



Toni Heiskanen

Sprinklerisuojausratkaisut varas- toille FM- ja erillishyväksyntöjen mukaisesti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

22.05.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Toni Heiskanen
Otsikko:	Sprinklerisuojausratkaisut varastoille FM- ja erillishyväksyntöjen mukaisesti
Sivumäärä:	35 sivua
Aika:	22.5.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	Lehtori Timo Värinen Ryhmä päällikkö Tomi Käyhkö

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella sprinklerisuojausratkaisuja automaattivarastoissa FM Globalin ohjeisiin perustuen. FM Global on kansainvälinen vakuutus- ja tutkimuslaitos, joka tarjoaa ohjeistuksia siitä, kuinka vähentää omaisuusvahinkojen riskiä tulipalon, sääolosuhteiden sekä- tai mekaanisten laitteiden vikaantumisen vuoksi.

Työssä keskityttiin sekä kattotasoon että hyllyväliin sijoitettaviin sprinklerijärjestelyihin shuttle-tyyppisissä ASRS-järjestelmissä, joissa tuotteita varastoidaan palavissa tai palamattomissa varastointilaitteistoissa tai varastointialustoilla. Työssä käsiteltiin varastoitavien tuotteiden luokittelua luokkiin 1–4 sekä muoveihin FM Globalin ohjeen 8–1 mukaan, katon korkeuden rajoituksia, poikittaistilavaatimuksia sekä sprinklerien valintaa ja sijoittelua. Kirjallisuuskatsauksen tärkeimmät lähteet olivat FM Globalin ohjeet (Data Sheets 2–0, 8–1, 8–9, 8–34) sekä kansalliset standardit

Tuloksena syntyi selkeä suunnitteluohje, joka tukee sprinklerisuunnittelijoita sopivien suojausratkaisujen valinnassa ja toteutuksessa. Ohjeen avulla suunnittelijat voivat arvioida paloriskiä ja ottamaan suunnittelussa huomioon erilaisten varastointimuotojen paloriskit. Työssä laadittu ohje tukee paloturvallisuussuunnittelua yhdistämällä teknisen vaatimustenmukaisuuden ja kustannustehokkaan toteutuksen.

Avainsanat: sprinklerisuunnittelu, FM Global, ASRS, automaattivarasto, varastopaloturvallisuus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Toni Heiskanen
Title: Sprinkler Protection Solutions for Warehouses According to FM and Separate Approvals
Number of Pages: 35 pages
Date: 22 may 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Engineering
Supervisors: Timo Värinen, Senior Lecturer
Tomi Käyhkö, Group Manager

The purpose of this thesis was to examine sprinkler protection solutions for automated warehouses in accordance with FM Global guidelines. FM Global is a global insurance and research company that provides guidance on reducing the risk of property loss caused by fire, weather conditions, or the failure of electrical or mechanical equipment.

The work focused on both ceiling-level and in-rack sprinkler arrangements in shuttle-type ASRS system, where commodities are stored in combustible or non-combustible containers or trays. The study addressed the classification of stored commodities (Classes 1-4 and plastics), ceiling height limits, transverse flue-space requirements, and the selection and spacing of sprinklers. The methodology was based on FM Global Data Sheets 2-0, 8-1, 8-9, and 8-34, as well as national design standards.

The study produced a Finnish-language design manual to assist sprinkler designers select and implement appropriate protection strategies based on fire risk and the various storage configurations. The findings contribute to fire-safety design by aligning technical compliance with cost-effective implementation.

Keywords: sprinkler design, FM Global, ASRS, automatic storage system, warehouse fire protection

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sprinklerisuojausta koskevat perusperiaatteet	3
2.1	Sprinklerijärjestelmät	3
2.2	Suojattavat tilat	4
2.2.1	Tilat, joita ei yleensä tarvitse suojata sprinklereillä	4
2.2.2	Tilat, joihin sprinklerisuojausta ei pidä asentaa	4
2.3	Sprinklerin toiminta	5
3	Palo- ja tavaraluokat	6
3.1	Varastoitavan tuotteen luokittelu	6
3.1.1	Luokka 1	7
3.1.2	Luokka 2	7
3.1.3	Luokka 3	8
3.1.4	Luokka 4 (CUP)	8
3.1.5	Laajennettu muovi (EP)	8
3.1.6	Ulkopakkaus	9
4	Automaattivarastot	11
4.1	Yleistä	11
4.2	Paloilmoitinjärjestelmä	12
4.3	Rakenteelliset vaatimukset	12
4.4	Suuttimet	13
5	Vaakasuunnassa lastattava Shuttle-ASRS-varasto	21
5.1	Varaston kuvaus	21
5.2	Kattosuojaus	22
5.3	Hyllysuojaus	28
5.3.1	Hyllysuutinsijoitus vaakatasossa	28
5.3.2	Hyllysuutinsuutinten pystysijainti	31
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

1 Johdanto

Varastojen paloturvallisuus on tärkeä osa riskienhallintaa, sillä varastoissa säilytettävät materiaalit vaihtelevat suuresti ja voivat olla helposti syttyviä ja palavia, mikä lisää huomattavasti palon leviämisen riskiä. Erityisesti muovit ja paperipakkaukset nostavat palokuormaa, ja ilman asianmukaisia palontorjuntatoimia seuraukset voivat olla tuhoisia. Palo aiheuttaa usein merkittäviä suoria vahinkoja, ja lisäksi siitä aiheutuvat liiketoiminnan keskeytykset voivat muodostua yritykselle taloudellisesti kalliiksi ja vaikeuttaa toimintaa pitkään. (FM Approved sprinklers 2024; VdS-certified sprinkler protection concept.)

Myös vakuutusyhtiöt korostavat varastojen riittävän palosuojauksen merkitystä, sillä puutteelliset paloturvallisuustoimet lisäävät vahinkoriskiä, mikä näkyy korkeampina vakuutusmaksuina ja vaikuttaa korvauskäytäntöihin. Esimerkiksi maailmanlaajuisesti toimiva vakuutus- ja riskienhallintayhtiö FM Global on laatinut yksityiskohtaiset ohjeet (FM Data Sheets), joiden tavoitteena on auttaa suunnittelemaan ja toteuttamaan tehokkaita palosuojaratkaisuja erilaisissa kohteissa, kuten varastoissa. Näiden ohjeiden mukaisesti toteutetut ratkaisut vähentävät paitsi onnettomuusriskiä myös tukevat yrityksen liiketoiminnan jatkuvuutta. (FM Approved sprinklers 2024.)

Sprinklerijärjestelmät ovat osoittautuneet tehokkaiksi paloratkaisuiksi varastoissa, sillä ne reagoivat palon alkuvaiheessa ja hidastavat sen leviämistä. Näin voidaan minimoida vahinkoja sekä helpottaa pelastustoimintaa (Sammutuslaitteistot). Nykyaikaisissa automaattivarastoissa eli ASRS (Automatic Storage and Retrieval Systems) -varastoissa on kuitenkin erityisvaatimuksia sprinklerijärjestelmille, ja järjestelmien toimivuuden sekä laadun varmistamiseksi käytetään usein myös erillishyväksyntöjä. Näistä esimerkki on Vds, joka on sertifiointiorganisaatio (VsS-certified sprinkler protection concept)

Tässä insinööriyössä tarkastellaan sprinklerisuojauksen suunnittelua automaattivarastoissa FM Globalin omaisuusvahinkojen ehkäisyohjeiden (FM Property

Loss Prevention Data Sheets) ohjelehtien 2–0, 8–1, 8–9 ja 8–34 näkökulmasta. Työn tavoitteena on laatia suunnittelijoille ja palonsammutusalan toimijoille kattava käytännönläheinen ohjeistus, joka tukee varastojen paloriskien arviointia, soveltuvan sammutustekniikan valintaa sekä tehokkaan suojauksen toteuttamista. Tarkoituksena on, että ohjeen avulla voidaan jatkossa paremmin varmistaa sekä paloturvallisuus että kustannustehokkuus sekä täyttää viranomaisten ja vakuutusyhtiöiden vaatimukset (FM Approved sprinklers 2024).

Työ tulee keskittymään automaattivarastoihin. Työssä tarkastellaan sivusta lasattavia Shuttle-tyyppisiä ASRS-varastoja, jossa varastoidaan tavaraa suljetuissa tai avonaisissa, palavissa tai palamattomissa varastointilaitteistoissa tai varastointialustoilla. Työ pohjautuu FM Globalin ohjeistuksiin, jotka käsittelevät palonsuojauksen toteuttamista järjestelmän luotettavuuden ja tehokkuuden varmistamiseksi.

Työssä on erityisesti tukeuduttu FM Globalin ohjeistuksiin FM DS 2-0, 8–1, 8–9 ja 8–34, jotka käsittelevät sprinklerijärjestelmien suunnittelua, paloturvallisuuden luokittelua sekä automattivarastojen suojaamista. Näiden lähteiden soveltaminen tarjoaa selkeät raamit varastojen riskienhallintaan ja optimoi sammutusratkaisujen toteutuksen (FM Approved sprinklers 2024).

2 Sprinklerisuojausta koskevat perusperiaatteet

2.1 Sprinklerijärjestelmät

Sprinklerilaitteisto on automaattinen sammutusjärjestelmä, joka havaitsee palon alkuvaiheessa, käynnistää palohälytyksen ja -ilmoituksen sekä rajoittaa tai sammuttaa paloa (Sammutuslaitteistot). Järjestelmä voi olla pakollinen tai suositeltava kohteen käyttötarkoituksesta ja riskeistä riippuen. Sen asentaminen voi perustua lainsäädäntöön, kuten lakeihin tai asetuksiin, jotka velvoittavat käyttämään automaattista sammutuslaitteistoa tietyissä rakennustyypeissä. Lisäksi rakennusvalvontaviranomainen tai pelastusviranomainen voi edellyttää sprinklerijärjestelmää osana kohdekohtaista turvallisuusmääräysten toteuttamista.

(Sprinklerilaitteistot 2010: 1.)

Vakuutusyhtiöt saattavat puolestaan asettaa automaattisen sammutusjärjestelmän pakolliseksi ehdoissaan myöntäessään omaisuusvakuutuksia, mikäli tiloissa on arvioitu olevan merkittävä tulipaloriski. Vakuutusyhtiöiden edellyttämällä sprinklerisuojuksella pyritään suojaamaan omaisuutta ja vähentämään tulipalosta aiheutuvia vahinkoja, mikä voi vaikuttaa suoraan vakuutusmaksujen suuruuteen. (Sprinklerilaitteistot 2010: 1.)

Rakennuttajalle sprinklerisuojaus voi tuoda helpotuksia palomääräyksissä, mikä näkyy usein kokonaiskustannuksissa. Kun automaattinen sammutusjärjestelmä toteutetaan rakennukseen, voidaan joissakin tapauksissa vähentää muita paloteknisiä ratkaisuja tai rajoittaa rakenteellisia palonrajoitusjärjestelyjä, mikä puolestaan voi alentaa sekä rakennus- että ylläpitokustannuksia. (Sprinklerilaitteistot 2010: 1.)

Rakennuksen omistajan tai haltijan kannalta rakennus halutaan usein varustaa siten, että sen käyttötarkoitus pysyy mahdollisimman joustavana. Suurten palosastojen tai kantavien rakenteiden kohdalla voidaan edellyttää sprinklerijärjestelmää, joka tukee turvallista tilankäyttöä ja suojaa rakennusta tulipalon varalta. Lisäksi automaattinen sammutusjärjestelmä voi alentaa palo- tai keskeytysvakuutusmaksuja. (Sprinklerilaitteistot 2010: 1.)

2.2 Suojattavat tilat

Standardi SFS-EN 12845 (2019: 22, kohta 5.1.1) määrittelee, että ”Kun rakennus suojataan sprinklereillä, kaikki sen osat sekä siihen liittyvän rakennuksen tilat on suojattava”. Tiettyjä poikkeuksiakin on, nämä poikkeukset käsitellään luvuissa 2.2.1 ja 2.2.2. Ulkona varastointi on mahdollista, mutta on tärkeää huomioida käyttöpaikkakohtaiset säädökset ja riittävä etäisyys sprinklereillä suojatusta rakennuksesta. Mikäli etäisyyttä ei ole säädetty, tulee rakennuksen ja varastoitavan tavaran väliin jäädä vähintään 10 metriä, kuitenkin vähintään 1,5 kertaa varastoiduntavaran korkeus. (Sprinklerilaitteistot 2010: 1–2; SFS-EN-12845 2019: 23.)

2.2.1 Tilat, joita ei yleensä tarvitse suojata sprinklereillä

Tietyt tilat eivät tavallisesti vaadi sprinklerisuojausta. Esimerkiksi pesuhuoneet ja wc-tilat voidaan jättää suojaamatta, jos ne ovat rakenteeltaan palamattomia eikä niissä säilytetä syttyviä materiaaleja. Poikkeuksena ovat vaatehuoneet, joiden sprinklereiden asentaminen on yleensä perusteltua paloriskin vuoksi. Myös suljetut porrashuoneet voidaan pääsääntöisesti jättää ilman sprinklerisuojausta, mikäli niissä ei ole syttyvää materiaalia ja tilat on erotettu omaksi palo-osastokseen. Lisäksi jos kyseisessä tilassa on jo jokin muu automaattinen sammutusratkaisu, kuten kaasu-, jauhe- tai vesivalelujärjestelmä, se voi toimia vaihtoehtona sprinklerisuojaukselle. (Sprinklerilaitteistot 2010: 1–2; SFS-EN-12845 2019: 24.)

2.2.2 Tilat, joihin sprinklerisuojausta ei pidä asentaa

Sprinklerijärjestelmiä ei tule asentaa tiloihin, joissa vesi voi aiheuttaa lisävahinkoa tai vaaraa. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi siilot ja säiliöt, joissa kosteus saa aineet turpoamaan, sekä teollisuusunit, suolakylvyt ja sulatusaltaat, joissa vesipohjainen sammutus voi pahentaa tilannetta. Tällaisia ovat myös tilat, joissa veden vuotaminen itsessään on vaarallista, kuten hissien konehuoneet ja hissi-kuilut. (Sprinklerilaitteistot 2010: 2; SFS-EN-12845 2019: 23.)

2.3 Sprinklerin toiminta

Sprinklerit asennetaan tavallisesti katon rajaan, yksi suutin kattaa yleensä 9–12 m². Suuttimia asennetaan myös pieniin ja osittain katveisiin tiloihin, kuten esimerkiksi siivouskomeroihin, laitetiloihin, kulkutasoille. Varastoissa suuttimia voidaan lisäksi sijoittaa hyllyihin. (Sprinklerilaitteistot. 2010). Myös rakennukseen liittyvät katokset, kuten varasto- ja lastausalueet, varustetaan sprinklereillä (Sprinklerilaitteistot 2010: 2; SFS-EN 12845 2019: 22).

Palo aiheuttaa lämpötilan nousun, joka aktivoi ensin yhden sprinklerin (tyypillisesti noin 70 °C). Laukeaminen perustuu lasiampullin tai juotosliitoksen rikkoutumiseen, jonka jälkeen vesi pääsee virtaamaan. Korkean lämpötilan tiloissa käytetään vastaavia suuttimia, mutta korkeammalla laukeamislämpötilalla. (Sprinklerilaitteistot 2010: 2.)

Lauennut sprinkleri aktivoi hälytysventtiilin, joka antaa palohälytyksen ja välittää ilmoituksen eteenpäin. Jokainen suutin toimii itsenäisesti, joten vettä suihkuu vain lauenneiden suuttimien alueella. Jos yksi suutin ei riitä rajoittamaan paloa, avautuu lisää suuttimia lämpötilan noustessa, kunnes palo saadaan hallintaan. (Sprinklerilaitteistot 2010: 2.)

3 Palo- ja tavaraluokat

Palo- ja tavaraluokat luvussa kuvataan varastoitavan tavaran ja sen pakkauksen sekä varastointialustan, kuten esimerkiksi lavojen tai kuten työssä käsiteltyjen varastointilaatikoiden yhteisvaikutusta paloluokitukseen FM Globalin ohjeiden mukaan. Luokittelun avulla arvioidaan tuotteen paloriskiä ja määritellään sopiva palonsammutusjärjestelmä.

3.1 Varastoitavan tuotteen luokittelu

Tuotteella tarkoitetaan varastoitavan tavaran materiaalia ja sen pakkausta. Luokittelussa otetaan huomioon myös varastointialusta, kuten esimerkiksi lavat, joilla tuote sijaitsee (FM Commodity Classification 08-01 2014: 3). Kuvassa 1 on esitetty mitä eri asioita tulee ottaa huomioon tuotteen tavaraluokitusta valittaessa.



Kuva 1. Luokittelussa huomioitavat komponentit (FM Commodity Classification 08-01 2014: 4.)

Luokan valinnassa on otettava huomioon sekä pakkausmateriaalit että varastoitava tuote. On esimerkiksi selvittävää, onko tuote pakattu solumuoviin eli laajennettuun muoviin ja millaisella alustalla se säilytetään. Alustan osalta selvitetään, käytetäänkö alustana esimerkiksi lavaa vai automaattivarastoille tyypillisiä varastointilaitteita tai -alustoja. FM ohjeen luokat ovat pienimmästä riskistä suurimpaan seuraavat:

- Palamaton (noncombustible),
- Luokka 1 (class 1),
- Luokka 2 (class 2),
- Luokka 3 (class 3),
- Luokka 4 pakattu laajentamaton muovi (Class 4, CUP, Cartoned Unexpanded Plastic),
- Pakattu laajennettu muovi (CEP, Cartoned Expanded Plastic),
- Pakkaamaton laajenematon muovi (UUP, Uncartoned Unexpanded Plastic),
- Pakkaamaton laajennettu muovi (UEP, Uncartoned Expanded Plastic). (FM Commodity Classification 08-01 2014: 3.)

3.1.1 Luokka 1

Luokkaan 1 kuuluvat tuotteet voivat sisältää vähäisiä määriä muovia, esimerkiksi nuppeja tai kahvoja. Luokan 1 tuotteet ovat varastoitu puu- tai FM-hyväksytyille lavoille. Pakkaus ratkaisu on toteutettu yksikerroksisella aaltopahvilaatikolla tai vuorattu paperiin. (FM Commodity Classification 08-01 2014: 4.)

3.1.2 Luokka 2

Luokkaan 2 luokitellaan tavara, joka on palamaton tai luokan 1, mutta pakattu monikerroksisiin aaltopahvilaatikoihin, lautarakenteisiin tai umpinaiisiin puulaatikoihin tai vastaavaan palavaan pakkaukseen ja varastoitu puu- tai FM-hyväksytyille lavalle (FM Commodity Classification 08-01 2014: 4).

3.1.3 Luokka 3

Luokassa 3 tuote koostuu pääosin sellupohjaisista aineista ja varastoidaan puu- tai FM-hyväksytylle lavalle joko aaltopahvilaatikossa tai ilman erillistä pakkausta. Luokkaan 1,2 tai 3 kuuluvissa materiaaleissa muovin (laajennettu tai laajenematon) osuus saa olla enintään 5 % joko tuotteen painosta tai tilavuudesta. (FM Commodity Classification 08-01 2014: 5.)

3.1.4 Luokka 4 (CUP)

Luokkaan 4 kuuluvat tuoteryhmät, joissa:

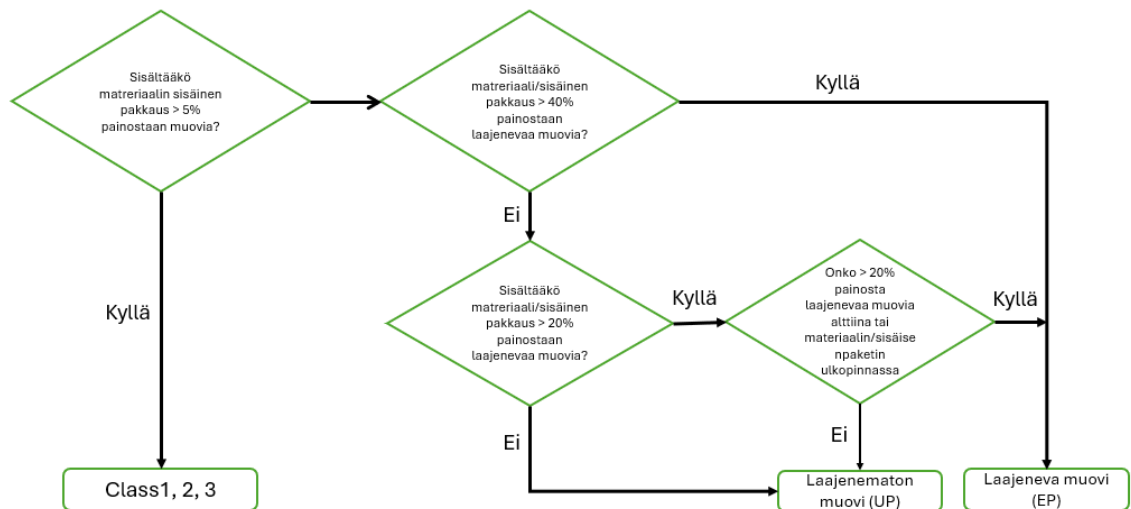
- laajenemattoman muovin osuus ylittää 5 % lavan kokonaispainosta tai -tilavuudesta
- laajennettua muovia (esimerkiksi vaahtomuovia) on lavan sisällöstä 5–40 %
- josta 5–20 % on tuotteen ulkopuolella näkyvissä tai pinnassa suojaavana kerroksena (FM Commodity Classification 08-01 2014: 5).

3.1.5 Laajennettu muovi (EP)

Mikäli jokin seuraavista kriteereistä täyttyy, tulee tuote luokitella laajennetuksi muoviksi:

- Laajennetun (vaahto)muovin osuus ylittää 40 % tuotteesta.
- Laajennettua muovia on yli 20 % ja se on näkyvissä tai tuotteen ulkopinnassa (esim. suojaa tai ympäröi tavaraa).
- Tyhjät muoviastiat, joiden tilavuus on yli 1 litra ja joita ei ole pinottu sisäkkäin. (FM Commodity Classification 08-01 2014: 5.)

Kuvaa 2 voi soveltaa materiaaleihin tai sisäpakkauksratkaisuihin, joissa on laajenevaa tai laajenemattomia muoveja. Huomioitavaa myös aaltopahvilaatikot: jos sisältö on laajentamatonta muovia mutta pakattu laatikoihin se on kartonkipakattua laajenemattonta muovia (CUP). (FM Commodity Classification 08-01 2014: 6.)



Kuva 2. pahviin pakattujen muovituotteiden luokittelu (mukaiillen FM Commodity Classification 08-01 2014: 6).

3.1.6 Ulkopakkaus

Ulkopakkaus voi laskea tai nostaa tuotteen luokittelua. Ulkopakkauksen ollessa korkeammassa luokituksessa tulee tuote määritellä sen mukaan. Ulkopakkaus vaikuttaa merkittävästi palon alkuvaiheen kehitykseen. (FM Commodity Classification 08-01 2014: 6.) Tyypillisiä ulkopakkauksia varastoinnissa ovat esimerkiksi aaltopahvilaatikot, osittain peitetty pahvi ja umpimetallinen varastointilaitteisto.

Aaltopahvilaatikko

Veden imeytyminen pahviin voi rajoittaa paloa, mutta kartonki palaa helposti ja nopeuttaa pystysuuntaista palon leviämistä.

- Muovituote pahvilaatikossa on kartonkipakattua muovia (CUP tai CEP)

- Palamattomat tuotteet pahvilaatikossa kuuluvat luokkaan 1.

Osittain peitetty pahvi

Riittää käsittelemään pakkauksen täysin kartonkipakattuna jos:

- vain yksi sivu puuttuu tai
- pohja, kansi ja vähintään 75 % sivupinnoista on yhä suojattuna

Umpimetallinen varastointilaatikko

- Vähentää paloriskiä.
- Muovituote viisisivuisessa metallisäiliössä (avoin yläosa) luokitellaan kuuluvaksi luokkaan 3, *class 3*.
- Sama muovi suljetussa metallisäiliössä puolestaan kuuluu luokkaan 1.

(FM Commodity Classification 08-01 2014: 6.)

4 Automaattivarastot

4.1 Yleistä

FM Protection for Automatic Storage data lehdellä todetaan varastojen osalta, että ”Kaikkien rakennuksen rakenteiden, tilan käyttötarkoituksen ja suojausratkaisujen tulee olla toisiaan tukeva ja yhtenäinen kokonaisuus” (FM Protection for Automatic Storage. 2017: 9.) ”Aina mahdollisuuksien mukaan tulee käyttää FM-hyväksytyjä laitteita, materiaaleja ja palveluita” (FM Protection for Automatic Storage 2017: 9.)

Varastointia varten tarkoitetut rakennukset on toteutettava noudattaen FM:n esittämiä ohjeita. Esimerkiksi 1-sarjan eli rakentamiseen keskittyvät ohjeet käsittelevät yleisesti varastorakennuksiin liittyviä rakenteellisia ominaisuuksia. Kyseisen ohjeistuksen suosituksia on noudatettava, jotta rakennuksen rakenneratkaisut toimivat yhteen kattotasolla käytettävän sprinklerisuojan kanssa. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 9.)

Jos vaakasuuntaisessa ASRS-järjestelmässä säilytetään avonaisia, palavia säiliöitä, on huomioitava sprinkleriveden mahdollinen kertyminen varastolaatikoihin, mikä lisää hylly- ja lattiapintojen kuormitusta. Lähtöoletuksena puolet hyllysprinklereiden (*In-Rack-Sprinklers, IRAS*) alla olevista säiliöistä täytyy vedellä ja puolet tuhoutuu palossa. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 9.)

FM Commodity Classification 08-01 -luokituksen mukaisesti määritellään ASRS-järjestelmässä säilytettävien tuotteiden palovaaraluokka. Tässä ohjeistuksessa annettuja suojaukseen liittyviä periaatteita esitellään tämän työn luvussa 3. Sprinklerisuojaus suunnitellaan aina korkeimman havaittavan palovaaraluokan perusteella huomioiden niin varastoitava esine kuin sen pakkaus ja varastointialusta. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 9.)

4.2 Paloilmoitinjärjestelmä

ASRS-varastoalueiden suojaukseen asennetaan FM-hyväksytty kattotason tulipalon havaitsemisjärjestelmän mukaisesti. Mikäli katon rakenne aiheuttaa ongelmia, tunnistimet sijoitetaan samalla enimmäisetäisyydellä kuin kattospinklereissä ja niiden asennus perustuu valmistajan ohjeisiin. Järjestelmän tulee aktivoitumisensa yhteydessä lähettää hälytys jatkuvasti valvottuun paikkaan sekä katkaista automaattisesti ASRS-robottien toiminta. Kattotason paloilmoitusjärjestelmää ei tarvita, jos varastojärjestelmässä käytetään ainoastaan suljettuja ja palamattomia pakkauksia. (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 19.)

4.3 Rakenteelliset vaatimukset

Kaikki vaakasuuntaiset ASRS-hyllyrakenteet on ankkuroitava huolellisesti dominoefektin estämiseksi. Ankkuroinnissa tulee huomioida hyllyjen kuormat, varastoitujen tavaroiden ja niiden varastolaatikoiden keräämän sprinkleriveden aiheuttama lisäkuorma (katso osio 2.1.2.5 FM Protection for Automatic Storage 8–34), vesillä täytettyjen sprinkleriputkien paino sekä lattiamateriaalin ominaisuudet. Ankkurointiratkaisujen suunnittelussa ja analysoinnissa suositellaan käytettävän pätevää rakennesuunnittelijaa, jotta taataan turvallinen toteutus. (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 16.)

4.4 Suuttimet

Taulukossa 1 on esitettyinä hyväksytyt K-arvot varastosprinklereille FM:n mukaan

Taulukko 1: Hyväksytyt K-arvot (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2-0 2021: 107).

Nimellinen K-kerroin gpm/psi ^{0,5}	Vastaava L/min/bar ^{0,5}	Putkikierte tuumaa (mm)
11,2	160	½ tai ¾ (15 tai 20)
14,0	200	¾ (20)
16,8	240	¾ (20)
19,6	280	1 (25)
22,4	320	1 (25)
25,2	360	1 (25)
28,0	400	1 (25)
33,6	480	1 ¼ (32)

Huomioitavaa on, että K160-suuttimien (K 11,2) ½ ” (15 mm) NPT-kierteiset suuttimet ovat sallittuja ainoastaan retrofit-vaihtoehtona vanhojen K 8,0 (K 115) tai sitä pienempien suuttimien korvaamiseen.

Taulukossa 2 on esitetty esteettömän kattorakenteen määrittely. Taulukossa käy ilmi varastoinnin vaatimukset eri varastointikorkeuksissa ja suutinten suojausalassa.

Taulukko 2: Esteettömän kattorakenteen määrittely (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 121).

Maksimikattokorkeus, (m)	Suojausala	Vaadittu etäisyys kattorakenteista vapaaksi katsottavaksi (m)
9,1 ≥	Standard	3,7
	Extended	4,3
9,1 <	Standard	3,0
	Extended	4,3

Jos taulukon 2 tiedot täyttyvät voidaan käyttää alla esitetyn taulukon 3 suutinjakoja ja k-arvoja (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 122).

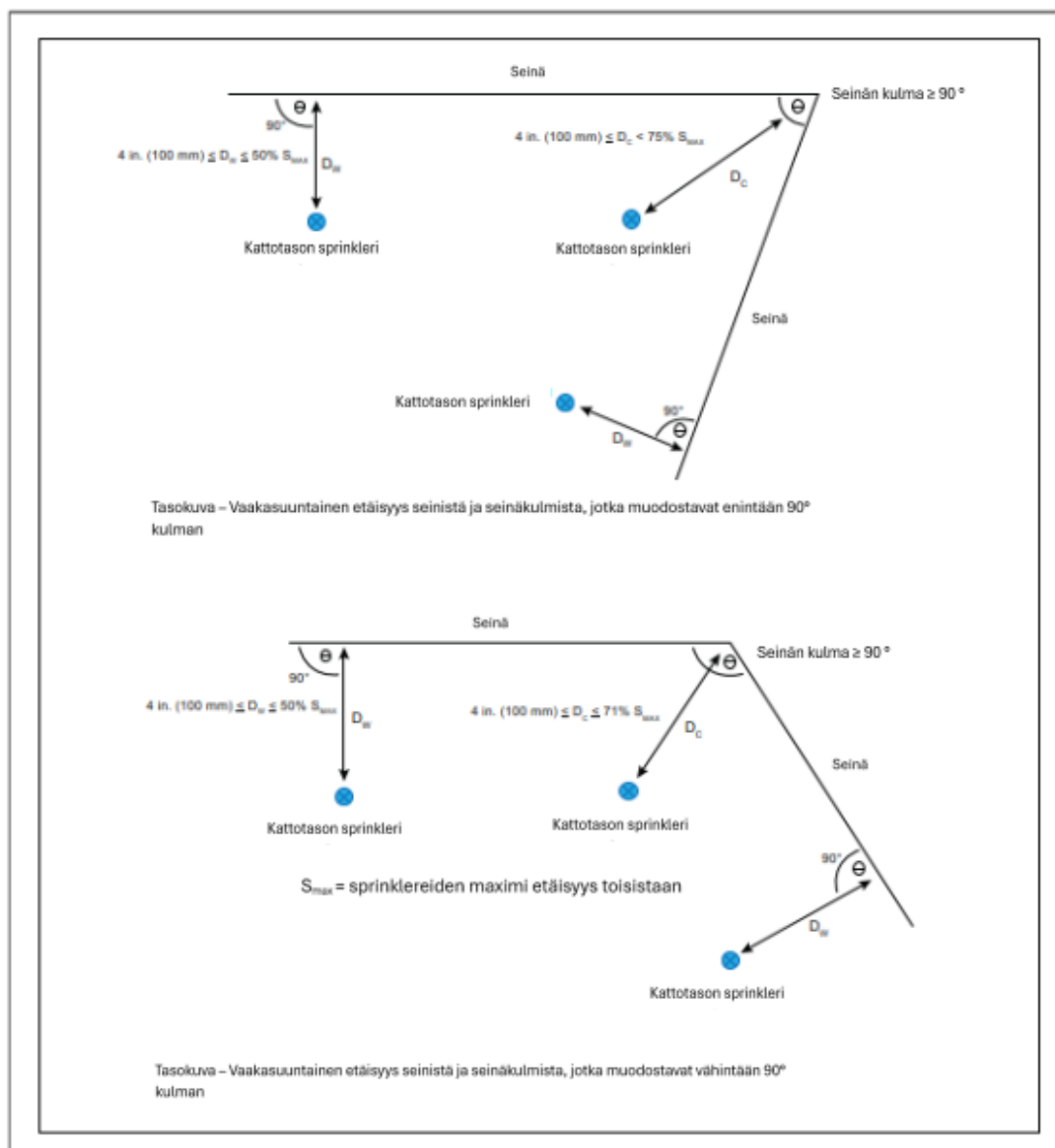
Taulukosta 3 voidaan määrittää varastointikorkeuteen sopivat K-arvot. Kohteen mukaan valitaan, käytetäänkö ylös- vai alaspäin suunnattuja sprinklereitä, sekä määritetään sprinklerien RTI-arvo (vasteaika). Taulukosta saadaan myös sprinklereiden keskinäinen etäisyys sekä niiden kattama suojausala.

Taulukko 3: Määritetään varastointikorkeudelle sopiva K-arvo, sprinklerin suuntaus, vasteaika, sprinklereiden keskinäinen etäisyys ja suojausala (mukailien FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 122).

Katon korkeus, ft (m)	sprinklerin K-arvo	sprinklerin suuntaus	Sprinklerin RTI vasteaika	Sprinklereiden keskinäinen etäisyys ft (m)		Sprinklerin suojausala ft ² (m ²)	
				Min.	Max.	Min.	Max.
30 (9,0) tai alle	11.2 (160), 14,0 (200), 16,8 (240),	alas- tai ylöspäin	Quick or Standard	8 (2.4)	12 (3,7)	64 (6,0)	100 (9,3)

	19,6 (280), 22,4 (320), 25,2 (360), 33,6 (480)						
	25,2EC (360EC)	alas- tai ylöspäin	Quick	10 (3.0)	14 (4,3)	100 (9,3)	196 (18,2)
Yli 30 (9,0)	11,2 (160), 14,0 (200), 16,8 (240), 19,6 (280), 22,4 (320) 25,2 (360) 33,6 (480)	alas- tai ylöspäin	Quick or Standard	8 (2.4)	10 (3,0)	64 (6,0)	100 (9,3)
	25.2EC (360EC)	alas- tai ylöspäin	Quick	10 (3.0)	14 (4,3)	100 (9.3)	196 (18.2)

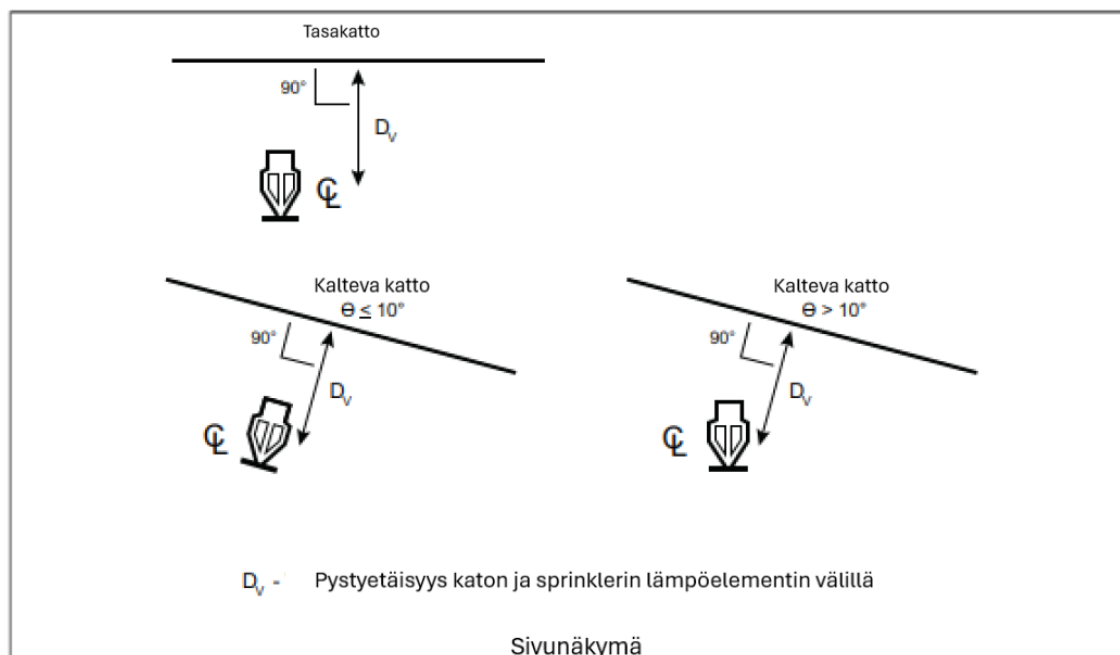
Suuttimien sijainnit suhteessa varaston seiniin ja nurkkiin on suunniteltava kuvan 3 mukaan, kun mietitään horisontaalista etäisyyttä. Kuvassa on esitetty suutinten etäisyyksiä seinistä ja seinien kulmista. Seinän kulman ollessa 90 ° tai alle tulee käyttää kuvan 3 ylempää ratkaisua, kun taas seinäkulman ollessa 90 ° tai enemmän käytetään alempaa kohtaa. (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 123.)



Vaakasuorat etäisyydet seinistä ja seinäkulmista varastosprinklereihin.

Kuva 3. Vaakasuorat etäisyydet seinistä ja seinien kulmista varastosprinklereihin (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 123).

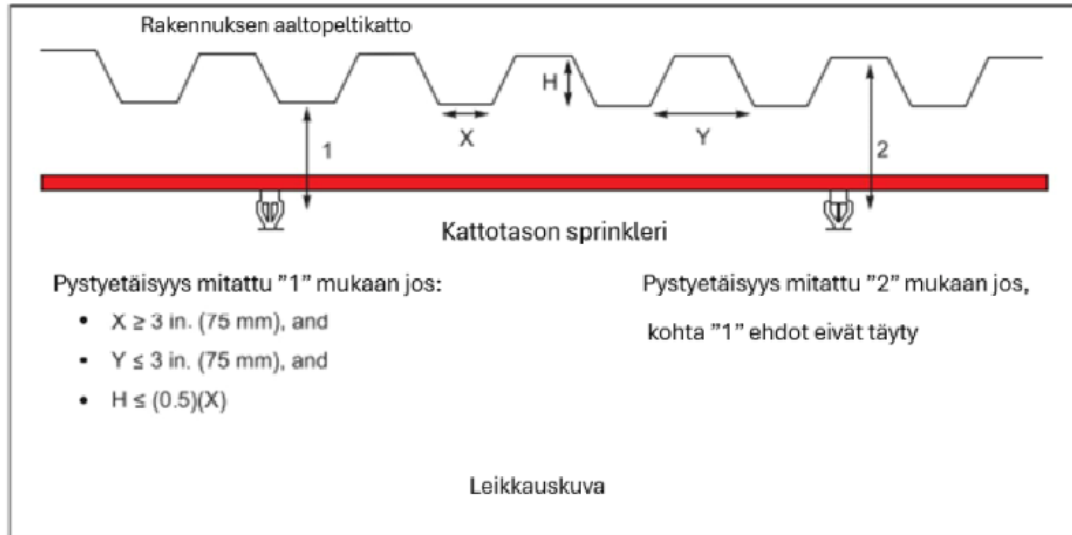
Suittimien vertikaalinen etäisyys katosta mitataan suorakulmassa (90° kulmassa) katon kaadon mukaan. Katon ollessa kalteva tulee mittaus tehdä katon ja suittimen lineaarisen etäisyyden mukaan. Esimerkki on esitetty kuvassa 4.



Kuva 3. Suuttimen pystyettäisyys mitataan 90° kulmassa kattoon nähden. (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0. 2021: 124).

Katon rakenteen muodot vaikuttavat mistä suuttimen ja kattorakenteen etäisyys mitataan. Kohteen katon rakenne tulee selvittää ja on käytettävä kyseiseen ratkaisuun sopivaa mittausmenetelmää. (FM Installation Guidelines for Automatic sprinklers 2–0 2021: 124–127.) Esimerkiksi jos profiilipeltirakenteen syvennyksen (Y) leveys on alle 75 mm ja (X) on yli 75 mm (H) ollessa vähintään puolet (X)

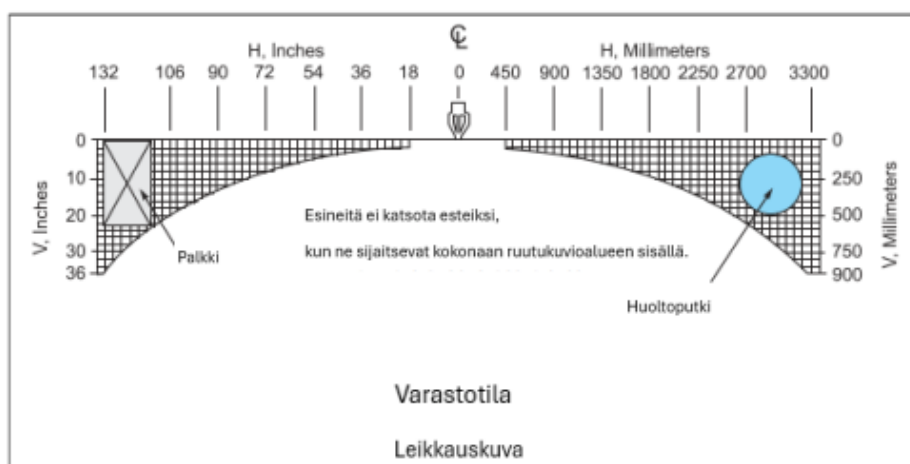
arvosta mitataan suuttimen etäisyys aaltopeltiprofiilin alaosasta. Jos ehdot eivät täyty tulee suuttimen etäisyys mitata syvennyksestä.



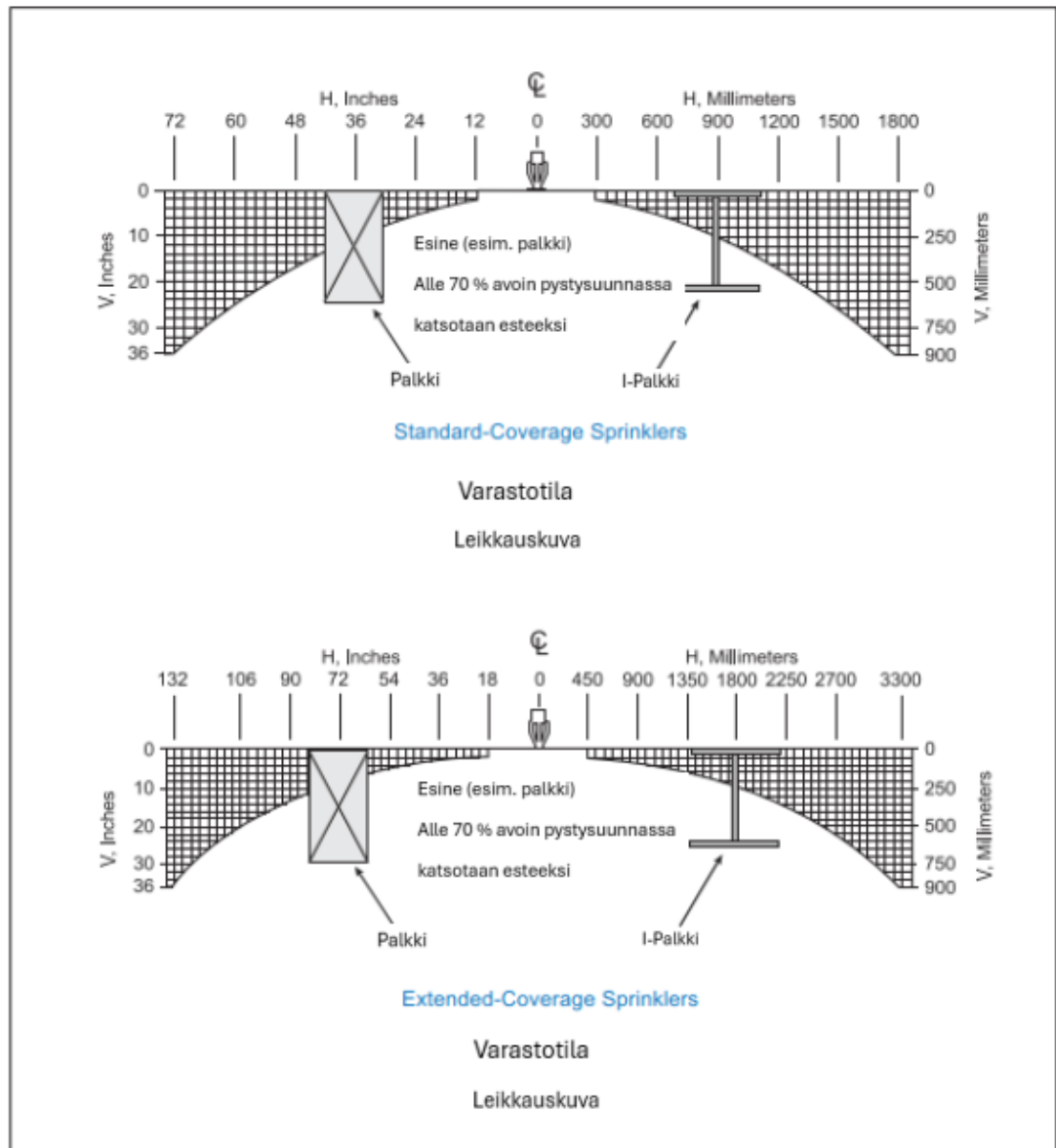
Kuinka mitataan varastosprinklerin lämpöelementin ja aaltopeltikaton alapinnan välinen pystyettäisyys
kuva 2.5.4.3.3.2.

Kuva 4. Varastosprinklerin etäisyyden mittaus katosta, jos rakennuksessa on aaltopeltikatto (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 124–127).

Muu tekniikka, palkit ja pilarit tulee huomioida myös sammutusjärjestelmää suunniteltaessa. Suuttimen veden heittokuvio määrittää sen, muodostuuko tarvetta katvesuojaukselle. Kuvassa 6 ja 7 ruutukuvioalue kuvaa sprinklerin vedenheittokuviota. Kuvassa 6 on havainnollistettu tilannetta, jossa ei synny katvetta, kun taas kuvassa 7 katve on huomioitava.



Kuva 5. Suojattavaa katvetta ei synny (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 133).



Kuva 6. Suojattava katve (FM Installation Guidelines for Automatic Sprinklers 2–0 2021: 134).

5 Vaakasuunnassa lastattava Shuttle-ASRS-varasto

5.1 Varaston kuvaus

Shuttle-tyyppinen ASRS-varastoratkaisu viittaa automaattiseen varastointi- ja keräilyjärjestelmään, jossa materiaalinkäsittely tapahtuu varastointialustojen tai varastointilaatikoiden avulla. Varastoratkaisun hyllyillä käytetään ritilähyllyjä ilman pystysuuntaisia ohjainrakenteita. Tuotteet, laatikot tai alustat lepäävät näiden ritilöiden päällä. Tämän rakenteen etuna on, että se ei luonnostaan ohjaa sammutusvettä pois varastoitujen tuotteiden ympärillä olevista poikittaistiloista, kunhan ritilät eivät itsessään estä veden kulkua. Varastointilaatikon tyypilliset mitat ovat 400 mm x 600 mm x 375 mm, kun taas varastointialustan mitat ovat 400 mm x 600 mm ja alustaa kiertää muutaman senttimetrin korkuinen lippa. (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 117.)



Kuva 7: Sivusta lastattava shuttle-tyyppinen automaattivarasto (ASRS), jossa päältä avonaiset varastointilaatikot (containers) (FM Protection for Automatic Storage and Retrieval Systems 8–34 2017: 14).

5.2 Kattosuojaus

Pelkän kattotasonsuojauksen käyttö on mahdollista tuotteille, joita säilytetään suljetuissa tai päältä avonaisissa, palavissa tai palamattomissa varastointilaatikoissa tai -alustoilla. Tällöin poikittaistilojen nettopinta-alaa mitattaessa on huomioitava hyllyjärjestelmän kaikki veden pääsyä estävät kulma- ja ohjauslaitteet tai -komponentit. Jos hyllyjen vaakasuuntainen väli on 0,6 metriä, eli hyllyt ovat 0,6 metrin päässä toisistaan, tarvitaan vähintään 50 millimetriä tilaa varastointilaatikoiden tai -alustojen välissä, kun taas hyllyjen ollessa 1,2 metrin etäisyydellä vaadittu tila on 75 millimetriä ja 3 metrin etäisyydellä 15 millimetriä. (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 16–17.)

Korkeintaan 9,1 metriä korkeassa shuttle-tyyppisessä ASRS-varastossa päältä suljetut palavat tai palamattomat varastolaatikat, jotka sisältävät luokkien 1–4 materiaaleja tai pakattuja ja pakkaamattomia laajenemattomia muoveja, on sijoitettava vähintään 1,1 metriä leveille käytäville. Jos taas varastoitavat tuotteet ovat pakkaamattomia laajenevia muoveja tai katon korkeus ylittää 9,1 metriä, käytävien on oltava vähintään 1,2 metriä leveitä. (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 20.)

Kattotason suojausjärjestelmä valitaan suojaustaulujen 4–13 ohjeiden perusteella, jotka löytyvät standardista FM Protection for Automatic Storage 8–34, sivuilta 22–31. Niissä on määritelty suositellut sprinklerijärjestelmien ratkaisut erilaisille varastointijärjestelyille ja palovaaraluokille. Näiden taulukoiden avulla voidaan valita järjestelmä, joka ottaa huomioon niin varaston korkeuden kuin varastoitavan tuotteen ominaisuudetkin. Vedensyöttöjärjestelmän on puolestaan täytettävä valitun sprinkleriratkaisun virtaus- ja painevaatimukset, jotta sammutuslaitteisto toimii tarkoituksenmukaisesti ja rajoittaa paloa tehokkaasti. Vedenpaine mitoitetaan järjestelmän suunnitteluvaiheessa ja sen tulee täyttää ohjeen, että kohteen erityisvaatimukset.

Mikäli ainoastaan kattotason suojausratkaisu hyväksytään voi tämän työn taulukosta 5 valita käytettävän suojaustaulun. Taulukko 5 löytyy myös FM-ohjeen

Protection for Automatic Storage 8–34 sivulta 21, joka ohjeistaa mitä FM ohjeen taulukkoa käytetään kyseisessä kohteessa. Suunnittelussa on huomioitava varastoitavan tavaran palovaaraluokka, tuotteiden käsittelytapa, kuten varastointi alusta (laatikko tai tarjotin), sekä valittu sprinklerijärjestelmän tyyppi (märkä- tai kuivajärjestelmä). Käytännön esimerkkinä selluloosapohjaisten aineiden varastointi puu- tai FM-hyväksytyille lavoille pahvipakkauksissa, jolloin märkäjärjestelmään sovelletaan FM-ohjeen Protection for Automatic Storage 8–34 taulukkoa 4 sivulta 22. Kyseinen taulukko esitetty myös tämän työn kuvassa 9.

Taulukko 3: Taulukossa määritellään varastointiratkaisuille ja tavaraluokille sovellettava sprinklerijärjestelmä ja mitä suojaustaulua käytetään (mukaillen FM DS Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 21).

materiaalikäsittelymenetelmä	Tavaraluokitus (avonaisia laatikoita ei sallita)	Kattotason sprinklerijärjestelmä	Käytettävä suojaustaulu	
Suoraan tukikoilla	luokka 1- 3	märkä	4	
		kuiva	5	
	luokka 4 ja pakatut laajenemattomat muovit	märkä	6	
		kuiva	7	
	Pakatut laajennetut muovit	märkä	8	
		kuiva	9	
	Pakkaamattomat laajennemattomat muovit	märkä	10	
		kuiva	11	
	Pakkaamattomat laajennetetut muovit	märkä	12	
		kuiva	13	
	Alustoilla	luokat 1–4, Pakatut muovit ja pakkaamattomat laajennemattomat muovit	märkä	10
			kuiva	11
		märkä	12	

	Pakkaamattomat laajennetut muovit	kuiva	13
--	-----------------------------------	-------	----

Seuraavaksi esitellään, miten FM ohjeen Protection for Automatic Storage 8–34 sivulla 22 olevaa taulukkoa 4 luetaan. Tässä työssä kyseinen taulukko esitetty havainnollistavana kuvana 8. Taulukko käsittelee kattotason suojausohjetta märkäjärjestelmälle, kun 1, 2 ja 3-luokan tuotteet varastoidaan suoraan Shuttle-tyyppisen ASRS-järjestelmän tukikiskoilla.

1. Taulukon rakenne

- i. Vasen sarake, ”max. Ceiling Height”: kuvaa rakennuksen enimmäiskorkeutta (jalat/metrit). Taulukon riveillä on erikorkeusarvoja esimerkiksi 10 ft (3,0 m), 20 ft (6,1 m). Valitse se rivi, joka vastaa suunniteltavan varaston kattokorkeutta.
- ii. Yläriivi, sprinklerin tiedot: taulukko jakautuu kahteen pääosioon:
 1. Wet System, 16 °F (70 °C) Nominally Rated, Pendent Sprinklers (alaspäin suunnattu eli pendent-tyyppinen suutin).
 2. Wet System, 16 °F (70 °C) Nominally Rated, Upright Sprinklers (ylöspäin suunnattu eli upright-tyyppinen suutin).

Kummassakin ryhmässä on vielä jaoteltu Quick-Responsive ja Standard-Responsive-suuttimille omat sarakkeet, sekä eri k-arvoille esimerkiksi K11.2 (K160), K14.0 (K200), K16.8 (K240) jne. Esimerkkinä K-arvo K160 on sprinklerisuuttimen arvo, joka määrittää veden virtauksen suhteessa paineeseen.

2. Solujen merkinnät (esim. ”9 @ 7 (0,5)” tai ”12 @ 10 (0,7)”):

- i. Ensimmäinen luku esimerkiksi 9 tai 12 kertoo, montako kattosuutinta (AS = ”Active Sprinklers”) on samanaikaisesti mukana mitoituksessa eli montako tulee ottaa hydrauliseen laskentaan mukaan.

- ii. Toinen luku ” @ 7 (0,5)” tarkoittaa minimipainetta (7 psi / 0,5 bar) kunkin suuttimen kohdalla. Toisin sanoen järjestelmä on mitoitettava siten, että kaukaisimman eli epäedullisimman sprinklerin kohdalla on vähintään tuo mainittu paine.
 - iii. Yhdessä esimerkiksi ”9 @ 7 (0,5) tarkoittaa, että valitset hydraulisessa laskennassa 9 hydraulisesti kaukaisinta suutinta, joilla paineen tulee olla vähintään 7 psi (0,5 bar).
3. Quick-Responsive (QR) tai Standard-Responsive (STD) -suuttimet:
 - i. Quick-Responsive-suuttimet reagoivat paloon hieman nopeammin (matalampi RTi-arvo eli Response).
 - ii. Näissä taulukoissa mitoituspainetta ja toimivien sprinklerien määrä (No. of AS) on usein korotettu tai alennettu riippuen suuttimen vasteajasta.
4. Värikoodaus (vihreät solut)
 - i. Taulukoissa vihreällä korostetut kattosuojausvaihtoehdot tarkoittavat, että sammutusletkuston (hose stream) vedenkulutusvaatimus on 250 gpm (eli 950 l/min) ja sammutusjärjestelmän on kyettävä ylläpitämään tämä virtaus vähintään yhden tunnin ajan (FM Protection for Automatic Storage 8–34. 2017, 21).
5. Alareunan huomautukset (footnotes)
 - i. Esimerkiksi ”Minimum 6 ft (1,8 m) wide aisles needed” tarkoittaa, että valittu rivi on pätevä vain, jos käytävän leveys on vähintään 1,8 metriä.
 - ii. ” Maximum vertical distance of sprinkler’s thermal element below ceiling is 13 in. (325 mm)” viittaa siihen, kuinka kauas katosta sprinklerin lasiampulli saa enintään jäädä, jotta vesijakauma ja aktivoituminen toimivat oikein.
6. Miten taulukkoa käytetään käytännössä
 - i. Määritä varaston kattokorkeus ja lue taulukon vasemman laidan rivi, joka kattaa kyseisen korkeuden.
 - ii. Valitse sprinklerityyppi: haluatko asentaa alaspäin- (pendent) vai ylöspäin- (upright) -suuttimia, QR- vai STD-tyyppiä, ja minkä K-arvon.

- iii. Katso sarakkeesta vastaavan K-arvoon liittyvä "X @ Y (Z)" merkintä. Tämä on suuttimien lukumäärä (X) sekä minimipaine (Y psi / Z bar)
- iv. Huomioi mahdolliset lisäehdot esimerkiksi käytävän leveys, sprinklerin enimmäisetäisyys katosta, yms.).
- v. Toteuta hydraulinen laskenta niin, että taulukossa mainitulla määrällä hydraulisesti kaukaisimmilla suuttimilla on taulukossa esitetty minimipaine.

Taulukko käsittelee pelkästään kattospinklereitä (ceiling-level) märkäjärjestelmässä (wet system). FM Protection for Automatic Storage 8–34 ohjeessa esitellään jokaisen märkäjärjestelmän taulukon jälkeen vastaava taulukko kuivajärjestelmälle.

Table 4. Ceiling-Level Protection Guidelines on a Wet System for Class 1, 2, and 3 Commodities Stored Directly on the Supporting Rails of a Shuttle ASRS; No. of AS @ psi (bar)

Max. Ceiling Height, ft (m)	Wet System, 160°F (70°C) Nominally Rated, Pendent Sprinklers										Wet System, 160°F (70°C) Nominally Rated, Upright Sprinklers								
	Quick-Response					Standard-Response					Quick-Response			Standard-Response					
	K11.2 (K160)	K14.0 (K200)	K16.8 (K240)	K22.4 (K320)	K25.2 (K360)	K25.2EC (K360EC)	K28.0 (K400)	K33.6 (K480)	K11.2 (K160)	K14.0 (K200)	K19.6 (K280)	K25.2 (K360)	K11.2 (K160)	K14.0 (K200)	K16.8 (K240)	K25.2EC (K360EC)	K11.2 (K160)	K16.8 (K240)	K25.2 (K360)
10 (3.0)	12 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)	9 @ 20 (1.4)	9 @ 20 (1.4)	6 @ 20 (1.4)	9 @ 40 (2.8)	9 @ 55 (3.8)	12 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)	9 @ 16 (1.1)	9 @ 7 (0.5)	12 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)	6 @ 20 (1.4)	12 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)	9 @ 7 (0.5)
20 (6.1)	12 @ 10 (0.7)	12 @ 7 (0.5)	12 @ 13 (0.9)	9 @ 20 (1.4)	9 @ 20 (1.4)	6 @ 20 (1.4)	9 @ 40 (2.8)	9 @ 55 (3.8)	12 @ 10 (0.7)	12 @ 7 (0.5)	9 @ 16 (1.1)	9 @ 10 (0.7)	12 @ 10 (0.7)	12 @ 7 (0.5)	12 @ 7 (0.5)	6 @ 20 (1.4)	12 @ 10 (0.7)	12 @ 7 (0.5)	12 @ 7 (0.5)
25 (7.6)	15 @ 11 (1.1)	12 @ 11 (1.1)	12 @ 11 (0.8)	9 @ 20 (1.4)	9 @ 20 (1.4)	6 @ 22 (1.5)	9 @ 40 (2.8)	9 @ 55 (3.8)	15 @ 16 (1.1)	15 @ 10 (0.7)	9 @ 16 (1.1)	9 @ 10 (0.7)	15 @ 16 (1.1)	12 @ 11 (1.1)	12 @ 11 (0.8)	6 @ 22 (1.5)	15 @ 16 (1.1)	15 @ 7 (0.5)	10 @ 20 (1.4)
30 (9.1)	18 @ 35 (3.5)	12 @ 35 (3.5)	12 @ 35 (2.4)	9 @ 20 (1.4)	9 @ 20 (1.4)	6 @ 30 (2.1)	9 @ 40 (2.8)	9 @ 55 (3.8)	18 @ 32 (3.5)	18 @ 16 (2.2)	9 @ 16 (1.1)	9 @ 10 (0.7)	18 @ 35 (3.5)	12 @ 35 (3.5)	12 @ 35 (2.4)	6 @ 30 (2.1)	18 @ 35 (3.5)	18 @ 22 (1.5)	12 @ 20 (1.4)
35 (10.7)		12 @ 75 (5.2)	12 @ 52 (3.6)	12 @ 29 (2.0)	12 @ 23 (1.6)	6 @ 40 (4.1)	9 @ 40 (2.8)	9 @ 55 (3.8)			15 @ 25 (1.7)	9 @ 30 (2.1)				8 @ 40 (2.8)			
40 (12.2)		12 @ 75 (5.2)	12 @ 52 (3.6)	9 @ 50 (3.5)	9 @ 40 (2.8)		9 @ 40 (2.8)	9 @ 55 (3.8)				9 @ 30 (2.1)							
50 (15.2)				10 @ 63 (4.3) ^{a,c}	10 @ 50 (3.5) ^{a,c}		10 @ 40 (2.8) ^{a,c}	9 @ 55 (3.8) ^a											
55 (16.8)							9 @ 80 (5.5) ^{a,c}	9 @ 55 (3.8) ^a											

^a Minimum 6 ft (1.8 m) wide aisles needed

^b Minimum 8 ft (2.4 m) wide aisles needed

^c Maximum vertical distance of sprinkler's thermal element below ceiling is 13 in. (325 mm)

Kuva 8. Kattotason suojaus luokan 1–3 tuotteille, jotka säilytetty suoraan tukikiskoilla (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 22).

Päältä avonaiset palavat varastointilaatikat shuttle-tyyppisessä ASRS-varastojärjestelmässä, joissa varastoidaan luokan 1–4 pakatut tai pakkaamattomat muovit tulee varaston korkeuden rajoittua kolmeen metriin tai jos kyseessä

märkäjärjestelmä voi varastointi korkeutta nostaa 6,1 metriin kun käytetään FM-ohjeen *Protection for Automatic Storage 8–34* sivulta 49 löytyvästä taulukosta 20 (Table 20) määritellyillä ehdoilla alaspäin suunnattuja nopeasti reagoivia suuttimia. Oikea suojaustaulu valitaan tämän työn taulukon 4 avulla. Sarake ”Käytettävä suojaustaulu” kertoo, käytetäänkö FM-ohjeen taulukkoa 20 vai 21.

Taulukko 4: Taulukko määrittää mitä suojaustaulua käytetään suojatessa pelkästään kattosprinklereillä, jos kyseessä päältä avonaiset varastointilaatikat (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2024: 48).

Tavara luokitus	Kattosprinklerijärjestelmä	Käytettävä suojaustaulu
Luokat 1–4, pakatut tai pakkaamattomat muovit	Märkä	20
	Kuiva	21

Suojaustauluja 20 ja 21 luetaan vastaavalla tavalla, kuin on esitelty päältä suljettujen varastointilaatikoiden kohdalla. Taulukot ovat luettavissa FM-ohjeen *Protection for Automatic Storage 8–34* sivulta 49 märkäjärjestelmän taulukko, jossa esitelty suurin varastointikorkeus, suuttimen k-arvot esimerkiksi, K240 ja sitä vastaava hydrauliseen laskentaan mukaan otettavien suutinten määrä ja vaadittu minimi paine (12 suutinta @ 1,2 bar paine). Vihreällä korostettujen solujen kohdalla sammutusletkun virtausvaatimukset ovat 950 l/min ja sprinklerijärjestelmän vaadittu toiminta-aika on yksi tunti. Sivulla 50 on esitetty kuivajärjestelmälle soveltuva suojaustaulu 21. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 48.)

5.3 Hyllysuojaus

Jos hyllyjärjestelmässä tarvitaan hyllysprinklereitä, käytetään FM-hyväsytyttä, nopean vasteen (quick responsive) 70 °C (ympäroivän lämpötilan mukaan) nimellisarvoisia varasto sprinklereitä, joiden K-arvo täyttää kyseisen vaakasuuntaisen ASRS-järjestelmän hyllysprinklerisuojausten vaatimukset. Suuttimia löytyy ylös- ja alaspäin asennettavia. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 18.)

Jos pelkkä kattosuojaus ei riitä eli luvun 5.1 ehdot eivät täyty, täytyy kohteeseen suunnitella myös hyllysuojaus. Silloin kohteessa käytetään hyllysprinklereitä (In-Rack Automatic Sprinkler eli IRAS). Hyllysuuttimilla on oma mitoitus ja sijoittelu, jotka esitellään tämän työn luvuissa 5.3.1 ja 5.3.2.

Hyllysuuttimia suunnitellessa on olennaista tehdä yhteistyötä sprinklerisuunnittelun ja hyllytoimittajan suunnittelun välillä soveltuvan suojausratkaisun löytämiseksi (Käyhkö 2025).

5.3.1 Hyllysuutinsijoitus vaakatasossa

Kun kyseessä on suljettu palava tai palamaton varastointialaattikko tai säilöminen varastointialustoilla voidaan käyttää vaakatason (horizontal) sprinklereille alla esitettyä kuvaa 9. Kuvassa 9 on "Table 14", joka on otettu *FM Protection for Automatic Storage 8-34* sivulta 31. Taulukko ohjeistaa hyllysprinklereiden (IRAS) vaakasuuntaista sijoitusta (Horizontal In-Rack Sprinkler Arrangements) silloin, kun varastoitava tavara on palavaa ja suljetussa varastointialaattikoissa (closed-top combustible container) tai kun se on varastoitu varastointialustoilla (storage on trays). Taulukko jakautuu useaan sarakkeeseen, joista jokainen määrittelee tietyt ehdot tai arvot varaston ja sprinklerijärjestelmän ominaisuuksille.

- *Rack Row Depth, ft (m)*: kuvaa yhden hyllyrivin syvyyttä. Esimerkiksi "Up to 3 (0,9)" tarkoittaa, että hyllyn syvyys on korkeintaan 0,9 metriä.
- *Overall Maximum Rack Depth, ft (m)*: Ilmoittaa kokonaisrivin syvyyden, jos useita hyllyrivejä on vierekkäin tai jos käsitellään suurempaa rakenteellista kokonaisuutta.

- *Adequate Transverse Flue Spaces Provided per section 2.2.1.4?* Kysyy, onko varastoon jätetty riittävät vaakasuuntaiset aukot (flue spaces) hyllyjen väliin. Näiden aukkojen riittävyys perustuu ohjeeseen 2.2.1.4 Sarakkeessa lukee "Yes" tai "No" sen mukaan, täyttyykö ohjeistus.
- *IRAS System Type:* Kertoo, onko kyseessä märkä (Wet) vai kuiva (Dry) hyllysprinklerijärjestelmä.
- *Commodity Hazards:* Kuvaa, millainen palokuorma tai tuoteluokitus hyllyssä on (esimerkiksi "Any" tai "Up to Cartoned Plastics"). Tällä varmistetaan, että järjestelmä soveltuu oikealle tavaraluokalle.
- *Ceiling Height, ft (m):* Ilmoittaa, millaiselle kattokorkeudelle kulloinkin ratkaisu on sovellettu. Voidaan esimerkiksi erotella enintään 9,1 metrin korkuiset tilat ja yli 9,1 metrin korkuiset tilat.
- *Aisle Width, ft (m):* Määrittää käytävän leveyden, jonka on täyttyvä, jotta kyseinen ratkaisu olisi toimiva. Merkintä " $\geq 3,5$ (1,1)" tarkoittaa esimerkiksi sitä, että käytävän on oltava vähintään 1,1 metriä leveä.
- *Applicable Horizontal IRAS Arrangement Figures:* Viimeinen sarake viittaa *FM DS 8-34 Protection for Automati Storage* sivuihin 32–35, jotka näyttävät tarkemmin, miten suuttimet on asennettava eri hyllysyvyys ratkaisuihin.

Table 14. Recommended Horizontal In-Rack Sprinkler (i.e., IRAS) Arrangements for Closed-Top Combustible Containers, or Storage on Trays

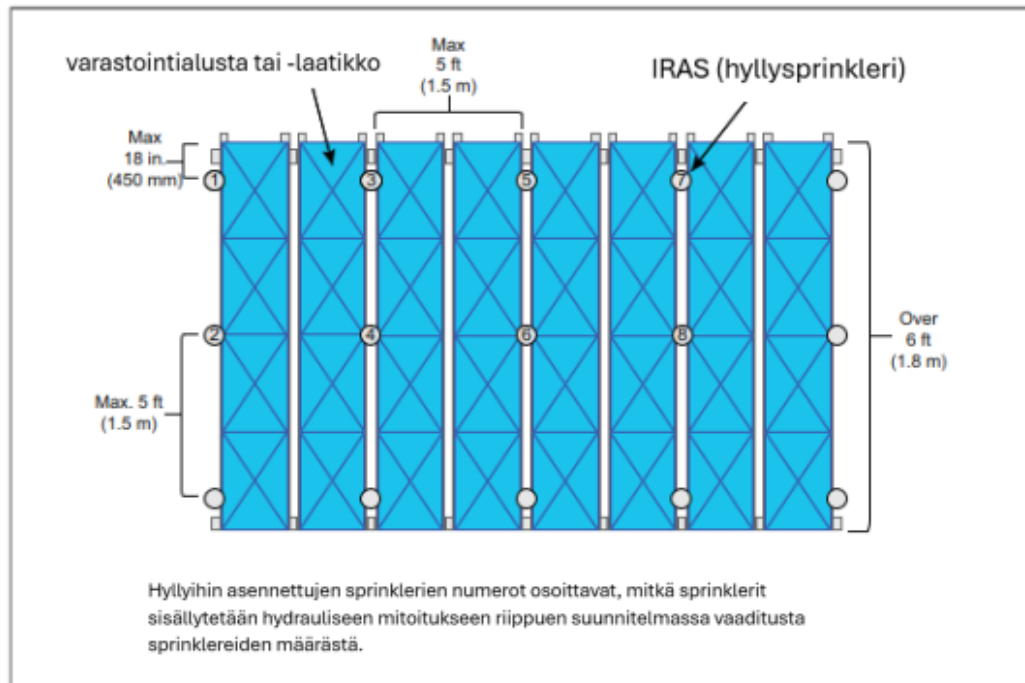
Rack Row Depth, ft (m)	Overall Maximum Rack Depth, ft (m)	Adequate Transverse Flue Spaces Provided per Section 2.2.1.4?	IRAS System Type	Commodity Hazards	Ceiling Height, ft (m)	Aisle Width, ft (m)	Applicable Horizontal IRAS Arrangement Figures	
Up to 3 (0.9)	3 (0.9)	No	Wet or Dry	Any	Any	Any	4	
		Yes	Wet or Dry	Any	Any	Any	4 or 5	
Up to 6 (1.8)	6 (1.8)	No	Wet or Dry	Any	Any	Any	6	
		Yes	Wet or Dry	Any	≤ 30 (9.1)	< 3.5 (1.1)	6 or 7	
				Up to Cartoned Plastics	> 30 (9.1)	< 4 (1.2)	6 or 7	
				Any	≤ 30 (9.1)	≥ 3.5 (1.1)	6, 7 or 8	
				Up to Cartoned Plastics	> 30 (9.1)	≥ 4 (1.2)	6, 7 or 8	
		Uncartoned Plastics	> 30 (9.1)	Any	6 or 7			
	9 (2.7)	No	Wet or Dry	Any	Any	Any	Any	9
		> 30 (9.1)	< 4 (1.2)	9 or 10				
		Uncartoned Plastics	Any	Any	9 or 10			
Dry	Any		Any	Any	Any	9 or 10		
14 (4.3)	No	Wet or Dry	Any	Any	Any	Any	9	
	Yes	Wet or Dry	Any	Any	Any	Any	9 or 10	
Over 6 (1.8)	Over 6 (1.8)	No	Wet or Dry	Any	Any	Any	12 with Vertical Barriers	
		Yes	Wet or Dry	Any	Any	Any	13	

Kuva 9. Vaakasuuntainen hyllysprinklereiden sijoittelu erilaisissa varastointiratkaisuissa ja tavaraluokituksissa, kun kyseessä suljetut palavat varastointilaatikot tai -alustat (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 31).

FM Protection for Automatic Storage 8–34 ohjeesta löytyy havainnollistavia kuvia suutin sijoittelusta erilaisissa hyllyratkaisussa FM ohjeen Protection for Automatic Storage 8–34 sivuilla 32–35. Vastaavasti jos kohteessa varastoidaan päältä avonaisissa varastointilaatikoissa, täytyy käyttää FM-ohjeen Protection for Automatic Storage 8–34 sivulta 50 löytyvää talukkoa (Table 22), jossa määritellään mitä ohjeistavaa suutinsijoitus kuvaa käytetään kyseisessä varastointiratkaisussa.

Alla estettynä havainnollistava kuva (kuva 10) suutinsijoittelusta päältä suljettujen varastointilaatikoiden kohdalla. Hyllysuuttimien numeroilla osoitetaan, mitkä sprinklerit tulee sisällyttää hydrauliseen laskentaan, kun otetaan huomioon

tarvittavien hyllysuuttimien kokonaismäärä, jossa hyllyrivin syvyys ylittää 1,8 metriä ja vaakasuuntainen etäisyys on enintään 1,5 metriä.



Vaakasuuntainen IRAS-järjestely suljetuilla palavilla varastointilaatikoissa tai -alustoilla shuttle-tyyppisessä ASRS-järjestelmässä, kun hyllyrivin syvyys ylittää 1,8 m FM-ohjeen Protection for Automatic Storage 8–34 sivun 31 table 14 mukaan ja suurin sallittu vaakasuuntainen väli on 1,5 m

Kuva 10. Kuvassa FM-ohjeen Protection for Automatic Storage 8–34 sivulta 35 figure 13, jossa käsitellään suutinsijoittelua tietyssä varastointi järjestelyssä.

5.3.2 Hyllysuutinsuutinten pystysijainti

Hyllysprinklereiden pystysuuntainen (vertical) sijainti riippuu siitä, onko pystysuuntaisia esteitä (vertical barriers) tarpeen asentaa ja miten suuttimet on sijoitettu vaakatasossa. Jos esimerkiksi on käytetty vaakatason (horizontal) suutinten sijoitteluun tästä työstä löytyvää kuvaa 12, tulee käyttää taulukkoa 15 FM-ohjeen 8–34 Protection for Automatic Storage sivulta 42 löytyvää table 15 määrittämään suutinten pystysuuntainen maksimi väli. Jos ohjeen FM Protection for

Automatic Storage 8–34 kohdan 2.2.1.4 (esitetty myös tässä työssä luvussa 5.1) mukaiset aukot (flue spaces) täyttävät vaatimukset, esteitä ei tarvita ja järjestelmä valitaan ohjeesta *Table 15* (märkä) tai *Table 16* (kuiva), kun kyseessä on päältä suljetut varastointilaatikot. Päältä avonaisten varastointilaatikoiden kohdalla valitaan *FM Protection for Automatic Storage 8–34 taulukosta 23* vastaamaan vaakatason suutinsijoittelua. Jos aukot eivät riitä, esteet on asennettava ja kaikki niiden väliin jäävät hyllysuuttimet sisällytetään hydrauliseen laskentaan. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 36–43.)

Table 15 (märkäjärjestelmä) sisältää vihreitä kenttiä, joissa hylly- ja kattosprinklereitä ei tarvitse tasapainottaa (havainnollistava kuva 13). Näissä tapauksissa ylin hyllysprinkleritaso toimii virtuaalisena lattiana, jolloin kattokorkeudeksi määritetään etäisyys ylimmän tason hyllysuuttimista todelliseen kattoon. Tämän toteuttamiseksi käytävien on oltava riittävän leveitä. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 36–43.) Tämän työn luvussa 5.1 on käyty läpi riittävät käytävä leveydet.

Table 16 (kuivajärjestelmä) on tarkoitettu ympäristöihin, joissa lämpötilaolosuhteet tai riskit edellyttävät kuivasprinklereiden käyttöä. Kummassakin taulukossa on varmistettava vähintään 7 psi (0,5 bar) paine hydraulisesti epäedullisimmissa suuttimissa. Esimerkkinä luokan 3-tavarán suojauksessa voidaan *Table 15* perusteella valita 9 IRAS @ 115 l/min. Tämä ratkaisu vaatii tasapainotuksen kattosprinklereiden kanssa. Jos valitaan 9 IRAS @ 250 l/min tasapainotusta ei tarvita. (FM Protection for Automatic Storage 2017: 36-43.)

Table 15. Wet, In-Rack Sprinkler System Designs for the Protection of Closed-Top, Combustible Containers Stored in a Shuttle ASRS

Recommended Horizontal IRAS Arrangement per Table 14	Maximum Commodity Hazard	Max. Vertical Distance Between IRAS, ft (m)	Max. Ceiling Height, ft (m)	Min. IRAS Flow Design, gpm (L/min)*	Min. IRAS K-factor	No. of IRAS in Design	Hydraulically Balance IRAS System with Ceiling System?
Figure 4	Class 3	10 (3.0)**	DNA	30 (115)	5.6 (80)	6 if one IRAS level or 10 (5 on top 2 levels)	Yes
				65 (250)	14.0 (200) Pendent	5 on top IRAS level	No
	Cartoned Unexpanded Plastics	10 (3.0)**	DNA	30 (115)	5.6 (80)	8 if one IRAS level or 14 (7 on top 2 levels)	Yes
				65 (250)	14.0 (200) Pendent	5 on top IRAS level	No
	Cartoned Expanded Plastics	10 (3.0)**	DNA	30 (115)	5.6 (80)	8 if one IRAS level or 14 (7 on top 2 levels)	Yes
				100 (380)	14.0 (200) Pendent	5 on top IRAS level	No
	Uncartoned Unexpanded Plastics	10 (3.0)**	DNA	30 (115)	5.6 (80)	8 if one IRAS level or 14 (7 on top 2 levels)	Yes
				120 (455)	22.4 (320) Pendent	5 on top IRAS level	No
	Uncartoned Expanded Plastics	10 (3.0)**	DNA	30 (115)	5.6 (80)	8 if one IRAS level or 14 (7 on top 2 levels)	Yes
				120 (455)	22.4 (320) Pendent	5 & 2 on top IRAS level***	No

Kuva 11. Kuvassa "Table 15 märkärjestelmän hyllysprinklerisuunnitelmat suljettujen, palavien varastointilaatikoiden suojaamiseksi shuttle-tyyppisessä ASRS-varastossa" (FM Protection for Automatic Storage 8–34 2017: 37).

6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin sprinklerisuojausten suunnitteluperiaatteita shuttle-tyyppisissä ASRS-varastoissa, joissa varastoidaan päältä avonaisissa tai suljetuissa varastointilaatikoissa FM Globalin -ohjeiden mukaisesti. Työn tavoitteena oli tuottaa suunnittelua tukeva ohjeistus, joka helpottaa sprinklerijärjestelmien suunnittelua FM Globalin -ohjeiden mukaan. Työssä perehdyttiin katosuojausratkaisuihin sekä hyllysprinklerivaatimukseen erityisesti luokkien 1–4-tuotteille sekä pakatuille ja pakkaamattomille muoveille.

Opinnäytetyössä laadittu ja opinnäytetyöraporttiin sisältyvä ohjeistus tukee sprinklerisuunnittelijoita automaattivarastojen suojaamisessa. Ohjeissa käydään läpi sekä suutinten sijoittelu että mitoitus FM:n englanninkielisten ohjeiden pohjalta. Tämä ohjeistus auttaa ammattilaisia tekemään teknisesti, taloudellisesti ja turvallisesti optimaaliset ratkaisut.

Jatkokehitystä varten työ tarjoaa perustan ohjeistuksen laajentamiselle myös muihin varastointiratkaisuihin, kuten päältä kerääviin ja Mini-load ASRS-järjestelmiin. Lisäksi tulevilla ohjeistuksen versioilla voitaisiin hyödyntää 3D-mallinusta ja palosimulointeja suuttimien sijoittelun optimoinnissa sekä erilaisten palotilanteiden havainnollistamisessa.

Lähteet

FM Global Property Loss Prevention Data Sheets. 2-0. Installation Guidelines for Automatic Sprinklers. 2021. FM Global.

FM-Global Property Loss Prevention Data Sheets. 8-1. Commodity Classification. 2014. FM Global.

FM-Global Property Loss Prevention Data Sheets. 8-9. storage of class 1,2,3,4 and Plastic Commodities. 2010. FM Global.

FM-Global Property Loss Prevention Data Sheets. 8-34. Protection for Automatic Storage and Retrieval System. 2017. FM Global.

FM approved sprinklers. 2024. Verkkoaineisto. FM Approvals. <<https://www.fmaprovals.com/Certification-Services/Certification-Benefits/fm-approved-sprinklers>>. 8.9.2024. Luettu 11.2.2025.

Käyhkö, Tomi. 2025. Ryhmäpäällikkö, Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu. 9.4.2025.

Sammutuslaitteistot. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/pelastustoimen-laitteet/sammutuslaitteistot>>. Luettu 16.03.2025.

SFS-EN 12845;2015 + A1:2019. Kiinteät palonsammutusjärjestelmät. Automaattiset sprinklerilaitteistot. Suunnittelu, asennus ja huolto. Suomen Standardoimisliitto.

Sprinklerilaitteistot. 2010. RT 63-10990. Rakennustieto.

VdS-certified sprinkler protection concept. Verkkoaineisto. VdS Schadenverhütung GmbH. <<https://vds.de/en/certification/inspection-service/information-innovation/information-innovation/sprinkler-protection-concept>>. Luettu 23.02.25