

Ilpo Suomela

# Savunpoistomenetelmien kustannusvertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

18.11.2013

Tekijä(t) Otsikko	Ilpo Suomela Savunpoistomenetelmien kustannusvertailu
Sivumäärä Aika	32 sivua 18.11.2013
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	lehtori Aarne Seppänen työpäällikkö Mikko Sirviö
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda tuotanto- ja varastotiloihin savunpoistomenetelmien kustannusvertailu. Työn tilaajana toimi YIT Rakennus Oy:n toimitilapuolen Logistiikka- ja tuotantotilat.</p> <p>Ennen työn aloitusta laadittiin selkeät rajat työlle, jotta se oli mahdollista toteuttaa. Tilaajan kanssa sovittiin, että työ tullaan tekemään tuotanto- ja varastotiloihin, ja mahdolliset toimitilat jätetään pois.</p> <p>Työ aloitettiin huolellisella pohjatietojen keräyksellä YIT Rakennus Oy:n aikaisempien kohteiden savunpoistomenetelmien kustannusten selvityksellä ja aiheen kirjallisuuteen perehtymisellä. Pohjatietojen selvityksen jälkeen haastateltiin palokonsultteja ja aliurakoitsijaa, joka toteuttaa rakennuksiin koneellisia savunpoistoja. Tämän jälkeen tehtiin savunpoistomenetelmien kustannusvertailu pinta-alaperusteisilla kaavoilla excel-taulukkoon, joka hyväksytettiin tilaajalla. Parannusehdotusten jälkeen lopullinen savunpoistomenetelmien kustannusvertailu oli valmis.</p> <p>Kustannusvertailun avulla ilmeni, että koneellinen savunpoisto on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto normaaleissa tuotanto- ja varastotiloissa kuin painovoimainen savunpoisto.</p> <p>Tämän opinnäytetyön lopputuotetta on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa savunpoistomenetelmien kustannusvertailun aputyökaluna niin omissa kohteissa kuin asiakkaidenkin.</p>	
Avainsanat	savunpoisto, kustannusvertailu

Author(s) Title	Ilpo Suomela Cost comparison of smoke extraction methods
Number of Pages Date	32 pages 18th November 2013
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Manager
Specialisation option	House Building
Instructor(s)	Aarne Seppänen, Senior Lecturer Mikko Sirviö, Operations Manager
<p>The purpose of this thesis was to create a cost comparison of smoke extraction methods to production and warehouse facilities. This thesis was assigned by YIT Building Company's logistics and production premises.</p> <p>In the first phase a careful project planning was done in order to ensure completion.</p> <p>This job was started with careful data inspection of YIT Building Company's completed sites and study of costs of implemented smoke extraction methods and literature. After the basic data was collected, fire consults and subcontractor, who construct mechanical smoke extractions, were interviewed. After this, the smoke extraction methods cost comparison based on area related formulas were made in MS Excel -table, which was submitted to the subscriber. The modified cost comparison of smoke extraction methods were made through collaborative team work with instructors.</p> <p>With the help of cost comparison, there were revealed that mechanical smoke extraction is by far more expensive than gravity based smoke extraction.</p> <p>The final product of this thesis is to be used as a helping tool for cost comparison of smoke extraction methods on YIT's own sites and for customers sites also.</p>	
Keywords	Smoke extraction, cost comparison

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä savunpoistosta	2
2.1	Savunpoiston tavoitteet	2
2.2	Savunpoiston tehtävät	3
2.2.1	Poistumisen ja henkilöiden pelastamisen turvaaminen	3
2.2.2	Palokunnan toiminnan turvaaminen	3
2.2.3	Omaisuuksivahinkojen torjunta	4
2.3	Savunpoistotasot	4
2.3.1	Savunpoistotaso 1	5
2.3.2	Savunpoistotaso 2	5
2.3.3	Savunpoistotaso 3	5
3	Savunpoistomenetelmät ja järjestelmät	6
3.1	Painovoimainen savunpoisto	7
3.1.1	Painovoimaisen savunpoiston suunnittelu	7
3.1.2	Painovoimaisen savunpoiston toiminta palon eri vaiheissa	7
3.2	Savunpoistoluukut	9
3.2.1	Laukaisulaitteet	10
3.2.2	Avauslaitteet	11
3.3	Koneellinen savunpoisto	12
3.3.1	Koneellisen savunpoiston suunnittelu	12
3.3.2	Koneellisen savunpoiston toiminta palon eri vaiheissa	13
3.4	Savunpoistopuhaltimet	14
3.5	Vesisammutusjärjestelmät	16
3.5.1	Vesisammutusjärjestelmien toimintaperiaate	16
3.5.2	Vesisammutusjärjestelmien käyttö ja rajoitukset	17
3.5.3	Savunpoistojärjestelmien ja vesisammutuksen yhdistelmä	18
3.6	Korvausilma-aukot ja savunpoistoikkunat	20
3.7	Savusulut	20
4	Nykytilanne	21
4.1	Savunpoistomenetelmän valinta tuotanto- ja varastorakennuksiin	21
4.2	Savunpoistomenetelmien riskit, kustannukset, käyttö ja huolto	22

5	Tutkimusmenetelmät	24
5.1	Kirjallisuus	24
5.1.1	E2 Suomen rakentamismääräyskokoelma - Tuotanto ja - varastorakennusten paloturvallisuus	24
5.1.2	RIL 232-2012	25
5.2	Haastattelut	25
6	Esimerkkilaskelma	27
6.1	Laskelman lähtötiedot	27
6.2	Laskenta pinta-alan mukaisesti	28
7	Johtopäätökset	29
8	Yhteenveto	29
	Lähteet	32

## Määritelmät

### Koneellinen savunpoisto

Katolle ja seinän yläosaan asennettavat savunpoistopuhaltimet tai savunpoistokanavat. Savukaasut nousevat katonrajaan ilmaa kevyempänä, ja näillä menetelmillä savukaasut poistetaan ulkoilmaan. (1, s. 115.)

### Korvausilma-aukot

Korvausilma-aukoilla tarkoitetaan ikkuna- ja oviaukkoja sekä erilaisia luukkuja, joista virtaa tilaan poistettavaa savukaasun tilavuutta vastaava määrä ympäröivää ilmaa. Kun aukot avataan tai ne aukeavat ennen savunpoistojärjestelmien käynnistymistä, savunpoisto alkaa toimia tehokkaasti. (1, s. 120.)

### Painovoimainen savunpoisto

Savunpoisto toteutetaan tällä menetelmällä painovoimaa käyttäen. Ilmaa kevyemmät kuumat savukaasut nousevat katonrajaan, josta ne poistuvat seinän yläosaan tai kattoon asennettujen savunpoistoluukkujen ja -ikkunoiden kautta. (1, s. 110.)

### Palokonsultti

Henkilö, joka voi laatia rakennettavaan kohteeseen erilaisia paloteknisiä suunnitelmia, kuten savunpoistosuunnitelmia ja palokatkosuunnitelmia. Toimii usein myös rakentamisen aikaisena konsulttina. Jos jotain rakennetta ei voi toteuttaa alkuperäisten paloteknisten piirrustusten mukaisesti, palokonsultti tarjoaa toisen vaihtoehdon. Näin rakenne voidaan tehdä turvallisesti määräyksiä noudattaen.

### Palokuorma

Palokuormalla tarkoitetaan aineen täydellisestä palamisesta vapautuvaa kokonaislämpö määrää. Rakennuksissa tähän luetaan kantavat, runkoa

jäykistävät, osastoivat ja muut rakenneosat sekä rakennuksessa oleva irtaimisto. (1, s. 246.)

#### Palo-osasto

Rakenteilla paloeristetty tila, joka tulipalon sattuessa kestää sille määritetyn ajan, niin ettei palo pääse leviämään toiseen tilaan. Perinteisiä tällaisia tiloja ovat kone- ja porrashuoneet. (1, s. 20.)

#### Savulohkot

Rakennus jaetaan sen koosta riippuen eri savulohkoihin savusulkujen avulla. Kun savulohkon sisällä tapahtuu tulipalo, on sen tarkoitus pitää tulipalosta muodostuva savupatja palon alkuvaiheessa savulohkon sisällä niin, ettei se pääse leviämään toisiin savulohkoihin. (1, s. 22.)

#### Savunpoistoikkunat

Savunpoistoikkunat voivat sijaita katolla tai seinillä normaalien ikkunoiden keskuudessa. Yleensä nämä ikkunat merkitään savunpoisto-tarroilla ja niissä on avauskahvat kiinni, jotta ne saadaan mahdollisimman nopeasti auki. Katolla sijaitsevat ikkunat voivat aueta joko automaattisesti tai manuaalisesti. Näiden ikkunoiden tarkoitus on poistaa rakennukseen tullutta savua. (1, s. 120.)

#### Savunpoistoluokat

Rakennukset luokitellaan savunpoistoluokkiin niiden käyttötarkoituksen perusteella. Kohteet jaetaan savunpoistoluokkiin 1–4 (SL1-SL4). (1, s. 7.)

#### Savupatja

Tulipalon syttyessä savua sekä haitallisia aineita sisältävä ympäristöä selvästi kuumempi ja siitä erottuva kerrostuma, joka muodostuu ilmaa kevyempänä katonrajaan. (1, s. 20.)

## Savusulku

Laite/materiaali, joka estää, hidastaa tai pysäyttää savun leviämistä savuloHKON ulkopuolelle. Yleensä TT-laattojen ripoihin asennetut rakenteet tai lämpöä keStävät savuverhot. (1, s. 19.)

## Sprinklerijärjestelmä

Sprinklerijärjestelmä on automaattinen palonsammutusjärjestelmä, joka välittää palohälytyksen hätäkeskukseen ja aloittaa palon sammutuksen suihkuttamalla vettä palavaan kohteeseen. Järjestelmän toiminta perustuu siihen, että lämpötilan ylittäessä tietyn arvon, järjestelmässä oleva sprinklerin kapseli rikkoutuu ja vesi pääsee suihkuamaan aloittaen sammutuksen. (1, s. 170.)

## 1 Johdanto

Tämän mestarityön aiheena on tutkia tuotanto- ja varastorakennusten erilaisia savunpoistomenetelmiä ja vertailla niiden kustannuksia. Työn tavoitteena on tuottaa selkeä yleispätevä ohje kustannusten kannalta siitä, millainen savunpoistomenetelmä kannattaa valita kuhunkin kohteeseen. Tämän avulla saadaan rakennettavaan kohteeseen savunpoiston kannalta kustannustehokkain ratkaisu. Erilaisia savunpoistomenetelmiä ovat koneellinen savunpoisto ja painovoimainen savunpoisto, joista jälkimmäisellä toteutetaan lähes kaikki kohteet. Työn avulla tullaan selvittämään, onko taloudellisesti kannattavaa valita koneellinen savunpoisto rakennukseen, ja jos on, niin missä menee tämä raja, jolloin siitä tulee kustannustehokkaampi ratkaisu. Lopullista ohjetta tehdessä ei oteta huomioon tuotanto- ja varastorakennusten mahdollisia toimistotiloja, koska näiden savunpoisto tehdään savunpoistoluukkujen ja -ikkunoiden kautta.

Tätä mestarityötä varten tullaan haastattelemaan palokonsultteja sekä urakoitsijaa, joka toteuttaa työmailla koneellisia savunpoistoja. Haastattelujen avulla tullaan saamaan tärkeää tietoa savunpoistomenetelmistä, savunpoiston laskutavoista ja koneellisen savunpoiston osien hintatiedoista.

Työn tilaajana toimii YIT Rakennus Oy:n toimitilapuolen Logistiikka- ja tuotantotilat. Tämä aihe valittiin sen takia, koska yksiköllä ei ole tällä hetkellä tällaista ohjetta, josta voisi nopeasti selvittää rakennettavaan kohteeseen savunpoistomenetelmän ja sen kustannukset. Myös asiakkaat kysyvät useasti heidän tulevan rakennuksen savunpoiston kustannuksista, jolloin tämä ohje tulee palvelemaan heitäkin. Aikaisemmin toimitilapuolella on jouduttu laskemaan nämä asiat kohdekohtaisesti itse tai käyttämään palokonsulttia, ja tämän ohjeen tavoitteena on tulevaisuudessa säästää aikaa ja kustannuksia.

## 2 Yleistä savunpoistosta

Tulipalotilanteessa syntyy aina lämpöä, myrkyllisiä palamiskaasuja ja savua. Nämä ovat hengenvaarallisia, huonontavat näkyvyyttä, vaikeuttavat rakennuksesta pelastautumista ja pelastamista, palokunnan sammutustehtäviä sekä lisäävät palon leviämistä ja rakenteiden palorasitusta. Savukaasujen lämpötila määräytyy palotehosta ja savukaasujen massavirrasta. Savun muodostukseen ja sen määrään vaikuttaa palokuorman pinta-ala, laatu ja sen sijainti. (1, s. 90.)

Tulipalossa syntyy pilarimainen nouseva ilmavirtaus, jonka takia syntyvä savu nousee ympäröivää ilmaa lämpimämpänä kohti rakennuksen kattoa ja sieltä seiniä tai varta vasten tehtyjä savusulkuja kohti. Savusulkujen tehtävä on estää savun leviäminen muihin tiloihin. Kuumimmat savukaasut nousevat viileämpien savukaasujen yläpuolelle katon rajaan asti muodostaen oman kerroksensa sinne, ja tätä kutsutaan savupatjaksi. Jos palo kestää riittävän kauan, savupatjan lämpötila nousee niin korkeaksi, että tilassa olevat savukaasut syttyvät ja palo leviää koko tilaan. Tätä ilmiötä kutsutaan yleissyttymiseksi. (2, s. 20.)

### 2.1 Savunpoiston tavoitteet

Paloturvallisuudelle on yleisesti asetettu tavoitteita, joita toteutetaan savunpoiston avulla. Näitä tavoitteita ovat

- yhteiskunnan asettamien turvallisuusvaatimusten täyttö
- omaisuus- ja suurvahinkojen minimoiminen
- tuotannon keskeytyksen sekä turvallisuusinvestointien aiheuttamien yhteiskustannusten minimoiminen
- uskottavuuden säilyminen luotettavana toimittajana. (1, s. 17.)

Savunpoistolaitteistoille on annettu tietty elinikä, jonka aikana niiden tulee toimia luotettavasti, jotta ne ovat kunnossa mahdollisen tulipalon sattuessa ja täyttävät niille asetetut tehtävät. (1, s. 17.)

## 2.2 Savunpoiston tehtävät

Palon alkuvaiheessa savunpoistolaitteistojen tehtävänä on poistaa savua ja lämpöä palo-osastosta. Kun palokunta tai automaattinen sammutusjärjestelmä on aloittanut palon sammuttamisen, savunpoistolaitteistojen tehtävänä on poistaa haitalliset savukaasut tilasta. (1, s. 17.)

Savunpoiston tehtävät jaetaan kolmeen eri osa-alueeseen, poistumisen ja henkilöiden pelastamisen turvaamiseen, palokunnan toiminnan turvaamiseen sekä omaisuus- ja ympäristövahinkojen torjumiseen. Jokaisen rakennuksen savunpoiston suunnittelun alussa määritetään yksi näistä kolmesta vaihtoehdoista savunpoiston päätehtäväksi. Seuraavaksi käydään läpi, miten savunpoiston pitää toimia näissä tilanteissa. (1, s. 17.)

### 2.2.1 Poistumisen ja henkilöiden pelastamisen turvaaminen

Turvalliset olosuhteet on tärkeää säilyttää palon alkuvaiheessa, jotta henkilöt ehtivät poistumaan ja heidät voidaan tarpeen tullen pelastaa palo-osastolta, jossa tulipalo on syttynyt. Jotta poistuminen turvallisesti on mahdollista, rakennuksessa täytyy olla savulohkot, jotka estävät savun leviämisen muualle tietyn ajan. (1, s. 17.)

Kun henkilöt ovat poistuneet syttymissavulohkon alueelta, on savunpoiston seuraava tehtävä turvata henkilöiden siirtyminen rakennuksen ulkopuolelle. Tässä vaiheessa savunpoiston tavoitteena on estää palon kehittyminen täyden palamisen vaiheeseen siihen saakka, kunnes henkilöt ovat ulkona rakennuksesta. (1, s. 18.)

### 2.2.2 Palokunnan toiminnan turvaaminen

Kun palokunta saa hälytyksen tulipalosta ja pääsee kohteeseen, sen ensisijainen tehtävä on pelastaa palavassa rakennuksessa olevat henkilöt. Kun kaikki henkilöt on pelastettu, palokunta keskittyy minimoimaan materiaali- ja ympäristövahinkoja sammutus-

toimenpiteillä. Savunpoiston tehtävänä palokunnan apuna on tuulettaa rakennuksesta savu pois, jotta palokunta voi turvallisesti suorittaa pelastus- ja sammutustyöt.

Savunpoiston merkitys palokunnan toiminnan kannalta:

- Poistaa savua, jolloin pelastettavien henkilöiden ja palokohteen paikantaminen ja tavoittaminen onnistuu paremmin.
- Estää palamattomien savukaasujen räjähdyksiä, esim. ovien aukaisun yhteydessä.
- Viilentää palavan kohteen lämpötilaa poistamalla kuumia savukaasuja, ja näin ollen hidastaa täyden palamisen vaiheen saavuttamista.
- Pitää hyökkäysreitit savuttomina palokunnan saapumiseen tarvittavan ajan. (1, s. 18.)

### 2.2.3 Omaisuusvahinkojen torjunta

Omaisuusvahinkojen torjunnan kannalta savunpoisto hidastaa palon ja savun leviämistä laajalle alueelle. Tällä pyritään minimoimaan materiaali- ja irtaimistovahingot. Jotta rakennus ei vahingoittuisi palossa, pyritään savunpoistolla vähentämään palon aiheuttamia lämpövaikutuksia rakennusosiin savusuluilla ja pitämään lämpötilat mahdollisimman alhaisina. (1, s. 18.)

### 2.3 Savunpoistotasot

Rakennukseen tulee suunnitella ja rakentaa sen eri tiloihin soveltuva riittävä mahdollisuus savunpoistoon (1, s. 35). Suunnittelua helpottamaan rakennukset luokitellaan niiden savunpoiston vaatimustason mukaan kolmeen eri savunpoistotasoon. Seuraavassa on selvennetty jokaisen savunpoistotason sisältö ja niiden määrittely.

### 2.3.1 Savunpoistotaso 1

Savunpoistotaso 1 tarkoittaa sellaista savunpoistoa, joka voidaan järjestää ilman erityistoimia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että savu voidaan poistaa rakennuksesta normaalien ikkuna- ja oviaukkojen kautta tai palokunnan toimesta.

Savunpoistotasoa 1 voidaan käyttää silloin, kun E1 Suomen rakentamismääräyskoelman edellyttämät rakennuksen poistumistiet, osastoinnit sekä rakenteiden ja rakennusten luokkavaatimukset täyttyvät eikä omaisuuden suojelun tai henkilöturvallisuuden takia ole tarpeen käyttää korkeamman tason savunpoistoa. Normaaaleja savunpoistotason 1 rakennuksia ovat asuinkerrostalot, poislukien niiden porrashuoneet, jotka kuuluvat tasoon 2. (3, s. 28, 31, 33, 37.)

### 2.3.2 Savunpoistotaso 2

Savunpoistotaso 2 tarkoittaa sellaista savunpoistoa, joka helpottaa ja auttaa palokuntaa olennaisesti pelastus- ja sammutustoiminnassa. Ensisijaisen tärkeää on, että palokunta voi nopeasti ja vaivattomasti käynnistää savunpoistolaitteet pelastus- ja sammutustoiminnan turvaamiseksi. Tämän tason savunpoistossa vaaditaan erityistoimia, kuten savunpoistoikkunoita ja -luukkuja tai savunpoistopuhaltimia. Luukut ja puhaltimet avautuvat joko niihin asennetun lämpöilmaisimen avulla, laukaisukeskuksen painikkeesta tai mekaanisesti avaamalla. (1, s. 40.) Tämän tason savunpoiston voi käynnistää siihen koulutettu henkilö tai palokunnan henkilöstö. Logistiikkakeskukset, tehtaat ja varastot sekä toimistot kuuluvat yleensä tähän savunpoistotasoon.

Savunpoistolaitteistojen koko ja määrä lasketaan savulohkon savunpoistoluokan, rakennuksen korkeuden ja pinta-alan sekä savuttoman vyöhykkeen korkeuden avulla. Automaattinen sammutusjärjestelmä vähentää savunpoistolaitteistojen määrää. (1, s. 68.)

### 2.3.3 Savunpoistotaso 3

Savunpoistotaso 3:lla tarkoitetaan automaattista savunpoistolaitteistoa, jonka toiminta perustuu savunpoistoilmaisimen antaman käskyn perusteella. Vaikka laitteistossa on savunpoistoilmaisin, on se myös pystyttävä käynnistämään tai laukaisemaan ohjauskeskuksesta tai muulla tavalla. Tätä savunpoistotasoa käytetään, kun ihmisten poistu-

minen rakennuksesta halutaan varmistaa ennen palokunnan tuloa. Sen lisäksi taso 3 toimii myös palokunnan henkilöstön sammutus- ja pelastustoiminnan turvallisuuden takaajana. (1, s. 40.)

Savunpoistotaso 3. laitteistojen kokoa ja määrää laskettaessa otetaan huomioon savu-lohkon mitoituspalo, savulohkon ja savuttoman vyöhykkeen korkeus sekä savupatjan enimmäislämpötila. Tähän savunpoistotasoon kuuluvat sellaiset rakennukset, joissa on paljon henkilöitä ja mahdollisesti helposti syttyvää materiaalia, kuten sairaaloissa. Kun rakennusta suunniteltaessa vaaditaan savunpoistotasoa 3, savunpoistojärjestelmän avuksi asennetaan usein automaattinen sammutusjärjestelmä. (1, s. 40–41.)

### 3 Savunpoistomenetelmät ja järjestelmät

Savunpoistojärjestelmällä tarkoitetaan laitteistoa, joka tulipalon syttyessä poistaa tai rajaa tulipalossa muodostuvia haitallisia savukaasuja. Erilaisia savunpoistojärjestelmiä ovat savunpoistoluukut, savunpoistoikkunat, savusulut ja -verhot sekä koneelliset savunpoistolaitteet, kuten savunpoistopuhaltimet. Kohteesta riippuen valitaan savunpoistomenetelmäksi joko painovoimainen savunpoisto, koneellinen savunpoisto tai näiden yhdistelmä. (1, s. 49.)

Savunpoistojärjestelmiin lukeutuu savunpoistolaitteiden lisäksi erilaiset laukaisupainikkeet ja mahdollisesti savunpoistolaitteiden laukaisukeskus. Tulipalon syttyessä järjestelmään kuuluvat savunpoistolaitteet aktivoituvat yksittäiseen savunpoistolaitteeseen asennetun lämpösulakkeen tai muun vastaavan tunnistimen perusteella, laukaisupainikkeesta tai laukaisukeskuksesta. Laukaisukeskukset sijaitsevat useasti rakennusten aulassa, porrashuoneessa tai sellaisessa paikassa, josta se on helppo havaita ja tarpeen tullen laukaista. (1, s. 250.) Automaattinen savunpoistolaitteisto tulee kysymykseen yleensä silloin, kun pelastustehtävät tai turvallinen poistuminen on uhattuna (4, s. 7).

Savunpoistoa suunniteltaessa on otettava huomioon myös ulkoisten tekijöiden vaikutus savunpoiston tehokkuuteen. Tällaisia ulkoisia tekijöitä ovat tuuli, lumi, lämpötila ja ympäristö. Kun yleensä savunpoistoluukut ja -puhaltimet asennetaan vesikatolle, siellä voi ilmetä vesikaton porrastuksien takia esim. kinostumisvaara. Tämä pitää ottaa huomioon luokkutyyppejä valittaessa ja luukkujen sijoittelussa. Savunpoistopuhaltimien ja

savunpoistoluukkujen suojakannen avautuminen ja sen auki pysyminen on varmistettava erilaisissa olosuhteissa, kuten tuulisissa olosuhteissa. Myös savun leviäminen rakennuksen ympäristöön on otettava huomioon. (1, s. 51.)

### 3.1 Painovoimainen savunpoisto

Painovoimaisessa savunpoistossa käytetään hyväksi painovoimaa. Kun kuumat savukaasut nousevat ympäröivää ilmaa kevyempänä katonrajaan, rakennuksen alaosasta avataan korvausilma-aukot, jolloin savukaasut poistuvat seinän yläosaan tai kattoon asennettujen savunpoistoluukkujen avulla. Korvausilma-aukko voi olla ovi tai ikkuna, ja sen pitää olla vähintään yhtä suuri kuin savunpoistoluukku, jotta paine-ero syntyy. Paine-ero saa aikaan savukaasujen virtaamisen ulos ja korvausilman virtauksen sisään. (1, s. 21.)

Painovoimaisen savunpoiston laitteisiin kuuluvat savunpoistoluukut, savunpoistohormit, korvausilma-aukot, savunpoistoikkunat ja savulohkoja muodostavat savusulut sekä savuverhot. Näiden lisäksi järjestelmään kuuluu useasti ohjauskeskukset ja niiden tehon lähteet sekä näiden kaapeloinnit. (1, s. 110.)

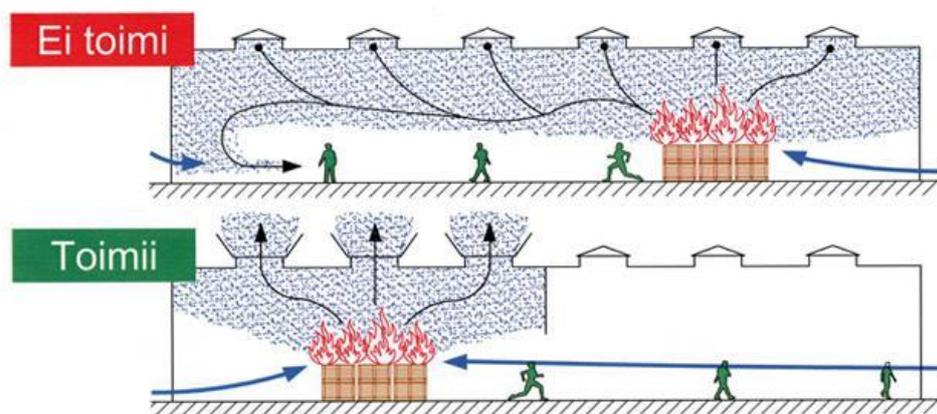
#### 3.1.1 Painovoimaisen savunpoiston suunnittelu

Kun suunnitellaan kohteeseen painovoimaista savunpoistoa, pitää ottaa huomioon luukkujen asennus, käyttö ja huolto. Savunpoistoluukkuja on monia erilaisia, jotka vaihtelevat niin ulkonäöllisesti kuin avausmekanismin kannalta. Luukkuja valittaessa mietitään myös tulevia huoltokustannuksia ja sitä, voiko niitä käyttää muuhun tarkoitukseen, kuten tuuletukseen tai luonnollisen valaistuksen lisäämiseen. Luonnollista valoa haluttaessa voi savunpoistoluukun materiaali olla akryylimuovi, joka päästää valoa tehokkaasti läpi. Jos päivänvaloa saadaan järjestettyä esimerkiksi ikkunoista, voidaan valita murtovarmempi ja kestävämpi metallinen vaihtoehto. (1, s. 110.)

#### 3.1.2 Painovoimaisen savunpoiston toiminta palon eri vaiheissa

Kun palon alkuvaiheessa halutaan varmistaa ihmisten turvallinen poistuminen rakennuksesta, on luukut tai ikkunat avattava tai niiden täytyy aueta heti palon syttymisen jälkeen. Painovoimaisen savunpoiston vahvuus on se, että sen toiminta tehostuu palon

edetessä. Tämä tarkoittaa sitä, että kun kuumat savukaasut lisääntyvät ja nousevat katon rajaan, savunpoistoluukut alkavat poistamaan tehokkaammin niitä. Tämä helpottaa ihmisten poistumista ja palokunnan sammutustöitä, kunhan paloteho pysyy riittävän alhaisena. Kuvan 1 ensimmäisessä osiossa näkyy, mitä tapahtuu, kun savunpoistoluukut eivät toimi ja savusulkua ei ole. Ensimmäisessä osiossa savukaasut pääsevät laskeutumaan henkilöiden tasolle, jolloin heidän turvallisuutensa ja pelastautumisensa vaarantuu. Kuvan 1 toisessa osassa on havainnollistettu, kuinka savunpoistoluukkujen oikea toiminta ja savusulun olemassa olo helpottaa henkilöiden poistumista rakennuksesta turvallisesti.



Kuva 1. Savunpoistoluukkujen ja savusulun merkitys pelastautumisen kannalta. [5.]

Painovoimaista savunpoistoa käytetään yleensä yksikerroksisissa rakennuksissa tai useampikerroksisten rakennuksien ylimmässä kerroksessa. Tämä järjestelmä soveltuu esimerkiksi korkeisiin varastotiloihin ja toimistotiloihin. Toimistotiloissa tehostetaan useasti savunpoistoa savunpoistoikkunoilla luukkujen lisäksi. (1, s. 111.)

Savunpoiston automaattinen käynnistyminen palon alkuvaiheessa varmistetaan savuilmaisimilla. Palokunnan suorittamaa savunpoistoa varten paras valinta savunpoistoluukuiksi ovat yksittäin avautuvat luukut. Nämä luukut aukeavat, kun niihin asennetut lämpösulakkeet laukeavat. Jos rakennus on varustettu automaattisella sammutusjärjestelmällä, palokaasut eivät todennäköisesti pääse vaurioittamaan avausmekanismeja, ja näin ollen lämpösulakkeilla varustettuja luukkuja ei tarvita. Jos rakennuksessa on paljon omaisuutta, automaattinen sammutusjärjestelmä minimoi omaisuuteen kohdistuvat vahingot rajoittamalla tai sammuttamalla palon. Palon jälkeisenä päätavoitteena

painovoimaisella savunpoistolla on rakennuksen tuuletus, eli jälkivahinkojen minimoiminen. (1, s. 112.)

### 3.2 Savunpoistoluukut

Savunpoistoluukkuja voidaan käyttää yksikerroksisissa rakennuksissa tai useampikerroksisten rakennusten ylimmissä kerroksissa. Useampikerroksisten rakennusten savunpoisto voidaan hoitaa tehokkaasti myös porrashuoneiden kautta. Lisäksi savunpoistoa voidaan tehostaa savunpoistokuilujen avulla, joiden yläpäässä on savunpoistoluukku. (1, s. 185.)

Savunpoistoluukkuja valmistetaan eri materiaaleista, ja valitsemalla esimerkiksi akryylimuoviset luukut saadaan niiden avulla lisättyä luonnonvaloa rakennukseen. Akryylimuovista tehdyt luukut ovat suosittuja luonnonvalon läpäisevyyden takia varsinkin sellaisissa toimistotiloissa, joissa ei ole ikkunoita ulos. Toinen suosittu luukkumateriaali on pelti. Peltisiä luukkuja valitaan useasti sen takia, koska ne voidaan maalata erivärisiksi, ja näin ollen ne saadaan sopimaan katon tai seinän värisävyyn. Peltisten luukkujen hyvä puoli on myös se, että ne kestävät paremmin asennuksessa tapahtuvia kolhuja, kun taas akryylimuovista tehtyihin tulee helpohkosti säröjä. Kuvassa 2 näkyy 2-tasokannellinen savunpoistoluukku, joka on murtosuojakaltereilla varustettu. Yleensä savunpoistoluukkuihin vaaditaan nämä kalterit, jotka toimivat murtosuojan ohella myös putoamissuojana.



Kuva 2. 2-tasokannellinen savunpoistoluukku. [6.]

Suunnitteluasiakirjoissa on määritetty savunpoistoluukuille mm. seuraavia ominaisuuksia:

- tehollinen pinta-ala
- lumikuormaluokka
- kuumuudenkestävyysluokka
- tuulikuormaluokka
- luukkujen sijoittaminen. (1, s. 56.)

Näiden lisäksi luukuille määritellään putoamisen estämisyjärjestelyt ja luukun laukaisutapa.

Savunpoistoluukkujen tekniikka ja avausmekanismi määräytyy savunpoistotasojen mukaan. Savunpoistotasossa 1 pyritään käyttämään sellaisia savunpoistoluukkuja, joiden avauslaitteet ovat palokunnan kannalta helposti saavutettavissa. Savunpoistotasossa 2 luukkujen avaaminen tapahtuu savunpoistojärjestelmän ohjauskeskuksen paneelista kytkimen tai painonapin kautta. Vaativimmassa savunpoistotasossa 3 savunpoistoluukkujen avautuminen tapahtuu automaattisesti sekä savunpoistojärjestelmän ohjauskeskuksen paneelista kytkimen tai painonapin kautta. (1, s. 185.)

### 3.2.1 Laukaisulaitteet

Varmin tapa saada savulohkon luukut laukeamaan, on asentaa luukkuihin automaattisesti toimivat lämpö- tai savuilmaisinlaukaisimet. Luukut laukeavat savuilmaisimien reagoidessa savuun, jolloin savuilmaisimet lähettävät signaalin joko suoraan tai paloilmoittimien kautta luukuille. Lämpöilmaisimilla varustetuilla paloilmoittimilla lähetettävä signaali on harvemmin käytetty menetelmä, koska niiden reagoidessa, ilmaan on ehtinyt kertyä jo savukaasuja. Automaattisten laukaisulaitteiden lisäksi voidaan savunpoistojärjestelmään lisätä käsin toimiva laukaisumekanismi. (1, s. 186.)

Jos halutaan, että luukut aukeavat yksitellen, asennetaan niihin lämpösulakkeet, jotka rikkoutuvat, kun niihin kohdistuu tietty lämpötila. Lämmöstä laukeavat sulakkeet tulee

sijoittaa luukun sisälle siten, että ne laukeavat luukun alapuolella liikkuvista kuumista savukaasuista. Lämpösulakkeiden rikkouduttua, vapauttavat ne avauslaitteen tai lukon, jolloin luukut aukeavat. Tällaisia lämmöstä rikkoutuvia sulakkeita ovat metalliset leveysulakkeet, tinasukkasulakkeet, lasiset sulakkeet ja muovisulakkeet. (1, s. 186)

Automaattisten laukaisulaitteiden lisäksi on myös käsin laukaistavat savunpoistoluukut. Jos suunnitteluvaiheessa päätetään valita tämä vaihtoehto, on siinä huomioitava luukun palonkestävyysluokka. Käsin laukaistavat luukut on pystyttävä avaamaan ennen kuin palo saavuttaa luukun palonkestävyysluokkaan määritellyn lämpötilan, tai luukku ei mahdollisesti enää aukea. Tämän takia automaattisilla laukaisulaitteilla varustetut luukut ovat luotettavampia ja yleisempiä.

### 3.2.2 Avauslaitteet

Savunpoistoluukkujen avauslaitteistoa suunniteltaessa on otettava huomioon luukkujen käyttötarkoitus. Jos luukkuja käytetään tuuletukseen, on hyvä valita mekaaninen avauslaite. Mekaanisia avauslaitteita ovat hammastanko- ja ketjuavaaja. Näillä menetelmillä luukut saadaan helposti auki, ja luukkuja voidaan käyttää jokapäiväiseen tuuletukseen. Luukkujen toimivuus varmistuu tällä tavalla hyvin, eikä ole syytä järjestää erikseen testauksia. (1, s. 185.)

Avauslaitteita on myös kaasulla toimivia. Kaasujousilla toimivissa avauslaitteissa avaamiseen käytettävä kaasu on sylinterissä valmiina, joka mahdollistaa toistuvan avausvoiman. Palon syttyessä luukkuun asennettu magneetti, lämpösulake tai muu laukaisulaite vapauttaa kaasujousen pitkäksi, joka on normaalitilanteessa lukittu lyhyeksi, ja näin ollen luukku aukeaa. Luukuissa olevissa kiinteissä kaasusäiliöissä olisi hyvä olla paineenkevennyslaite, joka estäisi mahdollisen kaasusäiliön räjähdysen lämpötilan noustessa liian korkealle. (1, s. 186.) Erillisillä ponnekaasusäiliöillä varustetuissa avauslaitteissa ohjataan ponnekaasu sylinteriin, jolla mahdollistetaan luukun tarvittava aukaisuvoima. Lämpösulakkeen rikkoutuessa ponnekaasupullo avautuu iskurin avulla. Ongelmana ponnekaasusäiliöiden käytössä on niiden oikea mitoitus. Ponnekaasusäiliöt täytyy mitoittaa erittäin tarkasti. Jos mitoitus jää liian pieneksi, sylinteri ei jaksaa avata luukkuja. Mitoituksen ollessa liian suuri, luukku saattaa lähteä irti aiheuttaen onnettomuusvaaran ympärillä oleville. (1, s. 186.)

### 3.3 Koneellinen savunpoisto

Koneellisessa savunpoistossa kuumat savukaasut poistetaan rakennuksesta ulkoilmaan kattoon tai seinän yläreunaan asennetuilla savunpoistopuhaltimilla ja mahdollisilla savunpoistokanavilla [1, s. 115].

Koneellisen savunpoiston laitteisiin kuuluvat savunpoistopuhaltimet, savunpoistokanavat ja kanaviin asennetut savunhallintapellit, korvausilma-aukot tai -puhaltimet sekä savulohkojen muodostamiseen tai savun ohjaukseen käytettävät savusulut ja -verhot. Näiden lisäksi koneelliseen savunpoistokokonaisuuteen kuuluvat tarvittavat ohjauskeskukset, tehon lähteet ja niihin kuuluvat kaapeloinnit. (1, s. 116.)

Koneellinen savunpoisto soveltuu mainiosti rakennuksiin, joissa on laskettu, että savupatjan keskimääräinen lämpötila on suhteellisen alhainen. Tämä takaa koneellisen savunpoistojärjestelmän pitkäaikaisen keston, jolloin savunpoisto toimii mahdollisimman pitkään. Käyttökohteita koneellisella savunpoistolla on useita. Sitä voidaan käyttää korkeiden tilojen savunpoistossa ja useampikerroksisten rakennusten alimmissa kerroksissa. Kanavointimahdollisuuden ansiosta se soveltuu myös yksittäisten huoneiden savunpoistoon. Parhaimman tehon koneellisesta savunpoistosta saa rakennuksessa, joka on varustettu automaattisella sammutusjärjestelmällä, kuten sprinklereillä. Sammutusjärjestelmä pitää lämpötilan alhaisena, joka mahdollistaa savunpoistojärjestelmän toiminnan. (1, s. 116.)

Yksittäisten tilojen paineistus on koneellisella savunpoistojärjestelmällä mahdollista. Tätä käytetään usein monikerroksisissa rakennuksissa porrashuoneessa ja rakennuksissa, joissa on monimutkaiset tai pitkät poistumisreitit. Nämä tilat ylipaineistetaan, jolloin savu ei pääse näihin tiloihin, ja poistuminen on turvallista. (1, s. 51.)

#### 3.3.1 Koneellisen savunpoiston suunnittelu

Koneellinen savunpoisto on suunniteltu toimivaksi palon aikana, joten laitteistokokonaisuus ja sen toimivuus on turvattu. Laitteiston komponentit, kuten moottorit, on valittava tähän sopivaksi. Myös virransyöttökaapelit täytyy sijoittaa siten, että ne eivät ole suoraan alttiita palolle. Yleensä kaapeleilta vaaditaan palonkestävyyttä. (1, s. 115.)

Savunpoistopuhaltimien ja kanavien täytyy kestää pitkäaikaista lämpörasitusta, joka määritetään savupatjan lämpötilan mitoituksen avulla. Laitteiden tiivisteet, kiinnikkeet ja tärinäeristeet on tehtävä palamattomasta materiaalista. (1, s. 116.) Kun CE-merkintä tuli pakolliseksi rakennustuotteisiin, se merkitsi sitä, että kaikki puhaltimet on testattava samalla tavalla. Savunpoistopuhaltimien toimivuus testataan eri lämpötila- ja aikaluokkiin. Tämä tarkoittaa sitä, että puhaltimet helpottavat henkilöiden pelastamista ja palokunnan toimintaa sitä pidempään, mitä korkeampaan lämpötila- ja aikaluokkaan ne on luokiteltu (1, s. 116). Kuvassa 3 on Fläktwoods-savunpoistopuhallinvalmistajan testauskriteerit puhaltimien lämpötila-/aikaryhmistä. Tämän mukaan Pohjoismaissa ja Baltian maissa paloviranomaiset vaativat savunpoistopuhaltimilta ja niiden muilta komponenteilta 350 °C:n lämpötilan keston yhden tunnin ajan.

**KUUSI LÄMPÖTILA-/AIKARYHMÄÄ +150°C ... 600°C**  
 -täyttävät eri maiden ja eri tilanteiden asettamat vaihtelevat vaatimukset.  
 \*Suomessa kuten myös osassa Pohjoismaita ja Baltian maissa vaatimus on +350°C/1 h

LÄMPÖTILA °C	AIKA h	RYHMÄ	KÄYTETTÄVÄT PUHALLINTYYPI
150	2.0	HT-150/2	JM HT AEROFOIL VAROFOIL
250 300	2.0 0.5	HT-300/0.5	JM HT AEROFOIL VAROFOIL (+) +) MAX +250°C
300	1.0	HT-300/1.0	JM HT AEROFOIL
<sup>3</sup> 350	1.0	HT-350 1.0	JM HT AEROFOIL
400	2.0	HT-400/2.0	JM HT AEROFOIL
600	1.5	HT-600/1.5	Koteloitumoottorinen. **(Moottori erotettu savusta kotelolla) Tiedot pyydettyessä.

\*\*JTYYPIT 1BUBF ... 4BUBF, ilmavirtaus 0.5 ... 25 m/s.

Kuva 3. Savunpoistopuhaltimien lämpötila-/aikaryhmät [7, s. 4].

Kuten painovoimaisessa savunpoistossa, myös koneellisessa savunpoistossa otetaan huomioon savunpoistolaitteiden asennus, käyttö ja huolto. Laitteita valittaessa on hyvä miettiä tulevia huoltokustannuksia sekä laitteiston mahdollista käyttämistä rakennuksen ilmanvaihdon apuna.

### 3.3.2 Koneellisen savunpoiston toiminta palon eri vaiheissa

Kun savunpoistolla turvataan henkilöiden poistumisturvallisuus, koneellinen savunpoisto toimii niin, että se käynnistyy tai käynnistetään heti palon syttymisen jälkeen. Puhaltimet alkavat poistamaan savua välittömästi savun nousua tarpeeksi lähelle puhaltimia

ja näin ollen henkilöille annetaan lisää aikaa poistua palavasta rakennuksesta. (1, s. 116.)

Omaisuuksivahinkojen torjunnan apuna käytetään savunpoistopuhaltimia, jotka toimivat korkeissa lämpötiloissa pidempään. Toistaiseksi ei ole olemassa koneellista savunpoistojärjestelmää, joka toimisi täyden palamisen vaiheessa. Jos rakennuksessa on paljon omaisuutta, jota halutaan varjella, on automaattinen sammutusjärjestelmä tehokkain ratkaisu sammuttamaan tai rajoittamaan paloa. Koneellinen savunpoisto on hyvä olla automaattisen sammutusjärjestelmän lisäksi, koska se poistaa tehokkaasti sammutuksesta syntyviä haitallisia savukaasuja. Tällä yhdistelmällä myös savuvahingot jäävät pieneksi. (1, s. 116.)

Savunpoistoa suunniteltaessa on otettava erityisesti huomioon korkeat tilat. Savukaasujen lämpötila laskee katon alapuolella, mistä johtuen ilmavirtaus heikkenee ja se vaikuttaa negatiivisesti savukaasujen poistumiseen. Tässä kohtaa koneellisen savunpoiston kanavointi pääsee oikeuksiinsa, koska sillä voidaan ratkaista korkeiden tilojen savun kerrostumiseen liittyvät ongelmat. (1, s. 116.)

Jos koneellisen savunpoistojärjestelmän laitteet ovat säilyneet palossa vaurioitumatta, voidaan niitä käyttää palon sammutuksen loppuvaiheessa tai sen jälkeen savutuuletukseen. Tässä vaiheessa tuuletuksen päätavoite on jälkivahinkojen minimointi.

### 3.4 Savunpoistopuhaltimet

Savunpoistopuhaltimia käytetään palon alkuvaiheessa kuumien savukaasujen poistoon ja palon sammutuksen jälkeen niitä käytetään savutuuletukseen. Savunpoistopuhaltimet poistavat myös erittäin tehokkaasti kylmiä savukaasuja, toisin kuin savunpoistoluukut. Puhaltimia voidaan käyttää myös normaalin ilmanvaihdon apuna. Tällöin puhaltimet asennetaan käyttäen joustavia liittimiä ja tärinänvaimentimia. Liittimien ja tärinänvaimentimien täytyy täyttää samat lämpötilan kestävyden osalta asetetut vaatimukset, jotka on asetettu puhaltimille. Jos puhaltimia käytetään vain palon sattuessa, asennetaan ne kiinteästi. (1, s. 195.)

Puhaltimet voivat olla joko aksiaali- tai keskipakoispuhaltimia tai huippuimureita. Puhaltimet voidaan asentaa palotilan ulkopuolelle, jolloin kuumat savukaasut eivät rasita niitä

ulkopuolelta, tai palotilaan, jolloin savukaasut rasittavat niitä sisä- ja ulkopuolelta. Jos mahdollista, puhaltimet olisi hyvä sijoittaa aina palotilan ulkopuolelle, koska se pidentää puhaltimien toimintakykyä. Savunpoistopuhaltimien tulee kestää jatkuvaa käyttöä normaalilämpötilassa. (1, s. 196.)

Savunpoistopuhaltimien suorituskyky riippuu mm. savukaasujen lämpötilasta, tuulen vaikutuksesta, käytön ajankohdasta, korvausilma-aukkojen koosta sekä järjestelmän sijainnista ja kunnosta. Savunpoistopuhaltimien on täytettävä standardin SFS-EN 12101-3 mukaiset luokkavaatimukset. (1, s. 196.)

SFS-EN 12101-3 mukaiset luokkavaatimukset ovat seuraavat:

- käynnistystapa
- ympäristöolosuhdeluokka
- jäähdytysilmajärjestelyt ja rakenne
- normaalissa lämpötilassa tapahtuva jatkuva käyttö
- normaalissa lämpötilassa toteutuva ilmavirta
- moottorin lämpötilaluokka
- staattinen paine ja tätä vastaava lämpötila
- lumi- ja tuulikuormaluokka
- kuumuudenkestävyysluokka, joka koskee myös tärinänvaimentimia ja liittimiä
- merkintävaatimukset. (1, s. 58.)

Kaikille savunpoistopuhaltimille on määritetty lämpötila- ja aikaluokitus, esim. F400 tai F600, joissa 400 ja 600 tarkoittavat lämpötila-asteita (°C). F400-luokan puhaltimien luokituksessa tulee näkyä mimitoiminta-aika, F400 (90) tai F400 (120), joissa sulkeissa olevat numerot tarkoittavat minuutteja. Pääperiaatteena on, että lämpötilaluokan

valinnassa käytetään valintaperusteena savupatjan enimmäislämpötiloja, joita on käytetty mitoitusperusteena. (1, s. 197.)

### 3.5 Vesisammutusjärjestelmät

Vesisammutusjärjestelmät auttavat omalla toiminnallaan palokunnan sammutustehtäviä ja suojelevat ihmisten poistumista palavasta rakennuksesta. Sammutusjärjestelmästä tuleva vesisuihku rajoittaa palon leviämistä viilentämällä ja kastelemalla palavan alueen. Kun palon leviäminen on rajoitettu, henkilöiden turvallinen poistuminen on taattu ja palokunnan sammutustyöt helpottuvat. Oikein suunniteltuna ja toteutettuna vesisammutusjärjestelmän ja savunpoiston yhdistelmä toimii erittäin tehokkaasti. Jotta yhdistelmä voidaan ottaa käyttöön ja että se toimii moitteettomasti, täytyy ottaa useita eri tekijöitä huomioon. (8, s. 2.)

#### 3.5.1 Vesisammutusjärjestelmien toimintaperiaate

Vesisammutusjärjestelmässä käytetään hyväksi veden lämmönsitomiskykyä. Suihkuttamalla palavaan kohteeseen vettä sammutusvesi sitoo itseensä lämpöä samalla viilentäen palavaa kohdetta. Vesipisaran koolla on suuri merkitys palon sammutuksessa. Mitä suurempi vesipisaran pinta-ala on, sitä nopeammin se kuumenee ja höyrystyy. Tämä johtuu siitä, että vesi lämpenee ja alkaa höyrystyä vain veden pinnasta. Palavan kohteen lämpötilan laskemiseen pienet pisarat ovat siis tehokkaampia kuin suuret pisarat. Täytyy kuitenkin muistaa, että suuret pisarat taas pääsevät tunkeutumaan helpommin palavien savukaasujen läpi palopesäkkeeseen, jolloin ne tehostavat sammutusta paremmin kuin pienet pisarat. Sammutusjärjestelmä rajoittaa palon leviämistä suihkuttamalla vesipisaroita palokohteeseen ja samalla kastelee sen ympäristön. (8, s. 1.)

Sprinklerijärjestelmä laukeaa sprinklerisuuttimiin asennettujen laukaisuelementtien, kuten lasikapselien, reagoidessa lämpöön, jota savu- ja palamiskaasut kuljettavat katon rajaan. Sprinklerijärjestelmän laukaisu tapahtuu yleensä yksilöllisesti laukeaviin suuttimiin, jolloin vain palokohteessa lämmölle altistuneet suuttimet laukeavat. Alue- laukaisusprinklerilaitteistossa koko sammutettavan alueen suuttimet laukeavat samaan aikaan. (8, s. 1–2.)

### 3.5.2 Vesisammutusjärjestelmien käyttö ja rajoitukset

Sprinklerijärjestelmän lauetessa lämpösulakkeesta täytyy sprinklerin kohdalla olla tarpeeksi korkea lämpötila ja ilmavirtaus, jotta järjestelmä alkaa toimia. Sammutuksen käynnistymisen ongelmaksi muodostuvat tulipalot, joissa syntyy erittäin paljon savua mutta vain vähän lämpöä. Tällaisissa paloissa sammuttamisen alkaminen ei ole mahdollista, jos suuttimet eivät pääse laukeamaan eikä vesi pääse tulipesäkkeeseen. (8, s. 2.)

Toimintatapansa takia sprinklerijärjestelmät eivät toimi kunnollisesti korkeissa rakennuksissa, jos ne on asennettu vain kattoon. Esimerkiksi korkeissa varastotiloissa sprinklerijärjestelmän toimivuuden tehostamiseksi asennetaan sprinklerit myös seinille tai hyllyihin. Tällä tavalla varmistetaan, että sprinklerit antamat riittävän suojauksen rakennukselle ja henkilöille. (8, s. 2)

Vesisammutusjärjestelmiä on useita erilaisia. ESFR-sprinklereiden (ESFR= Early Suppression Fast Response, Aikainen tukahduttaminen, nopea reaktio) toiminta perustuu siihen, että heti palon alkuvaiheessa sprinklereistä purkautuva vesi pääsee hyökkäämään palopesäkkeeseen ja tukahduttamaan palon. (8, s. 2.) Kuten tämän järjestelmän nimikin kertoo, on erittäin tärkeää, että järjestelmä laukeaa heti palon alkuvaiheessa.

Tiloihin, joiden korkeus ylittää 15 metriä, soveltuu hyvin aluelaukaisusprinklerilaitteisto. Tämä sen takia, että se takaa lauetessaan riittävän voimakkaan ja leveän sammutusveden tulon, jolloin se suojaa alueita, jotka eivät ole vielä altistuneet palolle ja sammuttaa paloa leveällä rintamalla. (8, s. 2.)

Vesisumusammutusjärjestelmät tuottavat pieniä vesipisaroita, jotka sitovat hyvin lämpöä, mutta ne eivät pääse palopesäkkeeseen asti kovin tehokkaasti. Voimakkaissa ilmavirtauksissa tämä järjestelmä ei ole myöskään kovin tehokas, koska ilmavirrat voivat viedä pienet pisarat pois palavan alueen ulkopuolelle. (8, s. 2.)

Vesisammutusjärjestelmät eivät toimi yleensä kohteissa, joissa on kaasupaloja tai aineita, jotka kehittävät lämpöä tai vaarallisia aineita reagoidessaan veden kanssa. (8, s. 2.) Tämän takia vesisammutusjärjestelmiä suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon rakennettavan kohteen käyttö ja siellä pidettävät materiaalit.

### 3.5.3 Savunpoistojärjestelmien ja vesisammutuksen yhdistelmä

Kun savunpoistojärjestelmiä ja vesisammutusta käytetään yhdessä, on kummankin järjestelmän laukeamistapa otettava huomioon. Kun aluelaukaisusprinklerilaitteisto voidaan laukaista joko savun tai lämmön vaikutuksesta, sprinklerijärjestelmä laukeaa vain lämpötilan noususta. Aluelaukaisusprinklerilaitteisto on siis laukaisutapansa puolesta monikäyttöisempi kuin sprinklerijärjestelmä. Vesisammutus ja savunpoisto voidaan järjestelmistä riippuen laukaista manuaalisesti tai automaattisesti. (8, s. 5.)

Savunpoistojärjestelmien ja vesisammutuksen laukaisujärjestys riippuu siitä, mitkä ovat näiden ensisijaiset suojaustavoitteet. Jos halutaan, että savunpoisto auttaa palavan kohteen sammutuksessa ja samalla vähentäen rakenteisiin kohdistuvaa lämmön aiheuttavaa rasitusta, laukaistaan savunpoistojärjestelmä manuaalisesti vasta vesisammutusjärjestelmän lauettua. Kun käytetään aluelaukaisusprinklerilaitteistoa ja koneellista savunpoistoa tai savuilmaisimiin perustuvaa savunpoistojärjestelmää, on lähes samanaikainen järjestelmien laukaisu tämän yhdistelmän kannalta paras vaihtoehto. Näiden järjestelmien laukeaminen voidaan toteuttaa siten, että nämä järjestelmät kytketään toisiinsa. Koneellisen savunpoiston laukaisuimpulssi voidaan ohjata kulkemaan aluelaukaisusprinklerilaitteiston hälytysventtiilin kautta, jolloin aluelaukaisusprinklerilaitteisto käynnistyy heti koneellisen savunpoiston jälkeen. Nämä molemmat järjestelmät voidaan käynnistää myös laukaisumekanismin välityksellä, joka on yhdistetty savuilmaisimiin. (8, s. 5.)

Kun henkilöiden turvallinen poistuminen on ensisijaisen tärkeää, käynnistetään savunpoistojärjestelmä ennen vesisammutusjärjestelmää. Jotta tämä suoritusjärjestys onnistuisi, tulee savunpoistojärjestelmässä olla savuilmaisin, joka laukaisee savunpoiston. Yleinen suositus on, että 400 m<sup>2</sup>:n alueelle asennetaan yksi savuilmaisin. Jos kuitenkin halutaan varmistus siitä, että savunpoistojärjestelmä laukeaa ennen vesisammutusjärjestelmää, on savuilmaisimia asennettava yksi 200 m<sup>2</sup>:n aluetta kohti. Kun savunpoisto laukaistaan ennen sammutusjärjestelmää, on laitteistojen asennuksessa otettava huomioon, että sammutusjärjestelmä ei häiritse savun poistumista. Tämä tarkoittaa sitä, että sammutusjärjestelmää ei kannata asentaa suoraan savun poistumiselle tarkoitetun kohdan alapuolelle, jolloin savu ei pääse poistumaan palavasta kohteesta. Koneellista savunpoistoaakaan ei kannata asentaa lähelle sprinklerin suuttimia, koska se voi vaikuttaa vesipisaroiden kulkemiseen palopesäkkeestä pois. (8, s. 5.)

ESFR-sprinklerijärjestelmää käytettäessä savunpoiston yhteydessä tulee savunpoiston laueta aina vasta sprinklerijärjestelmän lauettua. Savunpoisto voi häiritä herkästi toimivaa ESFR-järjestelmää, ja siksi näiden yhdistelmien käyttöä täytyy suunnitella huolellisesti. Taulukossa 1 on havainnollistettu erilaiset savunpoiston ja vesisammutusjärjestelmien yhdistelmämahdollisuudet. (8, s. 6.)

Taulukko 1. Savunpoisto- ja vesisammutusjärjestelmien erilaiset yhdistelmämahdollisuudet [8, s. 6].

	Sprinkleri	ESFR	Aluelaukaisu	Vesisumu
<b>Koneellinen savunpoisto</b>	Mahdollinen, kun pitää mielessä ristituuletuksen	Rajoitetusti mahdollinen, katso Factory Mutual ohje kohta 22 koskien ilmanvaihtoa	Mahdollinen määrättyissä olosuhteissa, laukeaa vain sprinklerin hälytysventtiilin välityksellä	Yhdistelmää ei yleensä suositella
<b>Luonnollinen savunpoisto, laukaisu savuilmamaisimista</b>	Yhdistelmä mahdollinen ja hyödyllinen, kun pitää mielessä järjestelyt	Ei suositella	Mahdollinen ja hyödyllinen, kun pitää mielessä järjestelyt ja samanaikaisen laukaisun	Yhdistelmää ei yleensä suositella
<b>Luonnollinen savunpoisto, laukaisu lämpösulakkeesta</b>	Yhdistelmä mahdollinen ja hyödyllinen, kun pitää mielessä järjestelyt <sup>1</sup>	Savunpoistojärjestelmän laukaisu ESFR: n jälkeen (ESFR: 68 °C, RTI <50; savunpoistojärjestelmä 141°, RTI >80). Huomioitava rakenteelliset vaatimukset	Yhdistelmä mahdollinen ja hyödyllinen, kun pitää mielessä järjestelyt	Yhdistelmää ei yleensä suositella
<b>Luonnollinen savunpoisto, manuaalinen laukaisu</b>	Hyödyllinen yhdistelmä	Hyödyllinen yhdistelmä	Hyödyllinen yhdistelmä	Mahdollinen määrättyissä olosuhteissa

Kuten taulukosta 1 näkyy, savunpoiston ja vesisammutusjärjestelmän yhdistelmää ei käytetä kovinkaan useasti. Tämän yhdistelmän suurin heikkous on se, että ilmavirta saa pienet pisarat poikkeamaan niille suunnitellusta suunnasta. Tätä yhdistelmää voidaan harkita toteutettavaksi vain silloin, kun savunpoisto voidaan laukaista manuaalisesti.

### 3.6 Korvausilma-aukot ja savunpoistoikkunat

Savunpoistoa varten rakennuksessa pitää olla korvausilma-aukkoja. Korvausilma-aukot voivat olla ovia, ikkunoita tai luukkuja ja niiden avaustapa voi olla automaattinen tai manuaalinen. Korvausilma voidaan toteuttaa myös koneellisen savunpoiston yhteydessä korvausilmapuhaltimilla. Tuotanto- ja varastorakennuksissa korvausilma-aukkoina käytetään usein isoja nosto-ovia, joista virtaa riittävästi ilmaa rakennukseen. Korvausilma-aukoista virtaa huonetilaan poistettavaa savukaasun tilavuutta vastaava määrä puhdasta ympäröivää ilmaa, jonka jälkeen savunpoisto alkaa toimia tehokkaasti. Savunpoisto täytyy suunnitella siten, että korvausilma-aukot aukeavat ennen savunpoiston laukaisua. Korvausilma-aukot täytyy sijoittaa siten, että ne ovat savupatjan alapuolisessa savuttomassa kerroksessa, jotta ne eivät ala puhaltaa savukaasuja savuttomaan kerrokseen. (1, s. 175.)

Savunpoistoikkunoita voidaan käyttää esimerkiksi varastorakennusten toimistotiloissa. Savunpoistoikkunat voivat olla automaattisesti tai manuaalisesti aukeavia. Toimistotiloissa on usein kiinteillä kahvoilla varustetut savunpoistoikkunat, jolloin ne on nopea ja helppo avata. Näissä ikkunoissa on myös yleensä savunpoistoikkuna-tarroja, jolloin näiden erottaminen normaaleista ikkunoista helpottuu. Rikottavia savunpoistoikkunoita tulisi välttää, sillä niistä putoavat lasinsirut aiheuttavat vaaratilanteita palomiehille ja rakennuksesta poistuville henkilöille. (1, s. 185–194.)

### 3.7 Savusulut

Savusulut voivat olla kiinteärakenteisia seinämiä, esimerkiksi katon kannattajiin kiinnitettyjä seinämiä, tai palonkestäviä savuverhoja, jotka vasta palotilanteessa laskeutuvat alas. Savusulkujen tulee ulottua 0,1–0,5 metriä mitoituslaskelmissa saadun savupatjan alapuolelle. (1, s. 62.) Rakennuksen palo-osasto jaetaan yleensä savusuluilla 2 000 m<sup>2</sup>:n kokoiisiin savulohkoihin käytettäessä savunpoistoluukkuja ja 2 600 m<sup>2</sup>:n savulohkoihin käytettäessä savunpoistopuhaltimia. (1, s. 62.)

Savusulut ohjaavat palokaasujen liikkumista rakennuksessa. Savusulut ovat erittäin tärkeä osa koko savunhallintajärjestelmää, sillä jos savusulut eivät toimi, ei koko savunpoistojärjestelmä toimi sille suunnitellulla tavalla. (1, s. 63.) Jos taas savunpoistolaitteisto ei toimi, savusulut pitävät palon alkuvaiheessa savun savulohkon sisällä. Näin

ollen savusulut helpottavat omalla toiminnallaan pelastus- ja sammutustöitä sekä turvaavat henkilöiden poistumisen rakennuksesta tietyn ajan.

Savusulkujen eri käyttökohteita ovat muun muassa savun eristäminen savulohkoihin, erilaisten aukkojen sulkeminen, savupatjan kanavointi tiettyyn suuntaan sekä käytävien ja porrashuoneiden sulkeminen. Savusulkujen kohdalle ei saa sijoittaa palokuormaa, koska sen syttyessä savukaasut leviäisivät heti palon alkuvaiheessa kahdelle savulohkolle. Jos tämä ei ole mahdollista, täytyy savusulkujen kohdalla olevat palokuormat ottaa huomioon savunpoiston mitoitusperusteita määritettäessä. (1, s. 62.)

Kun suunnitellaan savusulkuja, suunnittelun lähtökohtana on käyttää mahdollisimman korkeita savusulkuja, kuitenkin niin, että ne eivät haittaa rakennuksen käyttötarkoitusta. Rakennuksen käyttötarkoitus otetaan siis huomioon ensimmäiseksi savusulkuja suunniteltaessa. Muita tärkeitä huomioon otettavia asioita savusulkujen suunnittelussa ovat muun muassa varmistaa savuttoman vyöhykkeen riittävä korkeus savupatjan ollessa alle kriittisen lämpötilan ja varmistaa savukaasujen pysyminen savulohkon sisällä. (1, s. 63.)

## 4 Nykytilanne

Savunpoistolaitteiston hankinta saattaa olla rakentamisen huomattava kustannuserä. Tämän takia on erittäin tärkeää, että jo rakennuksen suunnittelun alkuvaiheessa otetaan huomioon savunpoistoa koskevat vaatimukset. Kun hanke lähtee etenemään, valitaan rakennukseen tarkoituksenmukainen sekä kustannustehokas savunpoistomenetelmä. (1, s. 14.)

### 4.1 Savunpoistomenetelmän valinta tuotanto- ja varistorakennuksiin

Ensisijaisesti tuotanto- ja varistorakennuksiin valitaan painovoimainen savunpoisto, ja koneellinen savunpoisto valitaan yleensä vain siksi, että koko rakennusta ei ole mahdollista toteuttaa painovoimaisella savunpoistolla. Tällaisissa rakennuksissa käytetään siis molempia savunpoistomenetelmiä. Yleensä painovoimaista- ja koneellista savunpoistoa käytetään yhdessä sellaisissa rakennuksissa, joissa on useita kerroksia, toisen kerroksen toimistotilat ovat parvella tai rakennuksessa on tiloja, joissa painovoimaista savunpoistoa ei ole mahdollista toteuttaa. Sellaisia tiloja ovat muun muassa tilat, jotka

ovat rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa ja sisältävät palavaa materiaalia tai koneita, jotka voivat syttyä palamaan. Kun rakennuksessa käytetään molempia menetelmiä, täytyy muistaa, että koneellista ja painovoimaista savunpoistoa ei voi asentaa samaan tilaan.

Savunpoistomenetelmän valinta tehdään aina kohdekohtaisesti. Oikean menetelmän valintaan vaikuttavat paloviranomaiset, palokonsultti, urakoitsija ja rakennuttaja. Näiden henkilöiden tavoitteena on tuottaa rakennukseen turvallinen, kustannustehokas ja pitkäikäinen savunpoistomenetelmä.

#### 4.2 Savunpoistomenetelmien riskit, kustannukset, käyttö ja huolto

Savunpoistosta tehdään lähes poikkeuksetta riskikartoitus, ja tämän ensisijainen tehtävä on kartoittaa, mitkä ovat savunpoiston tavoitteet, tarkoitukset ja tehtävät. Riskikartoituksen yhteydessä pyritään arvioimaan, mitä paloturvallisuusviranomaisten vaatimuksia savunpoistolla voidaan toteuttaa, ja mitä ei. (1, s. 27.) Tässä kartoituksessa luetaan savunpoistoon liittyvät riskit ja kartoituksen tarkastelujaksona on useasti koko rakennuksen elinkaari rakentamisvaiheesta rakennuksen purkuvaiheeseen. Savunpoiston riskikartoitukseen voidaan valita muun muassa rakennuskohteessa tapahtuvat tulipalot ja niiden vaikutukset, laitteet ja järjestelmät sekä savunpoistolaitteiden toiminta. (1, s. 27.) Riskikartoituksella pyritään ennakoimaan kaikki mahdolliset riskit, jotka voivat vaikuttaa rakennuksessa olevien henkilöiden turvallisuuteen ja omaisuusvahinkoihin. Siinä otetaan kantaa esimerkiksi savunpoiston mahdollisuuksiin saavuttaa asetetut tavoitteet, savunpoistolaitteiden toimintavarmuuteen ja tulipalon syttyessä palokunnan sammutusmahdollisuuksiin. (1, s. 27.)

Mestarityötä varten haastateltiin kahta palokonsulttia ja urakoitsijaa, joka toteuttaa koneellisia savunpoistoja rakennuksiin. Haastattelujen tarkoituksena oli saada pohjatietoa muun muassa savunpoistomenetelmien kustannuksista ja näiden riskeistä sekä savunpoistomenetelmien laskentatavoista. Haastatteluja tehdessä selvisi savunpoistomenetelmien erilaisia riskejä ja tietoa niiden kustannuksista. Painovoimaisessa savunpoistossa suurimmat riskit ovat niiden moottoreiden toimimattomuus. Varsinkaan porrashuoneiden savunpoistoluukkujen tai -ikkunoiden moottorit eivät toimi kovinkaan usein, ja tämä aiheuttaa vaaratilanteita turvallisen poistumisen kannalta sekä palokun-

nan sammutustoimenpiteiden osalta. Koska palokunta käyttää usein porrashuoneita hyökkäysreitteinä, olisi tärkeää, että porrashuoneen savunpoisto toimisi kunnolla.

Vesikatolle asennetut savunpoistoluukut rikkovat umpinaisen kattorakenteen, ja näin ollen lisäävät mahdollisia vuotokohteita. Näiden vuotokohtien korjaus on huomattava kustannuserä, ja yksi tämän mestarityön tavoitteista onkin selvittää, olisiko koneellinen savunpoisto kaikki kustannukset huomioon ottaen kustannustehokkaampi ratkaisu kuin painovoimainen savunpoisto. Savunpoistoluukkuja voidaan vähentää asentamalla kohteeseen automaattinen sammutusjärjestelmä tai savunpoistoikkunoita. Näiden avulla luukkujen määrää voidaan vähentää jopa puolella.

Koneellisen savunpoiston ehkäpä isoin riski on sen käyttäminen ja virran saaminen. Jos savunpoisto täytyy laukaista ohjauskeskuksesta, rakennuksessa olevat ihmiset eivät välttämättä ole koulutettuja sen käyttämiseen ja kun palokunta tulee paikalle, on sillä kiire sammuttaa palo, jolloin ei ehditä käynnistää savunpoistoa. Palokunnan henkilöstöäkään ei ole välttämättä koulutettu käynnistämään savunpoistoa ohjauskeskuksesta. Koneelliselle savunpoistolle olisi hyvä järjestää sähkövirran saanti rakennuksen normaalin sähkövirran lisäksi, koska tulipalon sattuessa savunpoiston normaali virran-saanti voi tuhoutua. Myös erilaiset laukaisutavat voivat aiheuttaa riskejä. Jos tulipalossa aiheutuu paljon savua, mutta ei lämpöä, lämpösulakkeella varustetut laukaisimet eivät välttämättä reagoi tähän. Oikean laukaisimen valinta on siis erittäin tärkeää. Koneellisen savunpoiston kustannuksista kysyttäessä palokonsultit kertoivat, että normaaleissa tuotanto- ja varastorakennuksissa on vaikeaa saada koneellinen savunpoisto kannattamaan.

Rakennuksen savunpoiston käyttö ja huolto ovat kiinteistön omistajan vastuulla. Savunpoistolaitteiden käyttö- ja huolto-ohje muodostuu rakennushankkeen aikana eri tahojen kokoamista asiakirjoista, jotka kootaan yhdeksi ohjeeksi ja luovutetaan kiinteistön omistajalle. Näissä ohjeissa esitetään savunpoistolaitteistojen edellyttämät hoito-, huolto- ja kunnossapitotehtävät sekä niille tehtävät tarkastukset ajankohtineen. Ohjeen laatijoihin kuuluu laitteiden suunnittelijat ja niiden asentajat sekä tavarantoimittajat. Käyttö- ja huolto-ohjeilla varmistetaan, että kiinteistön omistaja voi pitää laitteet koko ajan toimintakuntoisina. Savunpoistolaitteiden asennuksesta vastaava yritys on velvollinen kouluttamaan laitteiden käyttöä ja huoltoa varten vähintään kaksi henkilöä, joista tulee laitteiston vastuuhenkilöitä. Tähän koulutukseen sisältyy laitteiden kausitarkastukset ja näiden kirjaaminen päiväkirjaan sekä toimenpiteet palon aikana ja sen jälkeen. (1, s.

224.) Savunpoistolaitteisto on huollettava vähintään kerran vuodessa, ja sen tekee kiinteistön omat koulutetut henkilöt tai savunpoistolaitteiden asennus- tai huoltoliike. Savunpoistoluukkujen ja -ikkunoiden huollossa tarkastetaan niiden avattavuus ja avausmekanismit, saranoiden kiinnitys ja tiivisteiden pitävyys. Savunpoistopuhaltimien huollossa tarkastetaan laitteiden käynnistyminen laukaisutilanteessa ja korvausilmajärjestelmän toimivuus. Tämän lisäksi mahdolliset savunpoistokanavat puhdistetaan tiettyin aikavälein, joka on korkeintaan 10 vuotta. (1, s. 229.)

## 5 Tutkimusmenetelmät

Tämän mestarityön tutkimusmenetelminä käytettiin eri kirjallisuustietokantoja, aikaisempien kohteiden kustannustietoja ja haastatteluja. Työn alussa selvitettiin ensimmäiseksi, millaisen ohjeen YIT Rakennus Oy haluaa savunpoistomenetelmien kustannusvertailuun. Tarkoituksena on tuottaa yksinkertainen ohje, jonka pohjalta voidaan antaa nopeasti ja vaivattomasti asiakkaille tiedot, millaisista kustannuksista puhutaan asiakkaiden kohteessa ja onko painovoimainen vai koneellinen savunpoisto parempi vaihtoehto kyseiseen kohteeseen. Tämän jälkeen selvitettiin eri kirjallisuustietokannoista savunpoiston perusteet ja haastatteluiden avulla saatiin ammattilaisten näkökulmaa tämän työn pohjaksi.

### 5.1 Kirjallisuus

Työn alussa keskityttiin teorian hankintaan, jotta savunpoistomenetelmät, savunpoisto ja määräykset tulisi tutuksi. Tämän mestarityöraportin pohjana käytettiin hyvin pitkälti RIL 232-2012:ta, koska siitä löytyi erittäin paljon hyödyllistä tietoa savunpoistosta. E2 Suomen rakentamismääräyskokoelma keskittyy nimenomaan tuotanto- ja varastorakennuksiin, joita tämä tuleva ohje koskee. Nämä molemmat aineistot olivat suuri osa tämän työn teoriaosuutta.

#### 5.1.1 E2 Suomen rakentamismääräyskokoelma - Tuotanto ja -varastorakennusten paloturvallisuus

E2 Suomen rakentamismääräyskokoelmasta löytyi erittäin paljon hyödyllistä tietoa tätä mestarityötä varten. Tästä rakentamismääräyskokoelmasta otettiin ohjeavot, jolla mitoitetaan savunpoistoon soveltuvien aukkojen kokonaispinta-ala. Tämän työn laskel-

missa ja lopullisessa ohjeessa käytettiin Palovaarallisuusluokan 1 prosentuaalisia arvoja. Myös palo-osastojen suurin sallittu koko saatiin tämän ympäristöministeriön kirjoittaman asetuksen avulla selville.

### 5.1.2 RIL 232-2012

RIL 232-2012 toimi tämän työn perustuksena. RIL 232-2012-kirjasta oli erittäin paljon hyötyä mestarityötä tehdessä. Kirja avaa rakennusten savunpoiston suunnittelusta toteutukseen ja savunpoistolaitteistojen ylläpitoon. Savunpoiston tarkoitus ja tavoitteet selvisivät RIL 232-2012-kirjasta erittäin kattavasti kuten myös erilaiset savunpoistototot. RIL 232-2012-kirjan avulla saatiin tietoa erilaisista savunpoistomenetelmistä ja -laitteistoista sekä näiden toiminnasta.

RIL 232-2012-kirjan kaavat osoittautuivat tähän työhön liian monimutkaisiksi ja yksityiskohtaisiksi, joten tämän työn kaavaksi valittiin yksinkertainen pinta-alaan perustuva kaava, joka sopii useaan kohteeseen.

### 5.2 Haastattelut

Tätä mestarityötä varten haastateltiin kahta palokonsulttia sekä urakoitsijaa, jolla on kokemusta koneellisen savunpoiston asennuksista. Haastatteluihin valittiin kaksi palokonsulttia sen takia, että saatiin kattavat vertailutiedot laskentamenetelmistä ja tietoa siitä, millä tavalla valitaan oikea savunpoistomenetelmä kohteeseen. Palokonsulteilta haluttiin saada myös näkemys siitä, mitä mieltä he ovat koneellisen savunpoiston kannattavuudesta kustannusten kannalta tuotanto- ja varastotiloissa. Haastattelujen tarkoituksena oli saada pohjatietoa tätä mestarityötä varten ja tietoa siitä, miten rakennettaviin kohteisiin lasketaan savunpoistoluukut ja savunpoistopuhaltimet sekä millä tavalla saataisiin tehtyä yksinkertainen ohje, joka sopisi yleisesti useaan eri kohteeseen. Haastattelujen avulla pyrittiin selvittämään yhtenäinen laskentatapa savunpoistopuhaltimille ja savunpoistoluukuille, koska molemmille menetelmille on useampi laskentatapa. Kyseinen urakoitsija valittiin haastateltavaksi sen takia, että saatiin kustannustiedot koneellisen savunpoiston osista ja osien asennuksista. Urakoitsijalta saatiin tietoa myös koneellisen savunpoiston toimintatavoista ja käyttökohteista.

Haastatteluissa ilmeni, että koneellinen savunpoisto valitaan kohteeseen yleensä vain silloin, kun painovoimaista savunpoistoa ei voida toteuttaa. Tämä tulee vastaan varsinkin useampikerroksisissa rakennuksissa. Kun savunpoistoluukut sijaitsevat ylimmän kerroksen kattorakenteessa, ei niillä voida poistaa tulipalon sattuessa alempien kerroksien savukaasuja. Kun puhutaan normaaleista varastorakennuksista, joissa on isot ja korkeat varastotilat ja vain parvi, missä sijaitsee toimistotilat, on koneellinen savunpoisto vaikea saada yhtä kustannustehokkaaksi kuin painovoimainen savunpoisto. Haastatteluissa selvisi, että koneellinen savunpoisto on myös vaikea saada toimimaan varastorakennuksissa, koska korvausilma-aukkojen täytyy aueta samaan aikaan kun koneellinen savunpoisto menee päälle. Koska varastorakennuksissa käytetään yleensä korvausilma-aukkoina isoja nosto-ovia, pitäisi nämä kytkeä samaan automatiikkaan, joka laukaisee koneellisen savunpoiston, jotta savunpoisto alkaisi toimia kunnolla. Toinen vaihtoehto koneellisen savunpoiston korvausilmalle olisi korvausilmapuhaltimet, mutta ne lisäävät huomattavasti savunpoiston kustannuksia.

Palokonsultit olivat samaa mieltä siitä, miten saa luotua yksinkertaisen ohjeen savunpoistomenetelmien kustannusvertailuun. Tähän ohjeeseen tulisi käyttää pinta-alaperusteisia yksinkertaisia kaavoja, jolloin ne sopisivat sekä painovoimaiseen että koneelliseen savunpoistoon. Nämä kaavat ovat riittävän yksinkertaisia, eikä niissä tarvitse ottaa huomioon jokaisen kohteen erilaisia ominaisuuksia, joten ne sopivat yleisesti eri rakennuksiin ja näin ollen ohjeeseen. Myös sprinklerin vaikutus savunpoistoon lasketaan näitä pinta-alaperusteisia kaavoja käyttäen. He kertoivat, että savunpoistotoitusta ei yleensä voida tehdä kustannustehokkuuden takia, koska jokainen rakennus on omanlaisensa ja muuttujia esiintyy paljon kohdekohtaisesti. Tämä ohje sopii hyvin varastorakennuksiin, jotka ovat hyvin pitkälti samantyyppisiä.

Toinen palokonsultti kertoi oman näkemyksensä siitä, miksi painovoimainen savunpoisto toimii luotettavammin pidemmällä aikavälillä. Hänen mielestään savunpoistoluukut on helpompi havaita kuin savunpoistopuhaltimet, jolloin niitä myös ymmärretään huoltaa ja tarkastaa useammin. Tämä kuulostaa järkevältä, koska varsinkin savunpoistopuhaltimien kanavat ovat samannäköisiä kuin normaalit ilmastointikanavat, ja näin ollen niiden huomioiminen voi olla hankalampaa.

RIL 232-2012 Rakennusten savunpoisto -kirjan (1) kaavoja kuvailtiin erittäin monimutkaisiksi ja niitä varten tarvitaan paljon pohjatietoja, jolloin ne eivät sovi tähän yleispeätävään ohjeeseen. Molemmat palokonsultit kertoivat, että kyseisen kirjan kaavoilla saa-

daan helposti virhetuloksia, pahimmillaan tulokset ovat olleet sellaisia, että savunpoistopuhaltimet olisivat puhaltaneet ilmaa kohteeseen, josta pitäisi poistaa savua. Myös laskettaessa painovoimaista savunpoistoa tämän kirjan kaavoilla on syntynyt ongelmia. Esimerkiksi atrium-tyyppiseen tilaan olisi pitänyt koko katto tehdä täyteen savunpoistoluukkuja, jotta savunpoisto olisi toteutunut kunnolla. Tätä kirjaa suositeltiin käyttämään teoriaosuuden pohjatietona, koska siitä löytyy paljon hyvää ja tarpeellista tietoa.

Koska tässä työssä tutkitaan myös koneellista savunpoistoa, oli tarpeen haastatella tämän alan ammattilaista. Kyseiseltä urakoitsijalta löytyi erittäin paljon tietoa ja materiaalia koneellisesta savunpoistosta. Häneltä saatiin tiedot koneellisen savunpoiston materiaaleista ja kustannuksista, joita tarvitaan lopullisessa ohjeessa. Hän myös kertoi, että koneellista savunpoistoa ei ole mahdollista toteuttaa yhdellä koneella useasta palo-osastosta, sillä mikään tavarantoimittaja ei ole ”polttanut” tällaista tuotetta. Haastateluista saatiin erittäin paljon hyödyllistä tietoa, joka auttaa luomaan lopullisen ohjeen savunpoistomenetelmien kustannusvertailuun.

## 6 Esimerkkilaskelma

Esimerkkilaskelmalla havainnollistetaan suhdelukuja käyttäen savunpoistoluukkujen ja savunpoistopuhaltimien hintaerot samankokoiseen rakennukseen. Jotta tämän mestarityön lopullisen ohjeen tekeminen on mahdollista, ja että ohje sopii kaikkiin varastorakennuksiin, laskuissa käytetään pinta-alaperusteisia kaavoja. Tuotanto- ja varastorakennuksissa otetaan huomioon vain tuotanto- ja varastotilat, mahdolliset toimistotilat jätetään laskuista pois.

### 6.1 Laskelman lähtötiedot

Esimerkkilaskelmassa käytetään seuraavia lähtötietoja:

- varastorakennuksen lattiapinta-ala on 2 000 m<sup>2</sup>
- palovaarallisuusluokka 1, jonka pinta-alakertoimena käytetään 1,5 % lattiaalasta

- yhden savunpoistoluukun mitat ovat 0,9 m x 1,8 m
- käytettävän savunpoistopuhaltimen vapaa imu on 16,5 m<sup>3</sup>/s
- koneellisen savunpoiston mitoitusvirtaaman (m<sup>3</sup>/s) kertoimena käytetään lukua 1,7.

## 6.2 Laskenta pinta-alan mukaisesti

Ensimmäiseksi lasketaan savunpoistoluukkujen aukkojen kokonaispinta-ala kertomalla lattiapinta-ala pinta-alakertoimella:  $2\,000\text{ m}^2 \times 0,015 = 30\text{ m}^2$ .

Tämän jälkeen selvitetään savunpoistoluukkujen määrä jakamalla savunpoistoluukkujen aukkojen kokonaispinta-ala yhden luukun pinta-alalla:  $30\text{ m}^2 / (0,9\text{ m} \times 1,8\text{ m}) = 18,5$  luukkua, joka pyöristetään 19 luukkuun. Yhden luukun kokonaishinnan suhdelukuna voidaan käyttää lukua 1,7, joka sisältää myös luukun asennuksen. Näin ollen  $19\text{ luukkua} \times 1,7 = 32,3$ . Luukkujen kokonaishinnaksi tulee siis 32,3, joka sisältää luukut ja niiden asennuksen sekä niihin liittyvät muut työt, kuten juuripellitykset.

Seuraavaksi lasketaan koneellisen savunpoiston mitoitusvirtaama kertomalla savunpoistoluukkujen kokonaispinta-ala mitoitusvirtaaman kertoimella:  $30\text{ m}^2 \times 1,7 = 51\text{ m}^3/\text{s}$ .

Savunpoistopuhaltimien määrä saadaan, kun jaetaan mitoitusvirtaama savunpoistopuhaltimien vapaalla imulla seuraavasti:  $51\text{ m}^3/\text{s} / 16,5\text{ m}^3/\text{s} = 3,1$ . Tämä voidaan pyöristää lukuun 3, eli rakennukseen tulee 3 kpl 16,5 m<sup>3</sup>/s vapaan imun omaavaa savunpoistopuhallinta. Yhden savunpoistopuhaltimen ja siihen kuuluvien kanavointien sekä muiden osien suhdelukuna voidaan käyttää lukua 15,4. Näin ollen savunpoistopuhaltimien kokonaishinnaksi tulee 46,2.

Viimeiseksi lasketaan, kuinka paljon kalliimpi vaihtoehto savunpoistopuhaltimet on verrattuna savunpoistoluukkuihin:  $46,2 / 32,3 = 1,43$ . Savunpoistopuhaltimet ovat siis 1,43 kertaa kalliimpi ratkaisu kuin savunpoistoluukut.

## 7 Johtopäätökset

Esimerkilaskelmalla saatiin selville, että koneellinen savunpoisto on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto varastorakennuksessa kuin savunpoistoluukut. Hintaeroa saadaan kuitenkin pienemmäksi valitsemalla sopivankokoiset savunpoistopuhaltimet ja lisäämällä kanavointia. Pinta-alaperusteinen laskutapa ei ole välttämättä koneelliselle savunpoistolle paras vaihtoehto, koska siinä lasketaan savunpoistoluukuille ystävällisemmällä kertoimilla. Jotta tämän mestarityön tuotteena oleva lopullinen savunpoistomenetelmien kustannusvertailu -ohje pystyttiin toteuttamaan, menetelmille täytyi saada yhteinen laskentamenetelmä. Jos koneellinen savunpoisto laskettaisiin sille perinteisemmällä mutkikkaammilla kaavoilla, joissa otetaan huomioon esimerkiksi savuttoman vyöhykkeen korkeus, savupatjan lämpötila ja paloteho, niin sen kustannukset saataisiin todennäköisesti laskemaan verrattuna pinta-alaperusteiseen kaavaan. (1, s. 69.) Joka tapauksessa koneellinen savunpoisto tulisi silti olemaan kalliimpi vaihtoehto kuin savunpoistoluukut. Koneellisessa savunpoistossa tulee kuitenkin vähemmän läpivientejä vesikatolle kuin painovoimaisessa, ja näin ollen mahdolliset vuotokohteetkin vähentyisivät. Painovoimaisen savunpoiston mahdollisten vuotokohteiden huoltokustannukset toisivat näiden kahden järjestelmän lopullisia kustannuksia lähemmäksi toisiaan.

Laskelmaa analysoitaessa täytyy kuitenkin muistaa, että kyseessä on yleispätevä ohje varastorakennusten varastotiloihin koosta riippumatta, ja tässä ei oteta huomioon rakennuksessa olevia muita tiloja, jotka saattavat olla mahdottomia toteuttaa painovoimaisella savunpoistolla. Muiden tilojen savunpoisto täytyy ottaa huomioon, kun suunnitellaan koko rakennuksen savunpoistoa. Jos tällaisia tiloja on paljon, joista savunpoisto joudutaan järjestämään koneellisen savunpoiston avulla, on mahdollista, että koneellinen savunpoisto tulee kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi. Tämä lopullinen ohje on suuntaa antava, jolla saadaan nopeasti ja vaivattomasti laskettua kohteisiin erilaisien savunpoistomenetelmien kustannukset.

## 8 Yhteenveto

Tämän mestarityön aikana syntyneitä savunpoistomenetelmien kustannusvertailua tullaan käyttämään jatkossa aputyökaluna uusien kohteiden savunpoistoa suunniteltaessa ja asiakkaiden rakentamien kohteiden savunpoiston hinta-arvion tukemisessa. Koska tämän mestarityön tuloksena syntynyt savunpoistomenetelmien kustannusver-

tailu -ohje sisältää YIT Rakennus Oy:n liikesalaisuuksia, kuten savunpoistolaitteistojen ja niiden asennusten kustannuksia, ohjetta ei voi lisätä tähän mestarityöraporttiin.

Lopullista ohjetta savunpoistomenetelmien kustannusvertailusta tehdessä ja laskuja laskettaessa selvisi, että kun lasketaan rakennuksen pinta-alaan pohjautuvien kaavojen kanssa, on koneellinen savunpoisto huomattavasti kalliimpi vaihtoehto, kuin painovoimainen savunpoisto. Lähes 1,5-kertaa kalliimpi koneellinen savunpoisto ei tule todennäköisesti korvaamaan nykyistä, paljon yleisempää, painovoimaista savunpoistoa tuotanto- ja varastorakennuksissa. Koko rakennuksen savunpoisto koneellisesti voi tulla kyseeseen silloin, kun rakennuksessa on paljon sellaisia tiloja, joista savunpoisto on mahdonta tai erittäin vaikeaa tehdä painovoimaista savunpoistoa käyttäen. Tällaiset tilat ovat muun muassa rakennuksen alemmat kerrokset, leveiden parvitilojen alapuoliset tilat ja rakennuksessa olevat yksittäiset huoneet, jotka sijaitsevat pohjakerroksessa.

Jos vakuutusyhtiö tai rakennuttaja päättää, että kohteeseen tehdään automaattinen sammutusjärjestelmä, se vaikuttaa myös suoraan savunpoiston tarpeeseen. Parhaimmillaan savunpoiston tarve vähenee puolella, ja näin ollen vuotokohteetkin vesikatossa vähenevät. Automaattista sammutusjärjestelmää ei kannata kuitenkaan asentaa vain savunpoistoa keventääkseen, sillä se on paljon kalliimpi kuin kumpikaan savunpoistomenetelmistä.

Savunpoistomenetelmää valittaessa on hyvä muistaa, että niihin kohdistuvat kustannukset eivät synny vain rakennusaikaisista kustannuksista. Kun joudutaan tekemään vesikattoon reikiä, lähtökohtana on, että jokainen reikä on mahdollinen vuotokohta rakennuksen vaipassa. Koneellisen savunpoiston negatiivisena puolena saattaa olla sen korkeammat kustannukset, mutta sen ansiosta vesikattoon tulee huomattavasti vähemmän mahdollisia vuotokohteita, kuin painovoimaisen savunpoiston. Tätä asiaa on myös hyvä miettiä, kun valitaan kohteeseen savunpoistomenetelmää. Myös laitteiden huollot, testaukset ja tarkastukset aiheuttavat tulevaisuudessa jonkin verran kustannuksia.

Tämän mestarityön aikana syntyneen savunpoistomenetelmien kustannusvertailun tulevaisuuden kehitysehdotuksia ovat lähinnä savunpoistojärjestelmien ja niiden osien hintojen päivitykset tavarantoimittajilta, ja jos laskentakaavat tulevat muuttumaan, niin niiden päivitykset. Koneelliselle savunpoistolle olisi myös hyvä saada tulevaisuudessa sille ystävällisempi kaava, jotta saataisiin sille vieläkin tarkemmat arvot. CE-merkinnän

tultua pakolliseksi on arvioitu, että savunpoistoluukkujen ja -puhaltimien hinnat tulevat laskemaan. Näin ollen ohjeen hintojen ja kaavojen päivitys tulee olemaan tarpeellinen, jotta siitä saadaan kaikki mahdollinen irti.

Ohjetta käytettäessä ja tätä mestarityöraporttia luettaessa täytyy kuitenkin muistaa, että savunpoistomenetelmien laskeminen tehdään yleensä jokaiseen kohteeseen kohdekohtaisesti palokonsultin apua käyttäen, ja tämä työ on tehty auttamaan toimihenkilöitä erilaisten savunpoistomenetelmien kustannusvertailuun ja asiakkaiden hintapyyntöihin. Tämän työn ansiosta toimihenkilöiden ei tarvitse tuhlata aikaansa etsimällä useasta vanhasta kohteesta savunpoistomenetelmien kustannuksia ja vertailla niitä, vaan he voivat helposti saada hinta-arvion tämän mestarityön lopputuotteen ansiosta.

## Lähteet

- 1 Kallioniemi, Pekka. 2012. RIL 232-2012. Rakennusten savunpoisto, Suunnittelu, toteutus ja ylläpito. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 2 Suhonen, Sirpa. 2006. Palo- ja pelastussanasto. Helsinki: Sanastokeskus TSK.
- 3 Ympäristöministeriö. 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus: Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 4 Ympäristöministeriö. 2005. E2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 5 Savunpoistolaitteiden tarkastus. Julkaisuajankohta tuntematon. Verkkodokumentti. Inspecta Group. [http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tarkastus/Palo-ja-pelastustoimen-turvallisuustarkastukset/Savunpoistolaitteiden-tarkastus/#.UklTnn\\_qXW4](http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tarkastus/Palo-ja-pelastustoimen-turvallisuustarkastukset/Savunpoistolaitteiden-tarkastus/#.UklTnn_qXW4)>. Luettu 15.9.2013.
- 6 Sapox savunpoistoluukku. Julkaisuajankohta tuntematon. Verkkodokumentti. Multicaptech Oy. <<http://www.multicaptech.fi/galleria>>. Luettu 21.10.2013
- 7 JM HT-sarjan savunpoistopuhaltimet 50 Hz. Julkaisuajankohta tuntematon. Verkkodokumentti. Fläktwoods Oy ja Suomen paloviranomaiset. <<http://www.flaktwoods.fi/184/0/3/fa810955-38c6-47f5-b829-96f7864fb249>>. Luettu 30.9.2013.
- 8 Vesisammutus ja savunpoistojärjestelmien vuorovaikutus. Julkaistu 10.5.2012. Verkkodokumentti. Finanssialan Keskusliitto. [http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Vesisammutus\\_ja\\_savunpoistojarjestelmat.pdf](http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Vesisammutus_ja_savunpoistojarjestelmat.pdf)>. Luettu 7.10.2013