



**PELASTUSOPISTO**



**POLIISI**  
POLIISIAMMATTIKORKEAKOULU

# **Yli- ja alipainehyökkäys sammutusmenetelmänä huoneistopaloissa**

Teemu Mäkinieniemi, Vesa Viipuri

4/2022

# TIIVISTELMÄ

**Tekijät:** Vesa Viipuri ja Teemu Mäkinieni

**Julkaisun nimi:** Ylipaine- ja alipainehyökkäys sammutusmenetelmänä huoneistopaloissa

**Opinnäytetyön muoto:** Toiminnallinen

**Julkisuusaste:** Julkinen

**Ohjaaja:** Marko Hassinen erikoistutkija, Tuomas Kuikka vanhempi opettaja

**Tutkinto:** Pelastusalan päällystötutkinto (AMK)

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ylipainehyökkäystekniikan ja alipainehyökkäystekniikan sekä alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmän käyttöä P3-luokan asuinrakennusten ja vapaa-ajan asuntojen tulipaloissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa uusia sammutustekniikoita pelastuslaitoksille täydentämään perinteistä sammutustekniikkaa ja luomaan pelastustoimen miehistölle ja alipäällystölle paremmat ja työturvallisemmat työskentelyolot palavassa rakennuksessa.

Suomessa huoneistopalojen sammutustekniikkana on käytetty jo kauan perinteistä sammutustekniikkaa. Perinteistä sammutustekniikkaa käytettäessä pelastustoimen miehistö ja alipäällystö altistuvat lähes aina suurelle lämpökuormalle ja myrkyllisille savukaasuille sammutushyökkäyksen aikana sekä sammutusraivauksen aikana. Lisäksi rakennuksessa ei ole savukaasujen ja vesihöyryn takia näkyvyyttä. Käytettäessä perinteistä sammutustekniikkaa rakennus kärsii yleensä mittavat vesivahingot ja savuvahingot.

Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat ovat tehokkaita ja oikein käytettyinä ne luovat pelastustoimen miehistölle ja alipäällystölle paremmat sekä työturvallisemmat työolosuhteet rakennuspaloissa. Tekniikat parantavat näkyvyyttä ja poistavat lämpökuormaa ja myrkyllisiä savukaasuja rakennuksesta, jolloin pelastustoiminta helpottuu sekä työturvallisuus kasvaa. Lisäksi tekniikoiden käyttäminen helpottaa pelastustoiminnan johtajan ja pelastusryhmänjohtajan päätöksentekoa sammutustaktiikan valinnassa sekä helpottaa alkuvaiheen palontutkintaa.

Tämän opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää Pelastusopiston tutkintokoulutuksissa sekä pelastuslaitoksilla. Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat eivät korvaa perinteistä sammutustekniikkaa, vaan ne täydentävät toisiaan ja mahdollistavat paremmat ja työturvallisemmat olosuhteet pelastustoiminnan henkilöstölle.

---

**Sivumäärä:** 39 sivua + 1 liite

**Tarkastuskuukausi ja vuosi:** huhtikuu 2022

**Avainsanat:** ST-putki, ylipainehyökkäys, alipainehyökkäys, NPV, PPA, HydroVent

# ABSTRACT

**Author(s):** Teemu Mäkinen and Vesa Viipuri

**Title of Project:** The Use of the Positive Pressure Attack Method and the Negative Pressure Ventilation Method in Detached House Fires

**Type of Thesis:** functional

**Confidentiality:** public

**Academic Supervisor:** Mr. Marko Hassinen Specialist Researcher, Mr. Tuomas Kuikka Senior Instructor

**Degree Programme:** Fire Officer's Degree (UAS)

---

This final thesis discusses the use of positive pressure attack, i.e., PPA, and negative pressure ventilation, i.e., NPV, methods and the combined use of negative pressure ventilation and positive pressure ventilation in detached house fires. The aim of this final project is to produce new fire extinction methods for rescue departments to complement the traditional methods and to create better and safer working conditions in a burning building for the rescue services crew and sub-officers.

In Finland, the traditional methods of fire extinction have been used in detached house fires over a long time period. When using a traditional method, the rescue services crew and sub-officers are almost always exposed to high temperatures both during the direct attack and starvation. In addition, the visibility in a burning building is extremely low due to smoke gases and water fumes. When using a traditional fire extinction method, the building usually suffers extensive water and smoke damages.

The fire extinction methods studied in this final project are effective methods and, when used correctly, they create better and safer working conditions for the rescue services crew and sub-officers in detached house fires. The methods improve the visibility effectively and reduce the heat inside the fire site, which in turn makes the rescue services crew's and the sub-officer's operations easier. In addition, the use of the methods facilitates the decision making for the officer in charge and watch officers between different extinction methods and makes the initial fire inspection easier. The results of this final project can be used in the degree programs of the Emergency Services Academy Finland as well as at rescue departments. The fire extinction methods studied in this final project do not replace the traditional method, but they complete each other and enable better and safer conditions for the rescue personnel.

---

**Pages:** 39 pages + 1 appendix

**Month and year:** April 2022

**Keywords:** PPA, NPV, positive pressure, negative pressure, HydroVent

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 RAKENNUSPALO ONNETTOMUUSTYYPPINÄ .....	3
2.1 Toimintaympäristön kuvaus .....	3
2.2 Huoneistopalon dynamiikka .....	4
3 RAKENNUSPALON SAMMUTTAMINEN .....	6
3.1 Taktiset yleisperiaatteet .....	6
3.2 Rajoittava sammutustaktiikka .....	8
3.3 Sammuttava sammutustaktiikka .....	9
3.4 Tulipalon sammuttamisen nelikenttämalli .....	9
4 SAMMUTUSTEKNIIKAT .....	11
4.1 Ylipainehyökkäys .....	11
4.1.1 Tekniikka .....	12
4.1.2 Ylipainehyökkäystekniikan riskit .....	14
4.2 Alipainehyökkäys .....	15
4.2.1 Tekniikka .....	17
4.2.2 Alipainehyökkäystekniikan riskit .....	17
4.3 Alipainehyökkäys ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä .....	18
4.3.1 Tekniikka .....	18
4.3.2 Alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikan riskit .....	18
5 TUTKIMUKSET .....	19
5.1 Ylipainehyökkäys .....	19
5.2 Alipainehyökkäys .....	22
5.3 Alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikka .....	24
6 TULOKSET .....	25
6.1 Ylipainehyökkäys, Pelastusopiston harjoitusalue .....	25
6.2 Ylipainehyökkäys, talonpoltto Nakkila .....	26
6.3 Alipainehyökkäys .....	27
6.4 Yhdistelmätekniikka .....	31
7 POHDINTA .....	33
7.1 Taktisten yleisperiaatteiden toteutuminen .....	36
7.2 Reflektointi .....	37
7.3 Prosessin hallinta .....	38
LÄHTEET .....	39
LIITE 1 .....	40

# 1 JOHDANTO

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö käsittelee pelastustoimen sammutustekniikkaa. Opinnäytetyön aiheena on ylipainehyökkäystekniikan ja alipainehyökkäystekniikan käyttäminen sammutustekniikkana huoneistopaloissa. Suomessa pelastustoimessa on tyydytty sammuttamaan rakennuspalot lähes aina perinteisellä tai pienpisarasammutustekniikalla. Perinteisellä sammutustekniikalla tarkoitetaan pääsääntöisesti savusukeltamista palavaan huoneistoon, jossa ei ole näkyvyyttä. Ylipainehyökkäystekniikkaa on käytetty Suomessa jo 1960-luvulla mutta sen käytöstä on luovuttu, koska sitä on pidetty liian vaarallisena. Yhdysvalloissa ylipainehyökkäystekniikka ja alipainehyökkäystekniikka ovat käytössä ja niitä on siellä kehitetty. Perinteisessä ja pienpisarasammutustekniikassa ongelmana on yleensä se, että niiden käyttäminen haittaa osaltaan sammuttajien toimintaa muun muassa näkyvyyden osalta, mikä vaikuttaa esimerkiksi pelastettavien etsintään ja sammuttajien työturvallisuuteen sauvuisessa tilassa sekä lämpökuormaan, jolle sammuttajat altistuvat sammutuksen aikana.

Opinnäytetyön aiheeksi valittiin sammutustekniikat, koska kokeilimme eräällä opintojaksollamme ylipainehyökkäystekniikkaa ja saimme siitä hyviä kokemuksia. Aihetta laajennettiin vielä alipainehyökkäystekniikalla, koska se oli juuri tullut entistä tunnetummaksi Suomessa ja se tuntui kiinnostavalta ylipainehyökkäystekniikan rinnalle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia toiminnallisesti, ovatko ylipainehyökkäys- ja alipainehyökkäystekniikat tehokkaita, turvallisia ja hyödyllisiä sammutustekniikoita Suomen pelastustoimen käyttöön perinteisen ja pienpisarasammutustekniikan rinnalle. Tavoitteena on myös tässä opinnäytetyössä tutkittujen sammutustekniikoiden jalkauttaminen pelastuslaitoksille.

Tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan alipainehyökkäyksellä NPV-tekniikan ja ST-putken käyttöä, ylipainehyökkäyksellä PPA-tekniikkaa. Opinnäytetyössä esitellään sammutustekniikan perusta, taktiset yleisperiaatteet, ylipainehyökkäys, alipainehyökkäys, tutkimukset sekä tulokset.

**NPV:** Negative-Pressure Ventilation eli alipainetuuletus. Tuuletustaktiikka, jossa savutuulettimilla tai muilla savunpoistolaitteilla luodaan huoneistoon tai rakennukseen alipaine. Tuulettimet sijaitsevat yleensä ikkunoissa tai oviaukoilla. Savunpoistolaitteet pakottavat haitalliset savukaasut poistumaan huoneesta tai rakennuksesta ejektorivaikutuksella ja samaan aikaan raitista ilmaa virtaa rakennuksen sisälle luonnollisesta tai itse tehdystä korvausilma-aukosta. (Essentials of fire fighting 2018, 528.)

**Pelastusryhmä** koostuu johtajasta, vähintään kolmesta ja enintään seitsemästä henkilöstä sekä tehtävän mukaisista ajoneuvoista ja kalustosta (Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohje 2012, 5).

**Pelastustoiminnan johtaja:** Pelastustoiminnan johtaja on yhden tai useamman pelastusmuodostelman tilanteenaikainen johtaja (Pelastustoiminnan käsitteitä 2016).

**PPA:** Positive-Pressure Attack eli ylipainehyökkäys. Sammutustekniikka, jossa palavaan huoneistoon tai rakennukseen tehdään ensin ylipainetuuletus ja sitten sammutushyökkäys. Ylipainehyökkäyksen tavoitteena on pakottaa kuumat, myrkylliset sekä syttymiskelpoiset savukaasut ulos rakennuksesta poistoaukkojen kautta ennen sammutushyökkäystä. (Essentials of fire fighting 2018, 528.)

**PPV:** Positive-Pressure Ventilation eli ylipainetuuletus. Tuuletustekniikka, jossa huoneistoon tai rakennukseen puhalletaan savutuulettimella ilmaa, jolloin tilaan syntyy virtaus. Ylipainetuuletuksen tavoitteena ja tarkoituksena on pakottaa haitalliset savukaasut sekä lämpö ulos rakennuksesta luonnollisista tai itse tehdyistä poistoaukoista. (Essentials of fire fighting 2018, 528.)

**P3-paloluokka:** Rakennusten paloluokituksen lähtökohtana on estää rakennusten sortuminen ja palon leviäminen tulipalotilanteessa kokonaan tai tietyn ajan. P3-paloluokkaan kuuluville rakennuksille ei aseteta erityisvaatimuksia kantavien rakenteiden suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla rakennusten pinta-aloja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen. (Ympäristöministeriö 2017.)

**ST-putki:** Sammutus- ja tuuletusputki on innovatiivinen sammutusjärjestelmä, joka perustuu amerikkalaisen palomiehen Kevin O' Donnellin keksintöön. Se soveltuu eurooppalaisiin olosuhteisiin luoden pelastajille turvallisemmat työolosuhteet. Putkessa on kaksi suutinta, sammutussuutin ja tuuletussuutin. (Kivelä, 2019.)

Tämän opinnäytetyön teoreettinen viitekehys käsitellään luvuissa 2–4, joissa esitellään rakennuspalon onnettomuustyyppinä, rakennuspalon sammuttaminen ja sammutustekniikat. Luvussa 5 esitellään tämän opinnäytetyön tutkimukset, luvussa 6 tutkimusten tulokset ja luvussa 7 opinnäytetyön pohdinta. Lisäksi opinnäytetyöhön kuuluu liiteosa, joka sisältää toimintaohjekortin yhdistelmätekniikan käytöstä.

## 2 RAKENNUSPALO ONNETTOMUUSTYYPINÄ

Tässä luvussa käsitellään rakennuspaloa onnettomuustyyppinä. Tämä opinnäytetyö on rajattu koskemaan rivi- ja paritaloja sekä omakotitaloja. Nämä rakennukset ovat yleensä P3-luokan rakennuksia palonkestoltaan, mikä tarkoittaa sitä, että näiden rakennusten kantavilla rakenteilla ei ole palonkestovaatimuksia. P3-luokan rakennusten kantavat rakenteet ovat yleensä puuta. Vaikka rivitalo olisikin rakennettu tiilestä, silti sen kantavat rakenteet ovat yleensä puuta. Edellä mainittujen rakennusten tulipaloissa haasteina on yleensä etenkin vanhoissa rakennustyypeissä se, että palo pääsee kehittymään ja leviämään nopeasti, mikä johtaa yleensä koko rakennuksen tuhoutumiseen. Nykypäivän rakennukset ovat tiiveydeltään paljon parempia kuin vanhat rakennukset, minkä johdosta palo kehittyy uusissa rakennuksissa hitaammin ja saattaa jopa sammua happirajoitteisuuden takia, mutta palon happirajoitteisuus tuo pelastustoiminnalle merkittävän haasteen. Haasteena on myös se, että P3-luokan vanhojen- ja uudisrakennusten kantavilla rakenteilla ei ole minkäänlaisia palonkestovaatimuksia. Tällöin ei voida olla varmoja siitä, kuinka kauan palava rakennus pysyy niin sanotusti pystyssä siten, että siellä olisi turvallista suorittaa pelastustoimintaa. (Ympäristöministeriö 2018.)

Palon nopeaan leviämiseen edellä mainituissa rakennustyypeissä vaikuttaa myös palo-osastointi. Omakotitalot ovat yleensä yhtä ja samaa palo-osastoa, joten omakotitaloissa palo pääsee leviämään nopeasti. Rivi- ja paritalot Suomessa osastoidaan asunnoittain niin, että asuntojen välinen seinä kestää paloa noin 30 minuuttia. Vanhoissa rivitaloissa ullakkotila on osastoimaton, eli se on yhtä ja samaa palo-osastoa, yhden palo-osaston maksimi koko on 400 m<sup>2</sup>. Jos tällaisessa rakennuksessa palo pääsee leviämään yläpohjaan, palo tuhoaa suurella todennäköisyydellä koko rivitalon, koska se pääsee vapaasti leviämään. Lisähaasteen vanhojen rivitalojen avonaiseen ullakkotilaan tuo myös se, jos rivitalo on ollut ennen tasakattoinen huopakatteella ja sen päälle on rakennettu harjakatto ja vanha huopakate on jätetty sen alle. Uusissa rivitaloissa ullakon osastointi on toteutettu siten, että asunnon palo-osastointi menee rakennuksen vesikatteeseen asti. Tällöin joka asunnossa on oma ullakko tilansa.

### 2.1 Toimintaympäristön kuvaus


Suomessa tapahtui vuonna 2021 yhteensä 1904 rakennuspaloa (Taulukko 1). Keskimäärin vuonna 2021 maassa tapahtui siis 5 rakennuspaloa päivittäin. Tapahtuneista rakennuspalloista 189 oli A-kiireellisyysluokkaa ja 1715 vastaavasti B-kiireellisyysluokkaa. Käytännössä tämä tarkoittaa riskin arvion perusteella sitä, että 189 rakennuspalotehtävässä kohteessa oli pelastettavia.

Taulukko 1 Rakennuspalot vuonna 2021 (Pronto).

Riviotsikot	Määrä / Hälytyssesteen nro
<b>A-kiireellisyys</b>	<b>189</b>
Asunnot ja vapaa-ajan asunnot	132
Autosuojat	11
Hoitolaitokset	6
Kokoontumis- ja liiketilat	8
Tuotanto- ja varastotilat	27
Työpaikkatilat	5
<b>B-kiireellisyys</b>	<b>1715</b>
Asunnot ja vapaa-ajan asunnot	1065
Autosuojat	96
Hoitolaitokset	15
Kokoontumis- ja liiketilat	57
Majoitustilat	10
Tuotanto- ja varastotilat	448
Työpaikkatilat	22
(tyhjä)	2
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>1904</b>

Vuonna 2021 Suomessa tapahtui 1191 rakennuspaloa, joissa rakennus oli käyttötavaltaan asunto tai vapaa-ajan asunto (Taulukko 2). Hakutulos saatiin Prontosta, jossa ensisijaisena onnettomuustyyppinä käytettiin rakennuspaloa. Haku rajattiin koskemaan vuotta 2021 ja rakennuksen käyttötavaksi valittiin rakentamismääräyskokoelma E1:n mukaan asunnot ja vapaa-ajan asunnot. Poiminoissa valittiin tehtävien kiireellisyysluokiksi A- ja B-kiireellisyys, jotta hakutulokset eivät vääristy kiireettömien tehtävien takia. Rakennuspalot, joissa mahdollisesti käytetään erilaisia sammutusmenetelmiä, ovat aina pelastustoimelle kiireellisiä tehtäviä.

Taulukko 2 Rakennuspalot vuonna 2021. (Pronto)

Satakunnan pelastuslaitos Viipuri Vesa/9.4.2022	Pelastustoimen tehtävät vuosittain		
Rakennuksen tai palo-osaston käyttötapa (E1:n mukaan)	2021	Yhteensä	
Asunnot ja vapaa-ajan asunnot	1 191	1 191	
<b>Yhteensä</b>	<b>1 191</b>	<b>1 191</b>	

[Tilaston ohje](#)

**Vuosi** = Ilmoitusajan vuosi.

[Käytetyt poimintaehdot](#)

**Vuosi** = 2021

**Tehtävän resurssiluokka** = A-kiireellisyys, B-kiireellisyys

**Rakennuksen tai palo-osaston käyttötapa (E1:n mukaan)** = Asunnot ja vapaa-ajan asunnot

**Onnettomuustyyppi (ensisijainen)** = Rakennuspallo

**Onnettomuus-/tehtäväselosteet** = Onnettomuusselosteet

**Onnettomuusselosteen liitteet (yt-selosteet)** = Ei

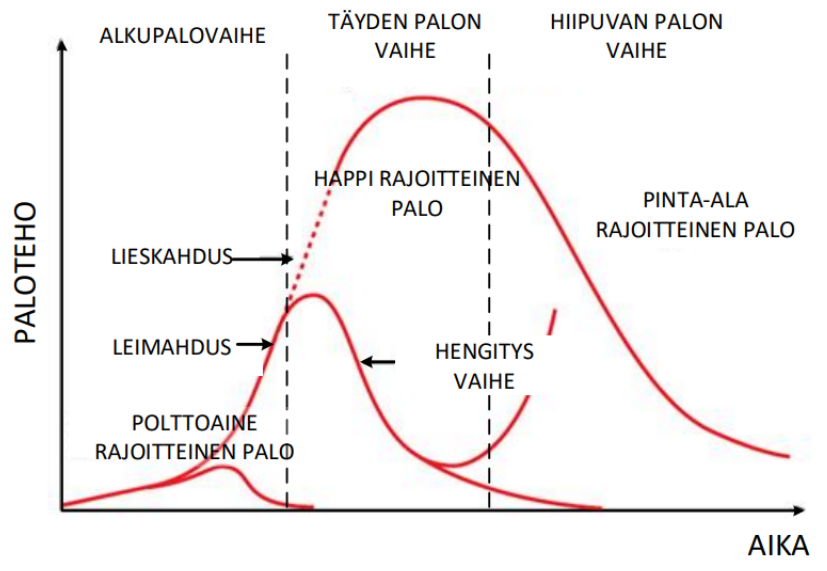
**Selosteiden vanhat versiot** = Ei

## 2.2 Huoneistopalon dynamiikka

Rakennuspallo on aina dynaaminen onnettomuus, eli se voi kehittyä. Rakennuspallo voidaan havaita kolme eri vaihetta (Kuva 1): alkupalovaihe, täydenpalonvaihe ja hiipumisvaihe. Alkupalo alkaa palon syttymisestä. Kun alkupalo syttyy jostakin syttymislähteestä, se alkaa lämmittämään ympärillään olevia pintoja ja niistä alkaa muodostua syttymiskelpoisia kaasuja, joita kutsutaan palokaa-



suiksi. Jos palo saa riittävästi happea, se kehittyy nopeasti ja päättyy lieskahdukseen eli yleissyttymiseen. Tästä alkaa täydenpalon vaihe. Täydenpalon vaihe päättyy hiipumisvaiheeseen, jolloin palo alkaa hiipua, koska palava materiaali loppuu. Jos alkupalo ei saa riittävästi happea, syntyy happirajoitteinen palo ja alkaa hengitysvaihe. Hengitysvaiheessa palo voi kehittyä täydenpalon vaiheeseen, jos palo saa riittävästi happea. Hengitysvaihe voi myös tukahduttaa ja sammuttaa palon.



Kuva 1 Huoneistopalo kehittyminen (Kuikka 2018, 18).

### **3 RAKENNUSPALON SAMMUTTAMINEN**

Tässä luvussa käsitellään rakennuspalon sammuttamista. Tässä esitellään pelastustoiminnan taktiset yleisperiaatteet, rajoittava sammutustaktiikka, hyökkäävä sammutustaktiikka sekä tulipalon sammuttamisen nelikenttämalli, johon sammutustoiminta Suomessa nykyään perustuu.

#### **3.1 Taktiset yleisperiaatteet**

Taktiset yleisperiaatteet on luotu pelastustoiminnan johtajalle muistilistaksi helpottamaan pelastustoimintaa. Taktisten yleisperiaatteiden tarkoituksena on auttaa pelastustoiminnan johtajaa tekemään päätöksiä ja ohjata pelastustoimintaa haluttuun ja oikeaan suuntaan. Taktiset yleisperiaatteet pelastustoiminnassa ovat pelasta, torju suurin uhka, luo painopiste, käytä olosuhteita hyväksi, huolehdi jatkuvuudesta, tiedustele jatkuvasti, ennakoi ja johda aktiivisesti. Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat helpottavat pelastustoiminnanjohtajan päätöksentekoa ja tukevat taktisia yleisperiaatteita. Taktiset yleisperiaatteet pelastustoiminnassa esitellään P3- käsikirjassa seuraavasti:

#### **PELASTA**

Ihmisten pelastaminen on aina tärkein ja prioriteettina ensimmäisenä. Sen jälkeen tärkeimmät tehtävät ovat omaisuuden, muiden arvojen ja ympäristön pelastaminen.

#### **TORJU SUURIN UHKA**

Rakennuspalo on dynaaminen onnettomuus, eli palo voi kehittyä ja levitä. Rakennuspalossa pelastustoiminnan johtajan tai ryhmänjohtajan on mietittävä, miten ja mihin palo kehittyy ja uhkaako se esimerkiksi viereisiä tiloja, rakennuksia, muuta omaisuutta ja ympäristöä ja nämä pyritään torjumaan

#### **LUO PAINOPISTE**

Hyödynnetään kalustoa ja henkilöstöä onnettomuuden uhanalaisimpaan suuntaan. Esimerkiksi keskitetään henkilöstöä ja kalustoa siihen, että rajoitetaan palon leviämistä muihin tiloihin.

#### **KÄYTÄ HYVÄKSI OLOSUhteita**

Hyödynnetään tilanteen hallintaan saamiseksi rakennuksen rakenteellisia ominaisuuksia sekä hyödynnetään säätilaa ja maasto-olosuhteita.

## HUOLEHDI JATKUVUUDESTA

Huolehditaan vaihtomiehistöstä ja miehistön huollosta. Pyritään siihen, että miehistöä ei kuormiteta liikaa. Tarkoitus on, että miehistöä vaihdetaan tietyin väliajoin, jotta pelastus ja sammutustoimet pysyvät jatkuvana. Onnettomuuspaikalla miehistö tarvitsee myös huoltoa esimerkiksi ruokaa, juomaa ja välinehuoltoa.

## TIEDUSTELE JATKUVASTI

Hankitaan tietoa tilanteesta aktiivisesti koko ajan ja jaetaan sitä. Tiedustelun merkitys on suuri koko onnettomuustilanteen ajan.

## ENNAKOI

Pidetään tilanteesta tilannekuvaa yllä ja varaudutaan tilanteen muutoksiin. Pyritään pysymään aina askel edellä onnettomuutta.

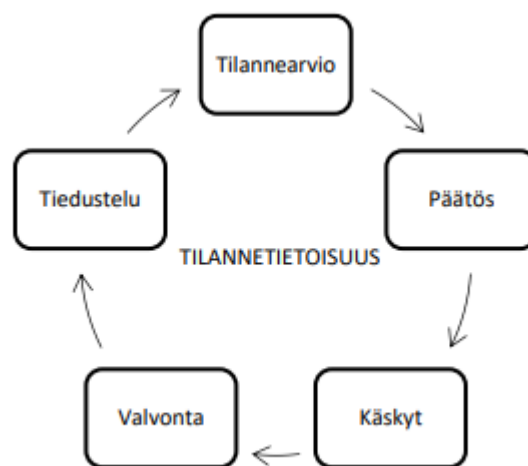
## JOHDA AKTIIVISESTI

Johdetaan tilannetta aktiivisesti. Pyritään siihen, että kaikki, pelastustoiminnan johtaja, ryhmänjohtajat ja miehistö, ovat ajan tasalla tilanteessa ja kaikille on selvää, mitä tehdään ja mitä tullaan tekemään. Raportoidaan ja tehdään tilanneilmoituksia aktiivisesti.

Taktisten yleisperiaatteiden lisäksi tilannepaikalla tapahtuvaan toimintaan sekä taktiikan ja tekniikan valintaan vaikuttavat muun muassa seuraavat asiat.

- **Rakennuksen tyyppi**, minkälainen rakennus on kyseessä, mikä on sen käyttötapa, paloluokka, milloin se on rakennettu?
- **Rakennuksen asukkaat**, onko rakennuksen sisällä asukkaita ja kuinka monta henkilöä rakennuksessa todellisuudessa on?
- **Käytössä olevat resurssit**, onko resurssit ja kalusto riittävät tilanteen saamiseksi hallintaan?
- **Kohteen riskit**, onko kohteessa hengenvaarallisia riskejä?
- **Vesilähde**, onko kohteessa tai sen lähistöllä luonnonvesilähdettä tai muuta vesilähdettä?
- **Rakennuksen omat sammutuslaitteistot**, onko niitä?
- **Kohteen ympäristö**, saako kaluston sijoitettua lähelle ja järkevästi kohteeseen, mm. nostolava, säiliöautot ja sammutusyksiköt?

- **Säätila**, millainen säätyyppi vallitsee onnettomuushetkellä, kuivaa hellettä vai sateista säätä?
- **Palon eteneminen**, mihin suuntaan palo etenee ja mitä se uhkaa ja mitä se on vaarassa uhata?
- **Toimintaympäristö**, millainen toimintaympäristö on pelastushenkilöstölle? millainen maastotyyppi ja pihapiiri?
- **Aika**, mikä on vuodenaika kellonaika? milloin palo on syttynyt?
- **Rakennuksen korkeus/vaaralliset aineet**, onko rakennuksessa mahdollisesti vaarallisia aineita tai kaasupulloja? Kuinka korkea rakennus on? onko kattotyöskentely turvallista? (Vanhempi opettaja Tuomas Kuikka, puhelinkeskustelu 9.4.2022).



Kuva 2 Johtamisprosessi (Kuikka 2018, 72).

Jatkuvan tiedustelu, tilannearvio, tehdyt päätökset, annetut käskyt ja valvonta muodostavat tilannetietoisuuden, joka johtamisprosessissa on keskiössä. Johtamisprosessi on kuvattuna kuvassa 2.

### 3.2 Rajoittava sammutustaktiikka

Rajoittava sammutustaktiikka tarkoittaa sitä, että palon leviämistä ja sen aiheuttamia lisävahinkoja pyritään estämään. Taktiikkaa käytetään myös silloin, jos resurssit ovat alkutilanteessa riittämättömät tai savusukellukseen vaadittavaa toimintakykyä ei ole. Taktiikkaa voidaan toteuttaa rakennuksen ulkopuolelta tai rakennuksen sisäpuolelta. Tavoitteena rajoittavan tekniikan käyttämiseen rakennuksen ulkopuolelta on palon leviämisen estäminen ja lisävahinkojen syntyminen. Sisäpuolelta

toteutettava rajoittavan taktiikan käyttämisen tavoitteena on pelastaa ihmiset viereisistä tiloista tai palo-osastoista ja rajoittaa paloa siten, että voidaan siirtyä sisältä sammuttamiseen.

### 3.3 Sammuttava sammutustaktiikka

Sammuttava sammutustaktiikka tarkoittaa sitä, että pyritään välittömästi pelastamaan ihmiset ja sammuttamaan palo. Sammuttavaa taktiikkaa voidaan rajoittavan taktiikan tavoin käyttää rakennuksen ulkopuolelta tai rakennuksen sisäpuolelta. Jos palavan rakennuksen sisällä on pelastettavia, pyritään aina sisältäpäin sammuttavaan taktiikkaan. Sisältäpäin sammuttavan tavoitteena on pelastaa ihmiset ja sammuttaa palo. Rakennuksen ulkopuolelta sammuttavan taktiikan tavoitteena on rajoittaa paloa, jotta voidaan siirtyä sisältäpäin sammuttamiseen sekä sammuttaa palo.

### 3.4 Tulipalon sammuttamisen nelikenttämalli

Sammutustaktiikan valinta perustuu nykyisin Suomessa palon sammuttamisen nelikenttämalliin. Nelikenttämalli perustuu René Hagenin ja Louis Witlocksin alkuperäisteokseen; **The Basics for Fire Safety Substantiating fire protection in buildings**. Nelikenttämalli on kehitetty helpottamaan sammutustaktiikan ja tekniikan valintaa tulipaloissa. Nelikenttämallissa sammutustaktiikka on jaettu neljään osaan, sammuttavaan ja rajoittavaan taktiikkaan ja sisältä ja ulkoa sammuttamiseen. (Savusukellusopas 2021, 61).



Kuva 3 Nelikenttämalli (Savusukellusopas 2021).

Nelikenttämallin (kuva 3) tavoitteena on helpottaa pelastustoiminnan johtajan tai pelastusryhmänjohtajan päätöksentekoa valittaessa sammutustaktiikkaa. Nelikenttämallin tarkoitus ei ole se, että siitä valitaan yksi taktiikka ja sillä mennään loppuun asti. Nelikenttämallin tarkoitus on se, että siitä valitaan tiedustelun pohjalta tilanteen alussa sopiva sammutustaktiikka ja tilanteen aikana on mahdollista siirtyä toiseen taktiikkaan. Esimerkiksi ensin pelastustoiminnan johtaja voi ottaa taktiikaksi ulkoapäin rajoittavan sammutuksen, ja myöhemmin hän voi vaihtaa taktiikan sammuttavaksi sisältä sammuttamiseksi, jos olosuhteet ovat sellaiset. (Savusukellusopas 2021, 61–62).

Sammuttavaan sisältä päin sammuttamiseen pyritään aina, jos palavan rakennuksen sisällä on pelastettavia. Jos sisältä päin sammuttava sammuttaminen ei ole heti mahdollista esimerkiksi työturvallisuuden näkökulmasta, voidaan taktiikaksi valita rajoittava tai sammuttava ulkoapäin sammuttaminen, jolla voidaan saada olosuhteet sellaisiksi, että sisältäpäin sammuttava sammutus on mahdollinen. Rajoittavan sisältä sammuttamisen taktiikassa ihmisiä evakuoidaan tai pelastetaan palavan palo-osaston viereisistä tiloista. Sammutustoimenpiteillä estetään palon leviäminen viereisiin tiloihin. (Savusukellusopas 2021, 61–62).

Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat sopivat erinomaisesti nelikenttämalliin ja ne luovat hyvät mahdollisuudet sammuttavaan sisältä sammuttamisen taktiikkaan, jos palavassa rakennuksessa on pelastettavia. Tekniikat myös mahdollistavat, että sammutusraivausta voidaan tehdä työturvallisemmin. Opinnäytetyön kahdesta sammutusmenetelmästä alipainehyökkäys soveltuu myös nelikenttämallissa sammuttavaan ulkoa sammuttamiseen. Opinnäytetyössä keskitytään pääsääntöisesti alipainehyökkäyksellä rajoittamaan paloa ja parantamaan olosuhteita rakennuksen sisällä, jotta voidaan siirtyä sammuttavaan sisältä sammuttamiseen. Alipainehyökkäys sopii myös loistavasti sammutusmenetelmäksi tilanteessa, jossa pelastushenkilöstöllä ei ole savusukelluskelpoisuutta ja sammuttava sisältä sammutus ei ole mahdollista. Esimerkkitalanne, jossa kyseisiä sammutusmenetelmiä voidaan käyttää, on P3-luokan rakennuspalo, jossa rakennus on täyttynyt tiheällä savulla.

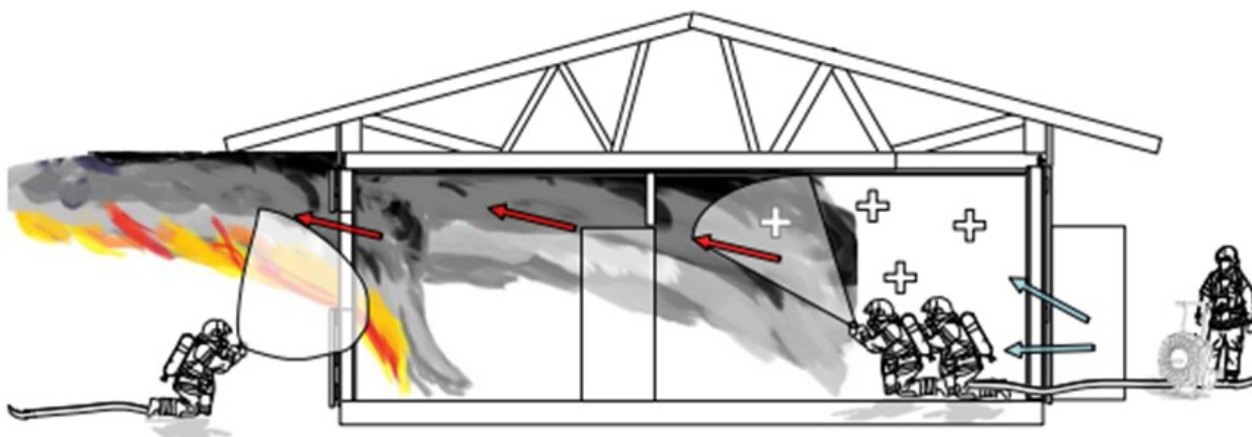
## 4 SAMMUTUSTEKNIIKAT

Tässä luvussa esitellään sammutustekniikat, joita tässä opinnäytetyössä tutkitaan. Luvussa esitellään ylipainehyökkäys sen tekniikka ja riskit, alipainehyökkäys sen tekniikka ja riskit sekä alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä. Tekniikoista ylipainehyökkäys on Suomessa tutumpi sammutustekniikka, koska sitä on käytetty Suomessa jo 1960-luvulla. Suomessa ylipainehyökkäyksestä on ennen käytetty termiä ”palotuuletus”. Alipainehyökkäystekniikka on Suomessa uusi sammutustekniikka, ja se on vasta jalkautumassa Suomeen. Alipainehyökkäystekniikan ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä on täysin uusi sammutustekniikka, ja se syntyi tämän opinnäytetyön tutkimuksien aikana.

### 4.1 Ylipainehyökkäys

Ylipainehyökkäyksellä tarkoitetaan sammutustekniikkaa, jossa palavaan rakennukseen tai tilaan toteutetaan samanaikaisesti sammutushyökkäys ja ylipainetuuletus. Suomessa ylipainehyökkäystä on käytetty sammutusmenetelmänä, mutta sen käyttö on merkittävästi vähentynyt. Ylipainehyökkäyksen on koettu sisältävän liian paljon riskejä saatuun hyötyyn nähden, koska väärässä tilanteessa käytettynä se voi levittää paloa ja aiheuttaa työturvallisuusriskin. (Hyttinen, Tolonen ja Väisänen 2016, 184–185; 191–192).

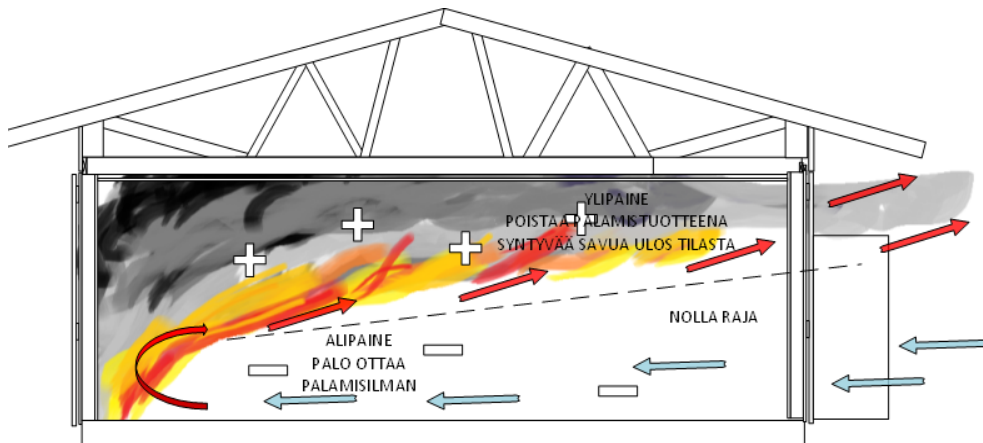
Ylipainehyökkäyksen (kuvassa 4) tavoitteena ja tarkoituksena on poistaa nopeasti kuumat savukaasut palavasta tilasta, jolloin lämpötila palavassa rakennuksessa laskee. Samalla palavassa huoneistossa näkyvyys paranee, jolloin sammutustehtävää suorittavan sammutusparin mahdollinen etsintätehtävä helpottuu. Ylipainetuuletus muodostaa savuiseen huoneistoon ilmataskun, jonka sisällä sammutuspari etenee kohti palokohdetta. Ylipainehyökkäyksen aikana purkuaukolta poistuvia savukaasuja jäähdytetään ja varmistetaan, ettei palo pääse leviämään rakennuksen yläpohjaan. (Hyttinen, Tolonen ja Väisänen 2016, 190–192).



Kuva 4. Ylipainehyökkäys (Kuikka 2018, 40).

#### 4.1.1 Tekniikka

Pelastusryhmän johtajan rooli on merkittävä ylipainehyökkäystä käytettäessä. Tiedustelu, joka kuuluu pelastusryhmän johtajalle, on hyvin tärkeä osa ylipainehyökkäystä. Palo on paikallistettava tarkasti ja paloa on osattava lukea. Lisäksi on hyvin tärkeää tietää paineolosuhteet tulipalossa (kuva 5). Väärässä paikassa käytettynä ylipainehyökkäys voi olla hyvin vaarallinen sammuttajille.



Kuva 5 Paineolosuhteet tulipalossa (Kuikka 2018, 15).

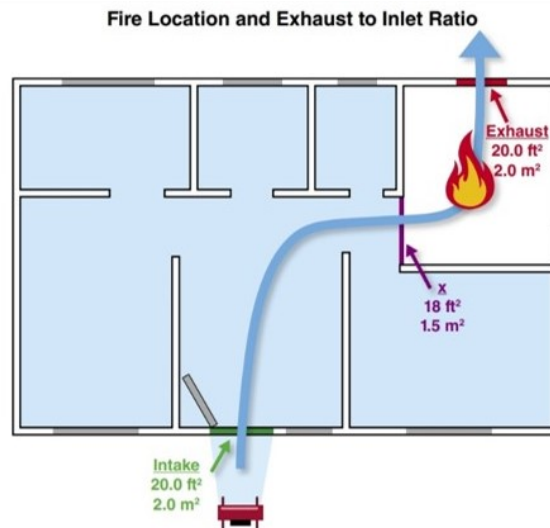
Ennen ylipainehyökkäyksen aloittamista pelastusryhmän johtajan on tiedusteltava tarkkaan palon sijainti ja osattava lukea, missä vaiheessa palo on. Palon sijainnin ollessa selvillä on mietittävä poistoaukon paikka. Tekniikka perustuu siihen, että palon sijainti on selvillä, sekä siihen, että rakennuksessa on tuloilmaukko, josta ilmaa puhalletaan sisään, sekä poistoaukko, josta kuumat ja myrkylliset savukaasut poistuvat. Poistoaukon optimaalinen paikka on palavan huoneiston ikkuna tai jokin muu aukko. (Essentials of firefighting 2018, 509–511).



Kuva 6 Tuloilma ja poistoaukko (Essentials of firefighting 2018, 509).

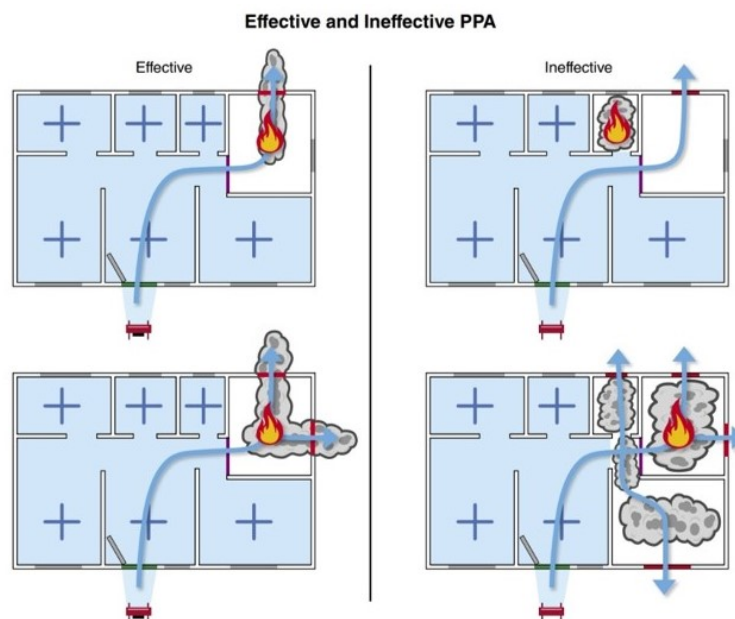


Kaksi tärkeintä asiaa ylipainehyökkäystekniikkaa käytettäessä ovat palon sijainti ja tuloaukon ja purkauaukon kokosuhde (kuva 7). Ylipainehyökkäystekniikka on hyvä ja tehokas tekniikka vain, jos palon sijainti on selvillä ja aukkojen kokosuhde optimaalinen. Jos purkauaukko on pienempi kuin tuloilma-aukko, savukaasut alkavat virtaamaan tuloilma-aukkoa kohti ja samalla ne saavat ilmaa ja muuttuvat syttymiskelpoisiksi, jolloin ne sytyttävät viereiset tilat palamaan (Essentials of firefighting 2018, 509–511).



Kuva 7 Palon sijainti ja aukkojen kokosuhde. (Essentials of firefighting 2018, 510).

Ylipainehyökkäystekniikkaa käytettäessä on tärkeää tiedostaa, millä tavalla tekniikka on tehokas ja millä tavalla tehoton. Purkauaukkojen sijainnilla on merkitystä tekniikkaa käytettäessä. Väärin käytettynä ylipainehyökkäys pahimmassa tapauksessa levittää tulipaloa ja savukaasuja ja voi olla hyvin vaarallinen sammuttajille. Kuvassa 8 osoitettu tehokas (vasemmalla) ja tehoton (oikealla) ylipainehyökkäystekniikka. (Essentials of firefighting 2018, 509–511).



Kuva 8 Tehokas ja tehoton ylipainehyökkäystekniikka (Essentials of firefighting 2018, 511).

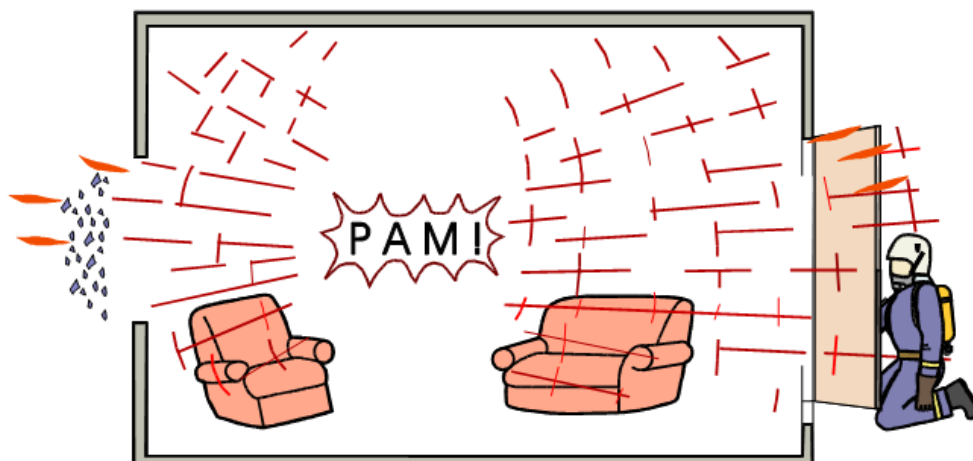
Selvityspohjana tekniikassa toimii perusselvitys. Hyökkäävä pari tekee oman työnjohtoselvityksensä valmiiksi ovelle, josta hyökätään sisälle. Lisäksi etuovelle valmistellaan savutuuletin. Toinen sammutuspari tekee toisen työnjohtoselvityksen poistoaukolle ja selvittää myös suojaparin työjohdon. Pelastusryhmän johtajan käskystä tehdään purkuaukko eli hajotetaan esimerkiksi palavan huoneiston ikkuna. Toinen sammutuspari jää purkuaukolle valmiuteen. Kun purkuaukko on tehty, pelastusryhmän johtajan käskystä käynnistetään savutuuletin. Hyökkäävä pari käynnistää savutuuletin ja odottaa noin 30 sekuntia, että sisätilat ylipaineistuvat ja purkuaukolla oleva pari jäähdyttää tarvittaessa purkautuvia savukaasuja ja varmistaa ettei palo leviä yläpohjaan. Tämän jälkeen sammutuspari hyökkää sisälle ja etenee muodostuvan ilmataskun mukana kohti palavaa huoneistoa. Tarvittaessa he jäähdyttävät kuumia seinä- ja kattopintoja edetessään. Kun palo on saatu hallintaan, aloitetaan sammutusraivaus. (Kuikka 2018, 39–41).

#### 4.1.2 Ylipainehyökkäystekniikan riskit

Ylipainehyökkäystä käytettäessä on otettava huomioon sen aiheuttamat riskit. Ylipainehyökkäystä on harkittava tarkoin, jos

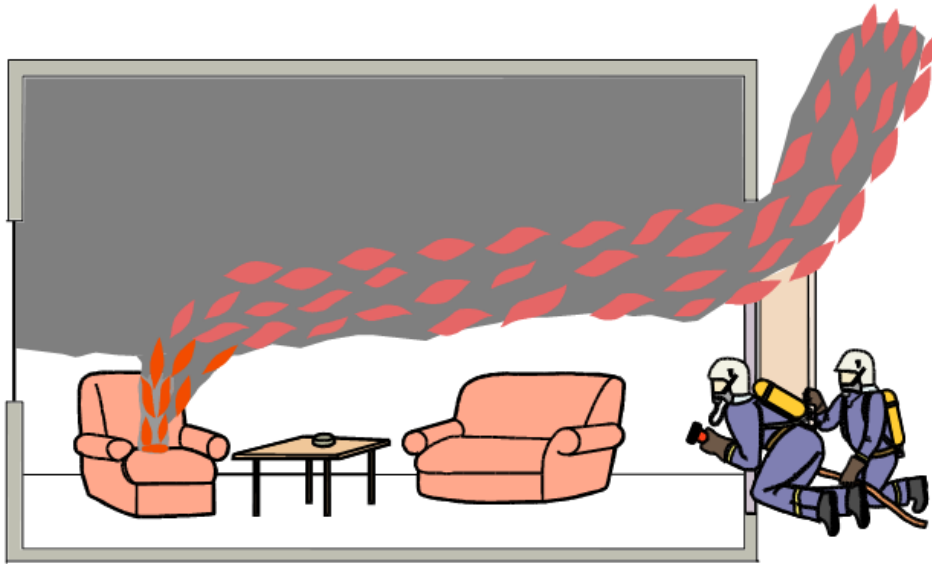
- palo on happirajoitteinen
- kyseessä on pölyinen tila
- poistoaukon paikka ei ole sopiva palopaikkaan ja tuloilma-aukkoon nähden
- palo on levinnyt rakenteisiin esim. yläpohjaan, kuiluihin tai kanaviin.

Happirajoitteisessa palotilassa on runsaasti pyrolyysikaasuja sekä lämpöä ja usein myös syttymislähde. Palotilassa on rikas savuilmaseos. Jos savutuuletin käynnistetään tällaisessa vaiheessa, rikas seos saa happea, minkä takia savuilmaseos siirtyy syttymisalueelle, ja tästä voi aiheutua pistoliekki, humahdus tai raju liekkipalo. Humahdus ja pistoliekki ovat vaarallisia sammuttajille. Rajun liekkipalon takia palo pääsee leviämään laajemmalle alueelle.



Kuva 9. Humahdus (Hyttinen, Tolonen ja Väisänen 2016, 70)

Ylipainehyökkäystä voidaan kuitenkin käyttää myös happirajoitteisessa huonepalossa yhtenä vaihtoehtona. Tällöin on varmistuttava siitä, että savukaasuja ja tilaa jäähdytetään tarpeeksi ennen ylipaineistuksen aloittamista. Happirajoitteisessa palossa korostuu ryhmänjohtajan tiedustelun merkitys ja palon lukemisen taito. Happirajoitteissa huonepalossa riskeinä ovat siis pistoliekki, humahdus ja palon nopea leviäminen laajemmalle muun muassa yläpohjaan, muihin huoneisiin ym. (Hyttinen, Tolonen ja Väisänen 2016, 173; 190–192).



Kuva 10. Pistoliekki (Hyttinen, Tolonen ja Väisänen 2016, 69)

Pölyisessä tilassa ylipainehyökkäyksen käyttö aiheuttaa pölyn siirtymisen, mikä voi aiheuttaa pölyräjähdysen. Tällaisissa tiloissa ylipainehyökkäystä ei tule käyttää. Jos poistoaukkoa ei saada tehtyä optimaaliseen paikkaan, ylipainehyökkäystä ei tule käyttää, koska tällöin palo leviää muihin tiloihin ja saadaan aikaan enemmän vahinkoja kuin hyötyjä.

## 4.2 Alipainehyökkäys

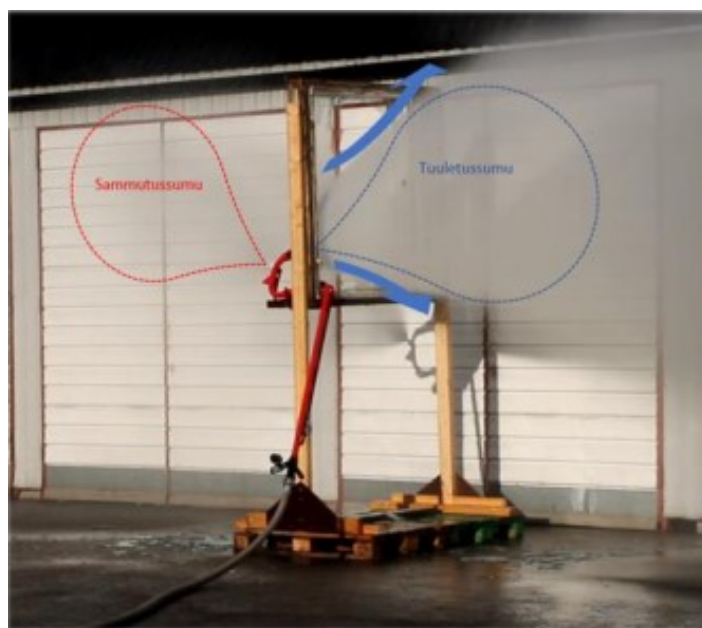
Alipainehyökkäyksellä tarkoitetaan sammutustekniikkaa, jossa palavaan rakennukseen tai tilaan tehdään samanaikaisesti sammutushyökkäys ja alipainetuuletus. Alipaine tehdään käyttämällä sammutus- ja tuuletus putkea (ST-putki). USA:ssa ST-putki on nimeltään HydroVent. Menetelmä on Yhdysvalloissa käytössä yleisesti, jossa sitä on myös kehitetty. ST-putki perustuu amerikkalaisen palomiehen Kevin O' Donnell'in keksintöön. (Kivelä 2019, 9–15).

ST-putki (kuvassa 11) on sammutus ja tuuletusputki, joka on suunniteltu helpottamaan pelastustointia. Kuvassa 9 esitellään ST-putki ja sen osat. ST-putki sisältää esimerkiksi ikkunanrikkojan, jolla voidaan luoda poistoaukko savukaasujen purkautumiselle, sekä jatkovarren, jolla ST-putki voidaan asentaa esimerkiksi toiseen kerrokseen. Lisäksi ST-putkessa on sammutussuutin, joka jäähdyttää palavaa huonetilaa laimentaen samalla savukaasuja.



Kuva 11 ST-putki (Kivelä 2019, 11). Kuvassa: 1. Sulkija, 2. Sammutussulkija, 3. Tuuletussuutin, 4. Sammutus-suutin, 5. Ikkunanrikkoja, 6. Pidike, 7. Jatkoputki, 8. Lukko, 9. Sulkijaremmi

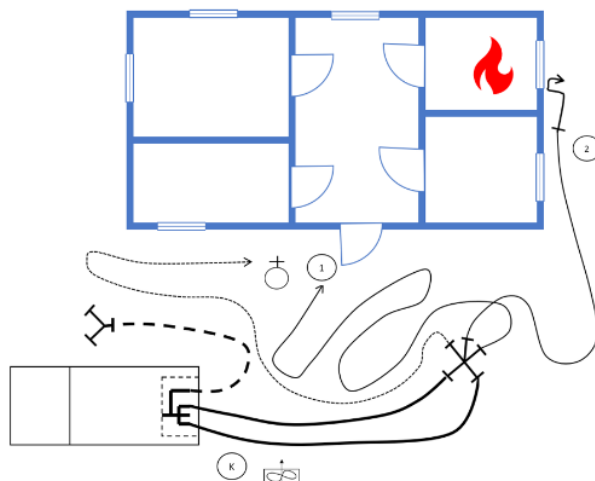
Alipainehyökkäyksen tarkoitus on sama kuin ylipainehyökkäyksessäkin, eli saada nopeasti kuumat savukaasut pois palavasta tilasta, jolloin lämpötila palavassa rakennuksessa laskee. Samalla saadaan hyvä näkyvyys hyökkäävälle sammutusparille, joiden mahdollinen pelastustehtävä ja sammutusraivaus helpottuvat merkittävästi. ST-putken toimintaperiaate (kuvassa 12) perustuu suihkuputkella tehtävään tuuletukseen, jota Suomessa käytetään perinteisessä sammutustekniikassa. Erona on se, että ST-putkessa on sisäsammutussuutin, jonka tehtävänä on jäähdyttää sisätilaa tuuletuksen aikana.



Kuva 12 ST-putken toimintaperiaate (Kivelä 2019, 21).

#### 4.2.1 Tekniikka

Ennen alipainehyökkäyksen aloittamista ryhmänjohtajan on tiedusteltava tarkkaan palon sijainti ja osattava lukea, missä vaiheessa palo on. Palon sijainnin ollessa selvillä on mietittävä poistaukon optimaalinen paikka. ST-putkea käytettäessä optimaalinen paikka on yleensä palavan huoneiston ikkuna. Selvityspohjana on perusselvitys. Hyökkäävä pari tekee oman työnjohtoselvityksensä valmiiksi ovelle, josta sisälle hyökätään. Toinen sammutuspari selvittää työjohdon ja ST-putken purkuaukolle sekä suojaparin työjohdon. Ryhmänjohtajan käskystä tehdään purkuaukko eli hajotetaan palavan huoneiston ikkuna ja ST-putken käyttäjä jää purkuaukolle valmiuteen. Kun purkuaukko on tehty, ryhmänjohtajan käskystä avataan ensin korvausilma-aukko (esimerkiksi ulko-ovi) ja sitten ST-putki. Hyökkäävä pari odottaa noin 30 sekuntia, että alipaine alkaa vaikuttaa. Tämän jälkeen sammutuspari hyökkää sisälle ja etenee kohti palavaa huoneistoa. Tarvittaessa he jäähdyttävät kuumia seinä- ja kattopintoja edetessään. Kun palo on saatu hallintaan, aloitetaan sammutusraivaus. Selvitysmalli esitetty kuvassa 13.



Kuva 13 ST-putken selvittäminen (Kivelä 2019, 50).

Ryhmänjohtajan rooli on merkittävä alipainehyökkäystä käytettäessä. Tiedustelu, joka kuuluu ryhmänjohtajalle, on hyvin tärkeä osa alipainehyökkäystä. Palo on paikallistettava tarkasti ja paloa on osattava lukea. Koska ST-Putken vedenkulutus on noin 450 l/min, on huolehdittava lisäveden selvittämisestä ja riittävästä veden saannista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että säiliöauto on kohteessa tai saapuu kohteeseen hyvin pian sammutustoiminnan aloittamisen jälkeen. (Kivelä 2019, 50–52).

#### 4.2.2 Alipainehyökkäystekniikan riskit

Alipainehyökkäystekniikkaa käytettäessä pelastusryhmän johtajan tiedustelun merkitys on suuri kuten ylipainehyökkäystekniikassakin. Palon paikallistaminen sekä purkuaukon paikka ovat ensiarvoisen tärkeitä. Riskinä alipainehyökkäystekniikkaa käytettäessä on palon leviäminen, jos ST-putki

laitetaan väärään paikkaan. Toisena riskinä on ST-putkella ikkunaa rikottaessa putoilevat isot ja terävät lasinpalat.

#### 4.3 Alipainehyökkäys ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä

Alipainehyökkäystekniikalla ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä tekniikalla tarkoitetaan sammutustekniikkaa, jossa palavaan rakennukseen tehdään samanaikaisesti alipainehyökkäys, jota tehostetaan ylipainetuuletuksella. Tässä tekniikassa aloitetaan ST-putkella ensin alipainetuuletus ja sisäsammutus ja sen jälkeen tuuletukselta tehostetaan ylipainetuuletuksella, joka tehdään savutuulettimella. Tarkoituksena on saada palavasta tilasta nopeasti myrkylliset ja kuumat savukaasut pois ja saada hyökkäävälle sammutusparille hyvä näkyvyys, jolloin mahdollinen pelastustehtävä ja sammutusraivaus helpottuvat merkittävästi. Tämän tekniikan etuna on se, että omaisuusvahinkoja pystytään minimoimaan ja työolosuhteet pelastushenkilöstölle pidettyä hyvänä. Esimerkiksi kun palo on saatu hallintaan, ST-putki voidaan sammuttaa ja ylipainetuuletus pitää päällä. Tällöin saadaan vesivahinkoja pienennettyä ST-putken osalta, näkyvyys saadaan pidettyä koko sammutus- ja raivaustoiminnan ajan hyvänä ja lämpökuorma pienenä ylipainetuuletuksen ansiosta. Tämä tekniikka on todella tehokas, ja sillä pystytään helpottamaan pelastustoimintaa merkittävästi. Tämä sammutustekniikka syntyi tämän opinnäytetyön tutkimusten aikana.

##### 4.3.1 Tekniikka

Tämä tekniikka aloitetaan alipainehyökkäyksellä ST-putkea käyttämällä (**katso kohta 4.2.1**). Erona on se, että tässä tekniikassa on lisänä savutuuletin, jonka hyökkäävä sammutuspari selvittää oman työjohtonsa lisäksi. Kun alipaine on vaikuttanut noin 30 sekuntia, käynnistetään ylipainetuuletus ja annetaan sen vaikuttaa noin 30 sekuntia, minkä jälkeen ensimmäinen sammutuspari hyökkää sisälle ja etenee kohti palavaa huoneistoa. Kun palo on saatu hallintaan, aloitetaan sammutusraivaus.

##### 4.3.2 Alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikan riskit

Tässä tekniikassa on erittäin tärkeää tiedustelun merkitys, kuten ylipainehyökkäystekniikassa ja alipainehyökkäystekniikassa. Pelastusryhmänjohtajan merkitys on suuri. Palo on paikallistettava tarkkaan ja paloa on osattava lukea. ST-putken osalta riskit ovat samat, kuin alipainehyökkäystekniikassakin (**katso kohta 4.2.2**). Ylipainetuuletuksen osalta on otettava huomioon tuloilma-aukon ja purkuaukon kokosuhde. Jos purkuaukko on pienempi kuin tuloilma-aukko, savukaasut alkavat virrata tuloilma-aukkoa kohti ja samalla ne saavat ilmaa ja muuttuvat syttymiskelpoisiksi, jolloin ne sytyttävät viereiset tilat palamaan.

Tämän sammutustekniikan käyttäminen edellyttää, että kaikki pelastusryhmän jäsenet tietävät, mitä ollaan tekemässä. Pelastusryhmän jäsenten välinen viestiliikenneyhteys on ehdottomasti oltava kunnossa. Viestiliikenteen on oltava selkeää ja ennalta suunniteltua.

## 5 TUTKIMUKSET

Tässä luvussa esitellään tutkimukset. Tässä opinnäytetyössä tehtiin neljä toiminnallista tutkimusta. Tutkimuksen kohteena olivat ylipainehyökkäystekniikka, alipainehyökkäystekniikka, sekä alipainehyökkäystekniikan ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä. Tutkimuksista kaksi tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueella ja kaksi Satakunnassa Nakkilassa ja Eurassa.

### 5.1 Ylipainehyökkäys

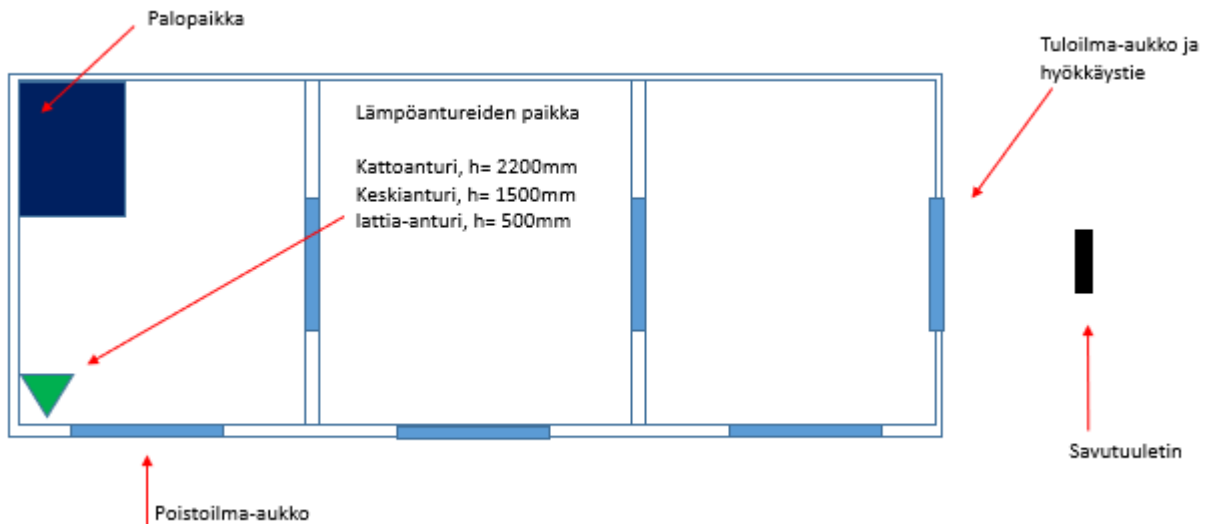
Ylipainehyökkäystekniikasta tehtiin kaksi tutkimusta. Ensimmäinen tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueella 20.10.2020. Tutkimus tehtiin harjoitusalueella sijaitsevassa hirsitalossa, jossa on kolme huonetta ja joista kunkin lattiapinta-ala on noin 15 m<sup>2</sup> ja huoneiden tilavuus noin 38 m<sup>3</sup>. Toinen tutkimus tehtiin talonpoltossa Nakkilassa, Satakunnassa, 6.11.2021. Kohde oli pieni noin 80 m<sup>2</sup> rintamamiestalo.



Kuva 14 Hirsitalo, Pelastusopiston harjoitusalue.

Pelastusopiston harjoitusalueella tehdyssä tutkimuksessa poltettavaksi huoneistoksi valittiin ulko-ovelta katsottuna kauimmainen huone. Huoneistoon tehtiin kaksi ylipainehyökkäystä. Ennen polttokokeita huoneeseen asennettiin lämpöanturit, jotka mittasivat lämpötiloja huoneen katon rajassa, keskitasolla ja lattiatasolla. Lämpöantureiden tuloksista saatiin lämpökäyrä. Tutkimusvälileinä käytimme lisäksi lämpökameraa, videokameroita, tavallista kameraa ja sekuntikelloa sekä jokaisen tutkimukseen osallistuvan havaintoja. Kuvassa 13 esitellään hirsitalon pohjakuva, sekä polttokokeiden mittausasetelmat.





Kuva 15 Pohjakuva hirsitalosta.

Lämpöantureiden asennuksen jälkeen vastapäiseen nurkkaukseen muodostettiin ensimmäinen palokuorma (kuva 16). Lämpöantureiden korkeudet lattiasta mitattuna olivat 2200 mm, 1500 mm sekä 500 mm.



Kuva 16 Koeasetelma, ensimmäisen polton palokuorma.

Tämän jälkeen valmistauduttiin itse ylipainehyökkäykseen. Yksi henkilö oli koko ajan, syttymisestä palon sammumiseen, palavassa huoneessa sisällä havainnoimassa tilannetta ja toimi myös harjoituksen johtajana. Yksi savusukelluspari teki ylipainehyökkäyksen sisälle samalla havainnoiden tilannetta savusukeltajan näkökulmasta. Toinen savusukelluspari toimi suojaparina, jäähdytti poistoaukolla poistuvia savukaasuja sekä tarkkaili yläpohjaa. Lisäksi yksi henkilö toimi savusukellusvalvojana, ajanottajana sekä käytti lämpökameraa poistoaukolla ja huolehti myös videokameroista.



Toisessa hyökkäyksessä toimintatapa oli täsmälleen sama kuin ensimmäisessä hyökkäyksessä. Toisen polton palokuorma oli kooltaan kolminkertainen verrattuna ensimmäiseen.



Kuva 17 Koeasetelma, toisen polton palokuorma

Toisessa tutkimuksessa Satakunnan Nakkilassa poltettavana oli vanha rintamamiestalo. Talon alakerrassa oli kaksi huonetta. Toiseen huoneista tehtiin kaksi ylipainehyökkäystä. Huoneistoon ei asennettu lämpöantureita vaan tarkoitus oli saada videomateriaalia purkuaukolta ja hyökkäysovelta sekä kokemusta siitä, miten tekniikka toimii käytännössä oikeassa rakennuksessa.



Kuva 18 Rintamamiestalo, Nakkila, talonpoltto.

Kuvissa 15,16,17, ja 18 esitellään koeasetelma ylipainehyökkäys kokeesta.



Kuva 19 Koeasetelma, palokuormaa huoneistosta.



Kuva 20 Savutuulettimen paikka.

## 5.2 Alipainehyökkäys

Alipainehyökkäystekniikasta tehtiin tutkimus Pelastusopiston harjoitusalueella 21.9.2021. Tutkimus toteutettiin harjoitusalueen hirsitalossa, jossa on kolme huonetta, joiden lattiapinta-ala on kussakin noin 15 m<sup>2</sup> ja huoneiden tilavuus noin 38 m<sup>3</sup>. Poltettavaan huoneistoon asennettiin lämpöanturit mittaamaan savukaasujen lämpötilaa. Savusukelluspari oli koko tapahtuman ajan sisällä havainnointimassassa tilannetta. Alipainehyökkäyksiä tehtiin kaksi kappaletta tavoitevahvaisella 1+5 pelastusyksiköllä, sen kalustolla ja ST-putkella.

Tutkimusvälineinä käytettiin Datalockeria, lämpöantureita, lämpökameraa, videokameroita, tavalista kameraa ja sekuntikelloa sekä jokaisen osallistujan havaintoja. Datalockerin tuloksista saatiin kaksi lämpökäyrää.

Poltettavaksi huoneistoksi valittiin ulko-ovelta katsottuna kauimmainen huone. Huoneistoon suoritettiin kaksi alipainehyökkäystä. Ennen polttokokeita huoneeseen asennettiin lämpöanturit, jotka mittasivat lämpötiloja huoneen katon rajassa, keskitasossa ja lattiatasolla. Lämpöantureiden korkeudet lattiasta mitattuna olivat 2080 mm, 1310 mm sekä 610 mm.



Kuva 21 Poltettava huoneisto ulkoapäin kuvattuna.

Poltettavan huoneiston seinät levytettiin lähes kauttaaltaan lastulevyillä, jotta saatiin tuotettua mahdollisimman paljon pyrolyysikaasuja. Huoneen oikeanpuoleiseen nurkkaan sijoitettiin reilusti palokuormaa, jotta palo vastaisi todellisen omakotitalon palokuormaa. Tämän jälkeen valmistauduttiin itse alipainehyökkäykseen. Savusukelluspari oli koko ajan, syttymisestä palon sammumiseen, palavassa huoneessa sisällä havainnoimassa tilannetta, suoritti sammutushyökkäyksen ja toimi myös harjoituksen johtajana. Toinen savusukelluspari operoi ST-putkella poistoaukolla ja toimi suojaparina. Yksi henkilö tarkkaili yläpohjaa. Lisäksi yksi henkilö toimi savusukellusvalvojana, ajanottajana sekä käytti lämpökameraa poistoaukolla ja huolehti myös videokameroista ja Datalockerista. Molempien polttojen toimintatapa ja palokuorma olivat samanlaiset.



Kuva 22 Palokuorma poltto 2.



### 5.3 Alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikka

Ajatus alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistämisestä tuli, kun tutkimuksia alipainehyökkäyksestä suoritettiin Pelastusopiston harjoitusalueella 21.9.2021. Ajatus lähti siitä, että huomattiin, miten alipainehyökkäysten aikana sorruttiin käyttämään ylipainetuuletusta, jotta saatiin lämpökuormaa pienennettyä. Koska todettiin, että ST-putken käyttö yksinään ei poista lämpökuormaa niin tehokkaasti kuin ylipainehyökkäystekniikalla, syntyi ajatus näiden kahden tekniikan yhdistämisestä. Tutkimusta tähän liittyen ei aikataulullisista syistä voitu kuitenkaan tehdä samana päivänä. Yhdistelmätekniikkaa päätettiin tutkia vielä lisää myöhemmin.

Tutkimus suoritettiin Satakunnan Eurassa talonpolton yhteydessä 19.2.2022. Kohteena oli vanha rintamamiestalo. Tavoitteena oli saada videomateriaalia ja käytännöntietoa siitä, toimivatko nämä kaksi tekniikkaa yhdessä. Tutkimuksesta saatiin videokuvaa ja arvokasta käytännön tietoa. Tulokset olivat erinomaiset.



Kuva 23 Rintamamiestalo, Eura talonpoltto.

Tutkimuksessa poltettiin huoneisto ensimmäisessä kerroksessa. Palon annettiin kehittyä siten, että näkyvyyttä sisällä ei ollut. Tässä tekniikassa sammutustoimet aloitettiin siten, että ST-putki asetettiin paikalleen, laitettiin päälle ja avattiin korvausilma-aukko eli ovi. Tämän jälkeen odotettiin noin 30 sekuntia, minkä jälkeen käynnistettiin savutuuletin, jolla rakennukseen saatiin ylipaine. Kun savutuuletin oli ollut päällä 30 sekuntia, lähti sammutuspari sisälle. Kun sammutus pari meni sisälle, ST-putken sisäsammutussuutin laitettiin kiinni.

## 6 TULOKSET

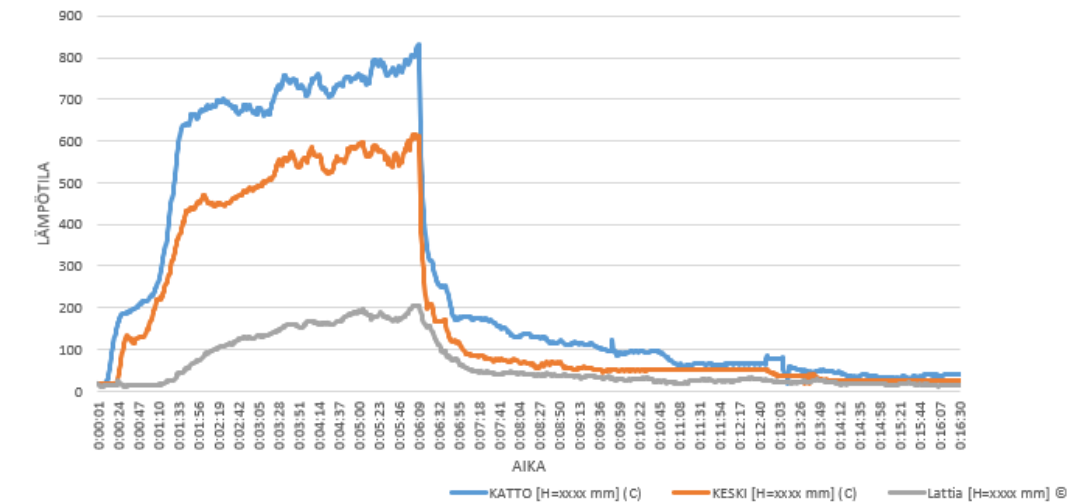
Tässä luvussa esitellään tutkimusten tulokset. Luvussa käydään läpi ylipainehyökkäyksen, alipainehyökkäyksen ja alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä sammutustekniikkojen tutkimustulokset. Tuloksia voidaan hyödyntää Pelastusopiston tutkintokoulutuksissa sekä pelastuslaitoksilla. Tuloksena tässä opinnäytetyössä saatiin ylipainehyökkäys- ja alipainehyökkäystekniikasta lämpökäyrät, video- ja kuvamateriaalia sekä arvokasta käytännön kokemusta näistä sammutustekniikoista. Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi myös alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä sammutustekniikka, joka todettiin erinomaiseksi sammutustekniikaksi.

### 6.1 Ylipainehyökkäys, Pelastusopiston harjoitusalue

Ensimmäisessä poltossa todettiin, että palokuorma oli liian pieni. Savuraja rakennuksen sisällä ei laskenut tarpeeksi palokuorman vähäisyyden takia. Tästä huolimatta hyökkäys kuitenkin aloitettiin. Savutuuletin käynnistettiin ja ylipaineen annettiin vaikuttaa noin 30 sekuntia ennen kuin sammutuspari hyökkäsi sisään. Näkyvyys oli todella hyvä ja lämpökuormaa ei ollut lainkaan. Palo saatiin hyvin nopeasti sammumaan pienellä vesimäärällä. Jälkiraivauksen aikana savutuuletin oli koko ajan päällä, minkä johdosta raivaaminen oli kevyttä ja näkyväisyys pysyi todella hyvänä. Koska huomasimme jo hyökkäysvaiheessa, että palo ei ole kovin voimakas palokuorman takia, tulimme siihen tulokseen, että palo ei vastaa todellisuutta. Tästä johtuen päätimme kasvattaa palokuormaa toiseen polttoon kolminkertaiseksi.

Toisessa poltossa lämpötilaan ja näkyvyyteen liittyvät olosuhteet saatiin vastaamaan todellisuutta. Ennen hyökkäyksen aloittamista lämpötila rakennuksessa oli korkea ja näkyvyyttä ei ollut lainkaan. Hyökkäys aloitettiin käynnistämällä savutuuletin ja ylipaineen annettiin vaikuttaa noin 30 sekuntia. Kun sammutuspari meni sisälle rakennukseen, näkyvyys oli erinomainen ja lämpökuormaa ei ollut. Sammutuspari pääsi etenemään palavaan huoneistoon täysin pystyssä kävellen. Palavassa huoneistossa kaikki seinäpinnat paloivat, eli huonetila oli täyden palon vaiheessa. Sammutuspari pystyi sammuttamaan huoneen pienellä vesimäärällä. Sammutuksen aikana näkyvyys pysyi koko ajan hyvänä, koska ylipaine puhalsi kaiken lämmön ja savun ulos. Sammutusraivaus oli todella kevyttä, koska lämpökuormaa ei ollut ja näkyväisyys säilyi hyvänä. Toisesta poltosta tuloksena saatiin lämpökäyrä (kuva 24).

Lämpökäyrän tuloksista voidaan todeta, että ylipainehyökkäys on tehokas sammutusmenetelmä huoneistopalossa silloin, kun palo on yhdessä huoneistossa ja purkuaukko on optimaalisessa paikassa. Purkuaukon riittävään kokoon on myös kiinnitettävä huomiota. Kuumat savukaasut poistuvat nopeasti tilasta, jolloin lämpötila laskee. Tämän johdosta sammutusraivaus on siten huomattavasti kevyempää verrattuna tavanomaiseen sammutustekniikkaan. Lisäksi näkyvyys on todella hyvä, mikä helpottaa sammutusparin työtä ja lisää merkittävästi työturvallisuutta.



Kuva 24 Ylipainehyökkäyksen lämpökäyrä

Aika käynnistyy sytytyksestä. Savutuuletin käynnistettiin, kun aikaa oli kulunut sytyttämisestä 5 minuuttia 18 sekuntia. Hyökkäys aloitettiin 38 sekuntia tuuletuksen aloittamisen jälkeen. Lämpökäyrästä voidaan helposti nähdä tuuletuksen aloitus ja sen vaikutukset. Lämpötila lähtee nousuun, koska palo kiihtyy saatuaan ilmaa. 6 minuutin jälkeen tapahtuu raju lämpötilan lasku. Korkeimmillaan kattoanturin lämpötila oli 831 celsiusastetta. Hyökkäys alkoi ajassa 5 minuuttia 58 sekuntia ja lämpötila lähti rajusti laskemaan ajassa 6 minuuttia 10 sekuntia.

## 6.2 Ylipainehyökkäys, talonpoltto Nakkila

Talonpoltossa Nakkilassa tuloksena saatiin hyvää videokuvaa purkuaukolta, sekä hyökkäysovelta. Purkuaukolla kuvatussa videossa nähdään selvästi, kuinka tehokkaasti ja millaisella voimalla ylipainehyökkäystekniikka puhalttaa lämmöt ja kuumat savukaasut ulos palavasta huoneistosta, kun tekniikkaa käytetään oikein. Videolla nähdään ja voidaan todeta selvästi se, että purkuaukolla on oltava valmius jäähdyttää purkautuvia savukaasuja.



Kuva 25 kuvasarjassa vasemmalla lämpökuorma purkautuu voimalla ja oikealla tilanne, kun huoneistoon päästetään vettä.

Hyökkäysovelta kuvatussa videossa nähdään, miten nopeasti palavaan huoneistoon saadaan näkyvyys. Videolta nähdään myös, miten ilman syöttäminen palavaan tilaan tässä tapauksessa sytyttää koko palavan huoneiston pinnat palamaan. Sammutuspari pääsee kuitenkin etenemään pysyvässä hyvässä näkyvyydessä palavan huoneiston ovelle ja sammuttamaan palon pienellä vesimäärällä. Ylipainehyökkäystekniikan onnistumisen edellytyksenä on, että tuloilma-aukko ei saa olla pienempi, kuin purkuaukko ja se, että palo on paikannettu. Jos purkuaukko on pienempi, kuin tuloilma-aukko, savukaasut lähtevät palaamaan tuloilma-aukolle päin ja ne voivat sytyttää rakennuksen muut tilat palamaan. Purkuaukon on oltava vähintään yhtä suuri kuin tuloilma-aukon, jotta tekniikka toimii. Tutkimuksesta saatiin arvokasta käytännön kokemusta ylipainehyökkäystekniikan käyttämisestä oikeassa rakennuksessa. Alla kuvassa 26 kuvankaappauksia videosta hyökkäysovelta.



Kuva 26 Vasemmalla tuuletuksen aloitus ja oikealla 15 sekuntia tuuletuksen aloittamisesta

### 6.3 Alipainehyökkäys

Ensimmäisessä poltossa tuuletus aloitettiin liian aikaisin ilman lupaa väärinkäsityksen vuoksi. Palo oli kehittynyt kuitenkin riittävästi. Alipainehyökkäys tekniikka paransi näkyvyyttä jonkun verran, ei kuitenkaan läheskään niin hyvin kuin ylipainehyökkäystekniikka mutta paremmin kuin perinteinen sammutustekniikka. Sisäsammutus suutin heikentää osaltaan näkyvyyttä mutta se laimentaa tehokkaasti savukaasuja ja jäähdyttää tehokkaasti palavaa huonetilaa. Palo saatiin helposti hallintaan. Lämpökuormaa alipainehyökkäystekniikka ei poista yhtä tehokkaasti kuin ylipainehyökkäystekniikka. Raivaaminen on lähes yhtä raskasta kuin perinteiselläkin sammutustekniikalla. Lisäksi ST-putken sisäsammutussuihku aiheuttaa savusukeltajille merkittävän riskin, mikäli he sattuvat osumaan sen vaikutusalueelle. Jos savusukeltajat osuvat sisäsammutus suuttimen vaikutusalueelle, on mahdollista, että he saavat palovammoja. Raivaamisen aikana aloitettiin ylipainetuuletus, joka alensi lämpötilaa merkittävästi ja raivaaminen oli kevyempää. Ulkoa päin seurattessa näyttää

siltä, että savukaasut poistuvat tehokkaasti ja sisäsammutussuutin jäähdyttää hyvin sisätilaa ja palo saadaan nopeasti hallintaan.



Kuva 27 Tilanne alkuvaiheessa ja loppuvaiheessa

Toisessa poltossa tuuletus aloitettiin käskystä. Tässä poltossa ei käytetty ST-putken sisäsammutussuutinta, koska haluttiin tietää, parantaako se näkyvyyttä. Lämpötila oli tuuletuksen aloitushetkellä todella korkea. Tuuletus paransi näkyvyyttä ja alensi lämpötilaa samankaltaisesti kuin ensimmäisessä ajossa, eli sisäsammutus suuttimen sulkemisella ei ollut merkitystä näkyvyyteen. Palo saatiin nopeasti hallintaan. Raivauksen aikana aloitettiin ylipainetuuletus. Nyt sisäsammutus suuttimesta ei ollut sammuttajille vaaraa. Sisäsammutussuuttimen käyttämättä jättäminen johti siihen, että ST-putken sisäsammutusputki sulj puhki (kuvassa 26) Ulkopuolella räystästä oli pakko suojella toisella työsuihkulla, sillä muuten palo olisi voinut levitä yläpohjaan. Savukaasut poistuvat tehokkaasti.



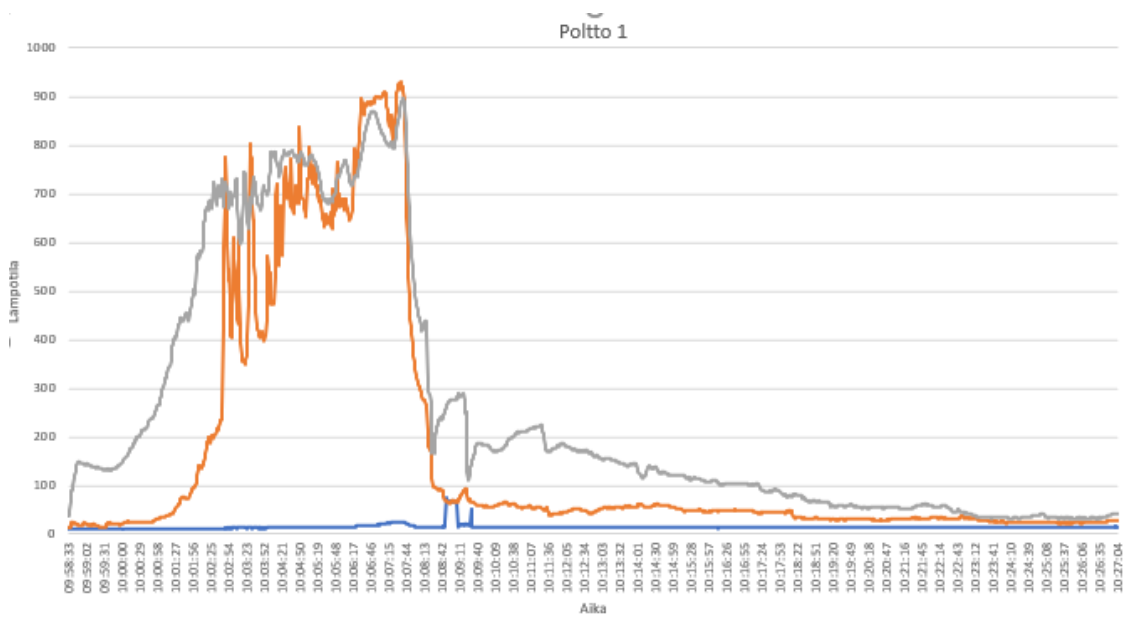
Kuva 28 Vasemmalla ST-putken sisäsammutussuutin pois päältä ja oikealla kuvattuna loppuvaihe.





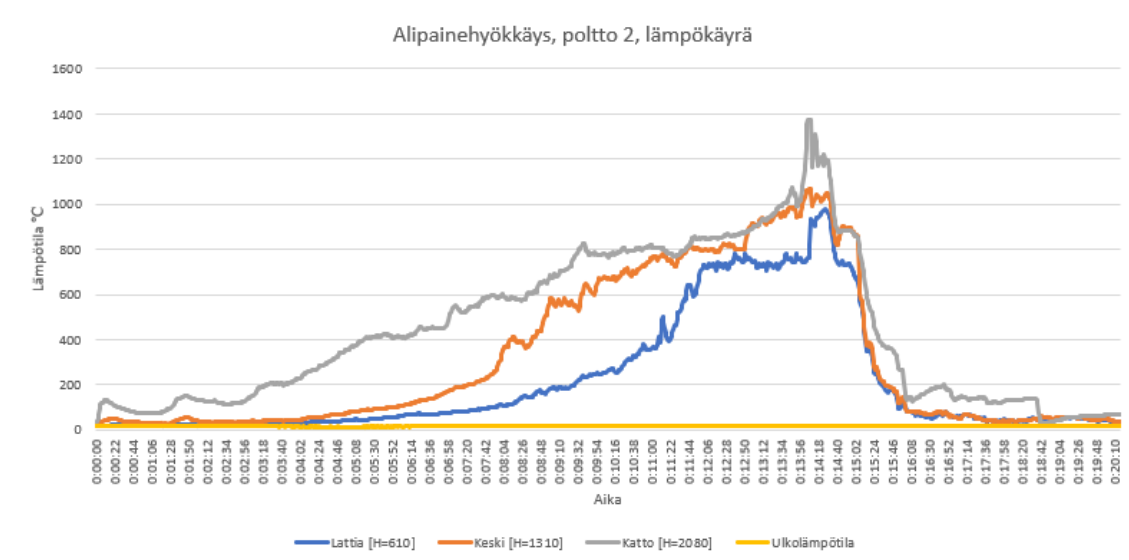
Kuva 29 ST-putken vauriot

Lämpöantureista saatiin lämpökäyrät (kuvat 30 ja 31). Aika on kuvan 30 lämpökäyrässä reaaliaikainen kellonaika. Tuuletus ST-putkella käynnistettiin klo: 10:07. Hyökkäys aloitettiin noin 30 sekuntia tuuletuksen aloittamisen jälkeen. Lämpökäyrästä voidaan helposti nähdä tuuletuksen aloitus ja sen vaikutukset. Lämpötila lähtee pieneen nousuun, minkä jälkeen se tekee laskupiikin ja sen jälkeen jyrkän nousupiikin ja sitten lämpötila tippuu jyrkästi alas. Palon annettiin siis kehittyä rauhassa 8 min 30 sekuntia. Korkeimmillaan lämpötila on ollut keskianturilla yli 900 astetta. Lattia-anturi ei ole toiminut tuntemattomasta syystä. Käyrästä nähdään, että lämpötila oli keskianturilla alle 200 astetta ajassa noin klo 10:08:30.



Kuva 30 Poltto 1 lämpökäyrä.

Toisessa poltossa (kuva31) aika alkaa sytytyksestä, joka on nolla. Tässä ajassa ei saatu tuuletuksen aloituksen kellonaikaa. Käyrästä voidaan kuitenkin päätellä tuuletuksen aloittamisajankohta, joka näyttäisi olevan ajassa 0:13:40. Tässä ajassa palo kehittyi kauemmin, koska tila sai kosteutta ensimmäisessä poltossa. Tässä poltossa päästiin korkeisiin lämpötiloihin, melkein 1400 asteeseen kattoanturissa. Jos käyrää verrataan ensimmäiseen polttoon, huomataan että toisessa poltossa lämpötilan lasku tuuletuksen jälkeen ei ole yhtä jyrkkä, kuin ensimmäisessä. Tämä johtuu siitä, että toisessa poltossa ei käytetty ST-putken sisäsammutus suutinta. Kaikkien antureiden lämpöarvo oli alle 200 astetta ajassa 0:16:00 eli pyöreästi 3min tuuletuksen aloittamisen jälkeen. Videokamerasta ei valitettavasti saatu materiaalia tuntemattomasta syystä.



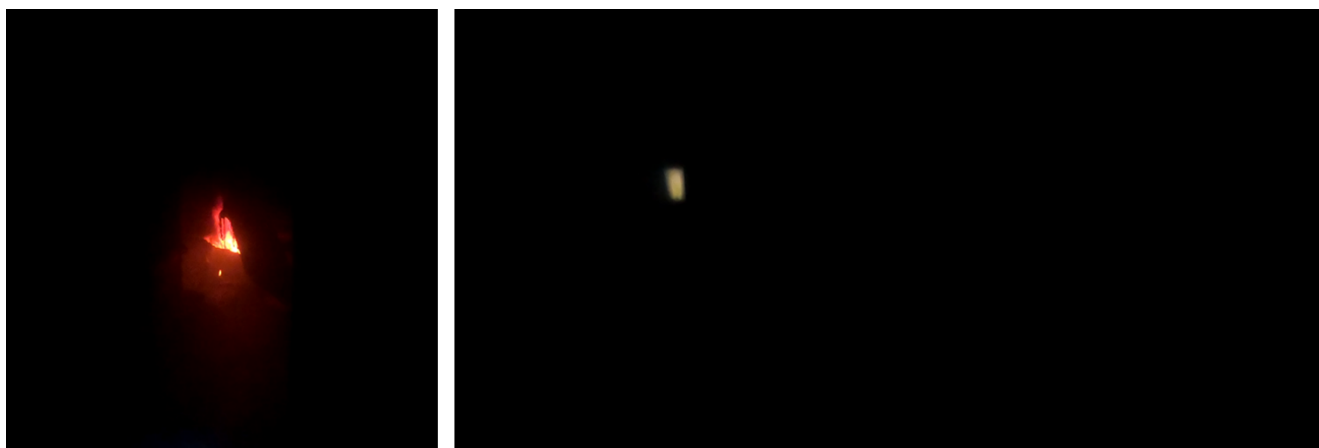
Kuva 31 Poltto 2 lämpökäyrä.

Lämpökäyrän tuloksista voidaan todeta, että alipaine hyökkäys on tehokas sammutusmenetelmä palavaan huoneistoon. Tekniikalla on täysin kehittynyt huoneistopalokin mahdollista saada nopeasti hallintaan turvallisemmin kuin perinteisellä sammutustekniikalla, jos ajatellaan työturvallisuuskäsitteitä. Tekniikka on myös työturvallisempi ylipainehyökkäykseen verrattuna, koska ST-putken sisäsammutus suuttimen käyttö laimentaa palavan huoneiston savukaasuja tehokkaasti, mikä pienentää yleissyttymisen ja mahdollisen hahmituksen todennäköisyyttä.

## 6.4 Yhdistelmätekniikka

Tämän tekniikan käyttämisestä saatiin erinomaisia käytännön tuloksia ja hyvää videomateriaalia. Videoita saatiin kaksi kappaletta, toinen sisältä kuvattuna ja toinen ulkopuolelta purkuaukolta. Palon annettiin kehittyä huoneistossa niin, että näkyvyyttä ei enää ollut.

Sisältä kuvatun videon kuvankaappauksista nähdään, että tällä tekniikalla saatiin erinomainen näkyvyys 1 minuutin jälkeen. Sammutuspari pystyi etenemään täysin pystyssä sisälle. Sammutusparin tehtäväksi jäi alkupalojen sammuttaminen ja raivaaminen pienellä vesimäärällä, hyvässä näkyvyydessä ja hyvin pienellä lämpökuormalla. Alla kuvissa 32 ja 33 kuvakaappauksia sisältä kuvattusta videosta. Kuvassa 32 vasemmalla kuvassa tilanne 50 sekuntia ennen tuuletuksen aloittamista, jossa nähdään vielä savuraja, Oikealla kuvassa nähdään tilanne kun tuuletus aloitetaan ST-putkella. Näkyvyyttä ei ole.



Kuva 32 Havainnekuva alkuvaiheesta ennen sammutushyökkäystä.



Kuva 33 Havainnekuvia rakennuksen sisältä.

Kuvasarjassa **vasemmalla** ylipainetuuletuksen aloitus kun 30 sekuntia on kulunut tuuletuksen aloittamisesta ST-putkella. **Keskellä** 1 minuutti ja 20 sekuntia tuuletuksen aloittamisesta sekuntia ylipainetuuletuksen aloittamisesta, sammutuspari tulossa sisälle. **Oikealla** 2 minuuttia ja 40 sekuntia tuuletuksen aloittamisesta ST-putkella, sammutuspari raivauspuuhissa.

Tämä tekniikka oli todella tehokas. Tämä tekniikka oli myös muihin tutkimuksiin verrattuna savusukeltajien näkökulmasta työturvallisin ja mieleisin. Yhdistelmätekniikka helpotti huomattavasti savusukellusparin työskentelyä. Näkyvyys oli erinomainen, jolloin mahdollisten pelastettavien etsintä ja alkupalon paikallistaminen ja sammuttaminen helpottuivat. Lämpökuorma oli hyvin pieni jatkuvan ylipainetuuletuksen ansiosta, jolloin sammutusraivaus oli huomattavasti kevyempää ja helpompaa ja näkyvyyden ansiosta savusukeltajat vielä näkevät, mistä raivataan ja millä työkaluilla kannattaa raivata. Näkyvyys ja lämpökuorman nopea poistuminen ja myös edesauttaa pelastettavien selviytymismahdollisuuksia huomattavasti. Yhdistelmätekniikka pitäisi ehdottomasti jalkauttaa osaksi pelastustoimen sammutustekniikoita.

Perinteiseen sammutustekniikkaan sekä ylipainehyökkäykseen ja alipainehyökkäykseen verrattuna, alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikka on työturvallisin. Tekniikan käyttö aloitetaan ST-putkella, kun palo on paikallistettu. ST-putki laimentaa savukaasuja, jäähdyttää palavaa huoneistoa ja samalla savunpoisto käynnistyy. Tämän ansiosta saadaan savukaasujen humahtamisen tai yleissyttymisen riski hyvin epätodennäköiseksi ja voidaan turvallisesti aloittaa tuuletuksen tehostaminen ylipainetuuletuksella, jolloin lämmöt saadaan pois ja saadaan nopeasti hyvä näkyvyys sisätilaan. Yhdistelmätekniikan edellytyksenä on, että tuloilma-aukko ei saa olla suurempi kuin purkuaukko. Jos purkuaukko on pienempi savukaasut palaavat tulosuuntaan ja voivat sytyttää muut tilat rakennuksessa palamaan ja palo pääsee leviämään. Purkuaukon on oltava vähintään yhtä suuri kuin tuloilma-aukko.

## 7 POHDINTA

Ylipainehyökkäys-, alipainehyökkäys- ja niiden yhdistelmä sammutustekniikasta on selkeää hyötyä omakotitalopaloissa sekä myös rivitalopaloissa, ja ne sopivat erinomaisesti sammutustoiminnan perustan nelikenttämalliin. Tekniikoita käyttäessä kuumat savukaasut ja lämpökuorma saadaan poistettua nopeasti ja lisäksi rakennukseen saadaan nopeasti näkyvyyttä. Tämä kaikki helpottaa huomattavasti pelastustoimen operatiivisen henkilöstön työtä. Pitkällekin kehittynyt palo on mahdollista saada nopeasti kiinni. Pelkällä perinteisellä sammutustekniikalla palo on mahdollista saada myös hallintaan, mutta olosuhteet ovat paljon hankalammat verrattuna tässä opinnäytetyössä tutkittuihin sammutustekniikoihin.

Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat eivät missään nimessä korvaa perinteistä sammutustekniikkaa, vaan ne ovat perinteistä sammutustekniikkaa täydentäviä ja sen rinnalla toimivia tekniikoita. Ne ovat yksinkertaisesti sanottuna lisää työkaluja operatiivisen henkilöstön työkalupakkiin. Nämä perinteistä sammutustekniikkaa täydentävät sammutustekniikat tuovat lisää työturvallisuutta ja helpottavat todella paljon operatiivisen pelastustoimen henkilöstön työtä. Perinteistä sammutustekniikkaa ei siis unohdeta, vaan se säilyy edelleen sammutustekniikkana ja rinnalle voidaan ottaa tutkitut sammutustekniikat, joilla saadaan helpotettua työskentelyä. Nämä tekniikat eivät myös korvaa taktisia yleisperiaatteita pelastustoiminnan johtamisen näkökulmasta, vaan ne antavat pelastustoiminnan johtajalle mahdollisuuksia tehdä päätöksiä taktisten yleisperiaatteiden toteuttamiseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka rakennuksesta saadaan nopeasti savukaasut ja lämpökuorma pois ja saadaan hyvä näkyvyys, silti taktisten yleisperiaatteiden mukaisesti on pelastustoiminnan johtajan otettava huomioon myös yläpuoliset tilat ja viereiset tilat. Ei saa siis sokeutua siihen, että näillä tutkituilla sammutustekniikoilla saataisiin korvattua muiden pelastusryhmien vastuualueita.

Suomessa pelastustoimi on käyttänyt kymmeniä vuosia sammutustekniikkana perinteistä sammutustekniikkaa. Haasteena onkin se, miten tutkitut tekniikat saataisiin nyt jalkautettua pelastuslaitoksille sekä myös Pelastusopiston tutkintokoulutuksiin. Tiedetään, että pelastuslaitoksilla suhtaudutaan hyvin epäilevästi uusiin sammutustekniikoihin, koska ajatellaan yleisesti, että ”Näin on ennenkin pärjätty”.

Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutusmenetelmät ovat oikein tehtynä hyvin tehokkaita ja niiden avulla voidaan pelastaa ihmishenkiä ja omaisuutta, mutta väärässä paikassa ja väärään aikaan käytettynä ne saattavat aiheuttaa merkittäviä omaisuus- ja henkilövahinkoja. Tässä opinnäytetyössä tutkittujen sammutustekniikkojen käyttäminen **edellyttää ehdottomasti**, että niitä **harjoitellaan** ja että kaikki **pelastusryhmän jäsenet tietävät, mitä ollaan tekemässä**.

Näissä tekniikoissa korostuu tiedustelun merkitys. Kokemuksesta tiedetään, että Suomessa pelastustoimen operatiivisella henkilöstöllä on parannettavaa tiedustelun suhteen rakennuspaloissa. Tiedusteluun käytetään liian vähän aikaa.

Rakennuspalotehtävillä ensimmäisenä kohteeseen saapuvalla pelastusryhmänjohtajan tekemällä tiedustelulla on suuri merkitys, jos aiotaan käyttää tässä opinnäytetyössä tutkittuja sammutustekniikoita. Käyttämällä riittävästi aikaa tiedusteluun pelastusryhmän johtaja luo edellytykset sammutustekniikan onnistumiselle. Pelastusryhmän johtajan on tiedusteltava, missä huoneistossa palo on, onko se yhdessä vai useammassa huoneistossa, sijaitseeko palo ensimmäisessä vai toisessa kerroksessa. Lisäksi pelastusryhmän johtajan on osattava lukea, missä vaiheessa palo on. Onko se esimerkiksi happirajoitteinen ja mihin suuntaan se uhkaa levitä? Jos palon sijainti ei ole selvillä, tutkittuja sammutustekniikoita käyttäessä riskinä on palon leviäminen. Tämän takia on ensiarvoisen tärkeää, että näiden tekniikoiden käyttämiseen luodaan toimintamalli ja niitä harjoitellaan säännöllisesti.

Tässä opinnäytetyössä korostui viestinnän merkitys pelastusryhmän jäsenten välillä. Tässä opinnäytetyössä tutkittujen sammutustekniikoiden käyttäminen **edellyttää**, että **viestiliikenneyhteyksien** on oltava kaikkien pelastusryhmän jäsenten välillä kunnossa. Viestinnän on ehdottomasti oltava selkeää ja ennalta suunniteltua. Suomessa pelastuslaitoksilla ongelmana on savusukeltajien puheen epäselvyys viestiliikenteessä, mikä on myös työturvallisuusriski. Tämä on tiedetty jo pitkän aikaa, mutta asian parantamiseksi ei ole tehty toimenpiteitä oikeastaan millään tasolla. Markkinoilla on paljon lisälaitteita pelastustoimen radiopuhelimiin, joilla viestiliikennettä ja savusukeltajien työturvallisuutta voitaisiin parantaa, mutta jostain syystä pelastuslaitokset eivät niitä työntekijöilleen hanki. Tämä on kummallista, sillä olemmehan sentään turvallisuus organisaatio.

Pelastuslaitoksilla vältellään todella paljon ylipainetuuletuksen käyttöä rakennuspalotilanteissa, koska ylipainetuuletus levittää savupartikkeleita joka puolelle rakennusta. Tätä on syytä kyseenalaistaa. On totta, että ylipainetuuletus levittää myrkyllisiä savupartikkeleita mutta kun ajatellaan paineolosuhteita tulipalossa, tulipalo itsessään kehittää ylipainetta ja partikkelit pääsevät leviämään. Jos siis koko rakennus on täynnä savua, onko sillä merkitystä, tuuletetaanko rakennus ylipainetuuletuksella vai alipainetuuletuksella, jos ajatellaan savupartikkelien leviämistä? Mielestämme sillä ei ole siinä vaiheessa enää mitään merkitystä, koska savupartikkelit ovat jo päässeet leviämään tulipalon muodostaman ylipaineen johdosta. Kun paloa sammutetaan aina ennen tuuletusta, sammutusvesi höyrystyessään tuottaa myös painetta rakennukseen ja savupartikkelit leviävät. On siis aivan perusteltua käyttää ylipainetuuletusta, koska se poistaa tehokkaammin kuumat savukaasut ja lämpökuorman ja lisäksi tuo näkyvyyden nopeammin kuin alipainetuuletus. Ylipainetuuletuksella helpotetaan omaa työskentelyä.

Tutkimuksia tehtäessä havaittiin eräitä työturvallisuuteen vaikuttavia ja huomioon otettavia asioita ja seikkoja. Alipainehyökkäystekniikassa käytettävä ST-putken sisäsammutussuutin saattaa aiheuttaa palovammoja sammuttajille, jos sammuttajat menevät sen vaikutusalueelle. ST-putken sisäsammutussuutin on tarkoitettu suojaamaan itse ST-putkea ja rajoittamaan ja laimentamaan paloa sisältäpäin. St-putkea ei pidä käyttää ilman sisäsammutussuutinta, koska putki voi vaurioitua, kuten meille kävi tutkimuksia tehdessä. Tähän vaikuttaa tietenkin rakennuksen sisällä olevan palon voimakkuus. Lisäksi ST-putken käyttäminen ikkunaa rikkoessa aiheuttaa riskin palomiehille. Varsinkin jos 2-kerroksisen talon toisen kerroksen ikkuna rikotaan ST-putken ikkunapiikillä, alas tippuu isokokoisia lasin paloja, joka on huomattava työturvallisuusriski palomiehille. Isot lasinpalat tippuessaan voivat osua alla oleviin palomiehiin ja siinä voi loukkaantua vakavasti. Lisäksi tippuvat lasinpalat rikkovat paineelliset letkut, jos ikkunan alapuolella kulkee letkulinja. Nämä on otettava ehdottomasti huomioon, kun ST-putkea käytetään tai jos sen käyttöä harjoitellaan.

Tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat ovat kaikki tehokkaita sammutustekniikoita. Kuitenkin kokonaisuuden eli työturvallisuuden, näkyvyyden, lämpökuorman sekä pelastusryhmän jäsenten työolojen kannalta sekä vahinkojen minimoimiseksi parhaimmaksi sammutustekniikaksi todettiin alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmä. Tekniikassa ensin ST-putkella aloitetaan sammutus ja tuuletus, joka estää yleissyttymisen sekä laimentaa sisällä olevia savukaasuja. Tämän jälkeen käynnistetään ylipainetuuletus, joka tehostaa savukaasujen ja lämpökuorman poistamista ja saa nopeasti rakennukseen näkyvyyden. Tämän jälkeen sammutuspari hyökkää sisälle hyvässä näkyvyydessä, sammuttaa alkupalot pienellä vesimäärällä ja aloittaa sammutusraivauksen. Tutkimuksessa kuvatusista videosta nähdään, että riittävä näkyvyys, jolloin sammutuspari voi edetä rakennuksen sisällä täysin pystyssä saavutetaan noin yhden minuutin jälkeen. Tekniikan onnistuminen edellyttää, että purkuaukon on oltava vähintään yhtä suuri kuin tuloilma-aukon. Jos purkuaukko on pienempi, käy niin, että savukaasut ja lämpö lähtevät tulemaan voimalla tuloilma-aukkoa kohti, koska ne eivät pääse purkautumaan yhtä nopeasti, kuin uutta ilmaa tulee sisälle. Tämä johtaa siihen, että savukaasut ja lämpö sytyttävät muut rakennuksen tilat palamaan tullessaan kohti tuloilma-aukkoa. Jos purkuaukko on suurempi kuin tuloilma-aukko, silloin ei ole vaaraa, että savukaasut ja lämpö pakkautuisivat tuloilma-aukolle päin.

Tutkimuksia tehdessä kaikissa koepoltoissa olosuhteet rakennuksen sisällä pyrittiin saamaan sel-laiseksi, että ihmishenki ei olisi selviytynyt. Tämä tehdään sen vuoksi, että ajatuksemme oli, että jos nämä tekniikat toimivat ihmishengen selviämisen kannalta mahdottomissa olosuhteissa, ne toimivat myös sellaisissa olosuhteissa, jossa ihmisellä on mahdollisuus selvitä hengissä. Niinhän siinä kävi, kaikissa koepoltoissa palo saatiin nopeasti hallintaan, saatiin näkyvyyttä rakennuksen sisälle ja palo saatiin sammutettua.

Koepolttoja tehdessämme saimme vapaat kädet polttojen toteuttamiselle, lukuun ottamatta ylipainehyökkäyksen ensimmäistä polttoa. Pelastusopisto on liian varovainen varsinkin savusukelluksen kouluttamisen suhteen. Pelastusopiston harjoituspolttot ovat palokuormiltaan niin pieniä, että ne eivät vastaa todellisuutta, minkä vuoksi ne antavat liian hyvän kuvan pelastajille todellisuudesta.

## 7.1 Taktisten yleisperiaatteiden toteutuminen

Yli- ja alipainehyökkäys soveltuvat nelikenttämallissa hyvin hyökkäävään sisältä sammuttamiseen. Taktisten yleisperiaatteiden mukaan hyökkäävään sisältä sammuttamisen tavoitteena on pelastaminen (Savusukellusopas 2021). Ylipainehyökkäys soveltuu hyvin tilanteeseen, jossa rakennuksen sisällä on pelastettavia ja kohteeseen tulee edetä nopeasti. Hetkellisesti olosuhteet rakennuksen sisällä pahentuvat palon kehittyessä, mutta tilat saadaan tutkittua nopeammin. Alipainehyökkäyksellä pystytään paremmin rajoittamaan paloa ST-putken sammutusvaikutuksen ansiosta, jolloin se soveltuu näistä kahdesta paremmin omaisuuden suojelemiseen.

Onnettomuuden aiheuttama suurin uhka vaikuttaa sammutusmenetelmän valintaan ja painopisteen luomiseen. Opinnäytetyössä käsiteltävät sammutusmenetelmät eivät ole käyttökelpoisia kaikissa tilanteissa. Tähän vaikuttaa esimerkiksi tulipalon vaihe, ympäristö ja rakennustyyppi. Vaikka yli- ja alipainehyökkäys soveltuvat paremmin hyökkäävään sammuttamiseen, voidaan alipainehyökkäyksessä käytettävää ST-putkea hyödyntää myös puolustavassa sammutustekniikassa. Suurimman uhan ollessa palon leviäminen viereisiin rakennuksiin lämpösäteilyn kautta voidaan ST-putki asettaa esimerkiksi rakennuksen ikkunalle hillitsemään paloa.

Tiedustelu, ennakointi ja aktiivinen johtaminen korostuvat erityisesti yli- tai alipainehyökkäystä käytettäessä sammutusmenetelmänä. Pelastusryhmän johtajan tulee tiedustella kohteeseen saapuessa aktiivisesti, jotta voidaan varmistaa kyseisten sammutusmenetelmien käytön olevan turvallista. Erityisesti tulipalon kehittymisen eri vaiheiden ymmärtäminen korostuu, jotta osataan selvittää, missä vaiheessa tulipalo on kyseisellä hetkellä. Tämä vaikuttaa merkittävästi sammutusmenetelmän valintaan. Ennakointia edellytetään jo ennen onnettomuuden tapahtumista. Yli- tai alipainehyökkäyksen käyttäminen sammutusmenetelmänä vaatii etukäteen tapahtuvaa perehtymistä ja harjoittelua, jotta jokainen pelastusryhmän jäsen tiedostaa roolinsa sammutusmenetelmää käytettäessä. Lisäksi viestintäyhteyksien toimivuus ja hyvä kommunikointi pelastusryhmän sisällä ovat edellytyksenä sammutusmenetelmien käytölle.

Opinnäytetyössä tutkittavat sammutusmenetelmät vaativat aina savusukelluskelpoisuutta, joten jatkuvuus tulee pystyä varmistamaan. Savusukellukseen ryhdyttäessä tulee aina varmistua suojaparin olemassaolosta ja vaihtomiehistöstä unohtamatta muona- ja kalustohuoltoa varsinkin pitkäkestoisissa onnettomuuksissa.



## 7.2 Reflektointi

Opinnäytetyöprosessin aikana opimme paljon uutta pelastustoimen kenttätoiminnasta. Yli- ja alipainehyökkäys eivät olleet sammutusmenetelminä meille ennestään kovin tuttuja. Tämä oli yhtenä syynä siihen, että päädyimme tekemään opinnäytetyön kyseisestä aiheesta. Vaikka opinnäytetyö oli pääsääntöisesti toiminnallinen, meidän piti tutustua ennen tutkimuksia sammutusmenetelmien teoriaan ja taustoihin. Taustojen selvittäminen edellytti tutustumista aiemmin tehtyihin tutkimuksiin sekä ulkomaiseen kirjallisuuteen, koska hyökkäävä sisältä päin sammuttaminen on suosittua etenkin Yhdysvalloissa.

Ennen käytännön tutkimusten aloittamista perehdyimme yleisesti rakennuspaloihin onnettomuustyyppinä. Tähän liittyi myös toimintaympäristön kartoitus, joka edellytti rakenteellisen paloturvallisuuden tietämystä sekä huoneistopalon dynamiikan ja tulipalon kehittymisen hallitsemista. Nämä asiat olivat edellytyksenä, jotta kokeelliset tutkimukset pystyttiin suorittamaan turvallisesti.

Työskentelimme molemmat opinnäytetyön tekemisen aikana pelastuslaitoksella kenttätoiminnan puolella. Opinnäytetyön tekeminen antoi hyviä valmiuksia työelämään. Saimme lisää tietoa pelastustoimen sammutusmenetelmistä, tätä kautta voimme lähteä kehittämään osaamistamme työelämässä. Pystymme myös omalta osaltamme viemään tietoa työelämään koulutusten ja harjoitusten osalta. Tutkimusten aikana pääsimme itse todistamaan riskejä, joita yli- ja alipainehyökkäyksen käyttöön liittyy. Tämän myötä pystymme välttämään niitä onnettomuustilanteissa, koska olemme päässeet todistamaan niitä käytännössä. Tutkimusten keskiössä olemalla saimme itse paljon enemmän kokemusta aiheesta verrattuna siihen, että joku muu olisi tehnyt toiminnallisen osuuden meidän sijaamme. Näin saimme näkökulmia ja kokemusta sammutustehtävää suorittavan sammutusparin näkökulmasta ja sammutusmenetelmien konkreettisesta käytöstä. Tämän lisäksi pääsimme tarkastelemaan tutkimuksia laaja-alaisemmin saadun materiaalin perusteella ja vertaamaan sitä käytännöstä saatuun kokemukseen. Tämä kehitti myös omaa ammattitaitoamme.

Opinnäytetyön aikana osa mittauksista epäonnistui. Esimerkiksi yksi koepoltto ei vastannut todellisuutta ja lämpökäyrien antamia mittaustuloksia ei tallentunut. Lisäksi osa video- ja lämpökameroista ei tallentanut dataa suunnitellusti. Kyseisten laitteiden toimivuutta olisi pitänyt etukäteen testata enemmän. Lisäksi kaikissa koepoltoissa tutkimusryhmää ei ollut ohjeistettu täydellisesti. Jos tekisimme tutkimukset nyt uudestaan, testaisimme kaikki mittauslaitteet järjestelmällisesti ennen tutkimuksia ja antaisimme tutkimusryhmälle selkeät ohjeet ja varmistaisimme, että he noudattavat niitä. Ilman tutkimusryhmää, joka koostui pääosin N19-kurssin opiskelijoista, tutkimuksia ei kuitenkaan olisi voitu suorittaa. Ihmisten määrän lisääntyessä myös epäonnistumisen riski kasvaa, ja se on täysin luonnollista. Kyseiset epäonnistumiset eivät kuitenkaan vaikuttaneet mitenkään lopputulokseen.

Tiesimme jo ennestään, että viestiliikenne on tärkeässä roolissa pelastustoiminnan onnistumisen kannalta. Tutkimuspäivinä tämä asia kuitenkin korostui entisestään. Pienetkin yhteyskatkokset tai väärinymmärrykset pelastusryhmän sisäisessä viestinnässä vaikeuttavat asioita ja voivat pahimmillaan heikentää työturvallisuutta. Tällaisia vaaratilanteita ei tutkimusten aikana onneksi syntynyt, mutta niiden mahdollisuus konkretisoitui. Viestiliikenteen toimivuus ja asioiden etukäteinen ja säännöllinen harjoittelu korostuivat. Nämä kaksi asiaa ovat edellytyksenä toimivalle pelastustoiminnalle käytännössä jokaisessa tilanteessa, josta saimme paljon uutta oppia.

### 7.3 Prosessin hallinta

Tätä opinnäytetyötä tehdessämme suurin haaste liittyi käytännön tutkimuksien valmisteluun ja aikatauluun. Pelastusopiston harjoitusalueella tehdyt tutkimukset tehtiin hurjan nopeasti. Tämä johtui siitä, että useat opintojaksot olivat meneillään samaan aikaan. Tutkimukset vaativat myös henkilöresurssia, jota onneksi saatiin päällystökurssi AMKN19:ltä. Tutkimuspäivinä aikataulu osoittautui hyvin kiireelliseksi niin opiskelijoiden kuin opettajienkin osalta. Vaikka tästä opinnäytetyöstä saatiin hyviä tuloksia, ne olisivat olleet varmasti laadukkaampia, jos aikataulutukseen ja ennalta suunnitteluun olisi kiinnitetty enemmän huomiota ja käytetty siihen aikaa riittävästi. Tutkimuksiin oli varattuna aikaa yksi päivä per tutkimus. Valmisteluja emme saaneet kuitenkaan itse suorittaa, mikä oli Pelastusopiston linjaus. Tutkimuksia varten olisi pitänyt valmistelut tehdä itse ja varata aikaa kaksi päivää aikaa, jotta kaikki valmistelut olisi pystytty tekemään huolellisesti.

Ylipainehyökkäyksen tutkimuspäivänä epäonnistuttiin ensimmäisessä poltossa. Tämä johtui siitä, että palokuorma oli todella pieni ja lämpöantureista ei saatu mitään arvoja. Palokuorman oli asennuttanut valmiiksi harjoitusalueen henkilöstö. Pyysimme ennen tutkimusta lupaa tehdä valmistelut itse, mutta siihen Pelastusopisto ei suonut mahdollisuutta. Tämän johdosta menetimme aikaa, emmekä saaneet tuloksia. Sen jälkeen otimme oikeuden omiin käsiimme ja lisäsimme palokuormaa haluamallamme tavalla ja toinen ylipainehyökkäystutkimus onnistui ja siitä saatiin tuloksia. Tästä eteenpäin muissa tutkimuksissa saimme vapaat kädet koepolttojen suhteen.

Tämän opinnäytetyön tutkimusten aikana tuli myös kalustotappioita tutkittaessa alipainehyökkäystä. Tutkimuksessa ST-putken sisäsammutussuuttimen putki suljettiin puhki. Putki oli varattu seuraavaksi päiväksi muualle käyttöön. ST-putki jäi korjattavaksi harjoitusalueelle.

Tätä opinnäytetyötä tehtäessä onnistuttiin luomaan täysin uusi sammutustekniikka, jota kutsutaan alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikaksi. Tekniikka osoittautui todella tehokkaaksi, ja se helpottaa pelastustoiminnan henkilöstön toimintaa. Tässä opinnäytetyössä onnistuttiin osoittamaan, että tässä opinnäytetyössä tutkitut sammutustekniikat ovat käyttökelpoisia ja niiden avulla voidaan pelastaa ihmishenkiä, omaisuutta sekä helpottaa huomattavasti omaa toimintaa ja ne ovat loistavia lisätyökaluja pelastustoimen työkalupakkiin.

## LÄHTEET

Ala-Kokko, V. 2021. *Savusukellusopas*. 2 uudistettu painos. Pelastusopisto. Kuopio

*Essentials of fire fighting 7<sup>th</sup> edition* 2018. IFSTA.

Hyttinen, V. Tolonen P. ja Väisänen, T. 2016. *Palofysiikka*. 8. uusittu painos, Suomen Pelastusalan keskusjärjestö. Helsinki

Kivelä M, 2019. *Sammutus- ja tuuletusputki*, kehittämishanke, Pelastusopisto. Kuopio

Kuikka T, 2018. *Pelastusyksikön ensitoimenpiteitä täydentävät sammutusmenetelmät*. Opinnäytetyö, Pelastusopisto.

*P3 käsikirja*. 2007 Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Helsinki.

*Pelastustoiminnan käsitteitä*. Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston julkaisu 3/2016.

*Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohje* 2012.

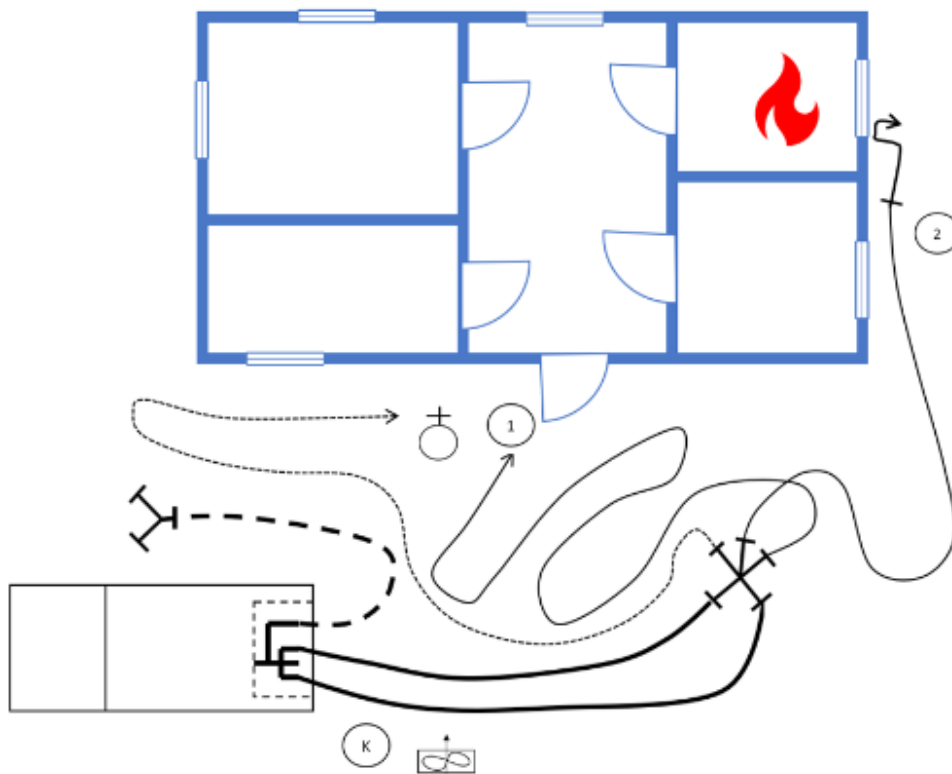
*Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)*.

# LIITE 1

## Toimintaohje

### Alipainehyökkäyksen ja ylipainetuuletuksen yhdistelmätekniikka

- Tiedustele onko pelastettavia ja paikallista palon sijainti, palon vaihe, hyökkäysreitti ja purkuaukko. **Kävele rakennus rauhassa ympäri ja katso sisälle.** (Purkuaukon on oltava pinta-alaltaan vähintään samankokoinen kuin tuuloilma-aukko)
- Tee perusselvitys
- Selvitä savutuuletin hyökkäysovelle ja ST-putki purkuaukolle (palavan huoneiston ikkuna).
- Riko ikkuna ja asenna ST-putki paikoilleen. (Poista lasinpalat ikkunan ympäriltä huolellisesti)
- Avaa ST-putken sisäsammutussuutin, tuuletussuutin ja avaa korvausilma-aukko (hyökkäysreitit ovi)
- Varmista, että läpivirtaus toimii. Jos läpivirtausta ei ole, keskeytä ja vaihda sammutustekniikkaa.
- Anna alipaineen vaikuttaa noin 30 sekuntia
- Käynnistä savutuuletin
- Anna ylipaineen vaikuttaa noin 30 sekuntia
- Tee sammutushyökkäys huoneistoon
- Sammuta ST-putken sisäsammutussuutin, kun hyökkäävä sammutuspari sitä pyytää.
- Ole aktiivisesti yhteydessä hyökkäävään sammutuspariin ja pyydä aktiivisesti tilannetietoa (pelastettavat, palon laajuus, viereiset tilat ym.)
- Sammuta ST-putki, kun palo on hallinnassa ja sammutusraivausvaihe alkaa
- Pidä ylipainetuuletus yllä koko sammutusraivauksen ajan.
- Huolehdi vaihtomiehistöstä.



Kuva 34 (Kivelä, 2019)