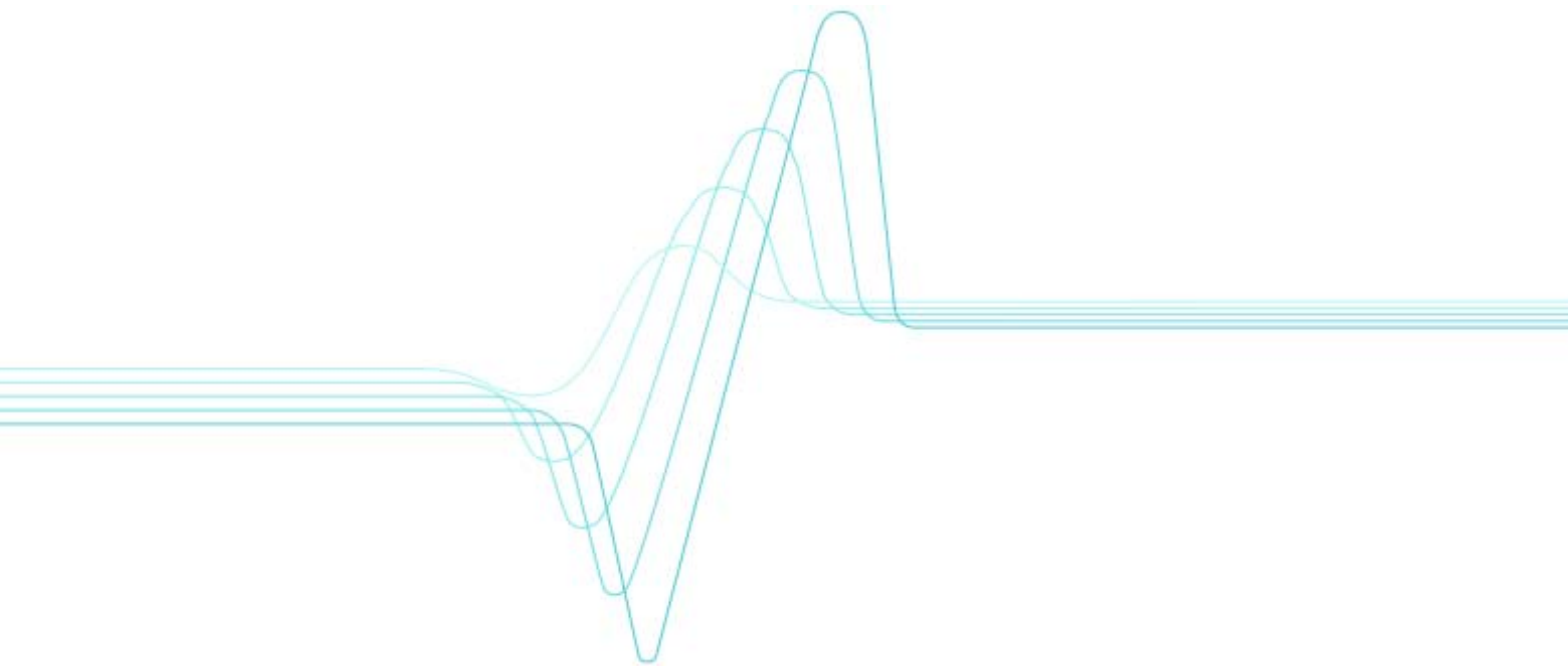


Tuomo Rinne, Kati Tillander, Jukka Vaari,  
Kaisa Belloni & Tuomas Paloposki

# Asuntosprinklaus Suomessa

| Vaikuttavuuden arviointi





# **Asuntosprinklaus Suomessa**

## **Vaikuttavuuden arviointi**

Tuomo Rinne, Kati Tillander, Jukka Vaari,  
Kaisa Belloni & Tuomas Paloposki

ISBN 978-951-38-7204-5 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2008

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT  
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT  
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Kivimiehentie 4, PL 1000, 02044 VTT  
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4815

VTT, Stenkarlsvägen 4, PB 1000, 02044 VTT  
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4815

VTT Technical Research Centre of Finland, Kivimiehentie 4, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4815

Toimitus Anni Repo

Tekstin valmistus Tarja Haapalainen

Rinne, Tuomo, Tillander, Kati, Vaari, Jukka, Belloni, Kaisa & Paloposki, Tuomas. Asuntosprinklaus Suomessa. Vaikuttavuuden arviointi. Espoo 2008. VTT Tiedotteita – Research Notes 2430. 84 s.

**Avainsanat** fire hazards, fire safety, accident prevention, fire extinguishers, sprinkler systems, residential buildings, hospitals, legislation, technical solutions, smoke detection, automatic extinguishers

## Tiivistelmä

Tähän julkaisuun on koottu havainnot, jotka on tehty tutkimushankkeen ”Asuntosprinklaus Suomessa – vaikuttavuuden arviointi” ensimmäisessä vaiheessa. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on tutkia, voidaanko palokuolemien ja loukkaantumisten määrää Suomessa vähentää merkittävästi asuntosprinklauksella.

Julkaisu esittelee asuntosprinklauksen aseman suomalaisessa tämänhetkisessä lainsäädännössä, sprinklauksessa käytettäviä teknisiä ratkaisuja ja muutamia yksittäisiä sprinklattuja kohteita. Onnettomuustietokanta PRONTOn ja eräiden muiden lähteiden avulla on selvitetty sprinklatuissa rakennuksissa tapahtuneita tulipaloja ja sprinklerijärjestelmien vahinkolaukaisuja.

Kotimaisen tilastoaineiston vähäisyyden vuoksi johtopäätöksiä asuntosprinklauksen vaikuttavuudesta on tehty pääasiassa yhdysvaltalaisen tilastoaineiston perusteella. Sen mukaan palokuoleman todennäköisyys savuilmaisimella ja sprinklerijärjestelmällä varustetussa asunnossa on 50–75 % pienempi kuin pelkästään palovaroittimella varustetussa asunnossa.

# Alkusanat

Tämä julkaisu on tutkimushankkeen ”Asuntosprinklaus Suomessa – vaikuttavuuden arviointi” ensimmäisen vaiheen loppuraportti. Hankkeen ensimmäinen vaihe käynnistyi elokuussa 2006 ja päättyi maaliskuussa 2008. Hanke jatkuu tämän jälkeen toisella vaiheella, joka on kaksivuotinen.

Hankkeen ensimmäiseen vaiheeseen osallistuivat seuraavat tahot:

- sisäasiainministeriö
- ympäristöministeriö
- Palosuojelurahasto
- Pelastusopisto
- Tampereen aluepelastuslaitos
- Turvatekniikan keskus
- Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö
- Oulun yliopisto
- Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto / Finanssialan Keskusliitto
- Suomen Sprinkleriliikkeiden yhdistys
- Suomen Kiinteistöliitto
- Uudenmaan Vammaispalvelut Oy
- Firecon Oy
- YH Länsi Oy
- Marioff Corporation Oy
- Uponor Suomi Oy
- Softonex Oy Ltd
- Provacuum Oy
- VTT.

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	4
1. Johdanto.....	7
1.1 Tausta.....	7
1.2 Tutkimushankkeen tavoitteet.....	8
2. Asuntosprinklauksen asema lainsäädännössä.....	9
2.1 Omatoiminen varautuminen.....	9
2.1.1 Turvallisuusselvitysmenettely.....	10
2.2 Lait ja asetukset.....	11
2.2.1 Pelastuslaki.....	11
2.2.2 Laki pelastustoimen laitteista.....	12
2.2.3 Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	13
2.2.4 Rakentamismääräyskokoelma osa E1.....	14
2.3 Automaattisen sammutuslaitteiston suunnittelu ja asentaminen.....	15
2.3.1 Sammutuslaitteiston hankintaprosessi.....	15
2.3.2 Suunnittelu- ja asennussäännöt.....	17
3. Tekniset ratkaisut.....	20
3.1 Perinteiset ratkaisut ja niiden mitoitusperusteet.....	20
3.1.1 Putkistot.....	20
3.1.2 Sprinklerisuuttimet.....	22
3.1.3 Standardinmukaiset ja soveltavat palotestit.....	24
3.2 Vaihtoehtoiset ratkaisut ja niiden mitoitusperusteet.....	30
3.2.1 Kaupallisten järjestelmien kuvaus.....	31
3.2.1.1 KOTI-SOFTEX.....	31
3.2.1.2 Q-Fog.....	32
3.2.1.3 GPU.....	33
3.2.2 Standardinmukaiset ja soveltavat palotestit.....	34
3.3 Sammutusjärjestelmien luotettavuus.....	36
4. Kokemukset Suomesta.....	40
4.1 Kohde A.....	42
4.2 Kohde B.....	43
4.3 Kohde C.....	44
4.4 Kohde D.....	45
4.5 Kohde E.....	48

5. Tulipalotapaukset Suomessa.....	50
5.1 Automaattisesta sammutuslaitteistosta PRONTOon kirjattavat tiedot / Rakennuspalot .....	50
5.2 Poiminnat.....	51
5.2.1 Palojen lukumäärät asuin- ja hoitoalan rakennuksissa.....	51
5.2.2 Asuinrakennukset.....	52
5.2.3 Hoitoalan rakennukset.....	53
5.3 Tarkastellut tulipalotapaukset.....	53
5.3.1 Automaattisen sammutuslaitteiston toiminta .....	53
5.3.2 Asuinrakennuspalot.....	55
5.3.3 Palot hoitoalan rakennuksissa .....	55
5.4 Sprinklereihin liittyvät muut hälytykset.....	56
5.4.1 Tarkastus- ja varmistustehtävät.....	56
5.4.1.1 Lukumäärät .....	56
5.4.1.2 Tarkastus- ja varmistustehtävän syy .....	58
5.5 Vahingontorjuntatehtävät .....	60
6. Kokemukset ulkomailla .....	62
6.1 Yhdysvallat.....	62
6.1.1 Asuinrakennusten tulipalot.....	62
6.1.2 Palovaroittimet .....	64
6.1.3 Asuntosprinklerit.....	65
6.1.4 Scottsdale, AZ .....	67
6.1.5 Prince George’s County, MD.....	69
6.1.6 Asuntosprinklauksen kustannukset .....	71
6.2 Iso-Britannia .....	75
6.3 Kanada.....	76
7. Yhteenveto .....	78
Lähdeluettelo .....	80



# 1. Johdanto

## 1.1 Tausta

Valtioneuvoston sisäisen turvallisuuden ohjelmassa (Sisäasiainministeriö 2004) on asetettu tavoitteeksi vuoteen 2015 mennessä se, että Suomi on Euroopan turvallisimman maa. Onnettomuuksien vähentämisen osalta tavoite on konkretisoitu niin, että Suomen tulee nousta vuoteen 2012 mennessä kaikilla onnettomuussektoreilla viiden parhaimman maan joukkoon eurooppalaisessa turvallisuusvertailussa. Palokuolemien osalta tämä merkitsisi huomattavaa parannusta nykytilanteeseen verrattuna.

Tavoitteen saavuttaminen tulee varmastikin edellyttämään useiden eri keinojen käyttöä. Teknisistä keinoista on pohdittavana ollut erityisesti asuntojen sprinklaus, jota on jo Suomessa käytettykin lähinnä puurakenteisissa asuinkerrostaloissa ja erityisryhmien asunnoissa.

Asuntosprinklauksesta Suomessa saatujen kokemusten kerääminen on nyt tarkoituksenmukaista, koska

- sprinklatuissa asuinrakennuksissa tapahtuneiden tulipalojen ja toisaalta myös vahinkolaukeamisten lukumäärä on vielä sen verran pieni, että tapaukset voidaan tarkastella yksityiskohtaisesti
- tapausten määrä on kuitenkin jo niin suuri, että ensimmäiset tilastolliset tarkastelut voidaan tehdä (jos kohta epävarmuusmarginaalit ovatkin vielä isoja)
- kokemusta on jo sen verran pitkältä ajalta, että järjestelmien luotettavuudesta pitkällä aikavälillä voidaan sanoa jotakin.

Suomen tilannetta kannattaa myös verrata ulkomailla saavutettuihin kokemuksiin.

Näiden seikkojen perusteella käynnistettiin elokuussa 2006 tutkimushanke ”Asuntosprinklaus Suomessa – vaikuttavuuden arviointi”. Hanke jakautuu kahteen vaiheeseen, joista ensimmäinen vaihe valmistui maaliskuussa 2008. Tämä julkaisu on hankkeen ensimmäisen vaiheen loppuraportti. Hanke jatkuu välittömästi ensimmäisen vaiheen valmistuttua toisella vaiheella, jonka kestoaika on kaksi vuotta.

## 1.2 Tutkimushankkeen tavoitteet

Tutkimushankkeen päätavoitteena on löytää vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- Voidaanko palokuolemien ja loukkaantumisten määrää Suomessa vähentää merkittävästi asuntosprinklauksella?
- Mitkä ovat toisaalta sprinklauksen kustannukset ja toisaalta vaikutus tulipaloista aiheutuviin omaisuusvahinkoihin?
- Ovatko nyt käytetyt mitoitusperusteet kokemusten valossa oikeita, vai pitääkö niitä muuttaa?

Vastaukset pyritään löytämään analysoimalla asuntosprinklauksesta kertynyttä aineistoa tilastollisilla menetelmillä. Jo työtä aloitettaessa on ollut selvää, että aineistoa ei vielä ole riittävästi minkäänlaisten lopullisten vastauksien tuottamiseen. Työn yhtenä tavoitteena onkin luoda toimintakehys sprinklerilaitteistojen toimintaan liittyvien tietojen keruulle sellaisessa muodossa ja sellaisella tavalla, että vastauksia voidaan jatkossa tarkentaa sitä mukaa kuin kokemukset karttavat.

Työssä pyritään käymään tällä hetkellä olemassa oleva aineisto läpi perusteellisesti ja tasapuolisesti, jotta nähdään, minkälaisiin seikkoihin jatkossa kannattaa kiinnittää huomiota. Tarkennettu tietojenkeruu tulee jatkossa perustumaan alan toimijoiden halukkuuteen jatkaa vapaaehtoista yhteistyötä, ja mahdollinen jatkotyö tulee organisoida erilliseksi hankkeeksi.

## 2. Asuntosprinklauksen asema lainsäädännössä

Vaatimukset automaattisten sammutuslaitteistojen sijoittamisesta rakennuksiin perustuvat maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999) ja pelastuslakiin (468/2003) sekä niiden nojalla annettuihin asetuksiin ja määräyksiin. Lähtökohtana automaattisen sammutuslaitteiston asentamisessa on omatoiminen varautuminen riskeihin. Laki pelastustoimen laitteista (10/2007) antaa yleiset vaatimukset pelastustoimen laitteille ja säätelee laitteiden asennus- ja tarkastustoiminnasta.

### 2.1 Omatoiminen varautuminen

Omatoimisen varautumisen periaate kuvataan pelastuslain 8 §:ssä. Sen mukaan rakennuksen omistaja ja haltija, teollisuus- ja liiketoiminnan harjoittaja, virasto, laitos ja muu yhteisö on asianomaisessa kohteessa ja muussa toiminnassaan velvollinen ehkäisemään vaaratilanteiden syntymistä, varautumaan henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa ja varautumaan sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät.

Tarvittavista pelastustoimenpiteistä on laadittava pelastusasetuksen (Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 2003) 9 §:n tarkoittamissa tiloissa, kohteissa tai tapahtumissa pelastusasetuksen 10 §:n mukainen pelastussuunnitelma. Pelastusasetuksen 10 §:n mukaisessa pelastussuunnitelmassa on selvitettävä

1. ennakoitavat vaaratilanteet ja niiden vaikutukset
2. toimenpiteet vaaratilanteen ehkäisemiseksi
3. poistumis- ja suojautumismahdollisuudet sekä sammutus- ja pelastustehtävien järjestelyt
4. turvallisuushenkilöstö, sen varaaminen ja kouluttaminen sekä muun henkilöstön tai asukkaiden perehdyttäminen suunnitelmaan
5. tarvittava materiaali, kuten alkusammutus-, pelastus- ja raivauskalusto, henkilösuojaimet ja ensiaputarvikkeet, sen mukaan kuin ennakoitujen vaaratilanteiden perusteella on tarpeen
6. ohjeet erilaisia kohdan 1 mukaisesti ennakoituja onnettomuus-, vaara- ja vahinkotilanteita varten
7. miten suunnitelmaan sisältyvät tiedot saatetaan asianomaisten tietoon.

Sairaaloihin, vanhainkoteihin, hoitolaitoksiin, liikuntarajoitteisten ja muiden erityisryhmien palvelu- ja asuinrakennuksiin sekä rangaistuslaitoksiin ja muihin näitä vastaaviin

tiloihin, joissa olevien ihmisten kyky havaita vaaratilanne tai mahdollisuudet toimia vaaratilanteen edellyttämällä tavalla ovat heikentyneet, laadittavassa pelastussuunnitelmassa on selvitettävä erikseen, miten rakennuksessa tai tilassa olevien heikentynyt toimintakyky otetaan huomioon vaaratilanteisiin varautumisessa.

### **2.1.1 Turvallisuusselvitysmenettely**

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) nojalla annettiin v. 2002 päivitetty ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Asetus tunnetaan yleisemmin nimellä ”Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1, rakennusten paloturvallisuus” (Ympäristöministeriö 2002). Tämän asetuksen kohdan 11.7 mukaan henkilöturvallisuuden kannalta vaativiin kohteisiin, joissa paloturvallisuuden riskit johtuvat tilojen käytöstä ja henkilöiden rajallisesta tai alentuneesta toimintakyvystä, tulee suunnittelun alkuvaiheessa laatia erityinen turvallisuusselvitys. Sen pohjalta määritetään rakenteelliset ja muut toimenpiteet riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi.

Pelastusasetuksen (787/2003) siirtymäsäännöksiin mukaan vanhat turvallisuussuunnitelmat tuli päivittää pelastussuunnitelmiksi 1.1.2005 mennessä. Olemassa olevien rakennuksien osalta pelastussuunnitelma siis sisältää saman asian kuin turvallisuusselvitys uudisrakennusten rakennuslupamenettelyssä.

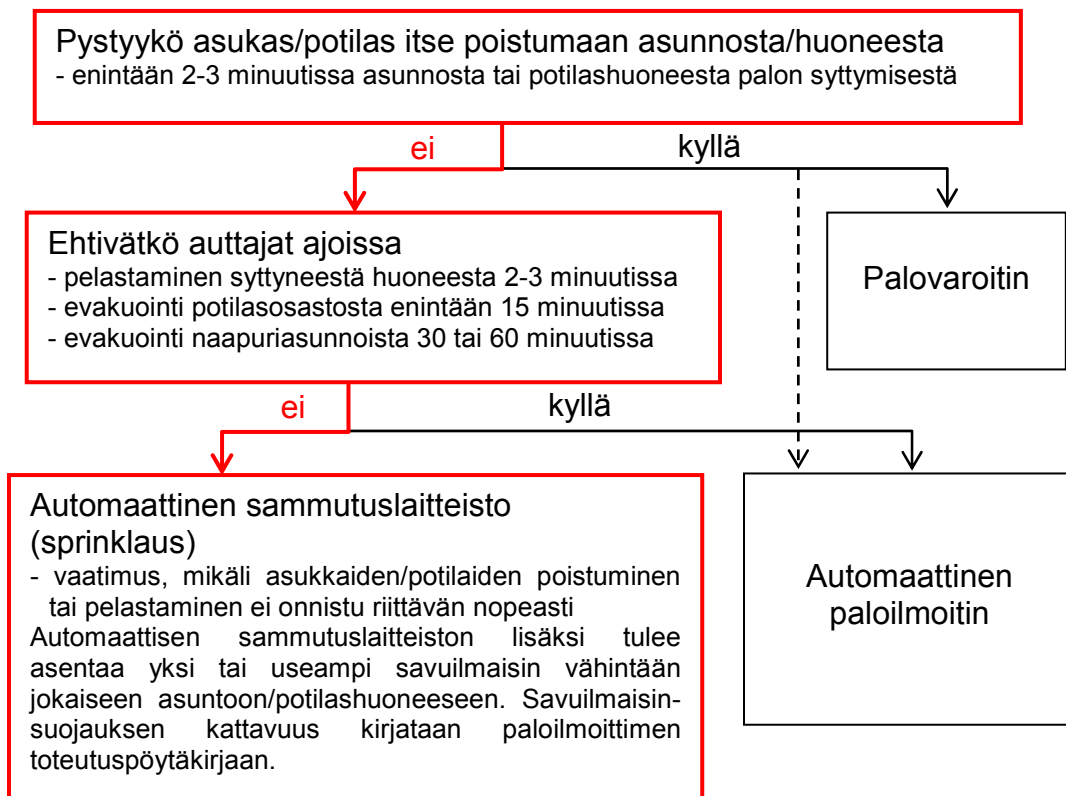
RakMk E1:n kohdan 11.7 mukaisen turvallisuusselvityksen laatimisesta huolehtii uudis- ja korjausrakennushankkeen yhteydessä pääsuunnittelija. Kun uusi toiminta aloitetaan olemassa olevissa tiloissa, turvallisuusselvityksen laatii toiminnanharjoittaja. Turvallisuusselvityksen laadintaa varten on Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö julkaissut turvallisuusselvityksen laadintaoppaan (SPEK 2006). Opas on tarkoitettu paloturvallisuuden suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon vanhusten palvelutaloissa ja hoitolaitoksissa sekä muissa toimintakyvyltään alentuneiden tai rajallisten henkilöiden käyttöön tarkoitetuissa kohteissa.

Turvallisuusselvitys on asiakirja, jossa selvitetään toimintakyvyltään alentuneiden tai rajallisten henkilöiden edellytykset pelastautua tulipalosta. Sen keskeisiä elementtejä ovat RakMk E1:n kohdan 10.7 mukainen kohdekohtainen poistumisaikalaskelma ja pelastusviranomaisen antama tieto pelastustoimen toimintavalmiudesta tarkasteltavaan kohteeseen. Hoito- ym. laitosten tapauksessa on lisäksi huomioitava henkilökunnan määrä ja toimintaedellytykset, joiden mitoituksen kannalta kriittisin aika on yleensä yö.

Turvallisuusselvityksessä käytetään suunnittelun pohjana tavanomaista huoneistopaloa. Aukkaan tai potilaan pelastumisen kannalta vaarallisin tilanne on hänen omassa huoneessaan syttynyt tulipalo. Normaali huoneistopalo voi kehittyä liekehtivän palon

alkamisesta yleissyttymiseen jopa alle kuudessa minuutissa. Olosuhteet (lämpötila ja savukaasujen pitoisuus) huoneessa muuttuvat ihmiselle hengenvaarallisiksi kuitenkin jo 2–3 minuutissa. Yöllä, jolloin huoneessa nukutaan, tästä ajasta tyypillisesti yksi minuutti kuluu siihen, että oikein asennettu savuilmaisin herättää nukkujan. Mikäli palo pääsee kehittymään siten, että lämpö ja savu leviävät huoneen ulkopuolelle, olosuhteet tässä palo-osastossa muuttuvat hengenvaarallisiksi tyypillisesti 15 minuutissa (osiin jakavien rakenteiden palonkesto) ja koko rakennuksessa 30 minuutissa (asuntojen välinen osastointi). Esimerkki suojaustason valinnasta turvallisuusselvityksen perusteella on kuvassa 1.

### Suojaustason valinta turvallisuusselvityksen perusteella



Kuva 1. Suojaustason valinta silloin, kun pelastaminen tapahtuu palauttamalla olosuhteet turvalliseksi riittävän nopeasti.

## 2.2 Lait ja asetukset

### 2.2.1 Pelastuslaki

Pelastuslain (468/2003) 3 §:n mukaan kunnat vastaavat pelastustoimesta yhteistoiminnassa valtioneuvoston määräämällä alueella. Alueen pelastustoimen tulee mm. toimia asiantuntijana pelastustointia koskevilla asioissa (vrt. pelastusasetuksen [787/2003])

5 §:n 6 momentti). Lain 30 §:n mukaan kohteeseen, jossa harjoitettu toiminta tai olosuhteet aiheuttavat palo- tai henkilöturvallisuudelle tai ympäristölle tavanomaista suuremman vaaran, voi alueen pelastusviranomaisen erityisestä syystä määrätä hankittavaksi tarkoituksenmukaista sammutuskalustoa ja muita pelastustyötä helpottavia laitteita sekä ryhtyä muihinkin välttämättömiin toimenpiteisiin onnettomuuksien ehkäisemiseksi sekä ihmisten ja omaisuuden turvaamiseksi onnettomuuden varalta. Lain 38 §:n mukaan jos palotarkastuksessa tai muutoin havaitaan puutteita, on ne määrättävä korjattavaksi. Jos puutteita ei voi heti korjata, annetaan korjaamiselle määräaika. Jos palotarkastuksessa tai muutoin havaittu puutteellisuus tai virheellinen menettely aiheuttaa välittömän onnettomuusvaaran, on pelastusviranomaisella oikeus tarvittaessa heti keskeyttää toiminta ja määrätä onnettomuuden ehkäisemiseksi välttämättömistä toimenpiteistä. Määräystä on heti noudatettava, pakkokeinona pelastuslain 82 §:n määrittämä uhkasakko tai teetämisuhka.

Pelastusviranomaisille pelastuslain 30 § on työkalu yksittäistapauksissa ilmenevien merkittävien turvallisuuspuutteiden korjaamiseksi. Säädos antaa pelastusviranomaisille harkintavallan ja mahdollisuuden puuttua tilanteisiin, joissa turvallisuustaso ei täytä yksittäisten tekijöiden aiheuttamia poikkeuksia yleisestä normaalitasosta. Yksittäisen kohteen osalta pelastusviranomaisen voi määrätä ryhtymään kohteessa välttämättömiin toimenpiteisiin onnettomuuksien ehkäisemiseksi, ja pelastuslain 30 §:n perusteella voidaan määrätä esim. automaattisen sammutuslaitteiston asentaminen. Viranomaisen on aina pystyttävä perustelemaan asettamansa vaatimus. Määräyksestä on normaali valitusoikeus hallintolainkäyttölain (586/1996) mukaisesti.

## **2.2.2 Laki pelastustoimen laitteista**

Pelastustoimen laitelain (10/2007) tarkoituksena on varmistaa, että pelastustoimen laitteet ovat turvallisia ja tarkoitukseensa sopivia ja että ne vaatimustenmukaisina voidaan esteettä luovuttaa markkinoille ja käyttöön. Lain tarkoituksena on myös varmistaa, että pelastustoimen laitteiden oikealla asennuksella, huollolla ja tarkastuksella turvataan laitteiden tehokas ja luotettava toiminta niiden käyttötarkoituksen mukaisesti.

Pelastustoimen laitelain 5 §:n mukaan pelastustoimen laitteiden tulee olla käyttötarkoitukseensa sopivia ja toimintavarmoja. Laitteiden tulee lisäksi olla ominaisuuksiltaan sellaisia, että niitä voidaan käyttää turvallisesti ja ilman vaaraa ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle. Lain 6 §:n mukaan pelastustoimen laitteen katsotaan olevan sitä koskevien vaatimusten mukainen, jos valmistaja on antanut vaatimustenmukaisuudesta asianmukaisen vakuutuksen ja tehnyt laitteeseen sitä koskevan merkinnän tai jos laitteen vaatimustenmukaisuus on osoitettu arviointilaitoksen suorittamassa varmentamismenettelyssä. Lain 11 §:n mukaan Turvatekniikan keskus hyväksyy hakemuksesta pelastus-

toimen laitteiden vaatimustenmukaisuuden arviointipalveluja suorittavat arviointilaitokset sekä palonilmaisulaitteistojen ja automaattisten sammutuslaitteistojen tarkastuksia suorittavat tarkastuslaitokset lukuun ottamatta rakennustuotedirektiivin soveltamisalaan kuuluvia arviointilaitoksia. Arviointilaitoksen käyttämisestä komponenttien vaatimustenmukaisuuden arviointiin voidaan säätää siinä yhteydessä, kun säädetään komponenttivaatimuksista.

### 2.2.3 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 117 §:n mukaan paloturvallisuus kuuluu olennaisiin teknisiin rakentamiselle asetettaviin vaatimuksiin. Maankäyttö- ja rakennusasetuksen (1999) 50 § täsmentää vaatimusta siten, että rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan. Palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua. Palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa. Rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin. Pelastushenkilöstön turvallisuus on otettava rakentamisessa huomioon.

Maankäyttö- ja rakennuslain 119 §:n mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Lain 120 §:n mukaan rakennuksen suunnittelussa tulee olla suunnittelun kokonaisuudesta ja sen laadusta vastaava pätevä henkilö, joka huolehtii siitä, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää sille asetetut vaatimukset (*pääsuunnittelija*). Lisäksi kustakin erityissuunnitelmasta vastaava henkilö huolehtii siitä, että suunnitelma täyttää sille asetetut vaatimukset. Lain 121 §:n mukaan rakennusluvassa tai ennen rakennustyön aloittamista tarvittaessa järjestettävässä rakennustyön aloituskokouksessa voidaan täsmentää, mitä rakennushankkeeseen ryhtyvältä edellytetään huolehtimisvelvollisuutensa täyttämiseksi. Lain 123 §:n mukaan rakennus- ja erityissuunnitelman laatijalla sekä rakennustyön vastaavalla työnjohtajalla ja erityisalan työnjohtajalla tulee olla rakennushankkeen laadun ja tehtävän vaativuuden edellyttämä koulutus ja kokemus.

Lain 21 §:n mukaan kunnalla on oltava rakennusvalvontaviranomainen rakentamiseen liittyvää neuvontaa ja valvontaa varten. Automaattisen sammutuslaitteiston asentaminen edellyttää rakennuslupaa tai vähintään toimenpidelupaa aina kun laitteisto liitetään yleiseen vesijohtoverkkoon joko uudisrakennuksessa tai jälkiasennuksena olemassa olevaan rakennukseen.

Lain 13 §:n perusteella on Suomen rakentamismääräyskokoelmassa julkaistu lakia täydentäviä teknisiä ja niitä vastaavia yleisiä määräyksiä ja ohjeita. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia, ohjeet sen sijaan eivät.

## 2.2.4 Rakentamismääräyskokoelma osa E1

Rakentamismääräyskokoelman osa E1 (Ympäristöministeriö 2002) edellyttää automaattisen sammutuslaitteiston asentamista ainoastaan P2-luokan 3–4-kerroksiseen asuinrakennukseen, joita käytännössä ovat puukerrostalot. Epäsuorasti RakMk E1 voi edellyttää automaattisen sammutuslaitteiston asentamista rakennukseen kohdan 11.7 mukaisen turvallisuusselvitysmenettelyn perusteella. Muutoin se sallii seuraavassa lueteltuja lievennyksiä rakentamiselle asetettuihin vaatimuksiin, mikäli rakennukseen on asennettu automaattinen sammutuslaitteisto:

- Kohdan 2.2 mukaan alimpaan palokuormaryhmään (alle 600 MJ/m<sup>2</sup>) saadaan sijoittaa tiloja, joiden palokuorman tiheys on yli 600 MJ/m<sup>2</sup>.
- Kohdan 3.2.1 mukaan taulukossa 3.2.1 esitetyt enimmäiskerrosalat voidaan ylittää.
- Kohdan 5.2.3 mukaan taulukon 5.2.1 palo-osaston enimmäisalut saa ylittää.
- Kohdan 6.3.1 mukaan kantavien rakenteiden mitoitus voi taulukon 6.2.1 asemesta perustua oletettuun palonkehitykseen. Kohdan 1.3.2 mukaan tässä menettelyssä tarvittavat asiakirjat sisältävät mm. rakennuksessa olevien paloturvallisuuslaitteiden kuvauksen.
- Kohdan 8.2.5 mukaan voidaan sallia lievennyksiä pintakerrosten paloluokitukselle. Tämä ei kuitenkaan koske P2-luokan 3–4-kerroksisia rakennuksia.
- Kohdan 8.3.5 mukaan enintään 4-kerroksisessa P1-luokan asuin- tai työpaikkarakennuksessa, 3–4-kerroksisessa P2-luokan asuin- tai työpaikkarakennuksessa sekä P2-luokan hoitolaitosrakennuksessa voidaan ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopinnoissa käyttää D-s2, d2 -luokan rakennustarviketta.
- Kohdan 9.1.2 mukaan jos rakennusten välinen etäisyys on alle 8 metriä, tulee rakenteellisin tai muin keinoin huolehtia palon leviämisen rajoittamisesta.
- Taulukossa 10.2.2 esitetyt suurimmat sallitut etäisyydet lähimpään uloskäytävään saadaan ylittää.

Lievennyksiä harkittaessa tulee kohdan 11.5.3 mukaan kiinnittää huomiota pelastushenkilöstön mahdollisuuksiin sammuttaa tai rajoittaa alkanut palo henkilöturvallisuutta vaarantamatta. Lisäksi Ympäristöoppaan 39 (Ympäristöministeriö 2003) mukaan kaikkia lievennysmahdollisuuksia ei yleensä voida käyttää samanaikaisesti kokonaan hyväksi.



Erityisen merkittävä on Ympäristöoppaan 39 sisältämä viittaus CEA 4001:2004-03(fi) -sprinklerisääntöjen kansallisen liitteen F2 tarkoituksiin, enintään 4-kerroksisten asuinrakennusten sprinklerilaitteisiin. Ympäristöopas toteaa, että RakMK E1:n mainitsemia lievennyksiä rakentamisen vaatimuksista ei tule soveltaa näihin sprinklerilaitteistoihin (pl. E1:n kohta 8.3.5).

Rakentamismääräykset koskevat ainoastaan uudisrakentamista tai siihen rinnastettavaa korjausrakentamista. Edellä lueteltujen lievennysten käyttö on usein mahdotonta jo olemassa olevien rakennusten tapauksissa, sillä rakenteet ovat olemassa ja automaattinen sammutuslaitteisto asennetaan jälkiasennuksena.

## 2.3 Automaattisen sammutuslaitteiston suunnittelu ja asentaminen

### 2.3.1 Sammutuslaitteiston hankintaprosessi

Kohdassa 2.2 esitetyn lainsäädännön perusteella voidaan sammutuslaitteiston hankintaan johtava prosessi siihen liittyvine vastuineen ja lainkohtineen esittää taulukon 1 mukaisesti.

*Taulukko 1. Vesijohtoverkkoon liitettävän automaattisen sammutuslaitteiston hankintaan ja ylläpitoon liittyvä prosessi.*

Rakennushankkeen vaihe	Sammutuslaitteistoon liittyvä asia	Tekijä	Laki/asetus/ohje	Asiakirja
Tarveselvitys	Tarpeen määrittely sammutuslaitteistolle	Rakennushankkeeseen ryhtyvä / pääsuunnittelija	PeL (468/2003) 8 § ja 30 §, RakMk E1 kohta 11.7	Pelastussuunnitelman päivitys / hankesuunnittelupäätös
Hankesuunnittelu	Toteutusvaihtoehtojen arviointi	Pääsuunnittelija, aloituskokous	MRL (132/1999) 119–121 §	Selvitys suunnittelu-perusteista
Rakennuslupamenettely	Rakennusluvan hakeminen rakennusvalvonnasta	Rakennushankkeeseen ryhtyvä	MRL (132/1999) 125 §	Rakennuslupa
Toteutus suunnittelu	Erytysuunnittelua	Sammutuslaitteiston suunnittelija	Laitelaki (10/2007) 5–9 §, RakMk A2 kohta 4.2.7, CEA 4001:2007-06(fi) ym.	Sammutuslaitteiston erityisuunnitelma
Toteutus	Asentaminen	Asennusliike	Laitelaki (10/2007) 7 § ja 10 §	Asennustodistus
Sammutuslaitteiston käyttöönotto	Käyttöönottotarkastus	Tarkastuslaitos	Laitelaki (10/2007) 7 § ja 13 §, PeL 22 §	Tarkastuspöytäkirja
Rakennuksen käyttöönotto	Rakennuksen loppukatselmus	Rakennusvalvonta	MRL (132/199) 153 §	Käyttöönottolupa
Ylläpito	Kunnossapito, määräaikaistarkastukset	Rakennuksen omistaja/haltija, tarkastuslaitos,	Laitelaki (10/2007) 7 §, 10 § ja 13 §, PeL (468/2003) 22 §	Kunnossapito-ohjelma, tarkastuspöytäkirjat

Taulukossa 1 esitetty prosessi kattaa sekä olemassa olevat rakennukset että uudisrakentamisen. Olemassa olevan rakennuksen osalta prosessin alkuvaiheessa tarve sammutuslaitteistolle määräytyy pelastussuunnitelman teko- tai päivitysvaiheessa, jolloin käytännössä rakennuttaja havaitsee tarpeen.

Vastuu laitteiston suunnittelusta on maankäyttö- ja rakennuslain 119 §:n mukaisesti rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Tämän käyttämillä suunnittelijoilla tulee maankäyttö- ja rakennusasetuksen 48 §:n 1 momentin mukaan olla asianomaiseen suunnittelutehtävään soveltuva rakennusalan korkeakoulututkinto taikka aikaisempi rakennusalan ammatillisen korkea-asteen tai sitä vastaava tutkinto sekä riittävä kokemus kyseisen suunnittelualan tehtävistä. Rakentamismääräyskokoelman osan A2 kohdassa 4.2.7 esitetään taulukkomuodossa LVI/kiinteistön vesi- ja viemärlaitteiston suunnittelutehtävien vaatimusluokat. Taulukko on luonteeltaan ohjeellinen.

Suunnittelija vastaa sammutuslaitteistosta laaditun suunnitelman kelvollisuudesta. Koska sammutuslaitteistojen mitoitus tehdään aina tapauskohtaisesti, tulee valitulla suunnittelijalla olla työn vaativuuden edellyttämä kokemus sen varmistamiseen, että sammutuslaitteiston teho ja rakenne mitoitetaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti.

Sammutuslaitteiston suunnittelijan on aina laadittava selvitys sammutuslaitteiston suunnitteluperusteista. Selvityksestä tulee käydä ilmi mm. laitteiston tärkeimmät mitoitusperusteet. Selvitys suunnitteluperusteista tulee toimittaa rakennusluvan myöntävälle kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle. Kopio selvityksestä tulee toimittaa tiedoksi myös alueen pelastusviranomaiselle. Selvityksen perusteella lupaviranomainen voi arvioida, onko rakennushankkeessa ryhdytty riittäviin toimiin huolehtimisvelvoitteen täyttämiseksi niin suunnittelijoiden kuin myös suunnitelman suhteen. Viranomainen voi lupakäsittelyssään tarpeen vaatiessa asettaa sammutuslaitteistolle lisävaatimuksia.

Tarkastuslaitos varmistaa suorittamassaan käyttöönottotarkastuksessa, että asennettu laitteisto on toimintakuntoinen sekä suunnittelusta ja asentamisesta annettujen vaatimusten mukainen. Tarkastus vertaa sammutuslaitteiston toteutusta selvitykseen sammutuslaitteiston suunnitteluperusteista ja asennusliikkeen asennustodistukseen. Asennusliike vastaa asennustyön vaatimustenmukaisuudesta.

Rakennushankkeen päättävä rakennuksen käyttöönotto edellyttää rakennusvalvontaviranomaisen antamaa rakennuksen käyttöönottolupaa. Useimmissa kohteissa tehdään ennen rakennuksen käyttöönottoa ja ennen rakennusvalvontaviranomaisen lopputarkastusta erityinen palotarkastus. Tämä käyttöönottovaiheeseen liittyvä palotarkastus ja siitä laadittu pöytäkirja ovat juridisesti asiantuntijalausunto, jonka rakennusvalvonta voi ottaa tai voi olla ottamatta huomioon rakennuksen käyttöönotosta päättäessään.

### 2.3.2 Suunnittelu- ja asennussäännöt

Kumoutuneeseen pelastustoimen laitelakiin (561/1999) liittyneen sammutuslaitteistoasetuksen (Sisäasiainministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista SM-1999-967/Tu-33) voimassaolo lakkasi 31.12.2006. Kumoutunutta asetusta voidaan kuitenkin käyttää toistaiseksi ohjeena. Uuden laitelain 15 §:n mukaan tarkastus- ja arviointilaitosten hyväksymiseen liittyviä tarkempia säännöksiä annetaan (tulevalla) valtioneuvoston asetuksella. Arviointilaitoksia ei tällä hetkellä Suomessa ole. Nykyisellä säädöspohjalla mahdollisten arviointilaitosten toiminta kohdistuisi komponentteihin tai sellaisiin laitteistoihin, jotka voidaan koota ja asentaa vain yhdellä tavalla. Tarkastuslaitokset voivat antaa pyydettyä lausuntonsa rakennusvalvonnalle suunnitteluperusteista ja tarkastaa tehdyn asennustyön suhteessa suunnitteluperusteisiin.

Sammutuslaitteistoasetuksen mukaan sprinklerilaitteistojen suunnittelussa ja asentamisessa sovelletaan julkaisua CEA 4001 (CEA 4001:2004-03(fi)). Kuitenkin muitakin julkaisuja voidaan käyttää, mikäli ne täyttävät sammutuslaitteistoasetuksen vaatimukset. Turvatekniikan keskuksen ylläpitämään luetteloon kuuluvat mm. seuraavat NFPA:n standardit:

- 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- 13D Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes
- 13R Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Residential Occupancies up to and Including Four Stories Height
- 750 Water Mist Fire Protection Systems.

Merkille pantavaa luettelossa on, että siitä puuttuu standardi SFS-EN12845, ”Kiinteät palonsammutusjärjestelmät. Automaattiset sprinklerilaitteistot. Suunnittelu, asentaminen ja kunnossapito”. Kyseinen EN-standardi ei ole rakennustuotedirektiivin mukainen harmonisoitu standardi.

Standardi NFPA 13R on ollut lähtökohtana CEA 4001:n vuoden 2002 versioon tullee kansalliselle liitteelle F2, jossa määritetään vaatimukset automaattisille sammutuslaitteistoille enintään nelikerroksisissa P1- ja P2-luokan asuinrakennuksissa. Liitteen kohdan F.2.2 mukaan kerrostalojen sprinklerilaitteistojen tarkoituksena on estää yleissyttyminen (flashover) siinä huoneessa, jossa palo syttyy. Sprinklerilaitteiston tehtävänä on myös estää palon siirtyminen ikkunoiden tai aukkojen kautta viereiseen asuntoon tai palotekniseen osastoon. Sprinklerilaitteisto parantaa asukkaiden poistumismahdollisuuksia rakennuksesta ja asukkaiden evakuointimahdollisuuksia palon syttyttyä.

CEA 4001:n vuoden 2007 versiosta liite F2 poistettiin ja se korvattiin liitteellä O. O-liite on aiempaa F2-liitettä merkittävästi sallivampi, sillä sitä voidaan soveltaa henkilöturvallisuutta parantavana sammutuslaitteistona seuraaviin rakennuksiin:

- asuinrakennukset (erillistalot, pientalot, rivitalot, kerrostalot, vapaa-ajan asunnot)
- erityisryhmien asuinrakennukset (erityisasunnot, palveluasunnot, senioriasunnot, hoitokodit)
- pienet majoitustilat, paikkaluku enintään 50 (hotellit, motellit, lomakodit, asuntolat, lastenkodit)
- pienet hoitolaitokset, paikkaluku enintään 25 (terveyskeskusten vuodeosastot, vanhainkodit, rangaistuslaitokset).

O-liitettä voidaan soveltaa myös yli 4-kerroksisissa rakennuksissa, joiden korkeusero alimman ja ylimmän sprinklerin välillä on enintään 45 m. Mikäli yhtenäinen huonetila asuntona käytetyissä rakennuksissa on yli 75 m<sup>2</sup> (esimerkiksi palvelutalon ruokailutila), tulee mitoitusala kasvattaa ylimenevältä osalta yhdellä sprinklerillä jokaista alkavaa 50 m<sup>2</sup> kohden.

Laitteistojen hydraulinen mitoitus tulee suorittaa taulukon 2 mukaisesti. Tämän lisäksi O-liite (kohta O.7) kuitenkin vaatii, että kunkin sprinklerin virtaaman tulee olla vähintään 68 l/min, kun ainoastaan yksi sprinkleri on toiminnassa, tai 49 l/min, kun kaikki mitoitusalan sprinklerit toimivat.

Taulukon 2 alaviitteessä 1 todetaan, että vaihtoehtoisten järjestelmien (mm. vesisumu) vesivuontiheys ja suutintyyppi määräytyvät kyseisen järjestelmän tyyppihyväksynnässä. CEA 4001:2007-06(fi) sisältää myös kansallisen liitteen T, jossa luetellaan automaattiselle vesisumujärjestelmälle asetetut vaatimukset. T-liitteen kohdan 2 mukaan vesisumusammutusjärjestelmä on suunniteltava ja asennettava standardin NFPA 750 mukaisesti. NFPA 750 sisältää vähimmäisvaatimukset vesisumusammutusjärjestelmien suunnittelulle, asennukselle, ylläpidolle ja testaukselle. Standardi ei sisällä vaatimuksia sammutuskyvylle eikä sille, miten järjestelmä tulisi suunnitella ja mitoittaa, jotta se soveltuisi rakennuksen käyttötarkoitukseen. Standardi nojaa siihen, että hankitut ja asennetut järjestelmät perustuvat listattuihin komponentteihin tai järjestelmät ovat osoittaneet sammutuskykynsä osana listausprosessia.

Taulukko 2. CEA 4001:2007-06(fi):n liitteen O mukaiset suunnitteluperusteet.

	MITOITUS 5)	VESIVUON- TIHEYS (mm/min) 1)	TOIMINTA- AIKA (min) 3)	VESILÄHTEEN LUOKKA 4)	SUUTIN 1) 2)
<b>ASUINALOT JA ERITYISASUMINEN</b>					
1–2 huoneistoa	2 sprinkleriä	2,25	10	C	asuntosprinkleri
rivitalo	2 sprinkleriä	2,25	30	C	asuntosprinkleri
kerrostalo 2–8 krs	4 sprinkleriä	2,25	30	C	asuntosprinkleri nopeatoiminen sprinkleri
kerrostalo yli 8 krs, korkeusero alimman ja ylimmän sprinklerin välillä enintään 45 m	4 sprinkleriä	2,25	60	B	asuntosprinkleri nopeatoiminen sprinkleri
<b>PIENET MAJOITUSTILAT JA PIENET HOITOLAITOKSET</b>					
rakennukset 1–8 krs	4 sprinkleriä	2,25	30	C	asuntosprinkleri nopeatoiminen sprinkleri
kerrostalo yli 8 krs, korkeusero alimman ja ylimmän sprinklerin välillä enintään 45 m	4 sprinkleriä	2,25	60	B	asuntosprinkleri nopeatoiminen sprinkleri
<p>1) Vesisumu- ja muiden vaihtoehtoisten järjestelmien vesivuontiheys ja suutintyyppi määräytyvät kyseisen järjestelmän tyyppihyväksynnässä.</p> <p>2) Asuntosprinklereitä (residential) käytetään asuin- ja majoitushuoneistoissa. Nopeatoimisia (quick response) sprinklereitä käytetään muissa kuin majoittumiseen tai asumiseen tarkoitetuissa tiloissa.</p> <p>3) Kohteissa, joissa vaatimus automaattisesta sammutuslaitteistosta perustuu siihen, että asukas ei itse pysty pelastautumaan, toiminta-ajan tulee olla turvallisuusselvityksen pelastusaikalaskelman tarkoittama asukkaan pelastamiseen tarvittava aika, kuitenkin vähintään tämän taulukon mukainen.</p> <p>4) C-luokan vesilähteenä voidaan käyttää - monikäyttöistä talojohtoa edellyttäen, että muu kulutus huomioidaan syöttöputken mitoituksessa - kohdan 8.5 mukaista painesäiliötä.</p> <p>5) Mikäli yhtenäinen huonetila asuntona käytetyissä rakennuksissa on yli 75 m<sup>2</sup> (esimerkiksi palvelutalon ruokailutila), tulee mitoitusala kasvattaa ylimenevältä osalta yhdellä sprinklerillä jokaista alkavaa 50 m<sup>2</sup> kohden.</p>					

### 3. Tekniset ratkaisut

Tekniset ratkaisut jaetaan tässä yhteydessä perinteisiin ja vaihtoehtoisiin ratkaisuihin. Ensimmäiseen kuuluvat sprinklerijärjestelmät, jotka on toteutettu esim. standardien NFPA 13R ja NFPA 13D tai CEA 4001 ohjeiden mukaisesti, ja jälkimmäiseen kuuluvat järjestelmät, jotka poikkeavat esim. pisarakokonsa, asennustapansa tai jonkin muun yksityiskohtansa puolesta perinteisistä ratkaisuista.

#### 3.1 Perinteiset ratkaisut ja niiden mitoitusperusteet

##### 3.1.1 Putkistot

Putkistona perinteisissä ratkaisuissa on käytetty metalliputkia (teräs, kupari), mutta myös muovisia sprinkleriputkia voidaan käyttää, jos ne ovat hyväksytyjä tähän tarkoitukseen. Tyypillisimpiä muoviputkimateriaaleja ovat CPVC, PEX ja PP. Taulukossa 3 esitetään asuntospinklerijärjestelmiä, joissa putkimateriaalina käytetään muovia.

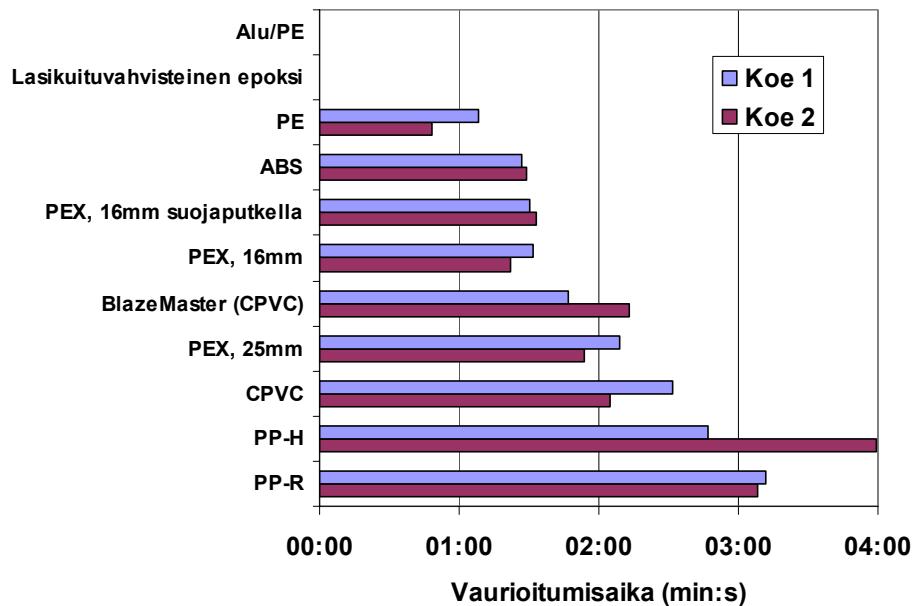
*Taulukko 3. Kaupallisia asuntospinklerijärjestelmiä, joissa putkimateriaalina on muovi.*

Tuote	Yritys	Putki-materiaali	Maa	www-sivu
Homesafe Greenflow, Greyflow, Whiteflow, Blueflow, Redflow ja Aquaflow	Homesafe Systems Ltd	CPVC / PEX	UK	<a href="http://www.homesafegroup.com">www.homesafegroup.com</a>
C-PVC Sprinkler system	GPA Plast	CPVC	Ruotsi	<a href="http://www.gpa.se">www.gpa.se</a>
Firestop	Aquatherm GmbH	PP	Saksa	<a href="http://www.fusiotherm.com">www.fusiotherm.com</a>
Uponor-vesisammutusjärjestelmä / AquaSafe	Uponor Suomi Oy	PEX	Suomi	<a href="http://www.uponor.fi">www.uponor.fi</a>

Ruotsalaisten (Arvidson & Nordling 2004) tekemän tutkimuksen mukaan muoviputket kestivät 15 minuutin ajan 400 °C:n ja 600 °C:n lämpötiloja, kun putkissa virtasi vesi, mutta suurin osa (9/11) putkista vaurioitui noin 1–4 minuutin kuluessa (kuva 2) 400 °C:n lämpötilassa seisovan veden tilanteessa (vrt. tilanteeseen, jossa sprinkleri ei ole lauennut). Toisessa tutkimuksessa (Nam 2005) sprinklerijärjestelmässä käytetylle CPVC-putkimateriaalille tehtiin eri konfiguraatioin palokokeita, joissa todettiin pinta-asennetun putkiston kestävä tyypillisiä kevyen riskiluokan paloja (light hazard fires). Paloissa korkeimmat hetkelliset lämpötilat olivat noin 300 °C.

Suomessa muoviputket tulee asentaa siten, että ne ovat palolta suojattuja (CEA 4001:2007-06). Putkiston piiloasennus voidaan toteuttaa esimerkiksi sellaisen pinnan

päälle, joka täyttää suojaverhousmateriaalille asetetut vaatimukset (10 minuutin suoja palolta). Tällainen suoja saavutetaan esimerkiksi 9 mm vahvuisella kipsilevyllä.



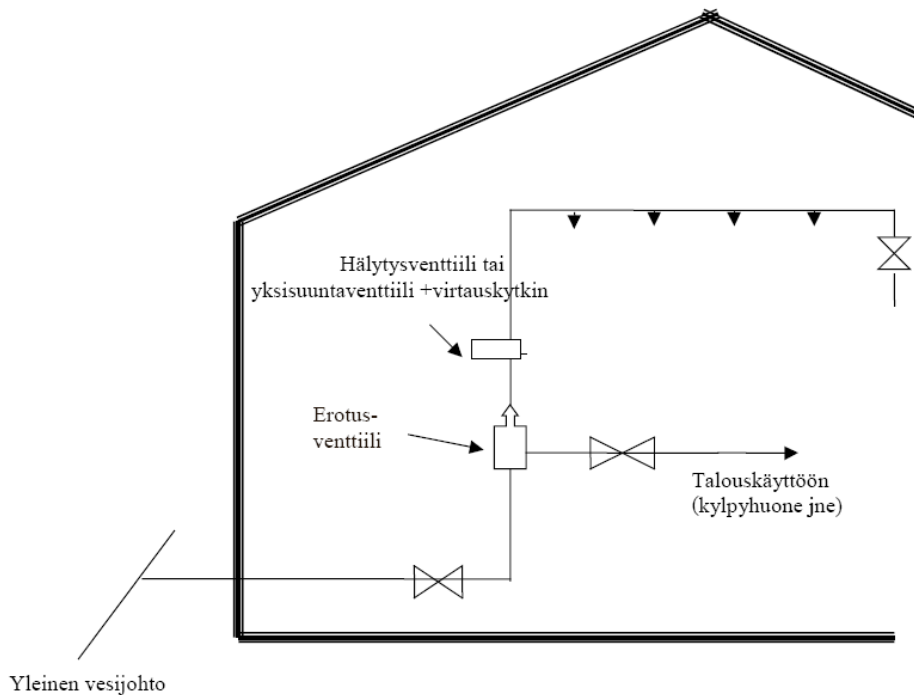
Kuva 2. Muovisten sprinkleriputkien vaurioitumisaikojä testitilanteessa, jossa vedellä täytetyt putket oli altistettu 400 °C:n lämpötilalle. Koetilanteessa vedenkierto putkissa oli estetty.

Pelkästään putkistojen testaamiseksi kehitettyjä testimenetelmiä ovat mm. seuraavat UL:n (Underwrites Laboratories) ja FM Globalin standardit:

- FM 1630, Approval standard for steel pipe for automatic fire sprinkler systems
- FM 1635, Approval standard for plastic pipe and fittings for automatic sprinkler systems
- UL 852, Metallic sprinkler pipe for fire protection service
- UL 1821, Thermoplastic sprinkler pipe and fittings for fire protection service.

Muoviputkien osalta em. standardit pitävät sisällään myös erilliset palotestit, joissa sprinklerijärjestelmä asennetaan valmistajan ohjeiden mukaan joko pinta- tai piiloasennuksena. Palokokeen jälkeen katsotaan, esiintyykö putkistossa vuotoja, paineistamalla putkisto.

Vuosituhanen alusta lähtien Yhdysvalloissa ovat olleet käytössä myös ns. monikäyttöiset sprinkleriputkistot, joissa kotitalousvesi ja sprinklerivesi kulkevat samassa putkistossa (kuva 3). Sittemmin putkistot ovat tulleet myös Suomeen lähinnä pientaloratkaisuihin. Kohdassa 4.4 esitellään eräs esimerkkitapaus kyseisestä sprinklerijärjestelmästä.



Kuva 3. Kaaviokuva monikäyttöisestä sprinkleriputkistosta (CEA 4001:2007-06).

### 3.1.2 Sprinklerisuuttimet

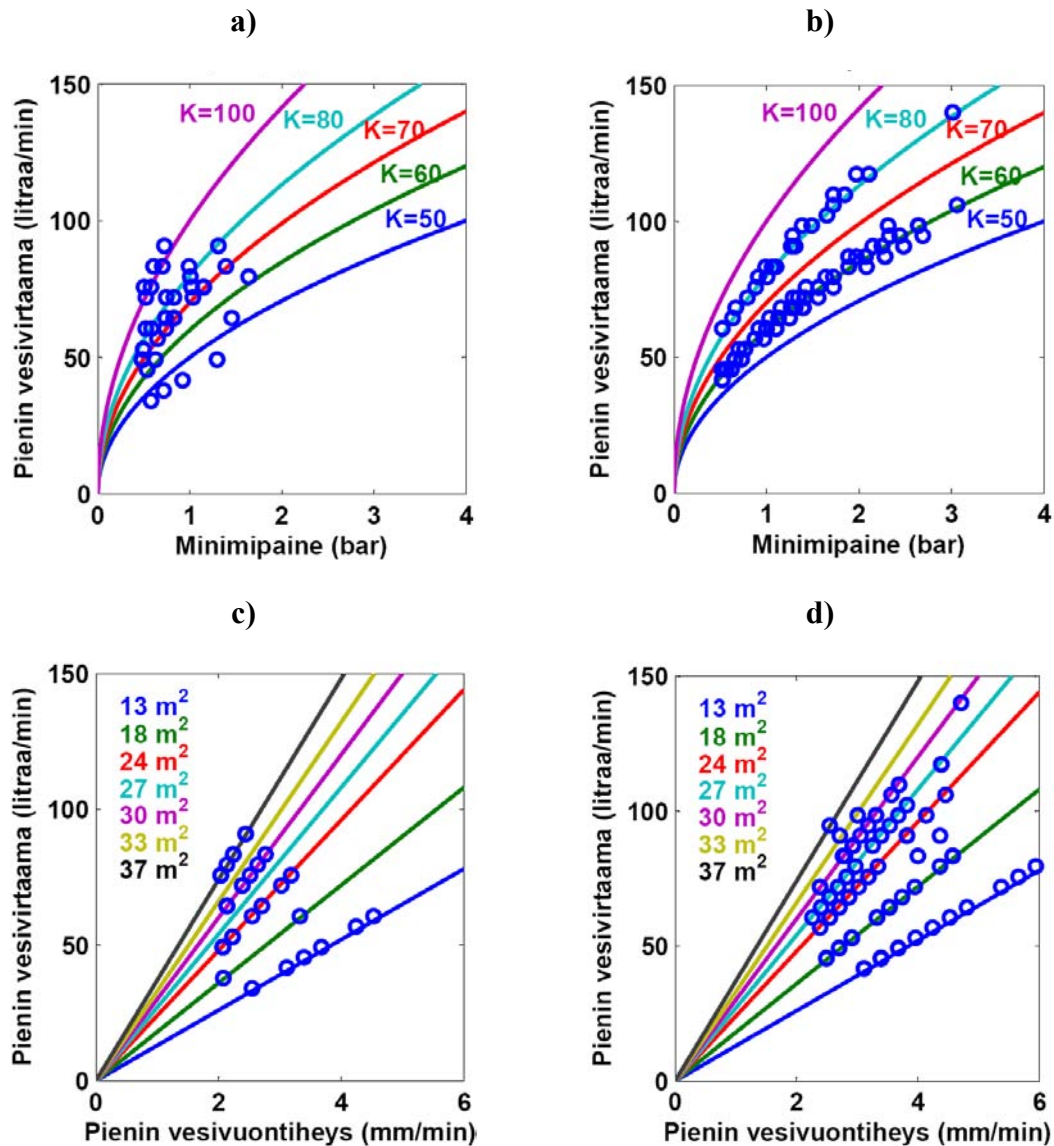
Asuntosprinklauksessa käytettävät sprinklerisuuttimet on optimoitu siten, että ne käyttävät vähemmän vettä kuin esimerkiksi teollisuuteen asennetut sprinklerit. Asuntosprinklaukseen tarkoitetuista suuttimista käytetään nimitystä ”residential”, joka ilmaisee suutintyyppin soveltuvuuden tyypillisen huoneistopalon palotestiin. Lisäksi suuttimen herkkyyssluokan tulee olla nopea, RTI-arvo enintään  $50 \text{ (m}\cdot\text{s)}^{1/2}$ . Kuvassa 4 esitellään muutamia asuntosprinklerisuuttimia, joita tällä hetkellä on saatavilla markkinoilta.





Kuva 4. Erityyppisiä asuntosprinklerisuuttimia: a) alaspäin asennettava, b) sivusprinkleri, c) Flush-sprinkleri, d) piilosprinkleri ja e) upotettava sprinkleri. Kuvat otettu seuraavista internetlähteistä: [www.vikinggroupinc.com](http://www.vikinggroupinc.com), [www.uponor.fi](http://www.uponor.fi), [www.tyco-fire.com](http://www.tyco-fire.com) ja [www.reliablesprinkler.com](http://www.reliablesprinkler.com).

Asuntosprinklerisuuttimien suojausala on kasvatettu siten, että nykyään hyväksytyinä löytyy jopa 37 m<sup>2</sup> suojausalaltaan olevia suuttimia. Mitoittavana tekijänä asuntosprinklerilauksessa käytetään yhtä aikaa operoivien suuttinten lukumäärää, joka on joko 2 (NFPA 13D) tai 4 (NFPA 13R ja CEA 4001, liite O). Pienintä vesivuontiheyttä 2,05 mm/min (NFPA 13D ja 13R) tai 2,25 mm/min (CEA 4001, liite O) ei kuitenkaan saa alittaa. Kuvassa 5 esitetään eräiden UL:n hyväksymien upotettavien (recessed) sprinklerisuuttimien suojausaloja ja vesivirtaamia.



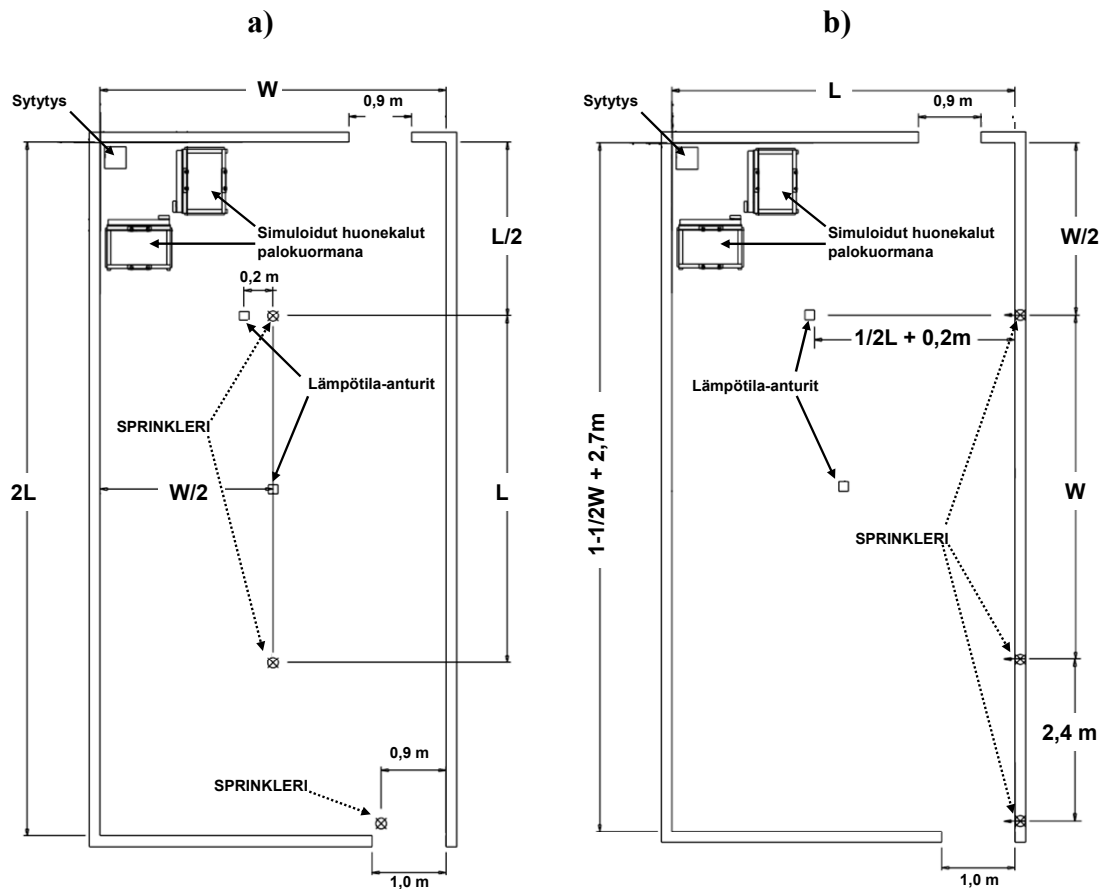
Kuva 5. UL:n hyväksymien upotettavien sprinklerisuuttimien vesivirtaama-arvoja (kuvat a ja b) paineen ja K-arvon sekä (kuvat c ja d) vesivuontiheyden ja suojausalan funktiona. Kuvissa a) ja c) alaspäin (recessed pendent,  $N = 59$ ) asennettava upotettava suutintyyppi ja kuvissa b) ja d) upotettava sivusuutin (recessed sidewall,  $N = 101$ ).

### 3.1.3 Standardinmukaiset ja soveltavat palotestit

Sprinklerijärjestelmän pitää olla asianmukaisesti testattu usein joko UL:n ”UL 1626, Residential Sprinklers for Fire-Protection Service”- tai FM Globalin ”FM 2030, Approval Standard for Residential Automatic Sprinklers”-standardein mukaisesti. UL 1626- ja FM 2030 -standardeissa on komponenttitestien lisäksi myös palotestit ja vaatimukset vesijakaumalle (vaaka- ja pystysuuntainen).

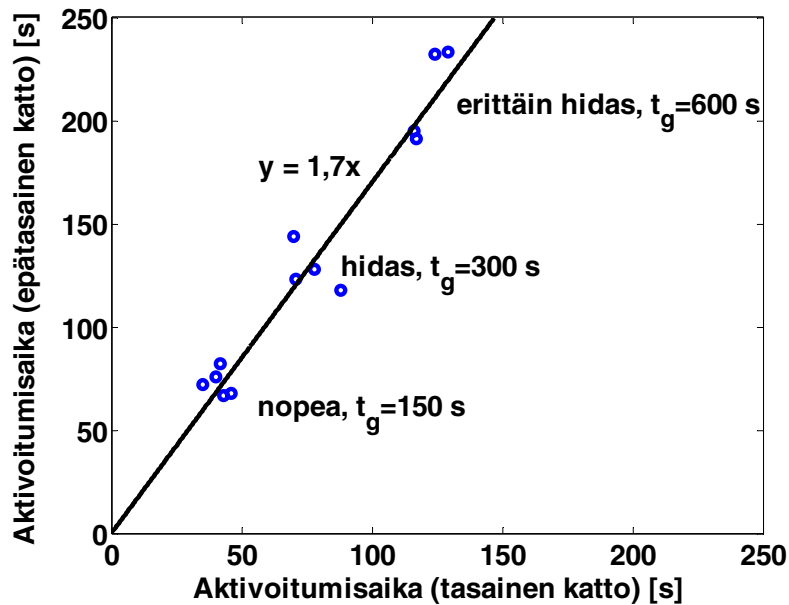
Kuvan 6 mukaiset UL 1626 -standardin palotestien hyväksymisrajat ovat seuraavat:

- Lämpötila 7,6 cm kattopinnan alapuolelta mitatuissa pisteissä ei saa ylittää 316 °C.
- Lämpötila 1,6 m lattiapinnan yläpuolella, lähinnä sytytyskohtaa, ei saa ylittää 93 °C eikä lämpötila saa ylittää 54 °C yhdenkään 2 minuutin jakson aikana.
- Lämpötila 6,4 mm katon yläpuolella ei saa ylittää 260 °C.
- Korkeintaan kaksi sprinklerisuutinta saa aktivoitua kokeen aikana, jonka kesto on 10–30 min.



Kuva 6. Standardin UL 1626 mukainen palotestigeometria a) kattoon asennettavalle sprinklerille ja b) sivusprinklerille huonekorkeuden ollessa 2,4 m. Mukana vain oleellimmat mitat. Kuvassa  $W$  tarkoittaa sprinklerisuihkun suojaaman alueen leveyttä ja  $L$  alueen pituutta. Lämpötila-anturit mittaavat lämpötilaa 1,6 m korkeudelta lattiasta ja 7,6 cm korkeudelta katon alapuolelta (huoneen keskellä mitataan lämpötilaa vain katon alapuolelta). Kattomateriaalin lämpötilaa seurataan sytytyskohdan yläpuolelta. Sytytyskohdan nurkkaus on lisäksi paneloitu 1,2 m matkalta. Skenaariossa b) koe toistetaan asentamalla sivusprinklerit myös vastapäiselle seinälle.

Sprinklerin aktivoitumiseen vaikuttavat olennaisesti palon kasvunopeus, sprinklerin etäisyys palopatsaasta ja kuuman ilmvirran esteetön kulkeutuminen kohti sprinkleriä. Katossa olevien palkkien tms. vaikutus sprinklerin aktivoitumisaikaan voi olla noin 1,7-kertainen (kuva 7) verrattuna tasaisen kattopinnan tapaukseen (Vettori 1998). Kaltevilla kattopinnoilla tehdyissä palokokeissa palon sijoittuminen huoneen nurkkaukseen kasvatti ja huoneen keskellä ollut palo pienensi aktivoitumisaikoja suhteessa tasaisen kattopinnan tapaukseen (Vettori 2003).



Kuva 7. Palon kasvunopeuden ja kattopinnan vaikutus sprinklerin aktivoitumiseen tiettytyyppisessä geometriassa. Datapisteet otettu lähteestä Vettori (1998).

Seuraavassa esitellään standardin UL 1626 mukaisissa tai niistä hieman muutetuissa kokeissa esiintyneitä aktivoitumisaikoja sekä lämpötiloja. NISTin tutkimuksessa (2004) testattiin neljä erityyppistä kaupallista asuntosprinkleriä UL 1626:n mukaisissa koejärjestelyissä. Sprinklerisuutinten ominaisuudet luetellaan taulukossa 4.

Kokeita tehtiin kaikkiaan 22 kpl, joista 15 kpl:ssa palo sijaitti UL 1626:n mukaisesti nurkassa ja 7 kpl:ssa tehtiin koe siten, että palon sijainti vaihdettiin pituussuunnassa keskelle huonetta vasten seinää kahden suuttimen väliin.

Taulukko 4. Koepoltoissa käytettyjen asuntosprinklereiden suutintietoja (NIST 2004).

Sprinkleri- tyyppi	Laukeamis- lämpötila (°C)	K-arvo (litraa·min <sup>-1</sup> ·bar <sup>-½</sup> )	Suojausala W × L (m × m)	Vesivirtaama (litraa/min)*
Alaspäin (pendent) tai alaspäin upotettu	68	62	3,7 × 3,7	45,4
			4,9 × 4,9	49,2
Flush-sprinkleri	72	60,5	3,7 × 3,7	49,2
			4,9 × 4,9	53,0
Alaspäin upotettu	68	70,6	3,7 × 3,7	49,2
			4,9 × 4,9	49,2
Sivusprinkleri	68	60,5	3,7 × 3,7	45,4
			4,9 × 4,9	56,8

\* Kokeissa vesivirtaama yhtä sprinkleriä kohden asetettiin 1,4 kertaa suuremmaksi kuin tässä ilmoitettu. Kahden suuttimen toimiessa vesivirtaama oli noin 0,7-kertainen yhtä sprinklerisuutinta kohden.

UL 1626:n mukaisissa kokeissa (15 kpl) kaikki suuttimet läpäisivät kokeen ja lisäksi kaikissa vain yksi suutin kolmesta aktivoitui. Sovelletuissa kokeissa (7 kpl) vähintään 2 suutinta laukesi joka kokeessa (5 kokeessa laukesi myös kolmas suutin, joka ei ollut kytkettynä vesilähteeseen). Kahdella suuttimella lämpötilat pysyivät rajojen alapuolella. Taulukossa 5 esitetään polttokokeissa mitattuja lämpötila-arvoja.

Ensimmäisen sprinklerin laukeamisajat (keskiarvo) UL 1626:n mukaisessa kokeessa olivat 100 s ja sovelletussa kokeessa 89 s. Happipitoisuudet olivat koesarjassa alimmillaan noin 20 % huoneen keskeltä mitattuna.

Taulukko 5. Lämpötilatuloksia asuntosprinklerikokeista (NIST 2004).

UL 1626:n mukainen (N = 15)				
mittauskohta*	minimi (°C)	maksimi (°C)	keskiarvo (°C)	hajonta (°C)
1,6 m korkeudella lattiasta	34,0	58,0	44,2	7,3
sprinklerin lähellä	57,0	102,0	85,0	12,4
Sovellettu (N = 7)				
mittauskohta*	minimi (°C)	maksimi (°C)	keskiarvo (°C)	hajonta (°C)
1,6 m korkeudella lattiasta	45,0	72,0	55,1	9,8
sprinklerin lähellä	71,0	234,0	107,0	56,7

\* UL 1626:n geometriassa nurkkapaloa lähinnä oleva lämpötilan mittauspiste.

BRE:n koesarjassa (Annable *et al.* 2006) saatiin samankaltaisia tuloksia ensimmäisen suuttimen laukeamisen suhteen: standardinmukaisella järjestelyllä 12 kokeessa ensimmäisen suuttimen laukeamisen keskiarvoaika oli 79 s. Kokeissa oli kaikkiaan kuusi erityyppistä suutinta.

Koesarjaa jatkettiin soveltavalla osiolla (Clark *et al.* 2006), jossa mukana oli piilosprinklereitä<sup>1</sup>. Osiossa mitattiin lämpötilojen lisäksi mm. myrkyllisten kaasujen pitoisuuksia, näkyvyyden heikentymistä ja savuilmaisimien toimintaa, suureita joita ei ns. standardinmukaisessa kokeessa mitata. Olohuoneessa syttyvän tulipalon osalta saatiin seuraavia tuloksia:

TV-tulipalossa sprinkleri aktivoitui keskimäärin noin 550 s kuluttua syttymisestä. Olohuoneeseen sijoitettu savuilmaisin reagoi n. 230 s ja naapurihuoneessa n. 330 s kuluessa syttymisestä. Palo saatiin kaikissa tapauksissa hallintaan sprinklerillä. Sprinklereiden toiminta ei parantanut näkyvyyttä verrattuna tilanteeseen, jossa ei ollut sprinklereitä. Syttymisestä aikavälillä n. 20 min – 33 min neljässä kokeessa kuudesta myrkyllisten kaasujen pitoisuus olisi aiheuttanut ihmiselle tajunnan tason menettämisen (FED-arvo<sup>2</sup>). Tulipalosta ympäristöön konvektoituvan lämmön havaittiin vähenevän selvästi sprinklereiden toimiessa.

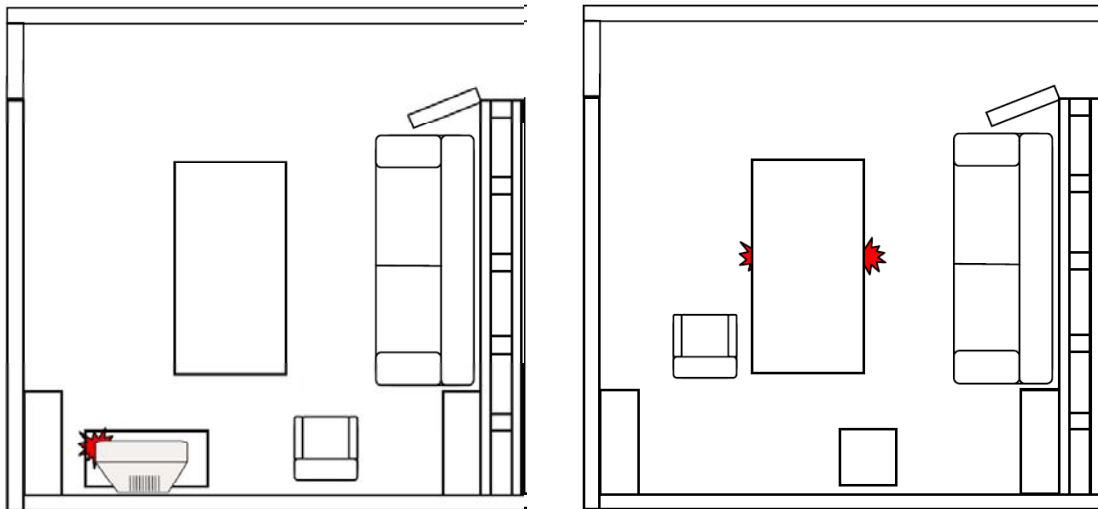
Sohvapöydän tulipalossa sprinkleri aktivoitui keskimäärin n. 86 s kuluttua syttymisestä. Olohuoneeseen sijoitettu savuilmaisin reagoi n. 27 s ja naapurihuoneeseen sijoitettu n. 52 s kuluessa syttymisestä. Palo saatiin kaikissa tapauksissa hallintaan sprinklerillä. Sprinklereiden toiminta ei parantanut näkyvyyttä verrattuna tilanteeseen, jossa ei ollut sprinklereitä. Syttymisen jälkeen aikavälillä n. 5,5 min – 9 min kaikissa neljässä kokeessa myrkyllisten kaasujen pitoisuus olisi aiheuttanut ihmiselle tajunnan tason menettämisen (FED-arvo<sup>2</sup>). Pitoisuudet olisivat olleet tappavat aikavälillä 8 min – 13 min. Tulipalosta ympäristöön konvektoituvan lämmön havaittiin vähenevän selvästi sprinklereiden toimiessa.

---

<sup>1</sup> Suuttimen pää suojattu erillisellä peitinlevyllä (ks. kuva 4d), joka tipahtaa pois lämpötilan noustessa.

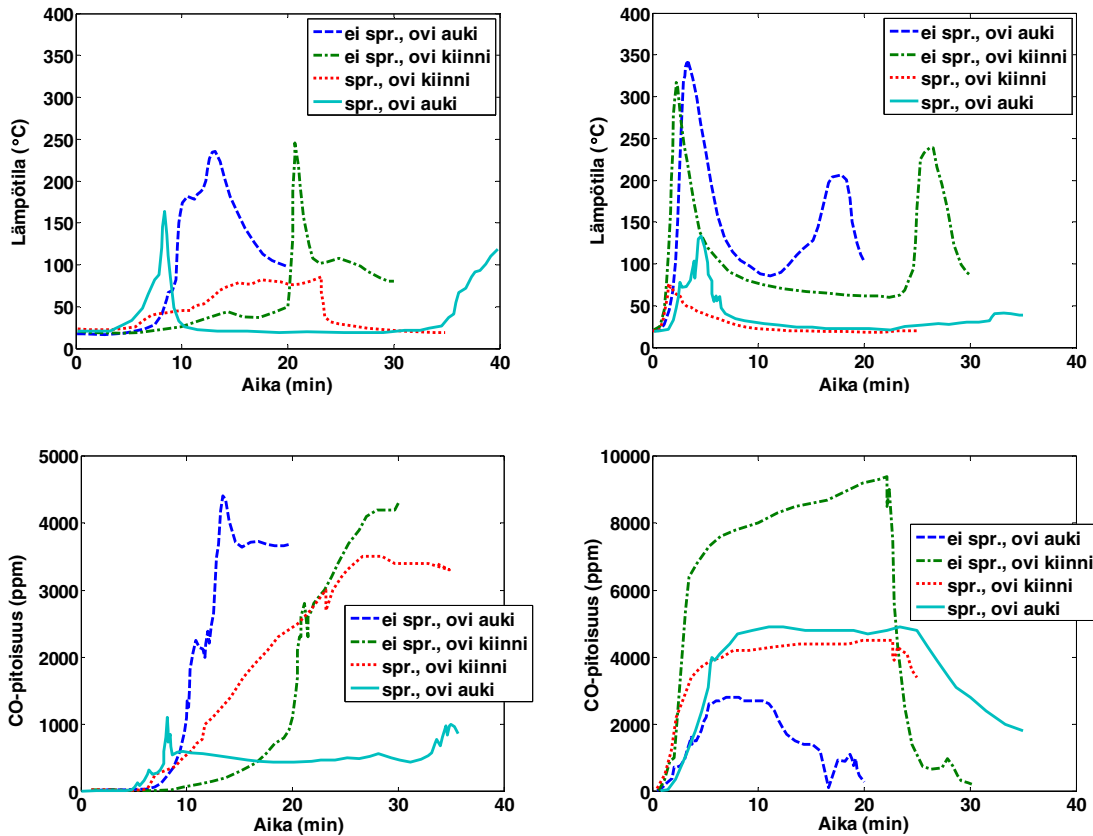
<sup>2</sup> FED-arvo (Fractional Effective Dose) kuvaa tyypillisesti hiilidioksidi- ja hiilimonoksidipitoisuuksien (CO<sub>2</sub> ja CO) noususta ja happipitoisuuden (O<sub>2</sub>) laskusta aiheutuvaa tukahduttavaa annosta, joka riippuu eri kaasukomponenttien pitoisuudesta ja altistusajasta. Poistumista ei pidetä turvallisena, jos FED-raja-arvo ylittyy.

Kuvassa 8 esitetään tutkimuksen Clark *et al.* (2006) mukainen koejärjestely.



*Kuva 8. Koejärjestely olohuonepalossa, jossa asunosprinkleri on sijoittuneena huoneen keskelle kattoon (ei näy kuvassa). Vasemmalla TV-paloskenaario ja oikealla sohvapöydän palo. Huoneen mitat n. 4 m × 4 m ja korkeus 2,5 m.*

Kuvassa 9 esitetään TV- ja sohvapöytäpalossa syntyviä häkäpitoisuuksia ja lämpötiloja sprinklaamattomassa ja sprinklatussa tilanteessa (Williams & Campbell 2004). Sprinklauksesta huolimatta CO-pitoisuudet nousevat, hieman hitaammin TV-palossa kuin sohvapöydän palossa, noin 4000–5000 ppm:n tienoille. Kyseinen pitoisuus riittää lamaanuttamaan ihmisen noin 5–10 minuutin kuluessa (Purser 2002). Sprinklereiden vaikutus nähdään selkeimmin lämpötiloista: sprinklatussa tilanteessa ne ovat noin 50–150 °C ja sprinklaamattomassa tilanteessa noin 250–350 °C.



Kuva 9. Lämpötilan (yllä) ja CO-pitoisuuden (alla) kehittyminen sprinklatussa ja sprinklaamattomassa tilanteessa. Vasemmalla TV-palo ja oikealla sohvapöydän palo. Koejärjestelyt ovat geometrian ja huonekalujen osalta samat kuin kuvassa 8, jossa mitauspiste on noin 1,6 m:n korkeudella lähellä huoneen vasenta seinustaa.

### 3.2 Vaihtoehtoiset ratkaisut ja niiden mitoituserusteet

Suurin osa vaihtoehtoisista sammutusjärjestelmäratkaisuista lukeutuu vesisumua tuottaviin järjestelmiin. Vesisumuna pidetään suuttimen pienimmällä toimintapaineella tuottamaa vesisuihkua, jonka tilavuus koostuu 99-prosenttisesti pisaroista, joiden halkaisija on alle 1 mm (NFPA 750, 2003).

Vesisumujärjestelmät voidaan jakaa vielä kolmeen eri järjestelmätyyppiin putkistopaineen myötä (NFPA 750, 2003):

- matalapainejärjestelmä ( $\leq 12,1$  bar)
- välipainejärjestelmä (12,1 bar – 34,5 bar)
- korkeapainejärjestelmä ( $> 34,5$  bar).



Suomessa vaihtoehtoisten (vesisumu- tms.) järjestelmien osuus suojatuista turvallisuus-selvityskohteista on erään arvion (Tervo 2007) mukaan 13 %. Loppu 87 % jakautuu perinteisen sprinkleritekniikan osalta CEA 4001:n yleisen osan (37 %) ja CEA 4001:n liitteen F2 (50 %) mukaisiin ratkaisuihin.

### 3.2.1 Kaupallisten järjestelmien kuvaus

Vesisumujärjestelmiä valmistavia yrityksiä on lukuisia. Taulukossa 6 esitetään internet-hakuihin pohjautuen eri vesisumujärjestelmien tuotenimiä.

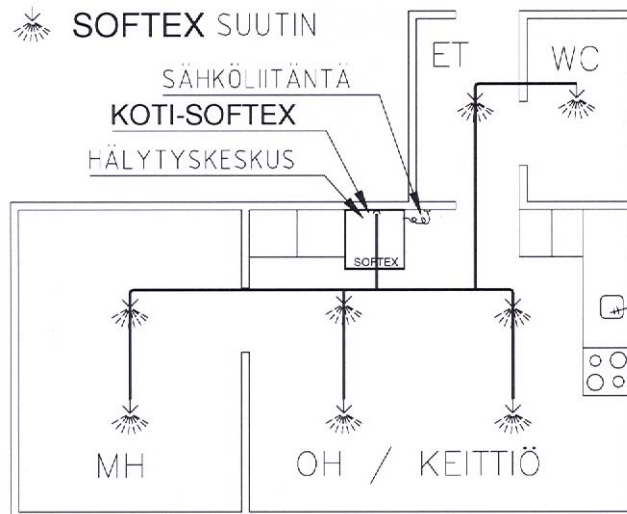
*Taulukko 6. Kaupallisia vesisumujärjestelmiä.*

Tuote	Yritys	Maa	Tuote	Yritys	Maa
AquaMist	Tyco International, Ltd.	USA	FlexiFog	Autronica Fire and Security AS	Norja
AjaxFog	Ajax Brandbeveiliging B.V.	Hollanti	MicroDrop	TOTAL WALTHER GmbH	Saksa
AQUAFOG	LPG Técnicas en Extinción de Incendios, S.A.	Espanja	Micromist	Fike Corporation	USA
AquaSafe	Kidde Fire Protection	UK	MiniFog	Minimax GmbH & Co. KG	Saksa
AQUASYS	AQUASYS Technik GmbH	Itävalta	Mistex	RFD Australia Pty Ltd	Australia
Fire-Scope	Securiplex LLC	USA	Provacuum	Provacuum Oy ja Oy Danfoss Ab	Suomi
Fogmaker	Fogmaker International AB	Ruotsi	Q-Fog	Q-Fog AB	Ruotsi
FOGTEC	FOGTEC Brandschutz GmbH & Co. KG	Saksa	SafeGuard	Mikro-Pulssi Oy	Suomi
FogTube	Water Mist Engineering AS	Norja	Sem Safe	Semco Maritime A/S	Tanska
Hi-Fog	Marioff Corporation Oy	Suomi	Softex	Softonex Oy Ltd	Suomi
KOTI-SOFTEX	Softonex Oy ja Oy Exrei Ab	Suomi	Ultra Fog	Ultra Fog AB	Ruotsi

Seuraavassa esitellään muutamia vesisumujärjestelmiä, joita myydään mm. asuntopalojen suojaukseen soveltuvina sammutusjärjestelminä.

#### 3.2.1.1 KOTI-SOFTEX

KOTI-SOFTEX-sammutusjärjestelmässä paineistettu vesisäiliö tuottaa kahdelle aktivoituvalla vesisumusuuttimelle 12 minuutin toiminta-ajan. Vesisäiliötä varten ei tarvita erillistä vesiliitäntää vesijohtoverkkoon. Hälytys voi tapahtua langattomasti joko palo-ilmaisimen tai asukkaan hälytysrannekkeen kautta. Kuvassa 10 esitetään kaaviokuva ja taulukossa 7 teknisiä tietoja KOTI-SOFTEX-järjestelmästä.



Kuva 10. KOTI-SOFTEX-järjestelmän kaaviokuva (KOTI-SOFTEX 2006).

Taulukko 7. KOTI-SOFTEX-sammutusjärjestelmän teknisiä tietoja (KOTI-SOFTEX 2006).

Sammutetilavuus	340 litraa
Laitteiston kuljetuspaino	n. 100 kg
Laitteiston toimintapaino	n. 400 kg
Mitat	leveys 0,7 m, syvyys 0,7 m ja korkeus 2,1 m
Putkisto	teräs
Sammutte	SoftDrops 6 % ja vesi 94 %
Ponneaine	typpi
Täyttöpaine	10 bar
Suuttimet	lämpösulakkeellinen SOFTEX SE14W

### 3.2.1.2 Q-Fog

Q-Fog-sammutusjärjestelmässä on myös paineellinen säiliö (kuva 11), joka voidaan asentaa esim. jälkikäteen kohteeseen. Suutin on sijoittuneena kiinteästi säiliöön, ja palonilmaisuus voi tapahtua joko savu- tai lämpöilmaisimella. Sammutusjärjestelmän toiminta-aika on 10–45 min. Yhden suuttimen suojausala on 25 m<sup>2</sup>, joka vastaa 130 litran sammutemäärällä ilmoitetut toiminta-ajat mukaan ottaen 0,12–0,52 mm/min vesivuontiheyttä.



Kuva 11. Kuvia Q-Fog-järjestelmästä (www.qfog.se).

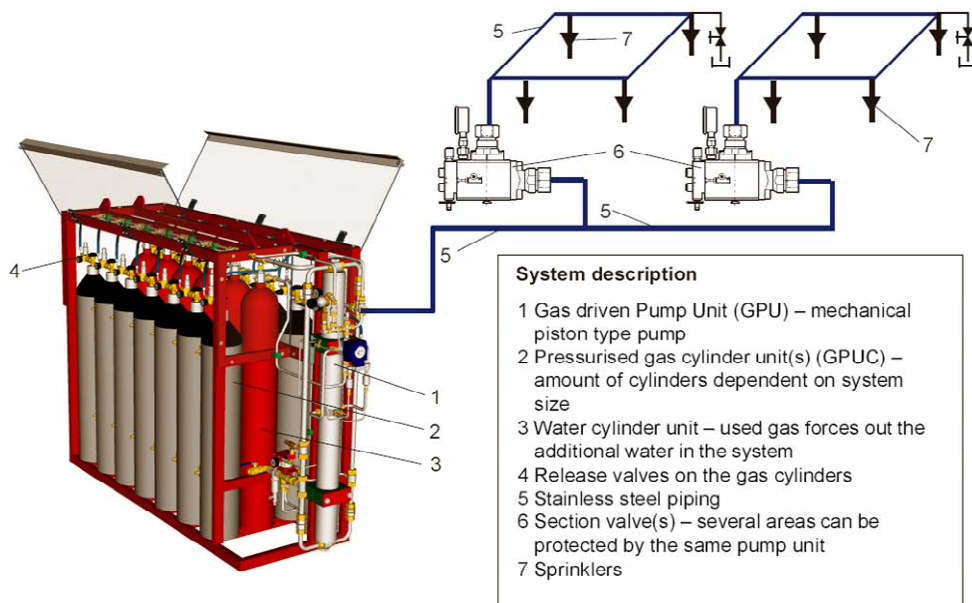
### 3.2.1.3 GPU

GPU-järjestelmää (Hi-Fog 2004) voidaan soveltaa joko kevyen riskiluokan (Light Hazard) tai tavallisen riskiluokan (Ordinary Hazard 1) kohteiden suojaukseen. GPU-järjestelmä koostuu ponneaineena käytettävistä ilma- tai typpipulloista, vesipulloista, pumppuyksiköstä, putkistosta ja suuttimista (kuva 12). Toiminta-aika on kohteesta riippuen vähintään 30 min tai 60 min. Yksi GPU-yksikkö pystyy tuottamaan 150 l/min vesivirtaaman. Vesipullojen lisäksi järjestelmä liitetään vesijohtoverkkoon. GPU-järjestelmän pneumaattinen pumppu ei vaadi toimiakseen sähkövirtaa, vaan tarvittava paine saadaan kaasupulloista. Sähkövirtaa kuitenkin tarvitaan järjestelmän valvontaan ja hälytystietojen välittämiseen. Taulukossa 8 esitellään GPU-järjestelmän teknisiä yksityiskohtia.

Taulukko 8. GPU-järjestelmän teknisiä tietoja (Hi-Fog 2003, Hi-Fog 2004).

Laitteiston toimintapaino	n. 1180 kg <sup>a</sup> , 1710 kg <sup>b</sup> tai 2070 kg <sup>c</sup>
Mitat	leveys n. 0,8 m, pituus n. 1,4 m ja korkeus 1,9 m <sup>a</sup> leveys n. 0,8 m, pituus n. 2,2 m ja korkeus 1,9 m <sup>b</sup> leveys n. 0,8 m, pituus n. 2,2 m ja korkeus 1,9 m <sup>c</sup>
Putkisto	teräs
Sammute	vesi
Ponneaine	typpi tai ilma
Paine suuttimella	n. 80 bar
Suuttimet	lämpösulakkeellinen
Maks. suojausala/suutin	16 m <sup>2</sup> (tyyppi 1B 1ME 6MF 10RA)
Nimellinen vesivuontiheys/suutin	0,8 mm/min (tyyppi 1B 1ME 6MF 10RA)

<sup>a</sup> 6 kaasu- ja 3 vesipulloa  
<sup>b</sup> 10 kaasu- ja 5 vesipulloa  
<sup>c</sup> 14 kaasu- ja 6 vesipulloa



Kuva 12. Kaaviokuva GPU-järjestelmästä (Hi-Fog 2004).

### 3.2.2 Standardinmukaiset ja soveltavat palotestit

Vesisumujärjestelmien osalta tunnetuimpia palotestimenetelmiä ovat seuraavat:

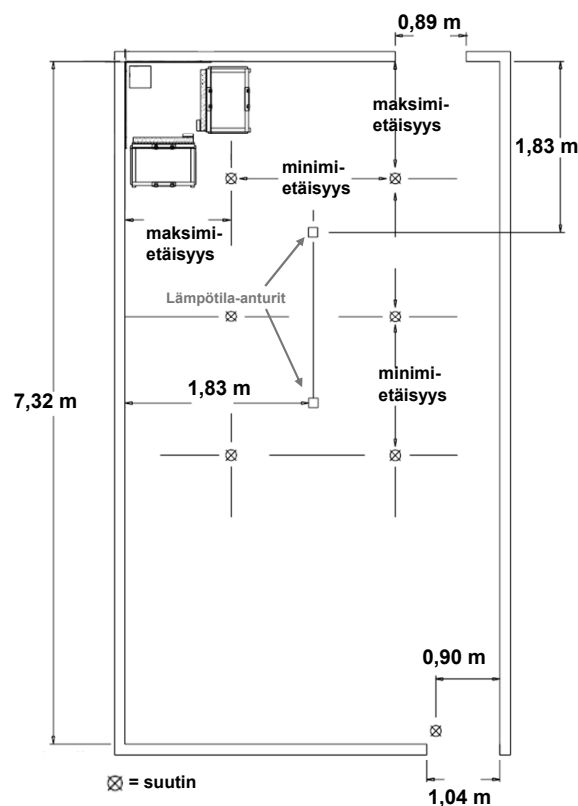
- IMO Res. A.800 (19), Appendix 2: ”Fire Test Procedures for Equivalent Sprinkler Systems in Accommodation, Public Space and Service Areas on Passenger Ships”
- FM 5560, Appendix I: ”Fire Tests for Water Mist Systems for the Protection of Light Hazard Occupancies”
- UL 2167, ”Water Mist Nozzles for Fire Protection Service”.

Näistä IMO:n (International Maritime Organization) palotestimenetelmässä suojattavana on noin 16 m<sup>2</sup> – 25 m<sup>2</sup> ja 52 m<sup>2</sup> pinta-alaltaan olevat hytit, joissa palokuormana käytetään patjoja, puurituloita ja simuloituja huonekaluja (luksushytti). Julkisten tilojen osalta IMO:n menetelmässä palokuormana on neljä sohvaa, joita sammutetaan yhdellä, kahdella tai neljällä suuttimella kattokorkeuden vaihdellissa 2,5 metristä 5,0 metriin. Testeissä on myös mukana nurkkapalo, jossa sammutusjärjestelmän pitää estää palon leviäminen sohvalle. Edellä mainituissa testimenetelmissä sammutuksen onnistuminen arvioidaan tuhojen perusteella: kaikkien testien tuhojen keskiarvo ei saa ylittää 35 %:a eikä yksittäisessä kokeessa 50 %:a. Myymälä- ja varastotilojen suojauksen osalta testimenetelmässä on selvästi enemmän palokuormaa (muovimukeja pahvilaatikoissa). Vesisumujärjestelmän pitää suojata palolähteen ympärillä olevia tyhjiä pahvilaatikoita (pinottu 1,5 m:n korkeuteen), niin etteivät nämä syty palamaan tai hiilly. Myöskään palolähteen tuhot eivät saa ylittää 50 %:a.

FM 5560:n kevyen riskiluokan kohteita varten suunniteltu testimenetelmä pohjautuu edellä esitettyyn IMO:n testimenetelmään, jossa suojataan ensin kahta erikokoista huonetta (12 m<sup>2</sup> ja korkeintaan 37 m<sup>2</sup>) ja kolmannessa testissä avoimessa tilassa syttyviä neljää sohvaa suutinten lukumäärän vaihdellessa.

UL 2167:n standardissa esiintyvät laivapuolen testimenetelmät pohjautuvat myös IMO:n menetelmään. Maapuolen menetelmistä ”Residential Area Fire Tests” muistuttaa perinteisille sprinklereille tehtävää palotestiä UL 1626 poikkeuksena se, että vesisumusuuttimia asennetaan testihuoneen sisälle seitsemän, joista korkeintaan kolme saa toimia. Suutinten laukeamista on vielä rajoitettu siten, että nurkkapalosta kolme kauimmaista suutinta eivät saa toimia kokeen aikana (ks. kuva 13). Hyväksytyyn palotestin läpimeno tulkitaan samoilla lämpötilarajoilla kuin UL 1626:n menetelmässä. Hyväksytyyn kokeen jälkeen järjestelmän mitoitus tapahtuu lauenneiden suutinten lukumäärän mukaisesti:

- Mikäli kokeessa laukeaa vain yksi suutin, järjestelmä mitoitetaan vähintään kahdelle suuttimelle.
- Mikäli kokeessa laukeaa kaksi tai kolme suutinta, järjestelmä mitoitetaan vähintään neljälle suuttimelle.



Kuva 13. Vesisumusuutinten sijoittelu standardin UL 2167 mukaisessa testitilanteessa. Lämpötila-anturit sijoitettu samalla tavalla kuin kuvassa 6.

UL 2167 -standardissa on lisäksi koemenetelmät OH 1- ja OH 2 -luokan paloille, joissa mm. toimivien suutinten osalta mitoitusala 93 m<sup>2</sup> ei saa ylittää. Lisäksi testeissä tarkastellaan mm. teräsrakenteisiin kohdistuvaa lämpötilarajaa 540 °C ja materiaaliuhoja.

Vaihtoehtoisten ratkaisujen osalta sammutusjärjestelmän suorituskykyä verrataan usein samaa testitilannetta varten asennetun sprinklerijärjestelmän suorituskykyyn. Asunto-aloja jäljittelevissä palokokeissa on havaittu, että vesisumujärjestelmissä vesivuontiheydet ovat noin 2–4 kertaa pienempiä kuin sprinklerijärjestelmissä käytetyt vesivuontiheydet (Arvidson & Larsson 2001, Liu & Kim 2001, Bill *et al.* 1999). Vesisumulla on tunnetusti hyvä kyky vaimentaa lämpösäteilyä, mutta Arvidsonin ja Larssonin (2001) tutkimuksessa havaittiin myös, että vesisumun ominaisuuksista seinien kastelukyky vaikutti selvästi polttokokeissa menestymiseen.

### **3.3 Sammutusjärjestelmien luotettavuus**

Sammutusjärjestelmien komponenttitesteillä varmistutaan osaltaan siitä, että rakennuksiin asennettavat sammutusjärjestelmät kestävät toimintakuntoisina koko rakennuksen oletettavissa olevan elinkaaren ajan. Samoin kuin perinteisille sprinklereille (standardit ISO 6182 ja UL 199 sekä asuntospinklereille UL 1626 ja FM 2030) myös vesisumujärjestelmien eri komponenteille on olemassa testisarjat – mm. IMO Res.A.800, FM 5560 ja UL 2167. Vesisumujärjestelmien osalta komponenttitestit liittyvät yhtenä osana järjestelmien tyyppihyväksyntämenettelyyn.

Taulukossa 9 esitellään IMO:n komponenttitestisarja, joka on ensimmäinen kokonaisvaltainen komponenttitestisarja vesisumusuuttimille. IMO-sarja pohjautuu aiempaan tietoon perinteisten sprinklerisuuttimien testauksesta. Muut vesisumujärjestelmien komponenttitestisarjat perustuvat suurelta osin tähän IMO-sarjaan. Viitteessä VTT (2007) esitellään muiden vesisumujärjestelmille tarkoitettujen komponenttitestisarjojen (myös palotestien) sisältöä.

Taulukko 9. IMO Res.A.800:n mukainen komponenttitestisarja vesisumusuuttimille (VTT 2007).

1	Visuaalinen tarkastelu	Rungon merkinnät, vastaavuus piirustuksiin, ilmeiset viat.
2	Mekaaninen lujuus	Rungon pysyvä muodonmuutos kaksinkertaista toimintapainetta vastaavalla mekaanisella kuormituksella alle 0,2 %.
3	Hydrostaattinen lujuus	Suutin ei saa vuotaa kaksinkertaisella toimintapaineella eikä rikkoontua nelinkertaisella toimintapaineella.
4	Toimivuus	Laukeamisen tapahtuminen oikeassa lämpötilassa paineistetulla suuttimella lämmityksen aikana. Hajotuslevyn mekaaninen kestävyys 125 % toimintapaineella.
5	Lämpöherkän elementin ominaisuudet	Laukeamislämpötilan, vasteaikaindeksin (RTI-arvon) ja johtavuustekijän (C-arvon) tarkka määrittäminen.
6	Lämpöaltistus	Lyhytaikainen lämmitys lähelle laukeamislämpötilaa (kaasukupla katoaa lasiampullista) ja jäähdytys, toistetaan neljästi. Pitkäaikainen (90 päivää) altistus lämpötilalle joka on 11 °C pienempi kuin laukeamislämpötila, tämän jälkeen uusitaan lyhytkestoinen lämmitys-jäähdytysyksi.
7	Lämpösokki	Upotus lämpökylpyyn (10 °C laukeamislämpötilan alapuolella) ja kylmään kylpyyn (10 °C). Tämän jälkeen kohdan 4 toimivuustesti.
8	Laukaisumekanismin lujuus	Lasiampulleille mekaanisen kuormituksen keston määrittäminen, lämpösulakkeille mekaanisen kuormituksen keston toteaminen (15 kertaa toimintapaineen aiheuttama kuorma).
9	Vesivirtaus	Virtausvakion (K-arvon) määrittäminen.
10	Vesi- ja pisarakokojakaumat	Vesijakauman mittaus keräysastioiden avulla, pisarakokojakauman mittaus pisarakoanalysointilaitteella.
11	Korroosio	Pitkäkestoinen altistus syövyttävälle olosuhteille (kostea ilma, suolasumu, ammoniakkihöyry [messinkisuuttimet], magnesiumkloridihöyry [terässuuttimet], rikkidioksidi), minkä jälkeen RTI-arvo saa olla enintään 130 % altistusta edeltäneestä arvosta.
12	Pinnoite	Pinnoitteen höyrystyminen lämpökäsittelyssä (16 °C alle laukeamislämpötilan tai vähintään 50 °C, vaha- tai bitumipinnoitteet) tai halkeilu kylmäkäsittelyssä (-10 °C, metalliset pinnoitteet).
13	Lämpörasitus	Suutinta lämmitetään uunissa (800 °C, 15 min), sitten upotetaan veteen (15 °C). Suuttimen K-arvo ja vesijakauma saavat muuttua enintään 5 %.
14	Paineisku	3000 sykliä, 30 sykliä minuutissa, välillä 4 bar – 2 kertaa toimintapaine. Tämän jälkeen kohdan 3 mukainen vuototesti ja kohdan 4 mukainen toimivuustesti.
15	Värähtely	Sinimuotoinen mekaaninen värähtely (5–40 Hz, 1 mm amplitudi, 120 h). Jokaisella havaitulla resonanssitaajuudella lisäaltistusta 120 h. Tämän jälkeen kohdan 3 mukainen vuototesti ja kohdan 4 mukainen toimivuustesti.
16	Iskunkestävyys	Simuloitu suuttimen pudotus 1 m korkeudelta. Tämän jälkeen kohdan 3 mukainen vuototesti ja kohdan 4 mukainen toimivuustesti.
17	Suihkun leveys	Minimipaineella toimiva suutin ei saa estää minimietäisyydelle sijoitetun toisen suuttimen laukeamista. Tämä todetaan polttamalla heptaaniolla toisen suuttimen alla.
18	Pitkäkestoinen vuototesti	Altistus kaksinkertaiselle toimintapaineelle 30 päiväksi (vuotoa tarkkaillaan päivittäin), minkä jälkeen kohdan 3 mukainen vuototesti.
19	Tyhjiönkesto	Suuttimen sisälle aiheutetaan alipaine (460 mmHg, 1 min), minkä jälkeen kohdan 3 mukainen vuototesti.
20	Tukkeumakoe	Suuttimen läpi juoksetetaan 30 minuutin ajan vettä, johon on sekoitettu simuloituja epäpuhtauksia. Suuttimen K-arvo saa muuttua enintään 10 %.

Sammutusjärjestelmän asennuksen jälkeisellä kunnossapidolla on tarkoitus varmistaa lopulta sammutusjärjestelmän tarkoituksenmukainen toiminta koko käyttöiän ajan. Sprinklerilaitteiston ylläpitoon kuuluvat mm. sen toimintavalmiuden valvonta ja laitteiston hoito ja huolto. Suomessa Finanssialan Keskusliitto on julkaissut erillisen ohjeen sprinklerilaitteiston kunnossapito-ohjelman laatimiseksi (Finanssialan Keskusliitto 2007). Ohjeessa esitellään myös yksityiskohtaisesti toimenpiteitä järjestelmän vikailmoituksille ja huolto-ohjelmalle. Ohje on suunnattu käsittelemään ensisijaisesti kunnossapito-ohjelman laatimista sellaiselle sprinklerilaitteistolle, joka on toteutettu CEA 4001:2007-06(fi):n mukaisesti. Laadintaohjeessa käsitellään seuraavia osa-alueita:

- sprinklerilaitteiston ylläpitoon liittyvät tiedot
- sprinklerilaitteiston toimiessa huomioon otettavat asiat
- sprinklerilaitteiston valvontailmoitukset
- sprinklerilaitteiston hoito- ja huolto-ohjelma
- sprinklerilaitteiston kunnossapitopäiväkirja.

NFPA-standardit perinteisille sprinkleri- (NFPA 13) ja vesisumujärjestelmille (NFPA 750) käsittelevät pääpiirteittäin huolto- ja tarkastusvälit sammutusjärjestelmän eri komponenteille. Varsinainen sammutusjärjestelmien tarkastukseen ja kunnossapitoon liittyvä standardi, johon edelliset NFPA-standarditkin viittaavat, on ”*NFPA 25: Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems*”.

Asuntosprinklauksen kannalta NFPA 13D ja NFPA 13R -standardit eivät velvoita käyttämään NFPA 25:tä, vaan niissä puhutaan vähintään kuukausittain suoritettavista toimenpiteistä, joita ovat

1. kaikkien sprinklerisuutinten silmämääräinen tarkastelu, jottei vesisuihkun tiellä ole vieraita esineitä
2. kaikkien venttiilien tarkastaminen, että nämä ovat auki
3. kaikkien vesivirtauslaitteiden testaaminen
4. mahdollisen sprinklerilaitteistoon asennetun hälytysjärjestelmän testaaminen
5. mahdollisten pumppujen toimintakunnon tarkastaminen
6. kuiva-asennetun järjestelmän putkiston ilmanpaineen tarkastaminen
7. vesilähteenä olevien altaiden vedenpinnan tarkistus
8. sen tarkistaminen, etteivät suutinten päät ole maalattuja.

Suomessa tarkastuslaitosten suorittamat määräaikaistarkastukset tulee tehdä vähintään kerran vuodessa. Tarkastusraportin tulee vahvistaa, että laitteisto on sääntöjen mukainen, hyvin huollettu ja täydessä toimintakunnossa. Kaikki viat ja puutteet on mainittava



tarkastusraportissa, ja niiden korjaamiselle on määriteltävä aikarajat (CEA 4001:2007-06(fi)). Pientalojen osalta tarkastuslaitosten piirissä ovat kaikki ne kohteet, joiden automaattisen sammutuslaitteiston hälytys on liitetty hätäkeskukseen.

## 4. Kokemukset Suomesta

Suomen kokemukset sprinklatuista rakennuksista rajoitettiin tässä tutkimuksessa koskemaan sprinklattuja asuin- ja hoitoalan rakennuksia. Aineistoa kerättiin Suomessa sattuneista tulipalotapauksista (luku 5) ja tutustumiskäynneiltä saaduista tiedoista.

Tietojen keräämisessä käytettiin mm. tätä varten suunniteltua lomaketta, johon tulisi tiedot käytetystä sprinklerijärjestelmästä (kuva 14). Muita tulipalotapaukseen ja kohteen sprinklerijärjestelmään liittyviä tietoja olivat mm. tulipalotapahtuman sanallinen kuvaus, palosta aiheutuneet kustannukset, sprinklerijärjestelmän asennuskustannukset sekä muut vuosittaiset kustannukset ja mahdolliset vuototapaukset.

Tulipalotapausten tietojen selvittämisen osalta huomattiin hyvin pian, että tieto on hankalasti saatavilla, koska se oli laajasti pirstoutunutta alan toimijoiden kesken. Aineisto ei myöskään ollut helposti käsiteltävissä sähköisessä muodossa. Yhden kohteen tietojen läpikäyminen aloitettiin PRONTOsta<sup>3</sup> (Pelastusopisto 2008), minkä jälkeen tietoja saatettiin kysyä esim. kohteen omistajalta, isännöitsijältä, kiinteistöhuoltajalta, tarkastuslaitokselta, sprinklerisuunnittelijalta, sprinkleriurakoitsijalta, rakennusvalvonnasta ja vakuutusyhtiöiltä.

Aineiston käsittelyn yhteydessä havaittiin joitakin ristiriitaisuuksia rakennuksen kohdetietojen osalta ja yhden tulipalotapauksen osalta siinä, oliko sprinklerijärjestelmä toiminut vai ei. PRONTOsta kävi hyvin ilmi palon syttymissyys ja palotapahtumien sanallinen kuvaus. Kaiken kaikkiaan saaduista tiedoista ei voitu tehdä selviä päätelmiä esimerkiksi sen suhteen, olisiko sprinklerin pitänyt laueta niissä tapauksissa, joissa sprinkleri ei laennut. Useimmiten näissä tapauksissa (rasvapalo, TV, vuodevaatteet) henkilökunnalla on ollut hyvä alkusammutustaito, jolloin alkusammutus on ollut tehokasta. Muutamassa tapauksessa palo on ollut vasta kytemisvaiheessa tai alkuvaiheessa, jolloin lämpötila ei ole luultavasti ollut riittävä laukaisemaan sprinkleriä.

Tilastollisia päätelmiä ei voitu tehdä aineiston vähäisyyden takia. Mikäli vuosien kuluessa halutaan tarkastella asuntospinklauksen tehokkuutta, olisi hyvä perustaa tilastointikäytäntö asennettujen sprinklerijärjestelmien ominaisuuksien hallittuun tallentamiseen sekä sprinklerijärjestelmästä itsestään että mahdollisista järjestelmän käyttöön tai toimintaan liittyvistä tapahtumista (tarkastukset, huollot, toiminta tulipalotapauksessa). Esimerkiksi kuvan 14 kaltainen lomake voisi kattaa kohteen ja sprinklerijärjestelmän perustiedot. Tällä hetkellä kaikki tämä tieto on irrallaan eri toimijoiden hallussa.

---

<sup>3</sup> Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilastojärjestelmä, josta lisää kohdassa 5.1.

**KOHTEEN PERUSTIEDOT**

Nimi	
Osoite	
Yhteyshenkilö, yhteystiedot	
Rakennustyyppi	Uudisrakennus <input type="checkbox"/> Olemassaoleva rakennus <input type="checkbox"/> Omakotitalo <input type="checkbox"/> Parital <input type="checkbox"/> Rivitalo <input type="checkbox"/> Kerrostalo (8 krs tai alle) <input type="checkbox"/> Puukerrostalo <input type="checkbox"/> Kerrostalo (yli 8 krs) <input type="checkbox"/>
Käyttötapa	Asuinhuoneisto <input type="checkbox"/> Vapaa-aajan asunto <input type="checkbox"/> Hotelli tai motelli <input type="checkbox"/> Lomakoti <input type="checkbox"/> Asuntola <input type="checkbox"/> Palvelutalo <input type="checkbox"/> Hoitolaitos <input type="checkbox"/>
Pelastus- viranomainen	
Rakennusvalvonta viranomainen	

**SAMMUTUSLAITTEISTON PERUSTIEDOT**

Omistaja tai haltija	Nimi	
	Yhteystiedot	
Suunnittelija	Nimi	
	Yhteystiedot	
Asennusliike	Nimi	
	Yhteystiedot	
Tarkastuslaitos	Nimi	
	Yhteystiedot	
Asennusperuste	Rakennusluvan ehto <input type="checkbox"/> Viranomaisvaatimus: turvallisuusselvitys <input type="checkbox"/> Viranomaisvaatimus: muu vaatimus <input type="checkbox"/> Vapaaehtoinen suojaus <input type="checkbox"/>	
Suunnittelu- perusteet	Sprinkleriluokka	
	Suunnittelusäännöt	
	Testimenetelmät	
Suojausten laajuus (pääasiassa asuin- käytössä olevat alueet)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
	Asuntojen määrä	
	Mitoitus:mitoitusala tai suutinten määrä	
	Rakennus suojattu kokonaan <input type="checkbox"/> Rakennus suojattu osittain <input type="checkbox"/>	
Vesilähde	Yleinen vesijohto <input type="checkbox"/> Yleinen vesijohto ja paineenkorotuspumppu <input type="checkbox"/> Yläsäiliö <input type="checkbox"/> Painesäiliö <input type="checkbox"/> Automaattinen pumppuvesilähde <input type="checkbox"/> Ponnekaasullinen järjestelmä <input type="checkbox"/>	
	Luokka (A, B, C)	
	Toiminta-aika	
	Putkistomateriaali	
Paloilmoituksen siirtoyhteys	Hätäkeskus <input type="checkbox"/> Vartiointiliike <input type="checkbox"/> Ei siirtoyhteyttä <input type="checkbox"/> Muu (mikä)	

Kuva 14. Tässä tutkimuksessa laadittu lomake Suomessa sattuneiden sprinklattujen asuin- ja hoitoalan rakennusten tulipalotapausten tietojen keräämiseen.

Seuraavassa esitellään esimerkkitapauksiin pohjautuen kohteita, joissa sprinklaus on toteutettu joko rakennusvaiheessa tai jälkiasennuksena. Osassa esimerkkikohteista on sattunut myös tulipalo, jonka kulkua kuvataan lyhyesti.

Taulukossa 10 esitetään esimerkkikohteiden taustatietoja. Kohteiden tarkempi esittely on jäljempänä.

*Taulukko 10. Esimerkkikohteiden taustatietoja.*

Kohde	Rakennus- tyyppi	Rakennus- vuosi	Tulipalo	Sprinklauksen peruste	Sprinklaus <sup>a</sup> kokonaan/osittain
A	asuinkerrostalo	1991	2002	rakennusluvan ehto	osittain
B	luhtitalo	1997	1997	rakennusluvan ehto	kokonaan
C	asuinkerrostalo	2006	-	rakennusluvan ehto	kokonaan
D	omakotitalo	2007	-	vapaaehtoinen	osittain
E	rivitalo	1973	-	turvallisuus- selvityskohde	kokonaan

<sup>a</sup> Kaikissa kohteissa oli perinteinen sprinklerijärjestelmä.

## 4.1 Kohde A

Rakennus on pääosiltaan nuorisotasuntola, jonka kellarikerroksessa ja 1. kerroksessa on liike- ja toimistotilaa pinta-alaltaan noin 1500 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on 70 asuntoa, joissa asuinpinta-alaa on noin 3000 m<sup>2</sup>, ja kellarikerroksessa sijaitsee n. 1300 m<sup>2</sup>:n autosuoja. Rakennuksen kerrosluku on 5 + kellari, joista ainoastaan kellari- ja 1. kerroksen tilat on sprinklattu (sprinkleriluokkana<sup>4</sup> OH). Kohteen sprinklaustarve tuli siitä, että rakentamisvaiheessa suunnitelmiin oli tehty muutos, jossa osastokokoa oli kasvatettu. Sprinklerijärjestelmän asennusvuosi oli 1991 eli ennen esim. CEA 4001:n liitteen<sup>5</sup> F2 olemassaoloa. Sprinklerijärjestelmä on liitetty yleiseen vesijohtoverkkoon.

Tulipalotapahtumassa ilmeisesti tahallisesti sytytetty henkilöauto laukaisi sprinklerijärjestelmän ja aiheutti hälytyksen. Sprinklerijärjestelmä rajoitti paloa siten, etteivät esimerkiksi viereiset ajoneuvot tuhoutuneet. Palokunta teki autosuojaan sammutushyökkäyksen ja sammutti palon. Henkilövahinkoja ei tulipalosta aiheutunut. Kiinteistölle aiheutuneiden omaisuusvahinkojen suuruus oli noin 6000 €, joka käsitti suurimmaksi osaksi savusta syntyneen noen puhdistusta. Lisäksi sytytetty ajoneuvo tuhoutui palossa.

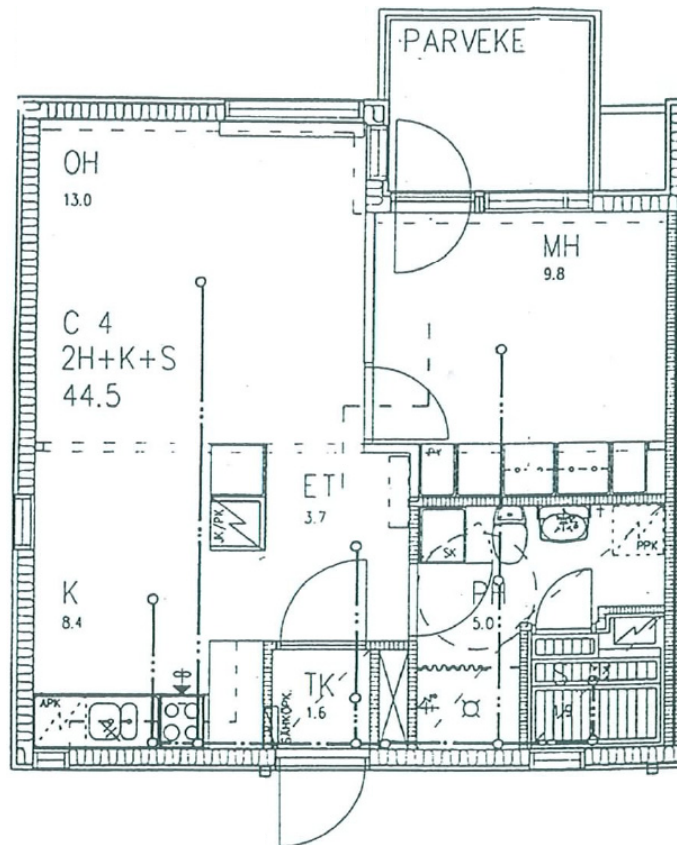
<sup>4</sup> CEA 4001: 2004 Sprinklerilaitteistot: suunnittelu ja asentaminen -ohjeessa LH-luokan pienin vesivuon tiheys on 2,5 mm/min sekä OH 1- ja OH 2 -luokan 5,0 mm/min.

<sup>5</sup> CEA 4001: 2004 Sprinklerilaitteistot: suunnittelu ja asentaminen – liite F2 (kansallinen) noudattaa pitkälti NFPA 13R -standardia, jossa pienin vesivuon tiheys voi olla 2,05 mm/min. Vuoden 2008 alusta alkaen liite F2 korvataan ”Sprinklerilaitteistot: suunnittelu ja asentaminen CEA 4001: 2007-06(fi)” -sääntöjen liitteellä O, jonka mukaisesti asutospesprinklauksessa käytettävän pienimmän vesivuon tiheyden tulee olla vähintään 2,25 mm/min.

## 4.2 Kohde B

Kohde on puurakenteinen 3-kerroksinen luhtitalo, joka on valmistunut vuonna 1997. Rakennuksessa on 33 asuntoa, joiden yhteinen asuntopinta-ala on n. 1600 m<sup>2</sup>. Rakennuksen palotekninen luokka on P2.

Sprinklerijärjestelmä on asennettu rakentamisvaiheessa rakennusluvan ehtona. Sprinklerijärjestelmän asennuksessa on sovellettu silloisia vakuutusyhtiöiden ja Suomen pelastusalan keskusjärjestön yhdessä laatimia ns. ”kevennettyjä sprinklerijärjestelmäsäännöksiä” puukerrostaloja varten. Näissä ohjeissa sprinklerien mitoittaminen on tapahtunut neljälle suuttimelle samoilla vesivirtaamilla kuten CEA 4001:n liitteen F2 ohjeissakin. Sprinklerijärjestelmä on kytketty kunnalliseen vesijohtoverkkoon. Vuonna 1997 asennetun sprinklerijärjestelmän hinnaksi asuntopinta-ala kohti on ilmoitettu (Karjalainen 1997) 187,5 mk/m<sup>2</sup>, joka vuoden 2006 euroiksi muutettuna (rahanarvokerroin, Tilastokeskus) on noin 36 €/m<sup>2</sup>. Kuvassa 15 esitetään esimerkki erään asunnon sprinklerijärjestelmän asennuksesta.



Kuva 15. Esimerkkikuva kohteen B sprinklauksen toteuttamisesta (Karjalainen 1997).

Seuraavassa esitetyt tiedot kohteesta olleesta tulipalosta ja siitä aiheutuneista seuraamuksista perustuvat viitteeseen Karjalainen (2007).

Tulipalotapahtumassa syttymissyynä oli olohuoneen sohvalle joutunut palava tupakka. Asunnossa oli palon aikana paikalla yksi henkilö. Hän ei ollut tulipalon kehittymisvaiheen aikana enää hereilläään tai tajuissaan, joten hän ei reagoinut asunnon savupalohälytymisen ääneen. Sohvasta oli ehtinyt palaa noin puolet, kun sprinklerijärjestelmän yksi suutin laukesi ja teki hälytyksen Oulun palo- ja pelastuslaitokselle, joka pelasti asunnossa olleen henkilön ja sammutti kytevän sohvan vähäisellä määrällä vettä.

Sprinkleriverkoston sammutusvesi tunkeutui rakenteiden läpi valuen myös tulipalohuoneiston alapuoliseen asuntoon. Tulipalohuoneiston yläpuolella ja sivuilla sijaitseviin asuntoihin ei tullut savu-, haju- eikä vesivaurioita. Vaurioituneet kaksi asuntoa olivat remontin vuoksi poissa käytöstä kaksi kuukautta. Vahinkojen määräksi arvioitiin yhteensä noin 45 000 €.

On ilmeistä, että launneen sprinklerijärjestelmän vuoksi palo ei edennyt huoneistossa lieskahdukseen asti ja näin sprinklerijärjestelmä oli osallisena henkilön pelastumiseen. Myös rakenteelliset vauriot ja sammutustyön hankaloituminen olisivat todennäköisesti nostaneet vahinkokustannuksia, jos palo olisi edennyt vapaasti ilman sprinklereitä.

### **4.3 Kohde C**

Rakennuskohde on yli 55-vuotiaille tarkoitettu senioriasuintalo, jonka asukkaat haluavat asua omassa asunnossa, mutta nauttia myös helposti saatavista palveluista. Rakennus käsittää 58 omistusasuntoa ja 19 ryhmäkotiasuntoa. Ryhmäkotiasunnoissa on tarvittaessa mahdollisuus ympärivuorokautiseen hoivapalveluun. Huoneistopinta-alaa on yhteensä 7925 m<sup>2</sup> (+ 330 m<sup>2</sup> viherhuoneiden huoneistoalaa). Kerroksia rakennuksessa on kahdeksan, joista ylin on IV-konehuonekerros.

Sprinklerijärjestelmä on asennettu kiinteistöön rakennusvaiheessa rakennusluvan ehtona. Sprinklerijärjestelmä on mitoitettu autosuojan osalta OH 2 -luokkaan, liike- ja ravintolatilojen osalta OH 1 -luokkaan ja asuintilojen osalta CEA 4001:n liitteen F2 mukaisesti. Sprinklerijärjestelmässä käytetään varmennettua yksinkertaista B-luokan vesilähdettä (molemmilta suunnilta syötetty yleinen vesijohto). Sprinklerijärjestelmän hinnan on arvioitu olevan noin 32 €/m<sup>2</sup> huoneistopinta-alaa kohden.

Kuvassa 16 esitetään kohteesta valokuvia, joissa sprinklerisuuttimet näkyvät kuvan ylä-laidassa.

a)



b)



*Kuva 16. Esimerkkikuva kohteen C sprinklauksen toteuttamisesta a) käytävässä ja b) asuintilojen osalta (sivusprinkleri).*

#### 4.4 Kohde D

Rakennus on 2-kerroksinen uudisomakotitalo, joka tutustumiskäynnin aikana oli rakennusvaiheessa. Rakennuksen omistaja on itse asentanut järjestelmän lisäturvaksi, joten asennus on perustunut vapaaehtoisuuteen. Sprinklauksella on suojattu asuintilat, mutta ei autosuojaa, joka toimii omana palo-osastonaan. Pientaloihin kyseisen Uponor-sprinklerijärjestelmän saa asentaa LVI-ammattilainen, joka on saanut kyseisen sprinklerijärjestelmän

asennukseen vaadittavan koulutuksen. Sprinklerijärjestelmä on liitetty kunnalliseen vesijohtoverkkoon. Uponor-sprinklerijärjestelmän hinnaksi pientaloille on ilmoitettu noin 30–40 €/m<sup>2</sup>.

Vastaava sprinklerijärjestelmä on ollut käytössä USA:ssa vuodesta 2000 ja Ruotsissa sekä Norjassa vuodesta 2002 lähtien. Suomeen järjestelmiä on asennettu vuodesta 2005 lähtien. Järjestelmä eroaa ns. tavallisesta sprinklerijärjestelmästä siinä, että putkisto on PEX-muoviputkea ja se on liitetty tavallisesti rakennuksen sisäiseen käyttöveden kiertoon (esim. WC), jolloin mahdolliset sakkaumat ja epäpuhtaudet huuhtoutuvat putkistosta normaalin vedenkäytön yhteydessä. Muoviputket asennetaan piiloasennuksena suoja-putken sisälle. Järjestelmästä tuleva hälytys voidaan ohjata pientaloratkaisuissa joko omistajan matkapuhelimeen tai huoltoliikkeeseen.

Järjestelmän asennus- ja mitoitusperusteet tulevat Ruotsin palontorjuntayhdistyksen (Svenska Brandförsvärsförening) ”Asuntosprinklereiden asennus” -suosituksista, joissa mm. pientalot mitoitetaan kahdelle sprinklerisuuttimelle ja korkeammat kuin kaksi kerrostasoa olevat muun asumismuodon<sup>6</sup> käsittävät rakennukset neljälle suuttimelle. Myös Ruotsin palontorjuntayhdistyksen ohjeet nojautuvat NFPA 13R ja NFPA 13D -standardeihin.

Seuraavassa (kuva 17) esitetään kohteen D rakennusvaiheen kuvia sprinklerijärjestelmästä.

---

<sup>6</sup> Ruotsin palontorjuntayhdistyksen ”asuntosprinklereiden asennus” -suosituksissa, kohdassa sprinklerimäärän mitoitus, puhutaan seuraavista asuinmuodoista: hoitolaitokset, vaihtoehtoinen asuminen, erikoisasunnot iäkkäille ja muut asuinmuodot.



a)



b)



c)



*Kuva 17. Esimerkkikuva kohteen D sprinklauksen toteuttamisesta. Vesi ohjautuu yleisestä vesijohtoverkosta a) jakotukille ja tästä edelleen b) yksittäisille sprinklereille. Loppuvaiheessa putkisto piilotettu alaslasketun katon välitilaan, jolloin näkyvillä ainoastaan c) sprinklerisuutin (tässä upposuuttimen suojalevy poistettu kuvaustilannetta varten).*

## 4.5 Kohde E

Kohde on 16 asunnon vuokratrivitalo, jossa asunnot ovat joko yksiöitä tai kaksioita. Huoneistopinta-alaa on yhteensä noin 560 m<sup>2</sup>. Rivitalon asukkaat ovat iäkkäitä, mutta tulevat muuten toimeen omatoimisesti. Rakennus on rakennettu vuonna 1973 ja saneerattu vuonna 2005, jolloin sprinklerijärjestelmä on asennettu turvallisuus selvityksen perusteella jälkiasennuksena.

Rivitalon sprinklaus on toteutettu CEA 4001:2002-04:n ohjeiden mukaisesti, eli kellarin ja irtaimistovarastojen sprinkleriluokka on OH 1 ja asuinhuoneistot sekä sosiaalityilat on toteutettu liitteen F2 mukaisesti. Sprinklerijärjestelmä on liitetty kunnalliseen vesijohtoverkkoon. Sprinklerijärjestelmän hinta huoneistopinta-alaa kohti laskettuna (vuonna 2005) on ollut noin 45 €/m<sup>2</sup>.

Kuvassa 18 esitetään valokuvia rivitalokohteen sprinklerijärjestelmästä.

a)



b)



*Kuva 18. Esimerkkikuva kohteen E sprinklauksen toteuttamisesta: a) sprinkleripääkeskus ja b) sprinkleriputkisto pinta-asennettuna.*

## 5. Tulipalotapaukset Suomessa

### 5.1 Automaattisesta sammutuslaitteistosta PRONTOon kirjattavat tiedot / Rakennuspalot

Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO on järjestelmä pelastustoimen seuranta ja kehittämistä sekä onnettomuuksien selvittämistä varten (Pelastusopisto 2008). PRONTOon kirjataan yksityiskohtaisia tietoja pelastustoimen tehtävistä. Tietojen kirjauksesta vastaa pelastusviranomainen.

Rakennuspalojen osalta PRONTOon kirjataan tietoja myös automaattisesta sammutuslaitteistosta, mikäli kohteessa on ollut sellainen. PRONTOon rakennusselosteen automaattiseen sammutuslaitteistoon liittyvät kentät ovat kuvassa 19. Kuvan 19 eri kenttien koodivaihtoehdot ovat taulukoissa 11–14.

Automaattinen sammutuslaitteisto	
Kohteessa oli automaattinen sammutuslaitteisto: <input checked="" type="radio"/> Kyllä <input type="radio"/> Ei	Yleis-/kohdesuojaus: <input checked="" type="radio"/> Yleissuojaus <input type="radio"/> Kohdesuojaus
Autom. sammutuslaitteiston toiminta: ▼	Autom. sammutuslaitteiston puutteellisen toiminnan syy: ▼
Autom. sammutuslaitteiston toimimattomuuden syy: ▼	Autom. sammutuslaitteiston sammutusaine: ▼

Kuva 19. PRONTOon automaattisesta sammutuslaitteistosta kirjattavat tiedot. Tiedot täytetään tulipaloista rakennuksissa, joissa on ollut automaattinen sammutuslaitteisto.

Taulukko 11. Automaattisen sammutuslaitteiston toiminta – koodisto, PRONTO.

Automaattisen sammutuslaitteiston toiminta
Sammutti
Rajoitti
Toiminta tai vaikutus puutteellista
Sammutuslaitteisto ei toiminut

Taulukko 12. Automaattisen sammutuslaitteiston puutteellisen toiminnan syy – koodisto, PRONTO.

Automaattisen sammutuslaitteiston puutteellisen toiminnan syy
Palo suojatun alueen ulkopuolella rakennuksessa
Vesi (tai muu sammute) ei riittänyt
Sammutuslaitteiston tyyppi sopimaton tähän paloon
Toiminta tai vaikutus puutteellista muusta syystä

Taulukko 13. Automaattisen sammutuslaitteiston toimimattomuuden syy – koodisto, PRONTO.

<b>Automaattisen sammutuslaitteiston toimimattomuuden syy</b>
Palo suojatun alueen ulkopuolella rakennuksessa
Palo rakennuksen ulkopuolella
Inhimillinen virhe (laitteistossa esim. ventt. virheell. kiinni)
Sammutuslaitteisto ei ehtinyt toimia
Sammutuslaitteisto ei toiminut muusta syystä

Taulukko 14. Automaattisen sammutuslaitteiston sammutusaine – koodisto, PRONTO.

<b>Automaattisen sammutuslaitteiston sammutusaine</b>
Vesi
Hiilidioksidi
Jauhe
Muu kaasu
Vaahto
Muu

## 5.2 Poiminnat

PRONTOsta tehtyjen onnettomuustietohakujen tavoitteena oli poimia tietokannasta ne tulipalot asuin- ja hoitoalan rakennuksissa, joissa onnettomuustietojen kirjaamisen yhteydessä pelastusviranomaisen on merkinnyt rakennukseen asennetun automaattisen sammutuslaitteiston. Poiminta kattoi rakennuspalot vuosilta 1996–2006 (osin myös alkuvuoden 2007 [tammi-helmikuu]).

### 5.2.1 Palojen lukumäärät asuin- ja hoitoalan rakennuksissa

PRONTOon on kirjattu aikavälillä 1996–2006 tietoja keskimäärin 1500 asuinrakennuspalosta (vapaa-ajan asuinrakennuspalot eivät mukana) ja keskimäärin 70 hoitoalan rakennuspalosta vuosittain.

Tarkasteluajavälillä (ks. kpl 5.2) löytyi 9 tulipaloa sprinklatuissa asuinrakennuksissa ja 14 tulipaloa sprinklatuissa hoitoalan rakennuksissa. Tapausten jakaantuminen eri vuosille esitetään taulukossa 15.

Taulukko 15. Tulipalojen lukumäärä sprinklatuissa asuin- ja hoitoalan rakennuksissa eri vuosina. Lähde: PRONTO.

Vuosi	Asuin-rakennukset	Hoitoalan rakennukset
1996		
1997		4
1998		
1999		
2000		
2001		
2002	3	1
2003	2	
2004	1	3
2005		1
2006	3	4
2007		1
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>14</b>

### 5.2.2 Asuinrakennukset

Asuinrakennuksiksi tässä tarkastelussa luokitellaan seuraavat rakennukset (Tilastokeskus 1994):

<b>* ERILLISET PIENTALOT</b>
Yhden asunnon talot
Kahden asunnon talot
Muut erilliset pientalot
<b>* RIVI- TAI KETJUTALOT</b>
Rivitalot
Ketjutilat
<b>* ASUINKERROSTALOT</b>
Luhtitalot
Muut asuin kerrostalot

### 5.2.3 Hoitoalan rakennukset

Hoitoalan rakennuksiksi tässä tarkastelussa luokitellaan seuraavat rakennukset (Tilastokeskus 1994):

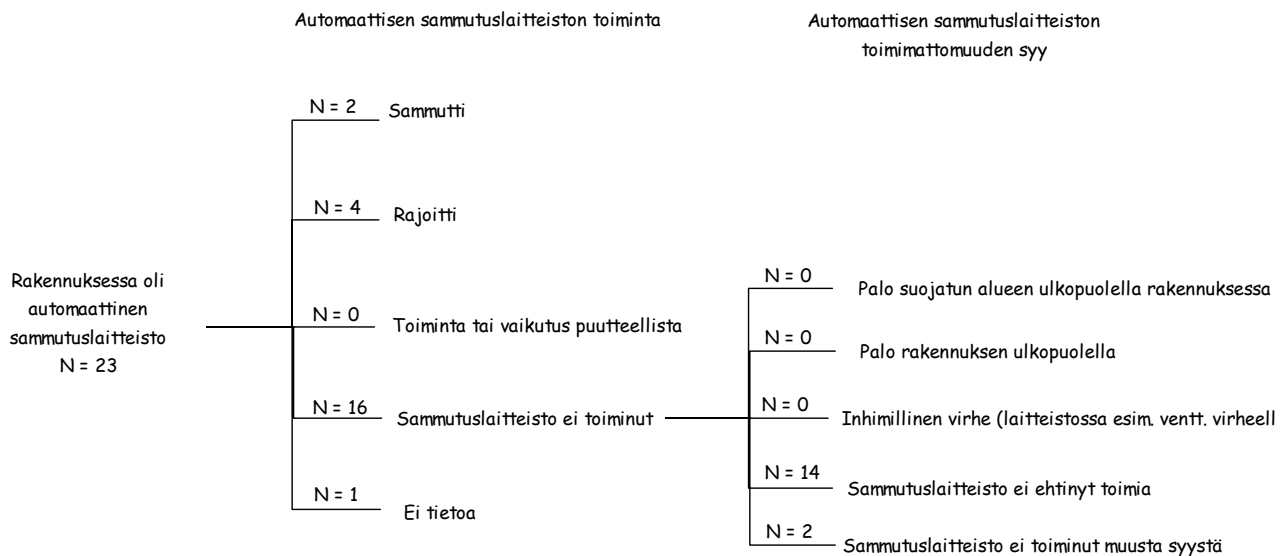
<b>* TERVEYDENHUOLTORAKENNUKSET</b>
Keskussairaalat Muut sairaalat Terveyskeskukset Terveystuollon erityislaitokset Muu terveydenhuoltorakennukset
<b>* HUOLTOLAITOSRAKENNUKSET</b>
Vanhainkodit Lasten- ja koulukodit Kehitysvammaisten hoitolaitokset Muut huoltolaitosrakennukset
<b>* MUUT SOSIAALITOIMEN RAKENNUKSET</b>
Lasten päiväkodit Muualla luokittelemattomat sosiaalitoimen rakennukset
<b>* VANKILAT</b>
Vankilat

## 5.3 Tarkastellut tulipalotapaukset

### 5.3.1 Automaattisen sammutuslaitteiston toiminta

Kuten taulukosta 15 nähdään, PRONTOon on kirjautunut asuinrakennuksissa 9 ja hoitoalan rakennuksissa 14 (yhteensä 23 kpl) sellaista tulipaloa, joiden tietoihin pelastusviranomaisen on merkinnyt, että rakennukseen on asennettu automaattinen sammutuslaitteisto. Kuvassa 20 esitetään vikaapuulla automaattisen sammutuslaitteiston toiminta näissä tapauksissa. Kahdessa tapauksessa automaattinen sammutuslaitteisto sammutti palon, neljässä tapauksessa se rajoitti sitä, yhdessä tapauksessa sen toiminnasta ei ole tietoa ja 16 tapauksessa automaattinen sammutuslaitteisto ei toiminut, joko sen vuoksi, ettei se ehtinyt toimia (14 kpl), tai muusta syystä (2 kpl). Kuvassa 20 esitetty jako sekä termistö vastaavat suoraan PRONTOssa käytettyä. Nämä 23 tapausta käytiin vielä tarkemmin läpi, tavoitteena selvittää, mitä näissä onnettomuuksissa tarkemmin ottaen oli tapahtunut, ja samalla verrata, miten PRONTOon merkityt tiedot vastaavat todellisten tapahtumien kulkua.

Taulukossa 16 on yhteenveto alkusammutuksen vaikutuksesta tarkastelluissa tulipaloissa ja taulukossa 17 pelastusviranomaisen esittämä arvio tulipalon tahallisuudesta.



Kuva 20. Automaattisen sammutuslaitteiston toiminta 23 tarkastellussa tulipalossa PRNTO:n tietojen perusteella. Käytetyt käsitteet vastaavat PRNTOssa käytettyä jaotelua.

Taulukko 16. Alkusammutuksen vaikutus 23 tarkastellussa tulipalossa. Lähde: PRNTO.

Alkusammutus	Lkm. [kpl]
Ei käytetty	9
Rajoitti paloa	4
Sammuitti palon	9
Ei tietoa	1
<b>Yhteensä</b>	<b>23</b>

Taulukko 17. Arvio tulipalon tahallisuudesta 23 tarkastellussa tulipalossa. Lähde: PRNTO.

Arvio tulipalon tahallisuudesta	Lkm. [kpl]
Vahinko tai tahaton	5
Tuottamuksellinen (huolimattomuus/varomattomuus)	5
Tahallinen	3
Ei tietoa tahallisuudesta	10
<b>Yhteensä</b>	<b>23</b>



### 5.3.2 Asuinrakennuspalot

Taulukossa 18 ovat pelastustoimen alueet, joilla taulukossa 15 mainitut yhdeksän sprinklatuissa asuinrakennuksissa syttynyttä paloa tapahtuivat. Taulukossa 19 erotellaan tarkemmin kyseisten asuinrakennusten tyyppi.

*Taulukko 18. Asuinrakennuspalot sprinklatuissa asuinrakennuksissa 1996–2006. Lähde: PRONTO.*

<b>Pelastustoimen alue</b>	<b>Lkm.</b>	<b>Tapahtumisvuosi</b>
Helsinki	2 kpl	2002
Pirkanmaa	4 kpl	2004 (1 kpl), 2006 (3 kpl)
Etelä-Pohjanmaa	1 kpl	2002
Oulu-Koillismaa	2 kpl	2003

*Taulukko 19. Taulukossa 18 esitettyjen tulipalojen jakautuminen eri rakennustyyppeihin. Lähde: PRONTO.*

<b>Rakennustyyppi</b>	<b>Lkm.</b>	<b>Tapahtumisvuosi ja pelastustoimen alue</b>
Yhden asunnon talo	1 kpl	2002, Etelä-Pohjanmaa
Luhtitalo	2 kpl	2003, Oulu-Koillismaa
Rivitalo	1 kpl	2004, Pirkanmaa
Asuinkerrostalo	5 kpl	2002, Helsinki (2 kpl), 2006, Pirkanmaa (3 kpl)

### 5.3.3 Palot hoitoalan rakennuksissa

Taulukossa 20 ovat pelastustoimen alueet, joilla taulukossa 15 mainitut 14 sprinklatuissa hoitoalan rakennuksissa syttynyttä paloa tapahtuivat. Taulukossa 21 erotellaan tarkemmin kyseisten asuinrakennusten tyyppi.

Taulukko 20. Rakennuspalot sprinklatuissa hoitoalan rakennuksissa 1996–2007. (Vuodesta 2007 mukana vain tammi-helmikuu.) Lähde: PRONTO.

Pelastustoimen alue	Lkm.	Tapahtumisvuosi
Helsinki	5 kpl	1997 (3kpl), 2004, 2005
Keski-Uusimaa	1 kpl	2002
Länsi-Uusimaa	1 kpl	2006
Pirkanmaa	3 kpl	1997, 2004, 2006
<b>Etelä-Karjala</b>	<b>1 kpl</b>	<b>2007</b>
Pohjois-Karjala	1 kpl	2006
Pohjois-Savo	1 kpl	2006
Lappi	1 kpl	2004

Taulukko 21. Taulukossa 20 esitettyjen tulipalojen jakautuminen eri rakennustyyppeihin. Lähde: PRONTO.

Rakennustyyppi	Lkm.	Tapahtumisvuosi ja pelastustoimen alue
Kehitysvammaisten hoitolaitos	2 kpl	2006, Pohjois-Karjala, 2006, Pohjois-Savo
Keskussairaala	2 kpl	1997, Helsinki (2 kpl)
Muu sairaala	1 kpl	1997, Helsinki
<b>Terveyskeskus</b>	<b>1 kpl</b>	<b>2007, Etelä-Karjala</b>
Vanhainkoti	7 kpl	2004, 2005 Helsinki (2 kpl), 2006, Länsi-Uusimaa, 1997, 2004, 2006 Pirkanmaa (3kpl), 2004, Lappi
Vankila	1 kpl	2002, Keski-Uusimaa

## 5.4 Sprinklereihin liittyvät muut hälytykset

### 5.4.1 Tarkastus- ja varmistustehtävät

#### 5.4.1.1 Lukumäärät

Tulipalojen lisäksi sprinklauksesta voi aiheutua pelastustoimelle myös muusta kuin tulipalosta aiheutuneita hälytyksiä. Sprinklauksen aiheuttamien hälytysten (pois lukien tulipalot) määrää haarukoitiin tarkastelemalla PRONTO:n onnettomuustyyppejä (ks. kuva 21) ”paloilmoittimen/palovaroittimen tarkistus-/varmistustehtävä” sekä ”muu tarkistus-/varmistustehtävä”.

<b>Onnettomuustyyppi</b>
Paloilmoittimen/palovaroittimen tarkastus-/varmistustehtävä
Rakennuspalo
Muu tulipalo
Maastopalo
Liikennevälinepalo
Ensivastetehtävä
Ihmisen pelastaminen
Liikenneonnettomuus
Öljyvahinko
Luonnononnettomuus
Vahingontorjuntatehtävä
Yhteistoimintatehtävä
Vaar.aineiden aih.onnettomuus
Muu pelastustehtävä
Eläimen pelastaminen
Muu tarkastus-/varmistustehtävä
Avunantotehtävä
Virka-aputehtävä
Räjähdys

*Kuva 21. Onnettomuustyyppijaottelu, PRONTO.*

Koska näihin onnettomuustyyppeihin kirjautuneita tehtäviä on vuosittain yli 28 000 kpl (mukana kaikki rakennustyyppit), tarkasteluajanjaksoksi valittiin yksi vuosi. Vertailuvuodeksi valittiin vuosi 2005 (mukana onnettomuus- ja tehtäväselosteet).

Periaatteessa paloilmoittimen tai palovaroittimen tarkastus- ja varmistustehtävistä sekä muista tarkastus- ja varmistustehtävistä raportoidaan PRONTOon myös rakennustyyppi, johon tehtävä on kohdistunut. Tämän tiedon perusteella aineistosta pystyttiin erottelamaan asuin- ja hoitoalan rakennuksiin kohdistuneet tehtävät. Huomion arvoista on kuitenkin se, että vuoden 2005 kattavassa poiminnassa (havaintoja yhteensä 28 918 kpl) 35%:ssa tapauksista rakennustyyppitietoa ei ollut.

Aineisto kattoi 1021 kpl asuinrakennuksiin ja 3914 kpl hoitoalan rakennuksiin kohdistunutta paloilmoittimen tai palovaroittimen sekä muuta tarkastus- ja varmistustehtävää. Tehtävien kokonaislukumäärästä (28 918 kpl) asuinrakennusten osuus oli siten 4 % ja hoitoalan rakennusten 14 %.

#### 5.4.1.2 Tarkastus- ja varmistustehtävän syy

Asuin- ja hoitoalan rakennuksiin kohdistuneet tarkastus- ja varmistustehtävien syyt ja-kautuivat taulukon 22 mukaisesti.

*Taulukko 22. Tarkastus- ja varmistustehtävän syy, asuin- ja hoitoalan rakennukset vuonna 2005. Lähde: PRONTO.*

Tarkastus- ja varmistustehtävän syy	Lkm. [kpl]	
	Asuin-rakennukset	Hoitoalan rakennukset
Ilmoitus autom. sammutuslaitteistosta	20	54
Vikailmoitus autom. sammutuslaitteistosta	4	15
Ilmoitus autom. paloilmoittimesta	910	3 416
Vikailmoitus autom. paloilmoittimesta	87	429
<b>Yhteensä</b>	<b>1021</b>	<b>3914</b>

##### 5.4.1.2.1 Automaattisen paloilmoituksen syy

Edellä mainitun tarkastus- ja varmistustehtävän syyn lisäksi PRONTOon kirjataan kaikissa edellä mainituissa tapauksissa (ilmoitus/vikailmoitus automaattisesta paloilmoittimesta/sammutuslaitteistosta) tieto automaattisen paloilmoituksen syystä. Vaihtoehdot esitetään kuvassa 22.

01 = Huolimatt. kiirt. korjaus-, asennus- tai huoltotyössä
02 = Ajoneuvon pakokaasu
03 = Tupakointi
04 = Muu savu tai pöly
05 = Kosteus tai vesi
06 = Korkea tilapäinen lämpötila
07 = Salamman aiheuttama ylijännite tai vaurio
08 = Muu ylijännite tai suurtaajuinen häiriö
09 = Isku ilmaisimeen
10 = Ilmaisinvika paloilmoitin- tai sammutuslaitteistossa
11 = Keskuslaitteiston vika
12 = Kaapelivaurio tai linjavika
13 = Sprinklerin rikkoontuminen
14 = Sprinkleriputkiston vuoto
15 = Paineenvaihtelu sprinkleriputkistossa
16 = Sprinkleriputkiston jäätyminen
17 = Erehdys tai väärä käyttö
18 = Ilkivaltainen käyttö
99 = Muu syy tai syy tuntematon

*Kuva 22. Automaattisen paloilmoituksen syy -koodisto, PRONTO.*

Automaattisen paloilmoituksen syy -valikon avulla pyrittiin arvioimaan, kuinka suuri osuus tehtävistä oli jollakin tavalla liitettävissä sprinklaukseen. Taulukossa 23 esitetään havaintojen jakaantuminen kuvassa 22 esitettyjen vaihtoehtojen kesken. Sprinklaukseen oletettavasti liittyvät vaihtoehdot ovat harmaalla pohjalla.

*Taulukko 23. Automaattisen paloilmoituksen syy, sprinklaukseen liittyvät vaihtoehdot asuin- ja hoitoalan rakennuksissa vuonna 2005. Lähde: PRONTO.*

Automaattisen paloilmoituksen syy	Lkm. [kpl]		
	Asuin-rakennukset	Hoitoalan rakennukset	Yhteensä
Ajoneuvon pakokaasu	2	15	17
Erehdys tai väärä käyttö	30	126	156
Huolimatt. kiint. korjaus-, asennus- tai huoltotyössä	50	463	513
Ilkivaltainen käyttö	26	77	103
Ilmaisinvika paloilmoitin- tai sammutuslaitteistossa	29	188	217
Isku ilmaimeen	2	11	13
Kaapelivaurio tai linjavika	4	20	24
Keskuslaitteiston vika	7	38	45
Korkea tilapäinen lämpötila	7	49	56
Kosteus tai vesi	52	325	377
Muu savu tai pöly	535	1375	1910
Muu syy tai syy tuntematon	206	946	1152
Muu ylijännite tai suuritaajuinen häiriö	1	15	16
Paineenvaihtelu sprinkleriputkistossa	9	28	37
Salaman aiheuttama ylijännite tai vaurio	6	30	36
Sprinklerin rikkoontuminen	1		1
Sprinkleriputkiston vuoto	2	9	11
Tupakointi	30	134	164
Tyhjä	22	65	87
<b>Yhteensä</b>	<b>1021</b>	<b>3914</b>	<b>4935</b>

Taulukon 23 jaon perusteella asuinrakennuksiin kohdistui yhteensä 41 ja hoitoalan rakennuksiin 225 sprinklaukseen liittyvää tarkastus- ja varmistustehtävää eli 4 % kaikista asuinrakennusten ja 6 % hoitoalan rakennusten tarkastus- ja varmistustehtävistä. Prosenttiosuus on samaa suuruusluokkaa, kun tarkastellaan havaintojoukkoa, jossa ovat mukana kaikki rakennustyyppit. On huomattava kuitenkin, että kategoriassa ”Ilmaisinvika paloilmoitin- tai sammutuslaitteistossa” (taulukko 23) on mukana myös muita kuin sammutuslaitteistoon liittyviä tehtäviä.

#### 5.4.1.2.2 Vapaat tekstikentät, hakusanalla ”sprink\*”

Edellä on esitetty niiden hälytysten määrät, joissa automaattisen paloilmoituksen syyksi on ilmoitettu kuvan 22 vaihtoehtoista jokin numeroista 10, 13–16. Tekstikenttähaulla kartoitettiin muihin vaihtoehtoihin (kuva 22, 01–09, 11–12, 17–18, 99) kirjattuja hälytyksiä ja tehtäviä, joissa sprinklaus on mainittu PRONTO:n vapaissa tekstikentissä, joihin pelastusviranomaisen kuvailee tapahtumien kulkua. Näitä tehtäviä oli asuin- ja hoitoalan rakennuksissa yhteensä 13 kpl (taulukko 24).

*Taulukko 24. Hakusanalla ”sprink\*” poimitut asuin- ja hoitoalan rakennusten tarkistus- ja varmistustehtävät, kun automaattisen paloilmoituksen syy on jokin muu kuin harmaalla pohjalla oleva kenttä taulukossa 23. Lähde: PRONTO.*

Rakennustyyppi	Asuin-rakennukset	Hoitoalan rakennukset	Yht.
Erehdys tai väärä käyttö		1	1
Huolimatt. kiint. korjaus-, asennus- tai huoltotyössä		5	5
Muu syy tai syy tuntematon	1	5	6
Tyhjä		1	1
<b>Yhteensä</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>13</b>

## 5.5 Vahingontorjuntatehtävät

Onnettomuustyypeistä (kuva 21) tarkasteltiin pintapuolisesti myös vahingontorjuntatehtävät, joiden oletettiin mahdollisesti sisältävän joitakin sprinklaukseen liittyviä tehtäviä. Vahingontorjuntatehtävistä ei kirjata mitään valmista tietokenttää, jonka avulla automaattiseen sammutuslaitteistoon jollakin tavoin liittyvät tehtävät voitaisiin poimia. Sen vuoksi haku tehtiin vapaiden tekstikenttien perusteella, käyttäen hakusanaa ”sprink\*” (vrt. kohta 5.4.1.2.2).

Kuten edellä, myös tässä käytettiin vertailuvuotena vuotta 2005. Vahingontorjuntatehtäviä oli kirjattu PRONTOon tuolloin yhteensä 3741 kpl. Näistä hakusana ”sprink\*” löytyi 17 tehtävästä. Tekstikentissä esitetyn tapahtuman kuvauksen perusteella pääteltiin tehtävän tarkempi syy ja jaoteltiin tapaukset taulukossa 25 esitettyihin ryhmiin. Näistä tehtävistä rakennustyyppi oli mainittu vain neljässä tapauksessa (ks. taulukko 26). Näistä neljästä yksikään ei ollut asuinrakennus.

*Taulukko 25. Sprinklaukseen liittyvien vahingontorjuntatehtävien syyt vuonna 2005. Lähde: PRONTO.*

<b>Syy</b>	<b>Lkm. [kpl]</b>
Sprinklerin rikkoontuminen	4
Sprinkleriputkiston/-järjestelmän vuoto	6
Sprinkleriputkiston jäätyminen	1
Sprinklerin laukeaminen	6
<b>Yhteensä</b>	<b>17</b>

*Taulukko 26. Sprinklaukseen liittyvien vahingontorjuntatehtävien jakaantuminen eri rakennustyyppeihin vuonna 2005. Lähde: PRONTO.*

<b>Rakennustyyppi</b>	<b>Lkm. [kpl]</b>
Myymäla-, majoitus-, ravitsemis- ja liikerakennus	1
Kokoontumisrakennus	1
Teollisuusrakennus	2
Ei tietoa	13
<b>Yhteensä</b>	<b>17</b>

## 6. Kokemukset ulkomailla

### 6.1 Yhdysvallat

#### 6.1.1 Asuinrakennusten tulipalot

National Fire Protection Associationin (NFPA) keräämien palotilastojen mukaan tulipalojen ja niiden seurauksena tapahtuneiden kuolemien, loukkaantumisten ja taloudellisten menetysten määrä asuinrakennusten tapauksessa kehittyi aikavälillä 1977–2005 taulukoiden 27 ja 28 mukaisesti (NFPA 2006).

*Taulukko 27. NFPA:n tilastoimat tulipalot, palokuolemat, loukkaantumiset ja omaisuusvahingot kaikissa asuinrakennusten paloissa v. 1977–2005.*

Vuosi	Tulipaloja	Kuolemat	Loukkaantumiset	Omaisuusvahingot (USD)
1977	723500	5865	21640	2037000000
1978	706500	6015	20400	2094000000
1979	696500	5500	18825	2377000000
1980	734000	5200	19700	2848000000
1981	711000	5400	19125	3128000000
1982	654500	4820	20450	3147000000
1983	625500	4670	20750	3205000000
1984	605500	4075	18750	3362000000
1985	606000	4885	19175	3693000000
1986	565500	4655	18575	3464000000
1987	536500	4570	19965	3599000000
1988	538500	4955	22075	3897000000
1989	498500	4335	20275	3876000000
1990	454500	4050	20225	4157000000
1991	464500	3500	21275	5463000000
1992	459000	3705	21100	3775000000
1993	458000	3720	22000	4764000000
1994	438000	3425	19475	4215000000
1995	414000	3640	18650	4264000000
1996	417000	4035	18875	4869000000
1997	395500	3360	17300	4453000000
1998	369500	3220	16800	4273000000
1999	371000	2895	16050	4965000000
2000	368000	3420	16975	5525000000
2001	383500	3110	15200	5516000000
2002	389000	2670	13650	5931000000
2003	388500	3145	13650	5949000000
2004	395500	3190	13700	5833000000
2005	381000	3030	13300	6729000000

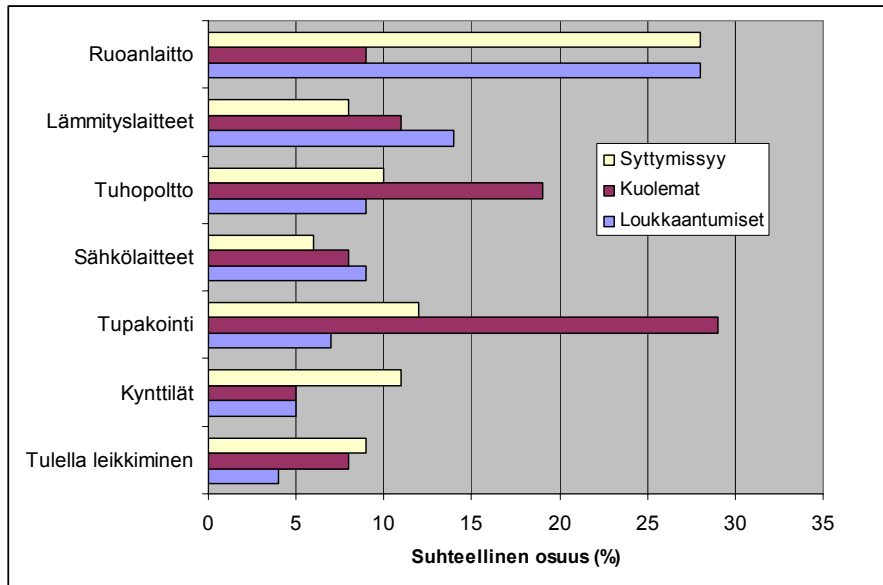


Taulukko 28. NFPA:n tilastoimat tulipalot, palokuolemat, loukkaantumiset ja omaisuusvahingot yhden tai kahden asunnon asuinrakennusten paloissa v. 1977–2005.

Vuosi	Tulipaloja	Kuolemat	Loukkaantumiset	Omaisuuksvahingot (USD)
1977	678000	4835	17465	2345000000
1978	623233	4945	15400	1780073000
1979	550500	4320	14650	2034000000
1980	590500	4175	16100	2447000000
1981	574000	4430	14875	2713000000
1982	538000	3960	15750	2794000000
1983	523500	3825	16450	2792000000
1984	506000	3290	15100	2945000000
1985	501500	4020	15250	3217000000
1986	468000	4005	14650	2992000000
1987	433000	3780	15200	3078000000
1988	432500	4125	17125	3349000000
1989	402500	3545	15225	3335000000
1990	359000	3370	15250	3534000000
1991	363000	2905	15600	3354000000
1992	358000	3160	15275	3178000000
1993	358000	3035	15700	4111000000
1994	341000	2785	14000	3537000000
1995	320000	3035	13450	3615000000
1996	324000	3470	13700	4121000000
1997	302500	2700	12300	3735000000
1998	283000	2775	11800	3642000000
1999	282500	2375	11550	4123000000
2000	283500	2920	12575	4639000000
2001	295500	2650	11400	4652000000
2002	300500	2280	9950	5005000000
2003	297000	2735	10000	5052000000
2004	301500	2680	10500	4948000000
2005	287000	2570	10300	5781000000

Omaisuuksvahinkojen määriin vaikuttivat v. 1991 Oaklandin tulipalo (vahingot 1,5 mrd. USD) ja v. 1993 Etelä-Kalifornian maastopalot (809 milj. USD). Vuoden 2003 Kalifornian maastopalojen vaikutus puuttuu taulukoista. Taulukoista nähdään, että palokuolemien ja loukkaantumisten määrä on ajan myötä vähentynyt, mutta omaisuusvahinkojen määrä on kasvanut. Taulukkoja vertaamalla voidaan todeta, että v. 1990 jälkeen n. 75 % asuinrakennusten tulipaloista on tapahtunut yhden tai kahden asunnon rakennuksissa.

Kuvassa 23 esitetään syttymissyiden, kuolemien ja loukkaantumisten suhteelliset osuudet kaikkien asuinrakennusten tulipaloissa. Kuvasta havaitaan, että ruoanlaitto on tulipalojen yleisin syttymissy ja myös yleisin syy tulipalossa loukkaantumiseen. Tupakointi on puolestaan yleisin palokuolemaan johtanut syy.

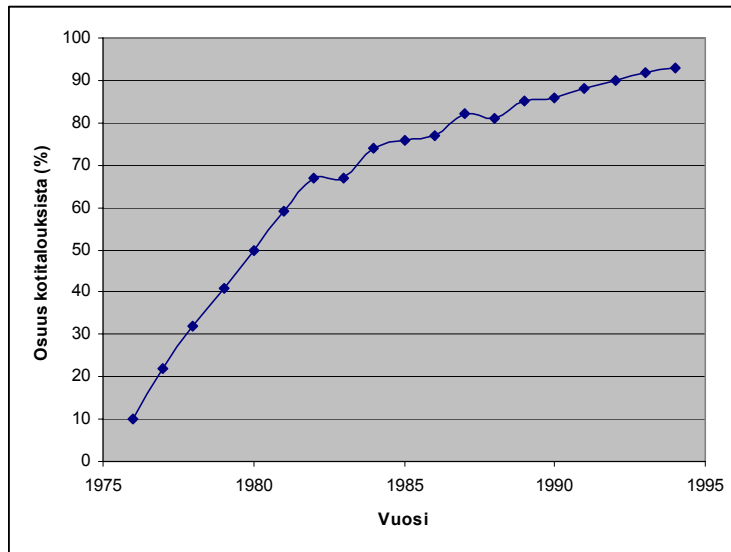


Kuva 23. Sytymissyiden, palokuolemien ja tulipalossa loukkaantumisten suhteelliset osuudet kaikkien asuinrakennusten tulipaloissa v. 1999–2002.

### 6.1.2 Palovaroittimet

Palokuolemien vähenemiseen on ollut osasyynä palovaroittimien yleistyminen asunnoissa. Ensimmäiset kotikäyttöön tarkoitetut palovaroittimet kehitettiin jo 1950-luvulla (Hall 2001). Vuonna 1965 markkinoille tuli ensimmäinen verkkovirtaan kytkettävä savuilmaisin ja vuonna 1970 paristokäyttöinen savuilmaisin. Tässä vaiheessa palovaroitin oli n. 4 %:ssa kotitalouksista. Vuonna 1976 standardiin NFPA 101, ”Life Safety Code”, tuli vaatimus palovaroittimen asentamisesta kaikkiin asuntoihin. Tämän jälkeen palovaroittimien yleisyys on USA:ssa kehittynyt kuvan 24 mukaisesti.

Yleisyydestään huolimatta palovaroittimet eivät toimi niin tehokkaasti kuin ne voisivat toimia. Vuosien 2000–2004 koskenut NFPA:n selvitys (Ahrens 2007) osoitti, että 46 %:ssa asuinrakennusten paloista palovaroitinta joko ei ollut tai se ei toiminut. Samalla aikajaksolla 43 % palokuolemista tapahtui asunnoissa, joissa ei ollut palovaroitinta, ja 22 % palokuolemista asunnoissa, joissa oli palovaroitin, joka ei toiminut. Toimimattomuuden yleisin syy oli puuttuva tai irtikytketty paristo (54 %) ja toiseksi yleisin syy tyhjentynyt paristo (19 %). Sataa tulipaloa kohti palokuolemia oli 1,13 asunnoissa, joissa ei ollut palovaroitinta, ja 0,55 asunnoissa, joissa oli palovaroitin. Tämän aineiston perusteella palovaroitin siis alensi palokuoleman todennäköisyyttä n. 51 %. Selvitys arvioi edelleen, että 890 palokuolemaa vuosittain voitaisiin ehkäistä, mikäli kaikissa asunnoissa olisi toimiva palovaroitin.



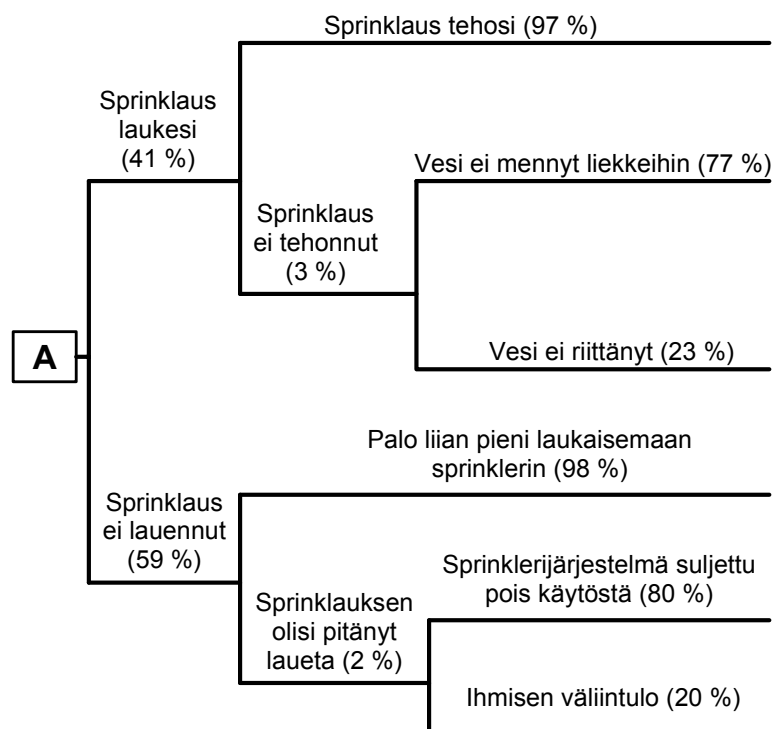
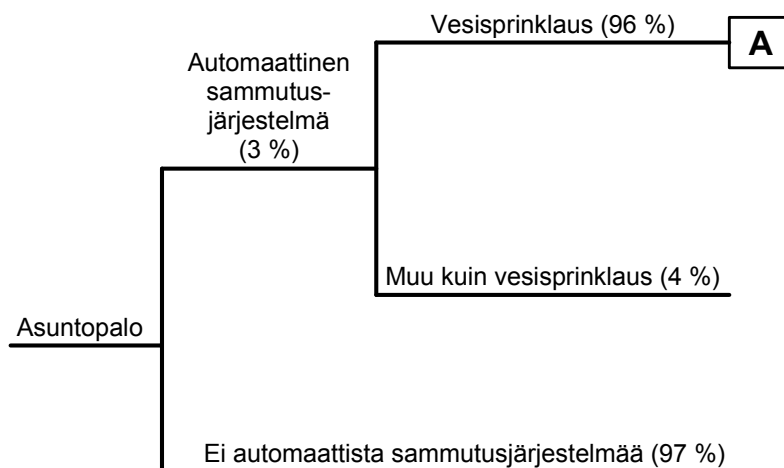
Kuva 24. Palovaroittimen yleisyys USA:n kotitalouksissa v. 1976–1994.

### 6.1.3 Asuntosprinklerit

NFPA suoritti vuonna 2005 tutkimuksen (Rohr & Hall 2005) koskien sprinklereiden tehokkuutta henkilö- ja omaisuusvahinkojen torjunnassa. Tutkimus perustui USA:n kansallisen tulipalotietokannan tietoihin (NFIRS, National Fire Incident Reporting System) ja NFPA:n omiin tutkimuksiin. Tutkimuksen yhtenä tarkoituksena oli saattaa ajan tasalle NBS:n vuonna 1984 tekemä vastaava tutkimus (Ruegg & Fuller 1984).

Sprinklerijärjestelmien todettiin olevan tehokkaita rakennusten kokonaisvaltaisen paloturvallisuuden elementtejä. Sprinklereiden ansiosta todennäköisyys kuolla tulipalossa pienenee 50–75 % ja keskimääräinen omaisuusvahinko pienenee yhdellä tai kahdella kolmasosalla verrattuna tulipaloihin, joissa sprinklereitä ei ole läsnä. Tässä vertailukohtana on kuvan 24 perusteella todennäköisimmin tapaus, jossa on läsnä palovaroitin.

Sprinklerijärjestelmän roolia ja toimintaa asuntopaloissa on havainnollistettu kuvan 25 mukaisella tapahtumapuulla. Automaattinen sammutusjärjestelmä oli läsnä 3 %:ssa kaikista asuntopaloista, ja näistä 96 % oli sprinklerijärjestelmiä. Sprinklerijärjestelmä ei laennut 7 %:ssa kaikista rakennuspaloista ja 3 %:ssa asuinrakennuspaloista (palot, joissa sprinklerin olisi pitänyt lauetta). Neljä viidesosaa laukeamattomista tapauksista asuntopaloissa johtui siitä, että sprinklerijärjestelmä oli suljettu. Loput tapaukset johtuivat ihmisen väliintulosta. Tällä tarkoitetaan useimmiten sitä, että sprinklerijärjestelmä suljetaan ennen kuin palo on sammunut. Joskus palokunnan raivaamat aukot palotilan seiniin tai kattoon voivat aiheuttaa sen, että lämpö ei saavuta sprinklerisuutinta vaan kuljettuu aukosta ulos.



Kuva 25. Sprinklerijärjestelmän rooli asuntopaloissa.

Joissain palotapauksissa edes täydellisellä sprinklerijärjestelmällä ei olisi saavutettu tyydyttävää sammutustehoa. Tällaisia ovat

- räjähdykset, humahdukset ja palavan nesteiden nopeasti levittämät palot
- palot, jotka syttyvät lähellä ihmistä (esim. vaatteet)

- palot, jotka syttyvät sprinklaamattomassa osassa rakennusta (esim. piilotilat) tai naapurirakennuksessa; erityisesti sprinklerien merkitystä piilotiloissa ei kaikkialla täysin ymmärretä
- palot, joissa on pitkä kytemisvaihe ja joissa huoneessa olevan ihmisen poistumiskyky on alentunut
- erityisen herkät laitteet tai esineet (esim. taideteokset), jolloin vahinko ehtii tapahtua ennen järjestelmän laukeamista.

*Taulukko 29. Palokuolemat tuhatta palotapausta kohti NFPA:n ja NFIRS:n tietojen perusteella vuosina 1989–1998 (Rohr & Hall 2005).*

	<b>Ei sprinklausta</b>	<b>Sprinklaus</b>	<b>Palokuolemien vähennys</b>
<b>Hoitolaitokset</b>	<b>4.9</b>	<b>1.2</b>	<b>75 %</b>
<i>Vanhainkodit</i>	<i>7.1</i>	<i>1.7</i>	<i>76 %</i>
<i>Terveyskeskukset</i>	<i>2.7</i>	<i>0.7</i>	<i>74 %</i>
<b>Asuinrakennukset</b>	<b>9.4</b>	<b>2.1</b>	<b>78 %</b>
<i>1–2 huoneiston rakennukset</i>	<i>9.7</i>	<i>4.7</i>	<i>51 %</i>
<i>Usean asunnon rakennukset</i>	<i>8.2</i>	<i>1.6</i>	<i>81 %</i>
<i>Hotellit ja motellit</i>	<i>9.1</i>	<i>0.8</i>	<i>91 %</i>
<i>Yömajat</i>	<i>1.5</i>	<i>0.0</i>	<i>100 %</i>

*Taulukko 30. Palokuolemien väheneminen sprinklauksen ansiosta yhden tai kahden asunnon asuinrakennuksissa 1980-luvun alkupuolella (Ruegg & Fuller 1984).*

<b>Vertailukohta</b>	<b>Sprinkleri, ei palovaroitinta</b>	<b>Sprinkleri ja palovaroitin</b>
<b>Kuolemat</b>		
Ei sprinkleriä eikä palovaroitinta	69 %	82 %
Palovaroitin, ei sprinkleriä	N/A	63 %
<b>Loukkaantumiset</b>		
Ei sprinkleriä eikä palovaroitinta	46 %	46 %
Palovaroitin, ei sprinkleriä	N/A	44 %

#### 6.1.4 Scottsdale, AZ

Arizonassa sijaitseva Scottsdale on esimerkki yhdysvaltalaisesta kaupungista, jossa asuntojen pakollinen sprinklaus on otettu yhdeksi osaksi kaupungin paloturvallisuuden

parantamista. Tässä yhtenä syynä oli, että kaupungin asukasluku on kasvanut nopeasti. Vuonna 1985 kaupungin asukasluku oli 107 900, ja vuonna 1995 se oli 164 090. Niinpä oli houkuttelevaa etsiä keinoja, jotka takaisivat paloturvallisuuden huolimatta siitä, että palokunnan henkilövahvuus oli asukaslukuun nähden alhainen.

4.7.1985 Scottsdalessa astui voimaan määräys #1709, jonka mukaan kaikki uudet usean asunnon asuinrakennukset ja muut uudisrakennukset on sprinklattava, mikäli rakennuslupa niille on saatu 30 päivän kuluessa määräyksen voimaantulosta. 1.1.1986 alkaen määräys laajeni koskemaan myös uusia omakotitaloja. Määräyksen vaikuttavuutta arvioitiin 10-vuotistutkimuksessa (Ford 1997), johon koottiin tilastotietoja ajalta 1.1.1985–1.1.1996. Taulukossa 31 on eräitä keskeisiä tuloksia tutkimuksesta. Huomattakoon, että tarkastelujaksolla palokuolemia ei ollut yhtään.

*Taulukko 31. Kokemuksia asuntosprinklauksesta Scottsdalessa ajalta 1.1.1985–1.1.1996.*

Tulipaloja sprinklatuissa rakennuksissa	109 (kaupalliset rakennukset 65, usean asunnon rakennukset 26, omakotitalot 18)
Rakennusten kokonaisarvo	\$620 765 000
Taloudelliset palovahingot yhteensä	\$211 950
Pelastuneita ihmishenkiä	8
Keskimääräinen palovahinko sprinklatuissa tapauksissa	\$1 945
Keskimääräinen palovahinko sprinklaamattomissa tapauksissa	\$17 067
Sprinklerien aktivoituminen	1–2 sprinkleriä: 92 %, >2 sprinkleriä: 8 %
Sprinklerivettä paloa kohti	1 132 litraa
Sprinklerivettä asuntopaloa kohti	791 litraa

Palonsyyt sprinklatuissa tapauksissa jakautuivat seuraavasti:

- ruoanlaitto 12 kpl (27,4 %)
- tupakointi/tulitikut 8 kpl (18,1 %)
- sähköinen syttymissyö 8 kpl (18,1 %)
- tuhopoltto 5 kpl (11,4 %)
- jätteet 5 kpl (11,4 %)
- kaasuvuoto 3 kpl (6,8 %)
- rakennustyö 3 kpl (6,8 %).

Asuntosprinklauksen kustannukset kehittyivät tarkastelujaksolla taulukon 32 mukaisesti.

Taulukko 32. Asuntosprinklauksen kustannusten kehitys Scottsdalessa ajalta 1.1.1985–1.1.1996.

Ajankohta	Valmistalot	Yksilöllisesti suunnitellut talot
Helmikuu 1986	\$1,14/ft <sup>2</sup>	-
Kesäkuu 1989	\$0,79/ft <sup>2</sup>	\$0,89/ft <sup>2</sup>
Maaliskuu 1993	\$0,63/ft <sup>2</sup>	\$0,79/ft <sup>2</sup>
Tammikuu 1996	\$0,59/ft <sup>2</sup>	\$0,70/ft <sup>2</sup>

Rakentamismääräyksiin sallittuja helpotuksia olivat mm. seuraavat:

- Pientaloalueiden rakentamistiheyttä saa kasvattaa 4 %.
- Asuinalueiden teitä saa kaventaa 9,8 m → 8,5 m.
- Umpikujien pituutta saa kasvattaa 183 m → 610 m.
- Kaupallisiin rakennuksiin ei vaadita 360°:n pääsyä paloautoille.
- Rakentamismääräyksistä poistettiin tunnin osastoivuusvaatimus pientaloille.
- Luokkavaatimus asuintilat ja autotallit erottavalle ovelle poistettiin.
- Palopostien keskinäistä etäisyyttä kasvatettiin 100 m → 210 m kaupallisten rakennusten ja usean asunnon asuinrakennusten tapauksessa ja 183 m → 366 m omakotitalojen tapauksessa.
- Paloposteista saatavaa vesivirtausta pienennettiin 50 % (pienemmät pääputket).

### 6.1.5 Prince George's County, MD

Kasvavan yhdyskunnan mukanaan tuoma tulipaloista aiheutuva ongelma on huolestuttanut myös Marylandissa sijaitsevan Prince Georgen piirikunnan paloviranomaisia. Piirikunta on pientalovaltainen, ja siellä asuu paljon ihmisiä, jotka käyvät töissä Washington D.C:ssä, johon piirikunta rajoittuu. Piirikunnan asukasluku v. 2001 oli n. 830 000.

Vuonna 1987 piirikunnassa annettiin määräys, joka vaiheittain määräsi sprinklerilaitteiston pakolliseksi asuinrakennuksiin seuraavasti:

- 1.2.1988 mennessä kaikki omakotitalot ja kahden asunnon talot
- 30.7.1988 mennessä kaikki usean asunnon talot
- 1.1.1989 kaikki rivitalot (townhouses)
- 1.1.1992 kaikki asuinrakennukset.

Määräyksen antaneet viranomaiset tutkivat määräyksen vaikutuksia palotilastoihin ajalla 21.4.1989–31.12.1999 (Siarnicki 2001).

Sprinklatuissa asuinrakennuksissa tapahtui tarkastelujaksolla 117 tulipaloa ja neljä vesivahinkoon johtanutta tapausta, joihin ei liittynyt tulipaloa. Jälkimmäisistä kolmessa oli kyseessä putken jäätyminen ja yhdessä väärin asennettu kattotuuletin, joka rikkoi suuttimen. Vertailukohtana raportissa on koottu tiedot ajalla 12.1.1990–24.12.1993 tapahtuneista tulipaloista asuinrakennuksissa, joita ei ollut sprinklattu. Näitä tapauksia oli yhteensä 50. Paloista aiheutuneet kuolemat ja loukkaantumiset esitetään taulukossa 33. Taulukkoa tarkasteltaessa on syytä huomioida, että sen laadinnassa on käytetty satunnaisotosta sellaisista paloista, joista on olemassa täydellinen tutkintaraportti. Tällöin ihmisuhreja vaatineiden palojen osuus korostuu, mikä näkyy palokuolemien suurena määränä suhteessa tulipalojen määrään sprinklaamattomissa tapauksissa.

*Taulukko 33. Palokuolemat ja loukkaantumiset Prince Georgen piirikunnassa ajalla 21.4.1989–31.12.1999 (sprinklatut tapaukset) ja 12.1.1990–24.12.1993 (sprinklaamattomat tapaukset).*

Rakennustyyppi	Sprinklattu			Sprinklaamaton		
	N	Loukkaantumiset	Kuolemat	N	Loukkaantumiset	Kuolemat
Rivitalo	44	1	0	16	8	0
Monen perheen asunto	28	1	0	24	34	9
Asunto-osake	12	1	0	0	0	0
Motelli	1	0	0	1	3	1
Hotelli	1	0	0	0	0	0
Omakotitalo	30	4	0	9	1	12
Asuntola	1	0	0	0	0	0
Yhteensä	117	7	0	50	46	22

Sprinklatuissa rakennuksissa tapahtuneista tulipaloista 106 oli sellaisia, joissa laukesi ainoastaan yksi sprinkleri. Lopuista yhdestätoista tapauksesta neljässä laukesi kaksi suutinta, neljässä kolme suutinta, yhdessä neljä suutinta, yhdessä viisi suutinta ja yhdessä seitsemän suutinta. Seitsemän suuttimen laukeamiseen johtaneessa palossa oli kyse nestemäisen polttoaineen palosta rivitalon kellarissa.

Paloista aiheutuneet taloudelliset vahingot esitetään taulukossa 34. Neljästä vesivahingosta pienimmän aiheuttamat kustannukset olivat USD 600, ja suurimman USD 7000. Keskimääräinen taloudellinen vahinko sprinklatussa rakennuspalossa oli n. USD 3300 ja sprinklaamattomassa n. USD 80000. Raportti ei analysoinut sprinklauksesta aiheutuneita kustannuksia.



Taulukko 34. Omaisuusvahingot asuinrakennusten paloissa Prince Georgen piirikunnassa.

Rakennustyyppi	Sprinklattu		Sprinklaamaton	
	N	USD	N	USD
Rivitalo	44	138 050	16	1 112 000
Monen perheen asunto	28	84 170	24	2 477 500
Asunto-osake	12	40 700	0	0
Motelli	1	3000	1	90 000
Hotelli	1	10 000	0	0
Omakotitalo	30	110 200	9	285 000
Asuntola	1	1000	0	0
Yhteensä	117	387 120	50	3 964 500

### 6.1.6 Asuntosprinklauksen kustannukset

NIST (Brown 2005) on tutkinut pientalojen sprinklauksen aiheuttamia kustannuksia tarkastelemalla neljän sprinklerijärjestelmän asentamista kolmentyyppisiin asuinrakennuksiin. Rakennukset olivat NISTin itsensä suunnittelemaa ”prototyyppirakennuksia”, jotka olivat

- colonial house: siirtomaatyylinen kaksikerroksinen talo, jossa kellari, 310 m<sup>2</sup>
- townhouse: kolmikerroksinen rivitaloasunto, 210 m<sup>2</sup>
- ranch: yksikerroksinen omakotitalo, 109 m<sup>2</sup>.

Kaikkien järjestelmien oletettiin täyttävän standardin NFPA 13D vaatimukset. Sprinklerijärjestelmistä yksi (A) oli talojohtoon liitettävä, PEX-putkiin perustuva järjestelmä, muut (B–D) vesisäiliöllä varustettuja (”stand-alone”), CPVC-putkiin perustuvia järjestelmiä. Näistä kahta tarkasteltiin sekä takaisinvirtauksen estolaitteella (BFP) että ilman sitä. Vaatimus takaisinvirtauksen estolaitteesta aiheuttaa kustannuksia paitsi laitteen hankintahintana myös säännöllisten tarkastusten vuoksi. Kustannuslaskennassa huomiointiin suunnittelu, tarvikkeet ja asennustyö sekä käytön, huollon ja tarkastusten aiheuttamat kulut. Taulukossa 35 esitetään kustannukset (pois lukien tarkastus) dollareina neliöjalkaa kohti tapauksessa, jossa materiaalien katteita ei ole huomioitu, ja tapauksessa, jossa katteeksi on oletettu 50 %.

Taulukko 35. Asuntosprinklauksen kustannuksia ( $\$/ft^2$ ) NISTin tutkimuksessa (Brown 2005).

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C + BFP</b>	<b>D</b>	<b>D + BFP</b>
<i>Kate 0 %</i>						
Colonial	0,43	0,45	0,43	0,56	0,62	0,68
Townhouse	0,58	0,61	0,61	0,81	0,77	0,87
Ranch	0,51	0,67	0,69	1,22	0,82	0,98
<i>Kate 50 %</i>						
Colonial	0,56	0,52	0,50	0,69	0,72	0,81
Townhouse	0,76	0,69	0,70	0,99	0,92	1,05
Ranch	0,66	0,74	0,78	1,49	0,97	1,19

Takaisinvirtauksen estolaitteiden valmistajat suosittelevat laitteille vuosittaista tarkastusta. Tarkastuksen tekeminen edellyttää laitteita ja osaamista, jota tyypillisellä talon-omistajalla ei ole. Yhden tarkastuksen hinnaksi raportti arvioi 100–200 dollaria.

Tutkituista sprinklerijärjestelmistä vaihtoehto A oli halvin. Tälle vaihtoehdolle NIST päätti suorittaa kustannus-hyötyanalyysin (Butry *et al.* 2007) 30 vuoden aikajänteelle. Analyysin päätulos esitetään taulukossa 36.

Taulukko 36. Kustannus-hyötyanalyysin tulokset monikäyttöiselle PEX-putkiin perustuvalla sprinklerijärjestelmälle kolmessa pientalotyypissä.

	<b>Colonial</b>	<b>Townhouse</b>	<b>Ranch</b>
<b>Hyödyt</b>			
Kuolemien ehkäisy	3725,57	3725,57	3725,57
Loukkaantumisten ehkäisy	224,74	224,74	224,74
Omaisuusvahinkojen ehkäisy	79,64	79,64	79,64
Epäsuorien kustannusten väheneminen	15,93	15,93	15,93
Vakuutusmaksujen väheneminen	948,41	948,41	948,41
<i>Hyödyt yhteensä</i>	<i>4994,29</i>	<i>4994,29</i>	<i>4994,29</i>
<b>Kustannukset</b>			
Asennus (50 %:n kate)	2075,08	1295,17	828,66
<i>Kustannukset yhteensä</i>	<i>2075,08</i>	<i>1295,17</i>	<i>828,66</i>
<b>Nettohyöty</b>	<b>2919,20</b>	<b>3099,11</b>	<b>4165,62</b>

Ihmishengen rahallisen arvon mittana on tutkimuksessa käytetty maksuvalmiutta ("willingness-to-pay"-concept) eli sitä, paljonko päättäjät ovat valmiita maksamaan siitä, että heidän riskinsä kuolla tai loukkaantua pienenee tietyllä määrällä. Tässä on käytetty apuna mm. tietoa ihmisten työnkuvaan kuuluvista riskeistä suhteutettuna näistä toista maksettuun palkkaan. Tällaisissa analyyseissä (Viscusi & Aldy 2003) ihmishengen tilastolliseksi arvoksi on saatu 4–9 miljoonaa dollaria, ja NISTin tutkimus käytti arvoa 7,94 miljoonaa dollaria. Loukkaantumisen hinta puolestaan on määritelty sellaisten asuntopaloissa tapahtuneiden loukkaantumisten perusteella, joissa paloon on osallistunut patjoja tai päällystettyjä huonekaluja. Loukkaantumisen hintahaarukaksi NISTin tutkimuksessa mainitaan 150 000–187 000 dollaria ja analyysissä käytettiin arvoa 171 620 dollaria.

Kuolemien ehkäisystä syntyvä rahallinen hyöty (PVD, Present Value benefit of reduced Death) on laskettu seuraavasti:

$$PVD = P(F) \cdot (\Delta_D \cdot E[D|F, S_0]) \cdot V_D \cdot U,$$

missä

$P(F)$  = asuntopalon syttymistodennäköisyys vuotta kohti

$\Delta_D$  = palokuoleman todennäköisyyden pieneneminen sprinklatussa asunnossa verrattuna sprinklaamattomaan asuntoon, jossa on savuilmaisin

$E[D|F, S_0]$  = palokuolemien määrä tulipaloa kohti sprinklaamattomassa asunnossa, jossa on savuilmaisin

$V_D$  = ihmishengen tilastollinen arvo

$U$  = kerroin, jolla vuosittaisen rahamäärän arvo diskontataan nykyarvoon; matemaattisesti

$$U = \frac{(1+d)^T - 1}{d(1+d)^T},$$

missä T on aika vuosissa ja d on diskonttokorko.

Asuntopalojen syttymistodennäköisyys arvioitiin NFPA:n ja US Censuksen tilastoista vuosilta 2002–2005 (NFPA 2006, US Census 2007), mikä antoi arvoksi  $P(F) = 0,0036 \text{ a}^{-1}$ , ts. 36 asunnossa 10 000:sta syttyi vuodessa tulipalo (taulukko 37).

Taulukko 37. Asuntopalojen syttymistodennäköisyys, USA v. 2002–2005.

	Tulipaloja	Asuntoja	P(F)
2002	300 500	81 660 500	0,0037
2003	297 000	82 143 000	0,0036
2004	301 500	83 446 000	0,0036
2005	287 000	84 749 000	0,0034
Keskiarvo	296 500	82 999 625	0,0036

Palokuolemat analysoitiin NFPA:n tilastojen ja NFRIS 5.0 -tietokannan tietojen perusteella (taulukko 38).

Taulukko 38. Palokuolemat yhtä tulipaloa kohti v. 2002–2005. Sarakkeessa ”kaikki” on kaikkien asuinrakennuksissa tapahtuneiden tulipalojen määrä. Sarake ”ei suojaa” tarkoittaa rakennusta, jossa ei ole savuilmainsinta eikä sprinkleriä, sarake ”savu” rakennusta, jossa on savuilmainsin, ja ”sprk” asuntoa, jossa on savuilmainsin ja sprinkleri.

	Tulipaloja				Palokuolemia tulipalossa			
	Kaikki	Ei suojaa	Savu	Sprk	Kaikki	Ei suojaa	Savu	Sprk
2002	300500	125770	171913	381	.0076	.0089	.0067	.0000
2003	297000	126029	166492	546	.0092	.0106	.0084	.0000
2004	301500	125423	166754	415	.0089	.0090	.0090	.0000
2005	287000	123460	156821	619	.0090	.0095	.0087	.0000
Ka.	296500	125171	165495	490	.0087	.0095	.0082	.0000

Tarkastelujaksolla ei siis tapahtunut yhtään palokuolemaa sprinklatussa asunnossa, mutta kustannus-hyötyanalyysiä varten oletettiin NFPA:n tilastoihin perustuen, että sprinklerilaitteisto ei toimi 3 %:ssa tulipaloista. Olettamalla diskonttokoroksi 4,45 % saadaan

$$PVD = 0.0036 \cdot 0.97 \cdot \left( \frac{0.0082 - 0}{0.0082} \right) \cdot 0.0082 \cdot 7940000 \cdot \frac{(1 + 0.0445)^{30} - 1}{0.0445 \cdot (1 + 0.0445)^{30}} = 3725.28$$

missä vähäinen ero taulukon lukuarvoon johtuu käytetystä diskonttokoron likiarvosta. Vastaavalla periaatteella lasketaan loukkaantumisten ehkäisystä aiheutunut hyöty.

## 6.2 Iso-Britannia

Vastaavanlainen kustannus-hyötylaskelma on tehty myös Isossa-Britanniassa (Fraser-Mitchell 2004). Sen johtopäätöksiä todetaan mm. seuraavaa:

- Useimmissa asunnoissa asuntosprinklaus ei ole kustannustehokasta.
- Asuntosprinklaus on todennäköisesti kustannustehokasta hoitolaitoksissa.
- Asuntosprinklaus on todennäköisesti kustannustehokasta korkeissa asuinrakennuksissa (yli 11 kerrosta).

Johtopäätösten erilaisuus NISTin analyysiin verrattuna johtuu ennen kaikkea kolmesta seikasta:

- Brittiläinen tutkimus arvioi ihmishengen hinnaksi 1 243 000 puntaa.
- Sprinklauksen asennuskustannukset ovat kaksinkertaiset Yhdysvaltoihin verrattuna.
- Brittiläisen tutkimuksen mukaan sprinklerien tehokkuus ihmishenkien pelastamisessa on  $(70 \pm 15) \%$ .

Ihmishengen hinnan ja sprinklauksen kustannusten merkitys kustannustehokkuudelle on suurempi kuin sprinklauksen tehon merkitys. Sprinklauksen tehokkuutta brittiläinen tutkimus ei kyennyt arvioimaan suoraan palotilastojen perusteella, sillä palotapauksia sprinklatuissa asunnoissa oli hyvin vähän ja palokuntien raportointikäytännöt eri puolilla maata olivat hyvin erilaisia (kaikki sprinklausta koskeneet raportit tulivat yhdeltä palokunnalta). Sprinklerien tehokkuutta arvioitiinkin epäsuoralla menettelyllä, jossa lähtökohtana oli tilastoihin perustuva korrelaatio palossa tuhoutuneen pinta-alan ja palossa kuolleiden ihmisten välillä (tuhoutunutta pinta-alaa varten on Isossa-Britanniassa käytävissä FDR1-raportointilomakkeissa kenttä). Sprinklerien tehokkuus saatiin selville olettamalla, että sprinklerijärjestelmä rajoittaa palossa tuhoutunutta pinta-alaa (taulukko 39). Paloalaksi sprinklatussa tapauksessa oletettiin n.  $1 \text{ m}^2$  ja sitä vastaava tehokkuus laskettiin keskiarvoistamalla alle  $1 \text{ m}^2$  ja alle  $2 \text{ m}^2$  paloalaa vastaavat luvut.

*Taulukko 39. Ihmisen todennäköisyys selvitä hengissä tulipalosta palossa tuhoutuneen pinta-alan funktiona (Williams et al. 2004).*

Rakennustyyppi	Paloala < 1 m <sup>2</sup>	Paloala < 2 m <sup>2</sup>	Paloala < 4 m <sup>2</sup>	Paloala < 9 m <sup>2</sup>
House, single	.835	.590	.375	.281
House, multiple	.918	.532	.473	.245
Flat, purpose-built	.822	.549	.295	.110
Flat, converted	.921	.509	.180	.101
Care Home, old person's	.330	.063	.075	.006
Care Home, children	1.000	1.000	1.000	1.000
Care Home, disabled people	.736	.750	.413	.500

## 6.3 Kanada

Kanadalainen yksityinen puutuotteiden tutkimuslaitos Forintek on tutkinut kanadalaisia rakennusmääräyksiä erityisesti puurakentamisen osalta. Tutkimuksessa on käytetty Kanadan paloviranomaisten keräämiä palotilastoja sekä kahta NFPA:n Forintekille laatimaa raporttia palotapauksista valikoiduissa rakennustyypeissä (näissä tietolähteenä on NFIRS-tietokanta täydennettynä NFPA:n omilla tilastoilla). Tutkimuksen päähuomiona ei ollut sprinklauksen vaikutus henkilöturvallisuuteen, mutta siitä huolimatta tutkimuskokonaisuudesta laadittu yhteenvetoartikkeli (Richardson 2007) esittää joitain tuloksia sprinklauksen vaikutuksesta palokuolemiin majoitus- ja hoitolaitoksissa. Nämä on koottu taulukkoon 40.

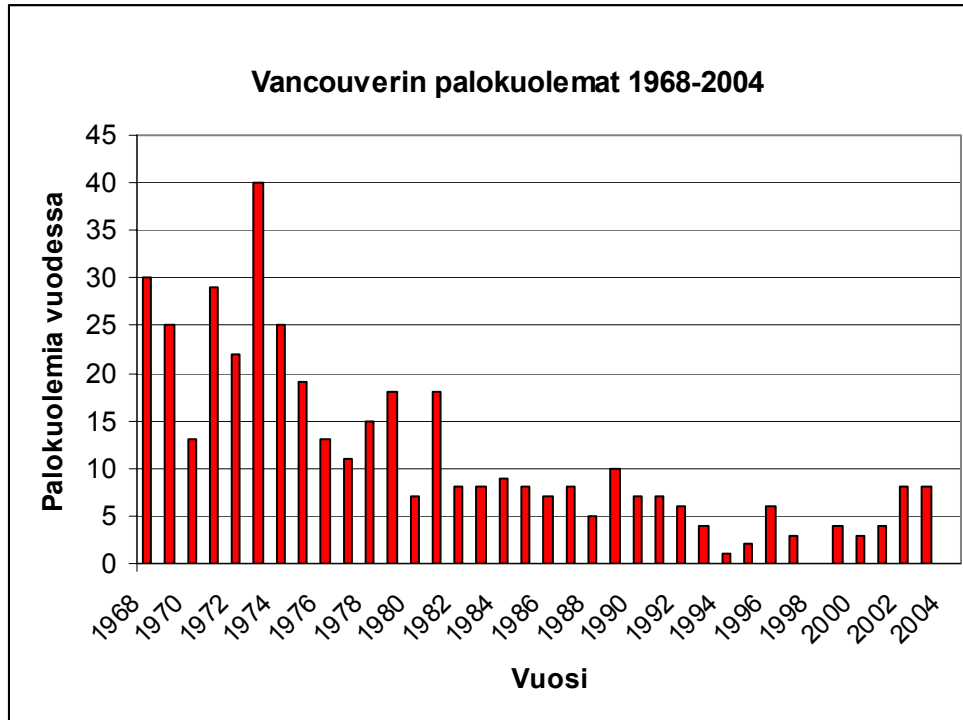
*Taulukko 40. Tilastotietoja tulipaloista yhdysvaltalaisissa ja kanadalaisissa hotelleissa, motelleissa ja vanhusten hoitolaitoksissa v. 1980–1998.*

	<b>Tulipaloja</b>	<b>Palovahinko paloa kohti (USD)</b>	<b>Palokuolemat 1000 paloa kohti</b>	<b>Loukkaan- tumiset 1000 paloa kohti</b>
Sprinklattu hotelli/motelli	1150	4700	1.7	49
Sprinklaamaton hotelli/motelli	3440	10900	8.7	71
Sprinklattu vanhainkoti	1700	1100	2.9	78
Sprinklaamaton vanhainkoti	830	2600	8.4	70

Tutkimuksen mukaan sprinklaus vähensi palokuoleman todennäköisyyttä majoituslaitoksissa 80 % ja hoitolaitoksissa 65 %. Loukkaantumisten määrä tulipalotapauksia kohti hoitolaitoksissa kasvoi. Artikkelissa ei mainita syytä tähän, mutta siinä huomautetaan, että sprinklerijärjestelmiä ei milloinkaan ole mainostettu loukkaantumisia ehkäisevänä järjestelmänä, koska ne eivät estä syttymiä.

Vancouverin kaupungilla on ainoana British Columbian provinssin alueista oikeus antaa provinssin määräyksiä tiukempia kunnallisia määräyksiä (Rajaniemi 2005). Vuosina 1971 ja 1972 tapahtuneiden, lukuisia ihmishenkiä vaatineiden palojen seurauksena kaupungissa määrättiin sprinklattavaksi keskikaupungin kaikki (myös olemassa olevat) suuren henkilöriskin majoitus- ja asuntolatyypiset rakennukset. Seuraavana vuonna määräys laajeni uusiin korkeisiin toimistorakennuksiin, ja säädöskehitys eteni siten, että v. 1996 mennessä kaikkiin uusiin rakennuksiin tuli asentaa sprinklerilaitteisto. Vuonna 2005 n. 70 000 asuntoa (26 % kaikista asunnoista) oli sprinklattu, kerrostaloasunnoista 38 %. Palokuolemien kehitys vuosina 1968–2004 esitetään kuvassa 26. Vuosina 1968–1974 tapahtui keskimäärin 26,2 palokuolemaa vuodessa ja vuosina 1990–2004 keskimäärin 4,2 palokuolemaa vuodessa. Sprinklatuissa rakennuksissa ei tiedetä tapahtuneen yhtään palokuolemaa. Kaupungissa oli v. 1976 asukkaita 423 332 ja v. 2006 asukkaita

oli 587 891. Täsmällistä johtopäätöstä sprinklauksen roolista palokuolemien vähenemisessä ei tilastoaineiston perusteella kuitenkaan voida tehdä. Esimerkiksi palovaroittimen roolia tilastointitapa ei erota.



Kuva 26. Palokuolemat Vancouverissa v. 1968–2004.

## 7. Yhteenveto

Tähän julkaisuun on koottu havainnot, jotka tehtiin tutkimushankkeen ”Asuntosprinklaus Suomessa – vaikuttavuuden arviointi” ensimmäisessä vaiheessa. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on tutkia, voidaanko palokuolemien ja loukkaantumisten määrää Suomessa vähentää merkittävästi asuntosprinklauksella.

Suomen lainsäädännössä asuntojen sprinklaaminen on pakollista vain P2-luokan 3- tai 4-kerroksisissa asuinrakennuksissa. Asuntojen sprinklausta voidaan edellyttää myös turvallisuusselvityksen perusteella henkilöturvallisuuden kannalta vaativissa kohteissa, joissa henkilöiden toimintakyky on alentunut tai rajallinen.

Asuntojen sprinklerijärjestelmien mitoitusohjeet esitetään sprinklerisääntöjen CEA 4001:2007-06(fi) liitteessä O. Perusteet vaihtoehtoisten järjestelmien (mm. vesisumu) mitoitukselle ja hyväksynnälle ovat samojen sääntöjen liitteessä T. Ohjeet asuntosprinklerijärjestelmän asennuksille pohjautuvat pitkälti NFPA 13D ja 13R -standardeihin, joissa käsitellään asuntosprinklausta. Asuntosprinklauksen soveltamisen rajat tulevat vastaan korkeiden rakennusten ja paikkaluvultaan suurten hoitolaitosten osalta.

Valtaosassa sprinklatuista asuinrakennuksista on käytetty perinteistä sprinkleritekniikkaa. Vaihtoehtoiset järjestelmät ovat käytännössä vesisumujärjestelmiä. Järjestelmän suorituskyvyn mittaamiseen soveltuvia testimenetelmiä on olemassa sekä perinteisille että vaihtoehtoisille järjestelmille. NFPA 13, NFPA 13D ja NFPA 13R kaikki painottavat sitä, että säännöt eivät saa olla esteenä teknisille innovaatioille. Uudet innovaatiot tulee kuitenkin osoittaa riittäviksi niin sammutustehonsa kuin luotettavuutensa osalta. Sammutustehon osalta tämä tarkoittaa täyden mittakaavan sammutuskokeita, luotettavuuden osalta sammutusjärjestelmän komponenteille suoritettavia komponenttitestejä.

Suomen kokemukset asuntosprinklauksesta ihmishenkien pelastamisen suhteen rajoittuvat vain yhteen tapaukseen, jossa sprinklerijärjestelmästä oli selvästi hyötyä. Muiden tulipalotapausten suhteen tiedonhankinta osoittautui haasteelliseksi, sillä Suomesta tällä hetkellä saatava tieto asuntosprinklauksesta on varsin hajallaan eri toimijoiden kesken. Tarkkoja päätelmiä sprinklerilaitteiston aktivoitumattomuudesta tulipalotapauksissa ei voitu tehdä. Näyttäisi kuitenkin siltä, että onnistunut alkusammutus ja palon kytemisvaihe ovat olleet näissä tapauksissa selittävät syyt sprinklerin laukeamattomuuteen. Tapauksen vähäisyyden takia aineistoa ei voitu käsitellä myöskään tilastollisesti. Tilastointimenetelmän perustamiseksi tulisi miettiä sitä, minkälaisia tietoja sprinklerijärjestelmästä ja sen käyttöhistoriasta tulisi tallentaa.

Ulkomaiset kokemukset asuntosprinklauksesta tulevat pääosin Yhdysvalloista, jossa asuntosprinklaus alun perin kehitettiin. Koko maan kattavaa tilastointia asunto-



sprinklauksen vaikuttavuudesta on 1980-luvun alusta saakka. Lisäksi muutamissa kaupungeissa (esim. Scottsdale) tai piirikunnissa (esim. Prince George's County, MD), joissa asuntojen sprinklaus on määrätty pakolliseksi, on kerätty paikallista aineistoa sprinklauksen vaikuttavuudesta. Myös Kanadasta on jonkin verran vastaavaa tietoa, erityisesti Vancouverin osalta. Näiden tilastojen perusteella savuilmamaisimilla varustettujen asuntojen sprinklaaminen alentaa palokuoleman todennäköisyyttä 50–75 % verrattuna tapaukseen, jossa asunnossa on ainoastaan palovaroittimia.

Asuntosprinklauksen kustannustehokkuudesta on olemassa yhdysvaltalaiset ja brittiläiset tutkimukset, jotka ovat keskenään jonkin verran erimielisiä siitä, onko sprinklauksesta saatava taloudellinen hyöty suurempi kuin siitä aiheutuva kustannus. Yhdysvaltalainen tutkimus toteaa sprinklauksen olevan kustannustehokasta pientaloissa, brittiläinen puolestaan hoitolaitoksissa ja korkeissa asuinrakennuksissa. Tutkimuksien merkittävimmät erot liittyvät ihmishengelle arvioituun tilastolliseen hintaan ja sprinklerijärjestelmien kustannuksiin.

## Lähdeluettelo

Ahrens, M. 2007. US Experience with smoke alarms and other fire detection/alarm equipment. National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Annable, K., Clark, P., Williams, C. & Rock, P. 2006. DCLG Final Research Report. Effectiveness of sprinklers in residential premises – an evaluation of concealed and recessed pattern sprinkler products. Section 3: Stylised fires.

Arvidson, M. & Larsson, I. 2001. Residential Sprinkler and High-Pressure Water Mist Systems: Tests in a Living Room Scenario. SP Swedish National Testing and Research Institute, Boras, Ruotsi. SP Report 2001:16. 96 s.

Arvidson, M. & Nordling, B. 2004. Sprinklerror i plast. SP Swedish National Testing and Research Institute, Boras, Ruotsi. SP Report 2004:01. 61 s.

Bill, R., Ferron, R. & Braga, A. 1999. Water Mist (Fine Spray) Fire Protection in Light Hazard Occupancies. Factory Mutual Research Corp., Norwood, MA. Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 10, No. 3, s. 1–22.

Brown, H. 2005. Economic Analysis of Residential Fire Sprinkler Systems. NISTIR 7277. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Butry, D. T., Brown, M. H. & Fuller, S. K. 2007. Benefit-Cost Analysis of Residential Fire Sprinkler Systems. NISTIR 7415. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

CEA 4001:2004-03(fi). Sprinklerilaitteistot: suunnittelu ja asentaminen. Comité Européen des Assurances, Pariisi, Ranska. 182 s.

Clark, P., Williams, C., Annable, K. & Rock, P. 2006. DCLG Final Research Report. Effectiveness of sprinklers in residential premises – an evaluation of concealed and recessed pattern sprinkler products. Section 4: Realistic fires.

Finanssialan Keskusliitto. 2007. Vakuutuslainsäädäntö ja turvallisuus. Sprinklerilaitteiston kunnossapito-ohjelman laadintaohjeet. Finanssialan Keskusliitto, Helsinki. 121 s. Ladattu 25.1.2008 osoitteesta <http://www.fkl.fi/asp/system/empty.asp?P=3079&VID=default&SID=624982729419006&S=1&A=closeall&C=23729>.

Ford, J. 1997. Automatic Sprinklers. A 10-year study. Rural/Metro Fire Department, Scottsdale, Arizona. Ladattu 23.10.2007 osoitteesta <http://www.homefiresprinkler.org/FS/FSMunicipalRports.html>.

Fraser-Mitchell, J. 2004. Effectiveness of sprinklers in residential premises. Section 6: cost-benefit analysis. BRE project report number 204505.

Hall, J. 2001. A Brief History of Smoke Alarms. Fire Suppression and Detection Research Application Symposium, Orlando, FL. The Fire Protection Research Foundation.

Hallintolainkäyttölaki 26.7.1996/586.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960586> (viitattu 18.4.2008).

Hi-Fog. 2003. Technical Data Sheet TE6010. Integrated Gas driven Pump Units. WF-models (gas fed through water cylinders). 23 Sept. 2003. 2 s.

Hi-Fog. 2004. Land System Data Sheet LS0110. Protection of Light and Ordinary Hazard 1 occupancies. Gas Driven Pump unit (GPU) System (VdS approved). 28 Dec. 2004. 3 s.

Karjalainen, M. 1997. Oulun puukerrostalo. Kiinteistö Oy Puukotka koerakennushankkeen loppuraportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, puustudio, Oulu. 127 s. + liitt. 3 s. ISBN 951-97377-1-5.

Karjalainen, M. 2007. Ensimmäinen tulipalo puukerrostalossa. Sprinkleri 2007. Sprinkleritekninen yhdistys Ry:n jäsenlehti. S. 10–11.

KOTI-SOFTEX. 2006. KOTI-SOFTEX-esite. Turvallisuusmessut, Tampere 5.–7.9.2006.

Laki pelastustoimen laitteista (10/2007) 12.1.2007.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070010> (viitattu 18.4.2008).

Liu, Z. & Kim, A. K. 2001. Review of Water Mist Fire Suppression Technology. Part 2. Application Studies. National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario. Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 11, No. 1, s. 16–42.

Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895> (viitattu 18.4.2008).

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999).

<http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/1999/19990132> (viitattu 18.4.2008).

Nam, S. 2005. Fire Tests to Evaluate CPVC Pipe Sprinkler Systems Without Fire Resistance Barriers. *Fire Safety Journal*, Vol. 40, s. 595–609.

NFPA 750. 2003. Standard on Water Mist Fire Protection Systems. National Fire Protection Association, Quincy, MA. 65 s.

NFPA. 2006. The U.S. Fire Problem: One- and Two-Family Dwelling Fires. Ladattu 23.10.2007 osoitteesta <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=953&itemID=23858&URL=Research%20&%20Reports/Fire%20statistics/The%20U.S.%20fire%20problem>.

NIST. 2004. Research Investigation for Determination of Residential Sprinkler Performance. Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook, IL. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. NIST GCR 05-875. 70 s.

Pelastuslaki 13.6.2003/468. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030468> (viitattu 18.4.2008).

Pelastusopisto. 2008. Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto (PRONTO). <http://www.prontonet.fi>.

Purser, D. 2002. Toxicity assessment of combustion products. Teoksessa: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3. painos. National Fire Protection Association, Quincy, MA. S. 2-83–2-171.

Rajaniemi, K. 2005. Vancouverin kaupungin sprinklausvaatimukset. Muistio 8.12.2005. Sisäasiainministeriö, pelastusosasto, Helsinki.

Richardson, L. R. 2007. Fire losses in selected property classifications of non-residential, commercial and residential wood buildings. Part 1: Hotels/motels and care homes for aged. *Fire and Materials*, Vol. 31, s. 97–123.

Rohr, K. D. & Hall Jr., J. R. 2005. U.S. Experience with Sprinklers and Other Fire Extinguishing Equipment. National Fire Protection Association, Quincy, MA. 66 s.

Ruegg, R. T. & Fuller, S. K. 1984. A Benefit-Cost Model of Residential Fire Sprinkler Systems. NBS Technical Note 1203. National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland.

Siarnicki, R. J. 2001. Residential Sprinklers: One community's experience twelve years after mandatory implementation. Prince George's County Fire/EMS Department. Ladattu 23.10.2007 osoitteesta <http://www.homefiresprinkler.org/FS/FSMunicipalRports.html>.

Sisäasiainministeriö. 2004. Arjen turvaa – sisäisen turvallisuuden ohjelma. Sisäasiainministeriön julkaisut 44/2004. 133 s. ISBN 951-734-763-4. Saatavilla verkosta: <http://www.intermin.fi/julkaisu/442004>.

Sisäasiainministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista. SM-1999-967/Tu-33. Sarja A:65. <http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/200001/5667> (viitattu 18.4.2008).

SPEK. 2006. Turvallisuusselvityksen laadintaopas. SPEK opastaa 18. Suomen Pelastusalan Keskusliitto, Helsinki. ISBN 951-797-243-1. 49 s.

Tervo, V. 2007. Turvallisuusselvitystilanne Suomessa kartoitettu. Pelastuslaitoskohtaiset erot suuria. Pelastustieto 7/2007, s. 15–18.

Tilastokeskus. 1994. Rakennusluokitus – Byggnadsklassifisering – Classification of Buildings 1994. Käsikirjoja 16. 49 s. ISBN 951-47-8735-8.

US Census. 2007. United States Census Bureau, American Housing Survey for the United States: 2005. Ladattu 23.10.2007 osoitteesta <http://www.census.gov/prod/2006pubs/h150-05.pdf>.

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta. (787/2003). 4.9.2003. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030787> (viitattu 18.4.2008).

Vettori, R. 1998. Effect of an Obstructed Ceiling on the Activation Time of a Residential Sprinkler. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. NISTIR 6253. 150 s.

Vettori, R. 2003. Effect of Beamed, Sloped, and Sloped Beamed Ceilings on the Activation Time of a Residential Sprinkler. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. NISTIR 7079. 45 s.

Williams, C. & Campbell, S. 2004. Effectiveness of sprinklers in residential premises. Section 5: Experimental programme. BRE report number 204506.

Williams, C., Fraser-Mitchell, J., Campbell, S. & Harrison, R. 2004. Effectiveness of sprinklers in residential premises. Section 3: Pilot study. BRE report number 204505.

Viscusi, W. K. & Aldy, J. E. 2003. The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates Throughout the World. *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 27, No. 1, s. 5–76.

VTT. 2007. Lausunto: VTT-M-8868-07. Vesisumusammutusjärjestelmän soveltuvuus OH1-luokan tilojen palosuojaukseen. 21 s. Ladattu 25.1.2008 osoitteesta <http://www.ssty.fi/sivut/VTT-M-8868-07.pdf>.

Ympäristöministeriö. 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma. E1 Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. 40 s. Saatavilla osoitteesta <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198063&lan=fi>.

Ympäristöministeriö. 2003. Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristöopas 39. Ympäristöministeriö, Helsinki. 166 s.

Tekijät Rinne, Tuomo, Tillander, Kati, Vaari, Jukka, Belloni, Kaisa & Paloposki, Tuomas		
Nimeke <b>Asuntosprinklaus Suomessa Vaikuttavuuden arviointi</b>		
Tiivistelmä Tähän julkaisuun on koottu havainnot, jotka on tehty tutkimushankkeen ”Asuntosprinklaus Suomessa – vaikuttavuuden arviointi” ensimmäisessä vaiheessa. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on tutkia, voidaanko palokuolemien ja loukkaantumisten määrää Suomessa vähentää merkittävästi asuntosprinklauksella.  Julkaisu esittelee asuntosprinklauksen aseman suomalaisessa tämänhetkisessä lainsäädännössä, sprinklauksessa käytettäviä teknisiä ratkaisuja ja muutamia yksittäisiä sprinklattuja kohteita. Onnettomuustietokanta PRONTOn ja eräiden muiden lähteiden avulla on selvitetty sprinklatuissa rakennuksissa tapahtuneita tulipaloja ja sprinklerijärjestelmien vahinkolaukaisuja.  Kotimaisen tilastoaineiston vähäisyyden vuoksi johtopäätöksiä asuntosprinklauksen vaikuttavuudesta on tehty pääasiassa yhdysvaltalaisen tilastoaineiston perusteella. Sen mukaan palokuoleman todennäköisyys savuilmamaisimella ja sprinklerijärjestelmällä varustetussa asunnossa on 50–75 % pienempi kuin pelkästään palovaroittimella varustetussa asunnossa.		
ISBN 978-951-38-7204-5 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Projektinnumero VTT-V-3478-06
Julkaisuaika Huhtikuu 2008	Kieli Suomi	Sivuja 84 s.
Projektin nimi Asuntosprinklaus	Toimeksiantaja(t)	
Avainsanat fire hazards, fire safety, accident prevention, fire extinguishers, sprinkler systems, residential buildings, hospitals, legislation, technical solutions, smoke detection, automatic extinguishers	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	

Julkaisu on ”Asuntosprinklaus Suomessa – vaikuttavuuden arviointi”-hankekokonaisuuden ensimmäisen vaiheen loppuraportti. Siinä esitellään asuntosprinklauksen asema suomalaisessa tämänhetkisessä lainsäädännössä sekä käydään läpi sprinklauksessa käytettäviä teknisiä ratkaisuja ja muutamia yksittäisiä sprinklattuja kohteita.

Sprinklatuissa rakennuksissa tapahtuneita tulipaloja ja sprinklerijärjestelmän vahinkolaukauksia kartoitetaan pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustietokanta PRONTOn ja eräiden muiden lähteiden avulla. Kotimaisen selvityksen lisäksi käydään läpi myös ulkomaisia kokemuksia.

Johtopäätökset asuntosprinklauksen vaikuttavuudesta perustuvat pääasiassa yhdysvaltalaiseen tilastoaineistoon. Sen mukaan palokuoleman todennäköisyys savuilmaisimella ja sprinklerijärjestelmällä varustetussa asunnossa on 50–75 % pienempi kuin pelkästään palovaroitinella varustetussa asunnossa.

---

VTT  
PL 1000  
02044 VTT  
Puh. 020 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

VTT  
PB 1000  
02044 VTT  
Tel. 020 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

VTT  
P.O. Box 1000  
FI-02044 VTT, Finland  
Phone internat. + 358 20 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

---