon, IV-konehuoneisiin, jäähdytyskonehuoneeseen ja jääkoneen lataustilaan. Sammuttimet ja pikapalopostit sijoitetaan yhdistelmäkaappeihin.

Hiilidioksidisammuttimia (5 kg) täytöllä hankitaan sähkö-, tele- ja ATK-tilojen yhteyteen.

Sammutusreitit

- Pelastustoimintaa varten suunnitellaan rakennukseen sammutusreitit.

Esimerkkikohteessa pääsammutusreitoin ovi on rakennuksen lähimmän päädyn ulko-ovi, jonka kautta kuljetaan tuulikaappiin, jossa on paloilmoitimen palokuntapaneeli ja savunpoiston ohjauspaneeli.

Varasammutusreitoin ovi on vastakkaisen päädyn ulko-ovi, joka sijaitsee rakennuksen vastakkaisella sivulla.

Pelastustie

- SM:n pelastusosaston suosituksen mukaisesti pelastustie rakennuksen eri sammutusreittien oville ja raskaan kaluston ajo-oville sekä seinäpaloposteille järjestetään päätuloväylältä opastettua ajotietä myöten.

Esimerkkikohteessa opastettu pelastustie tulee Hiihtomajantieltä kaakkois- ja luoteispäätyjen sammutusreittioville. Seinäpalopostit sijaitsevat kaakkois- ja luoteispäädyissä sekä kaupungin paineenkorotuspumppaamolla.

Pelastustoiminnan tarvitsemat hälytys- ja ohjauskeskukset

- Paloilmoittimen palokuntapaneeli sijaitsee pääsammutusreittioven lähellä.
- Savunpoiston ohjauskeskus sijaitsee paloilmoittimen palokuntapaneelin vieressä.
- Asiattomien pääsy paloilmoittimelle pyritään estämään.

Pelastustoiminnan puhelinyhteydet

- Pelastustoiminnassa käytetään pääosin kannettavia puhelimia ja VIRVE-verkkoa.

Palokunnan hälytys- ja toiminta-ajat sekä vahvuudet

- Osalähdön tuloaika kohteeseen = automaattihälytyksen aika (= palon havaitsemisaika + paloilmoituksen tekoaika) + toimintavalmiusaika (= palokunnan liikkeellelähtöaika + ajoaika kohteeseen).

Esimerkkikohteessa

- Automaattihälytyksen aika on paloilmamaisesta noin 2,5 min ja sprinkleristä noin 6,5 min.
- Toimintavalmiusaika on Rovaniemen kaupungin paloasemalta 7 min ja Rovaniemen maalaiskunnan paloasemalta 12 min.
- Savunpoiston käsiohjaus savunpoiston ohjauskeskuksessa automaattihälytyksestä tapahtuu noin 6 minuutissa, jos hallin oma henkilö käynnistää. Jos palokunta ohjaa savunpoistoa, aikaa kuluu noin 10 tai 15 min.
- Sammutus aloitetaan kilpailuhallissa automaattisesta paloilmoittimen hälytyksestä noin 12–15 (maalaiskunta: 17–20) min kuluttua ja sprinklerin laukeamisesta ja hälytyksestä noin 16–19 (21–24) min kuluttua.
- Osalähdön on arvioitu edellisen mukaan olevan paikalla noin 10–15 minuutissa.
- Peruslähdön on arvioitu olevan paikalla noin 20 minuutissa.
- Osalähdön miehistövahvuus kohteeseen on $1 + 1 + 6 + 1 = 9$.
- Peruslähdön miehistövahvuus kohteeseen on $2 + 3 + 15 + 2 = 22$.
- Peruslähdön kalustovahvuus kohteeseen on 2 johtautoa, 3 sammutusautoa, 2 säiliöautoa, nostolava-auto, raskas pelastusyksikkö ja sairausauto. Sammutusautoja ja muuta erikoiskalustoa tulee pyydettyäessä palokohteeseen lisää.

3.7 Esisuunnitelman esittelykokous viranomaisille

Esisuunnitelman esittely

Esisuunnitelma esitellään rakennusvalvonta- ja paloviranomaisille ennen kuin aloitetaan paloteknisten analyysien ja selvitysten laatiminen. Esisuunnitelmaa täydennetään ja päivitetään suunnittelun kuluessa.

Viranomaisten edellyttämien asioiden kirjaaminen muistioon

Viranomaisten kanssa käydyistä neuvotteluista laaditaan lyhyet muistiot, joissa kerrotaan käsitellyt asiat ja niiden yhteydessä annetut suunnitelmien kehittämisohjeet.

Päivitetty tai täydennetty esisuunnitelma toimitetaan muistion liitteenä.

4

Paloturvallisuussuunnittelu

Oletettuun palonkehitykseen perustuvassa paloturvallisuussuunnittelussa käytetään tietokonelaskentamalleja ja laaditaan paloteknisiä laskelmia sekä poistumisaikalaskelmia. Tutkittavien tilojen paloturvallisuus saattaa myös edellyttää lisäselvityksiä ja erillislaskelmia esimerkiksi rakenteiden palomitoitusta varten. Tarvittaessa tehdään myös lämpösäteilyn vaikutuslaskelmia poistumisturvallisuuden tarkastelua, turvaetäisyyden määrittelyä tai säteilysuojauksia varten.

4.1 Palotekninen analyysi

Paloteknisessä analyysissä selvitetään seikkaperäisesti pahimmat palotilanteet sekä poistumisen, palokunnan toiminnan että rakenteiden kestävyyskannalta. Analyysistä laaditaan paloteknisen analyysin seloste. Siinä kerrotaan käytetyt laskentaohjeet ja -mallit, skenaariot ja palotekniset järjestelmät ja kuvataan työn tulokset.

4.1.1 Palosimulointiohjeet

Suunnittelussa tulisi käyttää palosimulointiohjeita ja simulointimalleja, joiden kelpoisuus on osoitettu. Koska kansainvälinen kelpoisuuden osoittaminen ei ole vielä toteutunut eikä hyväksyttyjä ohjestardeja ole käytettävissä, joudutaan tyytymään kehitteillä oleviin eri maiden ohjeisiin.

Esimerkkikohteessa analysoinnin ohjeina on käytetty soveltuvien osin Paloteknisen Erityissuunnittelun Opasta /2/, pohjoismaista NKB:n ohjetta /20/ sekä VTT:n tekemää luonnosta Paloturvallisuussuunnittelua koskeva oppaaksi /21/.

4.1.2 Laskentaohjelmat

Laskelmissa käytetään kansainvälisesti tunnettua ja tutkittua laskentaohjelmia, jotka ovat vyöhykemalleja tai kenttämalleja. Vuonna 2000, tätä projektia aloitettaessa tulipalojen simulointi tehtiin

Suomessa pääosin vyöhykemalleilla. Tässä oppaassa on käytetty vyöhykemallia, jonka toimintaperiaatteet on esitetty liitteen 3 kappaleessa 1.6. Malli soveltuu myös oppaassa käsiteltyyn rakennukseen, kun otetaan huomioon mallin rajoitukset, tuloksia tarkastellaan kriittisesti ja tehdään riittävä määrä simulointeja. Näin mallin toimivuus tulee testattua.

Esimerkkikohteen paloteknisessä analyysissä käytettiin amerikkalaisia vyöhykemalliohjeita /22/ ja /23/, joiden kelpoisuus on osoitettu ja joilla on laaja kansainvälinen tunnettuus ja käyttö. Vyöhykemallin käyttöä savunpoiston mitoituksessa on selvitetty VTT:n laatimissa TOPA projektin raporteissa /24/.

Viimeisen kahden vuoden aikana pientietokoneiden laskentateho on moninkertaistunut. Samaan aikaan mm. NIST (National Institute of Standards and Technology, USA) on kehittänyt tarmokkaasti kenttämalleja /25/. Esimerkkikohteen kaltaisissa vaativissa kohteissa tullaan jatkossa käyttämään kenttämalleja, koska niillä saadaan tarkempia laskentatuloksia suurissakin tiloissa.

Hyväksymiskriteerit ovat samanlaisia sekä vyöhyke- että kenttämalleilla.

4.1.3 Simuloitavat tilat

Palosimulointia käytetään yleensä vain tiloihin, jotka ovat erityisen tärkeitä tai keskeisiä rakennuksen paloturvallisuuden kannalta. Analysoitavat tilat ovat esimerkiksi erilaisia kokoontumistiloja kuten atriumpihoja, aulatiloja, messuhalleja, myymälätiloja ja kauppakäytäviä tai suuria autohallia, tehdashalleja jne.

Esimerkkikohteessa palotekninen analyysi tehtiin kilpailuhallin tiloista. Harjoitushallin ja välisanon käytävän savunpoiston mitoitukset tutkittiin myös palosimuloinnilla, mutta niistä ei tehty täydellistä paloteknistä analyysiä.

4.1.4 Pelkistetyt mallit

Analysoitavasta tilasta tai tilaryhmästä tehdään palosimulointia varten pelkistetty malli, jossa tilojen muodot on muutettu todellisia pinta-aloja ja tilavuuksia vastaaviksi suorakaiteiksi ja korkeudet ovat redusoituja. Malleja laadittaessa tavoitteena on, että malli vastaa palotilan tilavuutta mahdollisimman hyvin. Olennaista on myös, että mallilla voidaan kuvata luotettavasti kuuman vyöhykkeen alareunan laskeutumista eri tiloissa. Suuret tilat jaetaan laskentamallien rajoituksista johtuen useisiin pienempiin 'huoneisiin', joiden välillä on lähes 'väliseinän' kokoinen aukko.

Kilpailuhalli jaettiin numeerista laskentaa varten 11 huoneeseen, joiden lattioiden mitat ja alat vastaavat todellisia mittoja ja korkeudet vastaavat alueiden keskikorkeutta.

4.1.5 Paloskenaariot

Simuloinnissa joudutaan analysoimaan useita paloskenaarioita, joista pahimmat ovat mitoittavia. Poistumisen kannalta mitoittavassa skenaariossa palo yleensä tapahtuu alimmalla tasolla ja/ tai palokuormakeskittymän kohdalla, jolloin savunmuodostus ja kuuman vyöhykkeen laskeutuminen ensimmäisten minuuttien aikana on voimakkainta. Kantavien rakenteiden palomitoituksessa tutkitaan useita mitoittavia paloskenaarioita,

joissa palopatsas pannaan eri paikoissa kuormittamaan kantavia rakenteita (Liite 4, kuva 5).

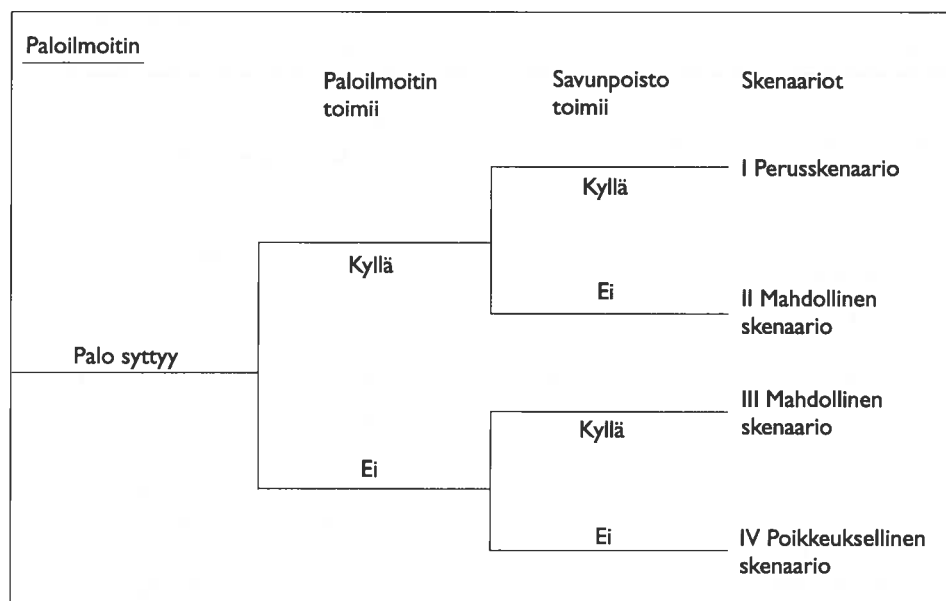
Mitoittava paloskenaario eli palotapahtumaketju muodostuu kokonaisuudesta, jossa otetaan huomioon

- sytytyslähteen koko, laatu ja sijainti
- palokuorman määrä, laatu ja sijainti
- palotilan mitat ja muoto
- tutkittavien tilojen ja ulkotilan väliset yhteydet (aukot)
- palon kehittymiseen vaikuttavat palotekniset järjestelmät (alkusammutusvälineet, palopositit, paloilmoin, sprinklerilaitteisto, savunpoisto- ja korvausilmajärjestelmä, palo-ovet)
 - niiden ohjaus (käsin tai automaattisesti)
 - niiden vikaantuminen.

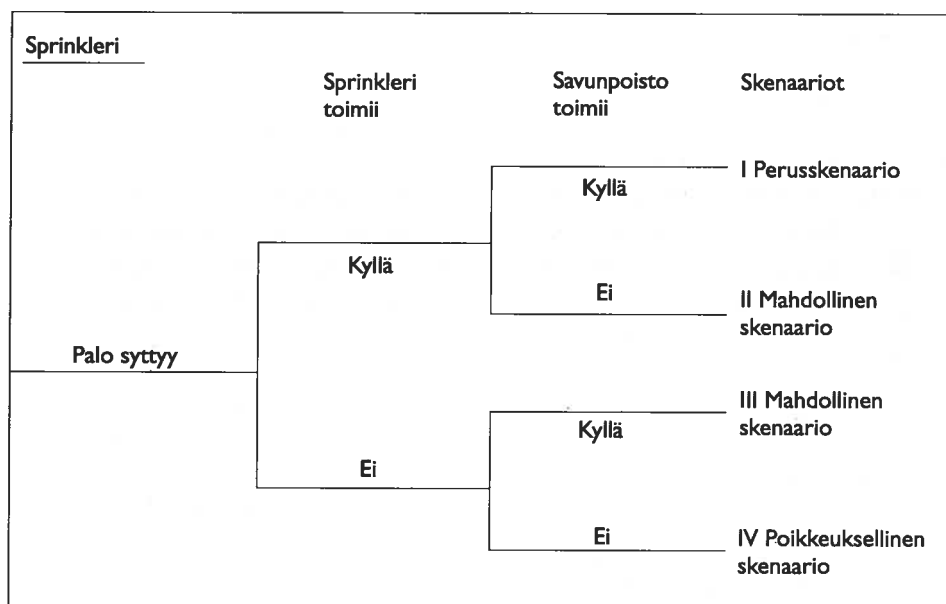
4.1.6 Palontorjuntajärjestelmien vikaantuminen

Palontorjuntajärjestelmän toimiminen tai vikaantuminen vaikuttaa skenaarion kulkuun. Esimerkkikohteessa analyysissä ei tutkittu tapahtumaketjun todennäköisyyksiä, vaan tärkeimpien palontorjuntalaitteiden toimivuutta tai toimimattomuutta (vikaantumista).

Kilpailuhallissa tutkittiin suojaustasot: Paloilmoin ja Sprinkleri. Kuvat 1 ja 2 esittävät tapahtumapuita ko. suojaustasoissa.



Kuva 1. Paloskenaariot ja vikaantuminen Paloilmoin-suojaustasossa.



Kuva 2. Paloskenaariot ja vikaantuminen Sprinkleri-suojauksessa.

Perusskenaario tutkitaan aina ensin. Siinä kaikki järjestelmät toimivat suunnitellusti. Myös mahdolliset skenaariot tutkitaan aina. Niissä yksi järjestelmä kerrallaan ei toimi. Poikkeuksellisessa skenaariossa kaksi tai useampaa järjestelmää ei toimi suunnitellusti, jolloin yleensä tila täyttyy kuumista savukaasuista nopeasti ja poistuminen vaikeutuu olennaisesti. Poikkeuksellisen skenaarion kehittyminen estetään palontorjuntajärjestelmien varmentamisella (katso kohta 4.2.4).

4.1.7 Mitoituspalot

Rakennuksen tai sen osan paloturvallisuuden arvioinnissa käytetään vaarallisinta paloa (mitoituspaloa). Sen kehittyminen ja kesto riippuu käyttötavasta, palokuorman laadusta, määrästä ja sijainnista.

Mitoituspalo kattaa riittävällä varmuudella seurauksiltaan pahimmat palotilanteet. Mitoituspalo esitetään palotehona ajan funktiona.

Esisuunnitelman kohdassa 2.3.1 esitettiin laskentaperusteita mitoituspalojen laskemiseksi kilpailuhallissa. Paloteknisessä analyysissä, Liite 3, määriteltiin seuraavat mitoituspalo:

1. Palo näyttämöllä, analyysin kohta 2.1, maksimi paloteho 40 MW / paloilmotin
2. Palo katsomossa, analyysin kohta 4.1, maksimi paloteho 20 MW / paloilmotin
3. Palo näyttämöllä, analyysin kohta 3.1, maksimi paloteho 3,5 MW / sprinkleri

4. Palo katsomossa, analyysin kohta 5.1, maksimi paloteho 1,9 MW / sprinkleri.

1. Näyttämön palon oletettiin kasvavan keskinäkertaista nopeammin mutta ei nopeasti /1/. Lähtökohtana on, että näyttämön verhot käsitellään palosuojausteella ja kiinteät rakenteet ovat vateria eli materiaalin luokka on D (2/-). Alkusermutuksen oletetaan epäonnistuvan tai sitä ei tehdä.

Palon oletetaan etenevän puupinnalla 5 mm/s, jolloin se saavuttaa säteen suunnassa edeten 80 m² ympyräalan 17 minuutissa ja puolipallon muotoisesti edeten saman alan 24 minuutissa. Kun alkupalon kasvukertoimeksi valitaan 24 W/s², 1 MW:n palon kasvuaikavakioksi saadaan 204 s. Luku on lähempänä nopeaa (150 s) kuin keskinäkertaista (300 s) paloa. Tällä kasvunopeudella saavutetaan 21,5 minuutin kohdalla 40 MW paloteho. Palokunnan ensilähtö on paikalla 12–16 minuutissa ja koko peruslähtö 17–21 minuutissa, jolloin voidaan olettaa, että palokunta alkaa rajoittaa palon tehoa, kun se on saavuttanut 40 MW:n tason.

Toisella tavalla tarkastellen palotehoksi lattianeliometriä kohti on suunnitteluohteissa /21/ määritelty enimmillään 500 kW/m², jos on kysymys kokoontumis- ja myymälätiloista ja pääosin muovituotteista ja 250 kW/m², jos on kysymys asuin-, hoito- ja työpaikkatiloista tai pääosin puutuotteista. Näin maksimi palotehoksi määritellään myös 40 MW, jos yhtälö on 80 m² x 500 kW/m² tai 160 m² x 250 kW/m².

Kun palo on saavuttanut maksimipalotehon, se voidaan tässä kohteessa olettaa polttoainerajoitteiseksi eli sen maksimiarvo määräytyy samanaikaisesti paloon osallistuvan palokuorman mukaisesti. Tämän olettamuksen perusteena on, että kyseessä on palava materiaali, jota on rajallinen määrä lattianeliometriä kohti, jolloin vain osa näytystä palaa täydellä teholla samanaikaisesti.

2. *Katsomon* palon oletettiin kasvavan keskinkertaisella nopeudella /2/. Alkusammutuksen oletetaan epäonnistuvan tai sitä ei tehdä.

Katsomossa tuolit muodostavat varsinaisen palokuorman. Ne ovat materiaaliltaan polypropyleenimuovia /26/. VTT:n tekemissä polttokokeissa tästä muovista tehdyssä tuoliryhmässä palo eteni 13 W/s^2 /27/. Tällä perusteella alkupalon kasvukertoimeksi valittiin 13 W/s^2 , jolloin 1 MW:n palon kasvuaiakavakioksi saatiin 277 s. Luku on lähellä keskinkertaista kasvunopeutta (300 s).

Paloteho nousee 21 minuutissa arvoon 20 MW. Tämän jälkeen palon oletetaan olevan polttoainerajoitteinen eli sen maksimiarvo määräytyy samanaikaisesti paloon osallistuvan palokuorman mukaisesti. Tämän olettamuksen perusteena on, että kyseessä on palava materiaali, jota on rajallinen määrä lattianeliometriä kohti, jolloin vain osa katsomosta palaa täydellä teholla samanaikaisesti. Tasaisen vaiheen alkamista 21 minuutin jälkeen tukee myös se, että palokunnan on tällöin ajallisesti jo mahdollista aloittaa sammutustoimenpiteet, jotka rajoittavat palon kasvua.

3. *Näyttämön* palon oletettiin kasvavan keskinkertaista nopeammin mutta ei nopeasti siihen saakka, kun sprinkleri alkaa 380 sekunnin kohdalla sammuttaa paloa. Tämän jälkeen paloteho alkaa laskea voimakkaasti. Maksimi palotehoksi saadaan näin 3,5 MW.

4. *Katsomon* palon oletettiin kasvavan keskinkertaisella nopeudella siihen saakka, kun sprinkleri alkaa 380 sekunnin kohdalla sammuttaa paloa. Tämän jälkeen paloteho alkaa laskea voimakkaasti. Maksimi palotehoksi saadaan näin 1,9 MW.

Tarkemmat paloteholaskelmat on esitetty paloteknisen analyysin liitteissä (L3–L6).

4.1.8 Poistumisaikalaskelmat

Poistumisaikalaskelmia tehdään kriittisille poistumistilanteille. Poistumisaikalaskelmissa otetaan

huomioon palon havaitsemisaika, ihmisten reagointiaika ja varsinainen kulkuaika.

Havaitsemisajan ja reagointiajan määrittelyä varten voidaan käyttää NKB:n /20/ tai Boverketin ohjeita /28/. Palon havaitsemisaika voi olla esimerkiksi sama kuin automaattisen paloilmotimen hälytysaika. Reagointiaika alkaa esimerkiksi siitä, kun palokello on alkanut soida tai poistumiskuulutus on annettu. Reagointiaikaa määritettäessä otetaan huomioon hälytystapa, poistujien paikallistuntemus ja huoneiston käyttötapa.

Kulkuaikalaskelma on periaatteeltaan ns. virtauslaskelma /29/, jossa kulkuaikaan keskeisesti vaikuttavat portaikon, käytävien ja ovien virtausvastukset. Laskelma sopii hyvin ruuhkaisten tilojen kuten katsomon poistumisaikalaskelmaan, koska siinä ei tarvitse laskea tarkasti kauimmaisen poistujan käyttämää kulkuaikaa ensimmäiseen kuristuskohtaan eli esimerkiksi katsomon portaikon alapäähän tai porrashuoneen ovelle. Riittää, kun lasketaan kuinka kauan kestää koko yläosan yleisömäärän kulkeminen kuristuskohdan läpi. Kuristuskohdan jälkeen tapahtuu yleensä virtaamien yhtyminen, jossa määräävänä on hitaampi virtaama, joka hidastaa yhteisvirtaamaa. Poistumisosaston oviaukon kuristus voi myös olla merkittävä. Samoin kuristusta voi tapahtua kohdassa, jossa portaikko alkaa. Laskentaa jatketaan, kunnes poistujat ovat siirtyneet turvalliseen paikkaan kuten uloskäytävään tai ulos.

Laskelman suuret ja yhtälöt selviävät laskentaohjeista. Lasketun virtaaman $F_c = F_s \times W_e$ oletetaan pysyvän vakiona virtausreitien leveyden W_e muuttuessa. Ominaisvirralle F_s ja poistumisnopeudelle S on määrätty laskentaohjeissa maksimi-arvot. Jos laskelmassa saadaan ominaisvirralle tai poistumisnopeudelle kuristuskohdassa suurempi arvo kuin annettu maksimiarvo, käytetään laskelmassa maksimiarvoa. Kulkureitin ja uloskäytävän reunamien kitka otetaan huomioon ns. rajakerroksena, jonka taulukoitu leveys vähennetään kulkureitin tai uloskäytävän leveydestä.

Laskelmassa joudutaan tekemään monia valintoja, jotka vaikuttavat olennaisesti laskelman lopputuloksiin. Syötteitä valittaessa määritellään hälytystapa, tilojen hitaimmin reagoivat ja hitaimmin kulkevat käyttäjät, käyttäjien lukumäärät eri tiloissa ja kulkijoiden määrät kulkureiteillä. Laskentamallin käytössä tehdään myös monia valintoja, joten lopputulos riippuu paljolti laskijan huolellisuudesta ja ammattitaidosta.

Esimerkkikohteessa kilpailuhalli on henkilöturvallisuuden kannalta tärkeä kohde, joten sen katsomosta tehtiin poistumisaikalaskelmat, jotka on esitetty paloteknisen analyysin liitteessä (L3–L3). Laskelmien perusteella on kunkin skenaarion kohdalla esitetty poistumisen kriittinen etappipiste I eli varmuuskertoimella kerrottu poistumisaika pääkatsomon yläosan poistumisesta porrashuoneeseen. Skenaariokohtaiset poistumisaikat varmuuskertoimella on esitetty paloteknisen analyysin liitteessä (L3–L4).

4.2 Palotapahtumien kuvaukset ja tulokset

Mitoitavista palotapahtumista tehdään selostus, jossa ensin kuvataan skenaarion oletukset ja mitoituspalo. Laskelmien tulokset esitetään kuvajoina, joihin merkitään esimerkiksi paloilmotuksen, sammutuslaitteiston ja savunpoistolaitteiston toiminta-ajat sekä poistumisaikalaskelmista saadut kriittisten etappipisteiden ohitusajat. Ne ovat aikoja, jolloin viimeinen poistuja on ohittanut etappipisteen.

Kuvaajat piirretään aina huoneiden kuumen vyöhykkeen keskilämpötilasta ja kuumen vyöhykkeen alareunan korkeudesta. Näiden lisäksi on tarpeen kriittisissä skenaarioissa esittää kuumasta vyöhykkeestä lähtevän säteilylämpövirran tiheydet, kylmien vyöhykkeiden lämpötilat ja pintojen lämpötilat. Savunpoiston mitoitus varten tarvitaan savunpoistoaukkojen ja korvausilma-aukkojen massavirrat, joista voidaan tarvittaessa laskea savunpoistopuhaltimien tilavuusvirta-arvot ja korvausilma-aukkojen otsapintanopeudet.

4.2.1 Paloskenaario I (perusskenaario)

Paloskenaario I on perusskenaario. Se tutkitaan aina ensimmäiseksi. Siinä kaikki palotekniset järjestelmät toimivat suunnitellusti.

4.2.2 Paloskenaario II (mahdollinen skenaario)

Paloskenaario II on mahdollinen skenaario, joka tutkitaan aina. Siinä yksi järjestelmä kerrallaan ei toimi.

Lappi Areenan tapahtumapuissa (Kuvat 1 ja 2) joko paloilmotin tai sprinkleri toimii, mutta savunpoisto ei toimi.

4.2.3 Paloskenaario III (mahdollinen skenaario)

Paloskenaario III on mahdollinen skenaario, joka tutkitaan aina. Siinä yksi järjestelmä kerrallaan ei toimi.

Lappi Areenan tapahtumapuissa (Kuvat 1 ja 2) joko paloilmotin tai sprinkleri ei toimi, mutta savunpoisto toimii.

4.2.4 Paloskenaario IV (poikkeuksellinen skenaario)

Paloskenaario IV on poikkeuksellinen skenaario, jossa kaksi tai sitä useampi järjestelmä ei toimi. Todennäköisyys kahden tai useamman järjestelmän samanaikaiseen toimimattomuuteen on yleensä pieni. Jos ne ovat kytköksissä toisiinsa esimerkiksi paloilmotuksen välityksellä, tulee varmentaa etenkin paloilmotuksen osalta ne toiminnat, joista eri järjestelmät ovat riippuvaisia.

Palontorjuntajärjestelmien varmentamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota sekä suunnittelussa, asentamisessa, tarkastuksissa että ylläpidossa.

Jos kohteeseen asennetaan *paloilmotin*, sen tehtävät varmennuksineen voisivat olla esimerkiksi

- hälyttää palokohteessa, varmennetaan hälytyslaitteiden virransyöttö
- ohjata palo-ovi kiinni, varmistetaan, että palo-ovi sulkeutuu ja salpautuu, jos pitovirta katkeaa
- ohjata korvausilma-ovi auki, varmennetaan ovikoneiston sähkönsyöttö ja hälytykset
- ohjata savunpoistoluukku auki, varmennetaan toimilaitteen sähkönsyöttö.

Vikahälytykset johdetaan paloilmotuksen hälytyskirjoittimelle ja palokuntapäätteelle.

Jos kohteeseen asennetaan *sprinklerilaitteisto*, joka on ns. *henkilöturvallisuusjärjestelmä* tai joka *suojaa erityisen suuria omaisuusarvoja*, voidaan sen toimintoihin edellyttää seuraavia varmennuksia

- B-luokan vesilähde korvataan A-luokan vesilähteellä, jos kohde on erityisen suuri tai jos siellä voi kokoontua erityisen suuri määrä ihmisiä
- sulkuventtiilit varustetaan suljettu-tilan ilmoittavalla: SULJETTU-vikahälytyksellä mikrokytkimin

- asennusventtiiliryhmä varustetaan etenkin henkilöturvallisuuskohteissa huoltoasennusventtiilillä, joka ohittaa varsinaisen huollossa olevan asennusventtiilin
- jokaiseen kerroksen ja/tai palo-osaston jakojohtoon asennetaan virtauskytkin viemäröidyin koestuslaittein.

Vikahälytykset johdetaan paloilmoittimen hälytyskirjoittimelle ja palokuntapätteelle.

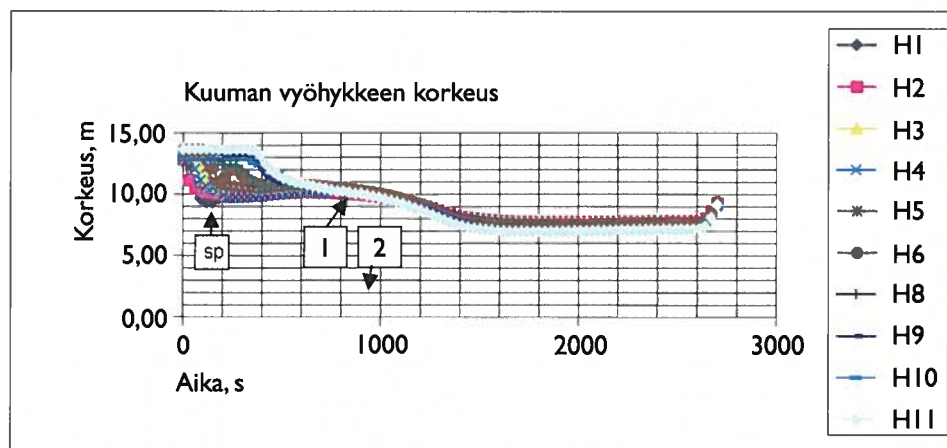
4.2.5 Herkkyysanalyysit

Herkkyysanalyysillä selvitetään syötteiden muutosten vaikutusta simuloinnin tuloksiin. Esisuunnitelman hyväksymiskriteereissä määritellään herkkyysanalyysissä tutkittavat asiat (katso kohta 3.2) /1/.

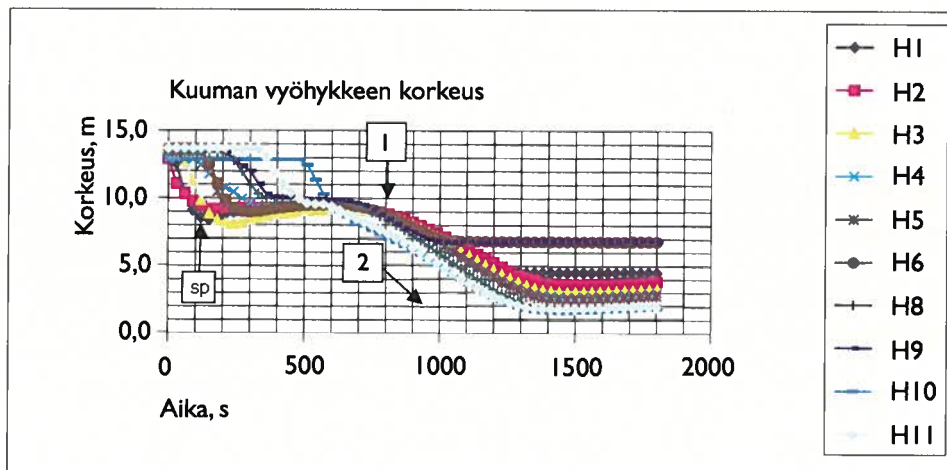
Esimerkkikohteen herkkyysanalyysit tuottivat seuraavia tuloksia, jotka otetaan suunnittelussa huomioon:

- Savunpoisto- ja korvausilma-aukkojen pinta-alojen ja lukumäärien lisäys paransi savunpoistoa ja hidasti kuumen vyöhykkeen alareunan korkeuden laskeutumista ratkaisevasti.
- Kun savunpoistoaukkoja oli kaikissa katson alueella olevissa huoneissa, tasaantui kuumen vyöhykkeen laskeutumiskäyrät samalle tasolle.
- **Myös korvausilman otto useasta aukosta sisään tasoitti kuumen vyöhykkeen korkeuden käyräparvien korkeuksia.**

- Suuri korvausilmamäärä yhdestä aukosta mahdollisesti jäähdyttää myös koko huoneen kuumaa vyöhykettä ja saa sen laskeutumaan alas nopeammin kuin jos korvausilman ottopisteitä on useassa huoneessa.
- **Korvausilmaukkojen pinta-alan lisäys 12,5 m²:stä kaksinkertaiseksi 25 m²:iin nosti kuumien vyöhykkeiden korkeutta ratkaisevasti.**
- Kun savuverhon korkeutta huoneiden välillä korotettiin noin 1 metrillä 3 metriin, vaikutti toimenpide haitallisesti katson kohdalla olevien huoneiden kuumen vyöhykkeen korkeuteen. Tällöin kuuma vyöhyke laskeutui hyvin nopeasti useassa huoneessa tasolle noin 8 m, joka on 0,5 m ylimmästä lattiatasosta. **Ristikokannattajien käyttö umpi-uumaisten kannattajien sijasta parantaa tilannetta, koska silloin kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus eli savupatjan alareuna ei laskeudu vaaralliselle tasolle katson yläosassa.** Vertaa kuvia 3 ja 4: kuuma vyöhyke laskeutui kriittisissä huoneissa (H3 ja H6) savuverhon alareunan alapuolelle (3–4 m katosta) jo pienillä palotehon arvoilla (0,3–1,1 MW).
- Palotehon kasvattaminen 50 %:lla ei vaikuttanut olennaisesti poistumisturvallisuuteen. Se vaikuttaa katon rakenteisiin kohdistuviin lämpötiloihin ja palokunnan toimintaedellytyksiin.
- Savunpoiston käynnistäminen käsin palokunnan tekemänä tai sprinklerin ohjaamana on liian hidas ja se vaarantaa poistumisturvallisuuden.



Kuva 3. Esimerkkikohteen huoneiden 1–11 kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta, kun savuverhon korkeus katon pinnasta on alle 1 metriä.



Kuva 4. Esimerkkikohteen huoneiden I–II kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta, kun savuverhon korkeus katon pinnasta on 3 metriä.

Analyysin yhteenveto

Yhteenvedossa kerrotaan analyysin tärkeimmät tulokset ja annetaan suunnitteluohjeet. Samalla esitetään mahdolliset lisäselvitystarpeet.

4.3 Muut analyysit ja selvitykset

Paloteknisessä analyysissä ilmenee normaalisti lisäselvitystarpeita. Ne liittyvät usein kantavien rakenteiden palomitoitukseen, palon lämpösäteilyn vaikutukseen ja turvaetäisyyksiin, lasirakenteiden kykyyn toimia paloa tai savun leviämistä rajoittavina rakenteina, väliseinissä olevien suurten ovi- ja/tai ikkunarakenteiden palonkestävyyteen, tiiveyteen ja lämpösäteilyn läpäisevyyteen ja muihin vastaaviin asioihin.

Esimerkkikohteessa on tehty lisäselvityksiä seuraavissa asioissa:

- Teräsrakenteiden mitoitustilapötilat ja -ajat, Liite 4.
- Säteilylämpövirran tiheys eri liekin koolla ja etäisyydellä, Liite 5.

Paloturvallisuusraportissa luodaan yleiskuvaus suunniteltavasta rakennuskohteesta. Se on yleiselvitys keskeisistä paloturvallisuuden suunnitteluperusteista. Siinä esitetään tiivistetyssä muodossa paloteknisten analyysien ja lisäselvitysten tulokset.

5.1 Yleistiedot

Yleistiedoissa kuvataan kohde ja sen tilat ja niiden toiminta. Paloturvallisuusraportin perusteena olevat määräykset, ohjeet, lausunnot, analyysit, selvitykset, kuvaukset ja muut lähteet löytyvät raportin lähdetiedoista ja liitetiedoista, jotka ovat raportin lopussa.

Yleistiedoissa kerrotaan tiedot kohteen omistajista ja tulevista käyttäjistä, sen sijainti ja lisäksi kohteen suunnittelu- ja rakentamisaikataulu ja valmistumisaikakohta.

5.1.1 Kohdetiedot

Kohdetiedot sisältävät rakennuksen tekniset tiedot kuten tilavuuden, kerrosalan, pohjapinta-alan, suurimman korkeuden ja kerrosten lukumäärän.

5.1.2 Tilat ja toiminta

Tilojen käytöstä kerrotaan yleistiedot. Niiden käytön rajoitukset määritellään.

Esimerkkikohteen tilat ovat pääosin päivä- ja iltakäyttöisiä. Katsojia on kokoontumistiloissa. Pelaajia ja huoltajia liikkuu kokoontumistiloissa ja huoltotiloissa. Työtilat on rajoitettu niiden käyttäjille. Teknisiin tiloihin on pääsy kiinteistön huoltohenkilöillä. Varastoihin ja siivoustarvikkeiden välineisiin pääsevät ao. työntekijät.

Tilat kuvataan E1:n mukaisesti käyttötaparyhmitäin. Tilojen palo-osastojako kuvataan yksityiskohdaisesti kohdassa 5.4.2.

5.2 Sijoituspaikan paloturvallisuus

Sijoituspaikan paloturvallisuutta kuvaavat mahdolliset rakennuksen tai sen tontin ulkopuoliset paloriskit tai kohteen paloriski sen ulkopuolisille kohteille.

5.2.1 Ulkopuoliset paloriskit

Kuvataan palovaarat tontin ulkopuolella ja palovaarat tontilla.

Esimerkkikohteen raportissa todetaan tontin ulkopuolella olevista palovaaroista:

- Tontin lähellä ei kulje raskasta liikennettä eikä vaarallisia kemikaalilasteja.
- Hallin läheiset, merkittävät rakennukset ovat muita liikuntahalleja.
- Tonttia ympäröi Ounasvaaran metsäinen rinne maasto, jossa saattaa joskus esiintyä metsäpalo.

Esimerkkikohteen etäisyydet lähimpiin tontin ulkopuolisiin rakennuksiin ovat:

- hiihtomaja 14 m
- pumpaamo 23 m
- Ounashalli 28 m
- liikuntakeskus 60 m.

Esimerkkikohteen raportissa todetaan tontin sisäpuolella olevista palovaaroista:

- Tontin sisäpuolella ovat palovaarat sijaitsevat ensisijaisesti itse rakennuksessa. Tällaisia ovat esimerkiksi tekniset tilat, huoltotilat, varastot ja jätehuone.
- Tilapäisiä palovaaroja rakennuksen lähellä tai sen sisällä voivat aiheuttaa ajoneuvojen palot tai korjaus- ja muutostöiden yhteydessä materiaali- tai jättemateriaalipalot.

Tarkastellaan turvaetäisyyden riittävyyttä paloriskeistä tai paloriskien erilleen rajaamiseen käytettyjä keinoja sekä tarvittaessa rakennuksen poistumisteiden käytettävyyttä ulkopuolisissa paloissa.

5.2.2 Paloriskit ulkopuolelle

Sijoituspai-
kan valinnan ja rakennuksen suunnitte-
lun lähtökohtana on, että monitoimihalli ei saa ai-
heuttaa erityistä palovaaraa ympäristölleen joko ton-
tin ulkopuolelle tai tontilla oleville muille kohteille.

Keskeisiä hallintakeinoja ovat joko turvaetäi-
syyksien riittävyyden osoittaminen tai erilleen ra-
jaaminen rakenteellisin keinoin.

5.3 Toiminnan paloturvallisuus

Toiminnan paloturvallisuus riippuu rakennuksen
käytön riskeistä ja niiden hallintakeinojen toimi-
vuudesta. Laadittavissa *paloteknisissä analyyseissä*
tarkastellaan paloteknisten järjestelmien toimivuus-
den/ toimimattomuuden (vikaantumisen) vaiku-
tusta.

Esimerkkikohteessa tarkasteltiin automaattisen
savunpoiston ja sprinklerilaitteiston toimivuut-
ta ”toimii – ei toimi” -periaatteella. Tarkastelu ei
sisältänyt osajärjestelmien ja komponenttien toi-
minnan luotettavuustarkastelua, jossa on aina
epävarmuutta valittujen todennäköisyyksien ja
vahingon suuruuksien toteutumisesta. Laaditu-
issa analyyseissä ei siis tehty eri suojaustasojen pa-
lotapahtumien vastaavuuden arviointia vahin-
gon odotusarvolaskelmin.

Esimerkkikohteen esisuunnitelmassa palo-
kuormantiheys tilan lattianeliötä kohti jäi pienek-
si (n. 250 MJ/lattia m²; katso kohta 5.3.1).

Esimerkkikohteen paloteknisen analyysin yhteen-
vedosta tulee tässä yhteydessä mainita, että poistu-
misturvallisuus ja palokunnan toimintaedelly-
tykset ovat riippuvaisia aktiivisten palontorjun-
tamenetelmien ja etenkin automaattisen savun-
poiston luotettavuudesta.

5.3.1 Käyttötavat ja palokuormat

Toiminnan paloturvallisuuden selvityksessä huo-
mioidaan rakennuksen pääkäyttö ja muut suun-
nitellut käytöt. Mitoitusmenetelmien valinta pe-
rustellaan.

Esimerkkikohteen paloturvallisuusraportissa esi-
tetään toiminnan palovaaroista ja palomitoituk-
sesta:

- Toiminnan palovaaraa arvioitaessa on otettu huomioon jääurheilukäytön lisäksi monitoimi-
hallikäytöt kuten messut, suuret kokoukset,
konsertit, tanssit ja palloilutapahtumat.

- Kilpailuhalli on suuri kokoontumistila, jos-
sa palon kehittyminen on suhteellisen hidas-
ta. Hallissa pidetään kuitenkin tilaisuuksia,
joissa voi olla samanaikaisesti läsnä suuria
henkilömääriä, joiden poistumisturvallisuus-
teen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Pa-
lokunnan mahdollisuus käynnistää pelastus-
toiminta poistumisvaiheen aikana on rajalli-
nen. Edellä esitettyjen tekijöiden johdosta kil-
pailuhallin paloturvallisuutta on tutkittu
E1:n kohdan 1.3.2 mukaisesti oletettuun pa-
lonkehityksen perustuvien suunnittelumenet-
telmin.
- Osa rakennuksesta on pieniä ja keskisuuria
tiloja, joissa palon kehitys on nopeaa tai kes-
kinkertaista. Palo on tällöin tyypiltään lähel-
lä standardipalokäyrän määrittelemää tuli-
paloa. Tämän johdosta näissä tiloissa on käy-
tetty E1:n mukaisia perinteisiä paloturvalli-
suuden suunnittelumenetelmiä.
- Harjoitusjäähallin ja keskiosan käytävien sa-
vunpoiston suunnittelussa on käytetty apu-
na palosimulointia.

Paloturvallisuussuunnittelussa tulee vertailla
monitoimihallin eri käyttöjen laskettuja palokuor-
man tiheyksiä E1:ssä taulukoituihin palokuorman
tiheyksiin, jotta voidaan arvioida palokuormien
vastaavuutta.

Esimerkkikohteessa on laskettu kilpailuhallin eri
monitoimikäyttöjen palokuormantiheydet. Liite 1:

Monitoimi- käyttö	Palokuorman tiheys, MJ/lattia m ²	Huomautus
Jäähalli	81	
Messut A	161	Jäätä ei ole
Messut B	226	Jää suojataan
Suuret kokoukset ja konsertit	250	Jää suojataan
Palloilu	196	Jää suojataan

Laskelmissa ei ole otettu huomioon mahdollista
kantavan rakenteen tai kattorakenteen palokuor-
maa.

Esimerkkikohteessa voidaan tilojen käyttötavat
ja palokuormat taulukoida E1:n mukaan seuraa-
vasti:

Käyttötavat	Palokuorman tiheys, MJ/lattia m ²
Kokoontumistilat	< 600
Työtilat	< 600
Sosiaalitilat	< 600
Tekniset tilat	< 600
Varastotilat, jätehuone	> 600 – >1200

5.3.2 Suojaustasot

Suojaustason valinnalla voidaan vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, suurimpaan sallittuun osastokokoon, savunpoistoon sekä kantavien ja osastovien rakennusosien paloluokkavaatimuksiin.

Jos kohteeseen valitaan suojaustaso *Paloilmoitin* sekä automaattinen savunpoistolaitteisto korvausilmajärjestelmineen, tarvitaan paloteknisen analyysin mukaan (Liite 3) automaattinen palo-ilmoitin osoitteellisena, aikaiseen palohälytykseen, paloilmoitukseen ja savunpoiston ohjaukseen. Koko rakennus varustetaan tällöin automaattisella paloilmoittimella.

Jos kohteeseen valitaan suojaustaso *Sprinkleri* sekä automaattinen savunpoistolaitteisto korvausilmajärjestelmineen, tarvitaan paloteknisen analyysin mukaan (Liite 3) lisäksi savuilmamaisimia savunpoiston ohjaukseen, jolloin niitä hyödynnetään samalla palohälytykseen ja paloilmoitukseen. Koko rakennus tai koko palotekninen osasto suojataan automaattisella sprinklerilaitteistolla, joka on pääosin sprinkleriluokkaa OH3. Sprinklaamattomat sähkötilat varustetaan savuilmaimin.

5.4 Rakenteellinen paloturvallisuus

5.4.1 Rakennuksen paloluokka

Rakennuksen paloluokka määräytyy henkilömäärän, käyttötavan, palo-osaston pinta-alan, rakennuskorkeuden ja kerrosten lukumäärän perusteella. Henkilöiden suurimmat lukumäärät eri käy-

töissä esitetään kohdassa 5. Henkilömäärät ja poistuminen. Rakennuksen paloluokka vaikuttaa rakennusmateriaalien valintaan.

Esimerkkikohteessa rakennuksen palotekniset ominaisuudet suunnitellaan sellaisiksi, että rakennuksen kantavat rakenteet oletettavasti kestävät palossa sortumatta. Rakennus on osittain yksikerroksinen ja osittain kaksikerroksinen rakennus, jossa on myös rajoitettuja pinta-aloja kellari- ja ullakotasoilla. Rakennuksen suurin korkeus on noin 14,3 m. Rakennuksen kokonaiskerrosala on 8885 k-m².

Rakennus suunnitellaan paloluokkaan P1.

5.4.2 Osastointi

Osastoinnilla voidaan rajoittaa palon leviämistä osastosta tai rakennuksesta toiseen.

Esimerkkikohteen rakennus jaetaan kahteen suurempaan palo-osastoon, joista suurin on kilpailuhallin osasto, 3974 k-m² ja pienempi on harjoitushallin osasto, 2694 k-m². Rakennus on pinta-ala-, kerros- ja käyttötapaosastoitu ja jaettu savun leviämistä estävin rakentein seuraavasti:

Pinta-alaosastointi

Kilpailuhallin palo-osaston pinta-ala ylittää E1:n taulukon 5.2.1 kokoontumis-, liike- ja työpaikatiloille (rakennuksille P1 ja P2) sallitun palo-osaston enimmäisalan 2400 m². Harjoitushalli on oma palo-osastonsa. Kilpailuhallin palokuorman tiheys on suunnitelluissa monitoimikäytöissä 81–250 MJ/lattia m² (Liite 1: kohta 3.1), jolloin hallissa voidaan harkita joko suojaustason sprinkleri tai paloilmoitin käyttöä, mikäli tehokas sammutustyö voidaan aloittaa riittävän nopeasti / 6/ (E1 kohta 11.3.3).

Paloteknisessä analyysissä (Liite 3) on tutkitu edellytykset ja suunnitteluperusteet sallia kilpailuhallille suuri palo-osaston pinta-ala edellyttäen, että halli varustetaan

- automaattisella paloilmoittimella ja automaattisella savunpoistolla tai
- automaattisella sprinklerilaitteistolla ja automaattisella savunpoistolla.

Kerrososastointi

Rakennus on osittain yksi- ja osittain kaksikerroksinen. Rakennuksen eri kerrokset muodostavat osittain omat palo-osastonsa. (E1: 5.1.2.) Eri kerrosten tilat ovat samassa osastossa, jos pinta-alavaatimus sen sallii ja kerrosten käyttötapa ja palokuorma on samaa luokkaa. Hissikuilu osastoidaan, jos hissimuuri rikkoo kerrososastoinnin. Hissikone sijaitsee hissimuurin kanssa samassa osastossa.

Käyttötapaosastointi

Eri käyttötapojen perusteella osastoidaan

- kokoonumis- ja liiketilat, sosiaalitilat
- työpaikatilat
- varastotilat
- tekniset tilat
- lisäksi osastoidaan saman käyttötaparyhmän sisällä ne tilat, jotka kuuluvat selvästi eri palokuormaryhmään (< 600, 600–1200, >1200 MJ/m²).

Käyttötavan perusteella osastoidaan tarvittaessa omiksi paloteknisiksi osastoiksi seuraavat tilat: IV-konehuone, mikäli se palvelee useita eri palo-osastoja (E7) /30/, kylmälaitetila, jäähdytystilat, jätetuone, muuntamo, varavoimakonehuone, ohjaamo, ATK-keskus, sähköpääkeskus ja arkisto.

5.4.3 Savunpoistoalueet

Savunpoistojärjestelmien kuvauksessa määritellään savunpoistoalueet, jotka kattavat rakennuksen kaikki palotekniset osastot. Savunpoistoalue on osastoivoin tai savun leviämistä estävin rakentein rajattu alue, jolta savu poistetaan yhteistä reittiä käyttäen joko painovoimaisesti tai koneellisesti. Savunpoistoalue voi olla alue palo-osaston sisällä tai alue usean palo-osaston alueella.

Savun leviämistä estävät rakenteet

Savun leviämistä estävät rakenteet on suunniteltu toimiviksi turvallisen poistumisen ja pelastustoiminnan edellyttämän ajan. Rakenteet tiivistetään tiivisteaineilla, jotka kestävät paloa itse rakenteita vastaavasti.

Esimerkkikohteessa aitioiden lasiseinät on tarkoituksenmukaista tehdä lasista, joka kestää sekä keveitä iskuja että kohtuullisia lämpötiloja (< 300 °C). Tässä kohteessa käytetään laminoitua lasia, koska sillä ei ole äkillistä sirpaloitumisriskiä ja se kestää kohtuullista törmäyskuormaa (F2: 3.2 Ohje) /17/.

5.4.4 Kantavat ja osastoivat rakenteet

Rakennuksen kantavat rakenteet

Enintään kaksikerroksisessa rakennuksessa kantavat rakenteet eivät saa sortua poistumisen turvaamiseen, pelastustoimintaan tai palon hallintaan saamiseen tarvittavana aikana (E1 kohta 6.3).

Esimerkkikohteessa rakennuksen kantavat rakenteet tehdään pääosin määräysten E1:n kohdan 6.2 mukaisesti. Kilpailuhallin katon kantavat rakenteet tehdään E1:n kohdan 6.3 mukaisesti.

Rakennuksen osastoivat rakenteet

Rakennuksen osastoivat rakenteet tehdään E1:n kohdan 7.2 mukaisesti.

5.4.5 Pinnat

Sisäpuoliset seinä- katto- ja lattiapinnat tehdään E1:n taulukon 8.2.2 mukaisesti, ulkoseinien ulkopinnat ja tuuletusrakojen pinnat tehdään E1:n taulukon 8.3.4 mukaisesti ja katteet tehdään E1:n kohdan 8.4 mukaisesti.

5.4.6 Talotekniikka

Taloteknisten järjestelmien kanavat, putket ja kaapelit, jotka läpäisevät osastoivia tai savun leviämistä estäviä rakenteita, tiivistetään läpivientikohdissa niin, että tiivistys vastaa rakenteen palonkestävyyttä.

Ilmakanavat tehdään ohjeiden E7 /30/ mukaisesti.

Kellarin savunpoistopuhaltimet mitoitetaan luokkaan F300 (300 °C/60 min).

5.5 Henkilömäärät ja poistuminen

Tilojen henkilömäärät eri käytöissä

Tilojen sallittavat henkilömäärät eri käyttötavoissa selvitetään rakennusvalvonnan lupapäätöstä varten ja poistumisaikalaskelmien pohjaksi.

Esimerkkikohteen kilpailuhallissa käyttäjien määräksi päätettiin:

- Jäähallikäyttö 4000 henkeä
- Suuret kokoukset 5000 henkeä
- Messut 3000 henkeä

Uloskäytävien ja kulkureittien mitoitus

Uloskäytävien ja kulkureittien mitoitus suunnitellaan vastaamaan rakentamismääräysten ja ohjeiden E1 /6/ ja F2 /17/ vaatimuksia. Poistumissuunnitelmassa esitetään vaihtoehtoiset kulkureitit uloskäytävään tai ulos.

Rakennuksen jokaiselta poistumisalueelta määritetään vähintään kaksi riittävän leveää tarkoituksenmukaisesti sijoitettua, suoraan ulos johtavaa uloskäytävää. (E1:10.3.1 ja E1:10.1.2).

Esimerkkikohteessa:

- palo-osastot ovat pääosin poistumisalueita
- kilpailuhallin aitiot kuuluvat rakennuksen keskiosan toisen kerroksen poistumisalueeseen. Ullakon IV-konehuone ei ole poistumisalue.

Uloskäytävät ovat osastoituja (E1:10.5.1). Ne johtavat suoraan ulos maan pinnalle (E1:10.1.2).

Esimerkkikohteessa:

- Varatie ullakon konehuoneista järjestetään kierreportaita tai kiinteitä tikkaita myöten (E1:10.3.2).

Etäisyydet uloskäytävään määräytyvät E1:n kohdan 10.2. mukaan.

Esimerkkikohteessa:

- Kilpailuhallin aitiosta etäisyys uloskäytävään määräytyy sisäisen käytävän mitoituksen mukaan (E1:10.2.1. Ohje).

Uloskäytävien leveydet määräytyvät E1:n kohdan 10.4 mukaisesti.

Poistumisaikalaskelmat laaditaan paloteknisen analyysin yhteydessä.

Esimerkkikohteessa:

- Poistumisaikalaskelmia tehtiin kilpailuhallin katsomoiden poistumisturvallisuuden selvittämiseksi.
- Poistumisaikalaskelmat laadittiin pääkatsomon yläosasta virtausmallilla.
- Poistumisen kannalta kriittisiä alueita olivat katsomoiden ylimmät lehterit, joiden poistuminen on otettu huomioon paloteknisen analyysin laskelmissa.
- Kriittisiä etappipisteitä olivat pääkatsomon porrashuoneiden oviaukot.
- Poistumisreittien mitoitusta kehitettiin laskelmien ja selvitysten avulla.

Palon säteilyn vaikutus poistujiin selvitetään.

Esimerkkikohteen kilpailuhallissa arvioitiin palon säteilyä ajan funktiona muuttujina liekin leviämisaika ja liekkiä vastaava turvaetäisyys, Liite 5. Arviota käytettiin poistumisreittien käytettävyyssajan ja kulkureittien mitoituksen tarkastelussa.

Poistumisreittien valaistus ja merkitseminen suunnitellaan eri monitoimihallikäyttöihin. Ohjeina käytetään vielä toistaiseksi SM:n ohjetta merkki- ja turvavalauksesta sekä poistumisopasteista /18/. Portaissa ja käytävillä suositellaan poistumisteiden valaistusta myös lattian rajassa.

Esimerkkikohteessa:

Monitoimihalli varustetaan turvavalaisimilla ja poistumisopastevalaisimilla. Opastevalaisimien sijoituksessa ja koossa otetaan huomioon eri käyttötilanteet.

5.6 Sammutus- ja pelastustehtävien huomioon ottaminen

Pelastustoiminnan edellyttämät ajo- ja kulkutiet sekä pelastustoiminnan ajoneuvojen käyttötarpeet rakennuksen lähellä ja rakennuksen sisällä selvitetään.

Esimerkkikohteessa:

- Pelastusteiden leveydet ovat vähintään 6 m leveitä ja sisäkaarre suunnitellaan 12 m säteellä. Pelastustie merkitään asemapiirroksen ja viitoitetaan maastoon.
- Kilpailuhallin ajo-ovien leveys on n. 3,0 m ja korkeus n. 4,0 m.
- Raskaiden ajoneuvojen kuten nostolava- tai tikasautojen käyttö otetaan huomioon teiden ja piha-alueiden rakentamisessa.

Pelastustoiminnan tarvitsemat vedenottopisteet suunnitellaan.

Esimerkkikohteessa rakennusten seiniin on sijoitettu palokunnan tarvitsemat palopostit:

- Kilpailuhallin molemmissa päissä kaakkois- ja luoteissivuilla on palokuntaa varten 2 x DN 80 palopostit.
- Kaupungin paineenkorotuspumppaamolle asennetaan seinäpalopostit 2 x DN 100 palo-pumppujen alipaineista liitäntäputkea varten.

Pelastustoiminnan toimintavalmiuden ja palokustuston riittävyys arvioidaan.

Esimerkkikohteen osalta riittävyttä on tarkasteltu edellä esisuunnitelman kohdassa 3.6.

Sammutusreitit johdetaan kellariin ja ullakolle suoraan ulkoa.

Esimerkkikohteessa:

- Sammutusreitti kellarikerrokseen tehdään suoraan maanpinnan tasolta huoltoportaan kautta.
- Sammutusreitti ullakolle on huoltoportaan kautta ja katolle harjoitushallin katon parkkipaikan kautta.

Sammutusreittien ulko-ovien luo asennetaan palokunnan reittiavainten putkilukot, joille järjestetään rikosilmoitinvalvonta mikrokytkimellä.

Paloturvallisuusjärjestelmien kuvaus

6

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen osaksi laaditaan paloturvallisuusjärjestelmien kuvaus, joka sisältää sekä aktiiviset että passiiviset palonturvallisuusjärjestelmät. Kuvauksen tehtävänä on antaa rakennuksen käyttäjille ja huoltajille tieto kunkin paloturvallisuusjärjestelmän tarkoituksesta, kuvata sen keskeiset piirteet, opastaa järjestelmän toiminta ja käyttönäkökohdat, kertoa järjestelmän suunnitteluperusteet, ohjeistaa järjestelmän tarkastukset ja kunnossapidon ja antaa yhteystiedot järjestelmän toimittajista ja suunnittelijoista.

6.1 Kuvattavat palontorjuntajärjestelmät tai -järjestelyt

Palontorjuntajärjestelmien kuvaus sisältää tavallisesti seuraavat järjestelmät tai järjestelyt:

- Palo-osastointi ja savunpoistoalueet
- Automaattiset palo-ovet
- Automaattinen sprinklerilaitteisto
- Automaattinen paloilmoin
- Savunpoistolaitteet ja korvausilmaovet tai -luukut
- Palopostit
- Alkusammuttimet
- Kuulutuslaitteet
- Merkki- ja turvavalaistus sekä poistumisopasteet
- Poistumisjärjestelyt tulipalon sattuessa
- Pääsy sammutuskohteeseen.

6.2 Palontorjunnan järjestelmien kuvausten sisältö

Kullekin järjestelmälle laaditaan oma sisältönsä, joista seuraavassa on esimerkkejä.

Rakenteellisen paloturvallisuuden kannalta keskeiset käytöntechniset asiat ovat:

- Palo-osastoinnin ja savunpoistoalueen tarkoitus
- Palo-osastoinnin kuvaus
- Savunpoistoalueen kuvaus

- Palo-osastoinnin ja savunpoistoalueen toiminta ja käyttönäkökohdat
- Kantavien ja osastoivien rakenteiden suunnitteluperusteet
- Savun leviämistä estävien rakenteiden suunnitteluperusteet
- Palo-osastoivien ja savun leviämistä estävien rakenteiden tarkastukset ja kunnossapito
- Suunnittelijoiden yhteystiedot.

Palontorjuntalaitteiden kannalta keskeiset käyttötekniset asiat ovat:

- Järjestelmän tarkoitus
- Järjestelmän kuvaus
- Järjestelmän toiminta ja käyttönäkökohdat
- Järjestelmän suunnitteluperusteet
- Järjestelmän tarkastukset ja kunnossapito
- Järjestelmän toimittajien yhteystiedot.

Pelastusteiden, sammutusreittien ja poistumisreittien käytön kannalta keskeiset asiat ovat:

- Järjestelyjen tarkoitus
- Järjestelyjen kuvaus
- Järjestelyjen toiminta ja käyttönäkökohdat
- Järjestelyjen suunnitteluperusteet
- Järjestelyjen tarkastukset ja kunnossapito.

7

Paloturvallisuusjärjestelmien toiminnan varmistaminen

Henkilöiden ja omaisuuden paloturvallisuuden kannalta on keskeisen tärkeää, että paloturvallisuusjärjestelmien toiminta varmistetaan rakennuksen käytön aikana. Varmistus koskee kaikkia kohdassa 6 kuvattuja paloturvallisuuden järjestelmiä ja järjestelyjä. Paloturvallisuuden ylläpitovelvoitteista on säädetty Pelastustoimilaissa /7/ ja asetuksessa sekä Maankäyttö- ja rakennuslain 166 §:ssä, joka koskee rakennuksen kunnossapitoa /3/.

Paloturvallisuusjärjestelmät sisällytetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeiden vuositarkastus- ja vuosihoito-ohjelmaan. Etenkin paloturvallisuusjärjestelmien liikkuvat osat tulee tarkastaa ja huoltaa vuosittain. Kunnossapidossa noudatetaan latteiden toimittajien käyttö- ja huolto-ohjeita.

Paloturvallisuussuunnittelija laatii käyttö- ja huolto-ohjeeseen tarvittavat tiedot paloturvallisuusjärjestelmien osalta. Tarkempia määräyksiä ja ohjeita rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeesta on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa A4 /15/ ja If Vahinkovakuutuksen oppaassa: Kiinteistön omistajan ja haltijan velvollisuudet /36/.

Paloturvallisuusjärjestelmien tarkastuksia ja huoltoa varten tulee nimetä hoitaja ja hänelle varamies. Hoitajat tulee perehdyttää ja kouluttaa tehtäviinsä. Heidän tehtäviinsä kuuluvat mm. paloturvallisuusjärjestelmien pois ja päälle -kytkennät, kokeilut ja ilmoitukset hälytyskeskukseen.

Turvallisuussuunnitelma

Pelastustoimilaki ja -asetus velvoittavat laatimaan turvallisuussuunnitelman tämän tyyppisiin kohteisiin. Turvallisuussuunnitelma on syytä laatia osaksi rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjetta.

Kiinteistön riskien analysointi tuottaa myös muita riskienhallintatarpeita kuin mitä lainsäädäntö kattaa. Palo-, kemikaalipäästö-, tapaturma-, sairaskohtaus- ja ympäristövahinkoriskien lisäksi tulee hätätilanneohjeissa ja valmiusjärjestelyissä ottaa huomioon ainakin rikoriskit kuten ryöstö, murto-varkaus, tuhotyöuhkaus ja ilkivalta sekä häiriötilanteet kuten sähkökatkos, lämmityskatkos, jäähdytyskatkos, vesikatkos ja muista vahinkoriskeistä tietoriskit, vesivuoto, salamanisku/ylijännite ja myrsky. Toiminta säteilylaskeuma- ja poikkeustilanteissa vaatii omat ohjeensa ja järjestelynsä. Jälkivahinkojen torjuntavalmiuksien luominen vähentää vahingon seurausvaikutuksia. Nopeaan toipumiseen auttaa erillinen toipumistai jatkuvuussuunnitelma.

8.1 Turvallisuussuunnitelman laatiminen

Toimiva turvallisuussuunnitelma syntyy kohdekohtaisesti asiantuntijan avustamana. Varsinkin turvallisuuskäviöiden ja hätätilanneohjeiden laatiminen on ammattilaisen työtä. Turvallisuussuunnitelman tulee olla valmis, kun tilat otetaan käyttöön. Turvallisuussuunnitelman sisältöön tutustumisessa on apua SPEK:n julkaisusta Turvallisuussuunnitelma, Opas yrityksille ja laitoksille /27/.

9

Kustannusvertailuja

Esimerkkikohteessa tehtiin kilpailuhallin katon ja sen kantavien vaakarakenteiden osalta kustannusvertailuja, jotka antoivat tässä kohteessa seuraavat kustannusten hintavertailuluvut.

Taulukko 1. Kustannusten hintavertailuluvut eri mitoitusperusteilla, joiden laskentaperusteita selvitetään seuraavassa.

Vertailut rakenteet	Mitoitusperuste	Hinta-vertailuluku
1	E1 kohta 6.3: Palonkehitykseen perustuva mitoitus	
2	E1 kohta 6.2: Luokitukseen perustuva mitoitus ja rakennusluokka P2	1,37
3	E1 kohta 6.2: Luokitukseen perustuva mitoitus ja rakennusluokka P1 (alle 600 MJ/m ²)	2,13

Hintavertailun tulos oli, että P2-rakenne on vähintään 37 % kalliimpi ja P1-rakenne 113 % kalliimpi kuin toteutettava rakenne, jonka mitoitus perustuu palonkehitykseen. Seuraavassa annetaan tarkempia tietoja rakenteiden materiaaliaroista. Materiaaliselvitykset on laatinut SS – Teracon Oy, Tampere.

Vertailut rakenteet

1. E1 kohta 6.3: Palonkehitykseen perustuva mitoitus

Toteutettavien rakenteiden materiaalitiedot on esitetty liitteen 1 palosuojausselvityksessä.

2. E1 kohta 6.2: Luokitukseen perustuva mitoitus ja rakennusluokka P2

Ristikot, siteet ja palkit ovat R30 ja kattopelti R15:

- Palonsuojamaalaus Novatherm 4FR 500 mm kaikille teräsrakenteille (ristikot, palkit, siteet, nurjahdustuet).
- Ristikossa muutettiin kaksi diagonaalia numeroa isommaksi, joiden seinämä 5 mm vahveni 6 mm:iin. Terästä tarvitaan lisää noin 300 kg.
- Ristikon yläpaarten nurjahdustuet (P100x4) 91 kpl L = 5,8 m lisäsivät terästä noin 6 500 kg.
- Kattopeltiin tulee lisää kiinnikkeitä perusratkaisuun verrattuna (perusratkaisu: 1 kpl/poimu tuella, gerber 2 kpl/poimu): tukeen 1 kpl/poimu lisää ja gerberiin 2 kpl/poimu lisää eli yhteensä tukeen 2 700 kpl ja gerber-liitokseen 4 700 kpl kiinnikkeitä lisää.

3. E1 kohta 6.2: Luokitukseen perustuva mitoitus ja rakennusluokka P1 (alle 600 MJ/m²)

Ristikot, siteet ja palkit R60 ja kattopelti R15:

- Palonsuojamaalaus Novatherm 4FR 1750 mm kaikille teräsrakenteille (ristikot, palkit, siteet, nurjahdustuet).
- Ristikon yläpaarten nurjahdustuet (P100x4) 91 kpl L = 5,8 m lisäsivät terästä noin 6 500 kg.
- Lisäteräsmäärä
 - ristikot 7 500 kg
 - palkit 650 kg
 - siteet 1 400 kg
- Kattopeltiin tulee kiinnikkeitä lisää perusratkaisuun verrattuna (perusratkaisu: 1 kpl/poimu tuella, gerber 2 kpl/poimu): tukeen 1 kpl/poimu lisää ja gerberiin 2 kpl/poimu lisää eli yhteensä tukeen 2 700 kpl ja gerber-liitokseen 4 700 kpl kiinnikkeitä lisää.

1. Korhonen, E. Selvitys teräsrunkoisten urheilu- ja monitoimihallien paloturvallisuusratkaisuksista. Rautaruukki CRD. Helsinki 1999. Julkaisematon.
2. Lehtimäki, S. Palotekninen erityissuunnittelu vyöhykemmälle käyttäen, Tekniikka opastaa 12, Helsinki. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö, 1997. ISBN- 951-797-043-9.
- 3.* Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), Ympäristöministeriö 132/1999, 99/2000.
- 4.* Maankäyttö- ja rakennusasetus (MRA), Ympäristöministeriö 895/1999.
- 5.* RakMK A4, Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2000, 4 s.
- 6.* RakMK E1, Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2002.
7. Pelastustoimilaki, Sisäasiainministeriö 561/1999.
8. Työturvallisuuslaki, Sosiaali- ja terveysministeriö 299/1958.
9. Kemikaalilaki, Kauppa- ja teollisuusministeriö 744/1989.
10. Räjähdystvaarallisista aineista annettu laki, Kauppa- ja teollisuusministeriö 263/1953.
- 11.* Ympäristönsuojelulaki, Ympäristöministeriö 86/2000.
- 12.* Ympäristövaikutusten arviointilaki, Ympäristöministeriö 468/1994.
- 13.* Luonnonsuojelulaki, Ympäristöministeriö 1096/1996.
14. Lehtonen, P. ja Hirsimäki, E. Jäähallien riskianalyysi ja onnettomuuksien hallinta. Tampereen teknillinen korkeakoulu 1996. Opetusministeriö, Liikuntapaikkajulkaisu 59, 1998, ISBN 951-682-411-0.
15. Välimaa, P. ja Hirsimäki, E. Jäähallien riskianalyysi Esimerkkinä Valkeakosken jäähallin suunnittelu. Tampereen teknillinen korkeakoulu 1998. Opetusministeriö, Liikuntapaikkajulkaisu 70, 1998, ISBN 951-682-519-2.
16. Jäähallit ja tekojääkentät, Suomen jääkiekkoliitto ry., Opetusministeriö, Liikuntapaikkajulkaisu 71, 1999, ISBN 951-682-521-4.
- 17.* RakMK F2, Rakennusten käyttöturvallisuus, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2001, 28 s.
18. Sarja A:20, Ohjeet merkki- ja turvavalaistuksesta sekä poistumisopasteista, Pelastusosaston julkaisu, Sisäasiainministeriö, (147/01/87), 9.3.1987, 17 s.
- 19.* RakMK E2, Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, Ohjeet, Ympäristöministeriö, 1997, 7 s.
20. Funktionsbestemte brandkrav og Tekniske vejledning for beregningsmässig eftervisning, NKB Utskotts- och arbetsrapport 1994:07 och 1996:xx.
21. Paloturvallisuussuunnittelu, VTT, Julkaisematon luonnos 15.1.2001.
22. CFAST 2.0, Collection of data and computer programs for simulating fires, NISTIR 5410, NIST and BFRL, May 1994.
23. FAST 316, Collection of data and computer programs for simulating fires, NIST and BFRL, /www.fire.nist.gov/.
24. S. Hostikka, M. Kokkala, E. Mikkola, Vyöhykemallien käyttö savunpoiston mitoituksessa, VTT, Topa, Rakentavaa tietoa 28/3.01.
25. NIST Fire Dynamics Simulator and Smoke view (FDS), Version 2.0, /www.fire.nist.gov/.
26. Linkova P, Palotehokäyrien aikavakioiden määrittäminen, DI työ, TKK, 1999, 23 s. + 202 s. liitteet.
27. Turvallisuussuunnitelma, Opas yrityksille ja laitoksille, SPEK, Helsinki 2001, ISBN 951-797-118-4.
28. Utrymningsdimensionering, Boverket rapport 1994:10, Boverket, Karlskrona, Sverige.
29. Emergency Movement , Harold E. Bud Nelson and Hamish A. Mac Lennan, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.
- 30.* RakMK E7, Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, Ympäristöministeriö, Ohjeet 1980.
31. M. Kokkala, Rakennusten paloturvallisuussuunnittelu – Toiminnallinen lähestymistapa. VTT Tiedotteita 2028, Espoo 2000, 78 s.
32. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa, Ympäristöopas 39, Ympäristöministeriö 1998, 160 s.
33. T. Paloposki, Urheiluhallin teräsrakenteiden lämpeneminen tulipaloissa, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka / Rautaruukki Oyj, Tutkimusselostus NRO RTE 3425/00, 10.4.2001, 51 s.
34. Savunpoistotyöryhmän mietintö, Sisäasiainministeriö, SM0648:00/25./01/1999, 17.4.2001.
- 35.* RakMK A2, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen suunnittelijoista ja suunnitelmista, Määräykset ja ohjeet 2002, 8.5.2002.
36. Kiinteistön omistajan ja haltijan velvollisuudet, opas 1.5.2002, If Vahinkovakuutus, kotisivut, 20 s.

* www.ymparisto.fi

Liite 1. Paloturvallisuusraportti

Sisältö

1 Yleistiedot	39
1.1 Kohdetiedot	39
1.2. Tilat ja toiminta	39
2 Sijoituspaikan paloturvallisuus	40
2.1 Ulkopuoliset paloriskit	40
2.2 Paloriskit ulkopuolelle	40
3 Toiminnan paloturvallisuus	40
3.1 Käyttötavat ja palokuormat	40
3.2 Suojaustasot	41
4 Rakenteellinen paloturvallisuus	41
4.1 Rakennuksen paloluokka	41
4.2 Osastointi	42
4.3 Savunpoistoalueet	42
4.4 Kantavat ja osastoivat rakenteet	43
4.5 Pinnat	43
5 Henkilömäärät ja poistuminen	43
6 Pelastustehtävien huomioon ottaminen	45
7 Paloturvallisuusjärjestelmien toiminnan varmistaminen	45
8 Viitteet	46

I Yleistiedot

Paloturvallisuusraportissa esitetään suunnittelu-kohteen keskeiset paloturvallisuuden suunnitteluperusteet ja paloteknisten analyysien ja lisäselvitysten tulokset.

Palotekniset ratkaisut liittyvät arkkitehdin piirustuksiin, joiden päiväys tätä kirjoitettaessa oli 4.3.2002.

Raportin perusteena olevien määräysten, ohjeiden, lausuntojen, analyysien, selvitysten ja kuvausten viitemerkinnät on esitetty /-/-merkinnöin. Viiteluettelo ja liiteluettelo on erittelyn lopussa.

1.1 Kohdetiedot

Rakennuksen tilavuus on 75071 m³, kerrosala 8885 m², kokonaisala 8885 m² ja pohjapinta-ala 6632 m². Rakennuksen suurin korkeus on noin

14,3 m. Rakennus on pääosin yksi- ja osittain kaksikerroksinen. Siinä on lisäksi kellari- ja ullakko-tiloja.

1.2 Tilat ja toiminta

Tilojen käyttötaparyhmittely

Kokoontumis- ja liiketilat: Kilpailuhalli, harjoitushalli, kuntosali, ravintola ja PUB. Tähän ryhmään lukeutuvat lisäksi katsomon aitiot, kokoustilat, puku- ja pesuhuoneet, saunat ja WC-tilat.

Työpaikatilat: Kiinteistön huolto, teroitus, hieroja, vaatehuolto, dopingvalvonta, tuomarit, huolto, keittiö ja toimisto.

Tekniset tilat: Valvomo, sähköpääkeskus, akkutila, teletila, ATK-tila, lämpökeskus, IV-konehuoneet, jääkonetila, jäähdytyskonetila ja väestön-suojatilat.

Varastotilat: Lattialevy-, esiintymislava- yms. varastot, siivousvälinevarastot, huoltovarastot, peliväline- ja varustevalvarastot, varusteiden ja vaatteiden kuivaushuoneet ja jätehuone.

Toiminta tiloissa ja kulun rajoittaminen

Tilat ovat pääosin päivä- ja iltakäyttöisiä. Katsojia on kokoontumistiloissa. Pelaajia ja huoltajia liikkuu kokoontumistiloissa ja huoltotiloissa. Työtilat on rajoitettu niiden käyttäjille. Teknisiin tiloihin on pääsy kiinteistön huoltohenkilöillä. Varastoihin ja siivoustarvike- sekä välinetiloihin pääsevät vain asianomaiset työntekijät.

Hallin turvallisuuden ja kulunvalvonnan kannalta on tärkeää, että yleisön ja vierailijoiden kulku rajoitetaan tiloihin, jotka on tarkoitettu vain heidän käyttöönsä. Muille kuin yleisölle tarkoitettujen tilojen oville voidaan kiinnittää tilan nimen alapuolelle lisäkilpi esimerkiksi VAIN HENKILÖKUNNALLE tai VAIN PELAAJILLE TAI ESIINTYJILLE. Asiattomien kulkua ja oleskelua voidaan tarvittaessa myös rajoittaa yleisillä kieltokilvillä kuten ASIATTOMILTA PÄÄSY KIELLETTY. Hallin harjoituskäytössä voidaan kulku halliin rajoittaa tapahtuvaksi ns. pelaajaoven kautta ja pitää yleisöovet käyttölukittuna. Poistumisturvallisuuden vuoksi varmuus- tai takalukitusta ei saa käyttää poistumisreiteillä, kun ihmisiä on sisällä.

2 Sijoituspaikan paloturvallisuus

2.1 Ulkopuoliset paloriskit

Palovaarat tontin ulkopuolella

Tontin ulkopuolella olevat palovaarat kuten:

- Tontin lähellä ei kulje raskasta liikennettä eikä vaarallisia kemikaalilasteja.
- Hallin läheiset, merkittävät rakennukset ovat muita liikuntahalleja.
- Tonttia ympäröi Ounasvaaran metsäinen rinne-maasto, jossa saattaa joskus esiintyä metsäpalo.

Etäisyydet lähimpiin tontin ulkopuolisiin rakennuksiin:

- Ounashalli 28 m
- Liikuntakeskus 60 m.

Palovaarat tontilla

Tontin sisäpuolella olevat palovaarat sijaitsevat ensisijaisesti itse rakennuksessa. Tällaisia ovat esimerkiksi tekniset tilat, huoltotilat, varastot ja jätehuone. Tilapäisiä palovaaroja rakennuksen lähellä tai sen sisällä voivat aiheuttaa ajoneuvojen palot tai korjaus- ja muutostöiden yhteydessä materiaali- tai jättemateriaalipalot.

Turvaetäisyydet ja erilleen rajaaminen

Palokunta voi riittävän turvaetäisyyden ansiosta estää palon siirtymisen naapurikiinteistöistä tai naapurikiinteistöön.

2.2 Paloriskit ulkopuolelle

Monitoimihalli ei aiheuta erityistä palovaaraa ympäristölleen.

Monitoimihallin turvaetäisyydet muihin rakennuksiin ovat riittävät.

3 Toiminnan paloturvallisuus

3.1 Käyttötavat ja palokuormat

Toiminnan palovaaraa arvioitaessa on otettu huomioon jääurheilukäytön lisäksi monitoimihallikäytöt kuten messut, suuret kokoukset, konsertit, tanssit ja palloilutapahtumat.

Kilpailuhalli on suuri kokoontumistila, jossa palon kehittyminen on suhteellisen hidasta. Siinä pidetään kuitenkin tilaisuuksia, joissa voi olla samanaikaisesti läsnä suuria henkilömääriä, joiden poistumisturvallisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Palokunnan mahdollisuus käynnistää pelastustoiminta poistumisvaiheen aikana on rajallinen. Edellä esitettyjen tekijöiden johdosta kilpailuhallin paloturvallisuutta on tutkittu E1:n kohdan 1.3.2 mukaisesti oletettuun palonkehityksen perustuvien suunnittelumenetelmin.

Osa rakennuksesta on pieniä ja keskisuuria tiloja, joissa palon kehitys on nopeaa tai keskinkertaista. Palo on tällöin tyypiltään lähellä standardipalokäyrän määrittelemää tulipaloa. Tämän johdosta näissä tiloissa on käytetty E1:n mukaisia perinteisiä paloturvallisuuden suunnittelumenetelmiä. Harjoitusjäähallin savunpoiston suunnittelussa on myös käytetty apuna palosimulointia.

Kilpailuhallin eri monitoimikäyttöjen palokuorman tiheydet

Monitoimikäyttö	Palokuorman tiheys, MJ/lattia m ² //	Huomautus
Jäähalli	81	
Messut A	161	Jäätä ei ole
Messut B	226	Jää suojataan
Suuret kokoukset ja konsertit	250	Jää suojataan
Palloilu	196	Jää suojataan

Laskelmissa ei ole otettu huomioon mahdollista kantavan rakenteen tai kattorakenteen palokuormaa.

Käyttötavat ja palokuormantiheydet

Tilojen käyttötavat ja palokuormat voidaan E1:n (2002) mukaan taulukoida seuraavasti:

Käyttötavat	Palokuorman tiheys, MJ/lattia m ²
Kokoontumistilat	< 600
Työtilat	< 600
Sosiaalitilat	< 600
Tekniset tilat	< 600
Varastotilat, jätehuone	> 600 – > 1200

3.2 Suojaustasot

Suojaustekniikan taso määritellään tässä esityksessä termillä suojautaso, joka esiintyy rakentamismääräyskokoelman ohjeessa E2 /5/. Käytetyt suojautasot eivät täysin vastaa E2:n määrittelyä.

Oletetun palonkehityksen mukaisessa suunnittelussa otetaan suojautason ja savunpoiston vaikutus huomioon palotapahtumien kehityksessä. Palotapahtuman kulkuun vaikuttaa siis se, toimivatko suojautason osatekijät ja savunpoistolaitteet suunnitellusti vai eivät.

Suojautaso: Automaattinen paloilmoin ja tavallinen alkusammutuskalusto (Paloilmoin)

Kohteeseen valittu suojautaso automaattinen paloilmoin tarvitaan paloteknisen analyysin mukaan /2/ osoitteellisena aikaista palohälytystä ja paloilmointusta sekä savunpoiston ohjausta varten.

Koko rakennus varustetaan automaattisella paloilmointimella ja tavallisella alkusammutuskalustolla.

Automaattinen paloilmoin ja paikallishälytys

Hallit varustetaan automaattisella paloilmointimella paloilmointimääräysten /9/ ja/tai Suunniteluohjeen 2002 mukaan.

Ilmaisimet ovat savuilmaisimia. Savuilmaisimen toiminta-aika on simuloitu paloteknisen analyysin yhteydessä /2/. Se on kilpailuhallissa noin 150 s.

Paloilmointimen palokuntapäätte on palokunnan pääsammutusreitillä varrella lähellä ulko-ovea. Palokuntapäätte sijoitetaan lukittavaan ja päätteen kohdalla ikkunalliseen kaappiin, johon palokunnalla ja laitteiston hoitajilla on avain.

Paikallishälyttiminä toimivat palokellot, joita sijoitetaan joka kerrokseen, kellariin ja ullakolle. Palokellojen äänen tulee kuulua rakennuksen kaikkiin tiloihin.

Alkusammutuskalusto ja palopostit

Rakennus varustetaan 6 kg jauhesammuttimilla (vanha luokitus: AB-III-E / EN3-luokitus: 27A 144BC) sekä pikapaloposteilla DN 25 yhdistelmäsuihkuputkin. Sähkö-, tele- ja ATK-tilat varustetaan CO₂-sammuttimilla (vanha luokitus: B-II-E / EN3-luokitus: 43A 233BC). Sammuttimien maksimi hakuetaisyys on 25 m. Pikapalopostien maksimi selvityspituus on 25 m.

Savunpoisto

- Rakennukseen tulee painovoimainen savunpoisto.
- Korvausilma otetaan sisälle tilan lattiatasosta ulko-ovien kautta.
- Savunpoiston ohjauskeskus sijoitetaan paloilmointikeskuksen yhteyteen.
- Savunpoistojärjestelmistä on laadittu erillinen kuvaus, Liite 6.

Merkki- ja turvavalaistus

Rakennus varustetaan merkki- ja turvavalaistimilla sekä poistumisopastevalaisimilla /10/. Opastevalaisimien sijoituksessa ja koossa otetaan huomioon eri käyttötilanteet.

Putkilukot

Rakennuksen molemmille sivuille asennetaan palokunnan reittiavainten putkilukot, joille järjestetään rikosilmoitinvalvonta mikrokytkimellä.

4 Rakenteellinen paloturvallisuus

4.1 Rakennuksen paloluokka

Rakennuksen paloluokka määräytyy henkilömäärän, käyttötavan, palo-osaston pinta-alan, rakennuskorkeuden ja kerrosten lukumäärän perusteella. Henkilöiden suurimmat lukumäärät eri käytöissä esitetään kohdassa 5. Henkilömäärät ja poistuminen. Rakennuksen paloluokka vaikuttaa rakennusmateriaalien valintaan.

Rakennus suunnitellaan paloluokkaan P1.

Rakennuksen palotekniset ominaisuudet suunnitellaan sellaisiksi, että rakennuksen kantavat rakenteet oletettavasti kestävätkä palossa sortumatta. Rakennus on osittain yksikerroksinen ja osittain kaksikerroksinen rakennus. Harjoitushalli on suurelta osalta maan alla, jolloin sen voidaan katsoa sijaitsevan kellaritasossa. Ilmastointikonehuoneet sijaitsevat keskiosan ullakolla. Rakennuksen suurin korkeus on noin 14,3 m. Rakennuksen kerrosala on 8885 k-m².

4.2 Osastointi

Rakennus on pinta-ala-, kerros- ja käyttötapaosastoitu seuraavasti:

Pinta-alaosastointi

Rakennuksen suurimman palo-osaston eli kilpailuhallin pinta-ala on 3974 k-m². Kilpailuhalli muodostaa palo-osaston, joka on kooltaan 3974 k-m². Se ylittää E1:n taulukon 5.2.1 kokoontumis-, liike- ja työpaikkatiloille (rakennuksille P1 ja P2) sallitun palo-osaston enimmäisalan 2400 m² noin 65,6 %. Kilpailuhallin palokuorman tiheys on suunnitelluissa monitoimikäytöissä kohdan 3.1 mukaisesti 81–250 MJ/lattia m² /1/, jolloin hallissa voidaan harkita suojaustason automaattinen paloilmoinnin käyttöä, mikäli tehokas sammutustyö voidaan aloittaa riittävän nopeasti (E1 kohta 11.3.3) /4/.

Harjoitushallin palo-osasto on 2694 k-m². Se ylittää E1:n taulukon 5.2.1 kokoontumis-, liike- ja työpaikkatiloille (rakennuksille P1 ja P2) sallitun palo-osaston enimmäisalan.

Paloteknisessä analyysissä /2/ on tutkittu edellytykset ja suunnitteluperusteet sallia hallien suuret palo-osastojen pinta-alat edellyttäen, että hallit varustetaan automaattisella paloilmoinnilla ja automaattisella savunpoistolla.

Kerrososastointi

Rakennus on osittain yksi- ja osittain kaksikerroksinen. Rakennuksen eri kerrosten tilat ja kellarin varastot ja tekniset tilat muodostavat omat palo-osastonsa (E1: 5.1.2.). Eri kerrosten tilat ovat samassa osastossa, jos pinta-alavaatimus sen sallii ja kerrosten käyttötapa ja palokuorma on samaa luokkaa. Hissikuilu osastoidaan, kun hissikuilu rikkoo kerrososastoinnin. Hissikone sijaitsee hissikuilun kanssa samassa osastossa.

Käyttötapaosastointi

Eri käyttötavat ovat:

- kokoontumis- ja liiketilat
- työpaikkatilat
- varastotilat
- tekniset tilat.

Käyttötavan perusteella osastoidaan omiksi paloteknisiksi osastoiksi seuraavat tilat:

- saman käyttötaparyhmän sisällä osastoidaan ne tilat, jotka kuuluvat selvästi eri palokuormaryhmään (< 600, 600–1200, >1200 MJ/m²) (E1:5.1.2)

- IV-konehuone, koska se palvelee useita eri palo-osastoja (E7:1)
- kylmälaitetilan konehuone (SFS 5096:8.1.2)
- jätuhuone (käyttötapaosastointi yleensä E1:5.1.2)
- muuntamo (KTM päätös sähköturvallisuudesta 205/1974: §13 ja §17)
- jääkonetila /7/
- varavoimakonehuone (KTM päätös 205/1974: §13)
- ohjaamo (Oma riskienhallinta: Palo- ja rikosriskit)
- ATK-keskus (Oma riskienhallinta: Palo- ja rikosriskit)
- sähköpääkeskus (Oma riskienhallinta: Palo-, henkilö- ja rikosriskit) (KTM päätös 205/1974: §3:10)
- arkisto (Valtion arkistomääräykset).

4.3 Savunpoistoalueet

Savunpoistojärjestelmien kuvauksessa /3/ määritellään savunpoistoalueet, jotka kattavat rakennuksen kaikki palotekniset osastot. Savunpoistoalue on osastoivin tai savun leviämistä estävin rakentein rajattu alue, jolta savu poistetaan yhteistä reittiä käyttäen joko painovoimaisesti tai koneellisesti. Savunpoistoalue voi olla palo-osasto, alue palo-osaston sisällä tai usean palo-osaston alue esimerkiksi kellarissa niin, että savut poistetaan tarvittaessa yhteisen käytävän kautta ulos /14/.

Savun leviämistä estävät rakenteet

Savun leviämistä estävä rakenne on tiivis ja riittävästi lämpöä kestävä seinä, ikkuna, ovi tai muu rakenne, joka rajoittaa kuumien palokaasujen ja savun leviämistä poistumiseen ja pelastustoimintaan tarvittavan ajan.

Aitioiden lasiseinät on tarkoituksenmukaista tehdä lasista, joka kestää sekä keveitä iskuja että kohtuullisia lämpötiloja (< 300 °C). Tällaisia lasia ovat laminoitu lasi ja karkaistu lasi. Tässä kohdassa käytetään laminoitua lasia, koska sillä ei ole äkillistä sirpaloitumisriskiä ja se kestää kohtuullista törmäyskuormaa (F2: 3.2 Ohje) /16/.

Kuuman vyöhykkeen lämpötilat saavuttavat lasiseinän luona keskilämpötilan noin 300 °C vasta 20–30 minuutin jälkeen, jos hallin savunpoisto ei toimi lainkaan /2/, /Liite 3/. Lasin palonkesto riittää näin turvalliseen poistumiseen aitiosta. Jos palopatas on lasin alapuolella, sen lämpötila kasvaa nopeammin ja pakottaa poistumaan palopatsaan kohdalla olevasta aitiosta nopeammin. Aikaisintaan

noin 7 minuutin jälkeen nousevat liekit lasin alareunan korkeudelle, jos palon kehitys vastaa mitoituspaloa katsomossa. Tämän jälkeen lämpötila nousee yli 300 °C ja lämpöjännitykset rikkovat lasin.

4.4. Kantavat ja osastoivat rakenteet

Rakennuksen kantavat rakenteet on suunniteltu tehtäväksi kilpailuhallin katon kantavia rakenteita lukuun ottamatta rakentamismääräysten E1 kohdan 6.2 mukaisesti.

Kilpailuhallin katon kantavat rakenteet on suunniteltu tehtäväksi rakentamismääräysten E1 kohdan 6.3 mukaisesti. Kohdan 6.3 mukaan rakennusta pidetään riittävän paloturvallisena kantavien rakenteiden osalta, mikäli enintään kaksikerroksinen rakennus ei sorru poistumisen turvaamisen, pelastustoimintaan tai palon hallintaan saamiseen tarvittavana aikana.

Palorasituksena tulee käyttää oletetun palonkehityksen mukaisia olosuhteita siten, että palorasitus todennäköisesti kattaa kyseisessä rakennuksessa esiintyvät tilanteet.

Kilpailuhallissa käytetään kantavana rakenteena teräsrakenteita tai liimapuuristikoita.

Kilpailuhallin katon kantavat teräsrakenteet kestävät paloteknisen analyysin mukaan /2/ mitoituspalojen rasitukset, kun kantavien rakenteiden suunnittelussa otetaan huomioon ohjeet: Palotekninen selvitys, Teräsrakenteiden mitoitustilatilat. Liitteessä 4 on laskettu kilpailuhallin kantavien teräsrakenteiden mitoitustilatilat, määriteltäyt mitoitustajat ja palosuojausten tarve.

Vertailu rakennuksen kantavista rakennusosista ja palonkestoajoista eri paloluokissa

Rakenne	P2	PI < 600 MJ/m ²	PI / oletettu palonkehitys = opk
• kantava pysty	R30 ¹⁾	R60 ¹⁾	R60 ¹⁾
• yläpohjan kantavat	R30 ¹⁾	R60 ¹⁾	opk ²⁾
• yläpohjanrunkoa jäykistävät	R30 ¹⁾	R60 ¹⁾	opk ²⁾
• yläpohjan sekundäärit, ei jäykistäviä	R15 ¹⁾	R15 ¹⁾	opk ²⁾

¹⁾ PI ja P2 -rakenteet on mitoitettu standardipalokäyrän mukaiselle palorasitukselle.

²⁾ Paloteknisessä selvityksessä /Liite 4/ tutkittiin kilpailuhallin kantaville teräsrakenteille aiheutuvia lämpörasituksia oletetuissa tulipaloissa. Yläpohjan kantavien ja runkoa jäykistävien rakenteiden (opk) mitoitustajaksi määriteltiin koko palon ja jäähtymisvaiheen aika.

Esimerkkikohteessa palon leviäminen yläpohjarakenteisiin muuten kuin liekin välityksellä on epätodennäköistä. Palamattoman lämmöneristeen ansiosta palon leviäminen yläpohjarakenteissa on heikkoa ja aiheuttaa lähinnä liekin kohdalla paikallisia vaurioita yksittäisten yläpohjalevyrakenteiden pettämisen johdosta.

Osastoivat rakenteet:

Osastoivat rakennusosat tehdään E1 kohdan 7.2 mukaisesti (P1: alle 600 – yli 1200 MJ/m²).

Kaapeleiden ja putkien läpiviennit vastaavat seinien osastoivuutta. Läpivientieristeenä käytetään hyväksyttyjä palosulkumassoja.

Osastoivien ovien ja luukkujen palonkesto aika on puolet edellä esitetystä.

4.5 Pinnat

Sisäpuoliset seinä-, katto- ja lattiapinnat

- Sisäpuoliset seinä-, katto- ja lattiapinnat tehdään E1: taulukko 8.2.2 mukaan.

Ulkoseinien ulkopinnat

- Ulkoseinien ulkopinnat ovat B-s1,d0 (entinen 1/I) (E1: taulukko 8.3.4).

Kate

Katteena on bitumikermikate, joka on luokkaa B_{ROOF} (t2). Katteen alusta on palamatonta mineraalivillaa (luokkaa A2-s1,d0). Katerakenne täyttää aikaisemman K2 -luokan vaatimuksen. Katteesta ei aiheudu aluepalon vaaraa (E1: 8.4).

Katon suunnittelussa otetaan lisäksi huomioon:

- kulkutiet katolle ja katolla
- katon turvalaitteet
- luukut
- osastoinnin edellyttämät katkot katteissa.

5 Henkilömäärät ja poistuminen

Rakennuksen käyttöturvallisuus /12/

Kokoontumistila suunnitellaan ja sen henkilömäärä lasketaan määräysten ja ohjeiden F2: 4.1 mukaan.

Istuimet ja istuinalueet vaakasuoralla lattialla suunnitellaan määräysten ja ohjeiden F2: 4.2 mukaan.

Katsomot suunnitellaan määräysten ja ohjeiden F2: 4.3 mukaan.

Kulkureitit suunnitellaan määräysten ja ohjeiden F2: 4.4 mukaan.

Monitoimihallien poistumis- ja pelastusturvallisuus

Monitoimihalleissa poistumis- ja pelastusturvallisuus edellyttää seuraavien seikkojen huomioon ottamista suunnittelussa.

Kullekin monitoimikäytölle tulee laatia omat sijoituspiirustukset istuinalueille, näyttämöille, näyttelytiloille, peliareenoille, käytäville jne. Tällöin rakentamismääräysten E1 ja F2 määräyksiä ja ohjeita noudatetaan

- määriteltäessä käytävien leveyksiä, portaita, kaiteita jne.
- valittaessa rakennusmateriaaleja
- sijoitettaessa merkki ja turvavalaisimia ja poistumisopasteita.

Uuden E1:n kohdan 7.2 /4/ perusteella voidaan edellyttää poistumisaikalaskelmien laatimista monitoimihalleihin, koska niiden suuri koko ja poikkeukselliset olosuhteet voivat vaarantaa henkilöturvallisuutta.

Katon kantavista rakenteista ripustettavat laitteet eivät saa poistumistilanteessa pudota ja vaarantaa poistujia. Ripustukset ja niiden kantavat rakenteet tulee tehdä niin kestäviksi, että ne eivät vaaranna myöskään pelastushenkilöstön toimintaa.

Poistumisalue

Rakennuksen jokaiselta POISTUMISALUEELTA on vähintään kaksi riittävän leveää tarkoituksenmukaisesti sijoitettua SUORAAN ULOS johtavaa uloskäytävää. (E1:10.3.1 ja E1:10.1.2), (Ympäristöopas 39) /11/.

Palo-osastot ovat pääosin poistumisalueita.

Kilpailuhallin aitiot kuuluvat rakennuksen keskiosan toisen kerroksen poistumisalueeseen.

Ullakon ilmanvaihtokonehuone ei ole poistumisalue.

Uloskäytävätyypit

Uloskäytävät ovat osastoituja (E1:10.5.1).

Uloskäytävät johtavat suoraan ulos maan pinnalle (E1.10.1.2).

Varatie ullakon konehuoneista järjestetään suoraan ulos tai kierreportaita tai kiinteitä tikkaita myöten.

Etäisyydet uloskäytäviin

Etäisyydet uloskäytäviin määräytyvät E1 kohdan 10.2. mukaan (Ympäristöopas 39) /11/.

Kilpailuhallin aitiosta etäisyys uloskäytävään mitataan aition ovesta (E1:10.2.1, Ohje).

Uloskäytävien leveydet

Uloskäytävien leveydet määräytyvät E1 kohdan 10.4 mukaisesti.

Palon säteilylämpövirran ja savunpoiston toimimattomuuden vaikutus poistumiseen

Oppaan liitteessä 5 on arvioitu, miten kilpailuhallin näyttämöllä tapahtuvien palojen säteily vaikuttaa poistumiseen ja vertailtu poistumisaikoja säteilyn turvaetäisyyksiin. Samalla on tutkittu poistumisturvallisuutta, jos savunpoisto ei toimi. Arvioita on käytetty poistumisreittien käytettävyyssuhteiden ja mitoituksen tarkastelussa. Palon säteily ei aiheuta tässä tapauksessa erityistä vaaraa poistujille. Sen sijaan, jos savunpoisto ei toimi lainkaan ja katsojamäärät ovat suuria, vaara poistujille on todellinen. Liitteessä 5 kuvataan savunpoiston toimimattomuuden riskiä seuraavasti:

Jos savunpoisto konserttitilanteessa toimii suunnitellusti, poistuvat kaikki ihmiset 5000 hengen asti areenasta turvallisesti (= savuilmaisin laukaisee savunpoistoluukut ja avaa korvausilmareitit, Liite 3, kuva 9). Jos savunpoisto käynnistyy liian myöhään (= lämpösulake tai sprinkleri laukaisee savunpoistoluukut ja korvausilmareitit, Liite 3, kuva 14) tai savunpoisto ei toimi lainkaan (Liite 3, kuva 16), mutta paloilmoin toimii ja hälyttää katsojat, noin 2000 ihmistä poistuu areenan alaosa laskelmien mukaan turvallisesti.

Todennäköisyyslaskelman laskentamalli sille, että savunpoisto ei toimi ajoissa, on esitetty liitteen 5 kuvassa 4. Laskelman lopputulokseen vaikuttaa eniten savunpoistojärjestelmän toimimattomuuden todennäköisyys. Laskelmassa on käytetty arviolukua 0,2, koska tilastoarvoa ei ollut käytettävissä. Esitetyn laskelman mukaan areenan poistuminen vaarantuu kerran 465 vuodessa, jos savunpoisto ei toimi ajoissa tai se ei toimi lainkaan. Laskelmassa on oletettu, että areenassa olisi joka päivä suuri yli 2000 hengen yleisö. Jos suuria yleisöitä esiintyy 20 %:na vuoden päivistä eli 72 päivänä, olisi vaara savunpoiston toimimattomuudesta kerran 2325 vuodessa eli $4,3 \times 10^{-4}$ /a.

6 Pelastustehtävien huomioon ottaminen

Ajo- ja kulkutiet

Palokunnan pelastustiet rakennuksen lähistölle ja sammutusreitit rakennuksen sisälle olivat vielä suunnitteilla tätä kirjoitettaessa. Ne tarkentuvat suunnittelun aikana.

Pelastustien merkitsemisestä ”Pelastustie”-kilvellä on SM Pelastusosasto antanut suosituksen /13/.

Pelastusteiden leveydet ainakin kaarteissa suunnitellaan vähintään 3,5 m leveiksi ja nostolavan petipaikoilla 6 m leveiksi.

Kilpailuhallin ajo-ovien leveys n. 3,0 m ja korkeus n. 4,0 m.

Raskaiden ajoneuvojen kuten nostolava- tai tikasautojen käyttö otetaan huomioon teiden ja piha-alueiden rakentamisessa:

- Rovaniemen palolaitoksella on tällä hetkellä nostolava-auto: Bronto Skylift 325. Suunnitelmassa on hankkia Bronto Skylift F37 MDT 2000, jonka kokonaispaino on 18 650 kg ja taka-akselipaino on 12 830 kg, pituus n. 9 330 m, leveys n. 2 800 m, suurin tukijalkapaino 12,2 tn ja kaantuneena kaviolle (26 x 56 cm) on 8,4 kg/cm² ja maa-aluslevylle (75 x 75 cm) on 2,2 kg/cm².

Vedenottopisteet

Piha-alueelle ja rakennuksen seiniin sijoitetaan palokunnan tarvitsemat palopostit.

- Kilpailuhallin molemmissa päissä kaakkois- ja luoteissivuilla on palokuntaa varten 2 x DN 80 palopostit.
- Kunnan paineenkorotuspumppaamolle asennetaan seinäpalopostit 2 x DN 100 palopumpujen alipaineista liitäntäputkea varten.

Palokunnan toimintavalmius

Palokunnan toimintavalmius, kalusto ja mahdollisuudet toimia ovat tyydyttävät. Rovaniemen kaupungin palolaitoksen osalähdön toimintavalmiusaika on noin 7 minuuttia kaupungin paloasemalta kohteeseen. Peruslähtö on paikalla noin 20 minuutissa. Rovaniemen maalaiskunnan palokunnan osalähdön toimintavalmiusaika on noin 12 minuuttia paloasemalta kohteeseen.

Palokunnan pääsy rakennukseen

Paloilmoittimella varustetun rakennuksen ulkopuolelle, vähintään 2,5 m korkeuteen seisomatasosta asennetaan upottamalla rikosilmoitinvalvottu avainsäilö valmistajan ohjeiden mukaan. Tämän avainsäilön avaa palokunnan 1-avain. Tämän avainputken reittiävain avaa ulkoa ovet ainoastaan paloilmoittimen palokuntapäätteelle ja savunpoiston ohjauskeskukselle.

Rakennuksen sisällä palokuntapäätteen välittömässä läheisyydessä on valmistajan ohjeiden mukaan asennettu toinen rikosilmoitinvalvottu avainsäilö. Tämän avainsäilön avaa palokunnan 2-avain. Tähän avainputkeen on sijoitettu reittiävain, joka avaa rakennuksen sisäovet kaikkiin paloilmamaisimilla ja sammutuslaitteistoilla varustettuihin tiloihin.

Sammutusreitti kellariin

Sammutusreitti kellaritasolle on suoraan maanpinnan tasolta huoltoportaan kautta (Ympäristöopas 39) /11/.

Sammutusreitti ullakolle ja katolle

Sammutusreitti ullakkotasolle on huoltoportaan kautta ja katolle harjoitushallin katon parkkipaikan kautta.

7 Paloturvallisuusjärjestelmien toiminnan varmistaminen

Paloturvallisuusjärjestelmien toiminnan varmistaminen on rakennuksen käytön aikana keskeisen tärkeä asia. Paloturvallisuusjärjestelmät sisällytetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeiden vuositarkastus- ja vuosihuolto-ohjelmaan. Erityisesti paloturvallisuusjärjestelmien liikkuvat osat tulee tarkastaa ja huoltaa vuosittain. Kunnossapidossa noudatetaan laitteiden toimittajien käyttö- ja huolto-ohjeita.

Paloturvallisuussuunnittelija laatii käyttö- ja huolto-ohjeeseen tarvittavat tiedot paloturvallisuuslaitteiden ja -laitteistojen osalta. Tarkempia määräyksiä ja ohjeita rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeesta on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa A4 /15/.

Paloturvallisuusjärjestelmien tarkastuksia ja huoltoa varten tulee nimetä hoitaja ja hänelle varamies. Hoitajat tulee perehdyttää ja kouluttaa tehtäviinsä. Heidän tehtäviinsä kuuluvat mm. paloturvallisuusjärjestelmien pois ja päälle -kytkennät, kokeilut ja ilmoitukset hälytyskeskukseen.

8 Viitteet

- /1/ Esisuunnitelma, Liite 2.
- /2/ Palotekninen analyysi, Liite 3.
- /3/ Rakennuksen savunpoistojärjestelmän kuvaus, Liite 6.
- /4/ RakMK E1, Rakennusten paloturvallisuus, Ympäristöministeriö Määräykset ja Ohjeet 2002.
- /5/ RakMK E2, Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, Ympäristöministeriö Ohjeet 1997.
- /6/ RakMK E4, Autosuojien paloturvallisuus, Ympäristöministeriö Ohjeet 1997.
- /7/ E. Hirsimäki, P. Välimaa, V. Sulonen, Akkukäyttöisen jäänhoitokoneen käyttöturvallisuusohje, TTKK, Turvallisuustekniikka 1999.
- /8/ Paloilmoittimen suunnittelu- ja asennusohje 2002, Turva-alan tietokansio (2.2); Sähköinfo Oy, Kesäkuu 2002.
- /9/ Ohje A60, Paloilmoittimen hankinta, asennus, käyttöönotto, huolto ja tarkastus, sisäasiainministeriön pelastusosasto 1999.
- /10/ Ohje A20, Ohjeet merkki- ja turvavalaistuksesta sekä poistumisopasteista, sisäasiainministeriön pelastusosasto 1987 (Kumottu 1.9.2001. Voidaan kuitenkin edelleen hyödyntää. Uusi normi on suunnitteilla).
- /11/ Ympäristöopas 39, Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa, Ympäristöministeriö, 1998.
- /12/ Rakennuksen käyttöturvallisuus F2, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2001.
- /13/ Suositus SM – 1999-911/Tu-35, Pelastustien merkitseminen, 30.11.1999.
- /14/ Fire and smoke control installations – Kits, draft European standard pr EN 12101-4, CEN, European committee for standardization.
- /15/ RakMK A4, Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2000, 4 s.
- /16/ RakMK F2, Rakennusten käyttöturvallisuus, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2001, 28 s.

Liite 2. Esisuunnitelma - paloturvallisuus-suunnittelua varten

Sisältö

1. Paloriskit

- Hallien monitoimikäytöt
- Kilpailuhallin mahdolliset palokuormat
- Kilpailuhallin eri monitoimikäyttäjien palokuorman tiheydet
- Mahdolliset syttymislähteet
- Mahdollinen palon sijainti ja sen syy
- Pahimmat palotapaukset
- Pahimpien palotapausten palokuorman-tiheydet
- Paloskenaariot: Automaattinen paloilmoin ja tavallinen alkusammutuskalusto
- Paloskenaariot: Automaattinen sammutuslaitteisto ja tavallinen alkusammutuskalusto
- Hyväksymiskriteerit

2. Rakenteiden palonkestävyys

- Rakenteiden palonkestävyys
- Selvitettävät rakenteet
- Selvitettävät layout- ym. asiat
- Tilojen henkilömäärät ja poistuminen

3. Tilojen henkilömäärät eri käytöissä

- Poistumisaikalaskelmat
- Poistumisreitit ja niiden mitoitus
- Poistumisreittien valaistus ja merkinnät

4. Savunpoisto

- Savunpoiston lähtöoletukset
- Savunpoiston aukot ja korvausilmareitit
- Savunpoiston ohjeet

5. Sammutus- ja pelastustoiminta

- Suojaustaso: Automaattinen paloilmoin ja tavallinen alkusammutuskalusto
- Suojaustaso: Automaattinen sammutuslaitteisto ja tavallinen alkusammutuskalusto
- Palopostit
- Alkusammutus
- Sammutusreitit
- Pelastustie

- Pelastustoiminnan tarvitsemat hälytys- ja ohjauskeskukset
- Pelastustoiminnan puhelinyhteydet
- Palokunnan hälytys- ja toiminta-ajat
- Palokunnan henkilöstön läsnäolo eri käytöissä

I Paloriskit

Hallien monitoimikäytöt

Peruskäyttö:

- jäähalli

Muut suunnitellut käytöt:

- messut
- suuret kokoukset
- konsertit, tanssit
- palloilu: lentopallo, koripallo, ym. palloilu.

Kilpailuhallin mahdolliset palokuormat

Kaukalon laidat

Laitojen puutavara: $1,2 \times 0,035 = 0,042 \text{ m}^3/\text{m}$,
laitaa = 170 m $\Rightarrow 7,14 \text{ m}^3$

- ominaispaino 540 kg/m^3 , palamislämpö $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 38\,556 \text{ MJ}$,
- ka $22,68 \text{ MJ/m}^2/\text{m}$ laitaa

Laitojen lasiseinät: Ohjelmassa lasia! $\Rightarrow$
Ei palokuormaa!

(Jos ovat muovia: Polykarbonaatti-muovi:

- muovia/ m^2 , jos 6 mm: $7,2 \text{ kg/m}^2$,
- ominaispaino 1200 kg/m^3 , palamislämpö $29 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 209 \text{ MJ/m}^2/6 \text{ mm}$)

Jäänpeittomuovilevyt (Malli IceCube/ Variform Oy)

- sandwich-rakenne 22 + 3 mm EPP + 3 mm ABS muovi: $1,497 \times 1,497 = 2,25 \text{ m}^2$
- EPP (Expanded Polypropylene) vaahtomuovi: ominaispaino 55 kg/m^3 , palamislämpö $43 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 59,125 \text{ MJ/m}^2/25 \text{ mm}$
- ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer) muovi: ominaispaino 1100 kg/m^3 , palamislämpö $36 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 118,8 \text{ MJ/m}^2/3 \text{ mm}$
- yhteensä $\Rightarrow 178 \text{ MJ/m}^2$

Lattialevyt

- umpipyökkiparketti 22 mm:
levyt $513 \times 1800 \text{ mm} \times \text{mm}$ tai
 $513 \times 900 \text{ mm} \times \text{mm}$,
- iso levy $0,9234 \text{ m}^2$:
 $0,022 \times 0,513 \times 1,8 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,020315 \text{ m}^3$
- ominaispaino 540 kg/m^3 , palamislämpö
 $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 214 \text{ MJ/m}^2$

Katsomon istuimet (malli Bedford/Sutton)

- tuolit kääntyvällä istuimella: polypropyleeni-muovia, leveys k/k 483 mm
- muovia/tuoli 2 kg, ominaispaino 905 kg/m^3 ,
palamislämpö 43 MJ/kg
- $\Rightarrow 86 \text{ MJ/tuoli}$, $220 \text{ MJ/ katsomon m}^2$
- jos katsomoissa yhteensä 3500 tuolia:
muovia yhteensä 7500 kg

Irtotuolit pehmustetuilla vaneri-istuimilla (malli Dixie)

- vanerilevy $0,8 \times 0,41 \times 0,004 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,001312 \text{ m}^3$
- vaneri: ominaispaino 545 kg/m^3 , palamislämpö $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 12,87 \text{ MJ/tuoli}$
- istuimen pehmustemuovi $0,3 \times 0,405 \times 0,005 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,0006 \text{ m}^3$
- pehmustemuovi: ominaispaino 25 kg/m^3 ,
palamislämpö $26 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 0,39 \text{ MJ/tuoli}$
- pehmustettu tuoli yhteensä: $\Rightarrow 13,26 \text{ MJ/tuoli}$

Konsertin näyttämö

- vanerilevy näyttämön taso
 $14 \times 11,5 \times 0,028 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 4,5 \text{ m}^3$, 161 m^2
- vanerilevy näyttämön sivut
 $30 \times 2 \times 0,012 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,72 \text{ m}^3$
- takaseinän kulissivanerit
 $30 \times 3,5 \times 0,012 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 1,26 \text{ m}^3$
- näyttämön vanerit yhteensä: $6,48 \text{ m}^3$
- ominaispaino 540 kg/m^3 , palamislämpö
 $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 62986 \text{ MJ}$,
- ka $391 \text{ MJ/näyttämö m}^2$

Messujen esittelytila 1: 36 lattia m^2

- puukuitulevyseinät
 $20 \times 2,5 \times 0,006 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,3 \text{ m}^3$
- ominaispaino 540 kg/m^3 , palamislämpö
 $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 2900 \text{ MJ}$, $58,3 \text{ MJ/seinä m}^2$
 $81 \text{ MJ/36 lattia m}^2$
- lattiaparketti $6 \times 6 \times 0,015 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,54 \text{ m}^3$
- ominaispaino 540 kg/m^3 , palamislämpö
 $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 5249 \text{ MJ}$, $146 \text{ MJ/lattia m}^2$
- esittelytila yhteensä $\Rightarrow 227 \text{ MJ/lattia m}^2$

Messujen esittelytila 2: 400 lattia m^2

- puukuitulevyseinät
 $60 \times 2,5 \times 0,006 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 0,9 \text{ m}^3$
- ominaispaino 540 kg/m^3 , palamislämpö
 $18 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 8750 \text{ MJ}$, $58,3 \text{ MJ/seinä m}^2$
 $22 \text{ MJ/400 lattia m}^2$
- lattiamatto, polypropyleeni-neulehuopaa
 $10 \times 40 \times 0,0025 \text{ m} \times \text{m} \times \text{m} = 1,0 \text{ m}^3$
- ominaispaino 230 kg/m^3 , palamislämpö
 $43 \text{ MJ/kg} \Rightarrow 9890 \text{ MJ}$, 25 MJ/lattia m^2
- esittelytila yhteensä $\Rightarrow 47 \text{ MJ/n. 400 lattia m}^2$

Esittelymateriaali esim. moottorikelkkoja:

1 kelkka /n.12 m^2 esittelytilassa:

- muovilevyt, polyeteeni $5,5 \text{ m}^2 \times 0,004 \text{ m} = 0,022 \text{ m}^3$
- ominaispaino 920 kg/m^3 , palamislämpö
 44 MJ/kg , 890 MJ
- istuimen vaahtomuovi $0,11 \text{ m}^3$
- ominaispaino 35 kg/m^3 , palamislämpö
 26 MJ/kg , 100 MJ
- telan kumimatto ka $0,025 \text{ m}^3$
- ominaispaino 1500 kg/m^3 , palamislämpö
 40 MJ/kg , 1500 MJ
- polttoaine: Benssiini 98E: $20 \text{ l /n. 40 l säiliössä}$
- ominaispaino 740 kg/m^3 , palamislämpö
 44 MJ/kg , 650 MJ

esittelymateriaali yhteensä $\Rightarrow 3140 \text{ MJ}$,
 $262 \text{ MJ/n.12 lattia m}^2$

Kilpailuhallin eri monitoimikäyttöjen palokuorman tiheydet

Laskelmissa ei ole mukana mahdollista katon palokuormaa!

Jäähallikäyttö

Palokuorman muodostavat:

- katsomon istuimet $3500 \times 86 \text{ MJ} = 301\,000 \text{ MJ}$
- kaukalon laidat n. $39\,000 \text{ MJ}$
- muu puupalokuorma $1 \text{ m}^3 \times 540 \text{ kg/m}^3 \times 18 \text{ MJ/kg} = \text{n. } 10\,000 \text{ MJ}$
- palokuorma yhteensä $350\,000 \text{ MJ}$
- palo-osaston ala 4345 k-m^2
- palokuorman tiheys n. 81 MJ/lattia m^2

Messukäyttö a (jäätä ei suojata)

- jäähallikäyttö $350\,000 \text{ MJ}$ ja lisäksi
- esittelytilojen palokuorma
 $1624 \text{ m}^2 \times 60 \text{ MJ/ m}^2 = 97\,440 \text{ MJ}$
- esittelymateriaali 80 kelkkaa:
 $80 \times 3140 \text{ MJ} = 251\,200 \text{ MJ}$
- palokuorma yhteensä $698\,640 \text{ MJ}$
- palo-osaston ala 4345 k-m^2
- palokuorman tiheys n. $161 \text{ MJ/lattia m}^2$

Messukäyttö b (jää suojataan)

- jäähallikäyttö 350 000 MJ ja lisäksi
- esittelytilojen palokuorma
 $1624 \text{ m}^2 \times 60 \text{ MJ/m}^2 = 97\,440 \text{ MJ}$
- jäänpeittomuovilevyt
 $1620 \text{ m}^2 \times 178 \text{ MJ/m}^2 = 288\,360 \text{ MJ}$
- esittelymateriaali 80 kelkkaa:
 $80 \times 3140 \text{ MJ} = 251\,200 \text{ MJ}$
- palokuorma yhteensä 985 932 MJ
- palo-osaston ala 4345 k-m²
- palokuorman tiheys n. 226 MJ/lattia m²

Suuret kokoukset tai konsertit

- jäähallikäyttö 350 000 MJ ja lisäksi
- jäänpeittomuovilevyt
 $1620 \text{ m}^2 \times 178 \text{ MJ/m}^2 = 288\,360 \text{ MJ}$
- lattialevyt $1200 \text{ m}^2 \times 214 \text{ MJ/m}^2 = 256\,800 \text{ MJ}$
- istuimet $1500 \times 86 \text{ MJ} = 129\,000 \text{ MJ}$
- esiintymislava = näyttämö 63 000 MJ
- palokuorma yhteensä 1 087 160 MJ
- palo-osaston ala 4345 k-m²
- palokuorman tiheys n. 250 MJ/lattia m²

Palloilu

- jäähallikäyttö 350 000 MJ ja lisäksi
- jäänpeittomuovilevyt
 $1614 \text{ m}^2 \times 178 \text{ MJ/m}^2 = 287\,292 \text{ MJ}$
- lattialevyt $1000 \text{ m}^2 \times 214 \text{ MJ/m}^2 = 214\,000 \text{ MJ}$
- palokuorma yhteensä 851 292 MJ
- palo-osaston ala 4345 k-m²
- palokuorman tiheys n. 196 MJ/lattia m²

Mahdolliset syttymislähteet

- tuhotyö (tuhopoltto)
- ammoniakkijäähdytyslaitteisto (*sijoituspaikka ja savunpoisto?*)
- tupakointi/ tupakansytytin taskussa
- sähkölaitteet: saunan kiuas, kylmäkoneet, jään-tekokone, keittimet, uunit, sähkölämmittimet, akut?
- valaisimet: siirrettävät näyttämövalaisimet, siirrettävät työmaavalaisimet, avoimet hehkulamput, avoimet valaisinputket ja niiden osat, avoimet halogeenispotit
- kaapelipalo
- staattinen sähkö tai sähkökipinä käytettäessä syttyviä nesteitä esim. korjauksissa
- tulityöt korjauksissa
- työkoneet

Mahdollinen palon sijainti ja sen syy

- (1) Palo näyttämöllä esim. valaisimesta: kulissit ja näyttämö palavat (< 40 MW)
- (2) Palo katsomossa esim. tuhotyöstä (< 20 MW)
- (3) Palo näyttelyn esittelytilassa esim. kohdevalaisimesta (< 40 MW)
- (4) Palo aulan anniskelualueella esim. jääkaapista (< 5 MW)
- (5) Palo yleisö-WC:ssä esim. roskakorissa tupakasta (< 2 MW)
- (6) Palo kaapelireitillä esim. ylikuormituksesta (< 2 MW)
- (7) Palo saunassa esim. kiukaan kaapelista (< 10 MW)
- (8) Palo aitiossa esim. jääkaapista (< 6 MW)
- (9) Palo tuolivarastossa esim. salatupakoinnista tai tuhotyöstä (oma palo-osasto)
- (10) Palo siirtolattiavarastossa esim. salatupakoinnista tai tuhotyöstä (oma palo-osasto)

Pahimmat palotapaukset

A: Polttoainerajoitteiset: näyttämö, katsomo, esittelytila, aitio

B: Happirajoitteiset: varastot, sauna

Pahimpien palotapausten palokuormantiheydet*Näyttämö*

- Konsertin tai suuren kokouksen näyttämö, liitteen 2 laskelma: $391 \text{ MJ/m}^2 + \text{muu palokuorma } 15\% = 450 \text{ MJ/m}^2$. Näyttämön lattia sijaitsee 2 m korkeudessa kaukalon lattiapinnasta!

Katsomo

- Katsomon istuimet, liitteen 2 laskelma: 220 MJ/m^2 .

Esittelytilat a (jää ei suojata)

- Esittelytilan seinät, liitteen 2 laskelma (Messujen esittelytila 1): 81 MJ/lattia m^2
- Esittelytilan lattia, liitteen 2 laskelma (Messujen esittelytila 2): 25 MJ/lattia m^2
- Esittelymateriaali, liitteen 2 laskelma (moottorikelkkoja): $262 \text{ MJ/lattia m}^2$
- Muu palokuorma ja laskentaepätarkkuus +15 %: 55 MJ/lattia m^2
- Palokuorma yhteensä: $423 \text{ MJ/lattia m}^2$

Esittelytilat b (jää suojataan)

- Esittelytilan seinät, liitteen 2 laskelma (Messujen esittelytila 1): 81 MJ/ lattia m²
- Jäänpeittolevy, liitteen 2 laskelma (Jäänpeittolevy): 178 MJ/ m²
- Esittelytilan lattia, liitteen 2 laskelma (Messujen esittelytila 2): 25 MJ/ lattia m²
- Esittelymateriaali, liitteen 2 laskelma (moottorikelkkoja): 262 MJ/ lattia m²
- Muu palokuorma ja laskentaepätarkkuus +15 %: 82 MJ/ lattia m²
- Palokuorma yhteensä: 628 MJ/ lattia m²

Paloskenaariot: Automaattinen paloilmoin ja tavallinen alkusammutuskalusto

1. Paloilmoin toimii, savunpoisto toimii, palokunta toimii normaalisti, perusskenaario
2. Paloilmoin toimii, savunpoisto ei toimi, palokunta toimii normaalisti, mahdollinen skenaario
3. Paloilmoin ei toimi, savunpoisto toimii, palokunta toimii viiveellä, mahdollinen skenaario
4. Paloilmoin ei toimi, savunpoisto ei toimi, palokunta toimii viiveellä, poikkeuksellinen skenaario

Paloskenaariot: Automaattinen sammutuslaitteisto ja tavallinen alkusammutuskalusto

1. Sprinkleri toimii, savunpoisto toimii, palokunta toimii normaalisti, perusskenaario
2. Sprinkleri toimii, savunpoisto ei toimi, palokunta toimii normaalisti, mahdollinen skenaario
3. Sprinkleri ei toimi, savunpoisto toimii, palokunta toimii viiveellä, mahdollinen skenaario
4. Sprinkleri ei toimi, savunpoisto ei toimi, palokunta toimii viiveellä, poikkeuksellinen skenaario

Hyväksymiskriteerit

- Poistuminen tapahtuu kylmässä vyöhykkeessä, jonka lämpötila on sallittu.
- Liekin tai savunpatjan säteilyn määrä on sallittu.
- Seinä- ja kattorakenteet ja niiden ripustukset kestävät sortumatta poistumisen ja pelastustyön edellyttämän ajan.
- Varmuuskertoimet: SPEK:n oppaan mukaisesti.
- Herkkyysanalyysi: paloteho (+50 %), savunpoisto (+100 %).
- Sallittava korvausilman virtausnopeus/tuloaukon poikkipinta on enintään 3–5 m/s.

2 Rakenteiden palonkestävyys

Rakenteiden palonkestävyys

- Rakennuksen rakenteiden palonkestävyys vastaa kilpailuhallin katon rakenteita lukuun ottamatta paloluokkaa P1.
- Rakenteiden suunnitteluperusteet määritellään Paloturvallisuusraportissa, joka perustuu Määräyksiin E1, paloteknisiin analyysihin, poistumisen analyysihin ja muihin tarvittaviin selvityksiin.

Selvitettävät rakenteet

Palosimuloinnilla tarkastettavia asioita lämpötilan ja liekkivaikutuksen suhteen ovat

- kilpailuhallin katon kantavat rakenteet ja laitteiden ripustukset
- kilpailuhallin katon kattorakenteet
- aition ja salin väliseinän lasirakenne (savun leviämistä estävä lasirakenne)
- muut savun leviämistä estävät rakenteet.

Selvitettävät layout- ym. asiat

- käyttötapaosastointi: varastot, jääkoneen laitausta, ammoniakki-jäähdytyskoneen tila, IV-järjestelmät, sähkötilat yms.
- vaarallisten aineiden käyttö- ja varastotilat sijoitetaan rakennuksen ulkovaipalle ja niihin on oviyhteys suoraan ulkoa
- rakenteiden ontelot
- ulkopuoliset palot: metsäpalo, jäteastiapalot, autopalot yms.

3 Tilojen henkilömäärät ja poistuminen

Tilojen henkilömäärät eri käytöissä

- Eri monitoimihallikäytöissä hyväksytetään tilojen käyttäjien määrä, jota käytetään poistumisaikalaskelmien pohjana.
- Jäähallikäyttö 4550–4700 henkeä (arvio).
- Suuret kokoukset noin 5000 henkeä (arvio).
- Messut noin 3000 henkeä (arvio).

Poistumisaikalaskelmat

- Poistumisaikalaskelmat tehdään suurimmista katsomonosista virtausmallilla.
- Poistumisaikalaskelmat laaditaan paloteknisen analyysin yhteydessä.
- Poistumisaikoja kriittisissä etappipisteissä verrataan kuumen vyöhykkeen laskeutumis-aikoihin eri paloskenaarioissa.

Poistumisreitit ja niiden mitoitus

- Poistumisreittien mitoitus kehitetään laskelmien ja selvitysten avulla.
- Poistumissuunnitelmassa esitetään vaihtoehtoiset kulkutiet uloskäytävään ja ulos.

Poistumisreittien valaistus ja merkinnät

- Poistumista varten hankitaan merkki- ja turvavalaisusjärjestelmä.
- Opastevalaisimet suunnitellaan toimiviksi eri käyttötilanteissa.

4 Savunpoisto

Savunpoiston lähtöoletukset

- Savunpoistolla pyritään turvaamaan poistuminen, rakenteiden palonkesto ja palokunnan toimintaedellytykset.
- Simulointi selvittää, onko savunpoiston automaattinen ohjaus tarpeen.
- Poistumisen tulee tapahtua kylmässä vyöhykkeessä ja säteilyn ollessa siedettävä.

Savunpoiston aukot ja korvausilmareitit

- Savunpoistoaukot sijaitsevat pääosin katossa ja mahdollisesti osittain seinien yläosissa.
- Korvausilmareitit ovat pääosin oviaukkoja.

Savunpoiston ohjeet

- Savunpoistojärjestelmän kuvaus.
- Savunpoiston ohjauksen selostus.
- Savunpoiston käyttöohjeet.

5 Sammutus- ja pelastustoiminta

Suojaustaso: Automaattinen paloilmoin ja tavallinen alkusammutuskalusto

- Jos kohteeseen ei tule sprinklerilaitteistoa, automaattinen paloilmoin tarvitaan osoitteellisena aikaiseen palohälytykseen ja paloilmoitukseen ja saatetaan tarvita savunpoiston ohjaukseen.
- Savuilmaisimen toiminta-aika simuloidaan.

Suojaustaso: Automaattinen sammutuslaitteisto ja tavallinen alkusammutuskalusto

- Automaattinen sprinklerilaitteisto koko rakennuksessa.
- Sprinkleriluokka OH3.
- Sprinklerin toiminta-aika simuloidaan.
- Sprinklerilaitteiden keskus sijoitetaan rakennuksen ulkovaipalle.
- Jos kohteeseen tulee sprinklerilaitteisto, automaattinen paloilmoin saatetaan tarvita (harvennettuna) savunpoiston ohjaukseen, jolloin sitä hyödynnetään samalla aikaiseen palohälytykseen ja paloilmoitukseen.

Palopostit

- Normaalit pikapalopostit, DN 25, 25 m kelat, yhdistelmäsuihkusuutin; sijoitus ainakin: hallit, katsomoiden alapuoliset käytävät, keskkiosankäytävät eri tasoissa.
- Palokuntaa varten asennetaan kaakkois- ja luoteissivuille seinäpaloposteja, 2xDN 80.

Alkusammutus

- Jauhesammuttimia (6 kg) täytöllä 25 m haku-ettäisyyksillä kulkuteiden varten; sijoitus ainakin hallit, käytävät, huolto, IV-konehuone, jäädytyskonehuone, jääkoneen lataustila.
- Hiilidioksidisammuttimia (5 kg) täytöllä sähkö-, tele-, ATK- ja keittiötilojen yhteyteen.

Sammutusreitit

- Sammutusreitti kellariin on suoraan ulkoa huoltoportaan kautta.
- Sammutusreitti ilmastointikonehuoneeseen on suoraan ulkoa huolto-oven kautta.

Pelastustie

- Pelastustie rakennuksen lähelle.
- Seinäpalopostit sijaitsevat kaakkois- ja luoteissivuilla.

Pelastustoiminnan tarvitsemat hälytys- ja ohjauskeskukset

- Paloilmoinnimen palokuntapaneeli sijaitsee pääsammutusreittioven lähellä.
- Savunpoiston ohjauskeskus sijaitsee paloilmoinnimen palokuntapaneelin vieressä.

Pelastustoiminnan puhelinyhteydet

- Väestönsuojan puhelinyhteydet.

Palokunnan hälytys- ja toiminta-ajat

- Osalähdön tuloaika kohteeseen = automaattihälytyksen aika (= palon havaitsemisaika + paloilmoituksen tekoaika) + toimintavalmiusaika (= palokunnan liikkeellelähtöaika + ajoaika kohteeseen).
- Automaattihälytyksen aika päähallissa on paloilmaitsemasta noin 2,5 min ja sprinkleristä noin 6,5 min.
- Toimintavalmiusaika on Rovaniemen kaupungin paloasemalta 7 min ja Rovaniemen maalaiskunnan paloasemalta 12 min.
- Savunpoiston käsiohjaus savunpoiston ohjauskeskuksessa automaattihälytyksestä tapahtuu noin 6 minuutissa, jos hallin oma henkilö käynnistää ja noin 10 tai 15 min, jos palokunta ohjaa.

- Sammutuksen aloitus kilpailuhallissa automaattisesta paloilmaittimen hälytyksestä on noin 12–15 (maalaiskunta: 17–20) min ja sprinklerin laukeamisesta ja hälytyksestä noin 16–19 (21–24) min.
- Osalähdön on arvioitu edellisen mukaan olevan paikalla noin 10–15 minuutissa.
- Peruslähdön on arvioitu olevan paikalla noin 20 minuutissa.
- Osalähdön miehistövahvuus kohteeseen on $1 + 1 + 6 + 1 = 9$.
- Peruslähdön miehistövahvuus kohteeseen on $2 + 3 + 15 + 2 = 22$.

Peruslähdön kalustovahvuus kohteeseen on joutoauto, sammutusauto, säiliöauto, nostolava-auto, raskas pelastusyksikkö ja sairausauto. Sammutusautoja ja muuta erikoiskalustoa tulee pyydetäessä palokohteeseen lisää.

Liite 3. Palotekninen analyysi

Sisältö

1	Palotekninen analyysi	53
1.1	Analysoidut tilat	53
1.2	Kilpailuhallin paloilmoittimen ja sprinklerin toiminta-ajat ja savunpoiston mitoitus	53
1.3	Pelkistetyt mallit	54
1.4	Paloteknisen analysoinnin ohjeet	54
1.5	Poistumisaikalaskelmat	54
1.6	Laskentaohjelmat	54
1.7	Paloskenaariot	54
2	Palotapaus 1, PALOILMOITIN:	
	Palo näyttämöllä	55
2.1	Mitoituspalo	55
2.2	Paloskenaario I	56
2.3	Paloskenaario II	59
2.4	Paloskenaario III	60
2.5	Paloskenaario IV	60
2.6	Herkkyysanalyysit	61
3	Palotapaus 1, SPRINKLERI:	
	Palo näyttämöllä	62
3.1	Mitoituspalo	62
3.2	Paloskenaario I	63
3.3	Paloskenaario II	65
3.4	Paloskenaario III	66
3.5	Paloskenaario IV	67
3.6	Herkkyysanalyysit	67
4	Palotapaus 2, PALOILMOITIN:	
	Palo katsomossa	68
4.1	Mitoituspalo	68
4.2	Paloskenaario I	68
4.3	Paloskenaario II	71
4.4	Paloskenaario III	72
4.5	Paloskenaario IV	72
4.6	Herkkyysanalyysit	72
5	Palotapaus 2, SPRINKLERI:	
	Palo katsomossa	72
5.1	Mitoituspalo	72
5.2	Paloskenaario I	72
5.3	Paloskenaario II	74
5.4	Paloskenaario III	75
5.5	Paloskenaario IV	76
5.6	Herkkyysanalyysit	76
5.7	Yhteenveto	77

6	Viitteet	77
----------	-----------------	----

Liitteet

Liite 3a.	Piirustukset	78
Liite 3b.	Pelkistetty malli	83
Liite 3c.	Poistumisaikalaskelma	84
Liite 3d.	Taulukoidut poistumisajat	85
Liite 3e.	Paloskenaariot ja simulointitiedostot	86
Liite 3f.	Palotehojen kuvaajien laskenta-perusteet	90

I Palotekninen analyysi

I.1 Analysoidut tilat

Lappi Areena on monitoimihalli, jonka pääkäyttö on jäähalli ja monitoimikäyttöä ovat suunnittelussa olleet messut, suuret kokoukset, konsertit, tanssit ja palloilut. Hallikompleksi käsittää kilpailuhallin ja harjoitushallin sekä niiden tarvitsemat aputilat.

Suuria henkilömääriä on jäähallikäytössä, jossa on noin 3500 katsomopaikkaa ja suurissa kokouksissa, joissa saattaa olla jopa noin 5000 istumapaikkaa.

Kohteesta on tehty esisuunnitelma /8/ koskien paloteknisiä suunnitteluperusteita. Siinä on selvitetty palokuorman tiheyksiä kilpailuhallin eri käytöissä. Kilpailuhallin merkittäviä palokuormia ovat:

- katsomon istuimet 220 MJ/katsomon lattia m²
- suuri näyttämö 417 MJ/näyttämön lattia m²
- messujen esittelytila 423–628 MJ/esittelytilan lattia m² (161–226 MJ/hallin lattia m²).

I.2 Kilpailuhallin paloilmoittimen ja sprinklerin toiminta-ajat ja savunpoiston mitoitus

Paloilmoittimen, sprinklerilaitteiston ja savunpoistoluukkujen toiminta-ajat selvitetään analyysissä.

Hallitilan savunpoisto hoidetaan painovoimaisesti ulos avautuvien savunpoistoluukkujen kautta. Kilpailuhallin katolla on savunpoistoluukut, joiden teholliseksi yhteispinta-alaksi laskettiin simuloinneissa suojaustasolla 2 ja 3: 21 m². Luukkuja on 12 kappaletta, jos niiden koko on 1,2 x 2,4 m². Virtauskertomella 0,6 jaettu todellinen yhteispinta-ala on 35 m². Savunpoistoluukkujen pinta-ala on noin 0,8 % hallin pohjapinta-alasta 4345 m². Tulos on saatu simuloimalla kohdetta eri palotehoilla ja savunpoiston aukoilla. Luukkujen avautumistapaa tutkittiin analyysissä. Korvausilmaaukoiksi oletettiin ensin pääsisäänkäynnin ovia vastaava pinta-ala 12,5 m². Kun se muutettiin kaksinkertaiseksi eli 25 m²:iin, parani savunpoisto merkittävästi: Suojaustaso 2, Palo näyttämöllä, skenaario I.

1.3 Pelkistetyt mallit

Hallista tehtiin paloteknistä analyysiä varten pelkistetty malli, joka on esitetty huonenumeroineen ja mittoineen liitteessä 3b. Tilojen muodot on muutettu todellisia pinta-aloja ja tilavuuksia vastaaviksi suorakaiteiksi ja korkeudet ovat redusoituja. Huoneet 3 ja 11 on laskettu ilman katsomon tilan vaikutusta, koska savut pääsevät vapaasti laskeutumaan 'kulmien' tasoaukoista ja ajoaukosta katsomon alapuoliseen tilavuuteen.

1.4 Paloteknisen analysoinnin ohjeet

Paloteknisen analysoinnin apuvälineenä käytettiin tulipalon numeerista tietokonesimulointia. Analysoinnin ohjeina on käytetty soveltuvien osin Paloteknisen Erityissuunnittelun Opasta /1/ sekä pohjoismaista NKB:n analysointiohjetta /2/ sekä YM:n luonnosta Paloturvallisuussuunnittelu (15.1. 2001) /3/.

1.5 Poistumisaikalaskelmat

Koska kyseessä on henkilöturvallisuuden kannalta tärkeä kohde, tehtiin kohteesta poistumisaikalaskelmat /4/, /5/, jotka on esitetty liitteessä 3c. Laskelmien perusteella on kunkin skenaarion kohdalla esitetty poistumisen kriittinen etappipiste I eli varmuuskertomella kerrottu poistumisaika pääkatsomon yläosan poistumisesta porrashuoneeseen. Skenaariokohtaiset poistumisaajat varmuuskertomineen on esitetty liitteessä 3d.

1.6 Laskentaohjelmat

Palosimulointi tehtiin vyöhykemalliohjelmalla CFAST, v.2.0 /6/. Apulaskelmia tehtiin myös vyöhykemalliohjelmalla FAST 316 /7/. Simuloinnissa on huomioitu korkean ja suuren tilan aiheuttamat rajoitukset ja ongelmat vyöhykemallissa. Kohdetta simuloitiin useilla erilaisilla pelkistetyillä malleilla ja herkkyyksianalyysillä, jolloin tulokset saatiin tarkistettua ja saatiin mahdollisimman todennukainen kuva tapahtumista eri palotilanteissa. Vyöhykemalleissa oletetaan, että huoneen yläosaan muodostuu savusta ja muista palokaasuisista kuuma vyöhyke ja sen alapuolelle kylmä vyöhyke. Näiden vyöhykkeiden oletetaan olevan homogeenisia lämpötilojen ja kaasupitoisuuksien osalta. Vyöhykkeiden välisen rajan oletetaan olevan vaakasuora ja sitä kutsutaan tässä raportissa kuumen vyöhykkeen alareunan korkeudeksi.

1.7 Paloskenaariot

Paloskenaariot määritettiin jokaisessa palotapauksessa kuvan 1 esittämän tapahtumapuun mukaisesti. Ne on kuvattu tarkemmin liitteessä 3f, johon on myös listattu simulointitiedostot.

Savunpoisto ei toimi tarkoittaa tilannetta, jossa savunpoistoluukkuja ei avata lainkaan tai ne avataan poistumisturvallisuuden kannalta liian myöhään.

Analyysissa tutkittiin skenaarioita I, II, III ja IV. Skenaariossa I kaikki palontorjuntajärjestelmät toimivat moitteettomasti. Skenaario II tutkii savunpoiston liian hidasta toimintaa tai toimimattomuutta ja skenaario III paloilmioittimen ja sprinklerin toimimattomuutta. Skenaariossa IV ensimmäinen järjestelmä ei toimi lainkaan ja toinenkaan ei toimi lainkaan tai se toimii puutteellisesti.

Seuraavissa luvuissa on esitetty palosimulointin tulokset. Kuviin on merkitty poistumisaikalaskelmista saadut etappipisteet sekä automaattisen savunpoiston ja savuilmamaisen tai sprinklerin toiminta-ajat. Savunpoiston toiminta-ajaksi saatiin simulointimallilla FAST316 savuilmamaisimelle $t = 150$ s ja sprinklerille $t = 380$ s.

Huonenumerointi ja huoneiden mitat ja korkeusasemat on esitetty liitteessä 3b.

Tutkittuja palotapauksia oli kaksi. *Ensimmäinen palo on näyttämön palo*, joka vastaa kutakuinkin myös näyttelytilan paloa. Rakenteiden kannalta näyttämön palopatsas on alkuvaiheessa suurempi uhka, koska näyttämö on kahden metrin kor-

<u>Paloilmoitin</u>		Paloilmoitin toimii	Savunpoisto toimii	Skenaariot
Palo syttyy	Kyllä	Kyllä	Kyllä	I Perusskenaario
			Ei	II Mahdollinen skenaario
	Ei	Ei	Kyllä	III Mahdollinen skenaario
			Ei	IV Poikkeuksellinen skenaario

<u>Sprinkleri</u>		Sprinkleri toimii	Savunpoisto toimii	Skenaariot
Palo syttyy	Kyllä	Kyllä	Kyllä	I Perusskenaario
			Ei	II Mahdollinen skenaario
	Ei	Ei	Kyllä	III Mahdollinen skenaario
			Ei	IV Poikkeuksellinen skenaario

Kuva 1. Paloskenaariot.

keudessa. Toinen palotapaus on katsomon istuinten tahallinen sytyttäminen tuleen.

Kuvien merkintöjen selitykset:

-  = savunpoisto käynnistyy automaattisesti savuilmaisimesta
-  = savunpoisto käynnistyy automaattisesti sprinkleristä
-  = sprinkleri laukeaa
-  = etappipiste 1, nuoli osoittaa kuvassa ajankohtaa, jossa poistuminen ko. etappipisteen ohi on tapahtunut

2 Palotapaus 1, PALOILMOITIN: Palo näyttämöllä

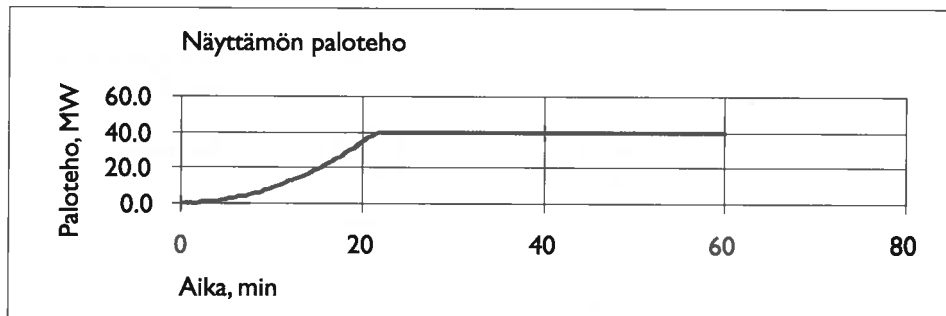
2.1 Mitoituspalo

Mitoituspaloksi määriteltiin tulipalon syttyminen näyttämöllä, joka sijaitsee kilpailuhallin toisessa päädyssä katsomon paikalla huoneessa H2. Palo voi syttyä teknisestä syystä kuten valaisimen kuumentamasta kulissirakenteesta tai mm. ihmisen toiminnasta (huolimattomuus tai ilkivalta).

Palon kasvaminen oletettiin tapahtuvan keskinkertaista nopeammin mutta ei nopeasti /1/. Lähtökohtana oli, että näyttämön verhot käsitellään palosuojausteella ja kiinteät rakenteet ovat

vaneria eli materiaalin syttymisherkkyys/palonleviämisluokka on 2/-. Näin alkupalon kasvukertoimeksi valittiin 24 W/s^2 , jolloin 1 MW:n palon kasvuaikavakioksi saatiin 204 s. Luku on lähempänä nopeaa (150 s) kuin keskinkertaista (300 s). Palotehon määrittämisessä käytetyt laskelmat on esitetty liitteessä 3f. Palotehon kuvaaja on esitetty kuvassa 2. Paloteho nousee maksimiarvoon 40 MW. Tämän jälkeen palo on polttoainerajoitteinen eli sen maksimiarvo määräytyy samanaikaisesti

paloon osallistuvan palokuorman mukaisesti. Tämän oletuksen perusteena on, että on kysymys palavasta materiaalista, jota on rajallinen määrä lattianeliömetriä kohti, jolloin vain osa näyttämöistä palaa täydellä teholla samanaikaisesti. Tasaisen vaiheen alkamista 21 minuutin jälkeen tukee myös se, että palokunnan on tällöin jo ajallisesti mahdollista aloittaa sammutustoimenpiteet, jotka rajoittavat palon kasvua. Alkusammutuksen oletetaan epäonnistuvan tai sitä ei suoriteta ollenkaan.



Kuva 2. Näyttämön palotapauksen palotehokäyrä (ei sprinkleriä).

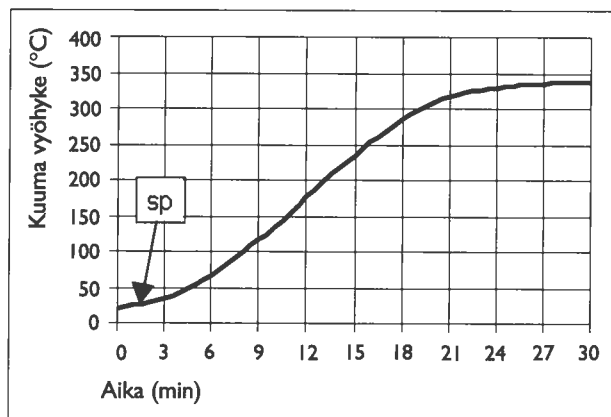
2.2 Paloskenaario I

Ensimmäisessä skenaariossa (I) sekä paloilmioittimen että savunpoiston oletettiin toimivan suunnitellusti. Savunpoiston oletettiin toimivan automaattisesti hetkellä 150 s savuilmioittimen ohjaamana. Palotehona käytettiin kuvan 2 esittämää palotehoa. Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitien etappipistettä 1, joka on oviaukon ohitus-

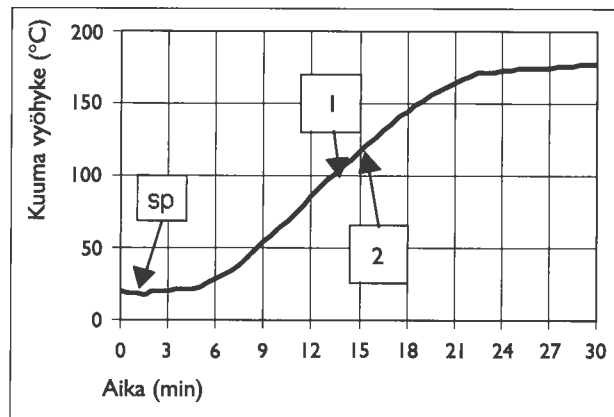
piste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 on etappipiste, joka sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

Kuvissa 3, 4 ja 5 on esitetty kuuman vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 2, 6 ja 11.

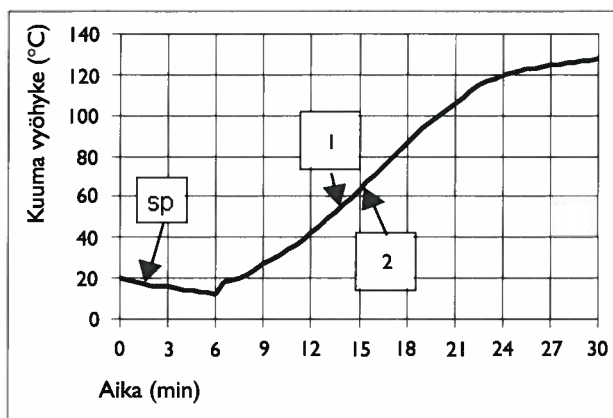
Kuvissa 6–9 on esitetty kuuman vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 2, 6, 11 ja 1–11.



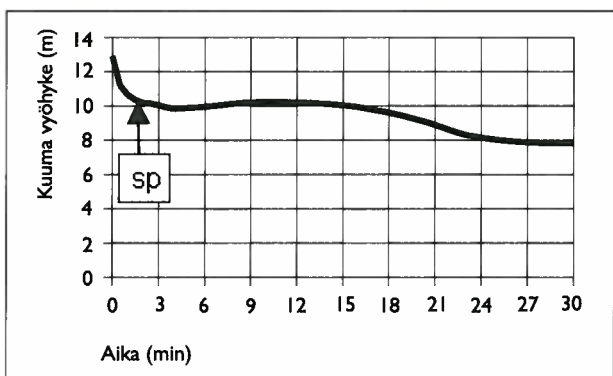
Kuva 3. Huoneen 2 lämpötilakuvaaja.



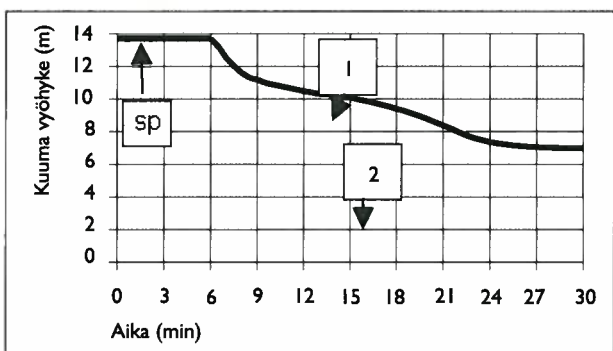
Kuva 4. Huoneen 6 lämpötilakuvaaja.



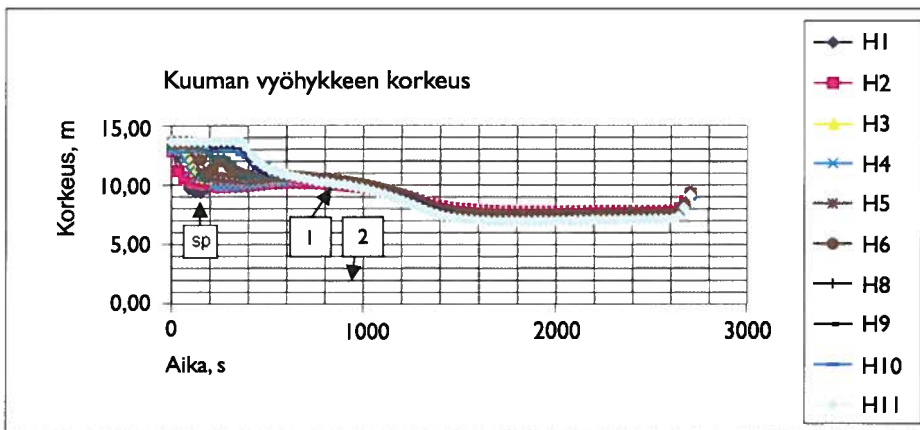
Kuva 5. Huoneen I lämpötilakuvaaja.



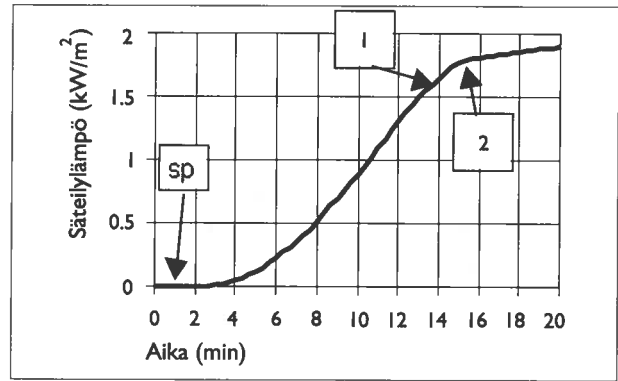
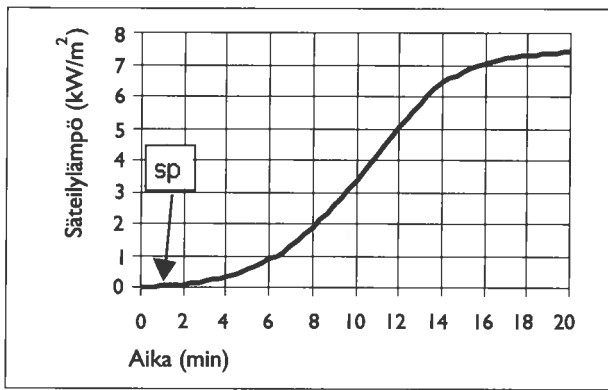
Kuvat 6 ja 7. Huoneen 2 ja 6 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus.



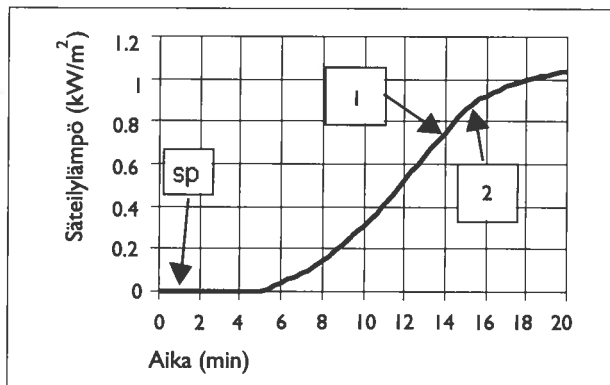
Kuva 8. Huoneen I kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 9. Huoneiden I-III kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.



Kuvat 10 ja 11. Huoneen 2 ja 6 säteilylämpövirran tiheyden kuvaajat.



Kuva 12. Huoneen 11 säteilylämpövirran tiheyden kuvaajat.

Kuvissa 10, 11 ja 12 on esitetty säteilylämpövirran tiheyden kuvaajat huoneissa 2, 6 ja 11.

Kuvien tulkinta

Kuvien tulkinnessa käytetyt hyväksymiskriteerit on määritelty esisuunnitelman kohdassa 1 /8/ ja lähteessä /1/ kohdassa 2.3.1.

Kuuman vyöhykkeen lämpötilat poistumisreittien yläpuolella ovat hyväksyttäviä eli noin 100 °C tai sen alle.

Kuuman vyöhykkeen alareuna ei laskeudu alle tason 2 m huoneen lattiasta ennen poistumista kaikista simulointihuonetiloista /1/. Huone 6 esittää pääkatsomon yläosaa. Sen lattian korkeus porrashuoneen ovella on 7,9 m. Oven kautta poistuvat ihmiset ehtivät hyvin poistua etappipisteen 1 ohi, ennen kuin kuuma vyöhyke laskeutuu alle tason 9,9 m. Huoneesta 11 porrashuoneeseen poistuvat ihmiset kulkevat oviaukon kautta, jonka lattian korkeus on 6,4 m. Oven kautta poistuvat ih-

miset ohittavat oviaukon etappipisteen 1 ennen kuin savu laskeutuu tason 8,4 alapuolelle. Etappipiste 2 kuvaa tilannetta ulko-oven ulkopuolella, jolloin kaikki ovat siirtyneet lopullisesti turvalliseen tilaan. Kuvassa 9 on esitetty kaikkien huoneiden kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet. Käyräparven alkupäässä laskeutuvat eräiden huoneiden kuvaajat tason 10 m alapuolelle. Ne ovat huoneita, joiden lattioiden korkeudet ovat tasolla 6,3 m tai sen alapuolella ja jotka eivät näin ole poistumisen kannalta kriittisiä.

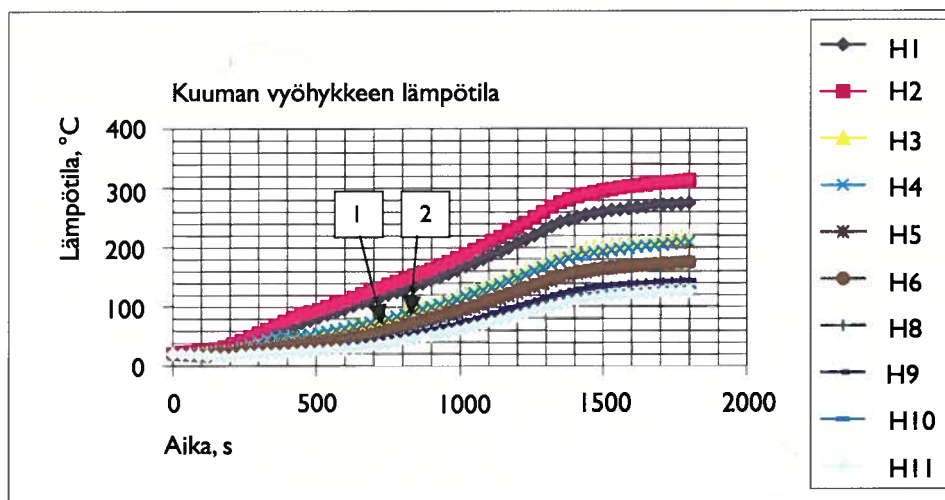
Säteilylämpö eli säteilylämpövirran tiheys kuumasta vyöhykkeestä huoneen 6 ja huoneen 11 lattiaan on alle sallitun eli 2,5 kW/m² /1/. Itse palotilassa huoneessa 2 se kuitenkin nousee korkeaksi jo 8 minuutin jälkeen. Samoin on oletettavaa, että palon liekin säteily saattaa kohota palon lähellä niin korkeaksi, että näyttämön lähellä olevia poistumisreittejä ei voida käyttää poistumiseen.

2.3 Paloskenaario II

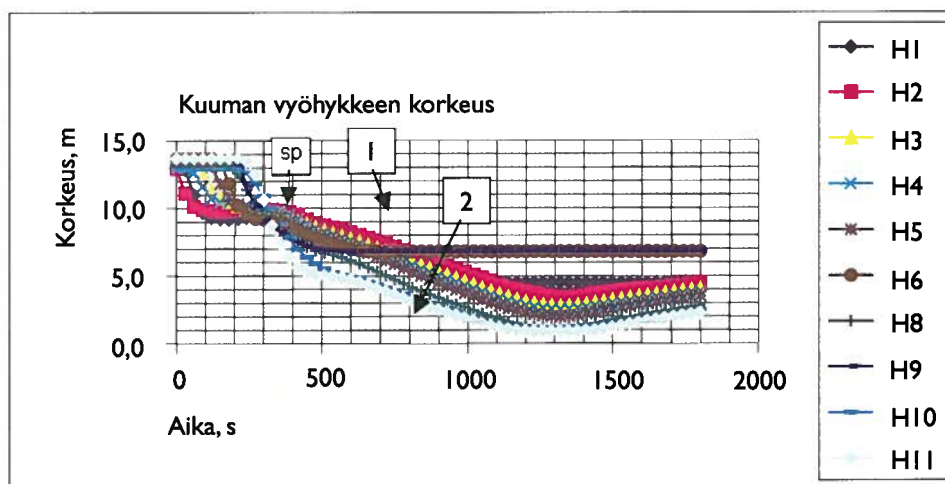
Toisessa skenaariossa (II) savunpoiston oletettiin toimivan a lämpösulakkeen laukeamisesta tai käsin ohjauksesta hetkellä 380 s. Palotehona käytettiin kuvan 2 esittämää palotehoa. Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitintä etappipistettä 1, joka

on oviaukon ohituspiste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

Kuvassa 13 on esitetty kuuman vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 14 kuuman vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11.



Kuva 13. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 14. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

Kuvien tulkinta

Kuuman vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10,11) ovat hyväksyttäviä eli noin 100 °C tai alle sen /1/.

Kuuman vyöhykkeen alareuna laskeutunut alle tason 2 m lattiasta hyvin nopeasti kaikissa katsomoa kuvaavissa huoneissa. Tulos ei ole hyväksyttävä. Tulos olisi vielä huonompi, jos savunpoistoa ei käynnistettäisi lainkaan (vertaa skenaario 4).

2.4 Paloskenaario III

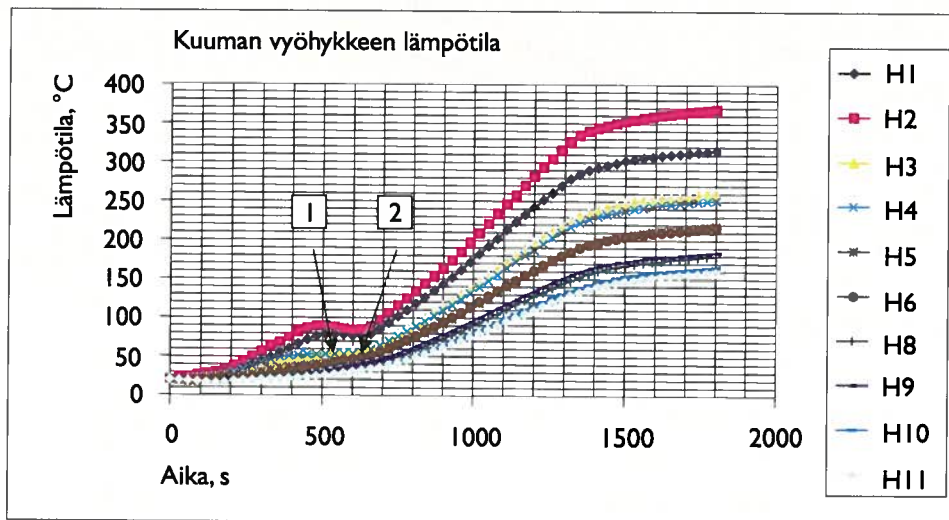
Kolmannessa skenaariossa (III) savunpoiston oletettiin toimivan suunnitellusti. Automaattinen palo-ilmoitus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut. Savunpoiston oletettiin toimivan automaattisesti hetkellä 150 s savuilmaisimen ohjaamana. Palotehona käytettiin kuvan 2 esittämää palotehoa.

Palotapahtuma eteni skenaarion I kuvien 3–12 osoittamalla tavalla eli poistuminen tapahtui turvallisesti.

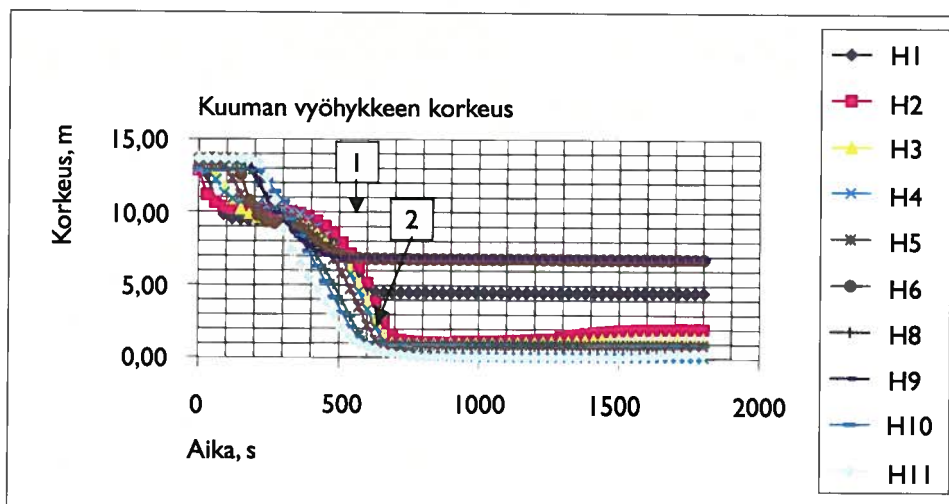
2.5 Paloskenaario IV

Neljännessä skenaariossa (IV) oletettiin, että savunpoisto ei toimi lainkaan. Automaattinen palo-ilmoitus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut tai vielä tapahtumassa. Palotehona käytettiin kuvan 2 esittämää palotehoa.

Kuvassa 15 on esitetty kuuman vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 16 kuuman vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11.



Kuva 15. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 16. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

Kuvien tulkinta

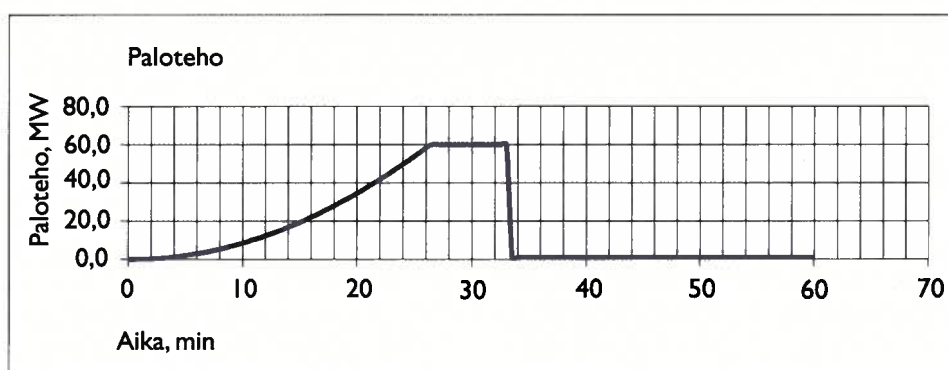
Savunpoisto ei toimi skenaariossa IV. Kuuman vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10,11) ovat hyväksyttäviä eli noin 100 °C tai alle sen /1/.

Kuuman vyöhykkeen alareuna laskeutunut alle tason 2 m lattiasta hyvin nopeasti kaikissa katsomoa kuvaavissa huoneissa. Tulos ei ole hyväksyttävä. Poistuminen tapahtuu siis tässä skenaarioissa paljolti savun täyttämässä tiloissa.

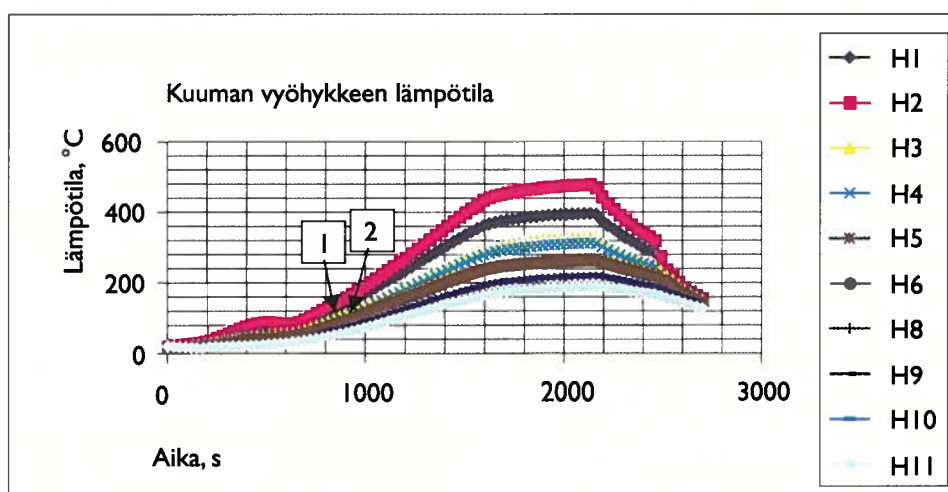
2.6 Herkkyysanalyysit

Herkkyysanalyysijä tehtiin simulointien yhteydessä useita. Ne koskivat savunpoisto- ja korvausilma-aukkojen kokoa ja sijoitusta eri tiloihin sekä savuverhojen korkeutta. Tämän lisäksi tutkittiin palotehon kasvattamisen vaikutusta. Kun palotehokäyrän annettiin kasvaa 40 MW:sta 60 MW:iin, saatiin kuva 17.

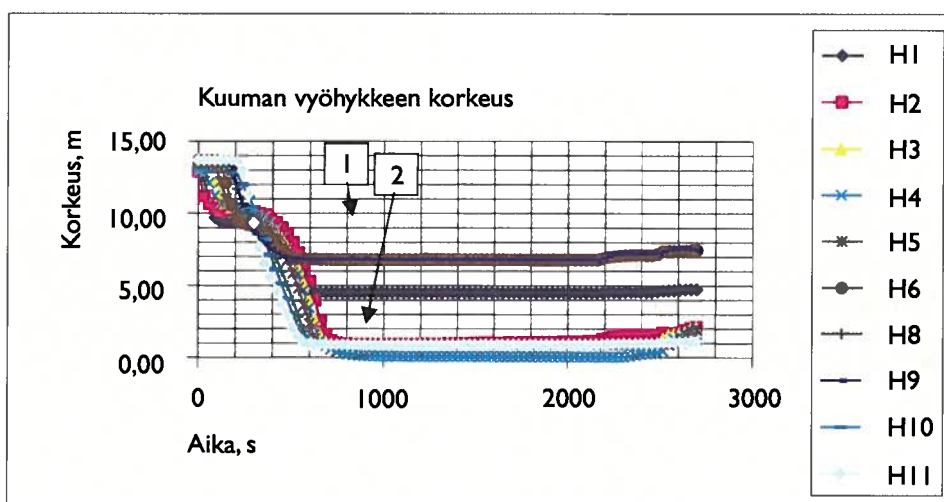
Simulointi tuotti kuvan 18 lämpötilakäyrät ja kuvan 19 kuuman vyöhykkeen absoluuttisen korkeuden käyrät.



Kuva 17. Paloteho 60 MW.



Kuva 18. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 19. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

Kuvien tulkinta

Kuten skenaariossa IV savunpoisto ei toiminut lainkaan. Kuumen vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10, 11) ovat hyväksyttäviä eli noin 100 °C tai sen alle /1/. Koska palotehoikäyrät ovat poistumisen aikana samat sekä 40 MW että 60 MW paloissa, myös lämpötilakäyrät ovat samoja, jos muut tekijät tiloissa ovat samat.

Kuumen vyöhykkeen alareuna on laskeutunut alle tason 2 m lattiasta hyvin nopeasti kaikissa katsomoa kuvaavissa huoneissa. Tulos ei ole hyväksyttävä.

Palotehon kasvu 40 MW:sta 60 MW:iin ei vaikuta poistumisturvallisuuteen. Sen sijaan sillä on merkitystä rakenteiden palonkestoon, sillä palohuoneessa lämpötila oli 40 MW:n palossa 370 °C 1800 s:n eli 30 min:n kohdalla ja 60 MW:n palossa 480 °C. Jälkimmäinen arvo ylittää teräsrakenteen kriittisen lämpötilan 450 °C. Lisäksi jos palo kehittyy suureksi, on sillä aina myös vaikutusta palokunnan toimintaedellytyksiin.

Herkkyysanalyysien muut tulokset

Savunpoistoaukkojen pinta-alojen ja lukumäärän lisäys paransi savunpoistoa. Kun savunpoistoaukkoja oli kaikissa katsomon alueella olevissa huoneissa, tasaantuivat kuumen vyöhykkeen laskeutumiskäyrät kuvan 9 osoittamalla tavalla samalle tasolle. Kun savuverhon korkeutta huoneiden välillä suurennettiin noin 1 metristä 3 metriin, vaikutti toimenpide haitallisesti katsomon

kohdalla olevien huoneiden kuumen vyöhykkeen korkeuteen. Tällöin kuuma vyöhyke laskeutui hyvin nopeasti useassa huoneessa tasolle noin 8 m. Korvausilmauukkojen pinta-alan lisäys 12,5 m²:stä kaksinkertaiseksi 25 m²:iin nosti kuumien vyöhykkeiden korkeutta ratkaisevasti. Myös korvausilman otto useasta aukosta sisään tasoitti kuumen vyöhykkeen korkeuden käyräparvien korkeuksia. Kävi myös ilmi, että suuri korvausilmamäärä yhdestä aukosta jäähdyttää myös ko. huoneen kuumaa vyöhykettä ja saa sen laskeutumaan alas nopeammin kuin jos korvausilman ottopisteitä on useassa huoneessa.

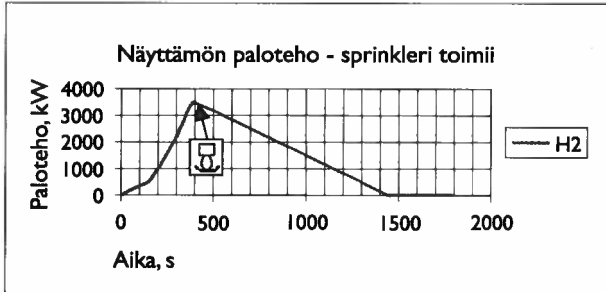
3 Palotapaus I, SPRINKLERI: Palo näyttämöllä

3.1 Mitoituspalo

Mitoituspaloksi määriteltiin tulipalon syttyminen näyttämöllä, joka sijaitsee kilpailuhallin toisessa päädyssä katsomon paikalla huoneessa H2. Palo voi syttyä teknisestä syystä kuten valaisimen kuumentamasta kulissirakenteesta tai mm. ihmisen toiminnasta (huolimattomuus tai ilkivalta).

Skenaarioissa I ja II palon kasvaminen oletettiin tapahtuvan keskinkertaista nopeammin mutta ei nopeasti /1/, kuten edellisessä luvussa esitettiin. Palotehon kasvu päättyy ja se lähtee laskuun, kun sprinkleri toimii palon yläpuolella. Pa-

lotehon maksimiarvoksi saatiin 3,5 MW. Sprinklerin toiminta-aika (380 s) on simuloitu Fast 316 ohjelmalla. Palotehon kuvaaja on esitetty kuvassa 20. Palotehon määrittämisessä käytetyt laskelmat on esitetty liitteessä 3f.



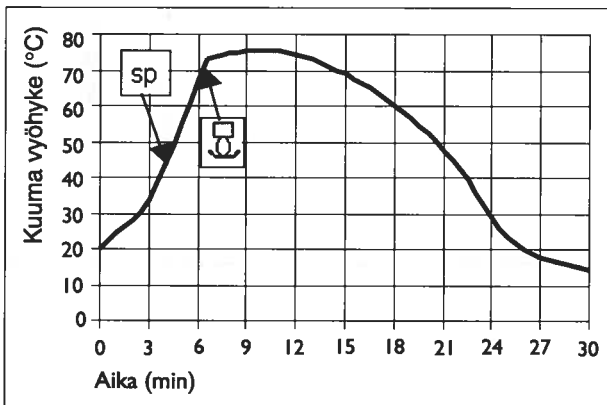
Kuva 20. Näyttämön palotehokäyrä (sprinkleri toimii)

3.2 Paloskenaario I

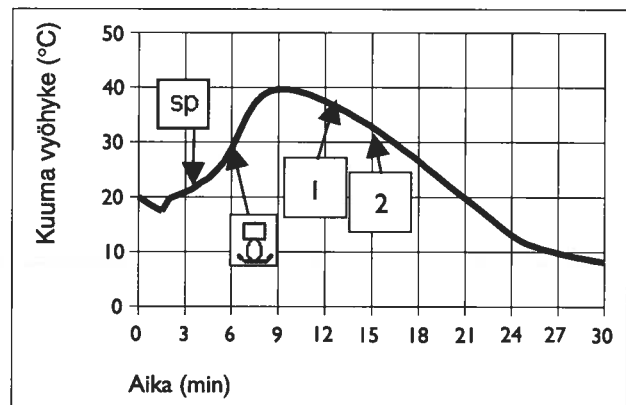
Ensimmäisessä skenaariossa (I) sekä sprinklerilaitteiston että savunpoiston oletettiin toimivan automaattisesti. Savunpoiston oletettiin toimivan savuilmasisimen ohjaamana automaattisesti hetkellä 240 s savuilmasisimen ohjaamana. Palotehona

Skenaarioissa III ja IV sprinkleri ei toimi. Palotehon kuvaaja on esitetty kuvassa 2. Palotehon maksimiarvoksi saatiin 40 MW.

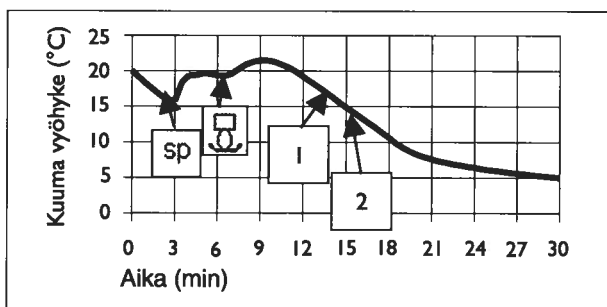
Alkusammutuksen oletetaan skenaarioissa I–IV epäonnistuvan tai sitä ei suoriteta ollenkaan.



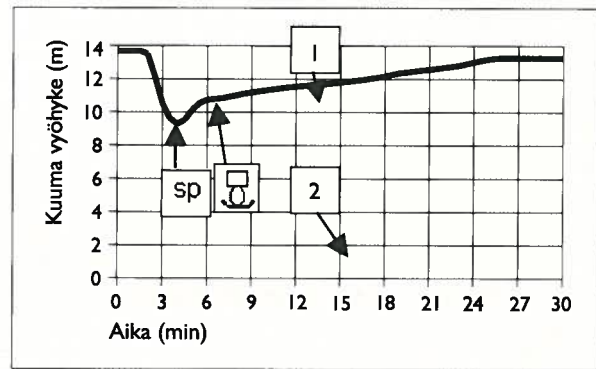
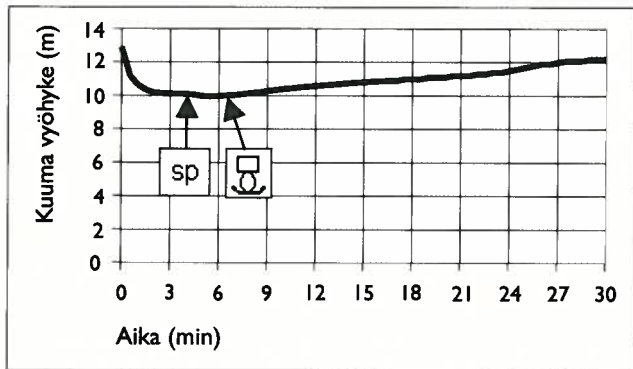
Kuva 21. Huoneen 2 lämpötilakuvaaja.



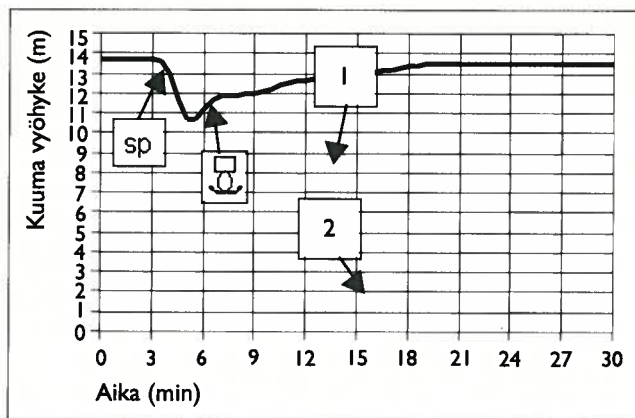
Kuva 22. Huoneen 6 lämpötilakuvaaja.



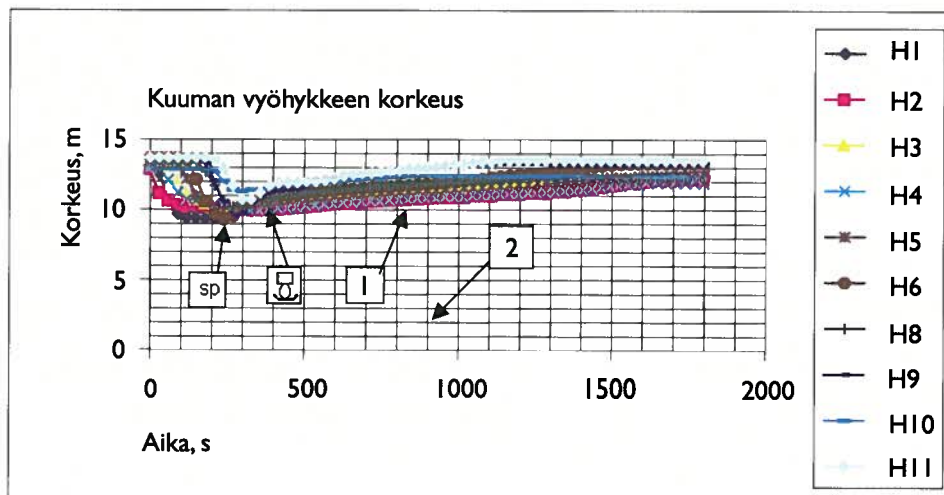
Kuva 23. Huoneen 11 lämpötilakuvaaja.



Kuvat 24 ja 25. Huoneen 2 ja 6 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 26. Huoneen 11 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 27. Huoneiden 1–11 kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

Kuvissa 24–27 on esitetty kuumen vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 2, 6, 11 ja 1–11.

Kuvien tulkinta

Kuvien tulkinnessa käytetyt hyväksymiskriteerit on määritelty esisuunnitelman kohdassa 1 /8/ ja lähteessä /1/ kohdassa 2.3.1.

Kuuman vyöhykkeen lämpötilat poistumisreitien yläpuolella ovat hyväksyttäviä eli alle 100 °C.

Kuuman vyöhykkeen alareuna pysyy tason 2 m huoneen lattiasta yläpuolella lähes koko poistumisen ajan /1/. Vähäisiä poikkeuksia on huoneissa 6 ja 1. Huone 6 esittää pääkatsomon yläosaa. Sen lattian korkeus porrashuoneen ovella on 7,9 m. Kuuman vyöhykkeen alareunan korkeus putoaa hetkellisesti tasolle 9,5 m juuri ennen savunpoiston käynnistymistä, kuva 25. Kuitenkin kuuma vyöhyke nousee välittömästi yli 10 m tasolle. Simulointiohjelma ei kuitenkaan kykene täysin mallintamaan sprinklerin jäähdytysvaikutusta, jolla saattaa olla enemmän merkitystä savun korkeuteen kuin malli tulostaa varsinkin palon läheisyydessä. Huoneesta 11 porrashuoneeseen poistuvat ihmiset kulkevat oviaukon kautta, jonka lattian korkeus on 6,4 m. Oven kautta poistuvat ihmiset ohittavat oviaukon etappipisteen 1 turvallisesti, koska kuuma vyöhyke ei laskeudu tason 8,4 alapuolelle. Etappipiste 2 kuvaa tilannetta ulko-oven ulkopuolella, jolloin kaikki ovat siirtyneet lopullisesti turvalliseen tilaan. Kuvassa 9 on esitetty kaikkien huoneiden kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet. Käyräparven alkupäässä laskeutuvat eräiden huoneiden kuvaajat

tason 10 m alapuolelle. Ne ovat huoneita, joiden lattioiden korkeudet ovat tasolla 6,3 m tai sen alapuolella ja jotka eivät näin ole poistumisen kannalta kriittisiä.

Säteilylämpö eli säteilylämpövirran tiheys kuumasta vyöhykkeestä lattiaan on huomattavasti vähäisempi kuin kuvissa 11 ja 12, koska kuumien vyöhykkeiden lämpötilat ovat alhaisia.

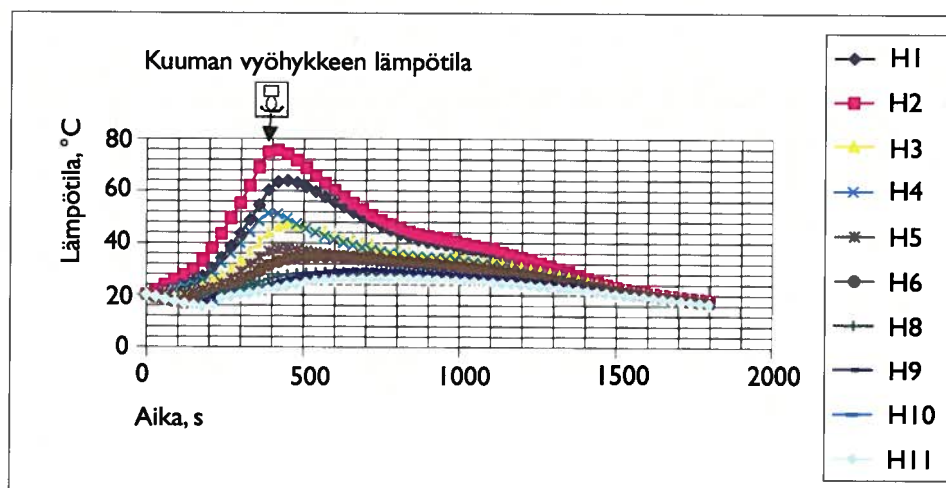
3.3 Paloskenaario II

Toisessa skenaariossa (II) oletettiin, että savunpoisto ei toiminut lainkaan. Palotehona käytettiin kuvan 20 esittämää palotehoa. Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitien etappipistettä 1, joka on oviaukon ohituspiste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

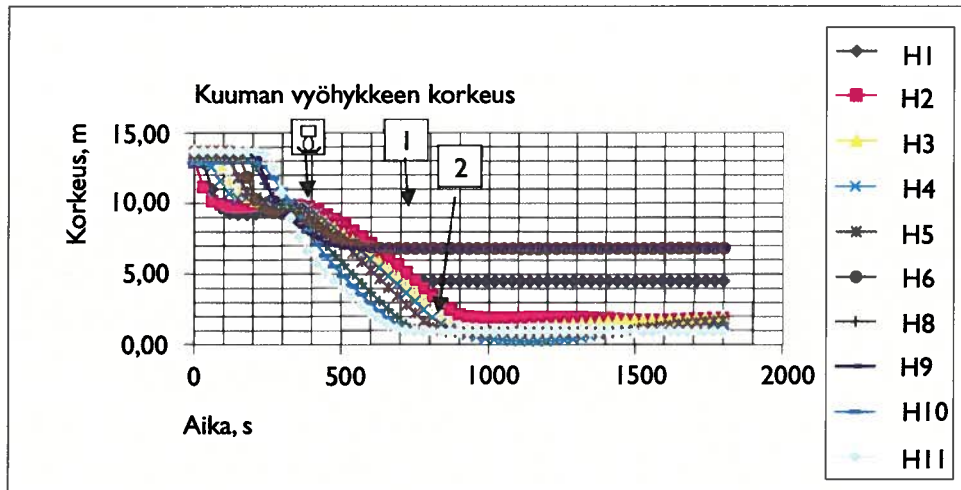
Kuvassa 28 on esitetty kuuman vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 29 kuuman vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11.

Kuvien tulkinta

Kuuman vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10, 11) ovat alle 100 °C ja näin hyväksyttäviä /1/. Kuuman vyöhykkeen alareuna laskeutunut alle tason 2 m lattiasta hyvin nopeasti kaikissa katsomoa kuvaavissa huoneissa. Tulos ei ole hyväksyttävä.



Kuva 28. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 29. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

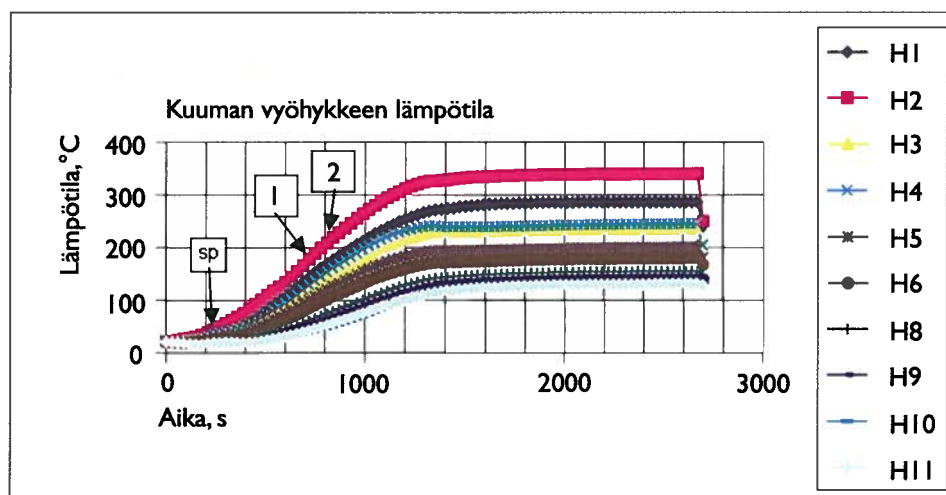
3.4 Paloskenaario III

Kolmannessa skenaariossa (III) sekä savunpoiston oletettiin toimivan suunnitellusti eli kuten skenaariossa I. Savunpoisto toimi automaattisesti hetkellä 240 s savuilmasisimen ohjaamana. Automaattinen paloilmotus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut. Palotehona käytettiin kuvan 2 esittämää palotehoa.

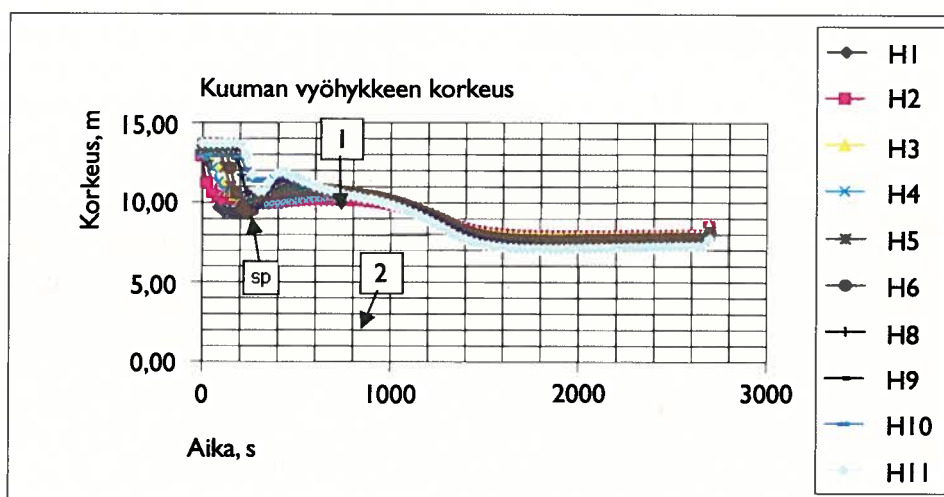
Kuvien tulkinta

Kuumen vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10 ja 11) ovat alle 100 °C ja näin hyväksyttäviä /1/.

Kuumen vyöhykkeen alareuna pysyy tason 2 m huoneen lattiasta yläpuolella lähes koko poistumisen ajan /1/. Vähäisiä poikkeuksia on huoneissa 6 ja 1. Vertaa skenaario I tapaukseen. Yhteenvetona on, että poistuminen tapahtui turvalisesti.



Kuva 30. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 31. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

3.5 Paloskenaario IV

Neljännessä skenaariossa (IV) oletettiin, ettei sprinklerilaitteisto eikä savunpoisto toimi lainkaan. Automaattinen paloilmotus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut tai vielä tapahtumassa. Palotehona käytettiin kuvan 2 esittämää palotehoa.

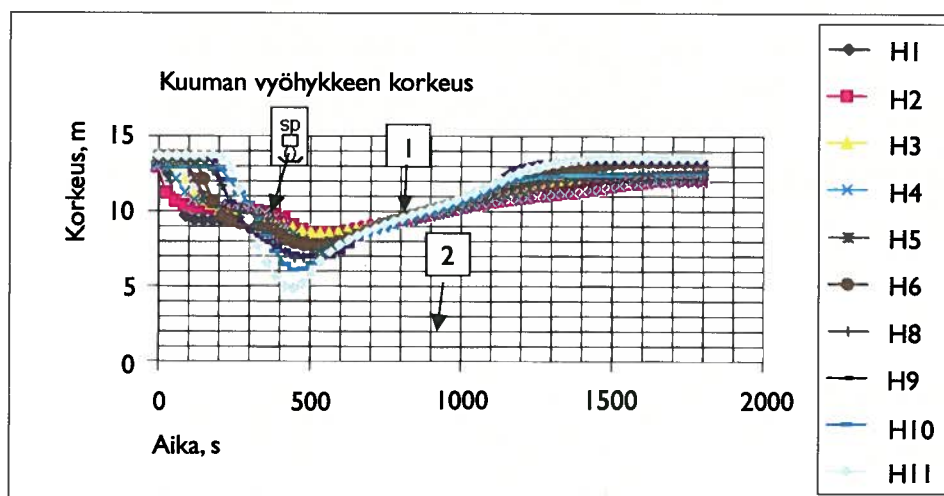
Palotapahtumaa esittävät kuvat 15 ja 16. Kuvassa 15 on esitetty kuumen vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 16 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11. Poistuminen ei tapahdu turvallisesti.

3.6 Herkkyysanalyysit

Herkkyysanalyysijä tehtiin simulointien yhteydessä useita. Ne koskivat savunpoistoaukkojen kokoa ja korvausilma-aukkojen kokoa ja sijoitusta eri huoneisiin sekä palotehon arvoja 60 MW. Tämän lisäksi tutkittiin mahdollisuutta ohjata savunpoistoa ja korvausilman ottoa sisälle sprinklerilaitteiston avulla. Kuva 32 osoittaa selkeästi, että savunpoiston toiminta sprinklerin ohjaamana on liian hidas ja se vaarantaa poistumisturvallisuuden.

Herkkyysanalyysien muut tulokset

Muut herkkyysanalyysien tulokset vastasivat kohdassa 2.6 esitettyjä tuloksia.



Kuva 32. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

4 Palotapaus 2, PALOILMOITIN: Palo katsomossa

4.1 Mitoituspalo

Mitoituspaloksi määriteltiin tulipalon syttyminen pääkatsomossa, joka sijaitsee kilpailuhallin huoneessa H5. Palo voi syttyä esimerkiksi ihmisen toiminnasta (tuhotyö tai ilkivalta).

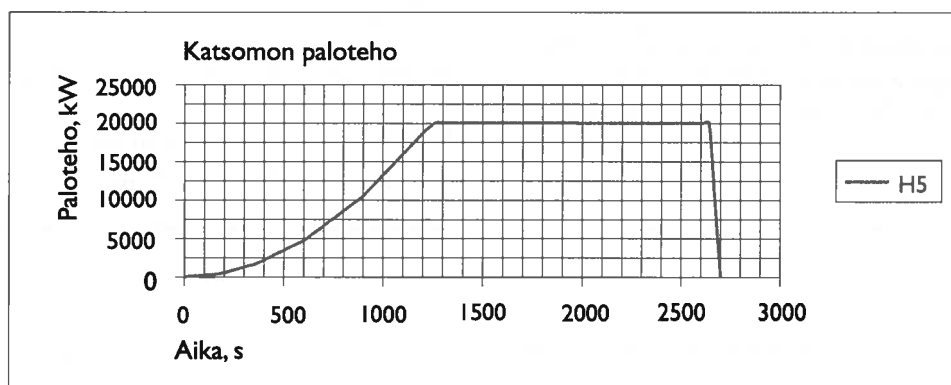
Palon kasvaminen oletettiin tapahtuvan keskinkertaista nopeutta /1/. Katsomon tuolit muodostavat varsinaisen palokuorman. Ne ovat materiaaliltaan polypropyleenimuovia /8/. VTT:n tekemissä polttokokeissa tästä muovista tehdyssä tuoliryhmässä palo eteni 13 W/s^2 /9/. Tällä perusteella alkupalon kasvukertoimeksi valittiin 13 W/s^2 , jolloin 1 MW:n palon kasvuaikavakioksi saatiin 277 s. Luku on lähellä keskinkertaista kasvunopeutta (300 s). Palotehon määrittämisessä käytetyt laskelmat on esitetty liitteessä 3f. Palotehon kuvaaja on esitetty kuvassa 33. Paloteho nousee maksimiarvoon 20 MW. Tämän jälkeen palo on polttoainerajoitteinen eli sen maksimiarvo määrittyy samanaikaisesti paloon osallistuvan palo-

kuorman mukaisesti. Tämän olettamuksen perusteena on, että on kysymys palavasta materiaalista, jota on rajallinen määrä lattianeliömetriä kohti, jolloin vain osa katsomosta palaa täydellä teholla samanaikaisesti. Tasaisen vaiheen alkamista 21 minuutin jälkeen tukee myös se, että palokunnan on tällöin jo ajallisesti mahdollista aloittaa sammutustoimenpiteet, jotka rajoittavat palon kasvua. Alkusammutuksen oletetaan epäonnistuvan tai sitä ei suoriteta ollenkaan.

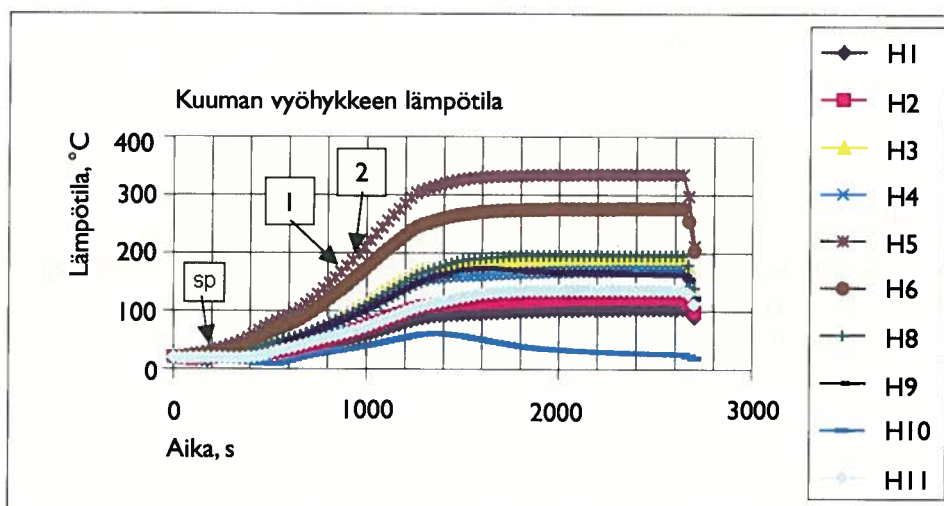
4.2 Paloskenaario I

Ensimmäisessä skenaariossa (I) sekä palo ilmoittimen että savunpoiston oletettiin toimivan suunnitellusti. Savunpoiston oletettiin toimivan automaattisesti hetkellä 150 s savuilmastimen ohjaamana. Palotehona käytettiin kuvan 33 esittämää palotehoa. Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitien etappipistettä 1, joka on oviaukon ohituspiste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 on etappipiste, joka sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

Kuvassa 34 on esitetty kuuman vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11.



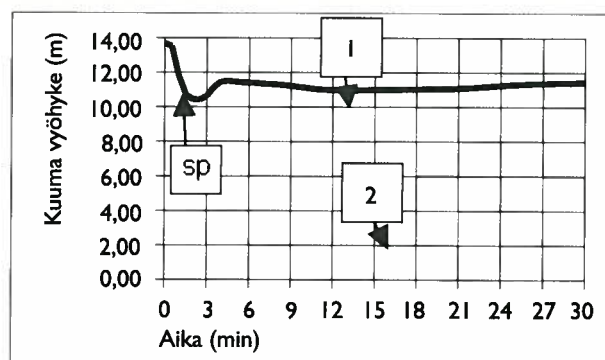
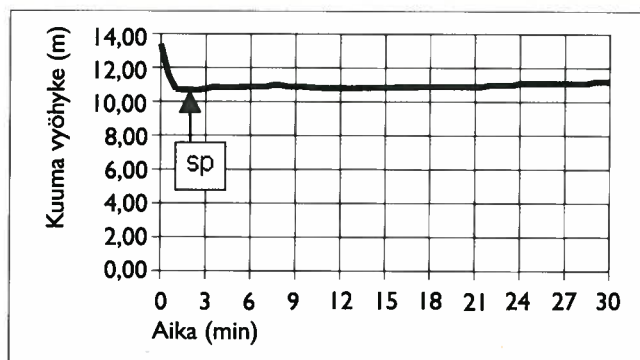
Kuva 33. Katsomon palotehokäyrä (ei sprinkleriä).



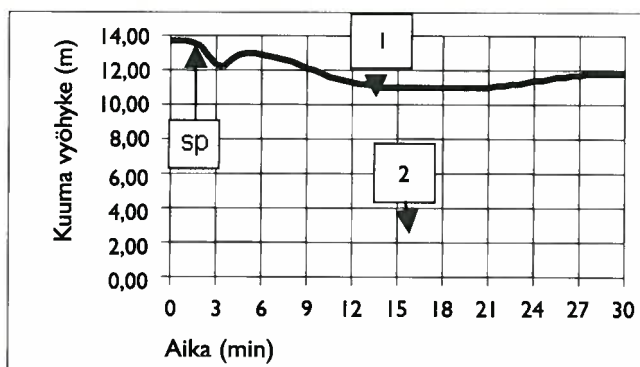
Kuva 34. Huoneiden I–II lämpötilakuvaajat.

Kuvissa 35–38 on esitetty kuumen vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 5, 6, 11 ja 1–11.

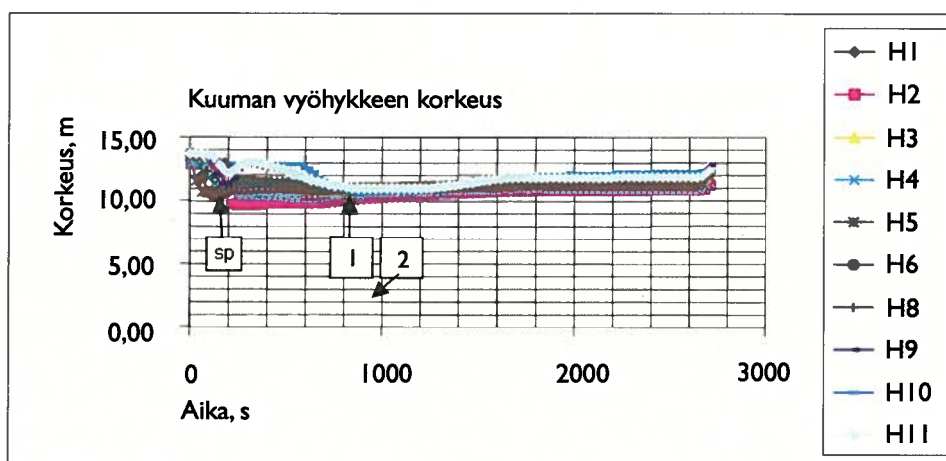
Kuvassa 39 on esitetty säteilylämpövirran tiheyden kuvaajat huoneissa 5, 6 ja 11.



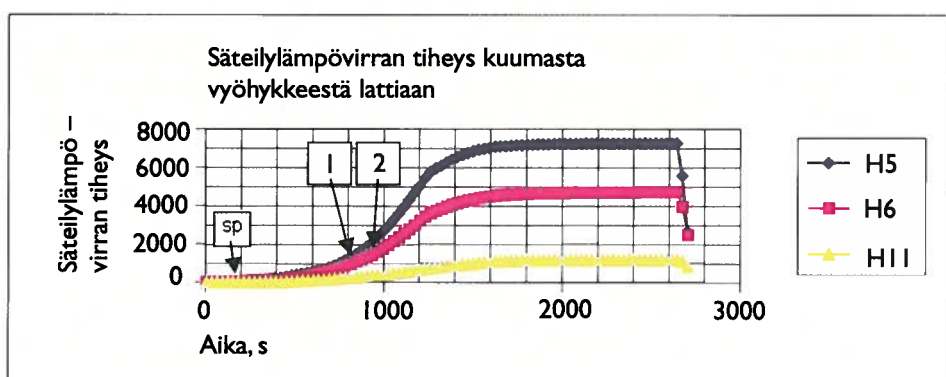
Kuva 35 ja 36. Huoneen 5 ja 6 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 37. Huoneen 11 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 38. Huoneiden I–II kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.



Kuva 39. Säteilylämpövirran tiheyden kuvaajat huoneissa 5, 6 ja 11.

Kuvien tulkinta

Kuvien tulkinnessa käytetyt hyväksymiskriteerit on määritelty esisuunnitelman kohdassa 1 /8/ ja lähteessä /1/ kohdassa 2.3.1.

Kuuman vyöhykkeen lämpötila poistumisreit-
tin yläpuolella nousee yli 100 °C huoneessa 6 eli
pääkatsomon yläosassa. Muissa huoneissa ovat
lämpötilat alhaisempia poistumisen aikana.

Kuuman vyöhykkeen alareuna ei laskeudu alle
tason 2 m huoneen lattiasta ennen poistumista
kaikista simulointihuonetiloista /1/. Huoneen 6
lattian korkeus porrashuoneen ovella on 7,9 m.
Oven kautta poistuvat ihmiset voivat poistua tur-
vallisesti etappipisteen 1 ohi, koska kuuma vyö-
hyke ei laskeudu alle tason 9,9 m. Huoneesta 11
porrashuoneeseen poistuvat ihmiset kulkevat
oviaukon kautta, jonka lattia korkeus on 6,4 m.
Oven kautta poistuvat ihmiset poistuvat turval-

lisesti, koska savu ei laskeudu tasolle 8,4. Etappi-
piste 2 kuvaa tilannetta ulko-oven ulkopuolella,
jolloin kaikki ovat siirtyneet lopullisesti turvalli-
seen tilaan. Kuvassa 9 on esitetty kaikkien huo-
neiden kuumien vyöhykkeiden alareunojen kor-
keudet. Käyräparven alkupäässä laskeutuvat eräi-
den huoneiden kuvaajat tason 10 m alapuolelle.
Ne ovat huoneita, joiden lattioiden korkeudet ovat
tasolla 6,4 m tai sen alapuolella ja jotka eivät näin
ole poistumisen kannalta kriittisiä.

Säteilylämpö eli säteilylämpövirran tiheys
kuumasta vyöhykkeestä poistumistilan (huone 6
ja huone 11) lattiaan on alle sallitun eli 2,5 kW/m²
/1/. Itse palotilassa huoneessa 2 se kuitenkin nou-
see korkeaksi noin 900 s eli 15 minuutin jälkeen.
Samoin on oletettavaa, että palon liekin säteily
saattaa kohota palon lähellä niin korkeaksi, että
paloalueen lähellä olevia poistumisreittejä ei voi-
da käyttää poistumiseen.

4.3 Paloskenaario II

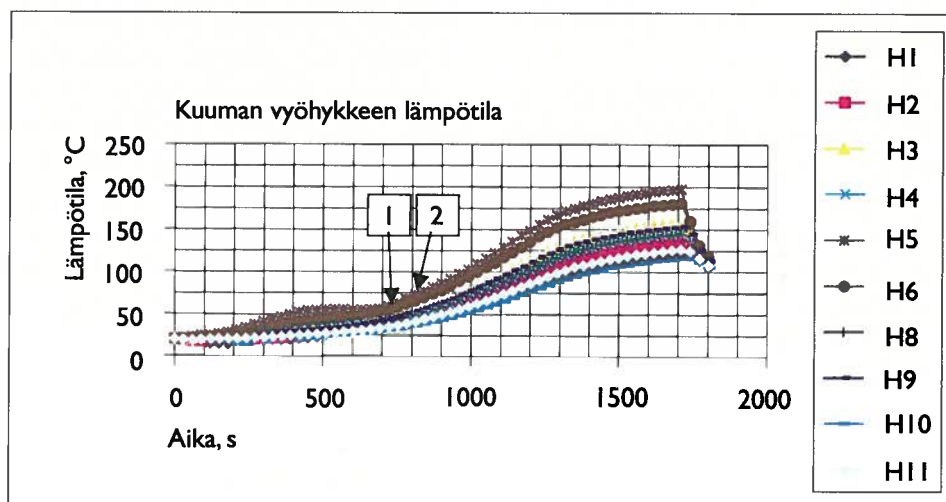
Toisessa skenaariossa (II) savunpoisto ei toiminut lainkaan. Palotehona käytettiin kuvan 33 esittämää palotehoa. Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitintä etappipistettä 1, joka on oviaukon ohituspiste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

Kuvassa 40 on esitetty kuumien vyöhykkeiden lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 41 kuumien vyöhykkeiden alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11.

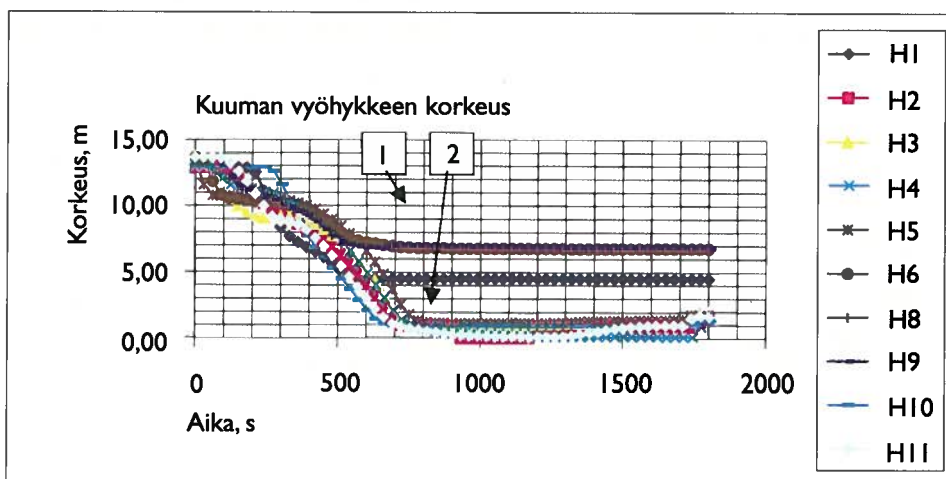
Kuvien tulkinta

Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10, 11) ovat hyväksyttäviä eli alle 100 °C /1/.

Kuumien vyöhykkeiden alareuna on laskeutunut alle tason 2 m lattiasta hyvin nopeasti kaikissa katsomoa kuvaavissa huoneissa. Tulos ei ole hyväksyttävä.



Kuva 40. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 41. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

4.4 Paloskenaario III

Kolmannessa skenaariossa (III) savunpoiston oletettiin toimivan suunnitellusti. Automaattinen paloilmoitus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut. Savunpoiston oletettiin toimivan automaattisesti hetkellä 150 s savuilmaisimen ohjaamana. Palotehona käytettiin kuvan 33 esittämää palotehoa.

Palotapahtuma eteni skenaarion I kuvien 34–39 osoittamalla tavalla eli poistuminen tapahtui turvallisesti.

4.5 Paloskenaario IV

Neljännessä skenaariossa (IV) oletettiin, että savunpoisto ei toimi lainkaan. Automaattinen palo-ilmoitus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut tai vielä tapahtumassa. Palotehona käytettiin kuvan 33 esittämää palotehoa. Palotapahtuma eteni skenaarion II kuvien 40 ja 41 osoittamalla tavalla eli poistuminen ei tapahtunut turvallisesti.

4.6 Herkkyysanalyysit

Herkkyysanalyysijä tehtiin simulointien yhteydessä useita. Ne koskivat savunpoistoaukkojen ja korvausilma-aukkojen kokoa ja sijoitusta eri tiloihin. Niistä saadut tulokset vastasivat aiemmissa herkkyysanalyysissä saatuja tuloksia.

5 Palotapaus 2, SPRINKLERI: Palo katsomossa

5.1 Mitoituspalo

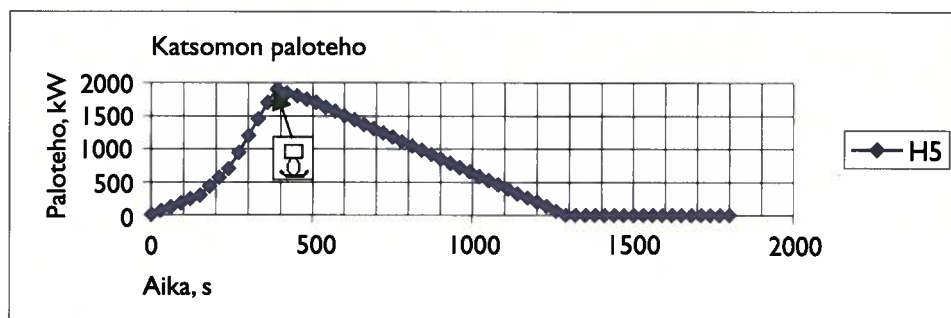
Mitoituspaloksi määriteltiin tulipalon syttyminen pääkatsomossa, joka sijaitsee kilpailuhallin huoneessa H5. Palo voi syttyä esimerkiksi ihmisen toiminnasta (tuhotyö tai ilkivalta).

Skenaarioissa I ja II palon kasvaminen oletettiin tapahtuvan keskinkertaista nopeutta /1/, kuten edellisessä luvussa 4. esitettiin. Palotehon kasvu päättyy ja se lähtee laskuun, kun sprinkleri toimii palon yläpuolella. Palotehon maksimiarvo on 1,9 MW. Sprinklerin toiminta-aika (380 s) on simuloitu Fast 316 ohjelmalla. Palotehon kuvaaja on esitetty kuvassa 42. Palotehon määrittämisessä käytetyt laskelmat on esitetty liitteessä 6.

Skenaarioissa III ja IV sprinkleri ei toimi. Palotehon kuvaaja on esitetty kuvassa 33. Palotehon maksimiarvo on 20 MW. Alkusammutuksen oletetaan skenaarioissa I–IV epäonnistuvan tai sitä ei tehdä.

5.2 Paloskenaario I

Ensimmäisessä skenaariossa (I) sekä sprinklerilaitteiston että savunpoiston oletettiin toimivan automaattisesti. Savunpoiston oletettiin toimivan savuilmaisimen ohjaamana hetkellä 240 s. Palotehona käytettiin kuvan 42 esittämää palotehoa.

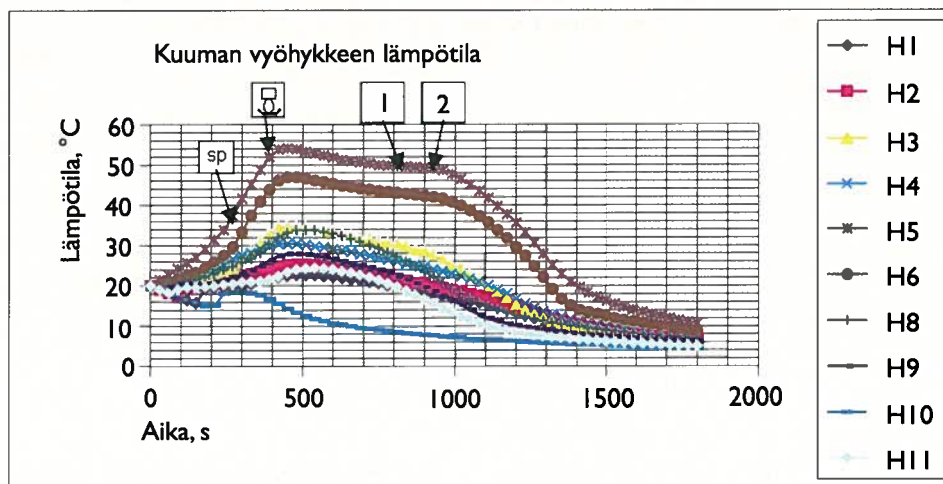


Kuva 42. Katsomon palotehokäyrä (sprinkleri toimii).

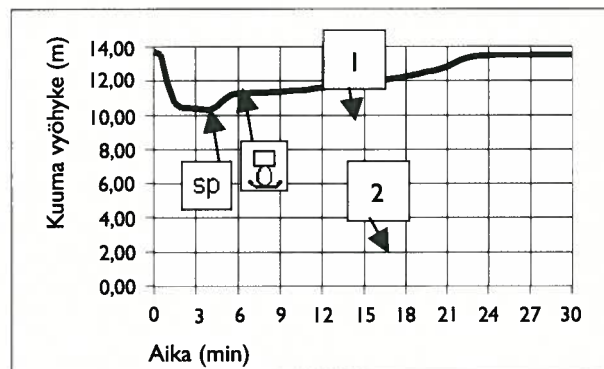
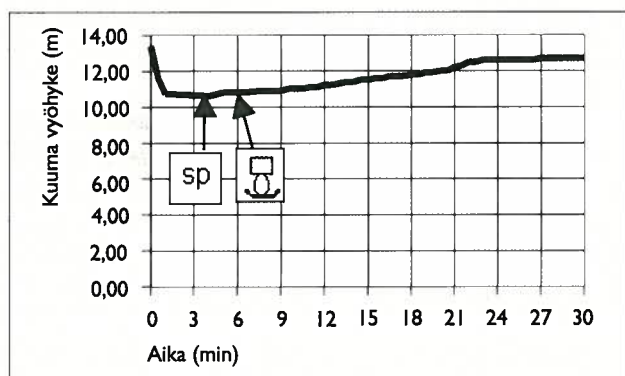
Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitintä etäpistettä 1, joka on oviaukon ohituspiste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

Kuvassa 43 on esitetty kuuman vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11.

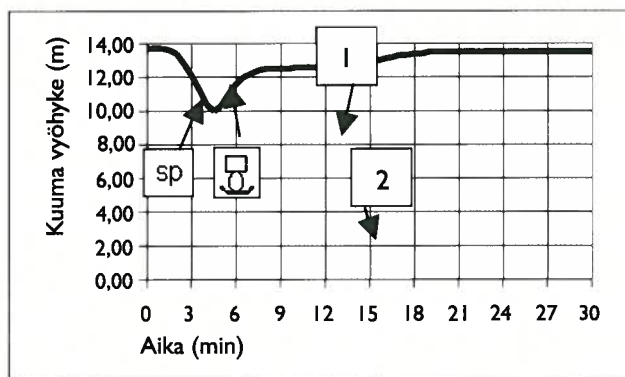
Kuvissa 44–47 on esitetty kuuman vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 5, 6, 11 ja 1–11.



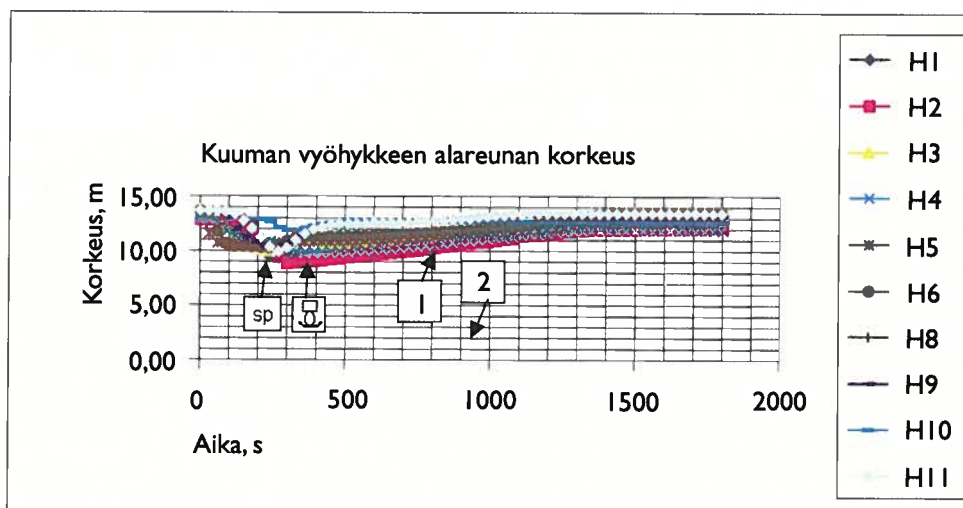
Kuva 43. Huoneiden 1–11 kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuvat 44 ja 45. Huoneen 5 ja 6 kuuman vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 46. Huoneen 11 kuuman vyöhykkeen alareunan korkeus.



Kuva 47. Huoneiden I–II kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

Kuvien tulkinta

Kuumen vyöhykkeen lämpötilat poistumisreitien yläpuolella ovat hyväksyttäviä eli alle 100 °C.

Kuvassa 47 on esitetty kaikkien huoneiden kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet. Kuumen vyöhykkeen alareuna pysyy tason 2 m huoneen lattiasta yläpuolella lähes kaikissa huoneissa /1/. Käyräparven alkupäässä laskeutuvat eräiden huoneiden kuvaajat tason 10 m alapuolelle. Ne ovat huoneita, joiden lattioiden korkeudet ovat tasolla 6,4 m tai sen alapuolella ja jotka eivät näin ole poistumisen kannalta kriittisiä. Poikkeuksia on huoneissa 1 ja 2. Huone 1 esittää päätykatsomon yläosaa. Sen lattian korkeus on 6,4 m. Ihmiset poistuvat kuitenkin turvallisesti, koska kuuma vyöhyke ei laskeudu tason 8,4 alapuolelle. Simulointiohjelma ei kykene täysin mallintamaan sprinklerin jäähdytysvaikutusta, jolla saattaa olla enemmän merkitystä savun korkeuteen kuin mitä malli tulostaa varsinkin palon läheisyydessä.

Säteilylämpö eli säteilylämpövirran tiheys kuumasta vyöhykkeestä poistumistilan lattiaan on kuumen vyöhykkeen matalasta lämpötilasta johtuen vähäinen.

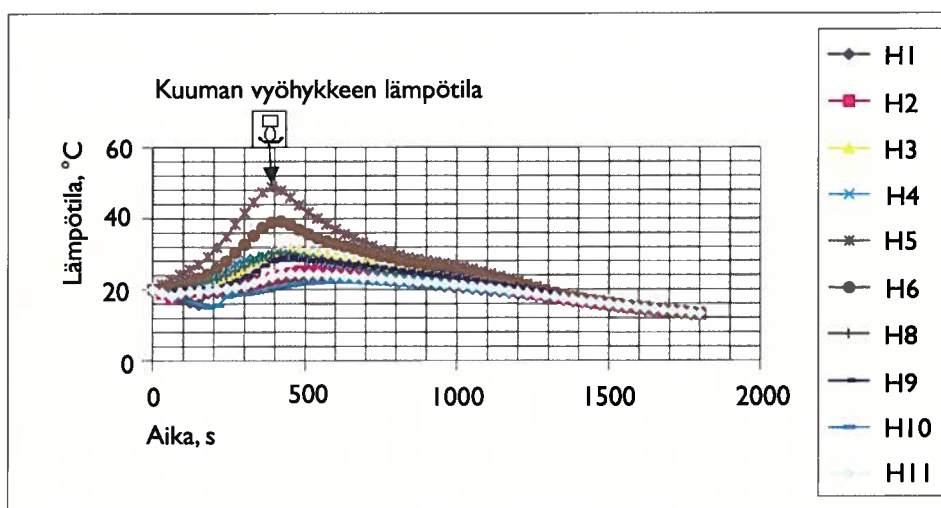
5.3 Paloskenaario II

Toisessa skenaariossa (II) oletettiin, että sprinkleri toimii, mutta savunpoisto ei toimi. Palotehona käytettiin kuvan 42 esittämää palotehoa. Kuvan viitepiste 1 tarkoittaa poistumisreitien etappipistettä 1, joka on oviaukon ohituspiste porrashuoneen yläpäässä. Viitepiste 2 sijaitsee hallin ulko-oven ulkopuolella.

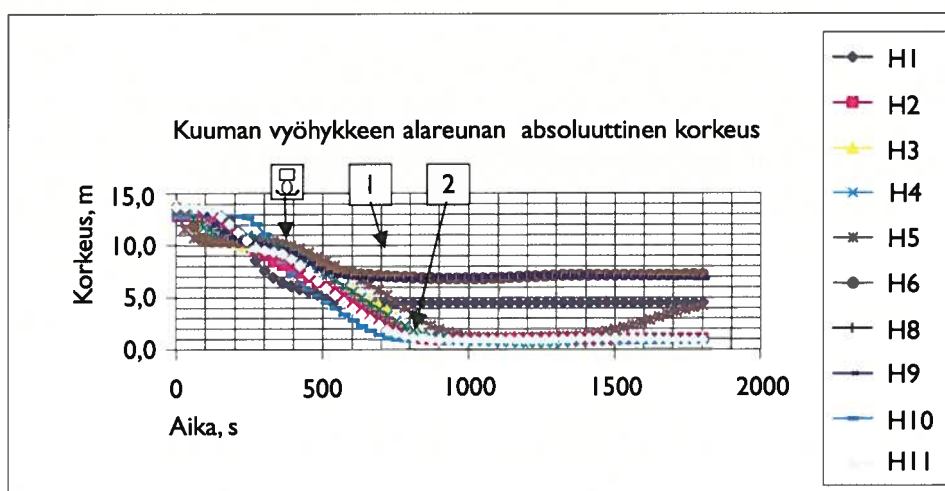
Kuvassa 48 on esitetty kuumen vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 49 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11.

Kuvien tulkinta

Kuumen vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10 ja 11) ovat alle 100 °C ja näin hyväksyttäviä /1/. Kuumen vyöhykkeen alareuna on laskeutunut alle tason 2 m lattiasta hyvin nopeasti kaikissa katsomoa kuvaavissa huoneissa. Tulos ei ole hyväksyttävä.



Kuva 48. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 49. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

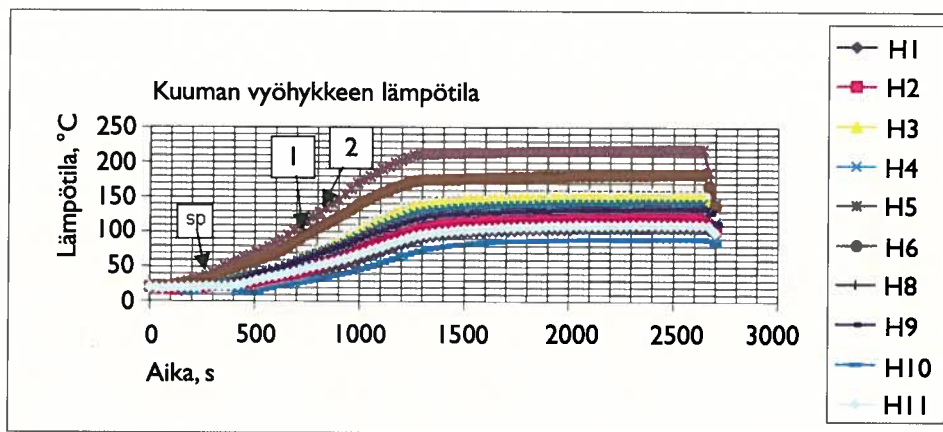
5.4 Paloskenaario III

Kolmannessa skenaariossa (III) sprinkleri ei toiminut, mutta savunpoiston oletettiin toimivan suunnitellusti eli kuten skenaariossa 1. Savuilmaisin käynnisti savunpoiston hetkellä 240 s. Automaattinen paloilmotus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut. Palotehona käytettiin kuvan 33 esittämää palotehoa.

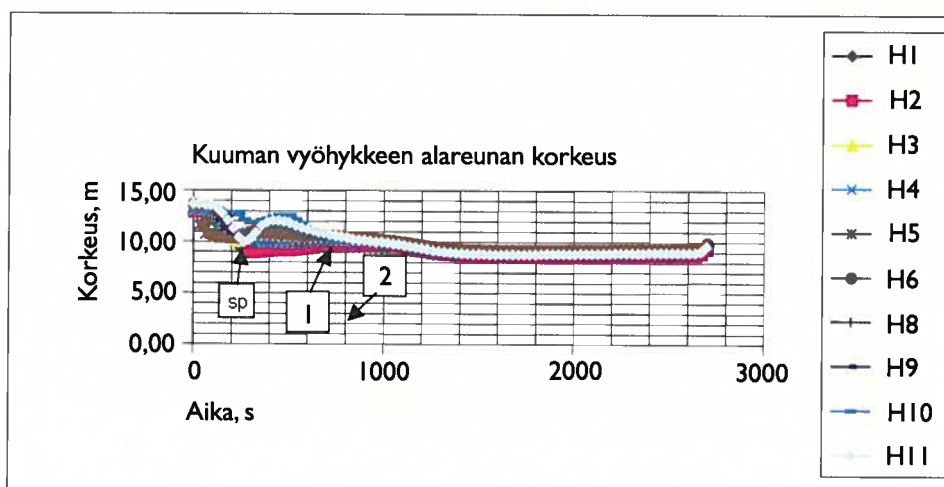
Kuvien tulkinta

Kuumen vyöhykkeen lämpötilat poistumisreiteillä (huone 6, 9, 10,11) ovat alle 100 °C ja näin hyväksyttäviä /1/.

Kuumen vyöhykkeen alareuna pysyy tason 2 m huoneen lattiasta yläpuolella lähes koko poistumisen ajan /1/. Poikkeuksia on huoneissa 1 ja 2. Vertaa skenaario I tapauksen. Yhteenvetona on, että poistuminen tapahtui turvallisesti.



Kuva 50. Kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 51. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet kaukalon lattiapinnasta.

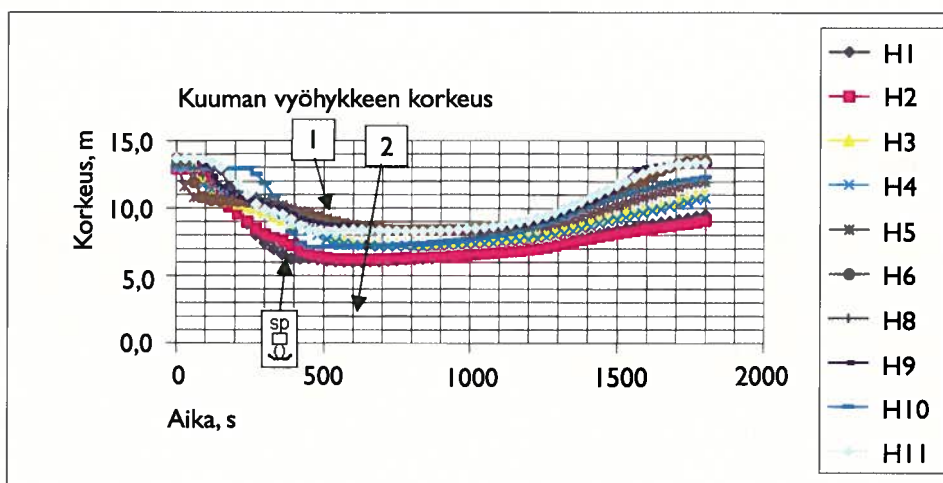
5.5 Paloskenaario IV

Neljännessä skenaariossa (IV) oletettiin, ettei sprinklerilaitteisto eikä savunpoisto toimi lainkaan. Automaattinen paloilmoitus palokuntaan ei toiminut. Palokunta sai hälytyksen käsipuhelimesta ja saapui paikalle, kun poistuminen oli jo tapahtunut tai vielä tapahtumassa. Palotehona käytettiin kuvan 33 esittämää palotehoa.

Palotapahtumaa esittävät kuvat 40 ja 41. Kuvassa 40 on esitetty kuumen vyöhykkeen lämpötilan kuvaajat huoneissa 1–11 ja kuvassa 41 kuumen vyöhykkeen alareunan korkeuden kuvaajat huoneissa 1–11. Poistuminen ei tapahdu turvallisesti.

5.6 Herkkyysanalyysit

Herkkyysanalyysijä tehtiin simulointien yhteydessä useita. Ne koskivat korvausilma-aukkojen kokoa ja sijoitusta eri huoneisiin. Tämän lisäksi tutkittiin mahdollisuutta ohjata savunpoistoa ja korvausilman ottoa sisälle sprinklerilaitteiston avulla. Kuva 52 osoittaa selkeästi, että savunpoiston toiminta sprinklerin ohjaamana on liian hidas ja se vaarantaa poistumisturvallisuuden.



Kuva 52. Kuumien vyöhykkeiden alareunojen korkeudet.

5.7 Yhteenveto

- Savunpoiston varhainen toiminta on tärkeää. Savunpoiston automaattinen ohjaus savuilmallisimmin osoittautui riittävän nopeaksi niin, että voitiin vaikuttaa savupatjan laskeutumiseen olennaisesti. Käsilaukaisu tai sprinklerin laukaisu noin 380 s kohdalla osoittautui aivan liian hitaaksi. Jos päädytään sprinklerilaitteiston hankintaan eli suojaustasoon 3, voidaan käyttää harvennettuja pistesavuilmallisimia savunpoiston ohjaukseen. Ilmaisintiheys voisi olla 1/200 m² eli ilmaisimen maksimietäisyys olisi 10 m normaalin 6 m sijasta. Sama 10 m sääntö koskisi linjailmaisimien keilojen etäisyyttä eli etäisyys keilasta keilaan olisi 20 m.
- Savunpoiston aukkopinta-alaksi riittää 35 m², kun virtauskerroin on 0,6. Savunpoistoluukkuja tulee tällöin olla 12 kappaletta á 1,2 x 2,4 m². Hallin savunpoistoluukut voidaan sijoittaa hallin katolle pääosin pää- ja päätykatsomoiden alaosan yläpuolelle. Korvausilma-aukoiksi riittää ulko-ovien pinta-ala 25 m² (2 x 5 x 2,5). Korvausilman nopeus korvausilma-aukoissa on 2,8-4,2 m/s, joka on hyväksyttävällä tasolla.
- Skenaariot II ja IV saattavat johtaa poistumisturvallisuuden kannalta vakaviin vaaratilanteisiin, joten savunpoiston nopeaan, luotettavaan ja varmistettuun toimintaan tulee suunnittelussa ja kohteen käytössä kiinnittää erityistä huomiota.
- Poikkeuksellisen skenaarion (IV) toteutumista tulee kohteessa kaikin keinoin välttää niin, että tehokas sammutustoiminta alkaa palon alusta riittävän varhain, jolloin palokunnalla

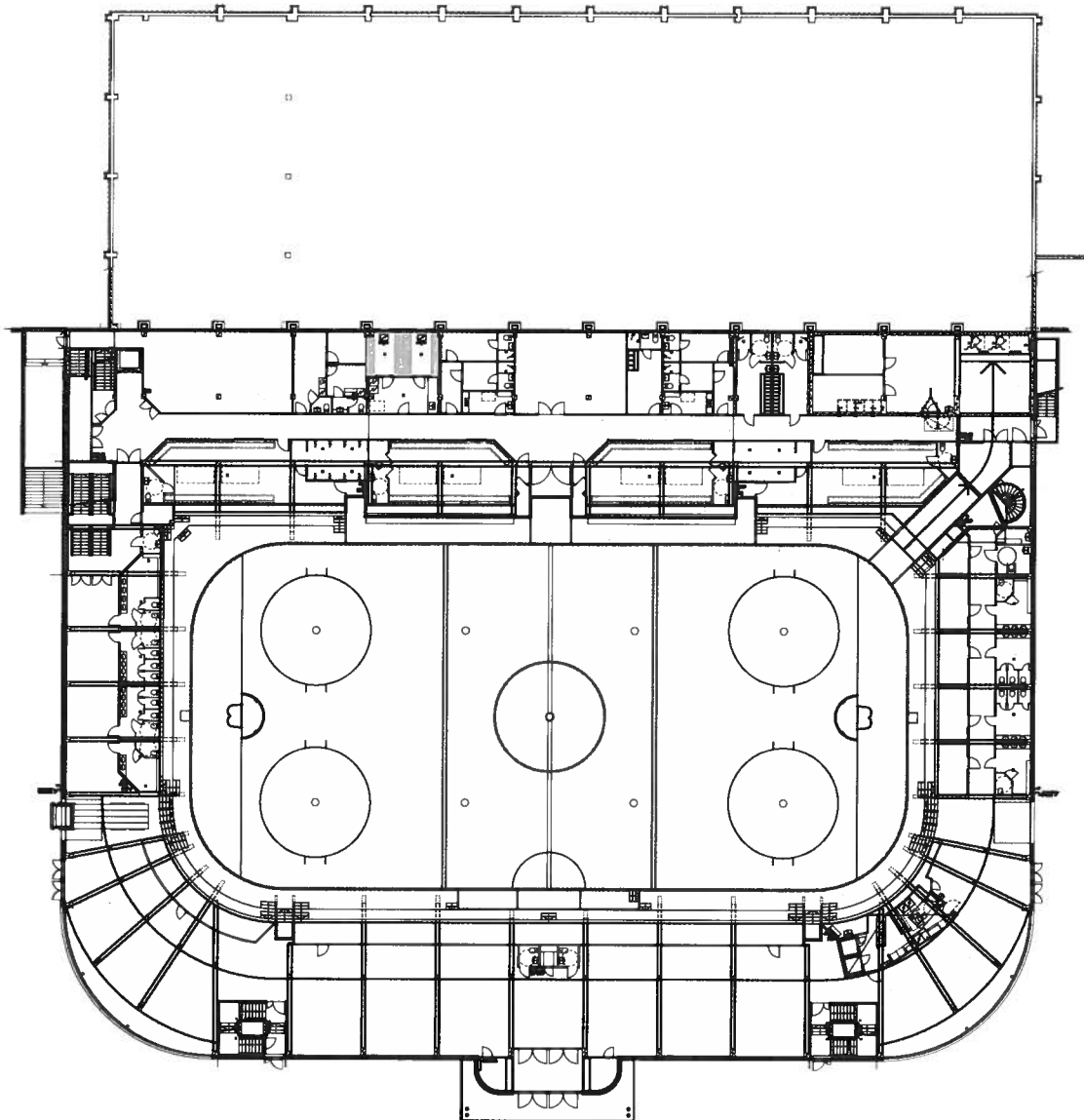
tai sprinklerilaitteistolla on edellytykset vaikuttaa palotehoon ja ihmiset ja rakennus voidaan pelastaa.

- Poistumisreittien portaiden leveyksiä tulee vielä selvittää ja vertailla E1:n kohtaan 10.4.2.
- Säteilylämmön vaikutusta poistujiin tulee tutkia erikseen.
- Kantavien teräsristikkorakenteiden mitoitustilapöytä ja palosuojaustarvetta tulee tutkia erikseen.

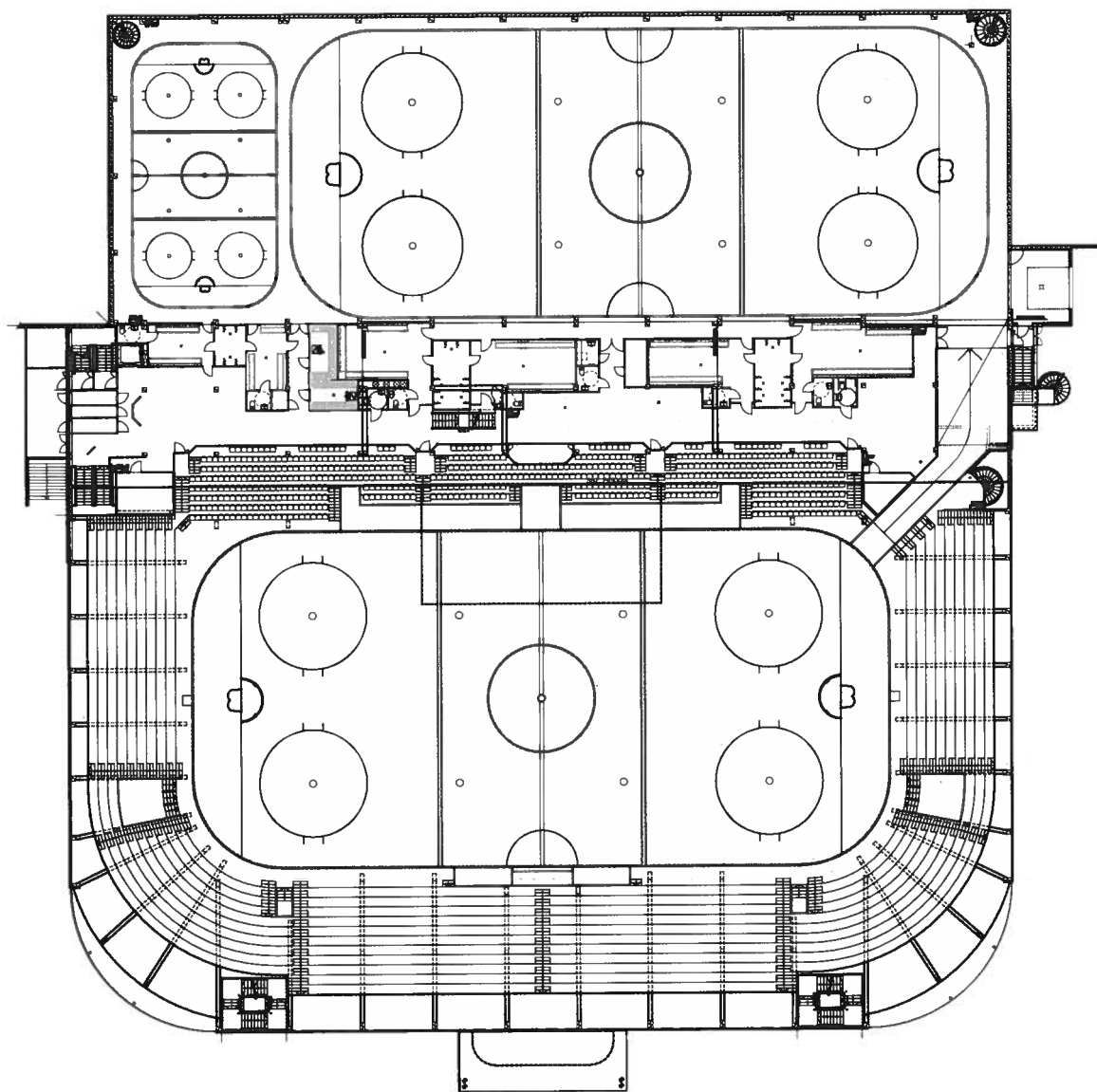
6 Viitteet

- Lehtimäki, S. Palotekninen erityissuunnittelu vyöhykemalleja käyttäen, Tekniikka opastaa 12, Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö, 1997. ISBN- 951-797-043-9.
- Funktionsbestemte brandkrav og Tekniske vejledning for beregningsmässig eftervisning, NKB Utskotts- och arbetsrapport 1994:07 och 1996:xx.
- Paloturvallisuussuunnittelu, Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto, Luonnos 15.1.2001.
- Emergency Movement, Harold E. Bud Nelson and Hamish A. MacLennan, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.
- Utrymningsdimensionering, Boverket rapport 1994:10, Boverket, Karlskrona, Sverige.
- CFAST 2.0, Collection of data and computer programs for simulating fires, NISTIR 5410, NIST and BFRL, May 1994.
- FAST 316, Collection of data and computer programs for simulating fires, NISTIR.
- IRH Oy, Esisuunnitelma – paloteknisessä suunnittelussa tutkittavista asioista, liite 2.
- Linkova P., Palotehokäyrien aikavakioiden määrittäminen, DI työ, TKK, 1999, 23 s. + liitteet 202 s.

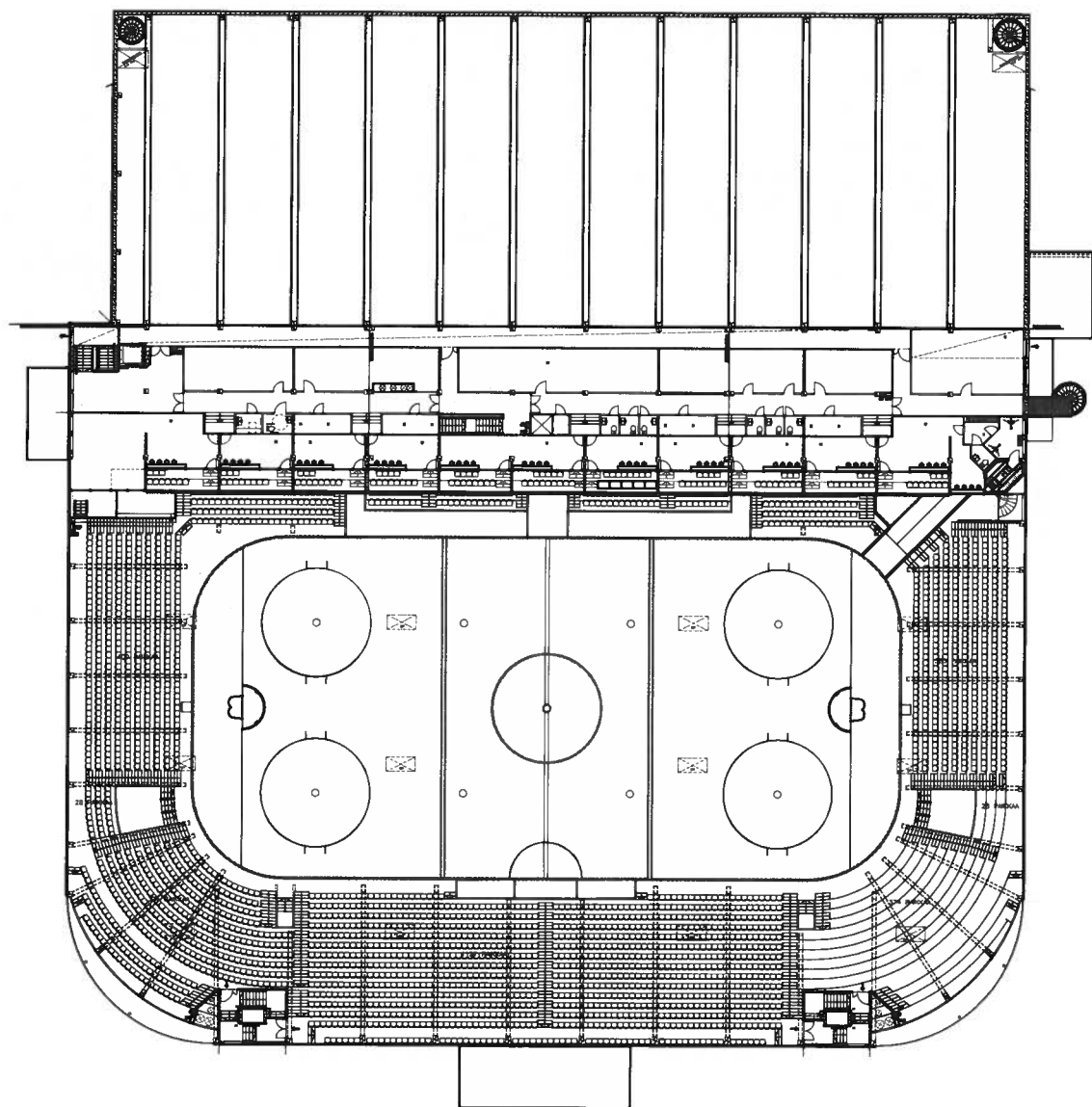
Lappi Areena Pohja I (1.krs)



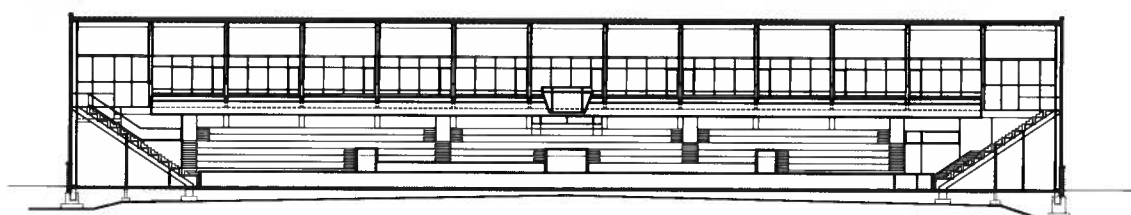
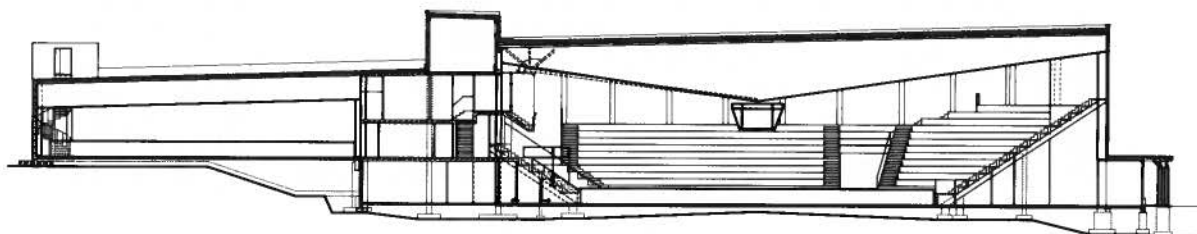
Lappi Areena Pohja 2 (2. krs)



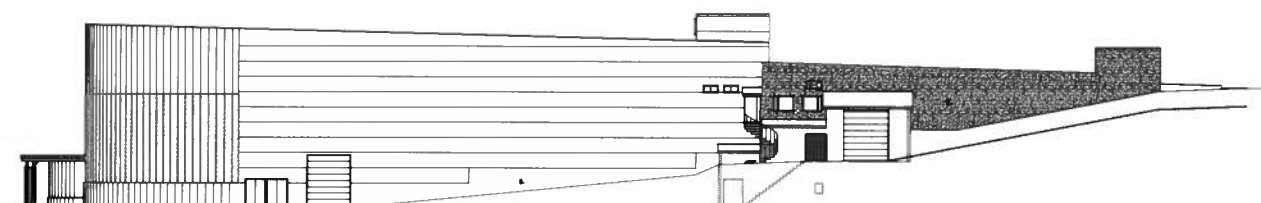
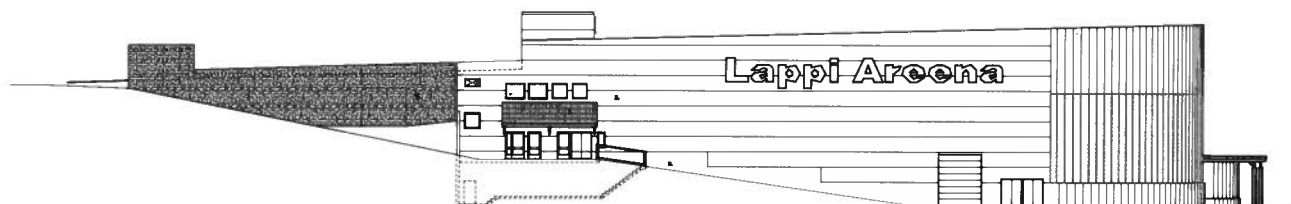
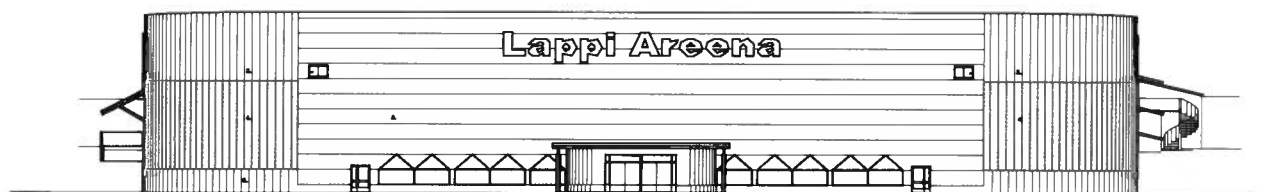
Lappi Areena Pohja 3 (3. krs)



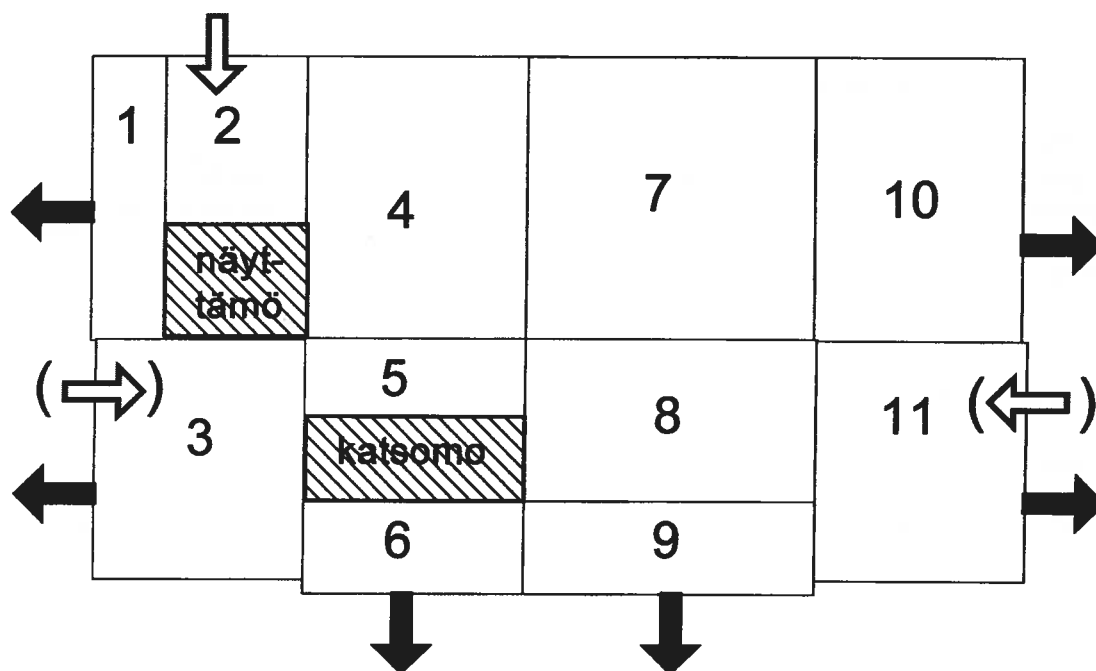
Lappi Areena Leikkaukset



Lappi Areena Julkisivut



LappiAreena Palosimulointimalli



Palosimuloinnin huoneet

Huone n:o	Leveys m	Syvyys m	Korkeus m	Pinta-ala m ²	Tilavuus m ³	Absoluuttinen korkeus	
						Sisäkatto m	Lattia m
1	23,7	6,0	8,4	142,2	1194,5	12,9	4,5
2	23,7	11,7	12,0	277,3	3327,5	12,9	0,9
3	20,0	17,0	13,7	340,0	4658,0	13,7	0,0
4	23,7	17,7	12,9	419,5	5411,4	12,9	0,0
5	13,5	17,7	12,5	239,0	2986,9	13,4	0,9
6	7,8	17,7	6,9	138,1	952,6	13,7	6,8
7	23,7	23,5	12,9	557,0	7184,7	12,9	0,0
8	13,5	23,5	12,5	317,3	3965,6	13,4	0,9
9	7,8	23,5	6,9	183,3	1264,8	13,7	6,8
10	23,7	16,7	12,0	395,8	4749,5	12,9	0,9
11	20,0	17,0	13,7	340,0	4658,0	13,7	0,0

Poistumisaikalaskelma 1

13.8.2001

IRH OyPääportaikko

Simo Lehtimäki

Työkohte
Osoite

Lappi Arena
Rovaniemi

VIRTAUSMALLI - ISO 13394/SFPE

Havaitsemisaika	$T_D =$	150	s	Savuilmaisoin	NKB: 120-600 s
Reagointiaika	$T_R =$	120	s	Kuulutus	NKB: 60-120 s
Lähtöaika	$T_0 = T_D + T_R$				
	$T_0 =$	270	s		
Henkilömäärä, max,	$P_m =$	308	henkeä		
Henkilömäärä, lask,	$P_L =$	308	henkeä	/ laskettu reitti	
Henkilötiheys	$D_m = P/A$				
	$A =$	1	m ²		
	$D_{m0} =$	308,00	henkeä/m ²	< / > 1,9 henkeä/m ²	(Tarkista!)

Poistumisaika yhteenveto**Maksimiaika**

Havaitsemisaika	$T_D =$	150	s	Palokello
Reagointiaika	$T_R =$	120	s	Kuulutus
Lähtöaika	$T_0 =$	270	s	
Uloskäytävän aika	$T_{1u} =$	327	s	Ensimmäiset ulkona

Kaikki uloskäytävään	$T_{m1} =$	625	s	600	Henkeä/reitti	Oven läpäisynopeus henkeä/s
		566	s	500		1,69 Tarkista!
Ovet uloskäytävään	1600	507	s	400		
		448	s	300		
		453	s	310		
		388	s	200		

Kaikki ulkona	$T_{m4} =$	682	s	600
		623	s	500
		563	s	400
		504	s	300
		510	s	310
		445	s	200

Taulukoidut poistumisajat

IRH Oy 21.8.2001

Lappi Arena

Huonetilä	Henkilömäärä	Laskettu aika, s		Skenaariot korjauskerroin				Aika turvalliseen tilaan, s		Skenaario
		Porrashuone	Ulos	I	II	III	IV	Porrashuone	Ulos	
H6 pääkatsomo yläosa	310	453	510	1,8	1,6	1,6	1,2	815	918	I
		453	510	1,8	1,6			725	816	II
		453	510			1,6		725	816	III
		453	510				1,2	544	612	IV

Lappi Arena

Suojaustaso 2

Skenaariot

Palo näyttämöllä

<u>Paloilmoitin</u>	<u>Savunpoisto</u>	<u>Skenaariot</u>	<u>Simulointitiedosto / simulointi päiväkirja n:o</u>
Palo tapahtuu näyttämöllä	hälyttää PK:n ja kohteessa	1 Perus sk '-> 40 MW	<u>Lappia21.*/pvk 2.</u>
		käynnistyy savuilmaismesta (150 s)	
		käynnistyy käsin tai lämpösuulakkeesta(380 s)	<u>Lappia28.*/pvk 12.</u>
	ei hälytä PK:ta eikä kohteessa	3 Mahdollinen sk '-> 40 MW	<u>Lappia21.*/pvk 2.</u>
	(Hälytys kohteessa kuulutuksesta ja PK:lle puhelimella)	4 Poikkeuksellinen sk '-> 40 MW	<u>Lappia1.*/pvk 1.</u>
		Herkkyysanalyysit:	<u>Lappia11.*/pvk 14.</u> <u>Lappia22.*/pvk 3.</u> <u>Lappia24.*/pvk 7.</u> <u>Lappia26.*/pvk 9.</u> <u>Lappia21.*/pvk 2.</u> <u>Lappia23.*/pvk 6.</u> <u>Lappia25.*/pvk 8.</u> <u>Lappia27.*/pvk 10.</u>

Lappi Arena		Skenaariot		Palo näyttämöllä	
Suojaustaso 3		<u>Sprinkleri</u>	<u>Savunpoisto</u>	<u>Skenaariot</u>	Simulointitiedosto / simulointi päiväkirja n:o
Palo tapahtuu näyttämöllä	toimii ja hälyttää PK:n ja kohteessa	käynnistyy harvennetusta paloilmotuksesta (240 s)	1 Perus sk '-> 3,5 MW	<u>Lappia44.* /pvk 16.</u>	
		ei käynnisty lainkaan	2 Mahdollinen sk '-> 3,5 MW	Lappia3.* /pvk 4,	
	ei toimi, ei hälytä PK:ta eikä kohteessa	käynnistyy harvennetusta paloilmotuksesta (240 s)	3 Mahdollinen sk '-> 40 MW	<u>Lappia31.* /pvk 17.</u>	
	(Hälytys kohteessa kuulutuksesta ja PK:lle puhelimella)	ei käynnisty lainkaan	4 Poikkeuksellinen sk '-> 40 MW	<u>Lappia1.* /pvk 1.</u>	Lappia 41.* /pvk 5 (3,5 MW)(SP 150 s -) Lappia 42.* /pvk11 (40 MW)(SP 150s -) Lappia 43.* /pvk 15 (3,5 MW)(SP 380 s -) Lappia11.* /pvk 14 (60 MW)(SP = 0) Lappia29.* /pvk 13 (60 MW)(SP 380 s-)

Lappi Arena
Suojaustaso 2

Skenaariot

Palo katsomossa

<u>Paloilmoitin</u>	<u>Savunpoisto</u>	<u>Skenaariot</u>	<u>Simulointitiedosto / simulointi päiväkirja n:o</u>
hälyttää PK:n ja kohteessa	käynnistyy savuilmaismesta (150 s)	1 Perus sk '-> 20 MW	<u>Lappia64.*/pvk 28.</u>
Palo tapahtuu näyttämöllä	ei käynnisty lainkaan	2 Mahdollinen sk '-> 20 MW	<u>Lappia5.*/pvk 21.</u>
ei hälytä PK:ta eikä kohteessa	käynnistyy savuilmaismesta (150 s)	3 Mahdollinen sk '-> 20 MW	<u>Lappia64.*/pvk 28.</u>
(Hälytys kohteessa kuulutuksesta ja PK:lle puhelimella)	ei käynnisty lainkaan	4 Poikkeuksellinen sk '-> 20 MW	<u>Lappia5.*/pvk 21.</u>
		Herkkyyksianalyysit:	Lappia61.*/pvk 22, Lappia62.*/pvk 23, Lappia63.*/pvk27,

Lappi Arena
Suojaustaso 3

Skenaariot

Palo katsomossa

<u>Sprinkleri</u>	<u>Savunpoisto</u>	<u>Skenaariot</u>	<u>Simulointitiedosto / simulointi päiväkirja n:o</u>
toimii ja hälyttää PK:n ja kohteessa	käynnistyy harvennetusta paloilmoituksesta (240 s)	1 Perus sk '-> 1,9 MW	<u>Lappia83.*/pvk 29.</u>
	ei käynnisty lainkaan	2 Mahdollinen sk '-> 1,9 MW	<u>Lappia7.*/pvk 24.</u>
ei toimi, ei hälytä PK:ta eikä kohteessa	käynnistyy harvennetusta paloilmoituksesta (240 s)	3 Mahdollinen sk '-> 20 MW	<u>Lappia65.*/pvk 30.</u>
(Hälytys kohteessa kuulutuksesta ja PK:lle puhelimella)	ei käynnisty lainkaan	4 Poikkeuksellinen sk '-> 20 MW	<u>Lappia5.*/pvk 21.</u>
		Herkkysanalyysi: Lappia 81.*/pvk 25 (1,9 MW)(SP 390 s -) Lappia 82.*/pvk 26 (1,9 MW)(SP 150s -)	

Palo tapahtuu
näyttämöllä

Palotehon määrittäminen

Sprinkleri ei toimi

Tekijä: Simo Lehtimäki
Pvm: 7.8.2000

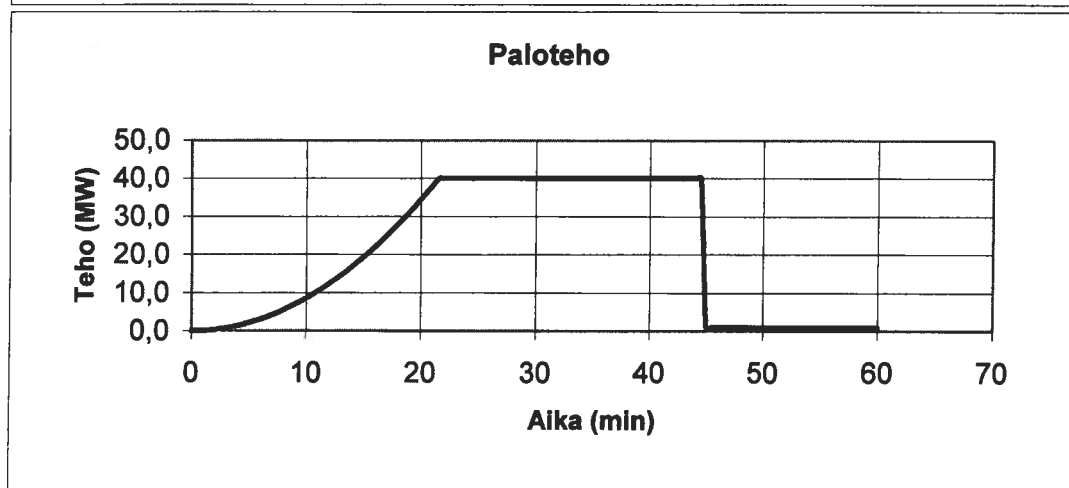
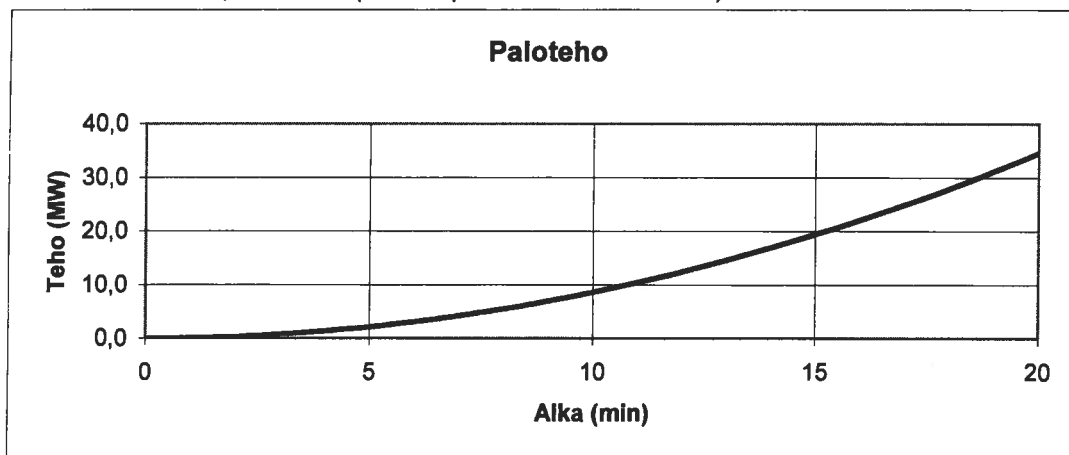
Kohde: Lappi Arena
Näyttömö palaa

Huonetilä:	2				Aukkoja:	0	kpl	
Pituus :	11,7	m	Pinta-ala	274,95	m ²	Korkeus h :	0	m
Leveys :	23,5	m	Tilavuus	3299,4	m ³	Leveys l :	0	m
Korkeus :	12	m	Ilmamäärä	3959,28	kg	pinta-ala Ao :	0	m ²

Palokuorma:	450	MJ / lattia m ²	$\alpha =$	24	W/s ²
Paloala:	80	m ²	Yhtä aikaa palava maksimialue		
p-a-rajoitus:	500	kW/m ²			
p-a-riittävyys:	72000	MJ			

Palotehot:

q-aukko =	2912,4	MW	(aukkokertoimesta, kertoo happirajoitetun palotehon)
q-max-pa =	40,0	MW	(polttoainerajoituksesta, maksimipaloteho)
Teor.max:	40,0	MW	(maksimipaloteho muista tiedoista)



Palotehon määrittäminen**Sprinkleri ei toimi**

Tekijä: Simo Lehtimäki
Pvm: 7.8.2000

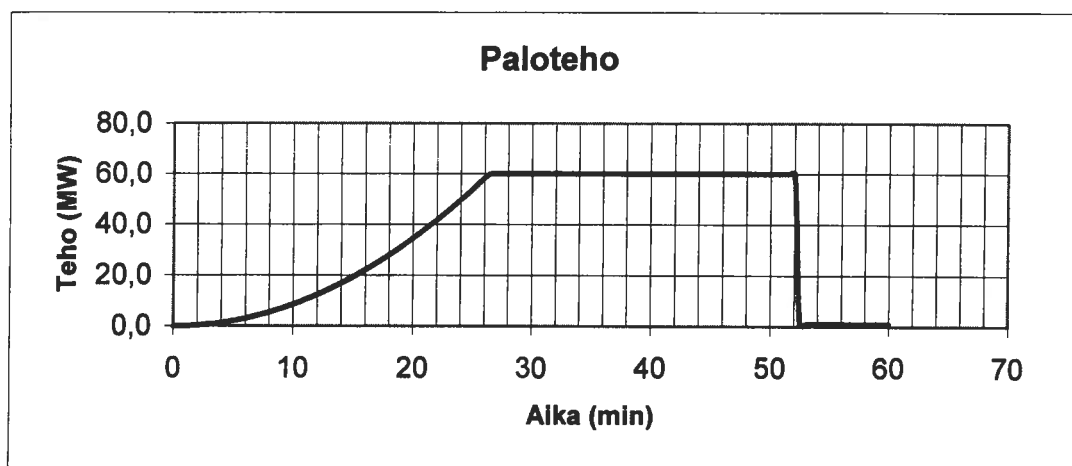
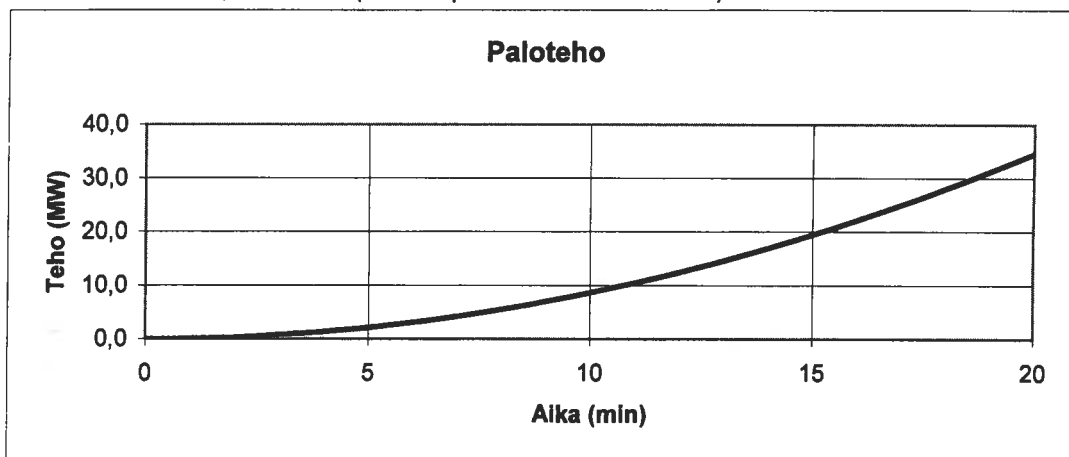
Kohde: Lappi Arena
Näyttömö palaa

Huonetilat:	2				Aukkoja:	0	kpl	
Pituus :	11,7	m	Pinta-ala	274,95	m ²	Korkeus h :	0	m
Leveys :	23,5	m	Tilavuus	3299,4	m ³	Leveys l :	0	m
Korkeus :	12	m	Ilmamäärä	3959,28	kg	pinta-ala Ao :	0	m ²

Palokuorma:	450	MJ / lattia m ²	$\alpha =$	24	W/s ²
Paloala:	120	m ²	Yhtä aikaa palava maksimialue		
p-a-rajoitus:	500	kW/m ²			
p-a-riittävyys:	123728	MJ			

Palotehot:

q-aukko =	2912,4	MW	(aukkokertoimesta, kertoo happirajoitettua palotehoa)
q-max-pa =	60,0	MW	(polttoainerajoituksesta, maksimipaloteho)
Teor.max:	60,0	MW	(maksimipaloteho muista tiedoista)



Palotehon määrittäminen

Sprinkleri toimii © Copyright IRH Integroitu Riskien Hallinta Oy

Tekijä Simo Lehtimäki

Lappi Arena

Pvm 7.8.2001

Näyttämö

Huonetta:

Aukko:

Pituus	11,7 m	Pinta-ala	277,29 m ²	Korkeus h	3,5 m
Leveys	23,7 m	Tilavuus	3050,2 m ³	Leveys l	3 m
Korkeus	11 m	Ilmämäärä	3660,2 kg	pinta-ala A ₀	10,50 m ²

Palokuorma 450 MJ / lattia m²

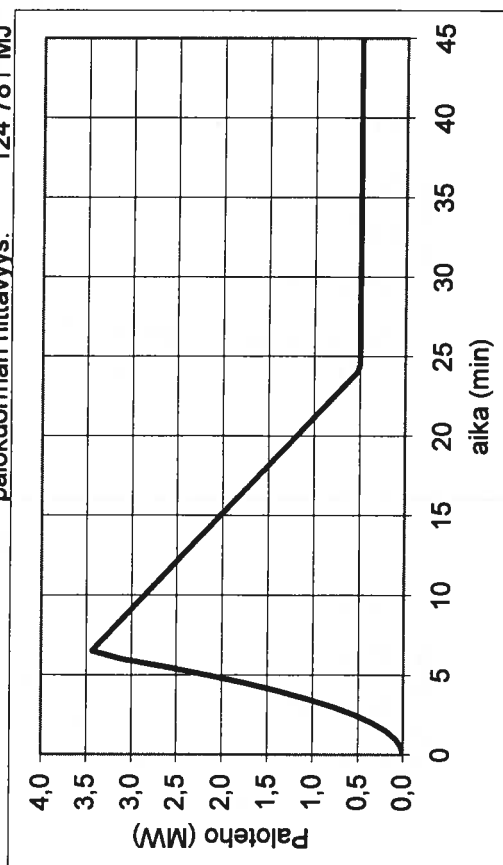
suure [yks.] arvo tai yhtälö selitys

perustelu

$a [W/s^2] =$	24	alkupalon kasvukerroin	keskinopea
$q_{alku} [MW] =$	$a \cdot t^2$	alkupalo, polttoainerajoitus huomioitu [M12]	paloteho ilman happirajoitusta
$t_{ud} [s] =$	380 s	sprinklerin aktivoitumisaika	lasketaan erikseen
$q_t [MW] =$	3,466 MW	paloteho sprinklerin aktivoitumishetkellä	sprinkleri hillitsee paloa
$q_{tot} [MW] =$	q_{alku} tai q_t	valitaan pienempi arvo	rajoitettava tekijä huomioitu

polttoainerajoituksen tarkistus: $q'' [kW/m^2] = 250$ max $q_{pa} = 69,3225 MW$

palokuorman riittävyys: 124 781 MJ



Palotehon määrittäminen**Sprinkleri ei toimi**

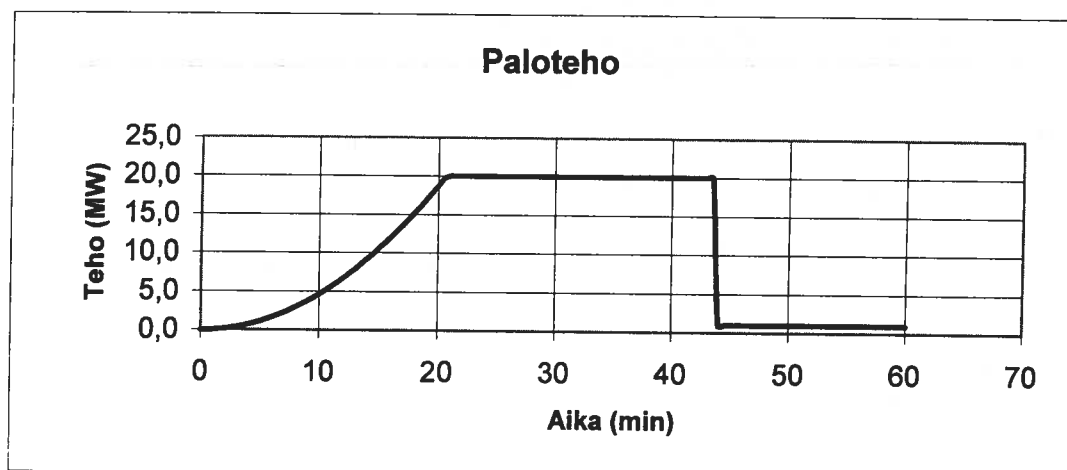
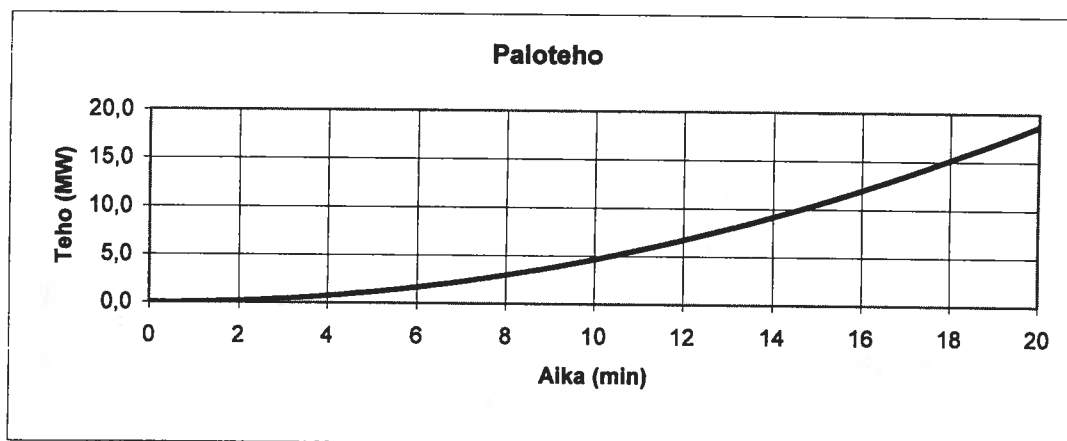
Tekijä: Simo Lehtimäki
Pvm: 7.8.2000

Kohde: Lappi Arena
Katsomo

Huonetila:	5			Aukkoja:	0	kpl		
Pituus :	21,3	m	Pinta-ala	377,01	m ²	Korkeus h :	0	m
Leveys :	17,7	m	Tilavuus	3393,09	m ³	Leveys l :	0	m
Korkeus :	9	m	Ilmamäärä	4071,708	kg	pinta-ala Ao :	0	m ²
Palokuorma:	220	MJ / lattia m ²				$\alpha =$	13	W/s ²
Paloala:	80	m ²	Yhtä aikaa palava maksimialue					
p-a-rajoitus:	250	kW/m ²						
p-a-riittävyys:	35200	MJ						

Palotehot:

q-aukko = 2070,3 MW (aukkokertoimesta, kertoo happirajoitetun palotehon)
 q-max-pa = 20,0 MW (polttoainerajoituksesta, maksimipaloteho)
 Teor.max: 20,0 MW (maksimipaloteho muista tiedoista)



Palotehon määrittäminen

Tekijä Simo Lehtimäki
Pvm 7.8.2001

Huonetilä:

Sprinkleri toimii

Lappi Arena
Katsomo

© Copyright IRH Integroitu Riskien Hallinta Oy

Aukko:

Pituus	13,5 m	Pinta-ala	238,95 m ²	Korkeus h	3,5 m
Leveys	17,7 m	Tilavuus	2724 m ³	Leveys l	3 m
Korkeus	11,4 m	Ilmämäärä	3268,8 kg	pinta-ala A ₀	10,50 m ²

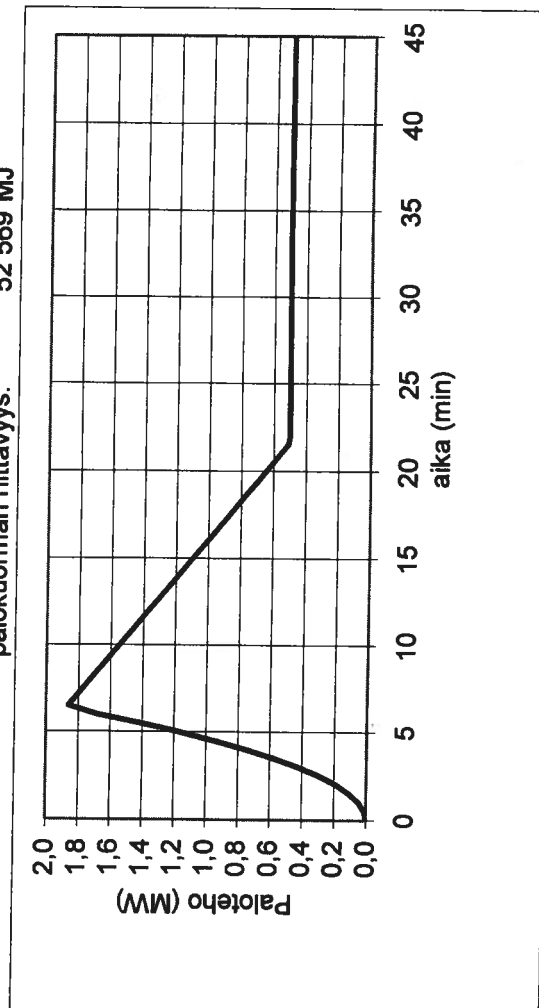
Palokuorma 220 MJ / lattia m²

suure [yks.] arvo tai yhtälö selitys

a [W/s ²]	= 13	alkupalon kasvukerroin		perustelu	
q _{alku} [MW]	= a·t ²	alkupalo, polttoainerajoitus huomioitu [M12]		keskinopea	
t _{sd} [s]	= 380 s	sprinklerin aktivoitumisaika		paloteho ilman happirajoitusta	
q _t [MW]	= 1,877 MW	paloteho sprinklerin aktivoitumishetkellä		lasketaan erikseen	
q _{tot} [MW]	= q _{alku} tai q _t	valitaan pienempi arvo		sprinkleri hillitsee paloa	
				rajoittava tekijä huomioitu	

polttoainerajoituksen tarkistus: q'' [kW/m²] = 250 max q_{pa} = 59,7375 MW

palokuorman riittävyys: 52 569 MJ



Liite 4. Teräsrakenteiden mitoituslämpötilat

1 Tehtävän määrittely

Selvityksen tarkoituksena on määrittellä kilpailuhallin kantavien ja jäykistävien teräsrakenteiden suunnittelussa käytettävät 'liekin ja kuuman savukaasun' eli palopatsaan lämpötilat rakenteiden palosuojauksen mitoitusta varten.

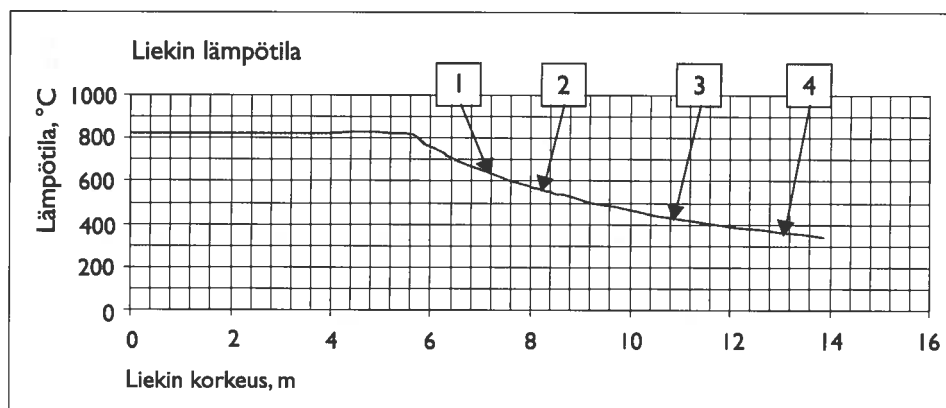
Tämän selvityksen liitteenä 4a on teräsrakenteiden suunnittelijan laatima teräsrakenteiden palosuojaus selvitys /5/, joka perustuu palopatsaan lämpötiloihin palon alusta jäähtymisvaiheen loppuun.

2 Liekin ja kuuman savukaasun lämpötilat

Teräsrakenteiden pahin uhka on tulipalon liekki tai savupatsas, jonka sisällä tai vaikutuspiirissä

rakenne voi olla. Kuvassa 1 on esitetty liekin korkeudet ja vastaavat lämpötilat näyttämön palossa palotehoilla 40 MW ja kuvassa 2 on esitetty liekin korkeudet ja vastaavat lämpötilat katsomon paloteholla 20 MW. Palotehot vastaavat paloteknisen analyysin mitoituspalotehoja /1/. Esitetty laskelma perustuu Mc Caffreyn palopatsasmalliin /2/, joka sopi käytettäväksi tässä kohteessa. Palopatsasmallin valinta tulee aina tehdä huolella /4/. Lisää palopatsaiden lämpötila-arvoja on kuvassa 5 ja taulukoissa 1, 2 ja 3.

Jatkuvan liekin sisällä palon lämpötilaksi voidaan tässä kohteessa valita 825 °C. Jatkuvan liekin yläpuolella on hulmuava liekki, jonka lämpötila on tässä kohteessa välillä 825–340 °C. Hulmuavan liekin yläpuolella on savupatsas, jonka lämpötila on alle 340 °C. Savupatsaan lämpötilat eivät enää uhkaa teräsrakenteita, mutta ne saattavat uhata aition lasirakenteita, jotka eivät ole palolasia.



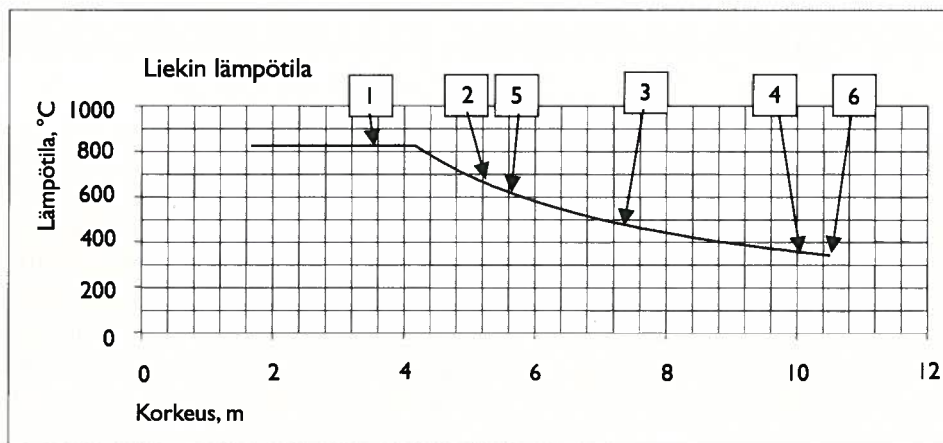
Kuva 1. Lämpötila liekin sisällä eri korkeuksilla:

[1] = Korkeus keskinäyttämön etureunasta teräsristikon alapintaan on 7,2 m ja lämpötila 640 °C

[2] = Korkeus kaukalon keskilattiasta teräsristikon alapintaan on 8,2 m ja lämpötila 561 °C

[3] = Korkeus keskinäyttämön etureunasta katon alapintaan on 10,9 m ja lämpötila 429 °C

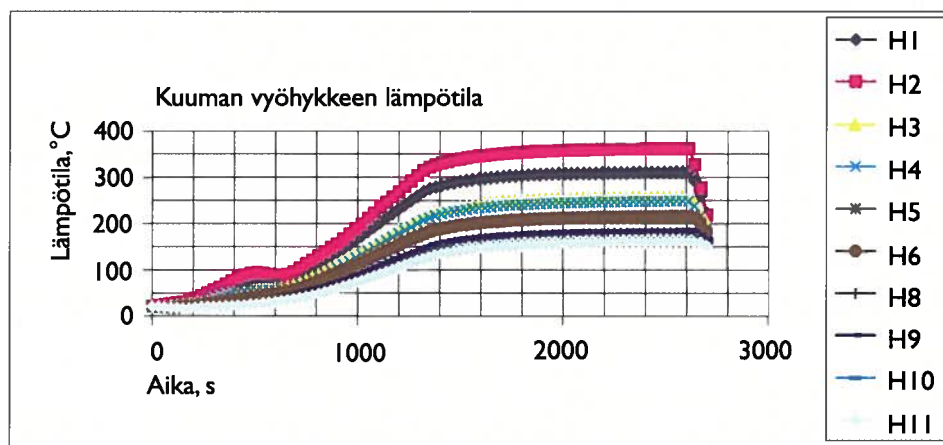
[4] = Korkeus kaukalon keskilattiasta katon alapintaan on 13,1 m ja lämpötila 364 °C



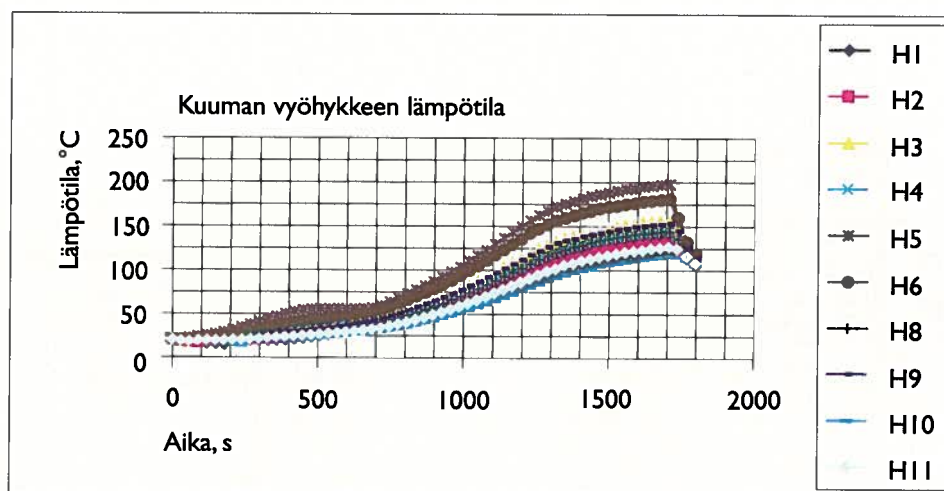
Kuva 2. Lämpötila liekin sisällä eri korkeuksilla:

- [1] = Korkeus pääkatsomon ylimmän tason lattiasta teräsristikon alapintaan on 3,5 m, lämpötila 825 °C
 [2] = Korkeus pääkatsomon ylimmän tason lattiasta katon alapintaan on 5,3 m ja lämpötila 654 °C
 [3] = Korkeus pääkatsomon keskitason lattiasta teräsristikon alapintaan on 7,4 m ja lämpötila 475 °C
 [4] = Korkeus pääkatsomon keskitason lattiasta katon alapintaan on 10 m ja lämpötila 358 °C
 [5] = Korkeus päätykatsomon keskitason lattiasta teräsristikon alapintaan on 5,7 m ja lämpötila 610 °C
 [6] = Korkeus päätykatsomon keskitason lattiasta katon alapintaan on 10,5 m ja lämpötila 342 °C

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty näyttämön palon (40 MW) ja katsomon palon (20 MW) kuumien vyöhykkeiden palojen lämpötilat, kun savunpoisto ei toimi lainkaan.



Kuva 3. Näyttämön palon kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.



Kuva 4. Katsomon palon kuumien vyöhykkeiden lämpötilat.

3 Teräsrakenteiden mitoitus-lämpötilat

Paloteknisissä analyysissä /1/ nousi kilpailuhal-
lin kuumen vyöhykkeen keskilämpötila 'palohuo-
neessa' (H2) 30 minuutin kohdalla mitoituspalo-
teholla 40 MW lämpötilaan noin 380 °C, kun palo
sijaitsee päätyinäyttämön lattiatasolla, joka on 2 m
korkeudella kaukalon lattiapinnasta, kuva 3. Vasa-
taava lämpötila katsomon palossa oli paljon alhai-
sempi (H5), kuva 4.

Kaukalon yläpuoliset teräsrakenteet

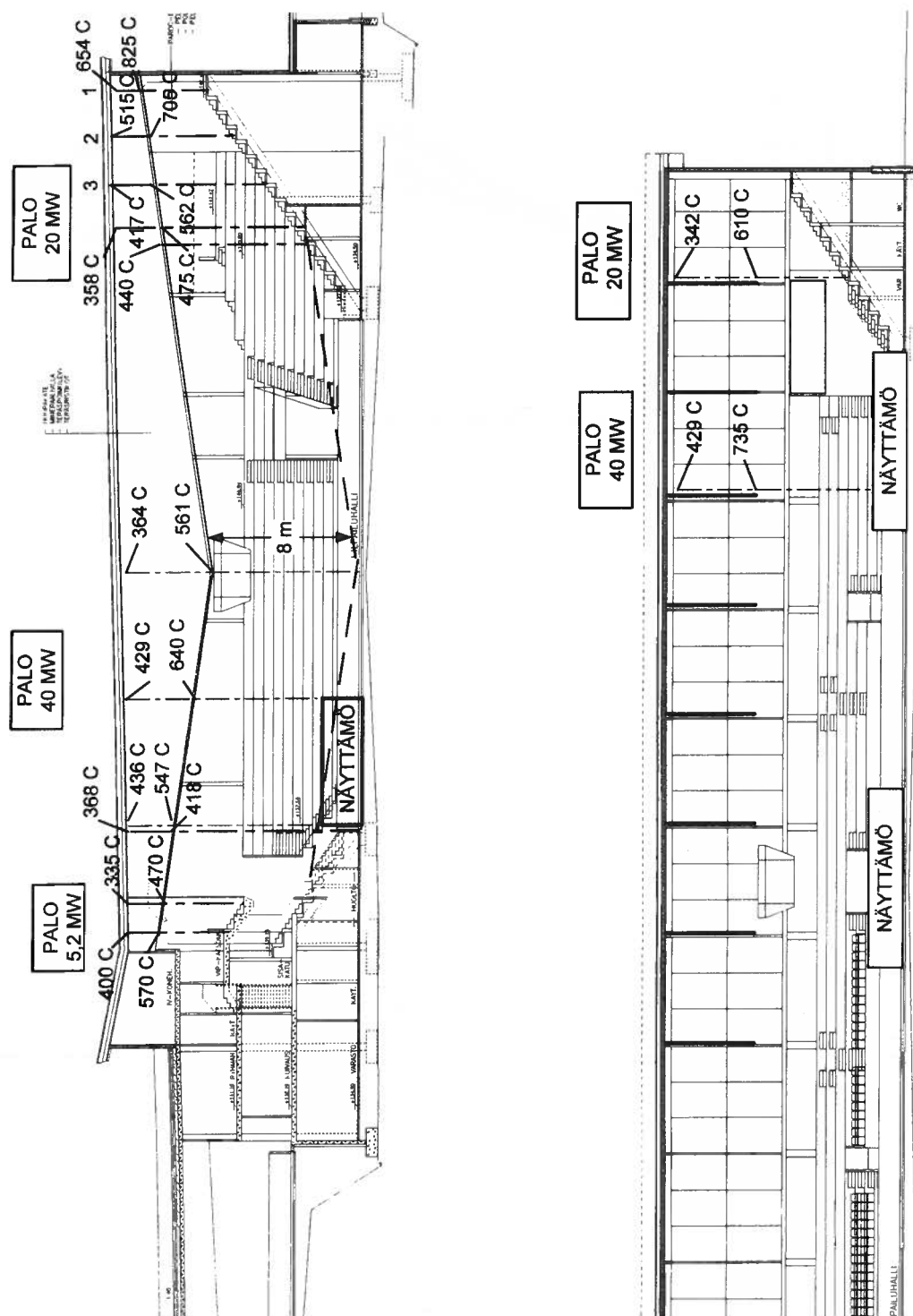
Jos palopatsas mitoituspaloteholla 40 MW sijait-
see keskinäyttämön kohdalla, saadaan kuvan 1
lämpötilakäyrä, joka kuvaa lämpötilaa liekin si-
sällä: tasainen liekki (tasainen viiva 825 °C) ja hul-
muava liekki (käyrä viiva 825–340 °C). Kuvaan 2
on merkitty kuvatekstissä mainitut lämpötilapis-
teet näyttämön +2.000 ja hallin lattian +0.000 pin-
noista. Muut mitoituksessa huomioon otettavat
kaukalon palon lämpötilapisteet on piirretty ku-
vaan 5 ja merkitty taulukkoon 1.

Katsomon yläpuoliset teräsrakenteet

Jos palopatsas mitoituspaloteholla 20 MW sijait-
see pääkatsomon kohdalla, saadaan kuvan 2 läm-
pötilakäyrä. Kuvaan 2 on merkitty kuvatekstissä
mainitut lämpötilapisteet mitattuna tasojen +3.600
ja +8.500 pinnoista. Muut mitoituksessa huomi-
oon otettavat katsomon palon lämpötilapisteet on
piirretty kuvaan 5 ja merkitty taulukkoon 2.

Aition yläpuoliset teräsrakenteet

Jos palopatsas sijaitsee aitioiden kohdalla, on pa-
loteho maksimissaan 5,2 MW. Lämpötilapisteet on
mitattu tasojen +6.250 ja +7.300 pinnoista. Muut
mitoituksessa huomioon otettavat aition palon
lämpötilapisteet on piirretty kuvaan 5 ja merkitty
taulukkoon 3.



Kuva 5. 40, 20 ja 5,2 MW mitoituspalojen palopatsaiden lämpötilat teräsristikon ala- ja yläreunassa. 40 MW:n palo voi tapahtua keskinäyttämöllä 2 m korkeudella kaukalon pinnasta tai näyttelytilan lattialla kaukalon pinnassa. 20 MW:n palo voi esiintyä katsomon lattiapinnalla eri korkeuksilla ja 5,2 MW:n palo voi tapahtua aitoissa.

Taulukko 2.

Lappi Arena

Palo 20 MW

Palopatsaan maksimi lämpötilat kantavien rakenteiden kohdalla

Aika	Lämpötila										Päätykatsomo kannattaja	Päätykatsomo kannattaja	Paloteho MW
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C			
s	Pääkatsomo yläosa 1	Pääkatsomo yläosa 1	Pääkatsomo yläosa 2	Pääkatsomo yläosa 2	Pääkatsomo yläosa 3	Pääkatsomo yläosa 3	Pääkatsomo yläosa 3	Pääkatsomo keskiosa	Pääkatsomo keskiosa	Pääkatsomo keskiosa	Teräsrunko	Kattopinta	
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0
618	574	386	415	285	334	205	250	161	360	150	360	150	5
882	748	500	541	400	435	308	366	241	474	224	474	224	10
1074	825	583	631	461	504	374	427	307	547	285	547	285	15
1260	825	654	705	515	562	417	475	358	610	342	610	342	20
2610	825	654	705	515	562	417	475	358	610	342	610	342	20
3110	413	327	353	258	281	209	238	179	305	171	305	171	20
3610	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0
Korkeus	3,5	5,3	4,9	6,8	6,2	8,5	7,4	10	5,7	10,5			m

© Copyright IRH - Integroitu Riskien Hallinta - Oy

Taulukko 3.

Lappi Arena

Palo5,26 MW

Palopatsaan maksimi lämpötilat kantavien rakenteiden kohdalla					
Aika	Lämpötila				Paloteho
	°C	°C	°C	°C	
	Aition yläosa	Aition yläosa	Aition alaosa	Aition alaosa	
s	Teräsrunko	Kattopinta	Teräsrunko	Kattopinta	MW
0	20	20	20	20	0
148	240	164	210	130	1
250	460	314	378	235	3
335	570	400	470	335	5,26
900	570	400	470	335	5,26
1050	285	200	235	167,5	0
1200	20	20	20	20	0
Korkeus, m	3,6	5,2	4,4	6,3	

© Copyright IRH - Integroitu Riskien Hallinta - Oy

4 Teräsrakenteiden mitoitusaika

Mitoituksen lähtökohtana on, että **kantavat ja runkoa jäykistävät rakenteet kestävät palon rasituksia sortumatta koko palon ja jäähtymisvaiheen ajan.**

Mitoituspalotehon $Q = 40$ MW, hulmuava liekki tavoittaa teräsrakenteiden korkeudet taulukon 4 osoittamassa ajassa ja mitoituspaloitehon $Q = 20$ MW, hulmuava liekki tavoittaa kuvan 2 mukaiset teräsrakenteiden korkeudet taulukon 5 osoittamassa ajassa:

Taulukot 4 ja 5. Hulmuava liekki tavoittaa teräsrakenteet.

li m	Q MW	t sek	t min
7,2	7,8	569	9,5
8,2	10,8	670	11,2
10,9	21,9	956	15,9
13,1	34,7	1203	20,0

li m	Q MW	t sek	t min
3,5	1,3	314	5,2
5,3	3,6	527	8,8
7,4	8,3	800	13,3
10,0	17,7	1166	19,4
5,7	4,3	578	9,6
10,5	20,0	1239	20,7

Lähdetietoja

1. Lappi Arena, Paloteknisen analyysin selostus, IRH Oy, Liite 3.
2. B.J. McCaffrey, NBSIR 79-1910, National Bureau of Standards, Washington, 1970.
3. Dougal Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, ISBN 0471 906131, 1987.
4. Simo Hostikka, Palopatsasmallit tulipalon simuloinnissa, Paloturvallisuuden ajankohtaisseminaari, Palotutkimusraati, 1999.
5. Pasi Koivisto, Teräsrakenteiden palosuojausselvitys, Lappi Arena, Rovaniemi, SS-Teracon Oy, Tampere, 2002.

Simo Lehtimäki

Johtava IRH asiantuntija, DI, SNIL
IRH – Integroitu Riskien Hallinta – Oy

Teräsrakenteiden palomitoitus palonkehitykseen perustuvan mitoituksen avulla

1 Tehtävän määrittely

Selvityksen tarkoituksena on määrittää areenan katon kantavien ja jäykistävien teräsrakenteiden palosuojaustarve annettujen palonkehitykseen perustuvien lämpötilojen avulla (IRH Integroitu Riskien Halinta Oy / Simo Lehtimäki).

2 Laskentaperusteet

Laskennassa käytetyn materiaalin teräslaji on S355J2H. Ristikon voimasuureet on laskettu kehäohjelman avulla siten, että palotilanteen kuormina ovat ristikon ja katon oma paino ja puolet hyötykuormasta (lumesta). Teräsrakenteiden kriittisten lämpötilojen laskennassa on käytetty hyväksi TRY:n teräsnormikorttia n:o 13 (Teräsrakenteiden materiaalmallit mitoitettaessa palosuojaamattomia teräsrakenteita). Laskennassa käytetty kimmokertoimen ja tehollisen myötörajan pienennyskertoimet korkeissa lämpötiloissa ovat siis ko. normikortin taulukon 1 mukaisia. Ristikon eri osien nurjahduspituuskertoimina on käytetty ko. normikortin taulukon 4 mukaisia arvoja. Teräksen lämpötilan kehitys suojaamattomassa rakenteessa on laskettu B7:n kaavan 8.8 mukaan. Suojatun teräsrakenteen lämpötilan kehitys on laskettu varmennetun käyttöselosteen n:o 43 mukaan (Novatherm 4RF-palosuojamaali).

3 Ristikoiden palomitoitus

Areenan eri osiin vaikuttavien liekkien ja kuumien kaasujen lämpötilat on esitetty Simo Lehtimäen paloteknisessä selvityksessä. Liittessä 4c on esitetty laskennan tulokset (kriittiset lämpötilat ja savukaasujen tai suojaamattoman/suojatun teräsrakenteen maksimilämpötilat; T_{sp} = teräsrakenteelle palonkehityksen mukaan laskettu suojatun tai suojaamattoman rakenteen lämpötila) ristikon osalta. 7-linjan puoleisen ristikon pään teräksen lämpötilat jäävät kaikki alle kriittisten lämpötilojen kuten myös näyttämön kohdalla (paloteho 40 MW). 12-linjan puoleisessa päässä (pääkatsomo) palosuojatarve rajoittuu kolmeen ensimmäiseen diagonaaliin ja alapaarten ensimmäiseen sauvaan. Yläpaarretta ei tarvitsisi palosuojausta lainkaan. Loppupäätelmäksi voisi esittää, että sekä yläettä alapaarre palosuojataan 500 mm:llä (Nova-

therm 4FR) kahdeksan metrin matkalta ristikon päästä mitattuna (linja 12) ja kolme ensimmäistä diagonaalia sekä kaksi ensimmäistä vertikaalia palosuojattaisiin 850 mm:llä (Novatherm 4FR).

4 Kattositeiden ja päätypalkkien palomitoitus

Linjan 7 ja 12 vaakasiteen (P100x4) $T_{cr} = 615\text{ °C}$. Linjalla 7 savukaasujen maksimilämpötila on 400 °C , jolloin erillistä palosuojausta ei ko. siteelle tarvita. Linjalla 12 savukaasujen lämpötila nousee yli kriittisen lämpötilan, joten ko. siteelle on tehty lämpötilalaskelma. Siteen lämpötilaksi tuli suojaamattomana 646 °C , joten side pitää suojata 350 mm:llä (Novatherm 4FR), jolloin siteen lämpötilaksi jää 600 °C .

Päädyn siteiden (P150 x 4) $T_{cr} > 700\text{ °C}$. Päädyn savukaasujen lämpötila jää alle ko. kriittisen lämpötilan kaikkialla (linja 7–11 $T_{max} = 515\text{ °C}$ ja linja 11–12 $T_{max} = 654\text{ °C}$).

Päätypalkkien (P250 x 150 x 5) $T_{cr} = 720\text{ °C}$. Päädyn savukaasujen lämpötila jää alle ko. kriittisen lämpötilan kaikkialla (linja 7–11 $T_{max} = 515\text{ °C}$ ja linja 11–12 $T_{max} = 654\text{ °C}$).

5 Kantavan kattopellin palomitoitus

Kantavan kattopellin rakennemuoto on gerberi. Kantavan kattopellin $T_{cr} =$ noin $480\text{--}500\text{ °C}$, jolloin pelti toimii vielä palkkirakenteena (ei köysirakenteena). Kattopinnan savukaasujen lämpötila jää selvästi alle kriittisen lämpötilan ($T_{max} = 400\text{ °C}$) kaikkialla paitsi linjan 12 kohdalla noin 4,8 m matkalla ristikon päästä mitattuna ($T_{max} = 654\text{ °C}$ astetta). Ko. alueella pelti muuttu todennäköisesti köysirakenteeksi ja noin 10–15 minuutin päästä pelti tulee mahdollisesti alas mahdollisen palopesäkkeen kohdalla. Vaikka näin pääsisi tapahtumaan, ristikon yläpaarten stabiliteetti ei vaarannu (käyttöaste noin 73 %) eli katon kantavat rakenteet eivät sorru vaikka noin 4,8 metrin matkalta ristikon päästä mitattuna kattopelti tulisikin alas.

6 Yhteenveto

Katon kantavista teräsrakenteista tulee palosuojausta vain ristikoiden toinen pää noin 8 metrin matkalta sekä linjan 12 vaakaside. Tarkemmat tiedot suojauksesta esitetty edellä.

Pasi Koivisto

Suunnittelupäällikkö, SS-Teracon Oy

Liite 5. Palon säteilylämpövirran ja savunpoiston toimimattomuuden vaikutus

1 Tehtävän määrittely

Tämän selvityksen tarkoituksena oli kilpailuhalin päätyntäytämöllä tapahtuvien palojen

- säteilyn turvaetäisyyksien määrittely ajan funktiona
- poistumiseen käytettävän ajan arviointi ja vertailu säteilyn turvaetäisyyksiin ja
- poistumisturvallisuuteen, jos savunpoisto ei toimi.

2 Palon säteilyn vaikutus poistumiseen

Turvaetäisyyden oletetaan olevan riittävä, jos säteilylämpövirran tiheys, joka kohdistuu ihmisiin on alle $2,5 \text{ kW/m}^2$. Taulukkoon 1 on laskettu eri kokoisten liekkien säteilyalan leviämisaajat ja turvaetäisyydet kohteen ollessa kohtisuoraan liekkirintamaa vastaan, kuva 1, ja kohteen ollessa liekkirintaman sivussa eli vinossa liekkirintamaan nähden, kuva 2.

Taulukko 1. Eri kokoisten liekkien säteilypinnan leviämisaajat ja turvaetäisyydet.

Malli 1: Kohtisuoraan ihmisen kohdistuva säteilylämpövirran tiheys > sallittava = 2.5 kW/m^2												
Tapaus:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
liekkirintaman leveys l : (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
liekkirintaman korkeus h : (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Turvaetäisyys: (m)	3,1	6,1	9,2	12,3	15,4	18,4	21,4	25	27,5	30,5	33,5	36,5
Malli 2: Viistosti ihmisen kohdistuva säteilylämpövirran tiheys > sallittava = 2.5 kW/m^2												
Tapaus:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
liekkirintaman leveys l : (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
liekkirintaman korkeus h : (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Turvaetäisyys: (m)	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	15	20	23,5	27	30
ei = säteilylämpövirran tiheys ei saavuta 2.5 kW/m^2 rajaa. a = 8 m eli kohde on 8 m säteilypinnan sivussa												

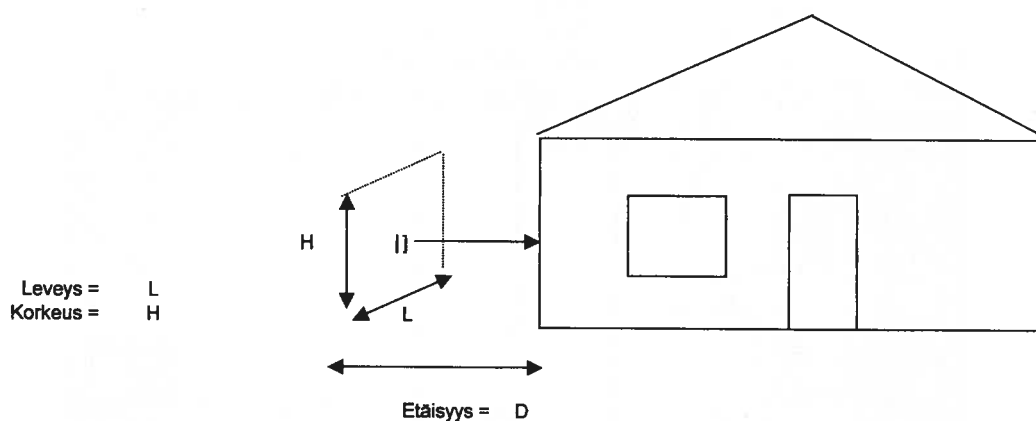
Säteilylämpövirran tiheyden laskelmissa on käytetty taulukon 2 lähtöarvoja ja säteilyalan leviämisaikalaskelmassa on palon leviämisenopeudeksi oletettu 5 mm/s sivusuuntiin ja 10 mm/s korkeussuuntaan.

Taulukko 2. Palon liekin säteilylämpövirran tiheyden laskelman lähtöarvot.

Liekin lämpötila	t =	800	°C
Liekin lämpötila	T =	1073	K
Emissiivisyys	e =	1	
Säteilyn energia	E =	75,2	kW/m^2

Malli 1.

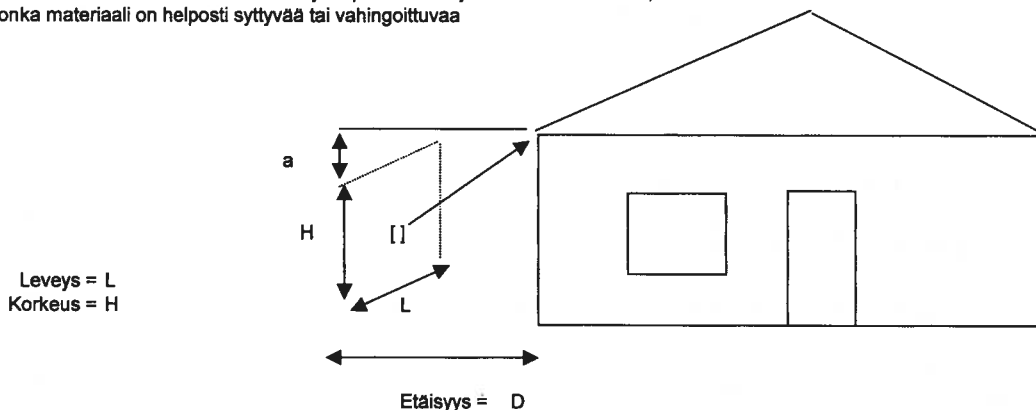
Tässä mallissa lasketaan kohtisuora säteilylämpövirran tiheys liekistä kohteeseen



Kuva 1. Kohde on kohtisuoraan liekkirintamaa vastaan.

Malli 2.

Tässä mallissa lasketaan viisto säteilylämpövirran tiheys liekistä kohteeseen, jonka materiaali on helposti syttyvää tai vahingoittuvaa



Kuva 2. Kohde on vinosti liekkirintamaa vastaan.

3 Poistumiseen käytettävän ajan arviointi

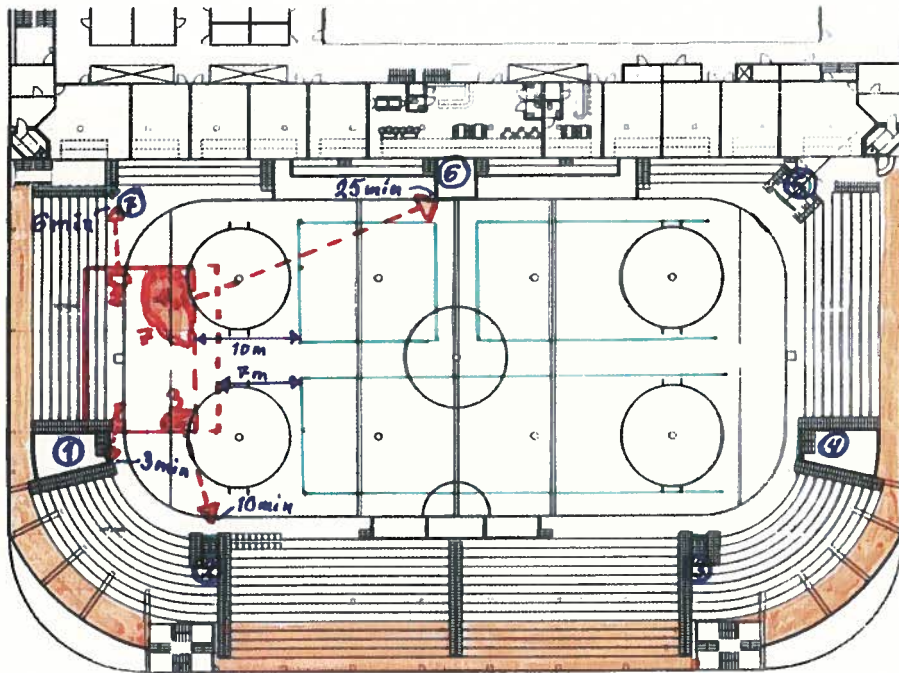
Lappi Areenan kilpailuhallin kaukalosta ja katso-moista on useita poistumisreittejä, kuva 3, joista 7 palvelee kaukalon tasosta poistumista, kun hallia käytetään konsertti- tai näyttämöesityksiin.

Taulukossa 3 on esitetty laskelmia hallin mah-dollisista henkilömääristä, poistumisreittien leveyk-sien sallimista henkilömääristä ja reittien käytet-tävyysajoista. Ne perustuvat taulukon 1 malliin 1.

Reittien käytettävyys vaihtelee alle 3 minuut-tista yli 40 minuuttiin, kun automaattinen savun-poisto toimii normaalisti. Näyttämön läheiset rei-tit saattavat olla kulkukelvottomia noin 10 minuut-tin jälkeen palon säteilylämpövirran johdosta.

Taulukko 4 osoittaa, että käytettävissä olevien reittien 3–6 läpäisykyky on virtausmallilla lasket-tuna yhteensä 11,18 henkeä sekunnissa. Eri hen-kilömäärillä aukkojen läpäisyajat vaihtelevat tau-lukon 4 osoittamissa minuuttimäärissä.

Aukkojen läpäisy aikaan tulee lisätä palon ha-vaitsemisaika eli savuilmasisimen toiminta-aika (minimissään 150 s) ja liikkeelle lähtevien ihmis-ten reagointiaika (minimissään 120 s), joka on yhteensä vähintään 270 s eli 4,5 min. Aukkojen läpäisyn jälkeen kulkeminen ulos asti vie aikaa noin 1 min. Kokonaispoistumisaika vaihtelee näin 13 minuutista 5000 hengellä noin 6,2 minuuttiin 500 hengellä.



Kuva 3. Palon säteilyn vaikutus kaukalon poistumisreitteihin.

Taulukko 3. Kaukalon katsomon henkilömäärä, poistumisreittien leveydet ja käytettävyyssajat.

Palosäteilyn vaikutus poistumiseen					
Kaukalon katsomon henkilö/istuin määrä		Kaukalon käytävien leveydet			
Istuimen leveys, mm	470	Kaukalon leveys, mm	27800		
Istuimien k/k, mm	1000	Istuinrivien pituus, mm	19740		
Istuimia rivillä, kpl	42	Erotus '=	8060		
Istuinrivien pituus, mm	19740	Käytävä 1, mm	2000 '= 1200 + 2*400		
Istuinrivien määrä, kpl	36	Käytävä 2, mm	4060 '= 1200 + 7*400 + 60		
Istuimien yhteismäärä, kpl	1512	Käytävä 3, mm	2000 '= 1200 + 2*400		
Henkilöiden suurin määrä käytävillä			8060 '= 3*1200+11*400+60		
3*120 + 11*60 + 60/400*60 =	1029	Valikäytävä	3200 '= 1200 + 5*400		
valikäytävällä 120 + 5*60 =	420	Yhteensä	11260		
Yhteensä	1449				
Reitin käytettävyyss aika		Kaukalon ulosmenoreitit			
	min	alussa	6 min ->	10 min ->	
Reitti 1	alle 3	Reitti 1, mm	2800	0	0
Reitti 2	noin 10	Reitti 2, mm	1200	1200	0
Reitti 3	noin 40	Reitti 3, mm	1200	1200	1200
Reitti 4	yli 40	Reitti 4, mm	2800	2800	2800
Reitti 5	yli 40	Reitti 5, mm	2600	2600	2600
Reitti 6	noin 25	Reitti 6, mm	3200	3200	3200
Reitti 7	noin 6	Reitti 7, mm	1200	0	0
			15000	11000	9800

Taulukko 4. Poistumisreittien aukkojen läpäisy aika ja poistumisaika ulos eri henkilömäärillä.

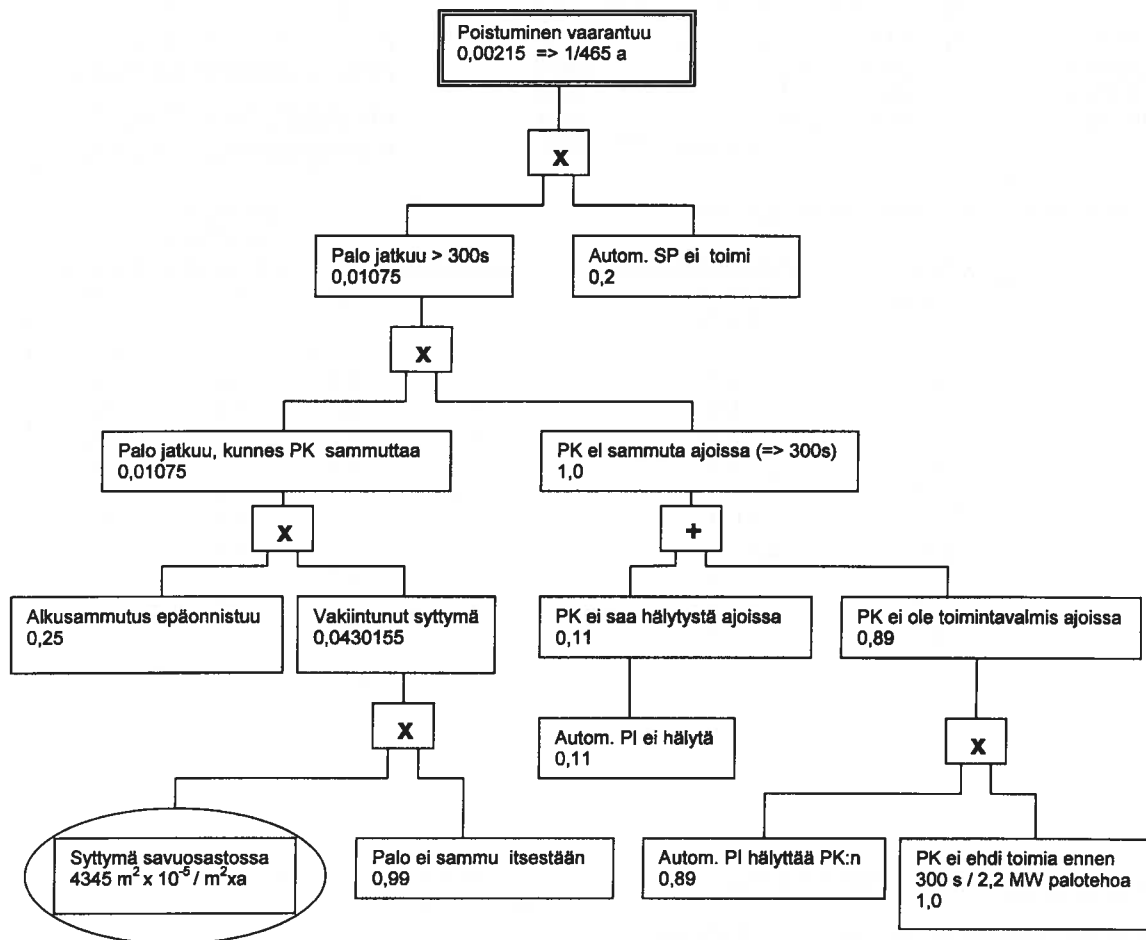
Reittien läpäisykyky 10 min ->				Aukon läpäisykyky = $F_s \cdot W_e$	
	Aukko, mm	Reuna vähennys, mm	Tehollinen aukko, mm	$F_s =$	$W_e =$
Reitti 3	1200	300	900	1,3 henkeä/s/m	tehollinen aukko, m
Reitti 4	2800	300	2500		
Reitti 5	2600	300	2300		
Reitti 6	3200	300	2900		
		yhteensä	8600	Henkilöiden poistumisaika = Henkilömäärä/aukonläpäisykyky	
Henkilöiden poistumisaika Areenan aukoista				Hälytys- ja reagointiaika	
	Henkilömäärä Henkeä	Aukkojen läpäisykyky henkeä/s $1,3 \cdot 8,6 =$	Aukkojen läpäisy aika s min	ja kulku ulos min	Koko aika min
	5000	11,18	447	7,5	13,0
	4500	11,18	403	6,7	12,2
	4000	11,18	358	6,0	11,5
	3500	11,18	313	5,2	10,7
	3000	11,18	268	4,5	10,0
	2500	11,18	224	3,7	9,2
	2000	11,18	179	3,0	8,5
	1500	11,18	134	2,2	7,7
	1000	11,18	89	1,5	7,0
	500	11,18	45	0,7	6,2

4 Poistumisen vaarantuminen, jos savunpoisto ei toimi ajoissa

Jos savunpoisto konserttitilanteessa toimii suunnitellusti, poistuvat kaikki ihmiset 5000 henkeen asti areenasta turvallisesti (= savuilmaisin laukaisee savunpoistoluukut ja avaa korvausilmareitit, Liite 3 /1/, kuva 9). Jos savunpoisto käynnistyy liian myöhään (= lämpösulake tai sprinkleri laukaisee savunpoistoluukut ja korvausilmareitit, Liite 3, kuva 14) tai savunpoisto ei toimi lainkaan (Liite 3, kuva 16), mutta paloilmotin toimii ja hälyttää katsojat, noin 2000 ihmistä poistuu areenan alaosista laskelmien mukaan turvallisesti.

Todennäköisyyslaskelman laskentamalli sille, että savunpoisto ei toimi ajoissa, on esitetty kuvassa 4. Laskelman lopputulokseen vaikuttaa eniten savunpoistojärjestelmän toimimattomuuden todennäköisyys. Siitä on laskelmassa käytetty arviolukua 0,2, koska tilastoarvoa ei ollut käytettävissä. Esitetyn laskelman mukaan Areenasta poistuminen vaarantuu kerran 465 vuodessa, jos savunpoisto ei toimi ajoissa tai se ei toimi lainkaan. Laskelmassa on oletettu, että Areenassa olisi joka päivä suuri yli 2000 hengen yleisömäärä. Jos suuria yleisömääriä esiintyy 20 %:na vuoden päivistä eli 72 päivänä, olisi vaara savunpoiston toimimattomuudesta kerran 2325 vuodessa eli $4,3 \times 10^{-4}/a$.

Poistumisen vaarantuminen, jos savunpoisto ei toimi ajoissa



Kuva 4. Todennäköisyys poistumisen vaarantumiseen, jos savunpoisto ei toimi ajoissa.

5 Näyttämön lopullinen sijoitus

Näyttämön sijoitus kaukalon päätyyn osoittautui monessa mielessä hankalaksi, koska mm. poistuminen päätynäyttämön paloissa ja näyttämön liikenne pukuhuoneista oli vaikea järjestää. Tämän johdosta päätettiin näyttämö sijoittaa keskelle, pelaaja-aitioiden kohdalle, jolloin poistuminen areenalta toimii sujuvammin, näyttämön liikenne toimii paremmin, pääosa katsojista on lähempänä näyttämöä ja kiinteiden katsomoiden tuolien suuntaus näyttämölle on luontevampi.

6 Suurten yleisötilaisuuksien turvallisuuden varmentaminen

Poistuminen palon sattuessa

Poistumisjärjestelyjen tarkoitus

RakMK:n E1 kohta 10.1.1 määrittelee poistumisjärjestelyn tarkoituksen: "Rakennuksesta tulee voida poistua turvallisesti tulipalossa tai muussa hätätilanteessa. Rakennuksessa tulee olla riittävästi, sopivasti sijoitettuja, tarpeeksi väliä helppokulkuisia uloskäytäviä niin, että poistumisaika rakennuksesta ei ole vaaraa aiheuttavan pitkä".

Poistumisjärjestelyjen toiminta ja käyttönäkökohdat

Poistumisreittien määrittelyssä on pääsääntö, että kustakin poistumisalueen pisteestä tulee voida poistua kahta tai useampaa reittiä uloskäytävään, joka johtaa suoraan ulos maan pinnalle tai muulle palon sattuessa turvalliselle paikalle. Kulunvalvonnan järjestelyt eivät saa estää turvallista poistumista rakennuksesta. Uloskäytävät tulee pitää lukitsemattomina aina, kun henkilöitä on hallitiloissa. Tilan poistumisreittiä ei saa johtaa toisen tilan kautta, joka saattaa olla edes osan aikaa lukittuna.

Poistumisjärjestelyjen tarkastukset ja ylläpito

Kulkureittien poistumisjärjestelyt tulee tarkastaa aina ennen suurta yleisötilaisuutta, kun hallin käyttötapaa muutetaan. Uuden käyttötavan mukaisten poistumisjärjestelyjen tulee toimia kuten peruskäyttötavassakin.

Kulkureittien ovet ja niiden lukot sisällytetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeiden vuositarkastus- ja vuosihuolto-ohjelmaan. Kulkureitit ulos tulee aina pitää kuljettavassa kunnossa. Uloskäytävien ovien tulee olla aina kuljettavissa poistumissuuntaan, kun rakennuksessa on ihmisiä sisällä. Kulkuteille ei saa varastoida tavaroita, jotka estävät kulkuteiden käytön.

Ovien ja lukkojen sekä merkki- ja turvavalonjen viat tulee korjata välittömästi.

Savunpoisto

Savunpoiston tarkoitus

Savunpoiston tarkoituksena on poistaa savuja ja näin turvata poistuminen sekä mahdollistaa pelastuslaitoksen toiminta. Lisäksi sen tarkoituksena on estää savujen leviämistä rakennuksen muihin tiloihin, laimentaa myrkyllisiä ja syövyttäviä kaasupitoisuuksia, laskea kuumien kerrosten lämpötilaa ja näin pienentää omaisuus- ja keskeytysvahinkoja ja jälkivahinkoja.

Savunpoistojärjestelmän tarkastukset ja ylläpito

Savunpoistolaitteet sisällytetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeiden vuositarkastus- ja vuosihuolto-ohjelmaan. Savunpoistolaitteet tulee kokeikäyttää vähintään kaksi kertaa vuodessa. Savunpoistolaitteiden ja korvausilmaovien liikkuvat osat (luukkujen ja ikkunoiden toimilaitteet ja ovien ovikoneistot) tulee tarkastaa ja huoltaa vuosittain. Kunnossapidossa noudatetaan latteiden toimittajien käyttö- ja huolto-ohjeita.

Paloturvallisuussuunnittelija laatii käyttö- ja huolto-ohjeeseen tarvittavat tiedot paloturvallisuuden ja -laitteistojen osalta. Tarkempia määräyksiä ja ohjeita rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeesta on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa A4 /6/.

Järjestyksen valvonta ja opastus sekä hätätilannevalmiudet

Järjestyksen valvojien ja muun henkilökunnan tulee osata hälyttää palokunta ja käyttää alkusammutusvälineitä. Järjestyksen valvojat ja muu henkilökunta tulee kouluttaa, jotta he kykenevät toimimaan palotilanteessa tehokkaasti ja opastamaan poistujat käytettävissä oleville reiteille.

Järjestyksen valvojilla tulisi olla järjestyksen valvoja -kortti, joka myönnetään hyväksytysti suoritettua järjestyksen valvojan koulutuksesta.

Viitteet

1. Lappi Areena, Palotekninen analyysi, IRH Oy, Liite 3.
2. Rahikainen, J. Palotilastojen analysointi toiminnallisten palosäädösten pohjaksi. Valtion teknillisen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1892. Espoo, 1998. ISBN 951-38-5198-2. 111 s. + 79 s.
3. Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. Palojen syttymistäajuuksien määrittäminen, Palontorjuntatekniikka 28, nro 2, 1998, s. 12–17.
4. Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. Palojen syttymistäajuuksien määrittäminen, Palotutkimuksen päivät 25.–26.8.1999. Konferenssijulkaisu.
5. Korpela Kalervo, Palontorjuntajärjestelmän valinta, AEL, Insko-seminaarit.
6. RakMK A4, Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, 2000, 4 s.

Liite 6. Rakennuksen savunpoisto- järjestelmän kuvaus

Tämä savunpoistojärjestelmien kuvaus esittää savunpoistojärjestelyjen pääperiaatteet monitoimihallissa Lappi Areena.

Savunpoistojärjestelmän tarkoitus

Savunpoiston tarkoituksena on poistaa palotiloista savua, turvata poistuminen tiloista, estää savukaasujen leviäminen muihin tiloihin, laimentaa myrkyllisiä ja syövyttäviä kaasupitoisuuksia, pienentää palon vahinkoja ja luoda mahdollisimman turvalliset olosuhteet sammutusmiehistölle.

Savunpoistojärjestelmien ohjaus sekä laitteistot

Suurten hallien savunpoiston ohjaus tapahtuu savuilmainsinjärjestelmän avulla automaattisesti. Lisäksi laitteita voidaan ohjata käsin savunpoiston ohjauskeskuksesta.

Rakennuksen paloilmoittimen ja savunpoiston ohjauskeskukset sijoitetaan palokunnan sammuusreitille kilpailuhallin sivuoven tuulikaappiin.

Savunpoiston ohjauskeskuksesta ohjataan rakennuksen savunpoistolaitteita. Savunpoiston ohjauskeskuksen kaappiin sijoitetaan savunpoiston käyttöohjeet.

Savunpoistojärjestelmän johdotukset tehdään toimilaitteelta sen ohjauskeskukseen palosuojatulla kaapelilla.

Savunpoistoluukkujen ja -ikkunoiden ja automaattisoiden korvausilmaovien sähkötoimiset avaaajat ovat sähkönsyötön osalta varmistettuja niin, että ne ovat akkuvarmennettuja tai saavat virtansa pelastuslaitoksen varavoimakoneelta.

1 Kellaritilat

Kellaritasolta savunpoisto toteutetaan painovoimaisesti. Kellaritasolla sijaitsevien tilojen savu poistetaan käsin avattavien ovien kautta pääkätävälle, josta ne poistuvat käytävän yläosassa kil-

pailuhalliin ja sen savunpoistoluukkujen kautta ulos. Korvausilma saadaan palokunnan sammuusreittien kautta avaamalla portaikkojen ovet käsin. Palokunnan suuntapainepuhaltimella voidaan tehostaa korvausilman saantia. Savunpoiston ratkaisu perustuu IRH Oy:n laatimaan palosimulointiin.

Kompressorihuoneen savut tai ammoniakki-kaasuvuodot voidaan tuulettaa suoraan ulos noin 1,8 m² kokoisen hätätie/huolto-oven kautta. Korvausilma otetaan kellaritason käytävästä palokunnan suuntapainepuhaltimen avulla.

2 Kilpailuhalli

Kilpailuhallista sekä sen savunpoistoalueeseen liittyvistä muista tiloista savu poistetaan katolla olevien savunpoistoluukkujen kautta. Luukut avataan esimerkiksi kaasujousien avulla savu- tai linjailmaisimien ohjaamana automaattisesti tai manuaalisesti savunpoiston ohjauspaneelistä. Korvausilma saadaan kilpailuhalliin ulko-ovista, jotka poistujat ja henkilökunta avaavat.

Savunpoistoluukkujen tehollinen pinta-ala on 21 m² (esim. 12 x 1,2 x 2,4 m², jos C = 0,6) ja korvausilmaovien pinta-ala on 25 m². Savunpoiston ala perustuu IRH Oy:n laatimaan paloteknisen analyysiin.

3 Harjoitushalli

Harjoitushallista sekä sen savunpoistoalueeseen liittyvistä välikerroksen tiloista savu poistetaan harjoitushallin katolla olevien savunpoistoluukkujen kautta. Luukut avataan toimilaitteen avulla savuilmainsimien ohjaamana automaattisesti tai manuaalisesti savunpoiston ohjauspaneelistä. Korvausilma saadaan harjoitushalliin ulko-ovista, jotka poistujat ja henkilökunta avaavat.

Savunpoistoluukkujen tehollinen pinta-ala on 8,4 m² ja korvausilmaovien pinta-ala on 6,7–11,7 m². Savunpoiston ala perustuu IRH Oy:n laatimaan palosimulointiin.

4 Ylätason käytävä

Ylätason käytävästä sekä sen savunpoistoalueeseen liittyvistä muista tiloista savu poistetaan kattolla olevien savunpoistoluukkujen kautta. Luukut avataan toimilaitteiden avulla savuilmaisimien ohjaamana automaattisesti tai manuaalisesti savunpoiston ohjauspaneelistä. Korvausilma saadaan käytävälle uloskäytävien kautta.

Savunpoistoluukkujen aukkopinta-ala on 2,0 m² /käytävänosa ja korvausilmaovien pinta-ala on 2,5 m². Savunpoiston ala perustuu IRH Oy:n määrittelyyn.

5 Porrashuone

Poistumiseen käytettävä porrashuone on itsenäinen palo-osasto ja savunpoistoalue. Porrashuoneen savunpoisto toteutetaan painovoimaisesti. Savunpoistoikkuna voidaan avata joko savunpoiston ohjauspaneelistä tai porrashuoneiden alaosasta sisääntulokerroksen tasolta. Savunpoistoikkuna avataan sähkötoimisella avaajalla.

Savunpoistoikkuna-aukon koko on noin 1,0 m².

Korvausilma saadaan ulko-ovista porrashuoneen alaosasta.

6 IV-konehuoneet

IV – konehuoneen savunpoisto toteutetaan painovoimaisesti niin, että savut poistetaan konehuoneen ulkopuolelta käsin avattavan oven kautta ja korvausilma otetaan konehuoneeseen toisesta päästä ulkopuolelta käsin avattavan oven kautta.

Savunpoisto- ja korvausilma-aukkojen koko on noin 2,0 m².

Palokunnan suuntapainepuhaltimella voidaan tehostaa korvausilman saantia ja näin myös savunpoistoa.

Liite 7. Paloturvallisuussuunnittelua koskevia säännöksiä

Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL:n) keskeiset
pykälät ovat §§ 117, 119, 120, 121, 123, 125, 131,
134 ja 166 ja maankäyttö- ja rakennusasetuksen
(MRA:n) §§ 48, 49, 50, 66 ja 74.

Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto	Julkaisuaika Toukokuu 2003
Tekijä(t)	DI Simo Lehtimäki, IRH Integroitu Riskien Hallinta Oy	
Julkaisun nimi	Monitoimihallin paloturvallisuus	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Paloturvallisuussuunnittelun opas ja esimerkkikohteen paloturvallisuusraportti	
Tiivistelmä	Tämä julkaisu liittyy sovellusoppaana Suomen rakentamismääräyskokoelman (Rak-MK) osan E1- Rakennusten paloturvallisuus - määräyksiin ja ohjeisiin. Oppaan tarkoituksena on havainnollistaa oletettuun palonkehitykseen perustuvan suunnittelun prosessi ja olennaiset suunnittelussa tarkasteltavat asiat. Tämän oppaan soveltamisesimerkit, suositukset ja ratkaisumallit eivät sellaisenaan ole rakentamismääräysten taseisia kannanottoja, jotka sitoisivat suunnittelua tai lupaharkintaa.	
Asiasanat	Paloturvallisuus, oletettu palonkehitys, palosimulointi, toiminnallinen suunnittelu, poistumisturvallisuus, savun leviämisen arviointi, paloturvallisuuslaitteet	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöopas 103	
Julkaisun teema	Rakentaminen	
Projektihankkeen nimi		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö, Opetusministeriö	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Ympäristöministeriö, Opetusministeriö, Sisäasiainministeriö, Helsingin kaupungin Rakennusvalvontavirasto, Helsingin kaupungin Pelastuslaitos, Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö SPEK, Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto ry, Suomen Jääkiekkoliitto ry	
	ISSN	ISBN
	1238-8602	951-682-729-2
	Sivuja	Kieli
	114	suomi
Julkaisun myynti/ jakaja	Luottamuksellisuus	Hinta
	julkinen	
	Rakennustieto Oy	
	Rakennustieto Oy	
Painopaikka ja -aika	Tammer-Paino Oy, Tampere 2003	

Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet, Bostads- och byggnadsavdelningen	Datum Maj 2003						
Författare	DI Simo Lehtimäki, IRH Integroitu Riskien Hallinta Oy							
Publikationens titel	Monitoimihallin paloturvallisuus (Brandsäkerhet i allaktivitetshallar)							
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Brandsäkerhetsplanering – handledning samt brandsäkerhetsrapport för ett exempelprojekt							
Sammandrag	Denna publikation ansluter sig till Finlands byggbestämmelsesamlings del E1 - Byggnaders brandsäkerhet - bestämmelser och anvisningar. Handledningen åskådliggör en projekteringsprocess som baserar sig på den uppskattade brandutvecklingen och tar upp de väsentliga uppgifter man skall beakta vid projekteringen. Handledningens exempel, rekommendationer och lösningsmodeller är icke förpliktande vid planering eller vid byggnadslovförfarande.							
Nyckelord	Brandsäkerhet, uppskattad brandutveckling, brandsimulering, utrymningstrygghet, simulering av rökspridning, brandsäkerhetsanläggningar							
Publikationsserie och nummer	Miljöhandledning 103							
Publikationens tema	Byggande							
Projektets namn								
Finansiär/ uppgångsgivare	Miljöministeriet, Undervisningsministeriet							
Organisationer i projektgruppen	Miljöministeriet, Undervisningsministeriet, Inrikesministeriet, Helsingfors stads byggnadstillsynsverk, Helsingfors stad räddningsverk, Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö SPEK, Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto ry, Finlands Ishockeyförbund rf <table><tr><td>ISSN 1238-8602</td><td>ISBN 951-682-729-2</td></tr><tr><td>Sidantal 114</td><td>Språk finska</td></tr><tr><td>Offentlighet offentlig</td><td>Pris</td></tr></table>		ISSN 1238-8602	ISBN 951-682-729-2	Sidantal 114	Språk finska	Offentlighet offentlig	Pris
ISSN 1238-8602	ISBN 951-682-729-2							
Sidantal 114	Språk finska							
Offentlighet offentlig	Pris							
Beställningar/ distribution	Ab Bygginfo							
Förläggare	Ab Bygginfo							
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Tammer-Paino Oy, Tampere 2003							



RAKENTAMINEN

Monitoimihallin paloturvallisuus

Monitoimihallien paloriskit vaihtelevat suuresti. Palokuorman määrä, laatu ja sijainti ovat erilaiset eri käyttötilanteissa. Henkilömäärät ja -tiheys vaihtelevat eri käyttötavoissa ja myös saman käyttötavan sisällä.

Useimpien monitoimihallien paloturvallisuuden suunnittelu on toteutettu perinteisen E1:n mukaisesti. Viime vuosina olisi kuitenkin jo voitu käyttää oletettuun palonkehitykseen perustuvaa paloturvallisuussuunnittelua. Sitä käyttämällä moni hanke olisi voitu kehittää sekä teknisiltä ratkaisuiltaan turvallisemmaksi että hankintahinnaltaan ja käyttökustannuksiltaan edullisemmaksi kuin perinteisellä tavalla toteutetut hankkeet.

Tässä oppaassa kuvataan oletettuun palonkehitykseen perustuvan suunnittelun kulku ja suunnittelusta syntyvät asiakirjat.

Oppaan liitteinä ovat todellisen esimerkkikohteen paloturvallisuussuunnittelussa tulostuneet asiakirjat.

ISBN 951-682-729-2

ISSN 1238-8602

Rakennustieto Oy
PL 1004, 00101 HELSINKI
Myynti:
www.rakennustieto.fi
puh. (09) 5495 5400, fax (09) 5495 5340
Rakennuskirjakauppa, Runeberginkatu 5, Helsinki
ja rakennuskeskukset

ISBN 951-682-729-2



9 789516 827295