



SAVONIA

Tekniikka

Palopäällystön koulutus

OPINNÄYTETYÖ

PELASTUSLAITOKSEN TOIMINNAN JA EVAKUOINNIN VAIKUTUKSET
TOISIINSA KORKEISSA RAKENNUKSISSA

Ilvonen Benjamin

13.9.2016

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU
PELASTUSOPISTO, KUOPIO
Palopäälylystön koulutusohjelma

Tekijä

Benjamin Ilvonen

Työn nimi

Pelastuslaitoksen toiminnan ja evakuoinnin vaikutukset toisiinsa korkeissa rakennuksissa

Työn laji

Päiväys

Sivumäärä

Opinnäytetyö

30.8.2016

52 + 15

Työn ohjaajat

Toimeksiantaja

Vanhempi opettaja Kimmo Vähäkoski, DI Juha-Pekka
Laaksonen, DI Tommi Nieminen

L2 Paloturvallisuus Oy

Tiivistelmä

Suomessa on hyvin vähän kokemusta korkeasta rakentamisesta. Kiinnostus yhä korkeampien rakennusten rakentamiseen on kuitenkin kasvanut selvästi, ja tälläkin hetkellä Suomeen ollaan rakentamassa rakennuksia, joiden erityispiirteitä ei yksityiskohtaisesti ole otettu huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millä ehdoilla samanaikainen evakuointi ja pelastustoiminta voitaisiin toteuttaa. Lisäksi tavoitteena oli arvioida hissievakuoinnin mahdollisuuksia evakuoinnin tukena sekä tutkia pelastuslaitoksen nousujohdon ulosottoliittimien eri sijoitusvaihtoehtoja.

Yhtäaikaista pelastustoimintaa ja evakuointia testattiin Pelastusopiston palotalolla. Testihenkilöinä toimivat palopäälylystöpiskelijät, jotka mallinsivat rakennuksen käyttäjiä sekä pelastuslaitosta aiheuttaen toisillensa vastavirtauksen porraskäytävässä. Testeissä käytettiin kolmea eri ulosottoliittimen paikkaa ja arvioitiin kunkin sijoituksen hyviä ja huonoja puolia. Vastavirtauksen vaikutuksia arvioitiin ajallisesti ja laadullisesti mittaamalla poistumiseen ja pelastustöihin kuluva aikaa, arvioimalla suorituksia kerroksiin sijoitettujen tarkkailijoiden avulla sekä keräämällä testihenkilöiden mielipiteitä kyselylomakkeilla.

Tutkimuksessa havaittiin vastavirtauksen vaikuttavan huomattavasti enemmän pelastajiin kuin poistujiin. Vastavirtaus ei ajallisesti juurikaan vaikuttanut kummankaan osapuolen suorituksiin, mutta sen huomattiin vaikuttavan merkittävästi pelastustyön vaativuuteen. Selvityksen tekemisen havaittiin olevan haastavaa samanaikaisen poistumisen takia. Letkuja ei voitu paineistaa samanaikaisesti poistujien ollessa niiden kohdalla, mikä vaikutti pelastustyön aloittamisnopeuteen. Testitulosten pohjalta todettiin, että samanaikainen evakuointi ja pelastustoiminta on mahdollista, mutta sitä tulisi välttää. Vastavirtauksen syntymistä voitaisiin ehkäistä esimerkiksi käyttämällä hissievakuointia poistumisen tukena tai ohjaamalla poistujat vaihtoehtoiseen uloskäytävään sen kerrosten osalta, jossa pelastustoiminta on käynnissä.

Asiasanat

Poistuminen, evakuointi, korkea rakennus, vastavirtaus, hissievakuointi, nousujohto, ulosottoliitin

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
THE EMERGENCY SERVICES COLLEGE, KUOPIO
Fire Officer Training Programme

Author

Benjamin Ilvonen

Title of Project

Effects of Simultaneous Rescue Operations and Evacuation in Tall Buildings

Type of project

Date

Pages

Thesis

30th August, 2016

52 + 15

Supervisors of study

Mr Kimmo Vähäkoski Senior Instructor,

Company Supervisor

Mr Juha-Pekka Laaksonen,
M.Sc.,

Mr Tommi Nieminen, M.Sc.

Company

L2 Fire Safety Ltd.

Abstract

In Finland, there is very little experience in the construction of higher buildings with 16 or more floors. However, they are already being built and the interest is growing. The purpose of this study was to determine the conditions under which a simultaneous evacuation and rescue operations could be carried out. In addition, the aim was to evaluate the possibilities for elevator evacuation in supporting an ordinary evacuation, as well as explore the different location options of standpipe outlet connectors used by the rescue services.

The concurrent rescue operations and evacuation were tested in the Fire Simulator Building at the Emergency Services College. The test persons were fire officer students who modelled both the users of the building and the rescue department, causing a counter-flow in the staircase by passing each other while walking in different directions. Three different standpipe outlet connector location options were used and evaluated for their pros and cons. The impact of counter-flow was evaluated in time and qualitatively. The time was measured separately for evacuation and rescue operations, and the consequences of the counter-flow were evaluated by observers located on different floors. After the tests, the test persons answered a questionnaire.

The study found that counter-flow affects the firefighters more than the egress. Timewise counter-flow had little effect on the performance of either party, but a significant effect on the complexity of the rescue work. The clearance of hoses was found to be difficult due to the simultaneous egress. Hoses could not be pressurized at the same time when evacuees were present, which affected the time in which the rescue work could begin. On the basis of the test results, it was found that a simultaneous evacuation and rescue operation is possible, but it should be avoided. The appearance of counter-flow could be prevented, for example, by using elevator evacuation in supporting ordinary evacuation or by directing building users to use alternative exits on the floors where rescue operations are undergoing.

Keywords

egress, evacuation, high-rise building, counter-flow, elevator, standpipe, outlet connector

Confidentiality

public

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| KÄSITTEET JA SANASTO | 6 |
| 1 JOHDANTO..... | 8 |
| 2 KORKEA RAKENTAMINEN SUOMESSA | 10 |
| 2.1 Lainsäädäntö | 10 |
| 2.2 Valmistuneet ja rakenteilla olevat rakennukset | 10 |
| 3 POISTUMISEN ERITYISPIIRTEET KORKEISSA RAKENNUKSISSA | 13 |
| 3.1 Korkeus | 13 |
| 3.2 Liikkumista vaikeuttavat tekijät..... | 13 |
| 3.3 Palon käyttäytyminen ja leviäminen | 13 |
| 4 EVAKUOINTISTRATEGIAT..... | 14 |
| 4.1 Portaat | 14 |
| 4.2 Evakuointihissit..... | 15 |
| 4.3 Hissievakuointistrategiat | 15 |
| 4.4 Suojatut kerrokset | 17 |
| 5 HISSIEN KÄYTTÖ EVAKUOINNIN TUKENA..... | 19 |
| 5.1 Hissievakuoinnin hyödyt..... | 19 |
| 5.2 Poistumisen nopeus ilman hidastavia tekijöitä – KONE OY | 19 |
| 5.3 Poistumisen nopeus portaita käyttäen ja hissin tukemana – Building Research Establishment | 20 |
| 6 PELASTUSLAITOKSEN TOIMINNAN JA EVAKUOINNIN YHTEENSOVITTAMINEN | 23 |
| 6.1 Vastavirtauksen vaikutukset | 23 |
| 6.2 Palomieshissi..... | 23 |
| 6.3 Nousujohdon ulosottoliittimen sijoittaminen..... | 24 |
| 7 TESTAUSRAPORTTI | 26 |
| 7.1 Testausympäristö | 26 |
| 7.2 Testaushenkilöstö..... | 27 |
| 7.3 Menetelmät ja mittausvälineet | 27 |
| 7.4 Testaustapahtumat..... | 28 |
| 7.4.1 TESTI 1 Poistujat | 29 |
| 7.4.2 TESTI 2 Pelastajat porraskäytävä..... | 30 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.4.3 | TESTI 3 Pelastajat kerros | 30 |
| 7.4.4 | TESTI 4 Pelastajat sulku-tila | 31 |
| 7.4.5 | TESTI 5 Vastavirtaus porraskäytävä | 31 |
| 7.4.6 | TESTI 6 Vastavirtaus kerros | 32 |
| 7.4.7 | TESTI 7 Vastavirtaus sulku-tila..... | 33 |
| 7.5 | Kyselylomakkeen tulokset | 34 |
| 7.5.1 | Poistujat | 34 |
| 7.5.2 | Yhteenveto | 40 |
| 7.5.3 | Pelastajat | 41 |
| 7.5.4 | Yhteenveto | 46 |
| 8 | POHDINTA..... | 47 |
| | LÄHTEET | 51 |
| | Liite 1 – Testaussuunnitelma..... | 53 |
| | Liite 2 – Kyselylomake Pelastajat | 62 |
| | Liite 3 – Kyselylomake Poistujat | 65 |

KÄSITTEET JA SANASTO

CRIPS: Monte-Carlo-malli kokonaisten tulipalojen mallinukseen. Alamallit edustavat ”fyysisiä objekteja”, joita ovat huoneet, ovet, ikkunat, ilmaisimet ja hälyttimet, huonekalut, kuumat savukerrokset sekä ihmiset. Satunnaisiin muuttujiin kuuluvat lähtöolosuhteet kuten eri ikkunoiden ja ovien kiinni- tai aukiolo, ihmisten lukumäärä, tyyppi ja sijainti rakennuksen sisällä, tulipalon sijainti, tyyppi ja palavan asian laatu. (Firemodelsurvey 2016)

Letkuselvitys: Pelastuslaitoksen letkuista, liittimistä ja suihkuputkista koostuva sammutusjärjestelmä.

NIST: National Institute of Standards of Technology

Palolta ja savulta suojattu uloskäytävä: Osastoitu uloskäytävä, johon on yhteys ainoastaan kerrostasolla olevan osastoidun tilan ja tästä edelleen parvekkeen tai muun ulkoilmaan avoimen tilan kautta siten, että palon ja savukaasujen pääsy uloskäytävään estyy (Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1).

Palolta suojattu uloskäytävä: Osastoitu uloskäytävä, johon on yhteys ainoastaan kerrostasolla olevan osastoidun tilan kautta (Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1).

Pelastushelikopterin tukeutuminen ja tukeutumistaso: Pelastushelikopteri voi esimerkiksi rakennuksen katolle sijoitetulle tukeutumistasolle tukea tassunsa siten, että se pysyy tukevasti paikallaan. Tukeutumistilanteessa pelastushelikopterin moottori tulee kuitenkin pitää käynnissä keventämässä helikopterin painoa.

RAKMK: Suomen rakentamismääräyskokoelma

Vaiheittainen evakuointi: Evakuointijärjestelmä Siinä eri osat rakennuksesta evakuoidaan ensin aloittaen kerroksista, joissa riski on suurin.

Vastavirtaus: Tässä työssä käytettävä termi kuvaamassa ilmiötä, jossa samanaikaisesti pelastushenkilöstö kulkee ylöspäin porraskäytävässä poistujien samanaikaisesti kulkiessa samaa porraskäytävää alaspäin näin ollen ohittaen toisensa.

WTC: World Trade Center

1 JOHDANTO

Suomessa on hyvin vähän kokemusta korkeasta rakentamisesta. Kiinnostus yhä korkeampien rakennusten rakentamiseen on kuitenkin kasvanut selvästi, ja tälläkin hetkellä Suomeen ollaan rakentamassa rakennuksia, joiden erityispiirteitä ei yksityiskohtaisesti ole otettu huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 antaa hyvän perustan rakennuksen suunnittelulle, mutta kerrosluvun kasvaessa joudutaan lähes poikkeuksetta turvautumaan E1 kohdan 1.3.2 mukaiseen oletettuun palonkehitykseen perustuvaan suunnitteluun. Aihe-ehdotus opinnäytetyölle tuli L2 Paloturvallisuus Oy:ltä. Aihe oli kiinnostava sen ajankohtaisuuden ja aikaisemman tutkimustiedon rajallisuuden takia. Suomessa korkeaan rakentamisen kohdistuvia tutkimuksia ei ole vielä tehty kattavasti, jonka takia tutkimus koettiin myös tarpeelliseksi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tietoa siitä miten pelastustoiminta ja samassa portaassa tapahtuva evakuointi vaikuttavat toisiinsa. Tämän tiedon kautta tavoitteena oli selvittää millä ehdoilla samanaikainen evakuointi ja pelastustoiminta voitaisiin toteuttaa. Lisäksi tavoitteena oli arvioida hissievakuoinnin mahdollisuuksia evakuoinnin tukena sekä tutkia pelastuslaitoksen nousujohdon ulosottoliittimien eri sijoitusvaihtoehtoja.

Vastavirtausta on tutkittu aikaisemmin Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tutkimushankkeessa TULPPA (Tulipalon aikaisen poistumisen ja pelastamisen ääritilanteita). Tutkimushankkeessa vastavirtaustestit suoritettiin Pelastusopiston letkutornissa ja Aalto-yliopiston rakennuksen Otakaari 1 käytävällä. Letkutornissa tehtyjen vastavirtauskokeiden tavoitteena oli saada uutta tietoa pelastushenkilöstön ja poistuvien ihmisten liikkumisesta portaissa (Rinne, Kling, Grönberg ja Korhonen. 2012). TULPPA-hankkeeseen verrattuna tässä opinnäytetyössä tehtiin samankaltaisia vastavirtaustestejä, mutta erilaisessa testausympäristössä ja lisäämällä uusia muuttujia kuten paineelliset letkuselvitykset ja nousujohtojen ulosottoliittimet.

Työn teoriapohjana käytettiin pääsääntöisesti ulkomailla tehtyjä tutkimuksia ja ennakkotapauksia. Alussa esitellään korkeissa rakennuksissa käytettäviä evakuointimalleja ja evakuointiin liittyviä tutkimuksia. Työn toiminnallisen osuuden tulokset esitellään

teoriaosuuden jälkeen testausraportissa. Toiminnalliseen osuuteen liittyvät dokumentit on liitetty työn loppuun.

Työ rajattiin koskemaan korkeissa rakennuksissa tapahtuvaa evakuointia ja pelastustoimintaa. Suomessa ei ole vakiintunutta käsitystä siitä, minkä korkuinen rakennuksen tulee olla, että sitä voitaisiin kutsua korkeaksi. Toiset tahot mittaavat rakennuksia metrimäärissä ja toiset kerrosluvun mukaan. Kun puhutaan rakennuksen mittaamisesta kerrosluvun mukaan, toiset pitävät rakennuksia korkeina jo kerrosluvun ylittäessä 8 kerroksen rajan, kun taas toiset pitävät rajana Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitettyä 16 kerroksen rajaa. Tässä työssä korkeiksi rakennuksiksi kutsutaan rakennuksia, jotka ylittävät yli 16 kerroksen korkeuden. Yleisesti, kun rakennusta voidaan pitää niin sanotusti korkeana, pelastuslaitoksen työkaluja ja varusteita ei voida enää käyttää kaikissa tilanteissa ulkokautta pelastamiseen tai sammuttamiseen.

2 KORKEA RAKENTAMINEN SUOMESSA

2.1 Lainsäädäntö

Suomessa rakentamista säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), maankäyttö- ja rakennusasetus (Mra), Suomen Rakentamismääräyskokoelma (SRakMk), pelastuslaki (Pel), valtioneuvoston päätökset (VnP:t) sekä näihin lakeihin ja asetuksiin liittyvät ohjeet.

Maankäyttö- ja rakennuslain 117 b § (21.12.2012/958) koskee paloturvallisuutta. Lain mukaan rakennus on suunniteltava ja rakennettava käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi. Palon syttymisen vaaraa on rajoitettava. Rakennuksen kantavien rakenteiden on kestävä vähimmäisajan huomioiden rakennuksen sortumisen, poistumisen turvaamisen, pelastustoiminnan ja palon hallintaan saamisen. Palon ja savun kehittymistä ja leviämistä rakennuksessa ja lähistöllä oleviin rakennuksiin on rajoitettava. Rakennuksen rakentamisessa on käytettävä paloturvallisuuden kannalta soveltuvia rakennustuotteita ja teknisiä laitteistoja. Rakennuksen on oltava sellainen, että siinä olevat henkilöt voivat palon sattuessa pelastautua tai heidät voidaan pelastaa. Pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1 11.5.2 mukaan kaikkiin yli 8-kerroksisiin rakennuksiin tulee kuhunkin porrashuoneeseen asentaa kuivanousujohto sammutustyötä varten. E1 10.5.2 taulukon mukaan yli 16-kerroksisissa rakennuksissa tulee olla vähintään yksi palolta ja savulta suojattu porraskäytävä ja yksi palolta suojattu porraskäytävä. E1 11.4.2 ohjeen mukaan Yli 8-kerroksisen rakennuksen uloskäytävien savunpoistoa suunniteltaessa varmistetaan, etteivät palossa syntyvät palamiskaasut vaaranna poistumista uloskäytäviin liittyvistä tiloista.

2.2 Valmistuneet ja rakenteilla olevat rakennukset

Asuin- tai hotellikäytössä olevia yli 16-kerroksisia rakennuksia on Suomessa vain muutama. Suomen korkein hotellirakennus, Hotelli Tornin, löytyy Tampereelta. Hotelli Tornin valmistui 88 metrin ja 25 kerroksen mittaansa vuonna 2014. (Sokos Hotels 2016.) Sokos hotelli Ilves,

jossa on toiseksi eniten kerroksia Suomen hotelleista, on rakennettu Tampereelle vuonna 1986. Kerroksia 63 metriä korkeassa Ilveksessä on 18. Vaikka Helsingissä jo vuonna 1931 rakennetussa Hotelli Tornissa on kerroksia vain 13, täyttää se korkean rakennuksen kriteerit 70 metrin korkeutensa takia. (Emporis. 2016.).

Asuinrakennuksista korkein rakennus, Cirrus, valmistui vuonna 2006 Helsingin Vuosaareen. Maanpäällisiä kerroksia Cirruksessa on 26 ja korkeutta rakennuksella on 85,5 metriä. Cirruksen katolle on mahdollista tukeutua pelastushelikopterilla (DI Juha-Pekka Laaksonen, sähköpostiviesti 11.7.2016). Espoossa sijaitsevat Sellonhuippu, Reimantorni, Leppävaaran Torni ja Meritorni ovat korkeudeltaan 61 – 70 metriä ja ovat kerrosluvultaan 17 – 22-kerroksisia. (Emporis 2016.)

Suomen korkeat asuin- tai hotellikäytössä olevat rakennukset voidaan siis laskea lähes kahden käden sormilla. Kerrosluvun ylittäessä 16 kerrosta tulee Suomen rakentamismääräyskokoelman E1 taulukon 10.5.2 mukaan rakentaa vähintään yksi palolta ja savulta suojattu uloskäytävä muiden uloskäytävien ollessa palolta suojattua. Tämän lisäksi yli 16-kerroksiset rakennukset tulee Rakmk E1 11.2.4:n mukaan varustaa palomieshissillä. Muilta osilta Rakmk ei ota kantaa yli 16-kerroksisiin rakennuksiin, minkä takia muut turvallisuusosat alueet pitää suunnitella soveltaen ja ulkomailta mallia ottaen.

Tällä hetkellä Suomeen on rakenteilla entistä korkeampia rakennuksia. Näyttäisi siltä, että korkean rakentamisen trendi on rantautumassa myös Suomeen. Keski-Pasilaan on tällä hetkellä rakentumassa rakennuskompleksi Tripla, joka yhdistää toimistoja, hotellin, asuinrakennuksia, kauppakeskuksen ja pysäköintipaikkoja yhdeksi suureksi kokonaisuudeksi. Triplan kauppakeskus on suunniteltu avattavaksi vuonna 2019 ja asunnot 2021. Nyt rakenteilla olevaan Triplaan mahtuu 5000 toimistotyöntekijää ja 1000 asukasta. Kerroksia tulevaisuudessa Keski-Pasilaan Triplan eteläpuolelle rakennettavissa rakennuksissa on 20 - 40 kerrosta. (YIT 2016.)

Tämänhetkisen suunnitelman mukaan Helsingin Kalasatamaan on rakentumassa yhteensä kahdeksan tornitaloa vuoteen 2023 mennessä. Torneista ensimmäisen, 130 metrisen T2:n, on määrä valmistua syksyllä 2018. (Redi 2016.)

Espoon Keilaniemeen asuinkäyttöön suunniteltujen neljän tornitalon rakentaminen pyritään aloittamaan vuonna 2018, kun tornien väliin jäävän metron tunnelin ensimmäinen puolikas on saatu valmiiksi. Korkeimmassa Keilaniemen tornissa kerroksia on 40, matalimmassa 32 ja kahdessa tornissa kerroksia 36. (SRV 2016.)

3 POISTUMISEN ERITYISPIIRTEET KORKEISSA RAKENNUKSISSA

3.1 Korkeus

Kun rakennuksen korkeus ylittää pelastuslaitoksen korkealta pelastamiseen tarkoitettun kaluston korkeuden, täytyy myös poistumisen kaikissa tilanteissa tapahtua sisäkautta. Jos rakennuksessa ei ole käytössä onnettomuustilanteessa poistumiseen suunniteltua hissiä, poistutaan porraskäytäviä pitkin. Tässä tapauksessa poistumismatkat ovat pitkät ja fyysistä kuntoa kuluttavat.

3.2 Liikkumista vaikeuttavat tekijät

Korkeissa rakennuksissa liikuntarajoitteisuus vaikeuttaa suuresti tai jopa estää kokonaan portaiden käytön poistumisessa. Ihmisillä saattaa olla erilaisia henkilökohtaisia esteitä tai rajoitteita liikkumisessa. Tällaisia esteitä voivat olla muun muassa pyörätuolin käyttäminen, raskaus, astma, rajoittunut näkökyky, fyysiset vammat, liikalihavuus tai korkea ikä. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat merkittävästi poistumiskykyyn ja aiheuttavat sen, että poistumiseen tarvitaan eriasteista tukea.

Poistumistilanteessa esimerkiksi pyörätuolilla liikkuvan henkilön auttamiseen portaita alas tarvitaan vähintään kaksi ihmistä. Henkilön kantaminen on hidasta ja tilaa vievää, joten se vaikuttaa merkittävästi poistumisnopeuteen porrashuoneissa. Ohittaminen saattaa olla mahdotonta kantamisen vievän tilan takia, joten evakuointinopeus määrätty hyvin pitkälti autettavien poistumisnopeuden mukaan.

3.3 Palon käyttäytyminen ja leviäminen

Korkeissa rakennuksissa palo saattaa levitä ja kehittyä toisia rakennustyyppisiä ennalta-arvaamattomammin. Tulipalon ja savun on mahdollista levitä ylöspäin, alaspäin tai sivuttain riippuen palotilassa vaikuttavista olosuhteista. Lisäksi palon leviämisen vaikutukset voivat olla kohtalokkaita sortumisvaaran ja tippuvien rakennusosien takia. (Kauranen 2013.)

4 EVAKUOINTISTRATEGIAT

Tulipalon sattuessa normaaleissa matalissa rakennuksissa lähtökohtaisesti rakennus evakuoidaan kokonaisuudessaan. Kerrostalojen asukkaita kuitenkin neuvotaan pysymään huoneistoissaan, jos porraskäytävässä on havaittavaa savunmuodostusta. Korkeissa rakennuksissa koko rakennuksen evakuoiminen ei välttämättä tule enää kyseeseen pitkien poistumismatkojen takia. Erilaiset evakuointimallit tulevat kysymykseen, kun rakennuksen korkeus kasvaa useisiin kymmeneen kerrokseen. Seuraavat evakuointimallit ja siihen liittyvät määritelmät on osittain kerätty Richard W. Bukowskin artikkelista (2007) *Emergency Egress Strategies for Buildings*.

4.1 Portaat

Portaat ovat evakuoinnin kannalta yleisin keino saada ihmiset turvaan rakennuksesta. Korkeiden rakennusten osalta kuitenkin portaisiin liittyy varjopuolia, minkä takia vaihtoehtoisia menetelmiä on järjestettävä turvallisen ja tehokkaamman poistumisen turvaamiseksi. Suomessa korkeissa rakennuksissa tulee olla vähintään kaksi toisistaan riippumatonta poistumisreittiä. Näistä vähintään yhden on oltava palolta ja savulta suojattu uloskäytävä ja muiden uloskäytävien on oltava palolta suojattuja.

Ongelmat portaiden käytössä tulevat silloin, kun koko rakennusta ei ole saatu evakuoitua ennen pelastuslaitoksen sammutushyökkäyksen alkamista. Pelastuslaitos joutuu ottamaan yhden porraskäytävistä käyttöönsä. Sammutustyössä käytettävät letkut vaikeuttavat tai saattavat joissain tapauksissa estää kokonaan portaiden käytön tässä uloskäytävässä. Lisäksi on mahdollista, että letkut joudutaan vetämään palavaan tilaan osastoivan oven kautta, jolloin ovet jäävät auki mahdollistaen savun pääsemisen uloskäytävään. Pahimmassa tapauksessa sammutushyökkäystä joudutaan viivästyttämään niin kauan, että porraskäytävä on tyhjennetty ihmisistä.

Kokemuksia edellisenlaisesta tapauksesta on vuodelta 1986 kun 52-kerroksisessa Boston Prudential Centerissä syttyi tulipalo 14 kerroksessa. Toinen porraskäytävistä petti heti palon alkuvaiheessa jättäen vain toisen käytävistä käytettäväksi. Pelastuslaitos ei pystynyt

aloittamaan sammutushyökkäystä, ennen kuin koko rakennus oli saatu evakuoituksi. Tämä tapahtuma viivästytti sammutushyökkäyksen aloittamista noin tunnilla.

Turvallinen arvio korkeiden rakennusten tyhjentymisnopeudesta on noin 1 minuutti kerrosta kohden. Normaali poistumisnopeus vaihtelee 20:stä 30 sekuntiin, mutta 1 minuutin arvioon on lisätty mahdollinen savunmuodostus, matkojen aiheuttama uupumus, loukkaantuneiden ihmisten hidastaminen sekä ihmiset, jotka käyttävät esimerkiksi pyörätuolia tai kävelysauvoja.

Poistumisen sekä palokunnan toiminnan kannalta portaat ovat kuitenkin lähtökohtaisesti turvallisinta tapaa käyttää rakennusta onnettomuustilanteessa niiden tekniikan riippumattomuuden takia. Portaita voidaan käyttää, vaikka rakennuksen muu tekniikka olisi kokenut vaurioita. Yleisesti mitä enemmän käytetään sähköä ja tekniikkaa, sitä enemmän on mahdollisuuksia vioittumiseen.

4.2 Evakuointihissit

Nykyisin hissit kuuluvat rakennusten normaalivarustukseen jo silloin, kun rakennuksessa on vain muutamia kerroksia. Onnettomuustilanteessa tavalliset hissit ovat kuitenkin haavoittuvaisia tulipalon, sprinkleriveden tai pelastuslaitoksen sammutusveden vaikutuksesta. Tämän takia normaalikäytäntö maailmalla on ollut, että onnettomuustilanteessa hissejä ei tulisi käyttää.

Jotta hissit saataisiin käyttöön myös evakuointitilanteessa, tulee niiden olla palolta ja vedeltä suojattuja niin tekniikaltaan kuin rakenteiltaan. Lisäksi hissien aulojen tulee olla osastoituja turvallista odottamista varten. (EN 81-72. 2015.)

4.3 Hissievakuointistrategiat

Otettaessa hissejä evakuointikäyttöön on tärkeää käyttää hyväkseen niiden vahvuuksia ja suojella niiden heikkouksia. Tyypillinen suunnitteluperuste hissejä valittaessa ja ohjelmoidessa korkeisiin rakennuksiin on se, että hissit pystyvät kuljettamaan 10 % rakennuksen käyttäjistä 5 minuutissa silloin, kun käyttö on kovimmillaan. Näin ollen tätä suunnitteluperustetta käytettäessä normaalikäytössä hissien tulisi pystyä tyhjentämään koko

rakennus alle tunnissa rakennuksen mukaan. Tarkoituksena ei kuitenkaan ole alkaa tyhjentää koko rakennusta mahdollisimman nopeasti. Hissit voidaan ohjelmoida niin, että ne kuljettaisivat suurimassa vaarassa olevat ihmiset ensin ja vasta sitten jatkaisivat koko muun rakennuksen tyhjentämistä aloittaen ylimmästä kerroksesta. (EN 81-72. 2015)

Kun suurimmassa vaarassa olevat ihmiset on saatu pelastettua, voidaan tämän pelastustehtävän jälkeiset toiminnot jakaa kahteen eri luokkaan. Vaiheittaisessa evakuoinnissa hissit jatkavat työskentelyä rakennuksen tyhjentämisessä kerros kerrallaan. Osittaisessa evakuoinnissa voidaan turvassa olevat ihmiset jättää rakennukseen odottamaan tilanteen rauhoittumista. Kysymykseksi jää; pitäisikö molempiin toimintamalleihin olla mahdollisuus. Jos rakennukset ovat sortumisvaarassa, ei osittainen evakuointi tule kysymykseen.

Esimerkki hissievakuoinnin vaiheista

Automaattinen hissievakuointi alkaa automaattisen paloilmoittimen hälyttäessä pelastuslaitoksen paikalle. Paloilmoittimen ohjaamat hissit aktivoituvat evakuointitilaan. Mahdollisesti yksi hissi poistuu käytöstä ja varaa itsensä pelastuslaitoksen käytettäväksi. Evakuointihissit aloittavat toimintansa kerroksesta, jossa palo on saanut alkunsa, ja jatkavat työskentelyä tyhjentäen myös kaksi ylempää kerrosta. Sen jälkeen kun nämä kolme kerrosta ovat tyhjillään, hissit pysähtyvät ennalta ohjelmoituun kerrokseen odottamaan seuraava käskyä, jonka antaa joko rakennuksen turvallisuudesta vastaava henkilö tai pelastusviranomainen. Hissit voidaan käskä suorittamaan joko osittainen- tai kokoevakuointi tai vaihtoehtoisesti palaamaan normaalitilaan.

Päätös evakuoida koko rakennus johtaisi vaiheeseen kaksi, jossa hissit aloittaisivat rakennuksen tyhjentämisen ylimmästä kerroksesta alkaen. Kerroksissa painetut hissien kutsunapit rekisteröityisivät järjestelmään, mutta eivät vaikuttaisi ennalta ohjelmoituun toimintaan.

Suljetut hissien odotusaulat suojaavat hissejä ja ihmisiä tulelta, savulta ja esimerkiksi sammutusjärjestelmän vedeltä. Reaaliajassa toimivat näytöt antavat odottajille informaatiota odotusajasta. Tämä on tärkeää, sillä ilman lisäinformaatiota odottava ihminen saattaa hyvin nopeasti tehdä huonoja valintoja epäuskoisuudessaan hissien saapumisesta. Samoin poistumiskerroksessa reaaliajassa olevat näytöt kieltäisivät ihmisiä astumasta hissiin, jotta

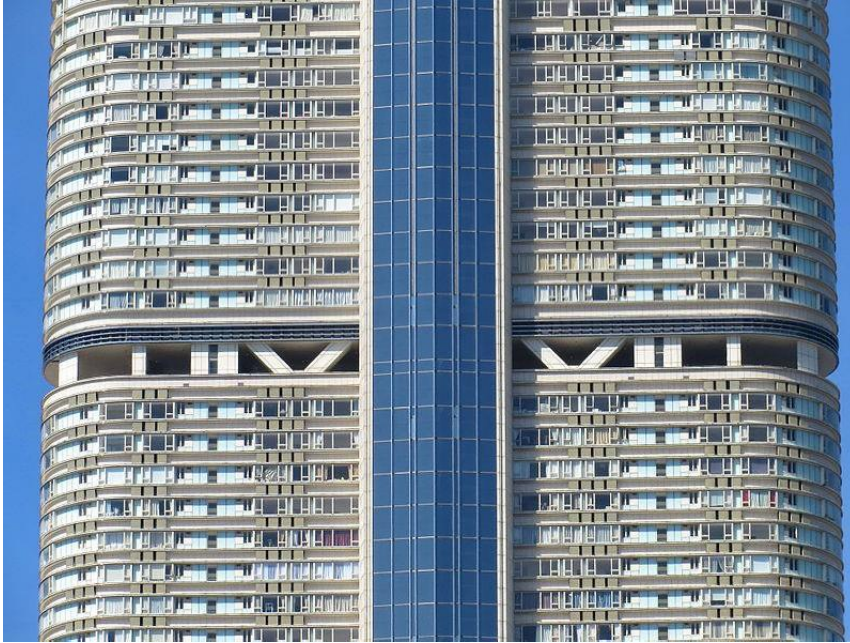
edestakainen liike saataisiin estettyä. Sen jälkeen, kun evakuointiohjelma on saatu loppuun, voidaan loukkaantuneita tai harhailijoita evakuoida manuaalisesti hissiä ohjastaen.

4.4 Suojatut kerrokset

Esimerkiksi Kiinassa ja Singaporessa korkeat rakennukset tulee varustaa suojatuilla kerroksilla 20 tai 25 kerroksen välein. Suojatut kerrokset ovat teknisiä kerroksia, joissa ei normaalitilanteessa ole toimintaa. Esimerkki suojatun kerroksen ulkonäöstä on kuvassa 1. Näissä kerroksissa tulee olla tilaa kaikille tätä kerrosta käyttämään suunnitelluille ihmisille 0,3 m² henkilöä kohden. Kaksi vastakkaista päätyä kerroksesta tulee olla avoimia, jotta mahdollinen savunmuodostus ei pääsisi jäämään kerrokseen. Avoimet sivut olisi hyvä suojata myös vesiverhoilulla, jotta mahdollinen rakennuksen ulkopuolinen palo ei pääsisi leviämään kerrokseen. Suojatut kerrokset ovat paikkoja, jonne ihmiset voivat jäädä odottamaan apua tai vuoroaan päästä poistumaan rappusia pitkin. (Bukowski 2007. 182.)

Suojatut kerrokset eivät kuitenkaan ole ongelmattomia. Rakentamisen kannalta kerrokset ovat niin sanottua hukkatilaa, jota ei voida käyttää normaalikäytössä. Rakennuttajalle saattaa olla vaikeaa perustella kustannuksia nostattavaa tilaa, josta ei voida saada tuottoa. Maailmalla onkin monia tapauksia, joissa rakennuksen käyttäjä on ottanut suojatut kerrokset normaaliajan käyttöön, sisustaen ja sijoittaen sinne esimerkiksi työntekijöiden tiloja. (Flatle 2016.)

Poistumisharjoituksissa ja todellisissa poistumistilanteissa on havaittu, että ihmisillä on taipumus jäädä välikerrokseen ja olla tulematta rakennuksesta ulos. Tällöin rakennuksen evakuointi hankaloituu. Ruuhkan takaa voi olla mahdotonta päästä kerroksen läpi tällaisessa tilanteessa. Muualla kuin Aasiassa onkin siirrytty välikerrokseen, joissa on ainoastaan mahdollisuus vaihtaa porrasta, mutta ei mahdollisuutta jäädä odottelemaan kerrokseen. Käytännössä tämä on toteutettu hieman porrasteveyyttä leveämmällä putkella, joka johtaa muihin portaisiin. Tällöin jono liikkuu koko ajan. Väsyneet mahtuvat huilaaman levennyksessä, mutta muut pääsevät ohi. (DI Juha-Pekka Laaksonen, sähköpostiviesti 19.8.2016)



Kuva 1. Suojattu kerros. The Masterpiece, Hong Kong. (Wikipedia 2016.)

5 HISSIEN KÄYTTÖ EVAKUOINNIN TUKENA

5.1 Hissievakuoinnin hyödyt

Yksi tämän työn päätavoitteista on määrittää, kuinka paljon hissievakuointi vapauttaa palokunnan resursseja onnettomuustilanteessa. Jo alkuvaiheessa voidaan kuitenkin todeta, että täydelliseen yksiselitteiseen tulokseen ei voida päästä, sillä muuttuvia tekijöitä on niin monia. Aikaisempien tutkimusten perusteella voidaan kuitenkin laskea arvoja sille, kuinka paljon hissievakuointi nopeuttaa koko rakennuksen evakuointia. Tutkimukset osoittavat, että mitä korkeammasta rakennuksesta on kyse, sitä suuremmaksi kasvaa hissievakuoinnin hyöty.

Hissievakuoinnilla on mahdollista saavuttaa merkittäviä hyötyjä rakennuksen ja hissievakuointisysteemin mukaan. Mahdollisia hissievakuoinnin etuja ovat seuraavat:

(Charters, Smith, Chitty ja Fraser-Mitchell. 2007. 194.)

- Arvioitu kokonaisevakuointiaika vähenee,
- Liikuntarajoitteiset ihmiset voivat poistua rakennuksesta samalla tavalla, kuin he sinne tulivatkin,
- Pelastuslaitos pystyy käyttämään hissejä pelastaakseen onnettomuuden uhreja,
- Pelastuslaitos pystyy käyttämään hissejä liikutellakseen resurssejaan.

5.2 Poistumisen nopeus ilman hidastavia tekijöitä – KONE OY

Hissievakuoinnin hyötyjä voidaan laskea melko tarkasti, jos ei oteta huomioon poistumisen aiheuttavia mahdollisia hidastavia tekijöitä. Kone Oy:n tutkimuksen mukaan asuinrakennuksissa pelkkä hissievakuointi on pelkkää porrasedevakuointia nopeampaa, kun kerroksessa sijaitsee yli 100 henkilöä ja kun kerroksia on yli 50 tai kun henkilöitä on yli 200 ja kerroksia yli 25. Yleensä asuinrakennuksissa kerrosluku on alle 50 ja asukasluku alle 200 kerrosta kohden, joten porrasedevakuointi olisi tässä tapauksessa nopeampaa.

Toimistorakennuksissa porrasedevakuointi on nopeampaa, kun kerroksia on 50 tai vähemmän ja kun ihmisiä kerroksessa on vähemmän kuin 50. Kun ihmisiä kerroksissa on yli sata, hissievakuointi alkaa olla nopeampaa 25. kerroksesta ylöspäin. Kun henkilömäärää

kasvatetaan toimistorakennuksissa, alkaa hissievakuointi olla nopeampaa jo 15. kerroksesta ylöspäin. Kuitenkin nopeimpaan poistumisaikaan päästään nämä molemmat poistumistavat yhdistämällä. (Siikonen ja Hakonen. 2002.)

On kuitenkin muistettava, että edellisen kappaleen luvut ovat vain teoreettisia lukuja, joista hissievakuoinnin hyötyjä voidaan alkaa pohtia. Korkeissa rakennuksissa on niin monia poistumiseen mahdollisesti hidastavasti vaikuttavia tekijöitä, että tositilanteen sattuessa näihin ”ihanneaikoihin” ei koskaan päästä.

5.3 Poistumisen nopeus portaita käyttäen ja hissien tukemana – Building Research Establishment

BRE:n (Building Research Establishment) tuottaman tutkimuksen mukaan poistuminen on 37 % nopeampaa 16-kerroksisesta toimistorakennuksesta, kun poistumisen tukena käytetään hissiä. Tutkimus tehtiin simuloimalla käyttäen CRIPS Risk Assessment -mallia. Seuraavassa osiossa esitellään kyseinen tutkimus ja osa sen tuloksista.

Analyysin aikana tehtiin yli 100 erilaista simulaatiota, joissa otettiin huomiin muun muassa seuraavia muuttujia:

- hissien liikkuminen erilaisilla toiminnoilla ja ohjauksilla
- turvallisuustoimintojen vaikutukset esimerkiksi hissien ylitäyttöön liittyen
- ihmisten käyttäytyminen, esimerkiksi ryhmien syntyminen ja odotusajat
- poistumisreitien valitseminen mukaan lukien reitin vaihtaminen poistumisen aikana
- väsymyksen vaikutukset
- erilaiset evakuointistrategiat.

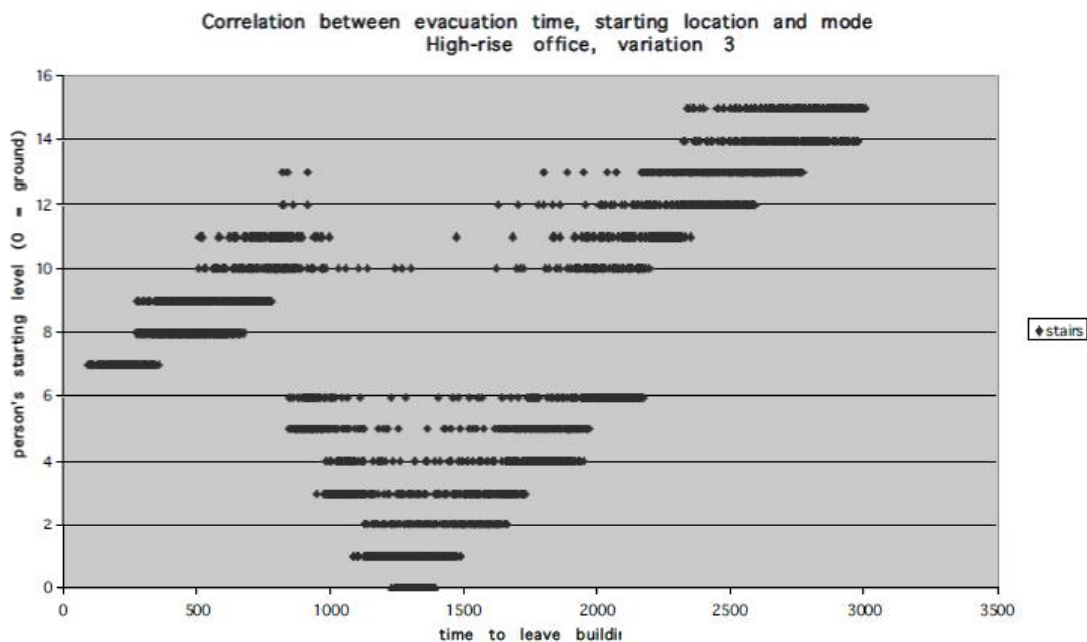
Esimerkkiskenaario

Esimerkkiskenaario toteutettiin simuloimalla 16-kerroksista toimistorakennusta seuraavilla arvoilla:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Rakennuksessa oleva henkilömäärä: | 3200 |
| Skenaario: | tulipalo kahdeksannessa kerroksessa |
| Vaiheittainen evakuointi: | Vaiheet alkavat 150 s välein. |

Hissin operointimalli:

Hissi pysähtyy ylimmässä kerroksessa, jossa sitä on kutsuttu ja jatkaa alas pysähtymättä välissä ottamaan ihmisiä kyytiin. Ei rajoituksia (esimerkiksi liikuntarajoitteiset ihmiset) hissien käytössä. Kuka tahansa voi käyttää hissiä.

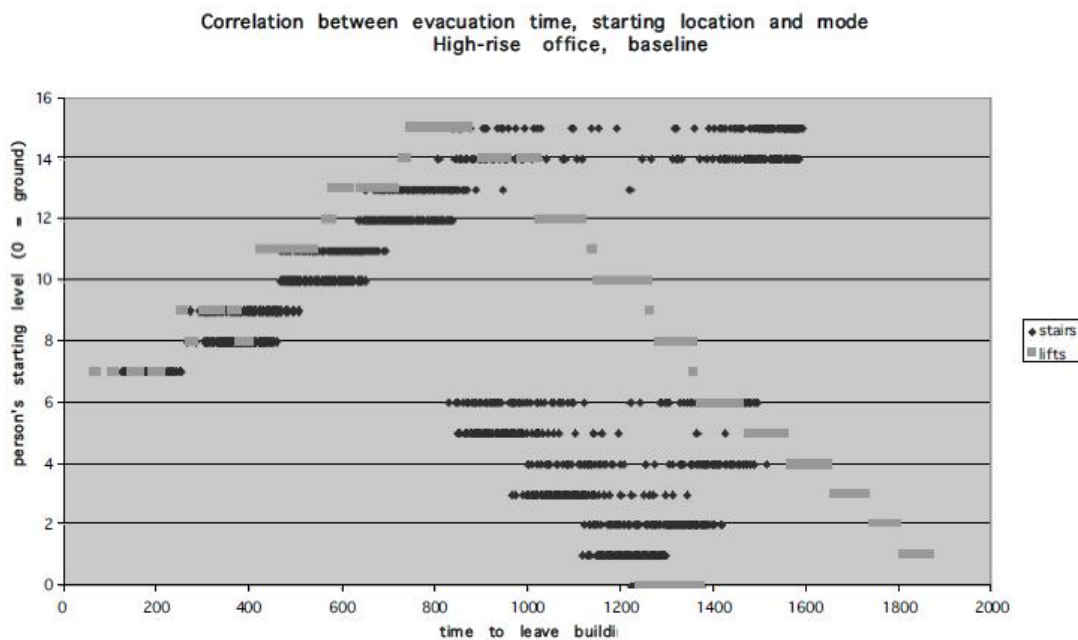


Kuva 2. Henkilöiden poistumisaika kerroksittain käyttäen ainoastaan portaita (Charters ym. 2007).

Kuva 2 osoittaa tulokset simulaatiolle, jossa hissejä ei ollut käytettävissä, vaan kaikki poistujat käyttivät rakennuksen keskiosassa olevaa porraskäytävää. Simulaatiossa oletettiin, että ihmiset eivät käytä aikaa harkitsemaan hissivaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaiheessa poistuvat ainoastaan seitsemännen kerroksen henkilöt, joten poistumisvirtaan ei vaikuta poistujat alemmista kerroksista. Huomionarvoista on se, että seitsemännen kerroksen viimeiset henkilöt pääsevät ulos vasta toisessa vaiheessa kahdeksannen ja yhdeksännen kerroksen ensimmäisten henkilöiden jälkeen. Toinen vaihe myöskin kestää kauemmin, sillä poistujia on kaksinkertainen määrä. (Charters ym. 2007.)

Vaihe, johon kuuluvat kerrokset 5 ja 6, alkaa ajankohdalla $t = 750$ s. Kuudennen kerroksen yläpuolella olevat portaat ovat täynnä evakuoituvia ihmisiä ylemmistä kerroksista. Viidennen ja kuudennen kerroksen mukaantulo hidastaa merkittävästi ylempien kerrosten

poistumisvirtaa. Yhteensä koko rakennuksen evakuoimiseen menee noin 3000 sekuntia eli 50 minuuttia.



Kuva 3. Henkilöiden poistumisaika käyttäen portaita ja hissiä (Charters ym. 2007).

Toinen kaavio kuvassa 3 kuvaa henkilöiden poistumisaikoja, kun portaiden lisäksi voidaan käyttää poistumisessa myös hissiä. Ensimmäiseen kaavioon verrattessa voidaan huomata, että kokonaisevakuointiaika on paljon pienempi. Koko rakennuksen tyhjennys kestää noin 1900 sekuntia eli noin 32 minuuttia, mikä on noin 37 % nopeammin kuin ensimmäisessä simulaatiossa.

Kaaviota ymmärtääkseen on huomioitava, että eri evakuointivaiheet simulaatiossa alkavat 150 sekunnin välein. Evakuointi alkaa seitsemännestä kerroksesta ja jatkuu ylempiin kerroksiin vaiheittain. Toinen tärkeä asia, joka tulee ottaa huomioon kaaviota tarkasteltaessa, on hissien ohjelmointi. Hissit priorisoivat kulkuaan korkeimman tilauksen tehneen kerroksen mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi 10. kerroksessa hissiä odottavat ihmiset joutuvat odottamaan niin kauan, kunnes ylemmissä kerroksissa ei ole enää halukkaita hissien käyttäjiä. Hissit eivät pysähdy matkalla alas poimimaan kyytiin lisähenkilöitä. Tämä johtaa siihen, että lähes jokaiseen kerrokseen jää aina muutamia harhailijoita, jotka eivät ehtineet poistua hissillä (eivätkä halua käyttää portaita), ennen kuin ylempien kerrosten poistumisvaiheet alkoivat.

6 PELASTUSLAITOKSEN TOIMINNAN JA EVAKUOINNIN YHTEENSOVITTAMINEN

6.1 Vastavirtauksen vaikutukset

Moni asia vaikuttaa hätätilanteessa evakuoimistilanteen nopeuteen, sujuvuuteen ja turvallisuuteen. Korkeissa rakennuksissa on mahdollista, että palokunnan tullessa paikalle rakennuksen evakuointia ei ole vielä ehditty saattaa loppuun. Tämä tilanne johtaa väistämättä siihen, että jossain vaiheessa poistuvat ihmiset kohtaavat pelastustöihin matkalla olevat pelastajat. Tämä tilanne johtaa vastavirtaukseen. Silloin pelastushenkilöstö siirtyy ylöspäin samassa portaassa, jossa poistuvat ihmiset liikkuvat alaspäin. NIST:in (National Institute of Standards of Technology) tekemät tutkimukset WTC:n (World Trade Center) evakuoinnista ja erilaiset poistumisharjoitukset osoittavat, että vastavirtauksella on vain vähän vaikutusta poistumisen nopeuteen, mutta merkittävä vaikutus palokunnan toimintaan. Vastavirtaus vaikuttaa palokuntaan negatiivisesti muun muassa viivyttämällä toiminnan aloittamista ja erottamalla pelastushenkilöstöä toisistaan. (Bukowski 2007.)

NIST on tehnyt monia tutkimuksia WTC-torneihin kohdistuneiden hyökkäyksien jälkeisistä tapahtumista. Yksi suuri tutkimusosa-alue on ollut poistuminen rakennuksesta. WTC:n pelastusoperaatiossa kohdattiin usean poistujan kohdalla vastavirtausefekti, jossa varustautuneet palomiehet tulivat poistumisvirtaa vastaan porraskäytävissä. Iskuista selvinneitä haastateltiin ja heiltä kysyttiin kokemuksia viranomaisten vaikutuksesta poistumiseen. Poliisit ja palomiehet koettiin avuksi 44 %:ssa tapauksista WTC 1:n kohdalla ja 30 %:ssa tapauksista WTC 2:n kohdalla. Poistumista haittaavaksi tekijäksi viranomaiset koettiin 62 %:ssa tapauksista WTC 1:n kohdalla, kun taas WTC 2:n kohdalla sama luku oli 27 %. Alhaiset luvut WTC 2:n kohdalla selittyvät sillä, että iskun osuessa WTC 2:een oli pelastusjoukot keskitetty jo WTC 1:een, jolloin WTC 2:sta poistujat eivät koskaan tavanneet viranomaisia poistuessaan. (Averill ym. 2005.)

6.2 Palomieshissi

USA:ssa yleinen korkeiden rakennusten sammutustaktiikka tukeutuu vahvasti palomieshissin käyttöön. Kyseinen hissityyppi on palolta ja vedeltä suojattu hissi, joka pystytään normaali-

tai evakuointikäytöstä valjastamaan pelastuslaitoksen käyttöön. Vaihtoehtoisesti onnettomuuden sattuessa pelastuslaitokselle suunniteltu hissi laskeutuu valmiiksi tuloaulaan odottamaan pelastushenkilöstön saapumista. (Fire Engineering 2014.)

Pelastushenkilöstö lastaa tarvittavat varusteet hissiin ja nousee lähtökohtaisesti kerrokseen, joka on 2 - 3 kerrosta tulipalon alla. Saapumiskerroksesta nousee joko kerrokseen, jossa tulipalo sijaitsee tai kerrokseen, joka on kerrosta alempana. Sammutusletkut liitetään kerroksessa sijaitsevaan nousujohtoon, minkä jälkeen ne paineistetaan. Tämän jälkeen pelastus- ja sammutustyö voi alkaa. (Fire Engineering 2014.)

6.3 Nousujohdon ulosottoliittimen sijoittaminen

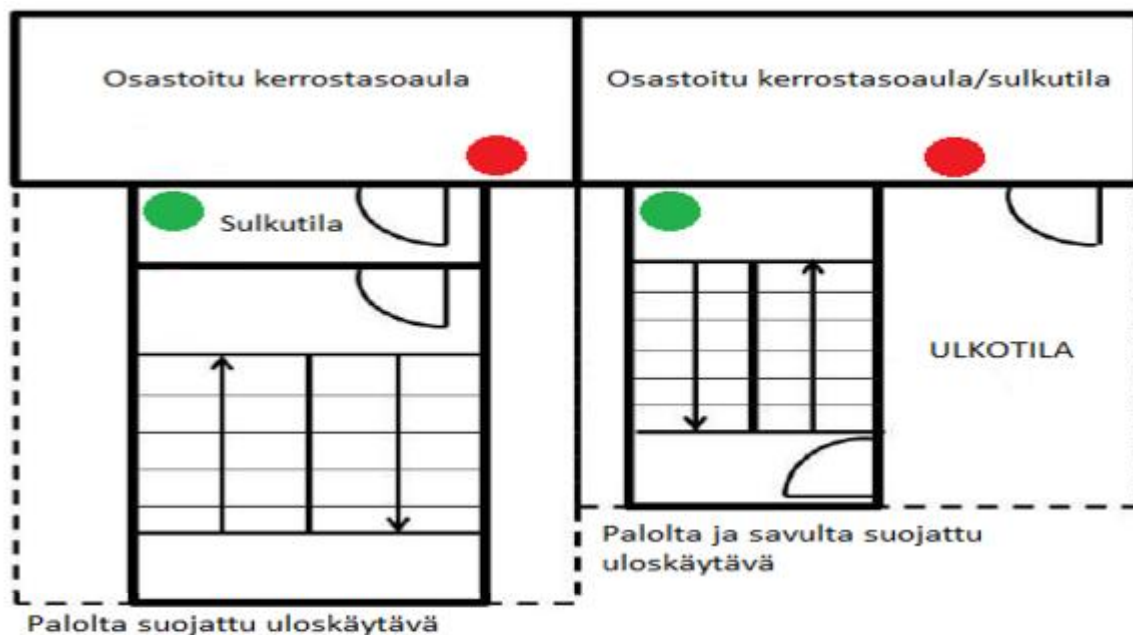
Tässä työssä testattiin kolmea eri nousujohdon ulosottoliittimen sijoitusta Pelastusopiston palotalolla. Suomessa nousujohdon suunnittelussa on noudatettava standardia SFS 4317: Palokalusto niiltä osin kuin muuta ei ole esitetty. Pelastuslaitoksilla on standardin tueksi luotu ohjeita, jotka ohjaavat ulosottoliittimet sijoitettavaksi lähtökohtaisesti palolta ja savulta suojatun uloskäytävään liittyvään osastoituun tilaan. Asuinrakennuksissa ulosottoliittimen sijoitus ohjataan suunniteltavaksi kerrostasanteelle, jos se on osastoitu uloskäytävästä.

Päijät-Hämeen Pelastuslaitoksen ohje 2012 toteaa seuraavaa: *”Nousujohdon ulosotot sijoitetaan toisesta kerroksesta alkaen jokaiseen kerrokseen. Rakennuksissa, jossa on yksi nousujohto, ulosotto sijoitetaan ensisijaisesti palolta ja savulta suojattuun uloskäytävään liittyvään osastoituun tilaan, vaihtoehtoisesti käytetään palolta suojattuun uloskäytävään liittyvää osastoitua tilaa. Pelastustoimintaan tarkoitetun hissien sijainti voi vaikuttaa uloskäytävän valintaan.*

Asuinrakennuksessa ulosotto sijoitetaan kerrostasanteelle palolta ja savulta suojatun uloskäytävän oven läheisyyteen. Liitäntä sijoitetaan kaappiin, joka on avattavissa normaalilla ikkunanavaimella.”

HIKLU-alueen (Helsingin, Itä-Uudenmaan, Keski-Uudenmaan ja Länsi-Uudenmaan pelastuslaitokset) ohjeessa asia esitetään seuraavasti: *”Mikäli esim. asuinrakennuksen kerrostasoaula tms. tila toimii porrashuoneen sulkutilana ja osastoitu kerrostasoaula on varustettu riittävällä savunhallinnalla, voidaan vedenotot sijoittaa kerrostasoaulan puolelle (punaiset täplät kuvassa 1). Muissa tapauksissa vedenotot sijoitetaan porrashuoneeseen,*

taikka tilan salliessa, ylimääräisen sulkutilan puolelle (vihreät täplät kuvassa 1).” (HIKLU-ohjeet 2015). Kuvassa 4 on esitetty ohjeesta löytyvä kuva 1.



Kuva 1. Vedenottoliittimien sijoittaminen kerroksissa.

Kuva 4. Ulosottoliittimen sijoitus (HIKLU-ohjeet 2015).

Nousujohdon liittimien sijoittelussa tulisi suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon käytettävän letkukaluston mitat sekä selvitysreitit. Olemassa olevia ohjeita tulee noudattaa, mutta mielestäni liittimien sijoituksessa tärkeintä on, että ne suunnitellaan rakennuskohtaisesti vastamaan pelastuslaitoksen tarpeita ottaen huomioon sijoituspaikan helppo käytettävyys ja löydettävyys sekä savun leviämisen mahdollisuudet.

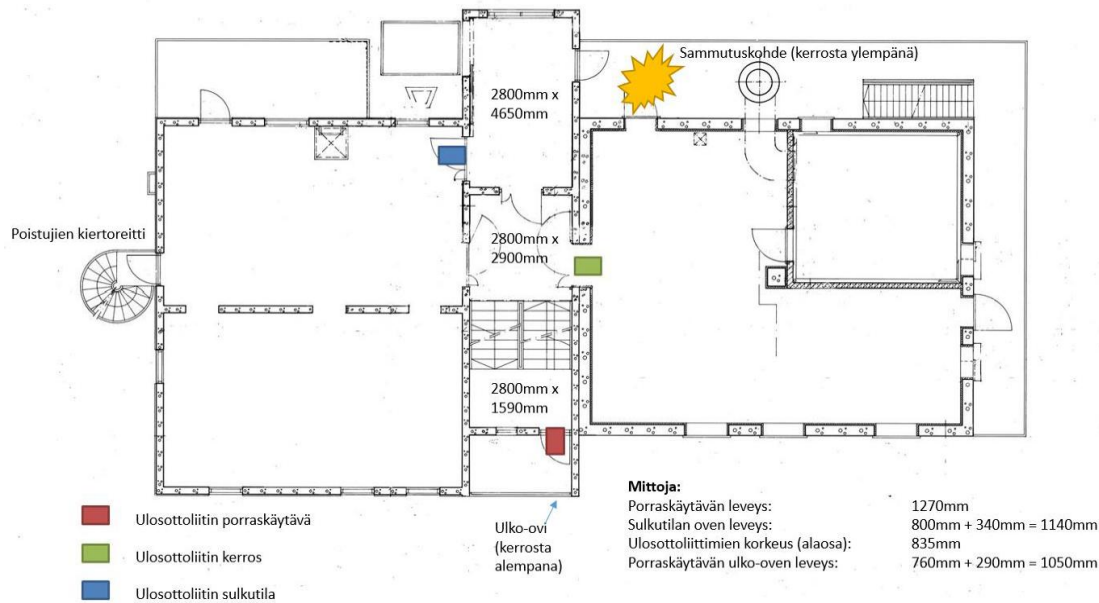
7 TESTAUSRAPORTTI

Kaikki vastavirtaustestit järjestettiin Pelastusopiston harjoitusalueen palotalolla. Erilaisia testejä tehtiin pohjatestien lisäksi kolmesta eri nousujohdon ulosottoliittimen sijoituskohdasta, joita olivat porraskäytävä, kerros ja sulku-tila.

7.1 Testausympäristö

Testausympäristönä toimi Pelastusopiston harjoitusalueen palotalo. Palotalo on Pelastusopiston harjoituskäyttöön suunniteltu kolmekerroksinen kerrostalo, jossa pystytään käyttämään oikeaa tulta ja vettä. Rakennuksen porraskäytävä on varustettu alhaalta avattavalla savunpoistoluukulla. Rakennuksessa on kaksi uloskäytävää. Toinen uloskäytävistä on tavanomainen kerrostalon porrashuone ja toinen rakennuksen ulkopuolella sijaitseva kierreporras. Testeihin käytettiin rakennuksen keskeistä porraskäytävää ja poistujien ylös kiipeämiseen rakennuksen päässä sijaitsevaa kierreporrasta. Nokisuuden takia porraskäytävä oli erittäin pimeä. Lisävaloa tuotiin käytävään sijoittamalla valaisimet jokaiselle porrastasanteelle sekä avaamalla porraskäytävän välitasanteiden parvekkeiden ovet.

Kuvan 5 pohjana on käytetty palotalon pohjapiirustuksen 2. kerrosta. Kuvassa keltaisella merkinnällä kuvattu sammutuskohde on kerrosta ylempänä verrattuna ulosottoliittimien sijoitukseen. Ulosottoliittimille vesi saatiin sammutusyksiköstä, joka oli sijoitettu rakennuksen ulko-oven puoleiselle sivustalle.



Kuva 5. Testausjärjestelyt.

7.2 Testaushenkilöstö

Testaushenkilöt olivat palopäälystökurssi N14:n opiskelijoita, joiden lisäksi poistujien joukossa oli yksi Pelastusopiston opettaja. Poistujia oli yhteensä 12 ja pelastajia yhteensä kolme. Ennen testin aloittamista poistujille jaettiin numeroliivit, jotta heidät voitaisiin tunnistaa jälkepäin videoanalyysistä ja tätä kautta yhdistää mahdollisiin kyselylomakkeisiin kirjoitettuihin kommentteihin ja tuloksiin. Lisäksi poistujilla oli päässään kypärät ja jalassaan turvakengät. Pelastajilla oli päällään savusukellusvarustus ilman murtovälineitä sekä kaksi letkukehikkoa, joissa kussakin oli kaksi työjohtoa.

Kaikki testiin osallistuneet olivat miehiä. Testihenkilöt olivat 20 – 39-vuotiaita (ei tarkkaa tietoa) ja fyysikaltaan hyväkuntoisia. Testihenkilöstön keski-ikä oli arviolta noin 25 vuotta. Kenelläkään testihenkilöstöstä ei ollut liikuntarajoitteita.

Mittaushenkilöstönä ja tarkkailijoina toimi opinnäytetyön tekijän lisäksi kaksi palopäälystökurssi N12:n opiskelijaa ja kaksi L2 paloturvallisuus Oy:n edustajaa.

7.3 Menetelmät ja mittausvälineet

Ajan mittaamiseen käytettiin kahta sekuntikelloa, joista toinen mittasi selvityksen tekemiseen ja toinen poistumiseen kuluva aikaa. Ajan mittaamisen varmistamiseksi jokaiseen

videokameraan tallennettiin rakennuksen pihalle sijoitetun kellotaulun aika ennen jokaista testiä. Testi aloitettiin antamalla lähtökäsky radiopuhelimen välityksellä.

Videokamerat oli sijoitettu seuraavasti:

Kamera 1: Pihalla kuvaamassa ulko-ovesta poistuvia testihenkilöitä.

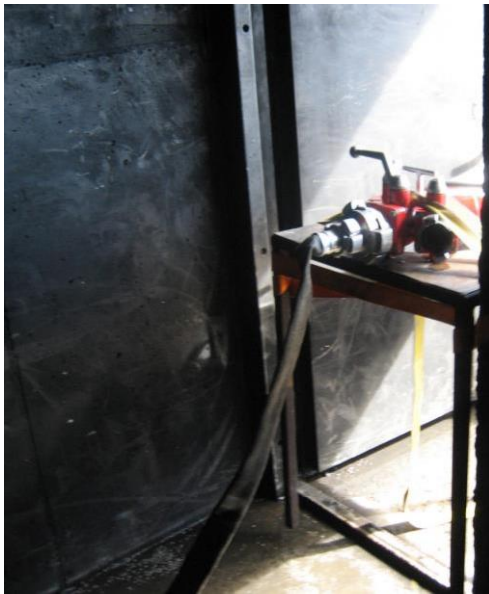
Kamera 2: Aluksi testihenkilöiden lähtöpaikalla ja lopuksi kuvaamassa sammutustyön aloittamista.

GoPro 1: Porraskäytävässä liikkuvan tarkkailijan kypärässä.

GoPro 2: Pelastajien ryhmänjohtajan kypärässä.

GoPro 3: Poistuja numero 10:n kypärässä.

Ulosottoliittintä kuvaamassa käytettiin jakoliittintä. Se oli tukevasti kiinnitetty pöytään, jonka korkeus oli 835 mm. Ulosottoliittimet sijoitettiin siten, että liittimien suut olivat syvyys-suuntaisesti seinän tasolla. Järjestely on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Porrashuoneen välitasanteelle sijoitettu ulosottoliitin. Pöytä on tuuletusparvekkeella.

7.4 Testaustapahtumat

Testaaminen aloitettiin tekemällä niin sanotut 0-testit ilman vastavirtausta, jotta vastavirtauksen vaikutuksia voitaisiin vertailla olemassa oleviin pohja-aikoihin. Ensimmäisessä testissä mitattiin poistumiseen kuluvaa aikaa ilman vastaantulevia pelastajia. Seuraavaksi mitattiin eri selvityksiin kuluva aika kolmelta eri nousujohtoliittimen

sijoituspaikalta. Lopuksi testattiin vastavirtauksen vaikuttavuutta laittamalla poistujat ja pelastajat kulkemaan samanaikaisesti porraskäytävässä. Jokaisessa testissä poistujia kierrätettiin siten, että koeryhmä poistui kaksi kertaa yhden testin aikana. Poistujat kiersivät uudelleen ylös käyttäen rakennuksen päädyssä sijaitsevaa kierreporrasta.

Vastavirtaustestit aloitettiin tallentamalla aikaleima jokaiseen videokameraan. Lähtökäsky annettiin radiopuhelimen välityksellä kerrokseen. Poistujat lähtivät liikkeelle kattokerroksesta, joka sijaitsi onnettomuuskerrosta yhtä kerrosta ylempänä. Pelastajat lähtivät liikkeelle rakennuksen pihalta, minkä jälkeen he nousivat 1 – 1,5 kerrosta ylöspäin riippuen testeissä käytettävien nousujohtoliittimien paikkojen mukaan. Kaksi yhteen kytkettyä työjohtoa liitettiin nousujohtoliittimeen, minkä jälkeen työpari nousi 1 – 1,5 kerrosta ylöspäin onnettomuuskerrokseen kuivien letkujen kanssa. Samanaikaisesti ensimmäinen erä poistujia tuli vastaan porraskäytävässä. Ryhmänjohtaja paineisti letkut sammutusparin käskystä, kun selvitys oli saatu selvitettyä onnettomuuspaikalle. Selvitykseen kuluva aika mittaava sekuntikello pysäytettiin, kun suihkuputki avattiin ja sieltä lensi vettä.

Alun perin oli tarkoituksena, että toinen erä poistujista laskeutuisi samanaikaisesti porraskäytävää, kun letkut paineistetaan. Tämän todettiin olevan poistujille liian vaarallista letkujen ennalta-arvaamattoman käyttäytymisen takia paineistuksen aikana. Toinen erä poistujista pysäytettiin lähtökerrokseen siksi ajaksi, kun letkut oli saatu paineellisiksi. Näin toinen erä poistujista joutui kulkemaan paineistettujen letkujen yli ja lomassa. Pysäytyksen tehnyt valvoja kellotti pysäytysajan, joka vähennettiin lopullisesta poistumisajasta. Poistumisaika päättyi, kun viimeinen poistuja oli astunut rakennuksen ulko-ovesta ulos. Kaikki testit tehtiin kolme kertaa.

7.4.1 TESTI 1 Poistujat

Kolmeen eri testikertaan kuluneet ajat ovat toistensa kanssa lähes samat. Näin ollen luotettavana keskiarvona ilman esteitä tapahtuneelle poistumiselle voidaan pitää aikaa 2:25. Taulukossa 1 esitetyissä testeissä ei havaittu aikaan vaikuttavia muuttujia.

Taulukko 1. Nousujohdon ulosottoliitin sijainti kerroksessa.

| Testi | Kuvaus | Poistumisaika / minuttia |
|-------|----------------------|--------------------------|
| 1 | Pelkästään poistujat | 2:24 |
| 2 | Pelkästään poistujat | 2:25 |
| 3 | Pelkästään poistujat | 2:26 |
| | Keskiarvo | 2:25 |

7.4.2 TESTI 2 Pelastajat porraskäytävä

Testissä 4 pelastajilla ei ollut käytössään hengityslaitteita. Tämä nopeutti selvityksen tekemistä ja näin ollen laski kolmen testin keskiarvoa. Testistä 5 lähtien kaikkiin testeihin kuului myös hengityslaitteen pukeminen.

Testissä 5 sammutusyksikköön asetettu paine ei riittänyt paineistamaan letkuja jyrkkien mutkien takia. Paineen puutteen takia selvityksen teko viivästyi noin 10 sekuntia.

Testissä 6 letkun kannattimen paikkaa korjattiin siten, että se asetettiin letkuliitoksen alle. Testistä 6 lähtien letkukannatin asetettiin kaikissa testeissä samalla tavalla. Kannattimen vaihteleva asennuskohta ei kuitenkaan vaikuttanut varsinaisiin testeihin, sillä asia korjattiin ennen vastavirtaustestejä. Taulukossa 2 esitetään testien 4 – 6 tulokset.

Taulukko 2. Nousujohdon ulosottoliitin sijainti porraskäytävässä.

| Testi | Kuvaus | Selvitysaika / minuuttia |
|-------|--------------------------|--------------------------|
| 4 | Pelastajat porraskäytävä | 2:06 |
| 5 | Pelastajat porraskäytävä | 2:50 |
| 6 | Pelastajat porraskäytävä | 2:12 |
| | Keskiarvo | 2:22 |

7.4.3 TESTI 3 Pelastajat kerros

Kerroksesta tehdyissä testeissä ei havaittu poikkeamia tai tehty merkittäviä havaintoja. Testien aikaerot johtuivat luultavasti siitä, kuinka nopeasti sammutuspari sai hengityslaitteiden kasvo-osat paikalleen, ja siitä, kuinka nopeasti letkut levitettiin porraskäytävään. Taulukossa 3 esitetään testien 7 – 9 tulokset.

Taulukko 3. Nousujohdon ulosottoliitin sijainti kerroksessa.

| Testi | Kuvaus | Selvitysaika /minuuttia |
|-------|-------------------|-------------------------|
| 7 | Pelastajat kerros | 2:06 |
| 8 | Pelastajat kerros | 2:11 |
| 9 | Pelastajat kerros | 1:51 |
| | Keskiarvo | 2:02 |

7.4.4 TESTI 4 Pelastajat sulkutila

Testissä 10 ylimääräistä aikaa vei sekaannus ulosottoliittimen sijainnista. Liittimen etsiminen lisäsi selvitysaikaa noin 10 sekuntia.

Testissä 11 tehtiin merkittävä havainto, jossa työjohto jäi paineistuksen jälkeen sulkutilan ja porrashuoneen oven alle jumiin. Tyhjänä selvitetty letku oli jäänyt kynnyksettömän oven alle, ja paineistuksen jälkeen se esti sulkutilan oven avaamisen jättäen ryhmänjohtajan sulkutilan sisälle.

Testi 12 sujui ongelmitta. Merkittäviä laadullisia huomioita ei tehty. Testi 12 oli myös selvästi edellisiä selvityksiä nopeampi. Voidaan todeta, että ajat nopeutuivat, kun pelastajat saivat harjoitusta selvityksen tekemiseen. Taulukossa 4 esitetään testien 10 – 12 tulokset.

Taulukko 4. Nousujohdon ulosottoliitin sijainti sulkutilassa.

| Testi | Kuvaus | Selvitysaika / minuuttia |
|-------|----------------------|--------------------------|
| 10 | Pelastajat sulkutila | 2:21 |
| 11 | Pelastajat sulkutila | 2:05 |
| 12 | Pelastajat sulkutila | 1:54 |
| | Keskiarvo | 2:06 |

7.4.5 TESTI 5 Vastavirtaus porraskäytävä

Testissä 13 käytettiin vahingossa kolmea yhteen liitettyä työjohtoa kahden sijaan. Yhden letkun lisäys lisäsi merkittävästi letkusokkelon syntymistä porraskäytävään hidastaen

poistumista. Tästä virheestä heräsi kysymys; tulisiko letkujen määrä minimoida mahdollisessa vastavirtaustilanteessa poistumisen helpottamiseksi.

Testissä 14 pelastaja helpotti poistumista oikaisemalla letkuja.

Testi 15 sujui ongelmitta. Merkittäviä laadullisia huomioita ei tehty. Tulokset edelliseen testiin verrattuna olivat lähes identtiset. Taulukossa 5 esitetään testien 13 – 15 tulokset.

Taulukko 5. Vastavirtaustesteistä porraskäytävä tehtiin järjestyksessä kolmantena.

| Testi | Kuvaus | Poistumisaika / minuuttia | Selvitysaika / minuuttia |
|-------|-------------------|---------------------------|--------------------------|
| 13 | P+P porraskäytävä | 2:24 | 2:08 |
| 14 | P+P porraskäytävä | 2:21 | 1:58 |
| 15 | P+P porraskäytävä | 2:20 | 1:58 |
| | Keskiarvo | 2:21 | 2:01 |

7.4.6 TESTI 6 Vastavirtaus kerros

Testissä 16 poistuja numero 5 ei huomannut toisen kierroksen lähtökäskyä, mikä viivästytti lähtöä. Aikamittauksen mukaan tapahtuma ei vaikuttanut poistumisaikaan.

Testissä 17 poistuja numero 11 oli lähellä kaatua kompastuessaan letkuihin, mutta sai pidettyä tasapainonsa. Jälkeenpäin keskusteluissa ilmeni, että muutkin poistujat olivat kompastelleet letkuihin edellisissä testeissä.

Testi 18 sujui ongelmitta. Merkittäviä laadullisia huomioita ei tehty. Taulukossa 6 esitetään testien 16 – 18 tulokset.

Taulukko 6. Vastavirtaustesteistä kerros tehtiin järjestyksessä toisena.

| Testi | Kuvaus | Poistumisaika / minuuttia | Selvitysaika / minuuttia |
|-------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| 16 | P+P kerros | 2:30 | 2:16 |
| 17 | P+P kerros | 2:31 | 2:09 |
| 18 | P+P kerros | 2:27 | 2:11 |
| | Keskiarvo | 2:29 | 2:12 |

7.4.7 TESTI 7 Vastavirtaus sulkutila

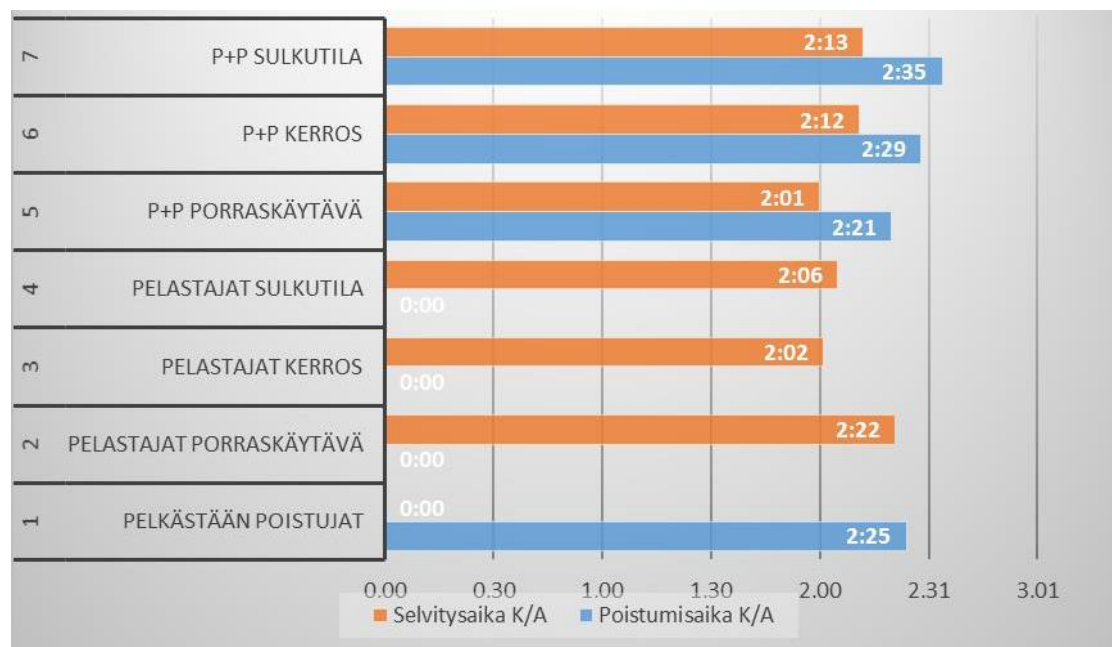
Testi 19 oli ensimmäinen vastavirtaustesti. Testissä poistujat olivat ehtineet ohittaa letkut toisella kierroksellaan, ennen kuin ne paineistettiin. Tämän jälkeen tehtiin päätös, että poistujat porrastetaan ylhäällä ja päästään alas paineistuksen jälkeen.

Testissä 20 toistui testin 11 tapahtuma, jossa sulkutilan oven alle jäänyt letku paineistuksen jälkeen esti oven avaamisen.

Testi 21 sujui ongelmitta. Merkittäviä laadullisia huomioita ei tehty. Taulukossa 7 esitetään testien 19 – 21 tulokset.

Taulukko 7. Vastavirtaustesteistä sulkutila tehtiin järjestyksessä ensimmäisenä.

| Testi | Kuvaus | Poistumisaika / minuuttia | Selvitysaika / minuuttia |
|-------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| 19 | P+P sulkutila | 2:36 | 2:30 |
| 20 | P+P sulkutila | 2:31 | 2:01 |
| 21 | P+P sulkutila | 2:38 | 2:10 |
| | Keskiarvo | 2:35 | 2:13 |



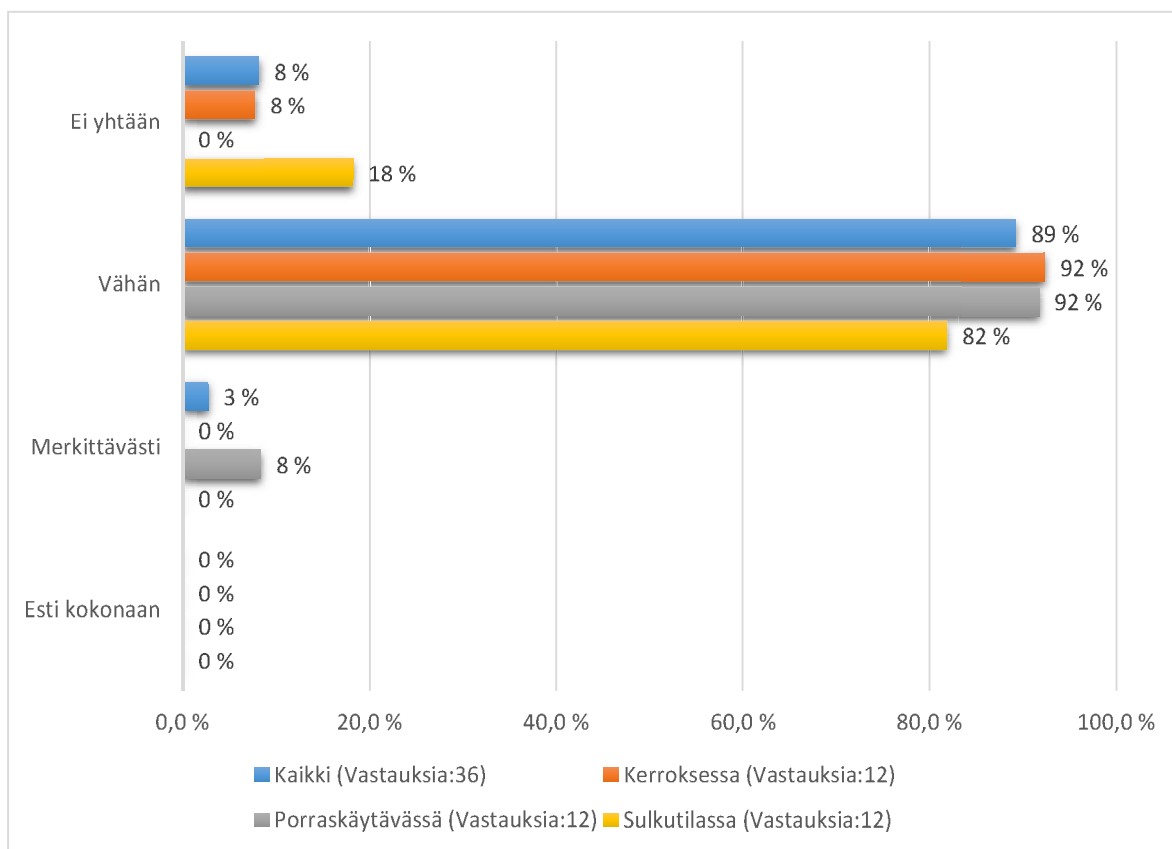
Kuva 7. Tulosten keskiarvot.

Kuvasta 7 voidaan huomata, että vastavirtauksella ei ajallisesti ollut suurta vaikutusta poistujiin eikä pelastajiin. Porraskäytävän kohdalla tulokset ovat jopa oletusarvoisesti väärin päin selvitysajan olessa pienempi poistujien kanssa, kuin ilman. Tämä saattaa johtua siitä, että porraskäytävätestit tehtiin ensimmäisenä, minkä jälkeen pelastajat harjaantuivat ja tottuivat tehtäviinsä.

7.5 Kyselylomakkeen tulokset

Poistujille ja pelastajille jaettiin kyselomakkeet jokaisen eri nousujohtoliitinpaikka -testin jälkeen. Poistujilta tuli näin ollen 3 x 12 vastauslomaketta ja pelastajilta 3 x 3. Osa vastaajista ei vastannut kaikkiin esitettyihin kysymyksiin. Taulukoista voidaan lukea vastaajamäärä kuhunkin kysymykseen. Poistujien osalta tuloksia vertailtaessa huomattiin, että ulosottoliittimen sijainnilla ei juurikaan ole vaikutusta poistujiin.

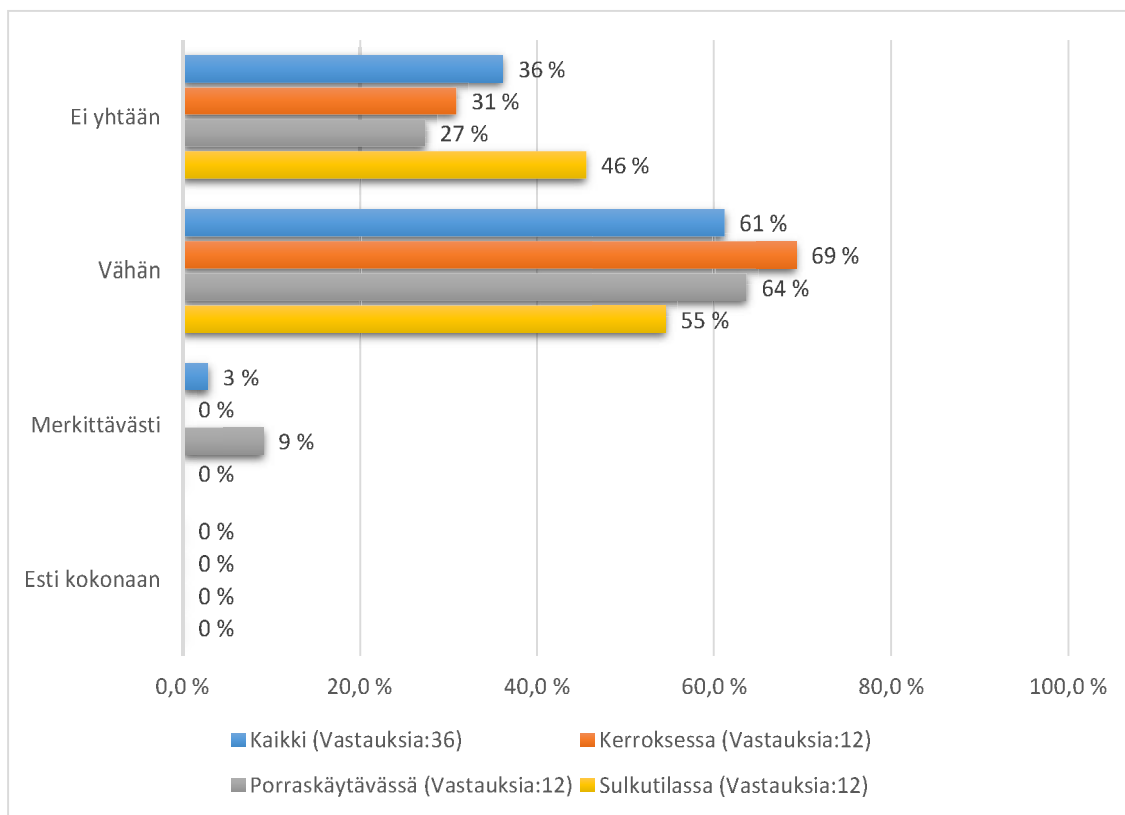
7.5.1 Poistujat



Kuva 8. Pelastustyö hidasti poistumista.

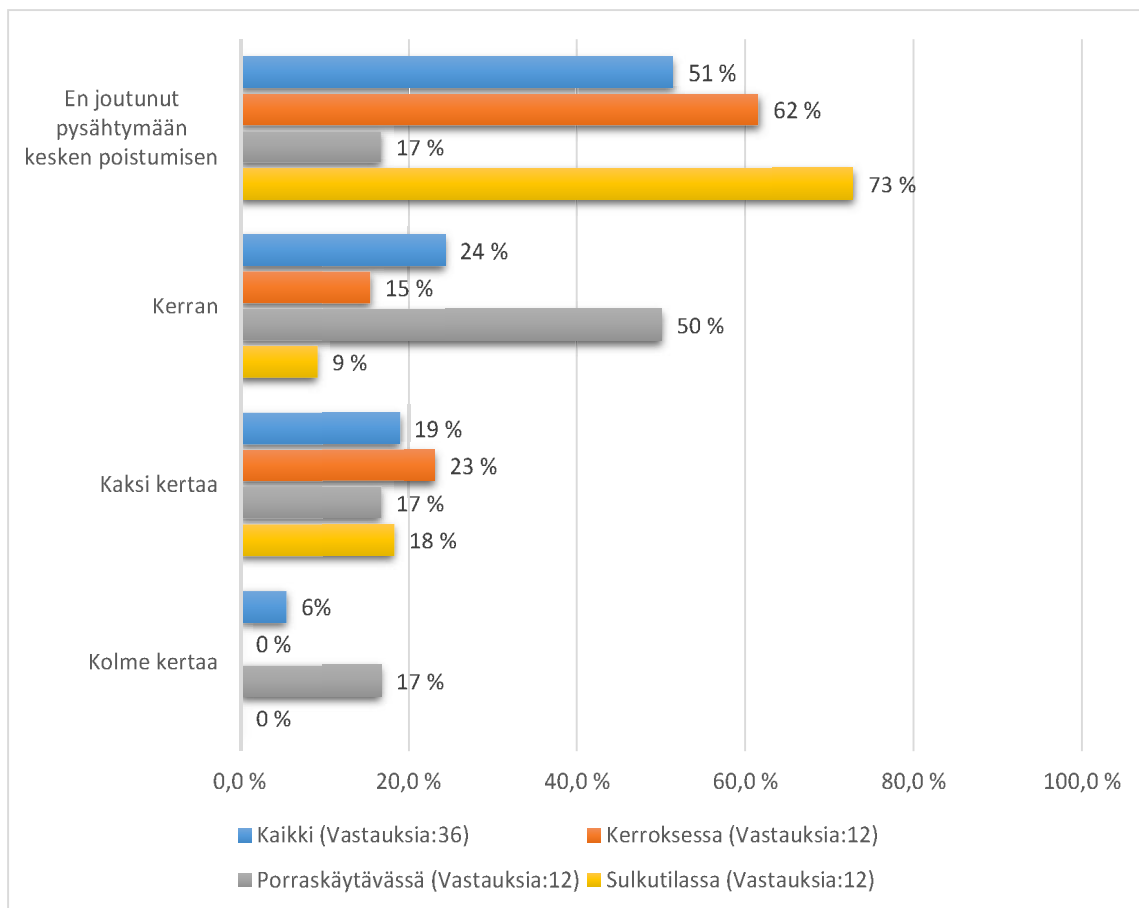
Kuvassa 8 on esitetty poistujien mielipiteet pelastustyön vaikuttavuudesta poistumisnopeuteen. Valtaosa vastanneista koki pelastustyön hidastavan poistumista vain vähän. 25 vastaajista tarkensi hidastuksen johtuvat porraskäytävään levitetyistä letkuista. Letkuja ei kuitenkaan koettu vaativana esteenä, vaan niiden takia askelia piti varoa enemmän.

8 % vastanneista koki pelastustyön hidastavan poistumista merkittävästi porraskäytävässä. Porraskäytävästä tehdyt selvitykset aiheuttivat silmämääräisesti arvioituna vaikeakulkuisempia letkusteitä kuin muista ulosotoista tehdyt selvitykset. Tämä saattoi vaikuttaa kyselystä saatuihin tuloksiin.



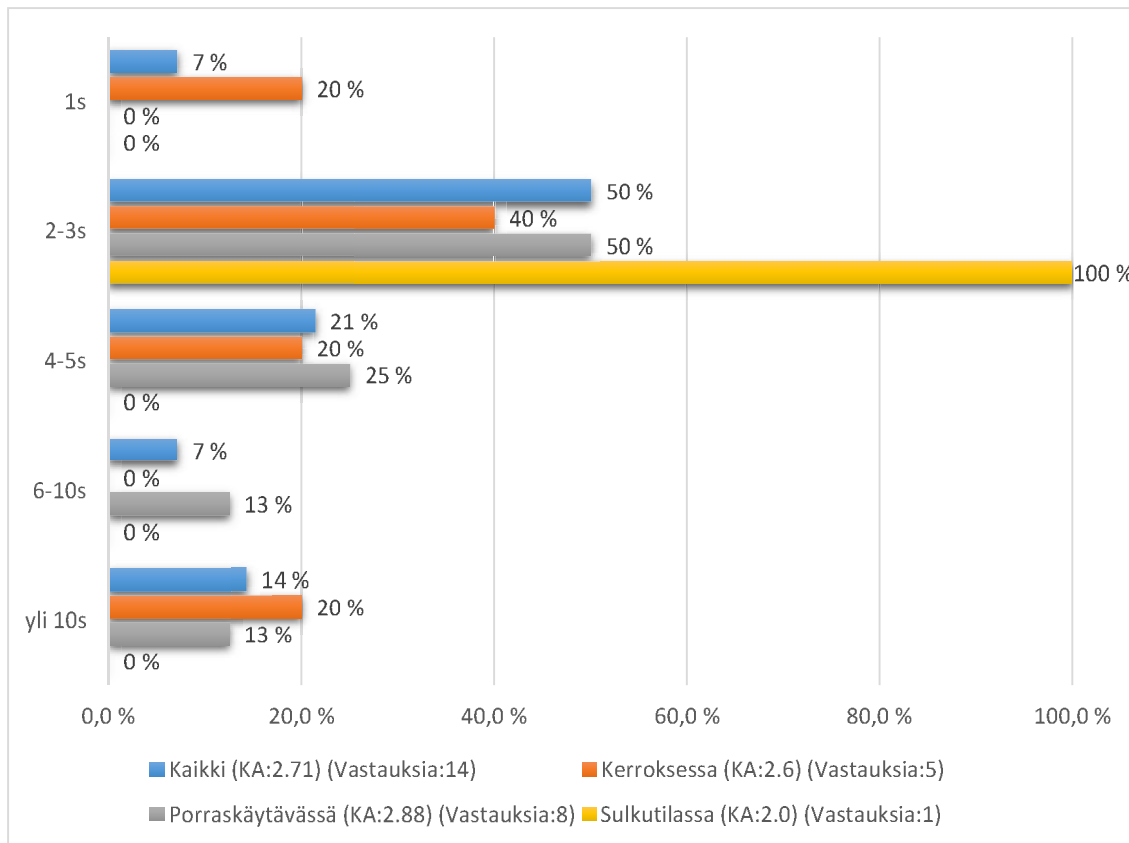
Kuva 9. Poistuminen hidasti pelastustöitä.

Kuvassa 9 on esitetty poistujien mielipiteet poistumisen vaikutuksesta pelastustyöhön. Poistujat eivät kokeneet, että heidän läsnäolonsa vaikeutti pelastustöitä. 61 % vastanneista koki poistumisen hidastavan pelastustöitä vähän ja 36 % ei ollenkaan. Vastaajista merkittäväksi poistumisen vaikuttavuuden pelastustöihin vastaajista koki 9 %.



Kuva 10. Pysähtymisien määrä.

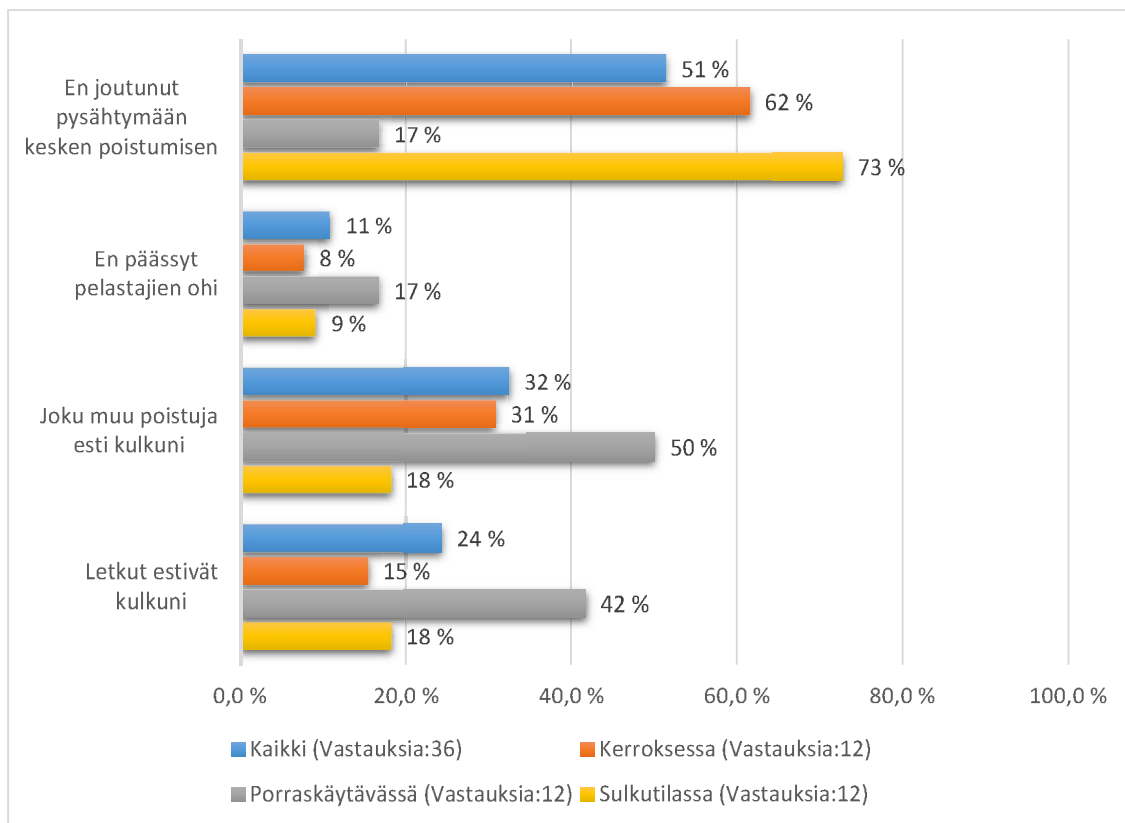
Kuvassa 10 näkyy kuinka monta kertaa poistujat joutuivat keskimäärin pysähtymään kesken poistumisen. Noin puolet vastaajista ei joutunut pysähtymään poistumisen aikana. Huomattavasti eniten pysähtymisiä tapahtui kun, selvitys oli tehty porraskäytävään sijoitetusta ulosottoliittimestä. Tämä johtui todennäköisesti porraskäytävän ulosottoliittimen sijainnista. Paineellistettuna letkut aiheuttivat liittimen läheisyyteen noin vyötärön korkeudella olevan esteen. Ulosottoliittimen asennuskorkeutta laskemalla tällaisia esteitä voitaisiin vähentää.



Kuva 11. Pysähtymisen keskimääräinen kesto.

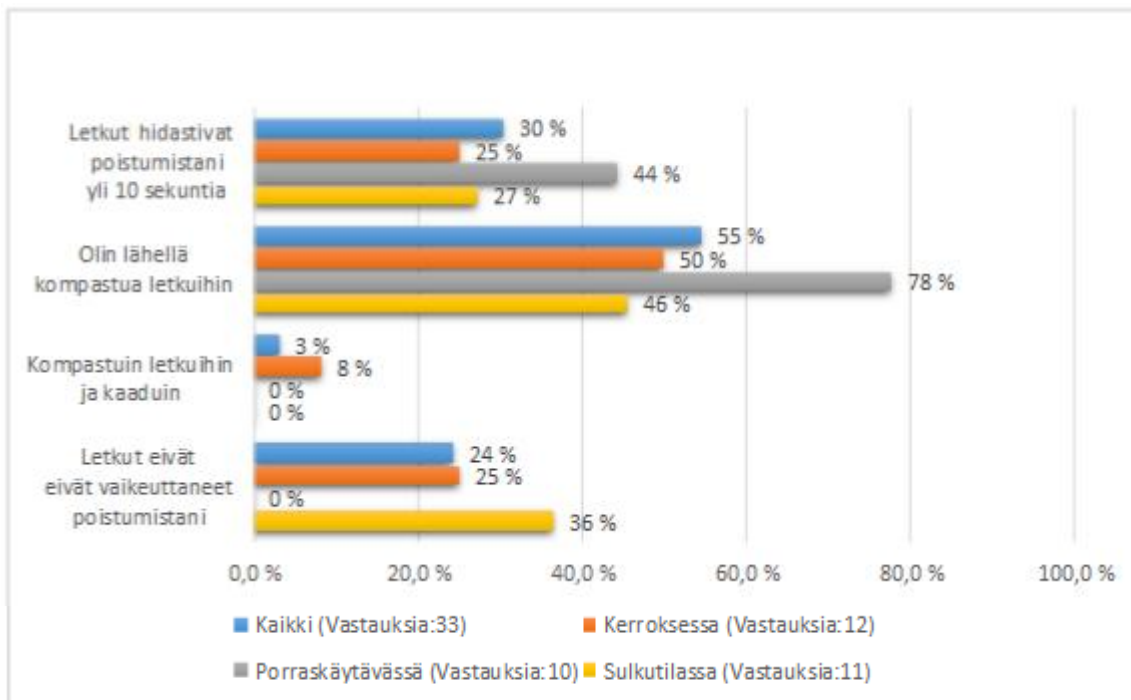
Kuvassa 11 näkyy kuinka kauan keskimäärin poistumisen aikana tapahtuneet pysähdykset kestivät. Aikavertailua ei pysty tekemään suoraan, sillä kaikki vastaajat eivät ilmoittaneet pysähtymiseensä kuluvaan aika-arviota. Keskimäärin poistujat arvioivat pysähtymiseen kuluneen noin 3 sekuntia. Näin ollen pysähtymiseen kulunut aika oli hyvin lyhyt ja ei juurikaan vaikuttanut kokonaispoistumisaikaan.

Huomionarvoista on, että sulkutilaan tehdyn selvityksen aikana 100 %:ssa tapauksista pysähtyminen kesti ainoastaan arvioilta 2 – 3 sekuntia. Sulkutilaan tehty selvitys loi luultavasti helpompikulkuisia esteitä poistujille kuin kahdessa muussa vaihtoehdossa. Lisäksi vastavirtaus tapahtui eri kohdissa porraskäytävää, mikä saattoi vaikuttaa poistumis-sujuvuuteen.



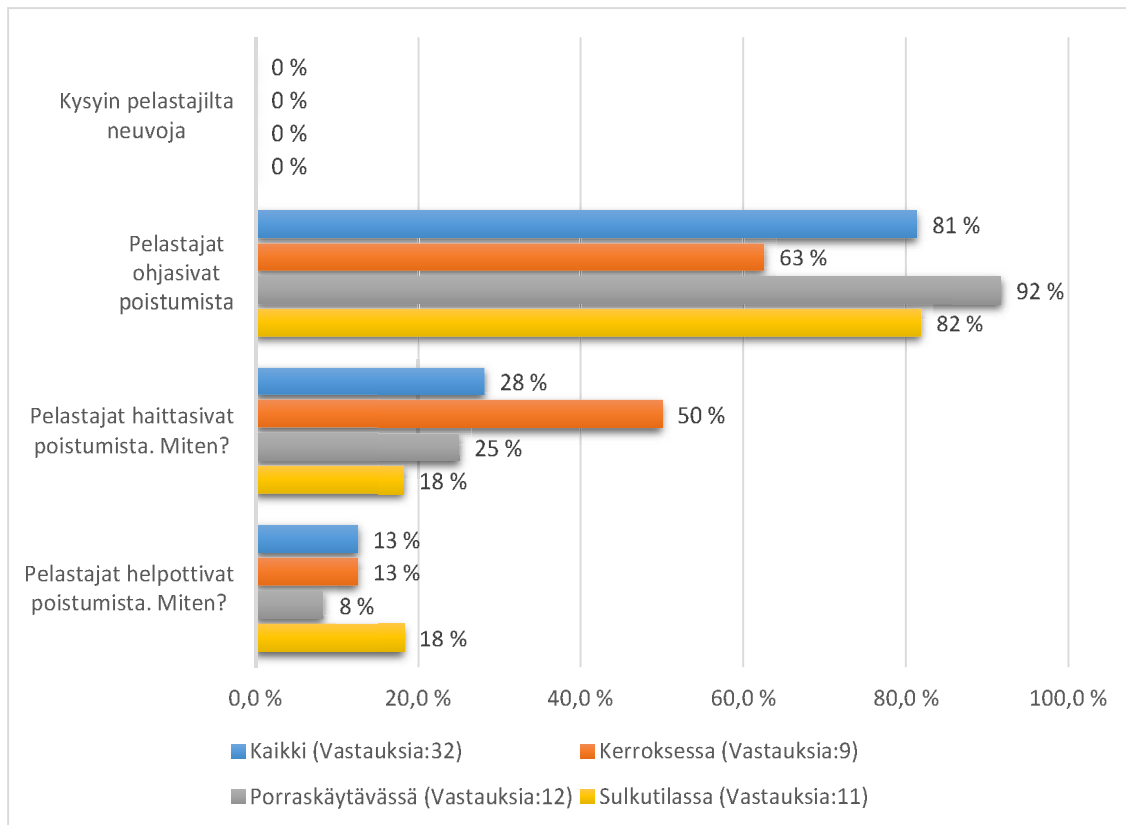
Kuva 12. Pysähtymisen syy.

Kuvan 12 mukaan yleisin pysähtymisen syy oli toisen poistujan hidastaminen ja toiseksi yleisin syy letkujen synnyttämä este. Pysähtymisen syissä on havaittavissa eroavaisuuksia testien välillä. Porraskäytävään tehdyn selvityksen aikana poistujat joutuivat pysähtymään huomattavasti useammin verrattuna toisiin testeihin. Tämä saattaa johtua siitä, että porraskäytävään tehdyn selvityksen letkut ovat asettuneet pahemmin poistujien tielle. Poistuessaan testihenkilöt kulkivat melko tiiviissä jonossa, kuitenkin yksittäisten poistujien kulkiessa hieman toisia hitaammin. ”Joku muu poistuja esti kulkuni” -vaihtoehto on pääsääntöisesti suosituampi kuin ”Letkut estivät kulkuni”-vaihtoehto. Tämä voidaan selittää sillä, että kun yksi poistuja joutuu pysähtymään letkujen takia, joutuvat hänen takanaan olevat poistujat pysähtymään tämän henkilön takia.



Kuva 13. Miten palokunnan letkut vaikuttivat poistumiseesi?

Kuvasta 13 nähdään miten poistujat kokivat pelastuslaitoksen letkujen vaikuttavan heidän poistumiseensa. Vastauksia oli mahdollista tarkentaa kysymyksen jälkeisille avoimille riveille. Vastanneista 19 tarkensi vastaustaan, ja heistä suurin osa kirjoitti, että letkut eivät hidastaneet poistumista yli 10 sekuntia, vaan hieman vähemmän. Yksi henkilö, joka vastasi kompastuneensa ja kaatuneensa letkuihin, tarkensi jatkokysymyksessä kompastuneensa letkunkannattimeen, mutta pystyi pitämään itsensä pystyssä tukeutumalla kaiteeseen. Yhteensä noin 75 % vastanneista koki letkujen vaikeuttaneen poistumista ainakin vähän. Kuten edellisessä kysymyksessä, porraskäytävä on koettu hankalammaksi kulkea verrattuna muihin vaihtoehtoihin.



Kuva 14. Pelastajien kanssa toimiminen.

Kuvassa 14 on esitetty poistujien vastauksia siitä miten yhteistyö pelastajien kanssa sujui. ”Pelastajat ohjasivat poistumista käskemällä kulkemaan kaiteen vieressä” oli yleisin kommentti avoimessa vastauskentässä, joka koski pelastajien kanssa toimimista. Alle 30 % poistujista koki pelastajien olleen tiellä. Tarkentavissa vastauksissa kerrottiin pelastajien tulleen vastaan samaa kaistaa, mutta ohittaminen oli sujunut ongelmitta.

7.5.2 Yhteenveto

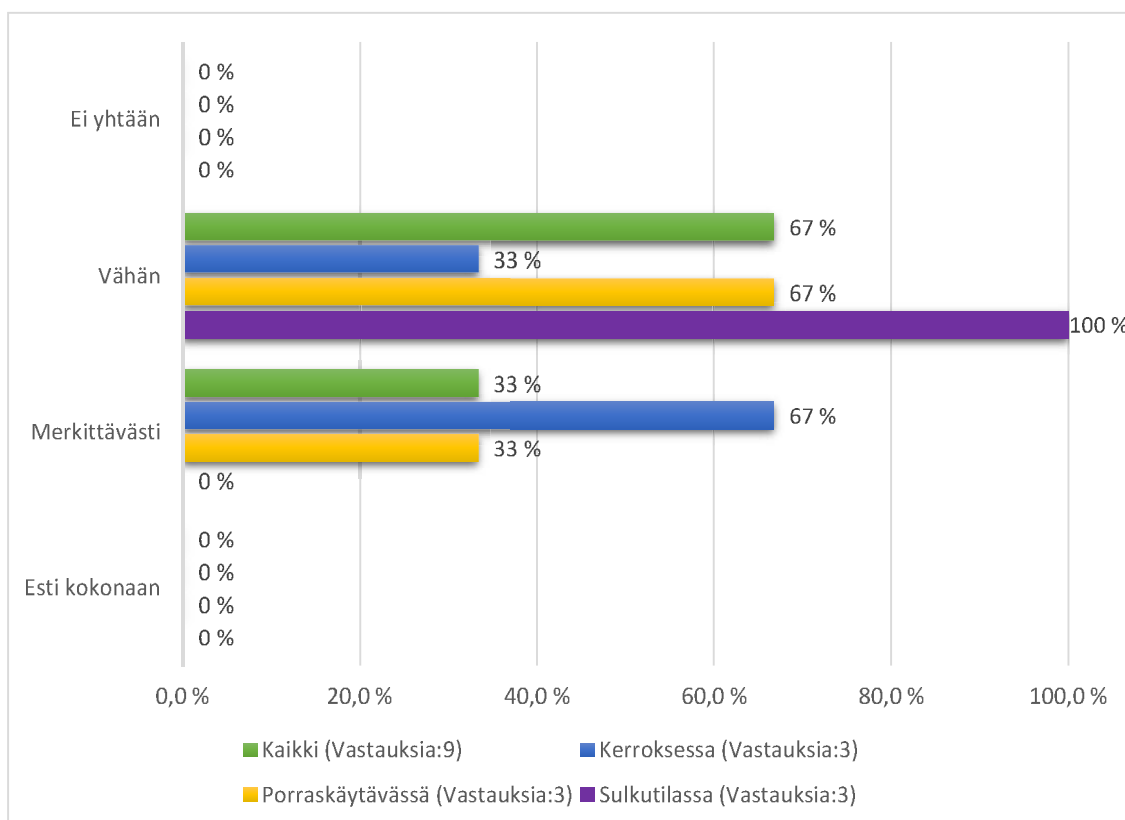
Vaikka merkittäviä eroja ei evakuointi- ja selvitysaikoihin eri ulosottoliittimien sijoitusvaihtoehtojen välille saatu, niillä on kuitenkin kyselyn perusteella merkitystä. Kyselyn tuloksena porraskäytävästä löydettiin huomattavasti enemmän negatiivisia puolia kuin kahdesta muusta vaihtoehdosta. Vaikka tulokset eivät näy poistumisajoissa, porraskäytävässä kulkeminen koettiin vaihtoehdoista hankalimmaksi. Tätä ristiriitaa ymmärtääkseen tulee ottaa huomioon testihenkilöiden fyysinen kunto.

Hyväkuntoinen ihminen laitetaan kulkemaan 100 metrin esteetön matka, minkä jälkeen hän kulkee saman matkan takaisin niin, että matkalle on lisätty 30 senttimetriä korkeita esteitä. Kulkemiseen kulunut aika on luultavasti lähes sama molemmissa tapauksissa, mutta henkilö kuitenkin kokee paluumatkan olleen paljon hankalampi. Kun samalle matkalle laitetaan huonompikuntoinen tai liikuntarajoitteinen henkilö, kuluu hänen paluumatkaansa luultavasti merkittävästi enemmän aikaa kuin matkaan ilman esteitä.

Jos sama testi uusittaisiin niin, että poistujien joukossa olisi liikuntarajoitteisia henkilöitä, vaikuttaisi se varmasti myös poistumisaikoihin. Näin ollen poistujille esitetyn kyselyn tuloksen perusteella porraskäytävä oli heikoin vaihtoehto kolmesta.

7.5.3 Pelastajat

Pelastajien osalta vastaukset on kerätty kolmelta pelastajalta, joista jokainen täytti kolme vastauslomaketta.

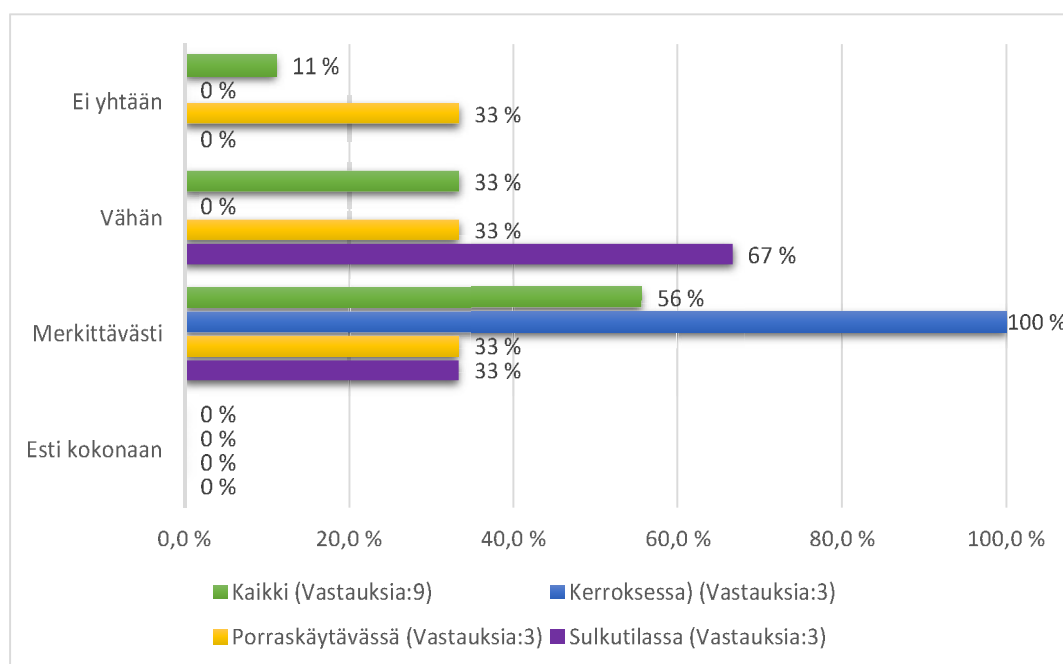


Kuva 15. Pelastustyö hidasti poistumista.

Kuvassa 15 on esitetty pelastajien mielipiteet pelastustyön vaikuttavuudesta poistumisnopeuteen. Verrattuna poistujien vastauksiin pelastustyön vaikutuksista poistumiseen huomataan, että pelastajat kokivat oman työnsä vaikuttavan poistumiseen merkittävämmiin, kuin poistujat olivat sen arvioineet vaikuttavan. Kun poistujista keskimäärin 3 % koki pelastustyön hidastavan poistumista merkittävästi ja 89 % koki sen vaikuttavan vain vähän, pelastajista yhteensä 33 % arvioi pelastustyön hidastavan poistumista merkittävästi ja 66 % vähän. Tämä saattaa johtua siitä tunteesta, että kun kokee oman työnsä häiriintyvän, kokee myös häiritsevänsä vastapuolta. Nämä prosenttiluvut eivät kuitenkaan ole täysin vertailtavissa keskenään, sillä pelastajien määrä oli huomattavasti pienempi kuin poistujien määrä.

Pelastajat kommentoivat vastauksiaan seuraavasti:

- Poistujat olivat pelastajien tiellä selvityksen aikana (kerroksessa).
- Ruuhkautumista portaissa. Liikennettä molempiin suuntiin (kerroksessa).
- Poistujat joutuivat väistämään pelastajia (porraskäytävässä).
- Selvitys ruuhkautti hieman portaita Paineellistettujen letkujen siirtely esti toisessa suorituksessa poistumisen hetkeksi (porraskäytävässä).
- Törmättiin hieman poistujien kanssa. Poistujat astuivat letkujen päälle ja kompuroivat niihin (sulkutilassa).

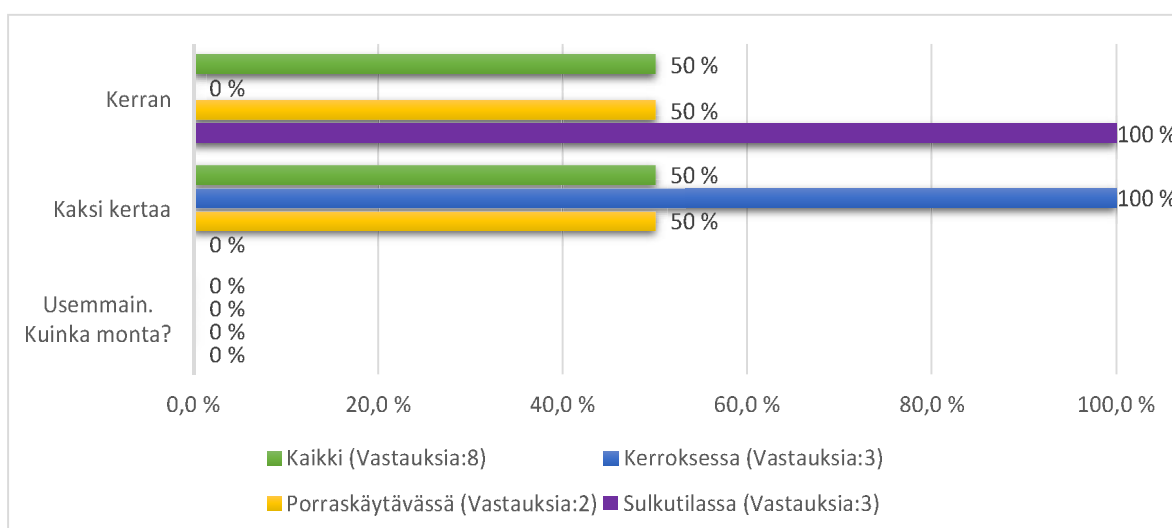


Kuva 16. Poistuminen hidasti pelastustöitä.

Kuvan 16 mukaisesti pelastajat kokivat poistumisen vaikuttavan merkittävästi pelastustöihin yli 50 %:ssa tapauksista, kun poistujista ainoastaan 3 % arvioi oman poistumisensa vaikuttavan pelastajiin. Ero on merkittävä ja vahvistaa ajatusta siitä, että yhtäaikainen poistuminen ja pelastustoiminta vaikuttavat vain vähän poistujiin, mutta merkittävästi pelastajiin.

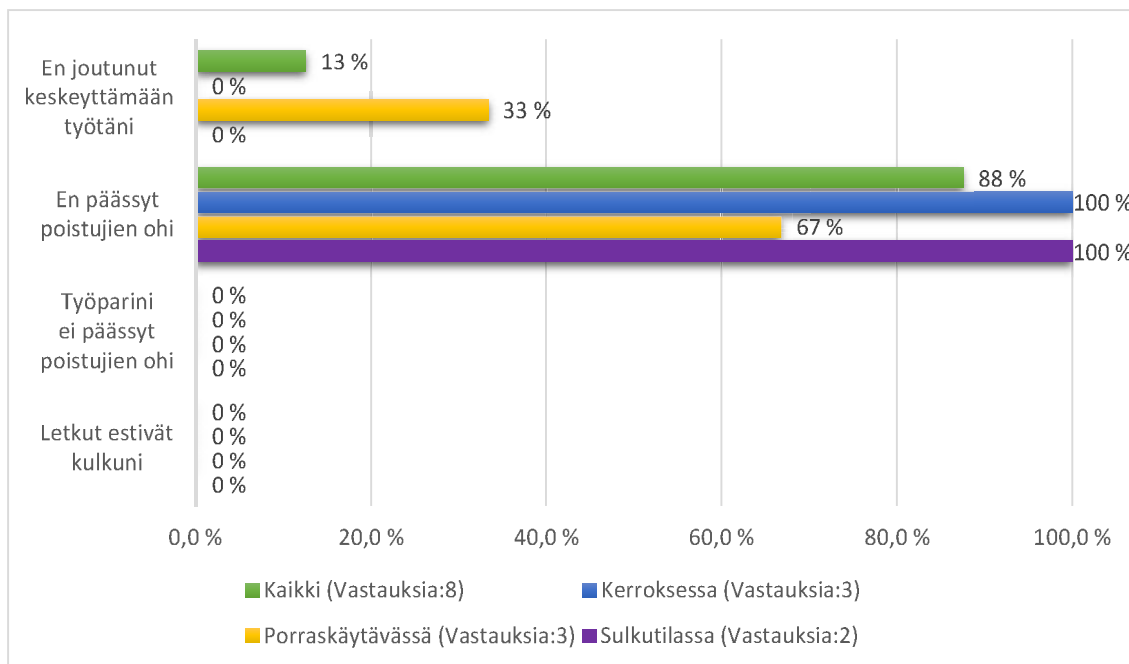
Pelastajien kommentoivat vastauksiaan seuraavasti:

- Poistujat olivat pelastajien tiellä selvityksen aikana (kerroksessa).
- Poistujat haittasivat selvityksen tekoa ulosottoventtiiliin. Poistujat estivät paineistettujen letkujen siirtelyn portaissa. Portaissa liikkuminen letkukehikon kanssa oli vaikeaa poistujien takia (kerroksessa).
- Portaissa oli ruuhkaa (porraskäytävässä).
- Poistuminen hidasti letkuseelvityksen tekemistä (sulkuutilassa).



Kuva 17. Jouduin keskeyttämään työni poistumisen takia.

Kuvan 17 mukaan pelastajat joutuivat keskeyttämään työnsä lähes jokaisella testikerralla. Pysähdyksien kestot olivat myös merkittävästi pidempiä kuin poistujien pysähdykset. Vapaassa vastauskentässä työn keskeytyksen kestoksi arviottiin keskimäärin yli 30 sekuntia. Tulokset vahvistavat ajatusta siitä, että poistuminen vaikuttaa enemmän pelastajiin kuin pelastajat poistumiseen. Pelastajat ovat töitä tehdessään myös vastuullisia poistujien turvallisuudesta, minkä takia keskeytyksiä tulee poistujia enemmän.

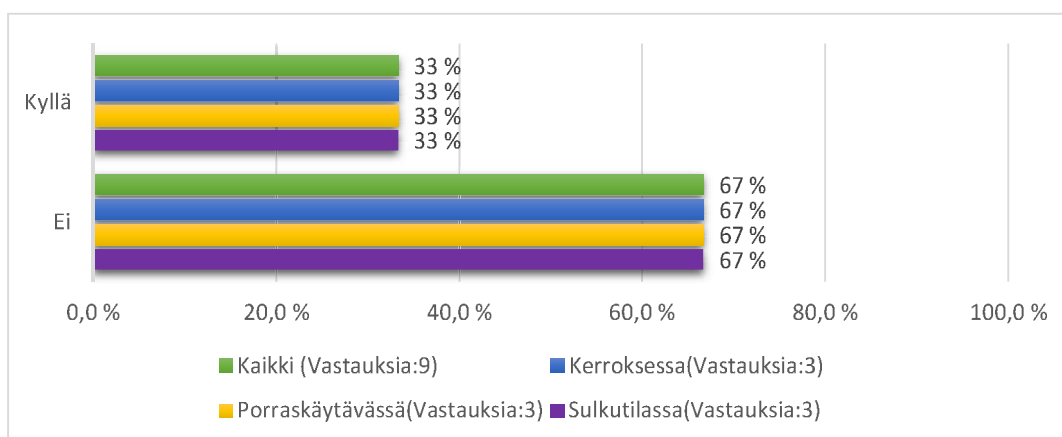


Kuva 18. Työn keskeytyksen syy.

Kuvan 18 mukaan 88 % vastanneista kertoi työn keskeytyksen syyksi vastaan tulleet poistujat.

Pelastajien kommentoivat vastauksiaan seuraavasti:

- Poistujat tulivat syliin, joutui väistelemään tai pysähtyä (porraskäytävässä).
- Letkua ei voinut paineistaa, sillä sen päällä käveli poistujia. Letkukasa olisi paineistuksesta pompannut ja kolhinut väkeä (sulkutilassa).

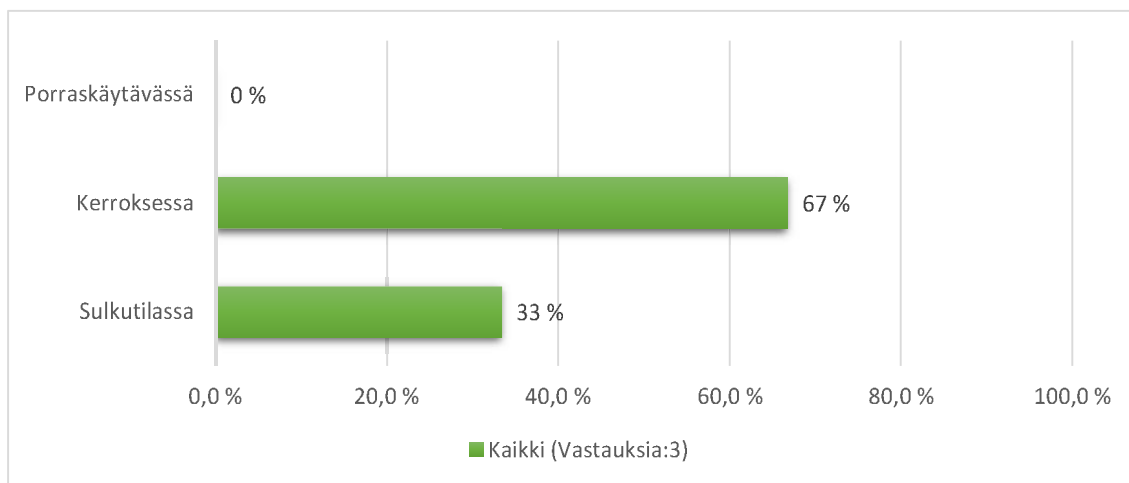


Kuva 19. Pelastajien mielipiteet työturvallisuuden vaarantumisesta.

Kuvan 19 mukaisesti kolmannes vastaajista kertoi työturvallisuutensa heikentyneen. Pääosin työergonomia koettiin vaarantavaksi tekijäksi.

Pelastajat kommentoivat vastauksiaan seuraavasti:

- Työergonomia kärsi portaissa (kerroksessa).
- Ruuhkaa portaissa. Työergonomia (kantoasento) kärsi (porraskäytävässä).
- Tönimällä (sulkutilassa).



Kuva 20. Pelastajien mielipide parhaan nousujohdon ulosottoliittimen sijainnista.

Pelastajat ohjeistettiin vastamaan viimeiseen kysymykseen sen jälkeen, kun testit kaikista ulosottoliittimen sijainneista oli tehty. Tulokset kysymykseen on esitetty kuvassa 20. Kaksi pelastajista vastasi luontevimman paikan sijaitsevan kerroksessa ja yksi sulkutilassa. Tämän jälkeen pyydettiin listaamaan kaikkien sijaintien hyvät ja huonot puolet. Kaikista tiloista ei saatu kattavaa vastausta. Alla on listaus pelastajien mielipiteistä:

Porraskäytävä:

Hyvä: Helppo löytää, nopea ja hyvä tehdä selvitys.

Huono: Poistumistila pieneheni, kun pelastajat ja poistujat kohtasivat, haittasi poistumista eniten ja tekee vaarallisempia esteitä poistujille.

Kerros:

Hyvää: Pelastajat ja poistujat mahtuivat kulkemaan ongelmitta, helppo löytää ja eniten tilaa työskennellä ja vähiten tulee mutkaa letkuun.

Huonoa: Haittaa poistumista.

Sulkutila:

Hyvää: Vähiten tulee esteitä poistujille.

Huonoa: Oven kiilautumismahdollisuus.

7.5.4 Yhteenveto

Kuten poistujille esitetyn kyselynkin perusteella, näyttäisi siltä, että porraskäytävä koettiin hankalimmaksi työskentelytilaksi. Pelastajille esitetyn kyselyn perusteella vastavirtaus vaikutti enemmän pelastajien työskentelyyn kuin poistujiin.

8 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millä ehdoilla samanaikainen evakuointi ja pelastustoiminta voitaisiin toteuttaa. Lisäksi tavoitteena oli arvioida hissievakuoinnin mahdollisuuksia evakuoinnin tukena sekä tutkia pelastuslaitoksen nousujohdon ulosottoliittimien eri sijoitusvaihtoehtoja.

Kuten NIST:in tekemät tutkimukset WTC:n evakuoinnista ja erilaiset poistumisharjoitukset osoittavat, myös tämä tutkimus vahvisti sen seikan, että vastavirtauksella on vain vähän vaikutusta poistumisen nopeuteen, mutta merkittävä vaikutus palokunnan toimintaan. On kuitenkin muistettava, että testihenkilöt olivat testausympäristöä varten hyvin varusteltuja, nuoria ja hyväkuntoista. Valtaosa poistujien kommenteista liittyivät letkujen varomiseen ja kompasteluun. On oletettava, että jos testihenkilöt olisivat olleet huonokuntoisempia tai varustettu esimerkiksi epävakaaemmin kengin, olisi vastavirtaus vaikuttanut poistumisaikoihin merkittävästi enemmän.

Pelastuslaitoksen kannalta tilanne on toinen. Kun poistujat joutuivat pysähtelemään keskimäärin 3 sekunnin ajan, saattoi pelastajien odotusaika yltyä jopa 50 sekuntiin. Odotusaika pelastajilla oli pitkä jo testien alkuvaiheissa huomattavan paineistuksesta aiheutuvan vaaratekijän takia. Letkuja ei voida paineistaa, jos niiden läheisyydessä liikkuu ihmisiä. Vaikka letkut yritettiin asettaa porraskäytävän ulkosivuille, paineistuksessa ne sinkoivat ennalta-arvaamattomasti ennen kuin asettuivat aloilleen. Näin ollen sammutushyökkäyksen alku viivästyy aina niin pitkään, kunnes viimeinenkin poistuja on ohittanut selvityksen tai poistumisessa syntyy tauko.

Pelastajien kannalta viivästystä aiheutti paineistuksen lisäksi poistujien ohjeistaminen, vastavirtauksessa varusteiden kanssa kulkeminen ja ongelmat ovien kanssa. Jos poistujat saataisiin kulkemaan eri porraskäytävää, helpottuisi pelastuslaitoksen työskentely merkittävästi. Palomieshissiä käyttäen ilman vastavirtausta voitaisiin korkeissa rakennuksissa toimia lähes samalla tavalla kuin normaaleissa kerrostaloissa. Jos on mahdollista, rakennusten poistumisopastus voitaisiin suunnitella ohjeistamaan poistujia käyttämään eri porraskäytävää, kuin missä pelastuslaitos on töissä. Suoranaista porraskäytävän käyttökielto-ohjeistusta ei

mielestäni kuitenkin tulisi käyttää, sillä on mahdollista, että toinen porraskäytävistä ei jostain onnettomuudesta johtuvasta syystä ole käyttökelpoinen. Toinen vaihtoehto olisi käyttää hissievakuointia ensisijaisesti onnettomuuskerroksen ympärillä. Evakuointihissien käyttö vähentäisi portaissa kulkijoita ja nopeuttaisi ja helpottaisi niin poistumista kuin pelastamistakin. Jos erityisesti hitaasti liikkuvat ihmiset saataisiin evakuoitua käyttäen hissejä, olisi portaita pitkin tapahtuva poistuminen sujuvampaa ja pelastuslaitoksen resurssit saataisiin nopeammin kohdennettua onnettomuuden torjumiseen.

Tästä testistä saatujen tulosten perusteella ei voida eri ulosottoliittimien sijoitusvaihtoehtoja laittaa paremmuusjärjestykseen. Ajallisesti erot johtuivat enemmänkin selvitysmatkasta kuin liittimen geometrisesta sijoituksesta. Jokaisessa sijoituksessa huomattiin hyviä ja huonoja puolia.

Sulkutilaan sijoitetusta liittimestä tehty selvitys osoittautui parhaaksi poistujien kannalta jättäen eniten tilaa porraskäytävään. Toisaalta sulkutilan kynnyksetön ovi aiheutti ongelmia. Kun selvitys paineistettiin tyhjän letkun ollessa oven alla, ei ovea enää saatu auki. Tämän vuoksi pelastusryhmän johtaja joutui jäämään sulkutilaan, eikä päässyt takaisin porraskäytävään. Näin ollen aina kun selvitys joudutaan vetämään oven kautta toiseen tilaan, tulisi ovi kiilata auki asentoon raolleen käyttäen jotakin muuta esinettä, kuin pelkästään letkua. Lisäksi sulkutilasta tehty selvitys jouduttiin vetämään kahden oviaukon läpi, kun porraskäytävästä ja kerroksesta aukinaisia ovia oli vain yksi.

Porraskäytävään ja kerrokseen tehdyt selvitykset olivat tuloksiltaan hyvin samankaltaiset. Huonoina puolina molemmissa selvitysmalleissa havaittiin olevan letkujen aiheuttamat esteet poistujille. Hyvää molemmissa malleissa oli liittimen nopea löytyminen sekä selvityksen tekemisen helppous. Liittimen sijainnin selkeys voikin olla merkittävä asia miettiessä parasta mahdollista sijoitusvaihtoehtoa. Porraskäytävään sijoitettu liitin on aina helppo löytää porraskäytävien ollessa hyvin samankaltaisia rakennuksista riippumatta. Jos liittimet sijoitetaan sisääntulokohdan jälkeen monen oven taakse, saattaa liittimien etsiminen viedä arvokasta toiminta-aikaa.

Ulosottoliittimen asennuksessa tulisi ottaa huomioon asennuskorkeus. Pelastuslaitokset ohjeistavat yleensä ulosottoliittimet asennettavaksi 0,5 – 1 metrin korkeuteen. Testeissä huomattiin, että merkittävin este syntyi juuri ulosottoliittimen kohdalle, kun paineistettu letku

suoristui osaksi keskelle poistumisreittiä. Jos ulosottoliitin sijaitsisi esimerkiksi 0,2 metrin korkeudessa, olisi paineistettu letku helpompi ylittää.

Tutkimuksesta saatiin lisää tietoa siitä, kuinka vastavirtaus vaikuttaa poistujiin ja pelastuslaitokseen. Vaikka hissievakuointia ei testeissä mallinnettu, voidaan saatujen tulosten perusteella todeta, että evakuointihissien käyttö toisi tarvittavaa lisätilaa porraskäytävään niin pelastuslaitokselle kuin poistujillekin. Ulosottoliittimien sijoituksessa tulisi ottaa huomioon asennuskorkeus, rakennuksen evakuointijärjestelyt (onko evakuointihissi käytettävissä?) sekä mahdollisten auki jäävien ovien laatu ja sijainti. Mielestäni tutkimuksessa päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää vähintäänkin jatkotutkimuksen suunnittelussa, mutta myös rakennusten suunnittelun apuna. Testeistä saatiin uutta tietoa ulosottoliittimien käytettävyydestä sekä vastavirtauksen vaikutuksesta niin pelastajiin, kuin poistujiinkin. Testien analysointi toi mieleen jatkotutkimusideoita, jotka olisi mielenkiintoista toteuttaa testitulosten tarkentamiseksi.

Seuraavat seikat saattoivat vaikuttaa testien tuloksiin:

- Kaikilla testihenkilöillä oli hyvä käsitys ja koulutus paloturvallisuudesta. Tämä saattoi vaikuttaa poistumisnopeuteen ja toimimiseen letkujen kanssa.
- Kaikilla testihenkilöillä oli jalassaan tukevat turvakengät. Todellisessa tilanteessa poistujien kulkemista saattaisi vaikeuttaa esimerkiksi korkokengillä käveleminen.
- Kaikki testihenkilöt tunsivat toisensa hyvin. Tämä saattoi vaikuttaa pelastajien ja poistujien väliseen toimintaan.
- Testeissä ei käytetty tekosavua, oikeaa savua eikä oikeaa tulta. Savun ja tulen käyttäminen saattaa vaikuttaa poistujien käyttäytymiseen sekä vaikeuttaa pelastajien toimintaa.

Testeissä ei saatu merkittäviä eroja eri ulosottoliittimien sijoitusvaihtoehdoille. Teisteissä vallitsevassa ympäristössä liittimien sijoituksella ei juurikaan ollut vaikutusta poistujiin nähden. Jos ulosottoliittimien paikkaa haluttaisiin tutkia tarkemmin, tulisi testausympäristöä muuttaa ja keskittyä savun leviämisen mahdollisuuksiin eri selvitysmalleja ja ulosottoliittimien sijainteja käyttäen. Tarkastelunäkökulmia voisivat olla esimerkiksi seuraavat: Kuinka monta ovea jää auki? Miten savun on mahdollista levitä näiden ovien kautta?

Edellä esiteltyä testimenetelmää pohjana käyttäen voitaisiin muutamia muuttujia lisäämällä saada tarkempaa tietoa pelastustoiminnan ja evakuoinnin vaikutuksista toisiinsa. Tämän työn jatkotutkimuksessa tulisi ottaa huomioon seuraavia seikkoja: Poistujiksi tulisi valita taustaltaan ja fyysiseltä kunnoltaan erilaisia henkilöitä. Poistujien joukosta olisi hyvä löytyä muutama liikuntarajoitteinen henkilö, jotta voitaisiin saada tietoa kuinka paljon esimerkiksi porraskäytävään levitetty letkuselvytys vaikuttaa normaalia huonommin liikkuviin ihmisiin. Poistujat tulisi varustaa esimerkiksi normaalilla toimistovaatetuksella. Jos mahdollista testit olisi hyvä aloittaa kertomatta poistujille testausasetelmasta. Näin pelastuslaitoksen vastaanotto tulisi poistujille yllätyksenä. Varustusta valitessa tulee kuitenkin huomioida työturvallisuus. Testiin tulisi ottaa mukaan evakuointihissin käyttö. Evakuointihissiä voitaisiin mallintaa normaalilla hissillä ohjeistaen esimerkiksi osa poistujista käyttämään hissiä ennalta suunnitellun toimintakaavan mukaisesti.

Testitapahtumat voisivat olla seuraavanlaiset:

Testi 1: Evakuointiajan mittaus ilman pelastuslaitoksen vastaan tuleamista

Testi 2: Selvitysajan mittaus ilman poistujien vastaan tuleamista

Testi 3: Selvitysajan ja evakuointiajan mittaus vastavirtauksella

Testi 4: Selvitysajan ja evakuointiajan mittaus vastavirtauksella evakuointihissiä tukena käyttäen.

Edellä mainituista testeistä olisi mahdollista saada tietoa siitä, kuinka paljon evakuointihissit vaikuttavat evakuointinopeuteen, pelastuslaitoksen resursseihin ja poistumisturvallisuuteen.

Tämän työn tekeminen on syventänyt merkittävästi omaa rakenteellisen paloturvallisuuden ymmärrystäni ja lisännyt kiinnostustani tutkia aiheeseen liittyviä kysymyksiä vielä lisää. Myönnän, että alussa työn tekeminen tuntui haastavalta, mutta työn valmistuttua olen erittäin tyytyväinen aihevalintaani ja työn tuloksiin. Työn laadintaprosessi kesti kokonaisuudessaan noin puolitoista vuotta. Työn alkuvaihe eteni hitaasti, jonka jälkeen tekemisen vauhti kiihtyi loppua kohden, kun päästiin konkreettisen testauksen pariin. Mahdollisuuden tullessa osallistuisin mielelläni tämän työn jatkotutkimukseen, jos sellaista jossain vaiheessa tullaan tekemään.

LÄHTEET

Averill, J., Mileti, D. Peacock, R., Kuligowski, E., Groner, N., Proulx, G., Reneke, A. ja Nelson, H. 2005. *Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster. Occupant Behavior, Egress, and Emergency Communications*. NIST Building and Fire Research Laboratory. Washington. USA.

Bukowski, R. 2003. *Protected Elevators For Egress And Access During Fires In Tall Buildings*. NIST Building and Fire Research Laboratory. Gaithersburg, Maryland. USA.

Bukowski, R. 2007. *Emergency Egress Strategies for Buildings*. NIST Building and Fire Research Laboratory. Gaithersburg, Maryland. USA.

Charters, D A., Smith, D A, Chitty, R. ja Fraser-Mitchell, J. 2007. *The effect of using passenger lifts and escalators for the evacuation of building occupants in fire and other emergencies in high rise building and underground complexes*. Building Research Establishment, Garston, Watford, Herts. USA.

Department for Communities & Local Government 2014. *GRAs generik risk assessments. GRA 3.2 Fighting fire – In High rise buildings*. Lontoo. Iso-Britannia.

Emporis. www-dokumentti. www.emporis.com. 12.6.2016.

Fire Engineering. 2014. www-dokumentti. *Hingrise 101*. 2014. Viitattu 14.5.2016. <http://www.fireengineering.com/articles/2014/04/high-rise-101.html>.

Firemodelsurvey. 2001. www-dokumentti. *Computer Models for Fire and Smoke*. 2001. Viitattu 14.4.2016. http://www.firemodelsurvey.com/pdf/CRISP_2001.pdf.

Flatle. 2016. www-dokumentti. *Use and Misude of Refuge Area in High Rise Buildings*. Viitattu 22.8.2016. <http://www.flatle.com/insights/refuge-area-high-rise-buildings>.

HIKLU-alueen ohjeet. 2015. *HIKLU-alueen ohje kuiva- ja märkänousujohtojen suunnittelusta ja toteutuksesta*. www.hel.fi/pel.

Kauranen, N. 2013. *Palon leviämisen estämisen erityispiirteet ylikorkeissa rakennuksissa*. Opinnäytetyö. Pelastusopisto. Kuopio.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 2012/958.

Pelastuslaki 379/2011.

Päijät-Hämeen Pelastuslaitos. 2012. *Nousujohto-ohje*. Lahti. www.phpela.fi.

Redi. *www-dokumentti*. www.redi.fi. 11.8.2016.

Rinne, T., Kling, T., Grönberg, P ja Korhonen, T. 2012. *Mitoittavat tilanteet tulipalon aikaisessa poistumisessa*. VTT. Espoo.

Siikonen, M. ja Hakonen, H. 2002. *Efficient evacuation methods in tall buildings*.

Sokos Hotels. *www-dokumentti*. www.sokshotels.fi. 12.6.2016.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö. 2011.

SRV. *www-dokumentti*. <http://www.srv.fi>. 11.8.2016.

Standardi EN 81-72. 2015. Fire-Fighters Lifts.

Wikipedia. *www-dokumentti*. 3.4.2016.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Masterpiece,_Refuge_Floor_\(Hong_Kong\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Masterpiece,_Refuge_Floor_(Hong_Kong).jpg)

YIT. *www-dokumentti*. www.yit.fi/tripla. 11.8.2016.

Liite 1 – Testaussuunnitelma

**PELASTUSLAITOKSEN TOIMINNAN JA EVAKUOINNIN
VAIKUTUKSET TOISIINSA YLIKORKEISSA RAKENNUKSISSA**

Testaussuunnitelma

Benjamin Ilvonen
Paloinsinöörin opinnäytetyö
Luottamuksellisuus: julkinen
25.4.2016

SISÄLLYS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 55 |
| 2 | MÄÄRITELMÄT JA TERMIEN SELITYKSET..... | 55 |
| 3 | TESTAUKSEN TAVOITEET | 56 |
| | 3.1 Ulosottoliittimen sijoitus..... | 56 |
| | 3.2 Pelastuslaitoksen toiminnan ja evakuoinnin vaikutukset toisiinsa | 56 |
| 4 | TESTAUSYMPÄRISTÖ..... | 57 |
| 5 | TESTAUKSEEN TARVITTAVA KALUSTO JA TARVIKKEET..... | 57 |
| 6 | TESTITAPAHTUMAT..... | 58 |
| | 6.1 Valvojien tehtävät | 59 |
| 7 | EI – TOIMINNALISTEN OMINAISUUKSIEN TESTAUS | 60 |
| 8 | VAARATILANTEET | 60 |
| 9 | OMINAISUUDET, JOITA EI TESTATA..... | 60 |
| 10 | TESTAUKSEN ORGANISOINTI JA RAPORTOINTI..... | 61 |
| | 10.1 Testausryhmän kokoonpano | 61 |
| | 10.2 Raportointi | 61 |
| 11 | TESTAUSAIKATAULU JA HUOLTO | 61 |

1 JOHDANTO

Korkeita rakennuksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon palokunnan toimintaedellytykset onnettomuustilanteessa. Tällä hetkellä kokeellista tietoa on hyvin vähän ja suunnitelmat joudutaan tekemään teoriapohjalta. Tähän kokeeseen on otettu kaksi päätarkastelunäkökulmaa, jotka ovat palokunnan nousujohdon ulosottoventtiilin sijoittaminen ja samanaikaisen sammutustoiminnan ja evakuoinnin vaikutukset toisiinsa. Palokunnan nousujohdon ulosottoliittimen eri sijoituspaikkojen käyttökelpoisuutta testataan tekemällä sammutusvesiselvityksiä sijoittamalla ulosliitin erilaisiin potentiaalisiin sijoituspaikkoihin kuten kerrostasoon, porrashuoneeseen ja savulta suojattuun aulatilaan. Sijoituspaikkoja arvioidaan muun muassa selvitysten nopeuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden kautta. Palokunnan toiminnan ja evakuoinnin vaikutuksia toisiinsa testataan testihenkilöstöllä, johon kuuluu sammutushyökkäystä suorittava sammutusryhmä ja samanaikaisesti rakennuksesta poistuva ryhmä, jolla kuvataan rakennuksen käyttäjiä. Molemmille ryhmille luodaan omat kyselylomakkeet, joilla pyritään keräämään tietoja testitilanteessa syntyvistä mahdollisista konflikteista ja testihenkilöiden tuntemuksista. Testin tarkoituksena on löytää kelvolliset sijoitusratkaisut ulosottojen sijoitukselle ja lisätä tietoutta sammutushyökkäyksen ja evakuoinnin vaikutuksista toisiinsa, ja tätä kautta löytää näkökulmia, joita tulisi ottaa huomioon rakennuksen suunnitteluvaiheessa.

2 MÄÄRITELMÄT JA TERMIEN SELITYKSET

Nousujohto: Rakennuksessa kiinteästi asennettu putkisto, joka mahdollistaa sammutusveden saamisen suoraan rakennuksen eri kerroksista.

Nousujohdon ulosottoliitin: Liitin jonka perään palokunta rakentaa letkuselvityksensä.

Letkuselvitys: Palokunnan letkuista tekemä sammutusjärjestelmä.

Työjohto: Palokunnan sammutuksessa käytettävä halkaisijaltaan 42 mm vesiletku.

Suojatila: Palolta suojattu tila esimerkiksi hissien tai porraskäytävän erottamiseksi kerroksesta.

3 TESTAUKSEN TAVOITTEET

3.1 Ulosottoliittimen sijoitus

Ulosottoliittimen sijoitusta testataan mallintamalla ulosottoliittintä palokunnan jakotukilla. Liittintä siirretään testattavan paikan mukaisesti. Tavoitteena testissä on löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä hyötyä ja haittaa on ulosottoliittimen sijoituksessa porraskäytävään?
- Mitä hyötyä ja haittaa on ulosottoliittimen sijoituksesta kerrokseen?
- Mitä hyötyä ja haittaa on ulosottoliittimen sijoituksessa savulta suojattuun porraskäytävään?
- Mitä hyötyä ja haittaa on ulosottoliittimen sijoituksessa kerroksen sulkutilaan?

Edellä mainittujen kysymysten pohjalta on tavoitteena tehdä koonti eri sijoituspaikkojen hyödyistä ja haitoista. Yhtä ainoa oikeaa ratkaisua ei ole tavoitteena löytää.

3.2 Pelastuslaitoksen toiminnan ja evakuoinnin vaikutukset toisiinsa

Kokeessa tullaan testaamaan miten evakuointi ja palokunnan toiminta vaikuttavat toisiinsa järjestämällä samanaikainen sammutushyökkäys- ja evakuointitilanne. Tavoitteena testeissä on löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Voiko palokunta työskennellä samassa portaassa evakuoitavien kanssa?
- Kuinka paljon samassa portaassa työskentely hidastaa evakuointia?
- Kuinka paljon samassa portaassa työskentely hidastaa palokunnan toimintaa?
- Miten letkut oviaukoissa vaikuttavat evakuointitilanteeseen?

- Liittyykö kohtaamiseen vaaratilanteita, esimerkiksi letkukalustoon kompastumista, letkujen sotkeutumista, tai vaaraa ihmisille?

Edellä mainittujen kysymysten pohjalta tavoitteena on löytää vastaus kysymykseen: Jos palokunta työskentelee samassa portaassa, mitä ehtoja siihen liittyy ja mitä erilaisia ratkaisuja tilanteeseen löytyy?

4 TESTAUSYMPÄRISTÖ

Testausympäristönä toimii Pelastusopiston harjoitusalueen palotalo. Palotalo on Pelastusopiston harjoituskäyttöön suunniteltu kolmekerroksinen kerrostalo, jossa pystytään käyttämään oikeaa tulta ja vettä. Rakennuksen porraskäytävä on varustettu alhaalta avattavalla savunpoistoluukulla. Rakennuksessa on kaksi uloskäytävää. Toinen uloskäytävistä on tavanomainen kerrostalon porrashuone ja toinen rakennuksen ulkopuolella sijaitseva kierreporras. Nousujohdon ulosottoliitintä kuvataan selvityksiin tarkoitetulla jakoliittimellä. Savulta suojatun aulatilän simulointia varten tullaan rakentamaan kevytrakenteinen lisäseinärakenne.

5 TESTAUKSEEN TARVITTAVA KALUSTO JA TARVIKKEET

- 1 kpl sammutusyksikkö.
- Letkukalusto.
- Jakoliitin.
- 2 kpl sekuntikello.
- 2 kpl videokamera. Videokameroiden ajannäyttö näkyviin ja kellot synkrooniin.
- 2 kpl videokameran jalka.
- 1 kpl kypäräkamera.
- Kyselylomakkeet.

- Tarvittavat suojarusteet testihenkilöille. Savusukellusvarustus ja murtovälineet pelastajille.
- Kuormaliinoja jakoliittimen kiinnittämistä varten.
- Lounas ja päivällinen.

6 TESTITAPAHTUMAT

Kaikkien testitapahtumiin kuuluva aika mitataan. Aika alkaa siitä, kun pelastusryhmä saapuu hissillä kerrokseen. Hissiä ei rakennuksessa ole, joten tilanne simuloidaan yksinkertaisesti sillä, että pelastajat aloittavat työnsä kerroksista työkaluineen. Poistumisryhmä lähetetään tulemaan kerroksesta alas samaa porraskäytävää pitkin, jota pelastajat käyttävät hyökkäysreitteinä. Selvityksen tekeminen aloitetaan onnettomuuskerroksen alapuoleisesta kerroksesta. Poistuminen ajoitetaan niin, että poistujat ovat vastassa heti pelastajien porraskäytävään siirtyessä. Kunkin testin loppuajaksi mitataan kaksi eri aikaa. Ensimmäinen aika päättyy, kun kaikki poistujat ovat kaikki ulkona rakennuksesta sovitulla kokoontumispaikalla. Toinen aika päättyy siihen, kun pelastajat aloittavat sammuttamisen, eli silloin, kun suihkupuutki avataan ja sieltä tulee vettä.

Kaikissa testeissä selvitys tehdään nousujohdon ulosottoon. Ulosottoa simuloidaan jakoliittimellä. Vesi jakoliittimelle otetaan sammutusyksiköstä. Jokaisen testin jälkeen letkut kerätään rullalle. Selvitysmalli on kaksi yhteen liitettyä työjohtoa.

Testit aloitetaan mittaamalla pelkästään poistumiseen kuuluva aika ilman vastaan tulevaa pelastuslaitosta. Sen jälkeen mitataan jokaiselta nousuliittimen sijoituspaikalta onnettomuuspaikalle siirtymiseen kuuluva aika ilman letkuja. Kolmantena ensimmäiset testit toistetaan yhtäaikaisesti ilman letkuja. Kaikki testit toistetaan kolme kertaa. Pohjatestien jälkeen jokaiselta sijoituspaikalta tehdään selvitykset onnettomuuspaikalle poistujien tullessa vastaan yhtäaikaisesti. Poistujat lähetetään kahdessa osassa siten, että ensimmäinen osa lähetetään alas samaan aikaan kun pelastajat aloittavat selvityksen tekemisen, ja toinen osa 20 sekuntia myöhemmin.

Toinen vaihtoehto on lähettää ryhmät samanaikaisesti; toinen ryhmä onnettomuuskerroksesta ja toinen kerrosta ylempää. (Lähetysväli täytyy säätää kohdilleen testipäivänä. Tarkoitus on saada poistujat kulkemaan pelastajien ohi ulosottoliittimien kohdalla, sekä porraskäytävässä.) Kaikki testit toistetaan kolme kertaa.

Aamupäivä klo 09:30-12:00

1. Pelkästään poistujat x 3 (15min)
2. Pelkästään pelastajat ulosottoliitin porraskäytävässä x3 (15 min). Ei letkuja
3. Pelkästään pelastajat ulosottoliitin kerroksessa x3 (15 min). Ei letkuja
4. Pelkästään pelastajat sulkuutilassa porraskäytävässä x3 (15 min). Ei letkuja

Lounas klo 12:00-13:00 (Aikaistetaan jos mahdollista)

Iltapäivä klo 13:00-16:00 (Iltapäivän testeissä on mukana letkut. Pelastajat ja poistujat etenevät yhtäaikaisesti. Jokaisen testiryhmän jälkeen täytetään kyselylomakkeet ja valmistellaan seuraava testipaikka.)

5. Ulosottoliittimen sijoitus porraskäytävässä x 3 (60 min).
6. Ulosottoliittimen sijoitus kerroksessa x 3 (60 min).
7. Ulosottoliittimen sijoitus kerroksen sulkuutilassa. x 3 (60 min).

Päivällinen ja sauna klo 16:00-22:00

6.1 Valvojien tehtävät:

- A Videokuvaaja 1 – kuvaa pelastajien lähtöpaikkaa.
- B Videokuvaaja 2 – kuvaa poistumistilannetta.
- C Kellottaja 1
- D Kellottaja 2
- E Kirjuri

7 EI – TOIMINNALLISTEN OMINAISUUKSIEN TESTAUS

Testihenkilöille jaetaan kunkin testin päätyttyä valmiiksi luotu kyselylomake, jossa kysytään testihenkilöiden henkilökohtaisia mielipiteitä testaushetken tuntemuksista. Kysymykset tehdään yksityiskohtaisesti mahdollisimman vähän tulkintavaraa jättäen. Kysymykset esitetään niin, että vastaukset voidaan taulukoida. Tulokset kerätään ja niistä tehdään tilasto.

8 VAARATILANTEET

Vaaratilanteissa käytetään huutoa: TOSI VAARA.

Tosi vaara -tilanteessa testaus keskeytetään välittömästi ja toimitaan tilanteen vaatimalla tavalla.

9 OMINAISUUDET, JOITA EI TESTATA

Korkeissa rakennuksissa vallitsevia mahdollisia paine-eroja ei pystytä ottamaan huomioon testitilanteessa. Paine-erot saattavat vaikuttaa savun leviämiseen ja ovien käyttökelpoisuuteen.

Kokeen aikaikkuna alkaa hetkestä, jolloin evakuointi on käynnissä palokunnan saapuessa onnettomuuskerroksen läheisyyteen. Ajan kulumista tätä hetkeä ennen ei testata.

10 TESTAUKSEN ORGANISOINTI JA RAPORTOINTI

10.1 Testausryhmän kokoonpano

Sammutuspari: Sammutusparina AMKn14 opiskelijat

Rakennuksesta poistujat: Poistumista mallintamaan kutsutaan vapaaehtoisia pelastusopiston opiskelijoita, sekä muita Savonia AMK:n opiskelijoita. Poistumiseen pyritään saamaan vähintään 25 vapaaehtoista.

Tarkkailijat: Koetilaisuutta tarkkailemaan ja ohjaamaan kutsutaan Helsingin pelastuslaitoksen ja L2 Paloturvallisuus Oy:n edustajat. Pelastusopiston AMK-opiskelijoista pyydetään lisätarkkailijoita videokameran käyttäjäksi ja havaintojen tekemiseen.

10.2 Raportointi

Kokeista kirjoitetaan raportti, joka liitetään opinnäytetyön liitteeksi. Testaussuunnitelma tulee tiivistettynä opinnäytetyön raporttiosuuteen. Kyselylomakkeista kerätty tieto kootaan yhteen ja tuloksista luodaan tilasto.

11 TESTAUSAIKATAULU JA HUOLTO

Kokeisiin varattava aika on kahdeksan tuntia. Tähän aikaan kuuluu 30 minuutin ruokailu harjoitusalueella, sekä testien välissä tulevat tauot. Ruokailu tilataan pelastusopiston keittiöstä. Kokeet tulee valmistella ennen varsinaista testauspäivää.

Liite 2 – Kyselylomake Pelastajat

PELASTAJAT

Tutkimuksen tarkoituksena on löytää hyviä ja huonoja puolia eri ulosottoliittimien sijoitusvaihtoehdoista, sekä löytää ongelmakohtia liittyen yhtäaikaiseen evakuointiin ja pelastustoimintaan. Testin aikana yhtäaikaisen poistumisen ja pelastustyön vaikutuksia toisiinsa mitattiin ottamalla aikaa suoritusten kestosta. Ajan lisäksi on tärkeää saada testihenkilöiden mielipiteitä ja kommentteja koskien testien eri osaluotoita.

Vastaa esitettyihin kysymyksiin oman tuntemukseksi mukaisesti. Jos mahdollista, niin perustele vastauksesi kysymyksen alle. Jos mielessäsi on joku asia testiin liittyen, johon lomakkeessa ei ole valmista kysymystä, voit kommentoida lomakkeen tyhjään tilaan.

1. Tässä testissä ulosottoliitin sijaitsi:

- A. Porraskäytävässä
- B. Kerroksessa
- C. Sulkutilassa

2. Pelastustyö hidasti **poistumista**:
(Valitse **YKSI** vaihtoehto)

- A. Ei yhtään
- B. Vähän
- C. Merkittävästi
- D. Esti kokonaan

Miten? _____

3. Poistuminen hidasti **pelastustyötä**:
(Valitse **YKSI** vaihtoehto)

E. Ei yhtään
F. Vähän
G. Merkittävästi
H. Esti kokonaan

Miten? _____

4. Jouduin keskeyttämään työni poistumisen takia
(Valitse **kaikki sopivat** vaihtoehdot)

A. En joutunut keskeyttämään työtäni
B. Kerran
C. Kaksi kertaa
D. Useammin, kuinka monta kertaa? _____
E. Jos jouduit keskeyttämään työsi, kuinka kauan keskeytys keskimäärin kesti? _____

5. Jouduin keskeyttämään työni koska...

A. En joutunut keskeyttämään työtäni
B. En päässyt poistujien ohi
C. Työparini ei päässyt poistujien ohi
D. Letkut estivät kulkuni
E. Jokin muu syy,
mikä? _____

6. Poistujat vaaransivat **työturvallisuuteni**
(Valitse **YKSI** vaihtoehto)

A. Kyllä
B. Ei
C. Miten? _____

7. Mielestäni luontevin paikka **nousujohdon ulosotolle** oli:
(vastaa tähän kysymykseen vasta viimeisen testin jälkeen)

- A. Porraskäytävässä.
- B. Kerroksessa.
- C. Sulkutilassa.

8. Eri nousujohtoliittimien sijoitusten hyvät ja huonot puolet
(vastaa tähän kysymykseen vasta viimeisen testin jälkeen)

Porraskäytävä:

Hyvää: _____

–

Huonoa: _____

Kerros:

Hyvää: _____

–

Huonoa: _____

Sulkutila:

Hyvää: _____

–

Huonoa: _____

Liite 3 – Kyselylomake Poistujat

POISTUJAT

Tutkimuksen tarkoituksena on löytää hyviä ja huonoja puolia eri ulosottoliittimien sijoitusvaihtoehdoista, sekä löytää ongelmakohtia liittyen yhtäaikaiseen evakuointiin ja pelastustoimintaan. Testin aikana yhtäaikaisen poistumisen ja pelastustyön vaikutuksia toisiinsa mitattiin ottamalla aikaa suoritusten kestosta. Ajan lisäksi on tärkeää saada testihenkilöiden mielipiteitä ja kommentteja koskien testien eri osia.

Vastaa esitettyihin kysymyksiin oman tuntemukseksi mukaisesti. Jos mahdollista, niin perustele vastauksesi kysymyksen alle. Jos mielessäsi on joku asia testiin liittyen, johon lomakkeessa ei ole valmista kysymystä, voit kommentoida lomakkeen tyhjään tilaan.

1. Tässä testissä ulosottoliitin sijaitsi:

- D. Porraskäytävässä
- E. Kerroksessa
- F. Sulkutilassa

2. Pelastustyö hidasti **poistumista**:
(Valitse **YKSI** vaihtoehto)

- A. Ei yhtään
- B. Vähän
- C. Merkittävästi
- D. Esti kokonaan

Miten? _____

3. Poistuminen hidasti **pelastustyötä**:

(Valitse **YKSI** vaihtoehto)

- I. Ei yhtään
- J. Vähän
- K. Merkittävästi
- L. Esti kokonaan

Miten? _____

4. Jouduin pysähtymään kesken poistumisen

(Valitse **kaikki sopivat** vaihtoehdot)

- A. En joutunut pysähtymään kesken poistumisen
- B. Kerran
- C. Kaksi kertaa
- D. Useammin, kuinka monta kertaa? _____
- E. Jos jouduit pysähtymään, kuinka kauan pysähdys keskimäärin kesti? _____

5. Jouduin pysähtymään kesken poistumisen koska...

- A. En joutunut pysähtymään kesken poistumisen
- B. En päässyt pelastajien ohi
- C. Joku muu poistuja esti kulkuni
- D. Letkut estivät kulkuni
- E. Jokin muu syy,
mikä? _____

6. Miten palokunnan **letkut** vaikuttivat poistumiseesi? (Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot)

(Valitse **kaikki sopivat** vaihtoehdot)

- A. Letkut hidastivat poistumistani yli 10 sekuntia.
- B. Olin lähellä kompastua letkuihin.
- C. Kompastuin letkuihin ja kaaduin.
- D. Letkut eivät vaikeuttaneet poistumistani.

Muuten, miten? _____

7. Pelastajien kanssa toimiminen:
(Valitse **kaikki sopivat** vaihtoehdot)

- A. Kysyin pelastajilta neuvoja.
- B. Pelastajat ohjasivat poistumista.
- C. Pelastajat haittasivat poistumista. Miten?
- D. Pelastajat helpottivat poistumista. Miten?

Miten? _____

