



PELASTUSOPISTO

B-sarja:
Tutkimusraportit
[4/2017]

Modernien kodinkoneiden palokäyttäytyminen ja sammutustekniikka

Marko Hassinen

Ismo Huttu

Tuomas Kuikka

Arto Latvala

Modernien kodinkoneiden palokäyttäytyminen ja
sammutustekniikka hankkeen loppuraportti



MODERNIEN KODINKONEIDEN PALOKÄYTTÄYTYMINEN JA SAMMUTUSTEKNIikka

Marko Hassinen

Ismo Huttu

Tuomas Kuikka

Arto Latvala



Pelastusopisto
PL1122
70821 Kuopio
www.pelastusopisto.fi

Pelastusopiston julkaisu
B-Sarja: Tutkimusraportit
4/2017

ISBN 978-952-5905-99-1
ISSN 2342-9313 (verkkojulkaisu)

Emergency Services College

Hassinen Marko, Research Scientist, Ph.D., Emergency Services College

Ismo Huttu, Head Instructor, Emergency Services College

Tuomas Kuikka, Planning Officer, Emergency Services College

Arto Latvala, Expert, Emergency Services College

Fire behavior and extinguishing of modern household appliances

Publication/Research report 22 pages

June 2017

ABSTRACT

This report describes the findings of a project that studied fires of modern household appliances. The project was led by the Research, Development and Innovation Services of the Emergency Services College, Finland. This project was funded mostly by the Fire Protection Fund (Palosuojelurahasto).

Household appliances and materials used in them are developing rapidly. At the same time their share as a source of ignition in house fires is still high. Statistics based on the national Fire & Rescue operation database shows that while roughly half of reasons for house fires are due to human action, nearly one third is due to a malfunction of a household appliance. Increasing demand for energy preservation in refrigerators has brought high requirements for insulation materials and the amounts needed to fulfil the energy consumption standards. This added insulation material increases the fire load making these fires even more destructive.

Fires of household appliances have been studied in the past, but fire behavior of modern appliances is not very well known. Also, the educative material made for general public on how to put out these fires is outdated. With these household appliance fires, both the technique and the suppression agent used in putting out the fire has remarkable effect on the primary and especially the secondary damages. It is the hypothesis of this research, that with a correctly chosen extinguisher and extinguishing agent, a considerable improvement on the overall damage can be achieved. Combined with immediate countermeasures, the result will be even better, saving vast amount on money and inconvenience.

Survey of existing research and definition of test setup was done primarily in the office by the research group and in close cooperation of project partners. The goal was to harness existing knowledge to build on to, and, not to repeat experiments done elsewhere. The burn behavior and suppression technique of household appliances was studied with practical tests that were carried out on the ESC training ground.

Recommendations and educational material were prepared in the final part of the project. All the tests carried out in the experiment phase were carefully documented and filmed. This video material, including thermal image videos, was used to create educational material for both the general public as well as fire & rescue professionals. Most important partners in the project were the network of Finnish fire departments, and, especially the Fire Department of Keski-Uusimaa, the Finnish Association of Fire Chiefs and the extinguisher retail companies.

ABI/INFORM: Extinguishing method, Fire crew, handheld extinguisher, electrical fire

Pelastusopisto

Hassinen Marko, Tutkija, FT, Pelastusopisto, Tutkimus- ja kehittämis- ja innovaatiopalvelut

Ismo Huttu, Yliopettaja, Pelastusopisto, Operatiivisen toiminnan tiimilinja

Tuomas Kuikka, Suunnittelija, Pelastusopisto, Tutkimus- ja kehittämis- ja innovaatiopalvelut

Arto Latvala, Operatiivinen asiantuntija, Pelastusopisto, Tutkimus- ja kehittämis- ja innovaatiopalvelut

Modernien kodinkoneiden palokäyttäytyminen ja sammutustekniikka -hankkeen loppuraportti

Julkaisu/Tutkimusraportti 22 sivua

Kesäkuu 2017

TIIVISTELMÄ

Pelastusopiston tutkimus, kehittämis- ja innovaatiopalveluiden toteuttaman ja Palosuojelurahaston pääasiallisesti rahoittaman Modernien kodinkoneiden palokäyttäytyminen ja sammutustekniikka hankkeen tavoitteena oli tutkia erilaisten markkinoilla olevien kodinkoneiden palokäyttäytymistä sekä löytää parhaat käytännöt tällaisten tulipalojen sammuttamiseen. Kaikki testit videoitiin ja kuvattiin lämpökameralla. Osassa testeistä käytettiin myös mittausjärjestelmää lämpötilojen sekä lämpösäteilyn voimakkuuden mittaukseen.

Hankkeessa tehtiin runsas määrä erilaisia polttokokeita, joista osassa kodinkoneet poltettiin täysin. Näillä kokeilla haluttiin selvittää palokäyttäytymistä sekä todennäköisyyttä sille, että palo laajenee rakennuspaloksi. Täyden polton kokeiden jälkeen siirryttiin testeihin, joissa laite sammutettiin erilaisia sammutteita käyttäen. Näillä testeillä haettiin parhaita menetelmiä palon sammuttamiseksi. Erityisesti tutkittiin kylmälaitteiden palokäyttäytymistä ja niissä olevien eristeiden savun ja lämmön tuottoa. Keskeinen havainto kylmälaitteen paloturvallisuudesta liittyi laitteen taustalevyyn, joka on yleisimmin joko muovista tai peltistä. Peltinen taustalevy pidättää paloa huomattavasti ja alkusammutustoimenpiteisiin jää enemmän aikaa. Palo myös leviää hitaammin viereisiin rakenteisiin.

Tutkimuksen havaintojen pohjalta laadittiin koulutusaineistoa jotta hankkeessa havaittuja hyviä käytänteitä saadaan vietyä käytäntöön. Samaa tavoitetta palveli erinomaisen hyvän vastaanoton saanut koulutuskierros, jonka kautta pelastuslaitosten henkilöstöä koulutettiin kolmella paikkakunnalla.

Erityinen ponnistus tehtiin erilaisten altistusten mittaamisessa. Altistuksia mitattiin niin alkusammuttajan, pelastajan kuin palontutkijan ja palosaneeraajan osalta. Hankkeen aikana myös valmisteltiin EU:n pelastuspalvelumekanismin kanssa yhteistyössä asiantuntijavaihto, joka ajallisesti toteutui hankkeen päättymisen jälkeen. Asiantuntijavaihdossa jaettiin kokemuksia hankkeesta tehdyistä havainnoista ja saatiin runsaasti arvokasta tietoa muissa Euroopan maissa tehdystä tutkimuksesta sekä pelastuslaitosten käytännöistä altistusten vähentämisessä. Asiantuntijavaihdosta on julkaistu erillinen kenttäraportti Pelastusopiston julkaisusarjassa.

Hankkeen tärkeimpinä yhteistyökumppaneina olivat pelastuslaitokset, eritoten Keski-Uudenmaan pelastuslaitos, Lassila & Tikanoja, TUKES, Suomen Palopäälystöliitto sekä sammuttimia ja sammutuslaitteistoja myyvät yritykset.

Avainsanat: Sammutusmenetelmät, pelastusyksikkö, käsisammutin, sähköpalo, kodinkonepalo

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	7
2. Hankesuunnitelma.....	8
3. Aiempi tutkimustieto ja olemassa oleva materiaali.....	9
4. Koeasetelmat.....	9
Kodinkoneiden palokäyttäytyminen.....	10
Sammutustestit	13
Kylmälaitteiden palokäyttäytyminen.....	16
5. Altistustestit.....	18
6. Hankkeen vaikuttavuuden arviointi.....	21
7. Päätelmät	22
Viitteet	23
Liitteet.....	24

1. Johdanto

Kodinkoneet kehittyvät verraten nopealla syklillä ja niiden materiaalit samoin. Samalla kodinkoneiden osuus kotitalouksien tulipalojen syttymislähteenä on edelleen korkea. Energiatehokkuuden vaatimukset mm. kylmälaitteissa ovat tuoneet mukanaan aiempaa korkeammat vaatimukset eristemateriaaleille ja niiden määrille kylmälaitteissa. Kodinkoneiden paloja on aiemmin tutkittu, mutta modernien kodinkoneiden palokäyttäytymisestä on tietoa niukasti. Myös näiden tutkimusten yhteydessä tehty turvallisuusviestintämateriaali on auttamatta vanhentunutta.

Kodinkoneesta syttyneen tulipalon sammutustekniikka sekä käytetty sammute palon alkuvaiheessa ovat merkittävässä roolissa aiheutuneiden vahinkojen laajuudessa. Sammuttimet ja sammutteet ovat kehittyneet nopeasti viime vuosina niin sammutustehon kuin käyttöturvallisuuden osalta ja myös niiden aiheuttamat jälkivahingot ovat hyvin eri luokkaa eri sammutteilla. Tutkimuksen hypoteesina oli, että oikein valitulla sammutteella ja sammutustekniikalla voidaan radikaalisti vaikuttaa palossa syntyneen kokonaisvahingon laajuuteen. Lisäksi vahinkoja voidaan pienentää oikein toteutetuilla ja oikea-aikaisesti aloitetuilla jälkivahinkojen torjunnalla.

Tilastoiduissa kodinkonepaloissa on ihmisen toiminnalla selkeä merkitys. Likimain kaikki lieden aiheuttamaksi tilastoidut palot johtuvat valvomattomasta ruoan valmistuksesta, kun lieden tai uunin vikaantumisesta aiheutuneet palot ovat hyvin harvinaisia. Myös monissa muissa paloissa, joissa syttymislähteeksi on tilastoitu kodinkone, on kyseessä virheellinen käyttö. Toisaalta esimerkiksi kylmälaitteiden osalta palot ovat pääsääntöisesti laitteen vikaantumisesta aiheutuvia, kuten myös pesukoneiden osalta. Hankkeessa haluttiin tutkia tilastoja pelastustoimen toimenpiderekisteristä jotta saadaan todenmukainen kuva siitä, miten laitteiden vikaantumisesta johtuvia paloja voitaisiin mahdollisesti vähetää ja niihin osattaisiin varautua.

Yhdysvalloissa [1] ja Hollannissa [2] tehdyistä tutkimuksista voidaan todeta huoneistopalojen muuttuvan luonnettaan sisustusmateriaalien ja rakennustavan sekä –materiaalien muuttuessa. Viimeisen parin vuosikymmenen aikana ihmisten asunnoissa on alkanut olla entistä enemmän tavaraa ja suuntaus keinotekoisesti valmistettuihin, muovisiin materiaaleihin on koko ajan voimistunut. Samalla huonekoot ovat kasvaneet sekä rakennusten koon kasvun myötä, että avointen tilojen tultua aiempaa suositummaksi. Näin ollen huoneistopalossa on aiempaa enemmän palokuormaa, mutta myös happea alkuvaiheessaan, ja palot kehittyvät aiempaa nopeammin. Kun tähän lisätään energiatehokkuudesta syntyneet vaatimukset rakennusten tiiveydelle, syntyy tilanne jossa rakennuspaloista tulee aiempaa helpommin happirajoitteisia ja olosuhteet työturvallisuuden kannalta vaarallisille ilmiöille ovat otollisia.

Huoneistopalon vahinkokertymä on voimakkaimmillaan muutamia minuutteja palon syttymisen jälkeen ja samoin rakennuksesta pelastettavissa olevien henkilöiden selviytymisen kannalta nämä minuutit ovat ratkaisevia. Mitä nopeammin vahinkokehitys pystytään katkaisemaan, sitä varmemmin pystytään pelastamaan ihmisiä, eläimiä sekä omaisuutta. Tämän vuoksi asukkaan itsensä tekemän alkusammutuksen merkitys jatkuvasti korostuu. Hankkeen yksi tärkeimmistä tavoitteista olikin tuottaa turvallisuusviestintämateriaalia sekä kansalaisten että esimerkiksi pelastuslaitosten käyttöön.

2. Hankesuunnitelma

Hankesuunnitelmassa määriteltiin hankkeen osatehtävät, joita lähestyttiin seuraavasti.

Taustamateriaalin keräys, koeasetelmien suunnittelu ja olemassa olevan tutkimustiedon koostaminen tehtiin toimistotyönä. Työvaiheessa tutkittiin pelastustoimen tilastoja ja kartoitettiin myös soveliaiden sammutusmenetelmien ominaisuudet ja toimintaperiaatteet siltä osin kuin tätä ei aiemmissa hankkeissa ollut tehty.

Kodinkonepalojen palokäyttäytyminen otettiin tutkittavaksi kokeellisesti. Kokeet tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueella. Palokäyttäytymistesteissä hyödynnettiin tilastojärjestelmä Prontosta saatua tietoa, kuten yleisimmät syttymistavat ja –lähteet sekä sammuttamisessa tehdyt toimenpiteet. Polttokokeissa mitattiin syntyviä lämpötiloja sekä lämpösäteilyn voimakkuuksia tavoitteena arvioida miten todennäköisesti palo leviäisi rakennuspaloksi ja miten nopeasti.

Sammutusvaikutukset ja niissä havaittavat erot dokumentoitiin samalla tavalla kenttäkokeina. Näiden sammutustestien yhteydessä myös tuotettiin ensimmäinen kierros videomateriaalia turvallisuusviestintätarkoituksessa. Testien tavoitteena oli arvioida kodinkonepalojen sammutustekniikkaa ja löytää soveliaimmat sammutusmenetelmät. Yhtenä osa-alueena oli myös arvioida sammutusmenetelmien ympäristöystävällisyyttä.

Hankkeen alkuosan testit videoitiin ja kuvamateriaalia hyödynnettiin materiaalin tuotannossa, mutta hyvin pian havaittiin, että hyvälaatuisen viestintämateriaalin tuottaminen vaatii erillisiä kuvaus sessioita. Turvallisuusviestintämateriaali kansalaisille tuotettiin siten erillisillä kuvauskerroilla, joissa keskityttiin vain sisällön tuotantoon.

Yhtenä tutkittavana aiheena olivat erilaiset altistukset joita sammuttaessa syntyy. Näitä tutkittiin koesarjassa jossa analysoinnin suoritti Työterveyslaitos.

Hankkeeseen muodostettiin ohjausryhmä, johon kuuluivat

Esa Kokki, Pelastusopisto, puheenjohtaja

Marko Hassinen, Pelastusopisto, sihteeri

Ismo Huttu, Pelastusopisto

Petteri Hynönen, Pohjois-Savon pelastuslaitos, Pelastuslaitosten

kumppanuusverkosto

Kirsi-Marja Kuusisto, Suomen JVT- ja Kuivausliikkeiden liitto ry

Markku Ahola, Helsingin pelastuslaitos

Pasi Uurasmaa, Suomen Palopäällystöliitto

Taito Vainio, Sisäministeriö, Pelastusosasto

Pekka Vänskä, Keski-Uudenmaan pelastuslaitos, Uudenmaan pelastusliitto.

Ohjausryhmä kokoontui hankkeen aikana neljä kertaa.

3. Aiempi tutkimustieto ja olemassa oleva materiaali

Kodinkoneiden paloista löytyi hyvin vähän aiempaa tutkittua tietoa. Yhdysvalloissa tehty tutkimus [3] selvittää kodeissa syttyvien palojen syitä tilastojen pohjalta, mutta sekään ei sisällä tietoa varsinaisten palojen luonteesta. Kotimaassa tehdyt tutkimukset ovat auttamatta vanhentuneita.

Hankkeen aivan loppumetreillä, maaliskuussa 2017 ilmestyneessä NFPA:n (National Fire Protection Association) tutkimuksessa [4] on arvokasta tietoa pyykinpesukoneiden ja kuivaimien paloista. Pyykinpesukone tai kuivain ovat Suomessakin yleisimpiä tulipalon aiheuttavia kodinkoneita vastaten kolmanneksesta kaikista kodinkoneisiin liittyvistä rakennuspaloista.

Kylmälaitteet ovat Suomessa kolmanneksi suurin ryhmä rakennuspalovaaran aiheuttavista kodinkoneista, mutta suurin yksittäinen rakennuspalon aiheuttava kodinkoneryhmä. Kylmälaitteiden paloista on muuallakin tehty valistusmateriaalia. Lontoon pelastuslaitos on julkaissut helmikuussa 2017 verkkouutisen Total Recalls: 'Gaping hole' in fridge freezer safety [5] jossa peräänkuulutetaan kylmälaitteiden paloturvallisuutta. Lontoon pelastuslaitoksen tekemät havainnot tukevat hankkeessa tehtyjä havaintoja. Tätä raporttia kirjoitettaessa YLE uutisoi Lontoossa ainakin 79 henkeä vaatineen tulipalon alkaneen jääkaapista [6]. Palon kehittyminen suurpaloksi ei kuitenkaan liittynyt jääkaappiin vaan rakennuksen julkisivumateriaaliin.

Tilastoja esimerkiksi Yhdysvaltojen asuntopaloista ja niiden syistä löytyy USFA (U.S. Fire Administration) sivustolta [7]. Näissä on todettu ruoanlaiton vastaavan yli puolesta kotien asuntopaloista, kun sähköviat ovat syynä noin kuudessa prosentissa paloista. Luonnollisesti tilastojen vertailukelpoisuus esimerkiksi suomen vastaaviin on heikkoa, koska tilastointimenetelmä on varsin erilainen.

4. Koeasetelmat

Huoneistopalon vahinkokertymä on voimakkaimmillaan muutamia minuutteja palon syttymisen jälkeen ja samoin rakennuksesta pelastettavissa olevien henkilöiden selviytymisen kannalta nämä minuutit ovat ratkaisevia. Mitä nopeammin vahinkokehitys pystytään katkaisemaan, sitä varmemmin pystytään pelastamaan ihmisiä, eläimiä sekä omaisuutta, joten alkusammutustoimenpiteiden vaikutus on suuri. Näin ollen hankkeen painopiste on ollut suurelta osin tuottaa valmiuksia ja materiaalia kansalaisten omatoimiseen alkusammutukseen.

Hankkeessa tehtiin suuri joukko erilaisia testejä ja kokeita, joissa tutkittiin erilaisten kodinkoneiden palokäyttäytymistä sekä niiden sammuttamista. Palokäyttäytymistä tutkittiin täyden polton testeillä, joissa laitteet poltettiin kokonaisuudessaan. Näin saatiin tietoa niiden tuottamasta paloenergiasta ja osattiin arvioida kuinka todennäköisesti palo leviää huoneistossa. Sammutustesteissä paloja sammutettiin erilaisilla sammutteilla ja arvioitiin sammutteiden tehokkuutta sekä käyttäjäystävällisyyttä.

Kaikki testit videoitiin ja kuvattiin lämpökameralla. Useasta testistä myös mitattiin lämpötiloja sekä lämpösäteilyn voimakkuuksia. Sammutustestien sekä myös osittain täyspolttojen videoita käytettiin turvallisuusviestintämateriaalin tuotannossa. Verkkovirtakäyttöisten tavanomaisten kodinkoneiden lisäksi tutkittiin yksi akkukäyttöinen tasapainoskooteri. Akkukäyttöisten laitteiden sekä itse akkujen palokäyttäytymistä tutkimusryhmä on tutkinut muissa yhteyksissä kattavasti [8] joten mainittua testiä lukuun ottamatta akkujen tutkiminen on jätetty hankkeen ulkopuolelle.

Kodinkoneiden palokäyttäytyminen

Testit aloitettiin kodinkoneiden palokäyttäytymisen tutkimisesta. Näissä testeissä oli lähtökohtaisena tavoitteena tutkia miten nopeasti palo etenee itse laitteessa, miten nopeasti palo etenee laitteesta ympäröiviin rakenteisiin sekä miten paljon palo tuottaa savua. Ensimmäinen testi tehtiin kenttäkokeena poltettavassa rakennuksessa.



Kuva 1. Ensimmäinen kenttäkoe täydenpalon vaiheessa

Rakennus oli 50 luvulla rakennettu kesämökki (Kuva 1), jossa oli puurunko, purueristys sekä lautavuoraus. Katteena rakennuksessa oli huopa ja sisäverhouksena lastulevy.



Kuva 2. Tutkittava jääkaappipakastin sekä lämpökamerakuva poltosta

Rakennukseen tuotiin tavallinen jääkaappipakastin (Kuva 2) joka sytytettiin pienellä määrällä Sinol –geelillä vaaleita vaahtomuovia. Testi kuvattiin sekä videokameroilla että lämpökameroilla. Samalla huonetilasta mitattiin lämpötiloja useasta kohtaa termoparilangoilla sekä lämpösäteilyn voimakkuutta yhdestä kohtaa.

Jääkaappipakastin oli verraten uusi ja taustalevy oli muovinen. Eristeenä laitteessa oli tavanomainen polyuretaani, joka palaessaan tuottaa varsin paljon paksua savua. Palo eteni rakennuspaloksi varsin nopeasti, johtuen lähinnä kylmälaitteen eristeiden palamisen tuottamasta suuresta lämpömäärästä (Kuva 2).



Kuva 3. KahvinkeitTIMEN palon leviäminen kaapistoon

Täyden palon testejä tehtiin niin pienille kodinkoneille kuten kahvinkeitTIMille, kuin isommillekin kuten pesutornille. Näiden testien tarkoituksena oli arvioida aikaa, jonka koneen palaminen vaatii ennen kuin palo laajenee rakennuspaloksi. Pieniä kodinkoneita poltettiin keittiöympäristössä (Kuva 3), jossa testattiin miten nopeasti palo leviää keittiön muuhun esineistöön. Kuvan 3 testissä palo levisi suotuisissa olosuhteissa kaapistoon seitsemässä minuutissa.



Kuva 4. Astianpesukoneen poltto. Syttymiskohta etupaneelin ohjelmakoneisto

Suuremmissa kodinkoneissa palokäyttäytyminen riippuu hyvin suuresti siitä, mistä kone on syttynyt. Astianpesukoneen (Kuva 4) yleisin syttymiskohta on etupaneelissa oleva ohjelmistokoneisto, josta lähtevä palo on varsin maltillinen. Palo kyllä etenee edelleen rakenteisiin, mikäli koneen yläpuolella on palavaa materiaalia, kuten kaapisto.

Kylmälaitteet sekä niin sanotut pesutornit tuottavat jo huomattavan lämpökuorman palaessaan (Kuva 5) ja savun muodostus on vahvaa. Etenkin näiden hyvin tavanomaisten pesutornien paloteho yllätti tutkimusryhmän. Laitteissa on verraten paljon muoviosia ja laitteiden ollessa toistensa päällä palo saa hyvin ilmaa. Tällainen laiteyhdistelmä on myös yleensä nurkassa tai omassa syvennyksessään jolloin lämpösäteilyn takaisin-kytkentä edesauttaa palon kehittymistä. Kuvan 5 poltoissa laitteiston ympärille rakennettiin kahdelle sivulle seinä kipsilevystä. Näin ollen seinämateriaali ei edesauttanut palotapahtumaa pyrolysoitumalla, mutta kyläkin lämpösäteilyä heijastamalla.



Kuva 5. Pesutornin (pesukone + kuivausrumpu) ja jääkaappipakastimen täyspoltot

Sammutustestit

Sammutuskokeissa keskityttiin yleisimpien kodinkonepalojen alkuvaiheen palon sammuttamiseen. Tämän valinnan taustalla oli saada mahdollisimman kattavasti tietoa sekä kuva- ja videomateriaalia jota voidaan hyödyntää kansalaisten turvallisuusviestinnässä. Testejä tehtiin sekä palotalossa, jossa palojen annettiin edetä pidemmälle, että paloteatterissa (kuva 6). Testeissä testattiin sekä tyyppihyväksytyjä sammuttimia että koko joukko markkinoille tulleita kevyempiä (ns. design) sammuttimia.



Kuva 6. Rasvakattilan sammuttaminen design sammuttimella.

Kuvassa 6 sammutetaan palavan rasvan (paistoöljy) sammuttamista yhdellä markkinoilla olevista kevytsammuttimista. Öljy on kuumennettu itsesyttymislämpötilaan ja sytytetty. Sammuttimen toiminta jättää toivomisen varaa tyyppihyväksytyyn sammuttimeen verrattuna. Vastaavasti tyyppihyväksytyllä sammuttimella (Kuvat 7 ja 8) teho riittää paremmin palavan pesukoneen sammuttamiseen.

Sammutustestien videoista sekä erikseen koulutusmateriaalitarkoituksessa kuvatuista videoista editoitiin kattava valikoima erilaisia valistuskäyttöön soveltuvia videoita. Videot, sekä niihin liittyvää koulutusmateriaalia on saatavilla Pelastusopiston www-sivulta osoitteesta <http://www.pelastusopisto.fi/kodinkonepalot>.



Kuva 7. Pesukoneen palon sammutus vaahtosammuttimella



Kuva 8. Roska-astian sammutus vaahtosammuttimella

Hankkeessa tutkittiin myös ammattilaisten käyttöön sopivia sammutteita joidenkin kodinkoneiden tai niihin liittyvien palotapahtumien yhteydessä. Yksi enemmän painoarvoa saanut tutkimuskohde oli ruoan valmistuksessa sekä yleisemminkin esiin nousevat rasvapalot. Näissä perinteisesti on pidetty selvänä, ettei vettä tai vesipohjaisia sammutteita voisi käyttää rasvapalojen sammuttamisen, joten testeissä käytiin läpi useita erilaisia sammutteita.

Paloa varten hankittiin tavanomainen suurtalouskeittiöistä ja ravintoloista löytyvä rasvakeitin, josta poistettiin termostaatit sekä ylikuumenemissuojaus. Näin keitin lämpeni koko ajan virran ollessa päällä. Rasvan annettiin syttyä itsestään (noin 360 +/- 10 asteen lämpötilassa) ja tämän jälkeen palo sammutettiin. Sammutteina kokeiltiin sammutuspeitettä (ei sammunut, mutta rajoitti), hiilidioksidia (ei sammunut), jauhetta (sammui, mutta syttyi uudelleen), vaahtosammutinta (sammui) sekä rasvapalosammutinta, kuva 9 (sammui).

Pelkällä vedellä sammutettiin samaa rasvapaloa ensin sprinklerillä (sammui) ja pikapalopostilla (sammui).



Kuva 9. Rasvakeittimen sammuttaminen rasvapalosammuttimella

Usein alkusammutuskoulutusten yhteydessä näytösluonteisesti vettä kuuman rasvan joukkoon kaatamalla syntyvää "rasvaräjähdystä" ei sammutustesteissä havainnoitu.

Kylmälaitteiden palokäyttäytyminen

Pelastustoimen toimenpiderekisteristä, Prontosta tutkittiin kodinkoneiden aiheuttamia rakennuspaloja ja rakennuspalovaaroja vuosilta 2011 – 2016 (Taulukko 1). Näistä todettiin, että yleisin kotona syttynyt kodinkone on pesukone (521 tapausta, taulukko 2), toiseksi yleisin on kylmälaitte (342) ja hyvin lähellä seuraavana astianpesukone (299). Rakennuspaloina näistä kuitenkin ylivoimaisesti useimmin kehittyi kylmälaitteesta syttynyt palo (171 tapausta), seuravana pyykinpesukone (143) ja kolmantena astianpesukone (56). Astianpesukoneen ja pyykinpesukoneen eroa selittää osittain se, että pesukone on yleensä pesuhuoneessa, jossa myös on ilmastoinnin poistoilma, eikä yleensä palovarointia. Näin ollen pesukoneen syttymisen havaitsemisen voisi olettaa kestävän pidempään, mikä saisi aikaan sen, että se ehtii kehittyä rakennuspaloksi.

Taulukko 1. Pelastustoimen tehtävät joissa kodinkone osallisena



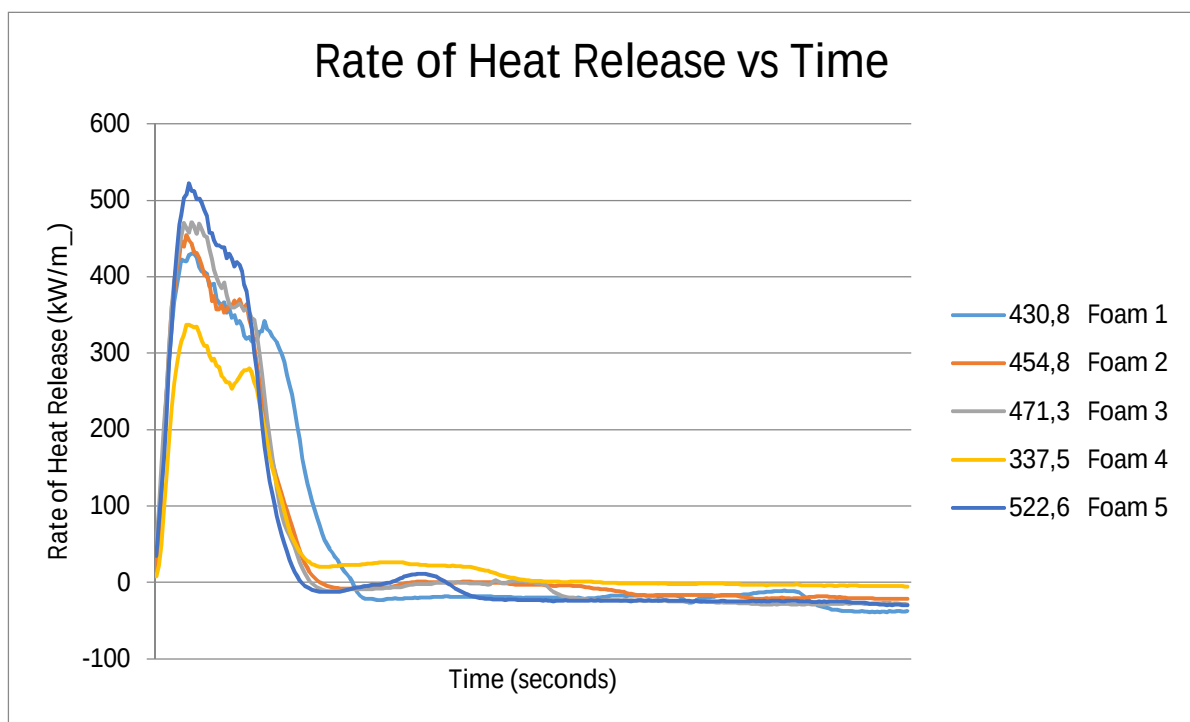
Taulukko 2. Kodinkonepalojen lukumäärät 2011-2016

Kone tai laite	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Yhteensä
Astianpesukone	47	60	68	46	34	44	299
Atk-laite	14	11	12	10	10	15	72
Kahvin- tai vedenkeitin	7	5	10	8	8	5	43
Kylmälaitte	53	70	55	60	55	49	342
Liesi tai uuni	21	15	12	18	15	31	112
Mikroaaltouuni	13	16	14	15	18	23	99
Pyykinpuhdistuskone	9	16	18	20	14	30	107
Pyykinpesukone	108	87	92	97	61	76	521
Televisio	20	10	9	18	9	9	75
Rasvakeitin	0	7	9	4	6	11	37
Muu kodinkone	29	33	26	31	27	35	181
Yhteensä	321	330	325	327	257	328	1888

Kylmälaitteiden osalta merkillepantavaa on se, että kun karkeasti joka kuudes astianpesukoneen tulipalo kehittyy rakennuspaloksi, kylmälaitteiden paloista puolet saavat aikaan rakennuspalon. Tätä seikkaa haluttiin tutkia hieman tarkemmin joten kylmälaitteita poltettiin useampia. Sytytys pyrittiin tekemään siten, kuin sen on oletettu tapahtuvan, eli laitteen takana olevasta relerasiasta. Näin laitteita ei kuitenkaan saatu syttymään ja tutkimus syttymistavasta on vielä tätä kirjoitettaessa kesken. Eräänä selittävänä tekijänä voisi olla laitteiden sisältämä kylmäaine, joka usein on palavaa kaasua. Se kuitenkin havaittiin selkeästi, että laitteissa on kahta päätyyppiä laitteen taustan päällysmateriaalin osalta. Osassa koneissa taustalevy on muovia, kun taas toisissa peltiä. Pikaisen markkinakartoituksen perusteella vaikuttaa siltä, että hinnakkaammissa laitteissa tausta on useammin peltinen kuin edullisemmissa, mutta poikkeuksia on molempiin suuntiin. Palon kehittymiseen ja sen voimakkuuteen taustalevymateriaalin vaikutus on selkeä.

Myös eristemateriaalien palamisessa huomattiin laitekohtaisia eroja. Eristeitä poltettiin kalorimetrissä ja eristeen lämmöntuotto vaihteli merkittävästikin laitteiden välillä. Maksimaalinen lämmöntuotto oli kovimmillaan yli puolitoistakertainen hillitymmiin palaviin verrattuna (Taulukko 3). Mittaustulokset löytyvät liitteestä 1. Kalusteisiin integroituna tällainen suojaamaton (muovitetulla taustalevyllä varustettu) kylmälaite syttyessään tuottaa niin paljon lämpöä ja myös savua, että palo leviää varsin nopeasti rakennuspaloksi. Integroidun kylmälaitteen maallikkosammuttaminen on varsin haasteellista, etenkin jos kylmälaite on täynnä ruokaa, jolloin sen siirtäminen ulos kalusteesta on hyvin raskasta ja ehkä jopa mahdotonta.

Taulukko 3. Kylmälaitteen eristemateriaalin lämmöntuotto



5. Altistustestit

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli kartoittaa kodinkonepaloissa syntyvien haitallisten yhdisteiden vaikutusta niin alkusamuttajan kuin pelastajankin terveyteen. Tämä tutkiskelu laajennettiin edelleen myös palosyyn tutkijoiden (pelastuslaitos ja poliisi), kuin myös vahingot saneeraaviin palosaneeraajien työhön. Tutkimusta varten rakennettiin keittiöympäristö, jossa syttyi astianpesukone palamaan (Kuva 10).



Kuva 10. Altistustestin koeasetelma

Altistuksia mitattiin sekä suoraan osoittavin että keräävin mittarein. Tämän lisäksi kahdelta koehenkilöltä otettiin biomonitorointinäytteet jokaisen testin jälkeen. Testi toistettiin neljä kertaa, joista viimeisessä sammuttamisen hoiti alkusamuttaja.



Kuva 11. Altistustestin alkusammuttaja

Astianpesukone sytytettiin etupaneelin ohjelmistokoneistosta ja palon annettiin kehittyä vapaasti. Alkusammuttaja (Kuva 11) reagoi palovaroittimen ääneen ja meni sisälle tilaan minuutti palovaroittimen äänen alettua. Oletuksena on että sammutin on siis suhteellisen lähellä.

Pelastuslaitoksen tehokas pelastustoiminta alkaa 13 minuutin kuluttua syttymisestä. Tämä aika oletettiin riittävän hyvin heijastavan pelastuslaitosten toiminta-aikojen mediaania. Lisäksi altistusmittauksissa käytettyjen mittalaitteiden sietokyky on rajallinen ja tässä palon vaiheessa niiden käyttö oli vielä turvallista. Pelastuslaitoksen sammutuspari sammutti ja raivasi palopesäkkeen kuten se olisi tavanomaisesti tällaisella tehtävällä tehnyt.



Kuva 10. Testeissä käytettyä mittaristoa asentamassa Juha Laitinen

Huomionarvoista koeasetelmassa oli laipion materiaali, joka oli teräslevy ja sen päällä palovilla. Näin ollen laipiossa ei ollut lainkaan pyrolysoituvaa materiaalia ja palo olisi kehittynyt voimakkaammaksi esimerkiksi paneelilaipion kyseessä ollessa. Asetelma vastaa kuitenkin kohtuullisen hyvin kerrostaloasunnon betonilaipiota.

Altistumisen arviointia varten palotilasta mitattiin hiilimonoksidia, typenoksideja, syaanivetyä, aldehydejä, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä, kloori- ja fluorivetyhappoja sekä hiukkaspitoisuuksia.

Pelastajan ja palosaneeraajan altistumista kartoitettiin virtsanäytteillä. Näytteet otettiin aamulla, heti altistumisen jälkeen sekä noin kuusi tuntia altistuksen päätyttyä. Virtsanäytteistä mitattiin pyrenoli, joka kuvastaa altistumista pyreeneille sekä 2-naftoli, joka kuvastaa altistumista naftaleenille. Tehdyssä analyysissä todettiin, että altistuminen ei eronnut altistumattoman väestön arvoista, joten suojautuminen toimi hyvin. Testien raportti löytyy liitteestä 2.

Hankkeen aikana myös valmisteltiin EU:n pelastuspalvelumekanismin kanssa yhteistyössä asiantuntijavaihto, joka ajallisesti toteutui hankkeen päättymisen jälkeen. Asiantuntijavaihdossa jaettiin kokemuksia hankkeessa tehdyistä havainnoista ja saatiin runsaasti arvokasta tietoa muissa Euroopan maissa tehdystä tutkimuksesta sekä pelastuslaitosten käytänteistä altistusten vähentämisessä. Asiantuntijavaihdosta on julkaistu erillinen kenttäraportti Pelastusopiston julkaisusarjassa [9].

6. Hankkeen vaikuttavuuden arviointi

Hanke on ollut paljon esillä, muun muassa turvallisuusmessuilla Jyväskylässä (Kuva 11), jossa kolmen messupäivän ajan yleisö sai seurata Pelastusopiston MOPSI simulaattorissa sammutusnäytöksiä sekä hankkeesta tehtyjä videoita. Hankkeen koulutuksista ja testeistä on tehty toista kymmentä televisio- ja lehtijuttua. Tuloksia on myös esitelty erilaisissa seminaareissa.



Kuva 11. Messuosasto turvallisuusmessuilla Jyväskylässä

Poimintoja hankkeesta tehdyistä lehti- ja televisiojutuista:

Helsingin sanomat: Jos kodinkone syttyy, voisi nopea alkusammutus pelastaa asunnon – Näin sammutat kodinkonepalon <http://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005153525.html>

YLE uutiset: Osaatko valita kotiisi oikean alkusammuttimen? – "Osalla ei mitään tekemistä sammuttamisen kanssa" <http://yle.fi/uutiset/3-9535442>

YLE uutiset: Palotutkijat murtavat myyttejä tulipaloista kotona – moni jättää palavan sähkölaitteen sammuttamatta, koska pelkää turhaan <http://yle.fi/uutiset/3-9535041>

Aamulehti: Kodinkoneet syyllisiä melkein sataan tulipaloon joka vuosi – sammuttaja voi saada vakavan sähköiskun <https://www.aamulehti.fi/kotimaa/televisio-roihuaa-yha-harvemmin-jaakaappi-pakastin-ja-pesu-kone-suurimpia-syylisia-rakennuspaloihin-24439381>

YLE uutiset: Tiesitkö, että kotisi vaarallisin kodinkone löytyy pesuhuoneesta? <http://yle.fi/uutiset/3-9595127>

Lapin Kansa: Palovaara vaanii keittiössä <https://www.lapinkansa.fi/kotimaa/hehkulamppu-on-yksi-kodin-vaarallisimmista-sahkolaitteista-palovaara-vaanii-keittiossa-16010186/>

Pelastustieto –lehdessä hankkeesta on myös ollut kaksi artikkelia, joista toinen (Alkusammutus on tärkeää minuuttipeliä, Pelastustieto 4-5/2017) käsitteli laajasti altistumistestien tuloksia.

Pelastusalan ammattilainen (SPAL) lehdessä on myös ollut laaja artikkeli hankkeen jalkautuksesta ja koulutuksista. https://issuu.com/palomiesliittospal/docs/pa0317_issuu

7. Päätelmät

Kodeissamme on varsin paljon erilaisia sähkökäyttöisiä laitteita eikä niiden määrä varmaankaan tule väheneään. Kuitenkin laitteiden jatkuva ja nopea kehitys tulee muuttamaan niiden käyttäytymistä. Energiatehokkuus pienentää laitteiden sähkön kulutusta, mikä sinällään vähentää niiden lämpenemistä ja edelleen tulipaloalttiutta. Nykyisten televisioiden osuus palojen lähteenä on mitätön ja kun vanhat kuvaputkitelevisiot ovat kaikkonneet, ovat myös televisioista alkaneet palot miltei hävinneet.

Kolikon kääntöpuolella tulevat erilaiset akkukäyttöiset laitteet, joiden akustoissa on usein verraten suuria energiamääriä. Vaikka niin latureissa kuin itse laitteissakin on erilaisia turvamekanismeja esimerkiksi yllätauksen estämiseksi, tulee akkulähtöisten palojen osuus tulevina vuosina lisääntymään akustojen vanhetessa.

Kylmälaitteiden kohdalla olisi tarve miettiä miten niiden paloturvallisuuteen selkeästi vaikuttavat suojaukset saataisiin sekä kuluttajien että laitteita myyvien tahojen tietoisuuteen. Monet muutkin kodeissa paloturvallisuuteen vaikuttavat tekijät, kuten sisustusmateriaalit ja huonekalujen materiaalit, ovat summa kulutuskäyttymisestä ja päällisin puolin asukkaan on hyvin vaikea muodostaa näkemystä oman kotinsa turvallisuudesta tulipalon syttyessä.

Selkeästi kodinkoneiden palot ovat edelleen olennainen tekijä rakennuspaloiksi kehittyvissä kotien tulipaloissa. Suuri osa näistä paloista olisi turvallisesti sammutettavissa alkuvaiheessaan sopivalla alkusammuttimella, joten turvallisuusviestintää aiheen tiimoilta tarvitaan. Samalla erilaiset sammuttimet tuovat mukanaan hyvin erilaisia sekundaarivaikutuksia, joten on olennaisen tärkeää että kansalaiset tietävät myös sammuttimien toimintatavan. Kotiolosuhteissa jauhesammuttimen käyttö voi aikaansaada varsin mittavan siivousurakan sekä elektronisten laitteiden vaihdon.

Viitteet

1. Stephen Kerber: Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes. Fire Technology (2012) 48: 865. doi:10.1007/s10694-011-0249-2
2. Ricardo Weewer et al.: It depends - Descriptive research into fire growth and the chances of survival <http://www.ifv.nl/adviesennovatie/Documents/20150116-BA-UL-FSP-It-depends-Descriptive-research-into-fire-growth-and-the-chances-of-survival.pdf>
3. Marty Ahrens (NFPA): Home Structure Fires http://ghk.h-cdn.co/assets/cm/15/13/5514468fe301d_-_oshomes.pdf
4. Richard Campbell, National Fire Protection Association. Home Fires Involving Clothes Dryers and Washing Machines. <http://www.nfpa.org/news-and-research/fire-statistics-and-reports/fire-statistics/fire-causes/appliances-and-equipment/home-fires-involving-clothes-dryers-and-washing-machines>
5. London Fire Brigade: Total Recalls: 'Gaping hole' in fridge freezer safety. http://www.london-fire.gov.uk/news/LatestNewsReleases_gaping-hole-in-fridge-freezer-safety.asp
6. YLE: Lontoon poliisi varmistaa: Tornitalon tuhonnut palo sai alkunsa jääkaapista. <https://yle.fi/uutiset/3-9688208>
7. USFA (U.S. Fire Administration): Residential building fire causes in 2015. <https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/#causesR>
8. Marko Hassinen, Tuomas Kuikka, Pasi Kovanen: Litium akustojen paloturvallisuus ja kohdesuojaus. Tiede –liite lehdessä Turvallisuus ja Riskienhallinta 3/2017.
9. Marko Hassinen (ed.): Exchange of Experts meeting in Kuopio - Exposure control in Fire & Rescue work http://info.smedu.fi/kirjasto/Sarja_D/D7_2017.pdf

Liitteet

LIITE 1. Kylmälaitteiden eristeiden kalorimetripolton arvoja

Kooste mittaustiedostoista						
Otsikko						
Specimen no		1	2	3	4	AVG
Näytteen nimi		4	1	2	3	2,5
Irradiance level from cone	kW/m ²	50	50	50	50	50
Specimen orientation	H/V	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	
Specimen surface area	m ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Specimen mass	g	9,84	8,54	9,90	6,12	8,60
C - value		0,0403	0,0403	0,0403	0,0403	0,0403
Time to ignition	s	0,94	1,13	0,63	0,81	0,88
Duration of test	s	304,00	303,00	325,00	337,00	317,25
Mass remaining after test	g	-0,32	-0,35	0,45	-0,40	-0,16
Total mass loss (g)	g	10,16	8,89	9,45	6,52	8,76
Mass loss per square meter	g/m ²	1020,00	890,00	950,00	650,00	877,50
Mass loss rate per square meter	g/m ² s	3,40	3,00	2,90	1,90	2,80
Total heat released	MJ/m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum heat release rate	kW/m ²	497,10	391,50	582,40	470,60	485,40
Av. heat release rate 60 s after ignition	kW/m ²	353,40	294,30	356,30	248,70	313,18
Av. heat release rate 180 s after ignition	kW/m ²	138,60	111,60	121,50	89,40	115,28
Av. heat release rate 300 s after ignition	kW/m ²	82,40	65,80	68,10	52,70	67,25
Total heat released 300 s after ignition	MJ/m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Max heat release rate, 30s sliding average	kW/m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Effective net heat of combustion	MJ/kg	24,33	22,19	21,24	24,06	22,96
Total smoke production	m ²	8,014513	7,676960	8,731895	4,842534	7,316475
Average smoke production	m ² /s	0,026451	0,025420	0,026950	0,014412	0,023308
Average specific smoke production	m ² /kg	788,83	863,55	924,01	742,72	829,78
Total CO-production	g	0,106220	0,099170	0,197760	0,213280	0,154108
Total CO2 produced per mass unit burnt	g/g	1,167080	2,385460	2,172420	3,036140	2,190275
Filename ("raw data")		4.XLSM	1.XLSM	2.XLSM	3.XLSM	
		AEG CBMF34	UPO R31850	ERF2004AOW	AEG CBMS340	

Kooste mittaustuloksista							
Specimen no		1	2	3	4	5	AVG
Näytteen nimi		Foam 1	Foam 2	Foam 3	Foam 4	Foam 5	
Irradiance level from cone	kW/m ²	50	50	50	50	50	50
Specimen orientation	H/V	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	
Specimen surface area	m ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Specimen mass	g	9,44	7,50	7,86	8,15	7,82	8,15
C - value		0,0412	0,0412	0,0412	0,0412	0,0412	0,0412
Time to ignition	s	1,19	0,38	0,44	1,38	0,69	0,81
Duration of test	s	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Total mass loss (g)	g	544,18	7,40	7,85	7,94	542,28	221,93
Mass loss rate per square meter	g/m ² s	1,83	2,50	2,60	2,70	1,88	2,30
Maximum heat release rate	kW/m ²	430,80	454,80	471,30	337,50	522,60	443,40
Av. heat release rate 60 s after ignition	kW/m ²	321,10	277,70	291,00	212,70	293,60	279,22
Av. heat release rate 180 s after ignition	kW/m ²	101,00	90,70	92,50	80,80	89,80	90,96
Total smoke production	m ²	7,618520	5,949600	5,973850	7,519180	5,965080	6,605246
Average smoke production	m ² /s	0,025480	0,019898	0,019979	0,025148	0,019950	0,022091
Filename ("raw data")		1.1.xlsm	2.1.xlsm	3.1.xlsm	4.1.xlsm	5.1.xlsm	



LIITE 2. Altistusmittausten tulokset



Tutkija Marko Hassinen
Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiopalvelut
Pelastusopisto
Hulkontie 82
70820 Kuopio

Alkusammuttajan,
pelastuslaitoksen sammuttajan
ja palosaneeraajan altistuminen
kodinkoneiden paloissa 27. -
30.3.2017



Työterveyslaitos
PL 40, 00251 Helsinki
puh. 030 4741
Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella

Työterveyslaitoksen laboratoriotoiminta on Finas-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025. Merkityt näytteenotto- ja analyysimenetelmät kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Akkreditoituun pätevyysalueeseen sisältyvä toiminta ja toimipaikat toimitetaan pyydettyäessä/ovat nähtävissä verkkosivuilla www.finas.fi.

Alkusammuttajan, pelastuslaitoksen sammuttajan ja palosaneeraajan altistuminen kodinkoneiden paloissa 27. - 30.3.2017

Tiivistelmä

Pelastusopiston Korvaharjun harjoitusalueella koepoltettiin astianpesukoneita hirsitalo – simulaattoriin rakennetussa keittiössä. Hankkeen tavoitteena oli selvittää alkusammuttajan, pelastuslaitoksen sammuttajan ja palosaneeraajan altistumista palossa syntyville epäpuhtauksille. Testeissä mitattiin hiukkasmaisia ja kaasumaisia polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä, aldehydejä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, kloorivety- ja fluorivetyhappoja, palavia kaasuja, hiilimonoksidia, hiilidioksidia, happea, typenoksiedeja, syaanivetyä, syanideja ja hengittyvää pölyä. Sammuttajan ja palosaneeraajan kokonaisaltistumista polysyklisille aromaattisille hiilivedyille mitattiin myös heidän virtsasta biomonitorointimenetelmin.

Alkusammuttajan sammutuspisteessä hapenkuljetusta estävien yhdisteiden, kuten hiilimonoksidin ja syaanivedyn pitoisuudet nousivat yli terveydelle heti vaarallisen pitoisuuksien (IDLH-arvo) noin 6-7 minuutin kohdalla palovaroittimen ilmoituksesta ja noin 8-9 minuuttia itse palon alkamisesta pahimmissa koepolttilanteissa.

Ärsyttävistä kaasuista typpimonoksidin pitoisuudet ylittivät terveydelle heti vaarallisen pitoisuuden noin 6 minuutin kohdalla palovaroittimen ilmoituksesta ja 8 minuutin kohdalla palon alkamisesta pahimmissa koepolttilanteissa.

Tukahduttavista kaasuista hiilidioksidin pitoisuus olivat suurimmillaan noin 2,2 %, joka on noin 55 % sen terveydelle heti vaarallisesta pitoisuudesta.

Happipitoisuudet laskivat pahimmassa koepoltossa alle 18 %, joka voi aiheuttaa hapen puutetta ja edellyttää hengityksensuojauksessa jo paineilmalaitteiden käyttöä.

Pitkäaikaisia vaikutuksia aiheuttavien aineiden, kuten syöpävaarallisten bentso[a]pyreenin, formaldehydin ja bentseenin keskimääräiset pitoisuudet ylittivät niiden kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetut pitoisuudet.

Alkusammuttajan hengitysvyöhykkeeltä mitatut pitoisuudet osoittivat, että mitä nopeammin alkaneeeseen paloon pystytään puuttamaan, sitä paremmin pystytään vähentämään altistumista hiilimonoksidille, typenoksideille ja erityisesti syaanivedylle. Alkusammuttajan jälkeen tulleen pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä oli jo merkittävästi korkeammat pitoisuudet.

Suuresta potentiaalisesta altistumisriskistä huolimatta pelastuslaitoksen sammuttajan ja palosaneeraajan kokonaisaltistuminen polysyklisille aromaattisille yhdisteille oli vähäistä, joten käytössä olevat suojavarusteet suojasivat heitä hyvin.

Mittaustulokset osoittivat, että alkusammuttajan tulee toimia nopeasti tulipalotilanteessa. Jokainen minuutti syttymisen jälkeen lisää riskiä altistua merkittävästi terveydelle heti vaarallisille pitoisuudelle, joka pahimmassa tapauksessa voi tarkoittaa sitä, että itse ei ole kykeneväinen poistumaan tulipalosta ilman auttajaa. Toisaalta altistuminen korkeille

typenoksidipitoisuuksille voi aiheuttaa myös keuhkopöhön ja elinikäisen vaurion hengitysteihin. Tämä tilanne saavutettiin pahimmissa koepolttilanteissa noin 6-8 minuutin sisällä palovaroittimen ilmoituksesta.

Koepolttojen perusteella 6-8 minuuttia palovaroittimen ilmoituksesta olivat pitoisuudet jo nousseet niin korkeiksi, että paloa ei enää kannata sammuttaa itse. Toisaalta tulokset osoittivat myös, että mikäli palon syttymistä päästään nopeasti rajoittamaan heti alusta sammutteiden avulla, putoavat epäpuhtauspitoisuudet merkittävästi.

Alkusammuttajan altistumiseen vaikuttavat myös sammutusetäisyys palokohteesta ja mitä sammutinta käytetään. Yleinen virhe on mennä sammuttamaan kohdetta liian läheltä, mutta toisaalta tarvitaan tarkka sijaintitieto missä varsinaisen palokohde on, tehokkaan sammutuksen toteuttamiseksi. Nyt testeissä käytetty vaahtosammutin mahdollistaa sammutustilanteessa paremman näkyväsyyden verrattuna esimerkiksi jauhesammuttimeen. Hyvällä näkyväsyydellä saatetaan voittaa tärkeitä sekunteja sammutustilanteessa, jolla myös vaikutusta alkusammuttajan altistumisaikaan palotilanteessa. Sammuttimen riittävä tehokkuus puolestaan vähentää tarvetta mennä sammuttamaan liian läheltä.



Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Olosuhteet	4
3	Menetelmät.....	7
4	Vertailuarvot	8
	4.1 Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot)	8
	4.2 Terveydelle heti vaaralliset pitoisuudet (IDHL-arvot)	8
	4.3 Biomonitoroinnin altistumattoman väestön viite- ja toimenpidearvot	8
5	Riskin arviointi.....	8
6	Tulokset ja niiden tarkastelu.....	9
	6.1 Pitoisuudet alkusammuttajan sammutuspisteessä	9
	6.2 Pitoisuudet alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä.....	13
	6.3 Pitoisuudet pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä	15
	6.4 Pitoisuudet palosaneeraajan hengitysvyöhykkeellä	16
	6.5 Pelastuslaitoksen ja palosaneeraajan biomonitorointi	16
7	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset	17
	7.1 Yleiset johtopäätökset	17
	7.2 Toimenpidesuosituksset	17

1 Yleistä

Pelastusopiston Korvaharjun harjoitusalueella poltettiin astianpesukoneita hirsitalo -simulaattoriin rakennetussa keittiössä. Hankkeen tavoitteena oli selvittää alkusamuttajan, pelastuslaitoksen samuttajan ja palosaneeraajan altistumista kodinkonepalossa syntyville epäpuhtauksille. Testeissä mitattiin hiukkasmaisia ja kaasumaisia polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, kloorivety- ja fluorivetyhappoja, palavia kaasuja, hiilimonoksidia, hiilidioksidia, happea, typenoksideja, syaanivetyä, syanideja ja hengittyvää pölyä. Näiden lisäksi pelastuslaitoksen mitattiin samuttajan ja palosaneeraajan kokonaisaltistumista polysyklisille aromaattisille hiilivedyille heidän virtsasta biomonitorointimenetelmin.

Hirsitalo -simulaattorin keittiön rakentamisesta, pesukoneiden hankinnasta, sen sytyttämisestä ja samuttamisesta vastasivat tutkija Marko Hassinen, suunnittelija Tuomas Kuikka ja tutkimusapulainen Lasse Rytönen Pelastusopistolta. Alkusammutuksen teki Lasse Rytönen ja sammutuksesta vastasivat Tuomas Kuikka ja Marko Hassinen. Kemiallisten epäpuhtauksien mittauksista hirsitalo -simulaattorin ilmasta, alkusamuttajan hengitysvyöhykkeeltä ja samuttajan hengitysvyöhykkeeltä vastasivat asiantuntija Pirjo Heikkinen, erikoistytöhygienikko Mika Jumpponen ja vanhempi tutkija Juha Laitinen Työterveyslaitokselta. Juha Laitinen ja Pirjo Heikkinen kirjoittivat lausunnon.

2 Olosuhteet

Mittaukset tehtiin hirsitalo -simulaattorissa Pelastusopiston Korvaharjun harjoitusalueella. Simulaattoriin (kuva 1) rakennettiin keittiö, joka varustettiin Matsui 60 CM -astianpesukoneella (kuva 2). Koneen oveen porattiin reikiä ja niihin työnnettiin vaahtomuovia. Vaahtomuovin syttymisen varmistamiseksi siihen imeytettiin geelimäistä etanolia. Vaahtomuovi sytytettiin kaasupolttimella ja astianpesukoneen ovi suljettiin.

Epäpuhtauksia mitattiin simulaattorista kiinteästä mittauspaikasta kohdasta, josta alkusammutus todennäköisimmin tehtäisiin. Lisäksi pitoisuuksia mitattiin alkusamuttajan ja pelastuslaitoksen samuttajan hengitysvyöhykkeeltä. Suoraan osoittavilla mittalaitteilla mitattavia epäpuhtauksia simulaattorin kiinteästä mittauspisteestä olivat hiilimonoksidi, hiilidioksidi, happi, typenoksidit, syaanivety, palavat kaasut ja hengittyvä pöly. Keraävillä menetelmillä mitattiin lisäksi aldehydit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, polysykliset aromaattiset hiilivedyt, kloori- ja fluorivety sekä syaanivety ja syanidit. Alkusamuttajan ja pelastuslaitoksen samuttajan hengitysvyöhykkeeltä mitattiin suoraan osoittavilla mittalaitteilla hiilimonoksidi, typenoksidit ja hengittyvä pöly.

Poltoista kolme ensimmäistä tehtiin siten, että astianpesukoneen annettiin palaa ja vasta pelastuslaitoksen samuttaja samutti palon. Kun hirsitalon katossa ollut palovaroitin antoi varoituksen, alkusamuttaja kävi tarkistamassa tilanteen simulaattorissa (30 sekuntia) missä palaa ja totesi vaahtosamuttimen tarpeen. Hän palasi hetken päästä tuoden vaahtosamuttimen ja simuloiden sammutusta noin 30 sekuntia siltä etäisyydeltä palavasta astianpesukoneesta, josta alkusammutus olisi tapahtunut. Neljännessä

vaiheessa alkusammuttaja sammutti palon itse vaahtosammuttimella (Gloria, 6 kg) (kuva 3), jonka koko tilavuudesta käytettiin noin 5 kg. Sekä sammuttaja, että alkusammuttaja olivat molemmat suojautuneet normaalein palomiehen suojaruustein ja paineilmalaitteiden kanssa (kuva 4). Tilanteiden kehittyminen on kuvattu taulukossa 1 eri päivien aikana.

Koepolttojen jälkeen palosaneeraaja purki, puhdisti ja siirsi vaurioituneet kaapit pois simulaattorista. Sen jälkeen hän korjasi pinnat ja maalasi vaurioituneet pinnat vesiohenteisella maalilla (SIRO 2, Tikkurila). Palosaneeraajan hengitysvyöhykkeeltä mitattiin hiukkasmaiset ja höyrymäiset polysykliset aromaattiset hiilivedyt ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Palosaneeraaja käytti kevythaalaria Pro Safe Light (DS, Germany), suojakäsineitä Seda ThinkCut 3 ja puhallinavusteista hengityksensuojainta Pro Flow 2 (Scott, USA). Suojain oli varustettu ABEK-P3 –yhdistelmäsuodattimella (kuva 5).



Kuva 1. Hirsitalo -simulaattori



Kuva 2. Hirsitalosimulaattoriin rakennettu keittiö, poltettava pesukone ja kiinteä mittauspiste



Kuva 3. Sammutukseen käytetty vaahtosammutin



Kuva 4. Alkusamuttajan suojaustaso



Kuva 5. Palosaneeraajan suojaustaso

Taulukko 1. Tapahtumat mittauspäivinä

Aika	Tapahtuma	Aika alusta, minutteja
<u>27.3.2017</u>		
14:51	Astianpesukoneen sytytys	0 minuuttia
14:53	Ovi kiinni tilaan	2 minuuttia
14:55	Palovaroitin soi	4 minuuttia
14:55	Alkusamuttaja ensimmäisen kerran	4,25 minuuttia
14:57	Alkusamuttaja toisen kerran	5 minuuttia
15:00	Pelastuslaitoksen samuttaja	8 minuuttia
15:01	Mittarit pois eteiseen	9 minuuttia
15:05	Tilanne ohi	12 minuuttia
<u>28.3.2017</u>		
09:00	Palosaneeraaja töihin	0 minuuttia
10:34	Palosaneeraus valmis	94 minuuttia
<u>28.3.2017</u>		
13:11	Astianpesukoneen sytytys	0 minuuttia
13:13	Palovaroitin soi	2 minuuttia
13:14	Alkusamuttaja ensimmäisen kerran	3 minuuttia
13:15	Alkusamuttaja toisen kerran	4 minuuttia
13:20	Mittarit pois eteiseen	8 minuuttia
13:23	Samuttaja sisään	12 minuuttia
13:32	Tilanne ohi	20 minuuttia

Taulukko 1. Tapahtumat mittauspäivinä (jatkuu...)

Aika	Tapahtuma	Aika alusta, minuutteja
<u>29.3.2017</u>		
08:47	Palosaneeraaja töihin	0 minuuttia
11:00	Palosaneeraus valmis	103 minuuttia
<u>29.3.2017</u>		
12:42	Astianpesukoneen sytytys	0 minuuttia
12:44	Palovaroitin soi	2 minuuttia
12:46	Alkusammuttaja ensimmäisen kerran	4 minuuttia
12:47	Alkusammuttaja toisen kerran	4 minuuttia
12:48	Mittarit pois ulos	6 minuuttia
12:55	Sammuttaja sisään	15 minuuttia
13:06	Tilanne ohi	23 minuuttia
<u>30.3.2017</u>		
08:36	Palosaneeraaja töihin	0 minuuttia
10:29	Palosaneeraus valmis	113 minuuttia
<u>30.3.2017</u>		
12:27	Astianpesukoneen sytytys	0 minuuttia
12:30	Palovaroitin soi	3 minuuttia
12:30	Alkusammuttaja ensimmäisen kerran	3 minuuttia
12:31	Alkusammuttaja sammuttaa	4 minuuttia
12:34	Mittarit pois ulos	7 minuuttia
12:35	Tilanne ohi	8 minuuttia

3 Menetelmät

Ilmanäytteiden keräys- ja määritysmenetelmät olivat liitteen 1 mukaiset.

Työterveyslaitoksen Asiakasratkaisut on akkreditoitu testauslaboratorio T013 (FINAS-akkreditointipalvelut, EN ISO/IEC 17025). Näytteenkeräys- ja analyysimenetelmistä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ja hengittyvän pölyn menetelmät ovat akkreditoituja. Lisäksi analyysimenetelmistä aldehydien ja happojen määritysmenetelmät ovat akkreditoituja. Myös pelastuslaitoksen sammuttajan ja palosaneeraajan naftaleeni-, ja pyreenialtistumisen mittaamiseen käytetyt virtsan 2-naftolin ja 1-pyrenolin analyysimenetelmät ovat akkreditoituja. Edellä mainitut analyysit tehtiin Työterveyslaitoksella. Lausunnossa esitetyt mielipiteet ja tulokset eivät kuulu akkreditoinnin piiriin.

Ramboll Analytics on myös akkreditoitu testauslaboratorio T039, jossa analysoitiin syaanivety- ja syanidinäytteet, joiden analyysit olivat myös akkreditoituja

4 Vertailuarvot

4.1 Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot)

Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa 2016:8 "Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet" on annettu mitatuille ilman epäpuhtauksille liitteen 2 mukaiset ohjeraja-arvot kahdeksan tunnin (HTP_{8h}) ja 15 minuutin (HTP_{15min}) keskipitoisuuksina sekä hetkellisinä pitoisuuksina (kattoarvo). HTP-arvot ovat pienimpiä ilman epäpuhtauspitoisuuksia, jotka ministeriön arvion mukaan voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle.

4.2 Terveydelle heti vaaralliset pitoisuudet (IDHL-arvot)

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) on antanut IDHL (Immediately dangerous to life or health) pitoisuudet kemiallisille aineille, jotka annetussa pitoisuudessa voivat aiheuttaa kuoleman, välittömän tai viivästyneen pysyvän terveyshaitan tai pitoisuus estää pakenemisen kyseisellä kemiallisella aineella saastuneesta tilasta.

Lisätietoa aineista löytyy seuraavasta linkistä: (<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>).

Hiilimonoksidille, typpimonoksidille ja syaanivedylle kyseiset arvot löytyvät liitteestä 2, taulukosta 3.

4.3 Biomonitoroinnin altistumattoman väestön viite- ja toimenpidearvot

Virtsan 2-naftolin altistumattoman väestön viitepideraja on tupakoimattomille 7 µg/l ja tupakoiville 30 µg/l. Raskaana olevat eivät saa altistua altistumattoman väestön viitearvoa suuremmille pitoisuuksille (7 µg/l).

Virtsan 1-pyrenolin altistumattoman väestön viiteraja on 0,8 µg/l. 1-pyrenolille on annettu myös toimenpideraja 2,6 µg/l. Raskaana olevat eivät saa altistua altistumattoman väestön raja-arvoa suuremmille pitoisuuksille (0,8 µg/l).

Mikäli altistumattoman väestön viitearvo koehenkilöllä ylittyy, tällöin työntekijän katsotaan altistuneen työssään työperäisille altisteille. Jos toimenpideraja ylittyy, on työnantajan välittömästi ryhdyttävä toimenpiteisiin altistumisen vähentämiseksi.

5 Riskin arviointi

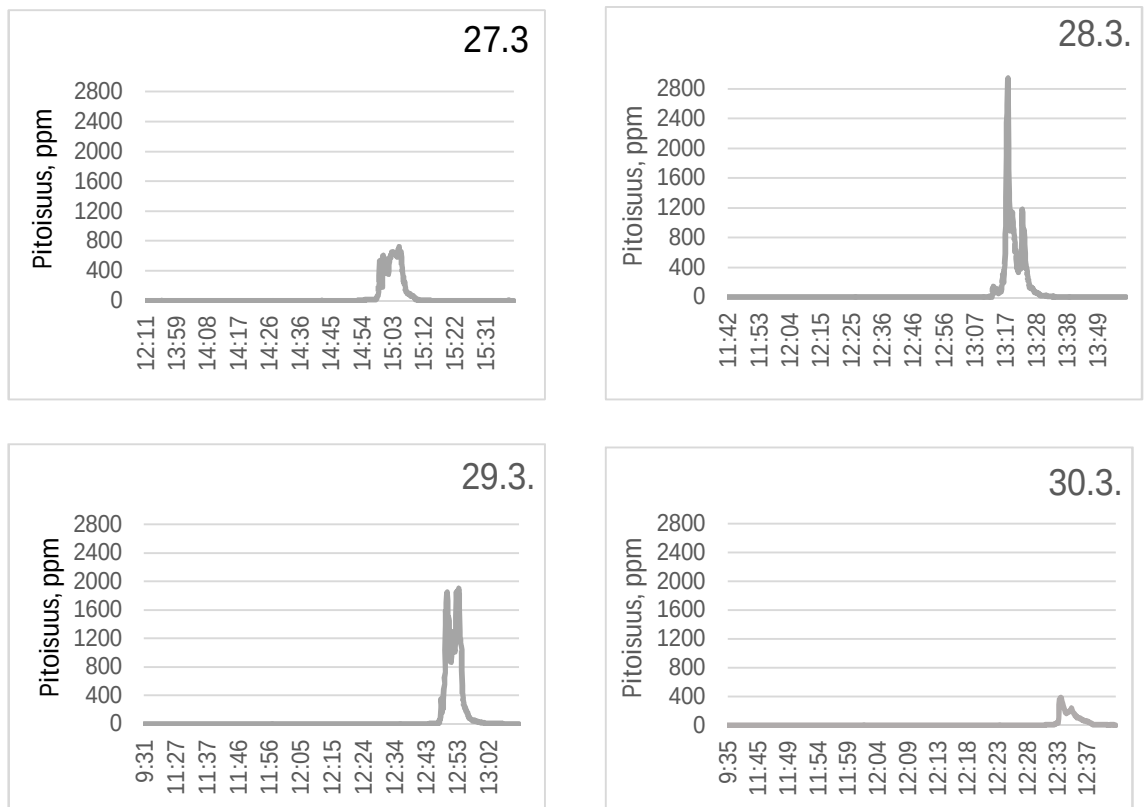
Riskin arviointi on tehty Työterveyslaitoksen asiantuntijoiden laatimaa luokittelua käyttäen (liite 4). Luokittelu perustuu mittaustuloksiin pohjautuviin altistumistasoihin, joiden perusteella arvioidaan ensin karkeasti riskiluokka ja sitten torjuntatoimenpiteiden tarpeellisuus ja kiireellisyys. Riskiluokituksessa ei oteta huomioon hengityksensuojaimia, joita käytettäessä todellinen riski on taulukossa arvioitua pienempi. Luokitus on merkitty väreillä tulosliitteen HTP-osuus sarakkeeseen.

6 Tulokset ja niiden tarkastelu

Liitteessä 3 on esitelty mittauspaikat ja –ajat sekä saadut keskimääräiset tulokset.

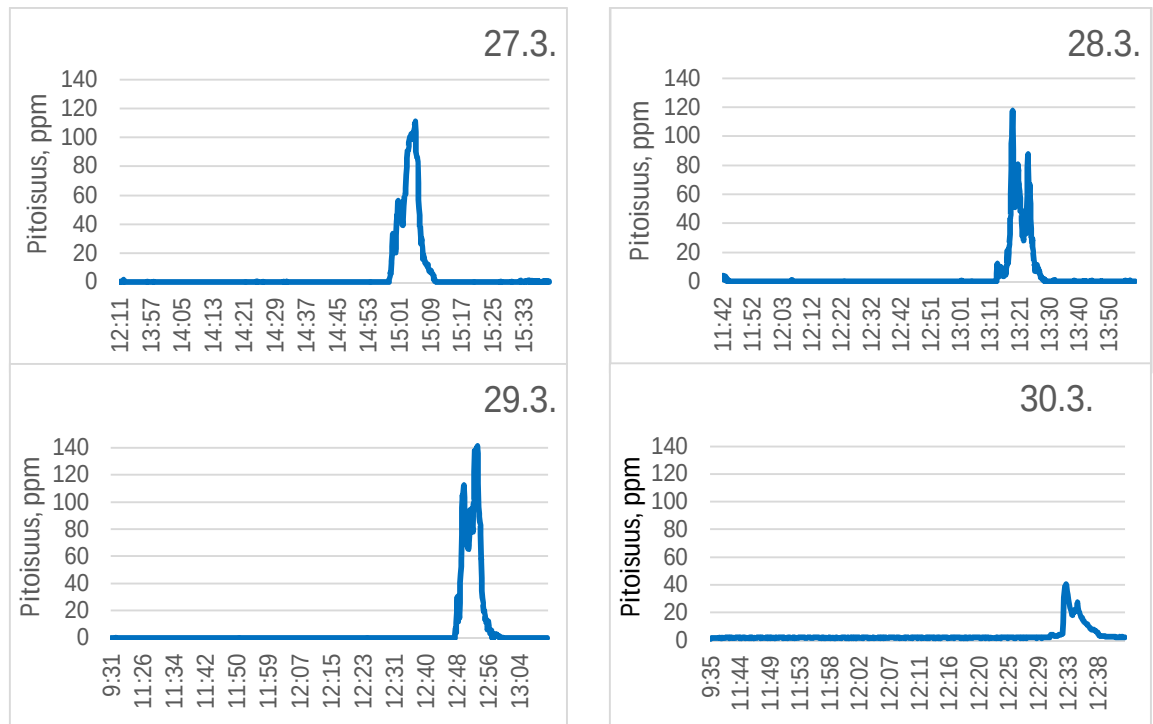
6.1 Pitoisuudet alkusammuttajan sammutuspisteessä

Kuvassa 6 on esitetty hiilimonoksidipitoisuuksien vaihtelu kiinteässä mittauspisteessä alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä. Heti vaarallinen pitoisuus (1200 ppm) ylittyi kahtena mittauspäivinä. Nämä pitoisuudet saavutettiin noin 6 - 7 minuuttia palovaroittimen varoituksesta ja 8 - 9 minuuttia tulipalon alkamisesta mittauspäivinä 28.3. ja 29.3. Sen sijaan kun alkusammutus käynnistettiin jo viiden minuutin kohdalla, pitoisuudet ehtivät nousta noin kolmasosaan IDHL-arvosta.



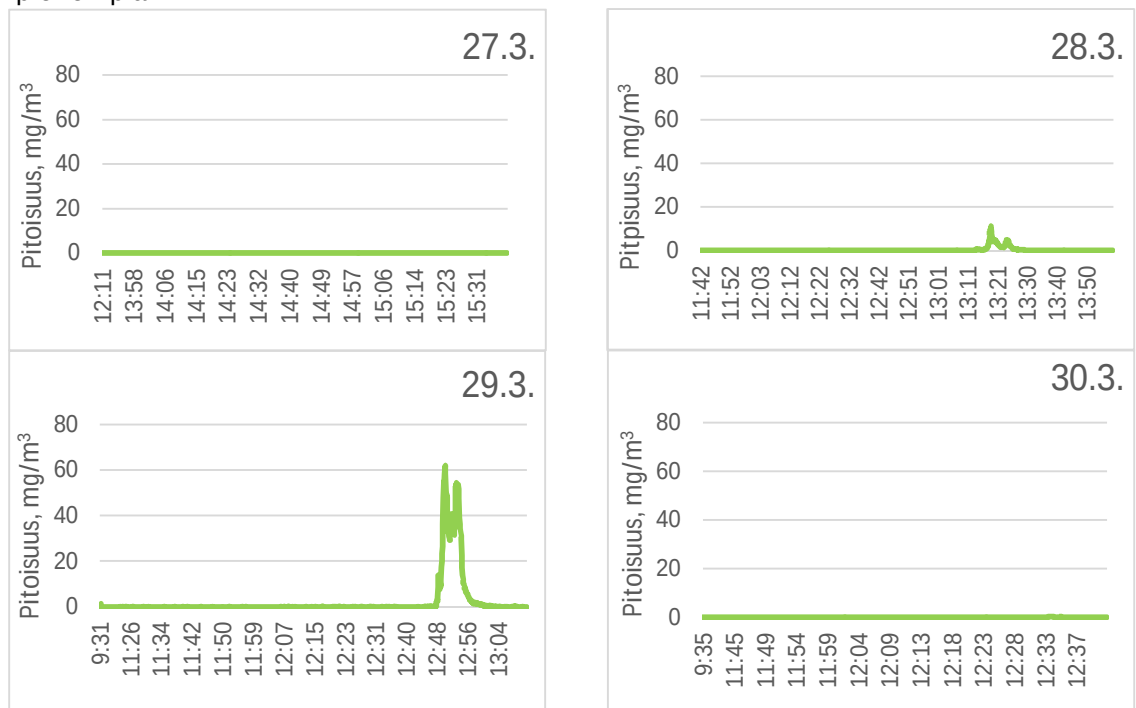
Kuva 6. Hiilimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä

Kuvassa 7 on esitetty typpimonoksidipitoisuuksien vaihtelu kiinteässä mittauspisteessä alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä. Terveydelle heti vaarallinen pitoisuus (40 ppm) ylittyi kaikkina mittauspäivinä. Suurimmat pitoisuudet saavutettiin kahdessa pahimmassa koepoltossa (28.3. ja 29.3.) noin 6 minuuttia palovaroittimen varoituksesta ja 8 minuuttia tulipalon alkamisesta. Sen sijaan kun alkusammutus tehtiin loppuun asti (30.3.) jo viiden minuutin kohdalla, mitatut pitoisuudet olivat selvästi pienemmät, mutta ylittivät siitä huolimatta terveydelle heti vaarallisen pitoisuuden.



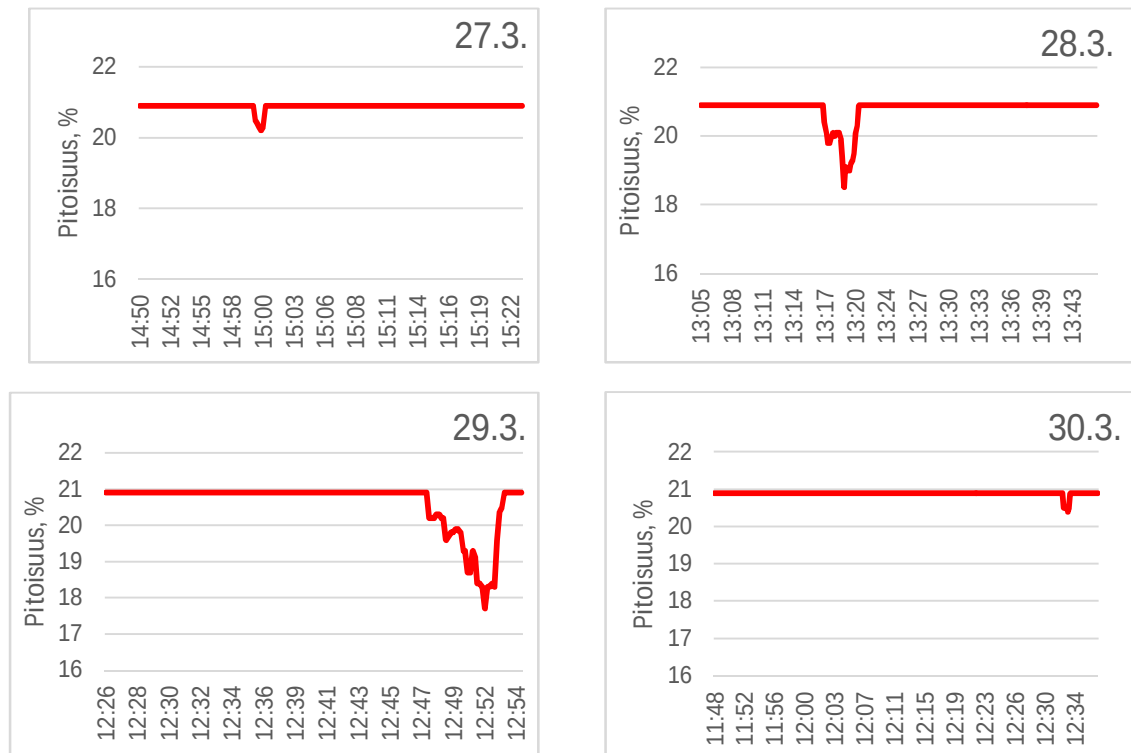
Kuva 7. Typpimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusamuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä

Kuvassa 8 on esitetty syaanivetyypitoisuuksien vaihtelu kiinteässä mittauspisteessä alkusamuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä. Heti vaarallinen pitoisuus (60 mg/m^3) ylittyi mittauspäivänä 29.3. Pitoisuus saavutettiin noin 6 minuuttia palovaroittimen varoituksesta ja 8 minuuttia tulipalon alkamisesta. Sen sijaan kun alkusammutus käynnistettiin jo viiden minuutin kohdalla, pitoisuudet olivat selvästi pienempiä.



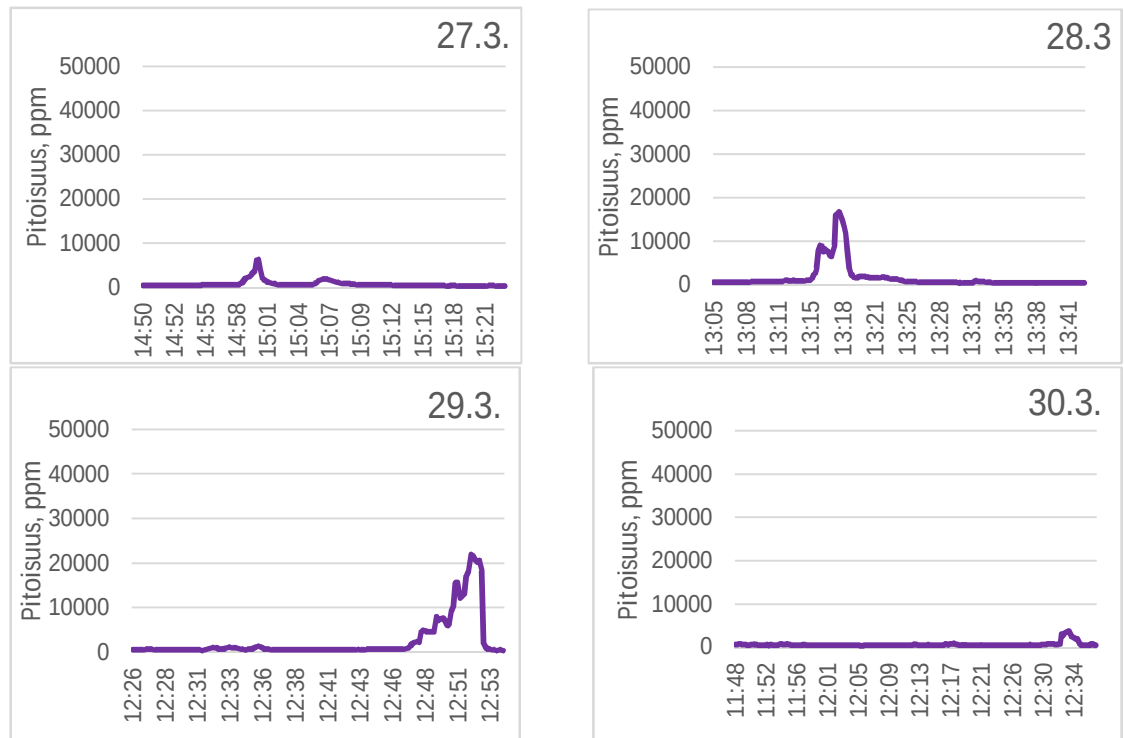
Kuva 8. Syaanivetyypitoisuudet (mg/m^3) alkusamuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä

Kuvassa 9 on esitetty happipitoisuuden muutokset palotilassa alkusammuttajan sammutuspisteessä. Kaikissa mittauksissa happipitoisuus aleni hapen normaalipitoisuudesta (21 %), mutta mittauspäivinä 28.3. ja 29.3. pitoisuus vaihteli huonoimmillaan enää 17,7 – 18,5 % välillä. Hapen puutetta voi ilmaantua happipitoisuuden laskiessa alle 18 %, jolloin paineilmalaitteiden käyttö on suositeltavaa.



Kuva 9. Happipitoisuudet (%) alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä

Kuvassa 10 on esitetty hiilidioksidipitoisuuden muutokset palotilassa alkusammuttajan sammutuspisteessä. Kaikissa mittauksissa lukuun ottamatta päivää, jolloin alkusammuttaja teki alkusammutuksen loppuun, hiilidioksidipitoisuudet ylittivät sen kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetun pitoisuuden. Suurimmat hiilidioksidipitoisuudet mitattiin 28.3. ja 29.3., jolloin pitoisuus oli suurimmillaan 54 % terveydelle heti vaaralliseksi tunnetusta pitoisuudesta. Sen sijaan alkusammuttajan sammuttaessa palon loppuun pitoisuudet olivat maksimissaan vain 62 % hiilidioksidin kahdeksan tunnin HTP-arvosta.



Kuva 10. Hiilidioksidipitoisuuden (ppm) vaihtelu alkusammuttajän sammutuspisteessä

Kuvassa 11 on esitetty hengittyvän pölypitoisuuden vaihtelu alkusammuttajän sammutuspisteessä eri mittauspäivinä. Epäorgaanisen pölyn kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus ylittyi monikertaisesti kaikissa mittauksissa.

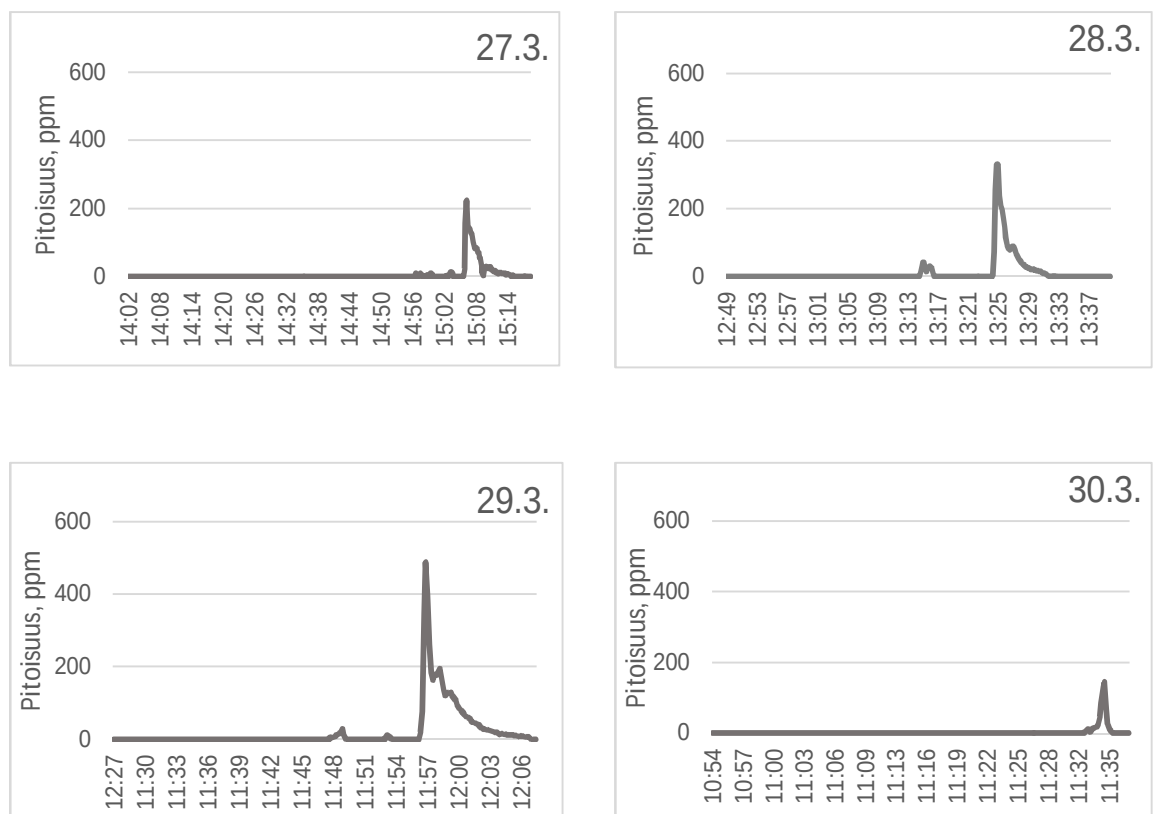


Kuva 11. Hengittyvän pölyn pitoisuusvaihtelu (mg/m^3) sammuttajän sammutuspisteessä

Muista mitatuista altisteista syöpävaarallisen bentso[a]pyreenin keskimääräiset pitoisuudet ylittivät sen kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetun pitoisuuden sammutustilanteessa (liite 3, taulukko 7), samoin kuin formaldehydin (liite 3, taulukko 5) ja bentseenin pitoisuudet (liite 3, taulukko 8). Tärkeimmät yksittäiset haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet olivat bentseeni, etanoli, tolueeni, asetoni ja 2-metyylifuraani (liite 3, taulukko 8). Sen sijaan kloorivety- ja fluorivetypitoisuudet olivat pieniä (liite 3, taulukko 6) samoin kuin palavien kaasujen pitoisuudet. Merkittävin alifaattinen palava kaasu oli metaani, jonka pitoisuus oli maksimissaan noin 40-200 ppm eri mittauspäivinä.

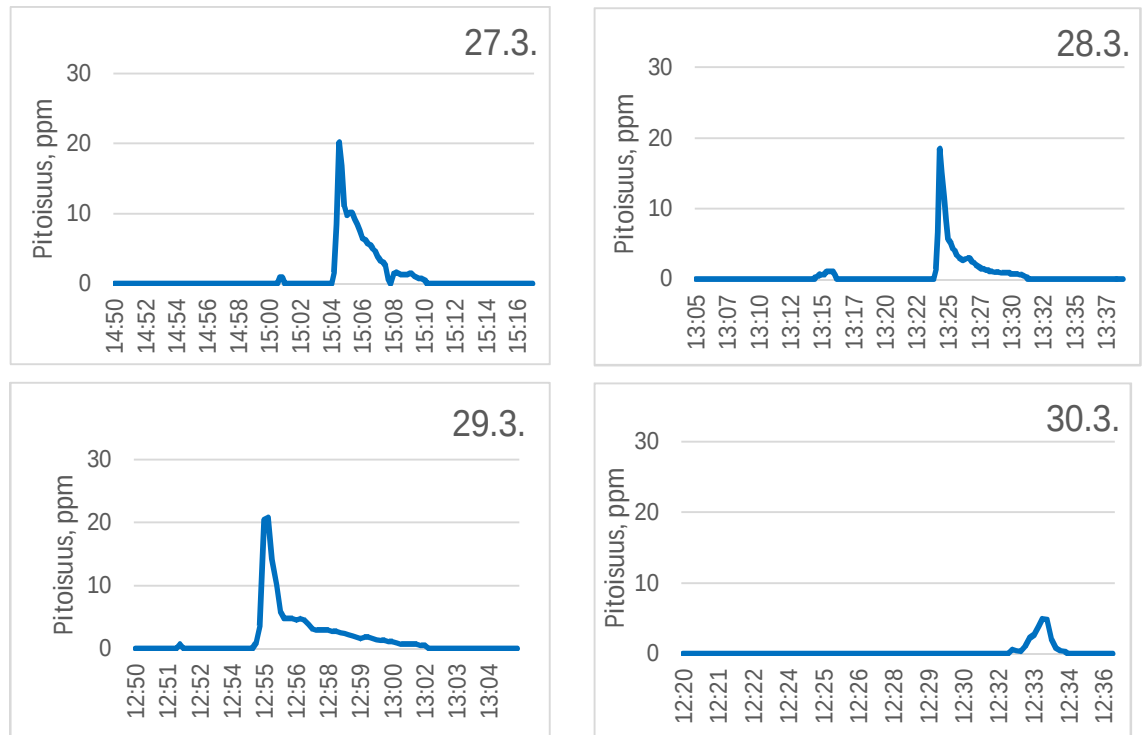
6.2 Pitoisuudet alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä

Kuvassa 12 on esitetty hiilimonoksidipitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä. Viidentoista minuutin haitalliseksi tunnettu pitoisuus (75 ppm) ylittyi kaikissa mitatuissa tapauksissa. Sen sijaan suurin mitattu pitoisuus oli 41 % sen terveydelle heti vaarallisesta pitoisuudesta mittauspäivänä 29.3. Sen sijaan kun alkusammutus käynnistettiin jo viiden minuutin kohdalla, pitoisuudet ehtivät nousta noin 12 %:iin IDHL-arvosta.



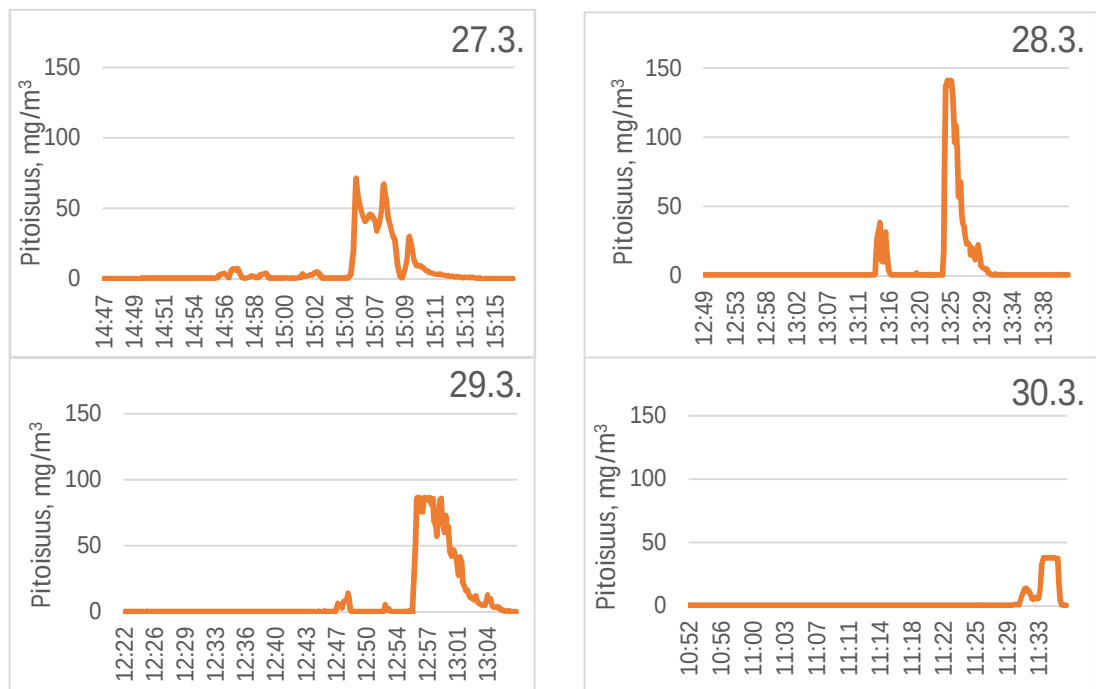
Kuva 12. Hiilimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä

Kuvassa 13 on esitetty typpimonoksidipitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä. Typpimonoksidin 8 tunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus ylittyi kaikissa mittauksissa. Sen sijaan suurin pitoisuus oli 52 % sen terveydelle heti vaarallisesta pitoisuudesta.



Kuva 13. Typpimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä

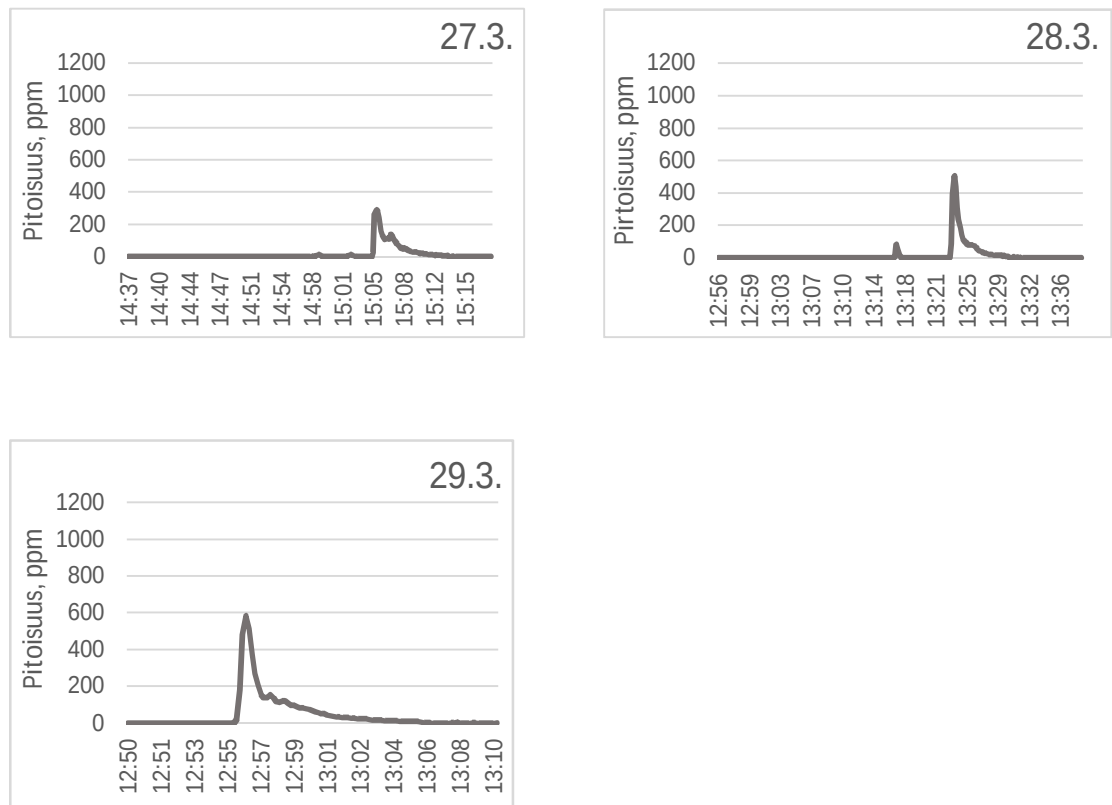
Kuvassa 14 on esitetty hengittyvän pölypitoisuuden vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä eri mittauspäivinä. Epäorgaanisen pölyn kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus ylittyi monikertaisesti kaikissa mittauksissa.



Kuva 14. Hengittyvän pölypitoisuuden (mg/m³) vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä

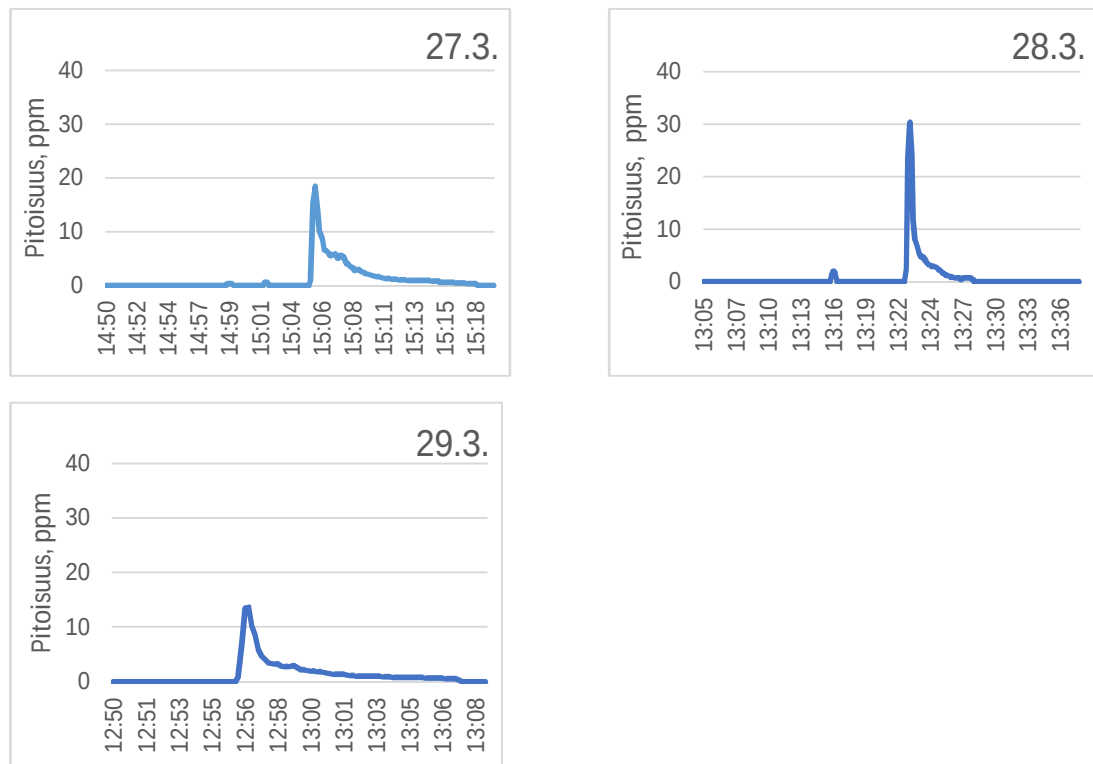
6.3 Pitoisuudet pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä

Kuvassa 15 on esitetty hiilimonoksidipitoisuuksien vaihtelu pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä. Viidentoista minuutin haitalliseksi tunnettu pitoisuus (75 ppm) ylittyi kaikissa mitatuissa tapauksissa. Sen sijaan suurin mitattu pitoisuus oli 49 % sen heti vaarallisesta pitoisuudesta mittauspäivänä 29.3.



Kuva 15. Hiilimonoksidipitoisuudet pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä

Kuvassa 16 on esitetty typpimonoksidipitoisuuksien vaihtelu pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä. Typpimonoksidin 8 tunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus ylittyi kaikissa mittaustapahtumissa. Sen sijaan suurin pitoisuus oli 76 % typpimonoksidin terveydelle heti vaarallisesta pitoisuudesta.



Kuva 16. Typpimonoksidipitoisuudet pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä

6.4 Pitoisuudet palosaneeraajan hengitysvyöhykkeellä

Polysyklisten aromaattisten yhdisteiden pitoisuudet olivat pieniä palosaneeraajan hengitysvyöhykkeellä naftaleenin ollessa merkittävin PAH-yhdiste (liite 3, taulukko 7).

Myös haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet olivat myös pieniä ja saavuttivat Työterveyslaitoksen ehdottaman hyvän teollisuusilman viitearvon (3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tärkeimmät yksittäiset PAH-yhdisteet palosaneeraajan hengitysvyöhykkeellä olivat hiilivetyseos, etanoli, asetoni ja dietyyliftalaatti. Pölypitoisuudet mitatussa huoneessa olivat myös pieniä tilasta 28.3. mitattujen hengittävän pölyn pitoisuusvaihtelujen mukaan (kuva 11).

6.5 Pelastuslaitoksen ja palosaneeraajan biomonitorointi

Pelastuslaitoksen sammuttajalta ja palosaneeraajalta mitattiin virtsasta heidän kokonaisaltistumista pyreeneille ja naftaleenille. Heiltä otettiin ensimmäinen näyte ennen altistavan työvaiheen alkua, toinen heti altistumisen jälkeen ja kolmas kuusi tuntia altistumisen päättymisen jälkeen. Kaikki mitattujen näytteiden tulokset olivat alle altistumattoman väestön viiterajan, joten kumpikaan ei ollut altistunut työssään pyreeneille tai naftaleenille.

7 Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset

7.1 Yleiset johtopäätökset

Alkusammuttajan sammutuspisteessä hapenkuljetusta estävien yhdisteiden, kuten hiilimonoksidin ja syaanivedyn pitoisuudet nousivat yli terveydelle heti vaarallisen pitoisuuksien (IDHL-arvo) noin 6-7 minuutin kohdalla palovaroittimen ilmoituksesta ja noin 8-9 minuuttia itse palon alkamisesta pahimmissa koepolttilanteissa.

Ärsyttävistä kaasuista typpimonoksidin pitoisuudet ylittivät terveydelle heti vaarallisen pitoisuuden noin 6 minuutin kohdalla palovaroittimen ilmoituksesta ja 8 minuutin kohdalla palon alkamisesta pahimmissa koepolttilanteissa.

Tukahduttavista kaasuista hiilidioksidin pitoisuus olivat suurimmillaan noin 2,2 %, joka on noin 55 % sen terveydelle heti vaarallisesta pitoisuudesta.

Happipitoisuudet laskivat pahimmassa koepoltossa alle 18 %, joka voi aiheuttaa hapen puutetta ja edellyttää hengityksensuojauksessa jo paineilmalaitteiden käyttöä.

Pitkäaikaisia vaikutuksia aiheuttavien aineiden, kuten syöpävaarallisten bentso[a]pyreenin, formaldehydin ja bentseenin keskimääräiset pitoisuudet ylittivät niiden kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetut pitoisuudet.

Alkusammuttajan hengitysvyöhykkeeltä mitatut pitoisuudet osoittivat, että mitä nopeammin alkaneeeseen paloon pystytään puuttumaan, sitä paremmin pystytään vähentämään altistumista hiilimonoksidille, typenoksidoille ja erityisesti syaanivedylle. Alkusammuttajan jälkeen tulleen pelastuslaitoksen sammuttajan hengitysvyöhykkeellä oli jo merkittävästi korkeammat pitoisuudet.

Suuresta potentiaalisesta altistumisriskistä huolimatta pelastuslaitoksen sammuttajan ja palosaneeraajan kokonaisaltistuminen polysyklisille aromaattisille yhdisteille oli vähäistä, joten käytössä olevat suojarusteet suojasivat heitä hyvin.

7.2 Toimenpidesuositukset

Mittaustulokset osoittivat, että alkusammuttajan tulee toimia nopeasti tulipalotilanteessa. Jokainen minuutti syttymisen jälkeen lisää riskiä altistua merkittävästi terveydelle heti vaarallisille pitoisuudelle, joka pahimmissa tapauksessa voi tarkoittaa sitä, että itse ei ole kykeneväinen poistumaan tulipalosta ilman auttajaa. Toisaalta altistuminen korkeille typenoksidipitoisuuksille voi aiheuttaa myös keuhkopöhön ja elinikäisen vaurion hengitysteihin. Tämä tilanne saavutettiin pahimmissa koepolttilanteissa noin 6-8 minuutin sisällä palovaroittimen ilmoituksesta.

Koepolttojen perusteella 6-8 minuuttia palovaroittimen ilmoituksesta olivat pitoisuudet jo nousseet niin korkeiksi, että paloa ei enää kannata sammuttaa itse. Toisaalta tulokset osoittivat myös, että mikäli palon syttymistä päästään nopeasti rajoittamaan heti alusta sammutteiden avulla, putoavat epäpuhtauspitoisuudet merkittävästi.

Alkusammuttajan altistumiseen vaikuttavat myös sammutusetäisyys palokohteesta ja mitä sammutinta käytetään. Yleinen virhe on mennä sammuttamaan kohdetta liian läheltä, mutta toisaalta tarvitaan tarkka sijaintitieto missä varsinaisen palokohde on tehokkaan sammutuksen toteuttamiseksi. Nyt testeissä käytetty vaahtosammutin mahdollistaa sammutustilanteessa paremman näkyvyyden verrattuna esimerkiksi jauhesammuttimeen. Hyvällä näkyvyydellä saatetaan voittaa tärkeitä sekunteja sammutustilanteessa, jolla myös vaikutusta alkusammuttajan altistumisaikaan palotilanteessa. Sammuttimen tehokkuus puolestaan vähentää tarvetta mennä sammuttamaan liian läheltä.

Vastaamme mielellämme lausuntoa koskeviin kysymyksiin ja autamme riskien arvioinnissa esille tulevien kysymysten ratkaisemisessa. Yhdyshenkilömme on vanhempi tutkija Juha Laitinen. 040 5023714, juha.laitinen@ttl.fi.



Juha Laitinen
vanhempi tutkija
Työympäristöpalvelut



Pirjo Heikkinen
asiantuntija
Työympäristöpalvelut

LIITTEET	1 Mittausmenetelmät
	2 HTP-arvot
	3 Mittaustulokset
	4 Riskin luokittelu

Taulukko 2. Mittausmenetelmät

altiste	näytteenkeräin / mittari	analyysi- / mittausmenetelmä	analyysiohje
aldehydit	SepPak- impregnoitu keräin	nestekromatografia	KEMIA-TY-015
kloorivety- ja fluorivetyhappo	impregnoitu tupla suodatin	ionikromatografia yhdistettynä johtokykydetektoriin	AR2303-TY-007
haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	kvartsisuodatin ja Tenax TA-adsorbentti	yhdistetty termodesorptio ja GC-MS -tekniikka	KEMIA-TY-031
hiukkasmaiset PAH-yhdisteet	teflonsuodatin	GC-MS –tekniikka	KEMIA-TY-044
kaasumaiset PAH-yhdisteet	kvartsisuodatin ja XAD-2 -adsorbentti	GC-MS –tekniikka	KEMIA-TY-044
palavat kaasut, hiilimonoksidi ja typpimonoksidi, ja syaanivety	kvartsisuodatin, suora osoitus (Gasmeter)	FTIR -tekniikka	-
syaanivety- ja syanidit*	Selluloosaesteriasetaatti suodatin ja absorptiioneste	ISE, ioniselektiivinen elektrodi	RA2081
typenoksidit ja hiilimonoksidi	X-am 5600/Pac 7000 (Dräger, Saksa)	sähkökemiallinen detektori	-
virtsan 2-naftoli ja 1-pyrenoli	-	HPLC/FLD	BM-TY-046

*tehty alihankintana Ramboll Analyticsillä

Taulukko 3. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot) ja heti terveydelle vaaralliset arvot (IDHL-arvot)

Mitattu altiste	HTP _{8h}	HTP _{15min}	yksikkö	huom.	IDHL
Akkroleiini		0,23	mg/m ³	kattoarvo	
Bentseeni	3,25	-	mg/m ³	iho, sitova raja-arvo	
Bentsaldehydi	4,4	17,4	mg/m ³	kattoarvo	
Bentso[a]pyreeni	0,01	-	mg/m ³	iho	
Fluorivety	1,5	2,5	mg/m ³	iho	
Formaldehydi	0,37	1,2	mg/m ³	kattoarvo	
Happi			%	alle 18 % pitoisuus voi aiheuttaa hapon puutetta	
Hiilimonoksidi	30	75	ppm	ototoksinen	1200 ppm
Kloorivety	–	7,6	mg/m ³	-	
Naftaleeni	5	10	mg/m ³	-	
Orgaaninen pöly	5	10	mg/m ³	-	
Syaanivety	1	-	mg/m ³	iho	60 mg/m ³
Syanidit	1	-	mg/m ³	iho	
Typpidioksidi	1	2	ppm	-	
Typpimonoksidi	10	-	ppm	-	40 ppm

Ototoksinen (sisäkorvalle haitallinen) aine, samanaikainen altistuminen melun kanssa lisää kuulovaurioriskiä.

iho =Aine voi imeytyä ihon läpi.

kattoarvo=pitoisuus, jota ei saa ylittää missään vaiheessa.

Taulukko 4. Hengittyvän pölyn mittaustulokset

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 27.3.2017	Mitattu pitoisuus		HTP	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01971-1 K215	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	14:41-15:24	8.7	mg/m ³	5	174
CK17-01971-2 K50	hv	Alkusammuttaja	-	6.5	mg/m ³	5	130
CK17-01971-3 K189	hv	Sammuttaja	-	15	mg/m ³	5	300
Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 28.3.2017	Mitattu pitoisuus		HTP	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01971-4 K152	kp	Huoneen nurkassa ja pesukoneen vieressä	08:59-13:34	4.8	mg/m ³	5	96
CK17-01971-5 K240	hv	Alkusammuttaja	12:50-13:17	7.3	mg/m ³	5	146
CK17-01971-6 K145	hv	Sammuttaja	12:54-13:39	7.5	mg/m ³	5	150
Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 29.3.2017	Mitattu pitoisuus		HTP	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01971-7 K151	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	12:33-12:55	66	mg/m ³	5	1320
CK17-01971-8 K94	hv	Alkusammuttaja	12:22-13:08	9.3	mg/m ³	5	186
CK17-01971-9 K192	hv	Sammuttaja	12:30-13:12	13	mg/m ³	5	260
Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 30.3.2017	Mitattu pitoisuus		HTP	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01971- 10 K236	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	11:50-12:30	5.5	mg/m ³	5	110
CK17-01971- 11 K233	hv	Alkusammuttaja	11:51-12:36	2.3	mg/m ³	5	46

Taulukko 5. Aldehydien mittaustulokset

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika	Altiste	Mitattu pitoisuus		HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01957-1 Aep-Pak / ALD-1	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	27.3.2017 14:41-15:24	Akroleiini	0.11	mg/m ³		
				Asetaldehydi	0.7	mg/m ³		
				Asetoni	0.19	mg/m ³	1200	0.02
				Bentsaldehydi	0.06	mg/m ³	4.4	1.36
				Butyyrialdehydi	0.031	mg/m ³	74	0.04
				Formaldehydi	0.059	mg/m ³	0.37	15.95
				Krotonaldehydi	0.027	mg/m ³	0.29	9.31
				2-Butanoni	0.2	mg/m ³		
CK17-01957-2 Sep-Pak / ALD-2	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	28.3.2017 13:02-13:34	Propionaldehydi	0.089	mg/m ³	48	0.19
				Asetaldehydi	2.3	mg/m ³		
				Asetoni	0.86	mg/m ³	1200	0.07
				Bentsaldehydi	0.27	mg/m ³	4.4	6.14
				Butyyrialdehydi	0.12	mg/m ³	74	0.16
				Formaldehydi	0.23	mg/m ³	0.37	62.16
				2-Butanoni	0.74	mg/m ³		
CK17-01957-3 Sep-Pak / ALD-3	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	29.3.2017 12:38-13:08	Propionaldehydi	0.39	mg/m ³	48	0.81
				Akroleiini	0.21	mg/m ³		
				Asetaldehydi	3.9	mg/m ³		
				Asetoni	1.2	mg/m ³	1200	0.10
				Bentsaldehydi	0.52	mg/m ³	4.4	11.82
				Butyyrialdehydi	0.19	mg/m ³	74	0.26
				Formaldehydi	0.4	mg/m ³	0.37	108.11
				Metakroleiini	0.19	mg/m ³		
CK17-01957-4 Sep-Pak /ALD-216 (4)	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	30.3.2017 12:13-12:30	2-Butanoni	0.74	mg/m ³		
				Propionaldehydi	0.58	mg/m ³	48	1.21
				Asetaldehydi	0.65	mg/m ³		
				Asetoni	0.17	mg/m ³	1200	0.01
				Bentsaldehydi	0.078	mg/m ³	4.4	1.77
				Butyyrialdehydi	<0.039	mg/m ³	74	alle 0.05
				Formaldehydi	0.11	mg/m ³	0.37	29.73
				2-Butanoni	0.27	mg/m ³		
				Propionaldehydi	0.072	mg/m ³	48	0.15

Taulukko 6. Kloorivedyn ja fluorivedyn mittaustulokset

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika	Altiste	Mitattu pitoisuus mg / m ³	HTP _{8h} -arvo	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01958-1 HF/HCl-1	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	27.3.2017 14:41-15:24	Kloorivety	< 0.067	7,6	alle 0,9
				Fluorivety	< 0.067	1.5	alle 4.5
CK17-01958-2 HF/HCl-5	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	28.3.2017 13:02-13:34	Kloorivety	< 0.1	7,6	alle 1,3
				Fluorivety	< 0.1	1.5	alle 6.7
CK17-01958-3 HF/HCl-6	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	29.3.2017 12:33-13:08	Kloorivety	< 0.15	7,6	alle 2,0
				Fluorivety	< 0.15	1.5	alle 10
CK17-01958-4 HF/HCl-2	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	30.3.2017 12:13-12:30	Kloorivety	< 0.14	7,6	alle 1.8
				Fluorivety	< 0.14	1.5	alle 9.3

Taulukko 7. PAH-yhdisteiden mittaustulokset

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 27.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-1 suodatin, PAH-638	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	14:41-15:24	Naftaleeni	0.15	5000	0.003
				Asenaftyleeni	0.33		
				Asenaftteeni	0.05		
				Fluoreeni	0.32		
				Fenantreeni	4.7		
				Antraseeni	1.2		
				Fluoranteeni	6.6		
				Pyreeni	6.6		
				Bentso[a]antraseeni	3.5		
				Kryseeni	3.4		
				Bentso[b]fluoranteeni	3.4		
				Bentso[k]fluoranteeni	3		
				Bentso[a]pyreeni	3.9	10	39
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	3.4		
				Dibentso[a,h]antraseeni	0.57		
				Bentso[ghi]peryleeni	2.7		
CK17-01964-2 Orbo-43, PAH-634	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	14:41-15:24	Naftaleeni	< 0.32	5000	alle 0.0064
				Asenaftyleeni	< 0.32		
				Asenaftteeni	< 0.32		
				Fluoreeni	< 0.32		
				Fenantreeni	< 0.32		
				Antraseeni	< 0.32		
				Fluoranteeni	< 0.32		
				Pyreeni	< 0.32		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.32		
				Kryseeni	< 0.32		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.32		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.32		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.64	10	alle 6.4
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.64		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.64		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.64		

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 28.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus (µg / m ³)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-3 suodatin, PAH-636	hv	Palosaneeraaja	08:55-10:34	Naftaleeni	< 0.006	5000	alle 0.00012
				Asenaftyleeni	< 0.006		
				Asenaftteeni	< 0.006		
				Fluoreeni	< 0.006		
				Fenantreeni	0.008		
				Antraseeni	< 0.006		
				Fluoranteeni	< 0.006		
				Pyreeni	< 0.006		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.006		
				Kryseeni	< 0.006		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.006		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.006		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.013	10	alle 0.13
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.013		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.013		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.013		
CK17-01964-4 Orbo-43, PAH-617	hv	Palosaneeraaja	08:55-10:34	Naftaleeni	0.15	5000	0.003
				Asenaftyleeni	< 0.14		
				Asenaftteeni	< 0.14		
				Fluoreeni	< 0.14		
				Fenantreeni	< 0.14		
				Antraseeni	< 0.14		
				Fluoranteeni	< 0.14		
				Pyreeni	< 0.14		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.14		
				Kryseeni	< 0.14		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.14		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.14		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.29	10	0.03
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.29		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.29		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.29		

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 28.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-5 suodatin, PAH-640	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	13:02-13:34	Naftaleeni	1.8	5000	0.036
				Asenaftyleeni	18		
				Asenafteeni	1.1		
				Fluoreeni	14		
				Fenantreeni	140		
				Antraseeni	38		
				Fluoranteeni	79		
				Pyreeni	81		
				Bentso[a]antraseeni	23		
				Kryseeni	24		
				Bentso[b]fluoranteeni	19		
				Bentso[k]fluoranteeni	20		
				Bentso[a]pyreeni	20	10	200
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	17		
				Dibentso[a,h]antraseeni	6.7		
				Bentso[ghi]peryleeni	14		
CK17-01964-6 Orbo-43, PAH-616	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	13:02-13:34	Naftaleeni	1.2	5000	0.024
				Asenaftyleeni	< 0.39		
				Asenafteeni	< 0.39		
				Fluoreeni	< 0.39		
				Fenantreeni	< 0.39		
				Antraseeni	< 0.39		
				Fluoranteeni	< 0.39		
				Pyreeni	< 0.39		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.39		
				Kryseeni	< 0.39		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.39		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.39		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.78	10	alle 7.8
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.78		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.78		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.78		

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 29.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-7 suodatin, PAH-639	hv	Palosaneeraaja	08:47-11:00	Naftaleeni	< 0.005	5000	alle 0.0001
				Asenaftyleeni	< 0.005		
				Asenaftteeni	< 0.005		
				Fluoreeni	< 0.005		
				Fenantreeni	0.012		
				Antraseeni	< 0.005		
				Fluoranteeni	< 0.005		
				Pyreeni	< 0.005		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.005		
				Kryseeni	< 0.005		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.005		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.005		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.009	10	alle 0.09
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.009		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.009		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.009		
CK17-01964-8 Orbo-43, PAH-624	hv	Palosaneeraaja	08:47-11:00	Naftaleeni	0.79	5000	0.0158
				Asenaftyleeni	< 0.09		
				Asenaftteeni	< 0.09		
				Fluoreeni	< 0.09		
				Fenantreeni	< 0.09		
				Antraseeni	< 0.09		
				Fluoranteeni	< 0.09		
				Pyreeni	< 0.09		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.09		
				Kryseeni	< 0.09		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.09		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.09		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.19	10	alle 1.9
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.19		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.19		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.19		

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 29.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-9 suodatin, PAH-641	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	12:33-13:08	Naftaleeni	2.5	5000	0.05
				Asenaftyleeni	15		
				Asenafteeni	1.4		
				Fluoreeni	13		
				Fenantreeni	170		
				Antraseeni	46		
				Fluoranteeni	89		
				Pyreeni	89		
				Bentso[a]antraseeni	25		
				Kryseeni	27		
				Bentso[b]fluoranteeni	22		
				Bentso[k]fluoranteeni	24		
				Bentso[a]pyreeni	24	10	240
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	20		
				Dibentso[a,h]antraseeni	9.8		
				Bentso[ghi]peryleeni	15		
CK17-01964-10 Orbo-43, PAH-633	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	12:33-13:08	Naftaleeni	14	5000	0.28
				Asenaftyleeni	< 0.63		
				Asenafteeni	< 0.63		
				Fluoreeni	< 0.63		
				Fenantreeni	0.7		
				Antraseeni	< 0.63		
				Fluoranteeni	< 0.63		
				Pyreeni	< 0.63		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.63		
				Kryseeni	< 0.63		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.63		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.63		
				Bentso[a]pyreeni	< 1.3	10	alle 13
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 1.3		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 1.3		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 1.3		

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 30.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-11 suodatin, PAH-637	hv	Pelastusopiston harjoittelualue Palosaneeraaja	08:36-10:28	Naftaleeni	< 0.006	5000	alle 0.00012
				Asenaftyleeni	0.006		
				Asenafteeni	< 0.006		
				Fluoreeni	< 0.006		
				Fenantreeni	0.022		
				Antraseeni	< 0.006		
				Fluoranteeni	< 0.006		
				Pyreeni	< 0.006		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.006		
				Kryseeni	< 0.006		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.006		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.006		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.011	10	alle 0.11
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.011		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.011		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.011		
CK17-01964-12 Orbo-43, PAH-615	kp	Pelastusopiston harjoittelualue Palosaneeraaja	08:36-10:28	Naftaleeni	0.61	5000	0.0122
				Asenaftyleeni	< 0.11		
				Asenafteeni	< 0.11		
				Fluoreeni	< 0.11		
				Fenantreeni	< 0.11		
				Antraseeni	< 0.11		
				Fluoranteeni	< 0.11		
				Pyreeni	< 0.11		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.11		
				Kryseeni	< 0.11		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.11		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.11		
				Bentso[a]pyreeni	< 0.22	10	alle 2.2
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0.22		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 0.22		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 0.22		

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 30.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HTP _{8h} - arvo	Osuus HTP- arvosta
CK17-01964-13 suodatin, PAH-635	kp	Pelastusopiston harjoittelualue Poltettavan pesukoneen vieressä	12:13-12:30	Naftaleeni	1.1	5000	0.022
				Asenaftyleeni	10		
				Asenafteeni	0.58		
				Fluoreeni	3.2		
				Fenantreeni	17		
				Antraseeni	4.7		
				Fluoranteeni	11		
				Pyreeni	10		
				Bentso[a]antraseeni	5.8		
				Kryseeni	6.4		
				Bentso[b]fluoranteeni	5.5		
				Bentso[k]fluoranteeni	5.1		
				Bentso[a]pyreeni	6.8	10	68
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	6.6		
				Dibentso[a,h]antraseeni	1.3		
				Bentso[ghi]peryleeni	4.7		
CK17-01964-14 Orbo-43, PAH-614	kp	Pelastusopiston harjoittelualue Poltettavan pesukoneen vieressä	12:13-12:30	Naftaleeni	27	5000	0.54
				Asenaftyleeni	0.63		
				Asenafteeni	0.63		
				Fluoreeni	< 0.63		
				Fenantreeni	0.71		
				Antraseeni	< 0.63		
				Fluoranteeni	< 0.63		
				Pyreeni	< 0.63		
				Bentso[a]antraseeni	< 0.63		
				Kryseeni	< 0.63		
				Bentso[b]fluoranteeni	< 0.63		
				Bentso[k]fluoranteeni	< 0.63		
				Bentso[a]pyreeni	< 1.3	10	alle 13
				Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 1.3		
				Dibentso[a,h]antraseeni	< 1.3		
				Bentso[ghi]peryleeni	< 1.3		

Taulukko 8. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mittaustulokset

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 28.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus µg / m ³	HTP-arvo
CK17-01954-2 358504	hv	Palosaneeraaja	08:55-10:34	ALIFAATTISET HIILIVEDYT	-	
				C5H8-hiilivety**	3	
				HIILIVETYSEOKSET	-	
				Hiilivetyseos**	21	
				ALDEHYDIT	-	
				Bentsaldehydi	1	
				Dekanaali	2	
				Heksanaali	5	
				Nonanaali	3	
				Pentanaali	1	
				KETONIT	-	
				Asetoni	18	
				HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	50	
CK17-01954-3 358636	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	13:02-13:34	ALIFAATTISET HIILIVEDYT	-	
				C5H6-hiilivety**	200	
				C5H8-hiilivety**	27	
				Heptaani	5	
				1-Okteeni	3	
				1,3-Sykloheksadieeni**	32	
				1,4-Sykloheksadieeni**	56	
				AROMAATTISET HIILIVEDYT	-	
				Bentseeni	3800	3250
				Etyylibentseeni	9	
				Ksyleenit (p,m)	5	
				Styreeni	16	
				Tolueeni	320	81000
				YKSIARVOISET ALKOHOLIT	-	
				2-Etyyli-1-heksanoli	5	
				Etanoli	580	1900000
				2-Metyyli-1-propanoli	30	
				EETTERIT	-	
				2,5-Dimetyylifuraani**	28	
				Furaani**	49	
				2-Metyylifuraani	350	
				ALDEHYDIT	-	
				Bentsaldehydi	4	4400
				Dekanaali	4	
				Heksanaali	6	42000
				Nonanaali	4	
				Pentanaali	7	

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 29.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus µg / m ³	HTP
				KETONIT	-	
				Asetoni	580	1200000
				2-Butanoni	76	
				4-Metyyli-2-pentanoni	10	
				2-Pentanoni	7	
				ESTERIT JA LAKTONIT	-	
				Dietyliftalaatti**	35	
				TYPPIYHDISTEET	-	
				1-Metyylipyrroli**	31	
				1H-Pyrroli	14	
				PIIYHDISTEET	-	
				Dekametyylisyklopentasiloksaani	4	
				HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	3800	
				AROMAATTISET HIILIVEDYT	-	
CK17-01954-4 358542	hv	Palosaneeraaja	08:47-11:00	Naftaleeni	0,8	
				HIILIVETYSEOKSET	-	
				Hiilivetyseos**	43	
				YKSIARVOISET ALKOHOLIT	-	
				Etanoli	5	
				ALDEHYDIT	-	
				Bentsaldehydi	2	
				Dekanaali	1	
				Heksanaali	3	
				Nonanaali	2	
				Pentanaali	1	
				KETONIT	-	
				Asetoni	15	
				ESTERIT JA LAKTONIT	-	
				Dietyliftalaatti**	12	
				HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	80	
				ALIFAATTISET HIILIVEDYT	-	
CK17-01954-5 358654	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	12:33-13:08	C5H6-hiilivety**	480	
				Dekaani	74	
				Heptaani	7	
				Nonaani	31	
				1,3-Sykloheksadieeni**	28	
				1,4-Sykloheksadieeni**	65	
				Undekaani	15	
				AROMAATTISET HIILIVEDYT	-	
				Bentseeni	4500	3250
				Etyylibentseeni	7	

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 30.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus µg / m ³	HTP
				Naftaleeni	22	
				Styreeni	13	
				Tolueeni	300	81000
				TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET	-	
				α-Pineeni	14	
				YKSIARVOISET ALKOHOLIT	-	
				Etanoli	1400	1900000
				2-Metyyli-1-propanoli	84	
				EETTERIT	-	
				2,5-Dimetyylifuraani**	28	
				2-Metyylifuraani	420	
				ALDEHYDIT	-	
				Bentsaldehydi	8	
				2-Furfuraali	11	
				Heksanaali	17	
				Pentanaali	12	
				KETONIT	-	
				Asetoni	1400	1200000
				2-Butanoni	81	
				4-Metyyli-2-pentanoni	15	
				2-Pentanoni	7	
				TYPPIYHDISTEET	-	
				1-Metyylipyrroli**	24	
				Bentsoimidi**	23	
				1H-Pyrroli	13	
				MUUT	-	
				Ftaalihappoanhydridi**	21	
				HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	5400	
CK17-01954-6 358595	hv	Palosaneeraaja	08:36-10:28	AROMAATTISET HIILIVEDYT	-	
				Bentseeni	2	
				Naftaleeni	2	
				HIILIVETYSEOKSET	-	
				Hiilivetyseos**	43	
				YKSIARVOISET ALKOHOLIT	-	
				Etanoli	30	
				1-Oktanoli	2	
				1-Propanoli	3	
				ALDEHYDIT	-	
				Bentsaldehydi	2	
				2-Furfuraali	2	
				Heksanaali	5	

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika 30.3.2017	Altiste	Mitattu pitoisuus µg / m ³	HTP
				Nonanaali	2	
				Pentanaali	2	
				KETONIT	-	
				Asetoni	16	
				2-Butanoni	4	
				4-Metyyli-2-pentanoni	2	
				ESTERIT JA LAKTONIT	-	
				Dietyylifalaatti**	9	
				HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	100	
CK17-01954-7 358559	kp	Poltettavan pesukoneen vieressä	12:13-12:30	ALIFAATTISET HIILIVEDYT	-	
				C5H6-hiilivety**	28	
				AROMAATTISET HIILIVEDYT	-	
				Bentseeni	52	3250
				Naftaleeni	12	
				HIILIVETYSEOKSET	-	
				Hiilivetyseos**	180	
				YKSIARVOISET ALKOHOLIT	-	
				Etanoli	440	1900000
				EETTERIT	-	
				2-Metyylifuraani	6	
				KETONIT	-	
				Asetoni	29	
				HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	380	

Taulukko 9. Syaanimidien ja syanidien mittaustulokset

Näytenumero	Näyte- tyyppi	Mittauskohde	Mittausaika	Altiste	Mitattu pitoisuus mg / m ³	HTP _{8h} -arvo	Osuus HTP- arvosta (%)
CK17-01958-1 HF/HCl-1	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	27.3.2017 14:41-15:24	Syaanivety	< 0,03	1	alle 3
				Syanidit	0,09	1	9
CK17-01958-2 HF/HCl-5	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	28.3.2017 13:02-13:34	Syaanivety	1,1		110
				Syanidit	0,07	1	7
CK17-01958-3 HF/HCl-6	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	29.3.2017 12:33-13:08	Syaanivety	7,2	1	720
				Syanidit	0,07	1	7
CK17-01958-4 HF/HCl-2	kp	Pelastusopiston harjoitusalue Poltettavan pesukoneen vieressä	30.3.2017 12:13-12:30	Syaanivety	< 0,02	1	alle 2
				Syanidit	0,4	1	40

Riskin luokittelu ja toimenpiteiden tarpeellisuus altistumistasojen perusteella

Altistumistaso	Riskiluokka	Toimenpiteet
alle 10 % HTP-arvosta	4	työolosuhteiden seuranta
10–50 % HTP-arvosta	3	helposti toteutettavat toimenpiteet suositeltavia* seurantamittaukset tarpeellisia
50–100 % HTP-arvosta	2	toimenpiteet tarpeellisia* seurantamittaukset tarpeellisia
yli HTP-arvon	1	toimenpiteet välttämättömiä seurantamittaukset toimenpiteiden toteutuksen jälkeen

*Työterveyslaitoksen suositus

alle 10 % HTP-arvosta – on hyvin epätodennäköistä, että nykyisissä työolosuhteissa altistava pitoisuus ylittää HTP-arvon ja näin ollen mahdollisten haittavaikutusten ilmaantuminen on hyvin epätodennäköistä => riskiluokka 4

10 – 50 % HTP-arvosta – on epätodennäköistä, että nykyisissä työolosuhteissa altistava pitoisuus ylittää HTP-arvon ja näin ollen merkittävien haittavaikutusten ilmaantuminen on epätodennäköistä => riskiluokka 3. Suuri osa Työterveyslaitoksen mittaamista pitoisuuksista osuu tähän luokkaan.

50 – 100 % HTP-arvosta – on mahdollista, että nykyisissä työolosuhteissa altistava pitoisuus voi joissakin tilanteissa ylittää HTP-arvon ja näin ollen on mahdollista, että haittavaikutuksia saattaa ilmaantua => riskiluokka 2

yli HTP-arvon – altistava pitoisuus ylittää HTP-arvon ja haittavaikutuksia voi ilmaantua
=> riskiluokka 1

CMR-aineiden (syöpävaaralliset, mutageeniset, lisääntymisterveydelle myrkylliset) ja hengitysteitä herkistävien aineiden kohdalla noudatetaan lisäksi parasta käytössä olevaa tekniikkaa (Best Available Techniques =BAT) ja altistuminen pyritään pitämään niin pienenä kuin se teknistaloudellisesti on mahdollista.

Seurantamittaukset: Altistumisen arviointi perustuu yleensä yhtenä työpäivänä tehtyihin altistumismittauksiin ja mittaustulosten yleistettävyyteen voi mm. olosuhteiden ja työjärjestelyjen vuoksi liittyä suurikin epävarmuus. Valtioneuvoston asetukseen (715/2001) kemiallisista tekijöistä työssä viitaten on tilanteen pysyvyyden toteamiseksi suoritettava tarvittaessa sopivin välein seurantamittauksia. Mittauksia on lisäksi tehtävä aina kun olosuhteissa tapahtuu työntekijän altistumista lisäävä muutos. Mitä lähempänä mittaustulokset ovat raja-arvoa, sitä useammin mittauksia on suoritettava. SFS-EN 689 standardissa seurantamittaukset on katsottu tarpeellisiksi, kun altistumistaso ylittää 1/10 HTP-arvosta.