



طراحی سیستم اسپرینکلر در انبارها

بخش اول:

طبقه‌بندی خطر کالاها

پوریا واحدی - زمستان ۱۴۰۰

منبع: کتاب طراحی و نصب سیستم‌های اسپرینکلر / پوریا واحدی

اخطار: هرگونه برداشت و کپی‌برداری از مطالب ممنوع است



روش‌های تعیین طبقه‌بندی خطر



۱- طبقه‌بندی خطر تصرف‌ها (Occupancy)

طبقه‌بندی خطر با توجه به نوع کاربری

- تصرف‌های کم‌خطر (LH)
- تصرف‌های خطر معمولی (OH)
- تصرف‌های پرخطر (EH)



۲- طبقه‌بندی خطر کالاها (Commodity)

طبقه‌بندی خطر بر اساس نوع کالا، بسته‌بندی،
طرز چینش مواد (برای انبارها)

- | | |
|-------------------|-------------|
| Plastic Group C • | Class I • |
| Plastic Group B • | Class II • |
| Plastic Group A • | Class III • |
| | Class IV • |



استانداردهای دیگر مرتبط

NFPA 30	Flammable and Combustible Liquids Code	مایعات قابل اشتعال و احتراق
NFPA 30B	Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products	محصولات ائروسول
NFPA 33	Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials	اسپری کردن و ترکیب مواد قابل اشتعال و احتراق
NFPA 45	Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals	آزمایشگاه مواد شیمیایی
NFPA 51	Standard for the Design and Installation of Oxygen-Fuel Gas Systems for Welding, Cutting, and Allied Processes	سیستم‌های سوخت-اکسیژن برای فرایندهای جوشکاری، برشکاری و ...
NFPA 55	Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code	گازهای تحت فشار
NFPA 75	Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment	تجهیزات کامپیوتری و اتاق‌های سرور
NFPA 86	Standard for Ovens and Furnaces	کوره‌های صنعتی
NFPA 96	Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations	آشپزخانه‌های صنعتی
NFPA 214	Standard on Water-Cooling Towers	برج‌های خنک‌کننده
NFPA 409	Standard on Aircraft Hangars	آشیانه هواپیما
NFPA 415	Standard on Airport Terminal Buildings, Fueling Ramp Drainage, and Loading Walkways	ترمینال فرودگاه



عوامل مؤثر در طبقه‌بندی کالا



- نوع و مقدار کالا
- نوع بسته‌بندی محصولات
- روش نگهداری کالا

= Commodity



انواع طبقه‌بندی خطر کالاها

- Class I
- Class II
- Class III
- Class IV
- Plastic Group C
- Plastic Group B
- Plastic Group A →
 - Cartoned Nonexpanded Group A (CNP)
 - Cartoned Expanded Group A (CEP)
 - Exposed Nonexpanded Group A (ENP)
 - Exposed Expanded Group A (EEP)

پلاستیک‌های گروه B و C طبقه‌بندی خطر مجزا محسوب نمی‌شوند و به ترتیب معادل کالاهای کلاس IV و III قرار می‌گیرند.

پلاستیک‌های گروه A خود به دو زیرگروه منبسط‌شده (Expanded) و غیرمنبسط‌شده (Nonexpanded) تقسیم می‌شوند. به‌طور کلی پلاستیک‌های منبسط‌شده چگالی به‌نسبت کمی دارند و معمولاً به آن‌ها «فوم پلاستیک» (Foam plastics) نیز گفته می‌شود و خطر حریق بالاتری دارند. برای مثال، یونولیت (پلی‌استایرن منبسط‌شده) نمونه‌ای از پلاستیک‌های منبسط‌شده است.

در اینجا منظور از Exposed (در معرض) هر حالتی به‌جز قرارگرفتن داخل کارتن است.



سایر طبقه‌بندی‌های کالا

- Idle Pallets (Wood and Plastic)
- Rubber Tires
- Rolled Paper
- Baled Cotton
- Cartoned Records
- Flammable and Combustible Liquids
- Aerosols
- Oxidizers



کالاهای کلاس I

- محصولات غیرقابل سوختن (فلزات، شیشه یا مواد مشابه)
- می‌توان کالا را به‌طور مستقیم (بدون بسته‌بندی) روی پالت چوبی قرار داد.
- می‌توان کالا را داخل کارتن‌های موج‌دار تک‌لایه بسته‌بندی و روی پالت یا بدون پالت نگهداری کرد. در این حالت کارتن ممکن است با صفحه جداکننده تک‌لایه یا بدون این صفحه باشد.
- استفاده از پلاستیک حرارتی (Shrink-wrap) یا کاغذپیچ (Paper-wrap) مجاز است.



کالاهای کلاس II

- محصولات غیرقابل سوختن (فلزات، شیشه یا مواد مشابه)
- انبارش مواد ممکن است با پالت چوبی یا بدون پالت باشد.
- بسته‌بندی کالا می‌تواند از انواع جعبه‌های چوبی تخته‌ای، جعبه‌های چوبی یک‌پارچه، کارتن‌های موج‌دار چندلایه یا مواد مشابه باشد.



کالاهای کلاس III

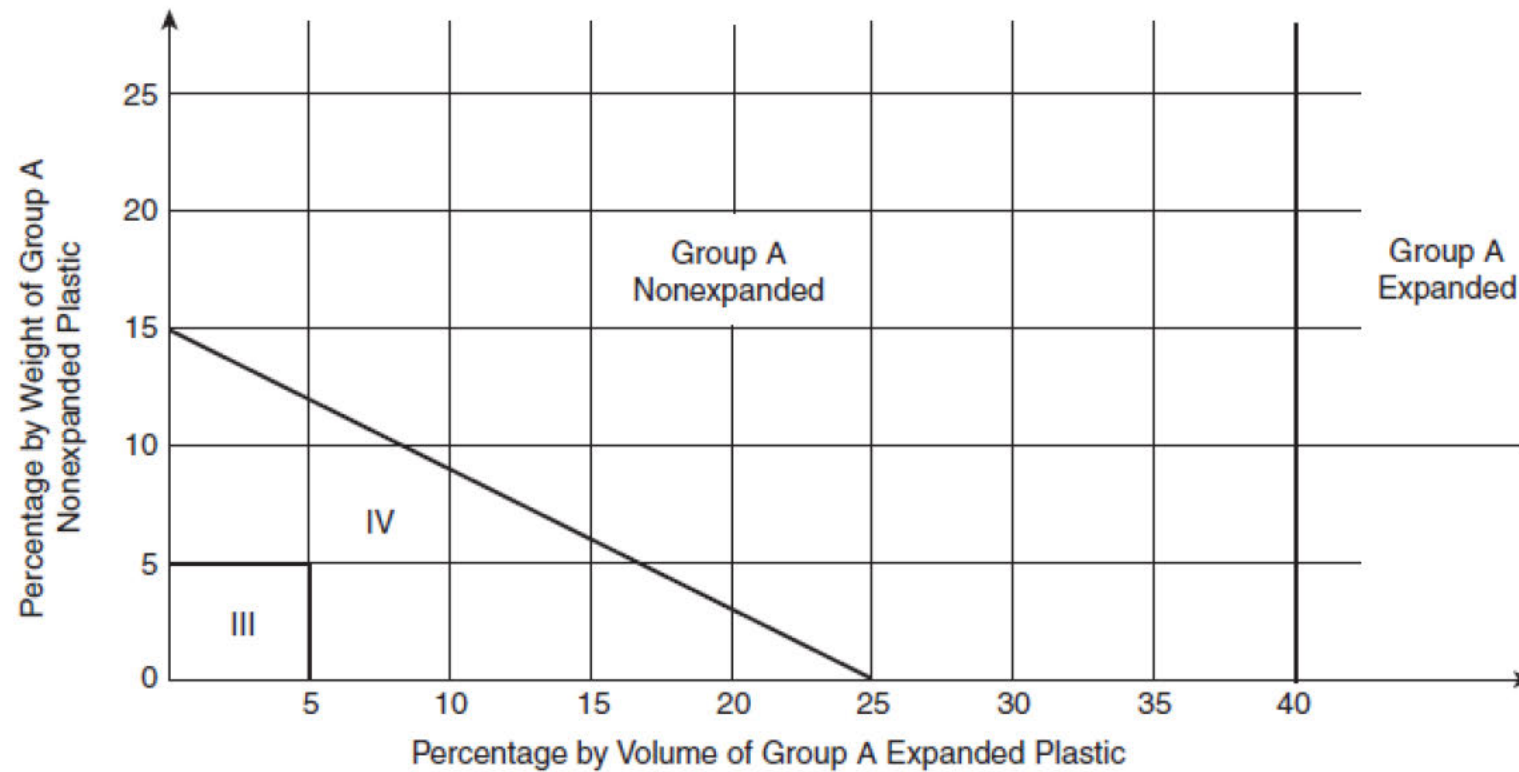
- کالاهایی که در زمان آتش‌سوزی واکنشی شبیه به چوب، کاغذ و الیاف طبیعی از خود نشان می‌دهند.
- انبارش مواد ممکن است با پالت چوبی یا بدون پالت باشد.
- بسته‌بندی کالا می‌تواند از انواع جعبه‌های چوبی تخته‌ای، جعبه‌های چوبی یک‌پارچه، کارتن‌های موج‌دار چندلایه یا مواد مشابه باشد.
- پلاستیک‌های گروه C در این گروه قرار می‌گیرند.



کالاهای کلاس IV

- پلاستیک‌های گروه B
- پلاستیک‌های گروه A جریان-آزاد (Free Flowing)
- کالاهای داخل کارتن یا جعبه چوبی، شامل ۵ تا ۱۵ درصد وزنی پلاستیک‌های گروه A غیرمنبسط‌شده
- کالاهای داخل کارتن یا جعبه چوبی، شامل ۵ تا ۲۵ درصد حجمی پلاستیک‌های گروه A منبسط‌شده
- کالاهای در معرض (بدون بسته‌بندی)، شامل ۵ تا ۱۵ درصد وزنی از پلاستیک‌های غیرمنبسط‌شده
- شکل‌های 20.4.3.3(a) و 20.4.3.3(b)

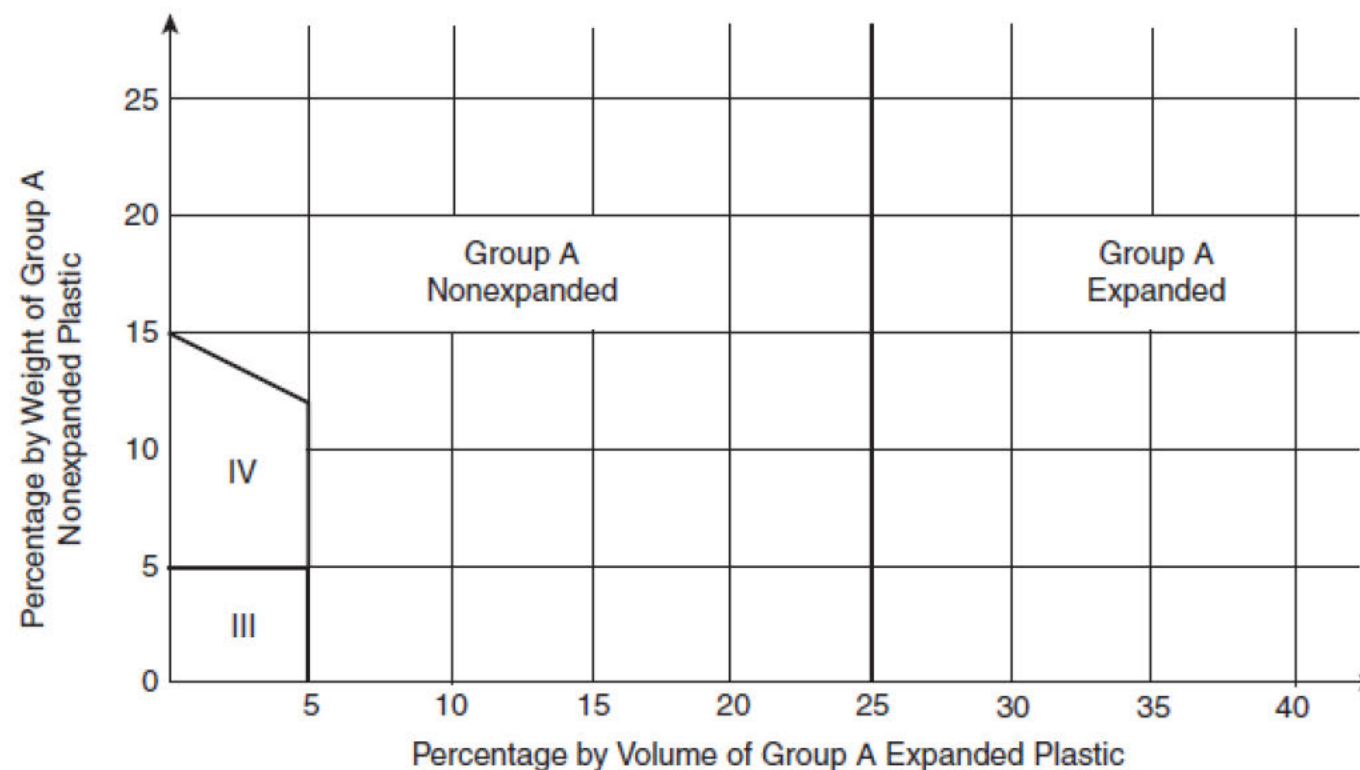




III - Class III Commodity. Refer to 20.3.2 if a plastic pallet is used.

IV - Class IV Commodity. Refer to 20.3.2 if a plastic pallet is used.

FIGURE 20.4.3.3(a) Commodities, Cartoned or Within a Wooden Container, Containing a Mixture of Expanded and Nonexpanded Group A Plastics.



III - Class III Commodity. Refer to 20.3.2 if a plastic pallet is used.

IV - Class IV Commodity. Refer to 20.3.2 if a plastic pallet is used.

FIGURE 20.4.3.3(b) Exposed Commodities Containing a Mixture of Expanded and Nonexpanded Group A Plastics.

پلاستیک‌های جریان آزاد

به آن دسته از پلاستیک‌هایی که در زمان آتش‌سوزی از ظروف نگهدارنده خود بیرون می‌ریزند و با پر کردن فضاهای خالی، روی آتش اثر خفه‌کنندگی دارند، پلاستیک‌های جریان آزاد (Free Flowing) گفته می‌شود؛

مثل پودرها، گلوله‌ها و اشیای کوچک با بسته‌بندی نامنظم.

NFPA 13, 2019: 3.3.85



پلاستیک‌های گروه C

1. Fluoroplastics (PCTFE — polychlorotrifluoroethylene; PTFE — polytetrafluoroethylene)
2. Melamine (melamine formaldehyde)
3. Phenolic
4. PVC (polyvinyl chloride — flexible — PVCs with plasticizer content up to 20 percent)
5. PVDC (polyvinylidene chloride)
6. PVDF (polyvinylidene fluoride)
7. Urea (urea formaldehyde)

NFPA 13, 2019: 20.4.7



پلاستیک‌های گروه B

1. Chloroprene rubber
2. Fluoroplastics (ECTFE — ethylene-chlorotrifluoro-ethylene copolymer; ETFE — ethylene-tetrafluoroethylene-copolymer; FEP — fluorinated ethylene-propylene copolymer)
3. Silicone rubber

پلاستیک‌های گروه A

1. ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer)
2. Acetal (polyformaldehyde)
3. Acrylic (polymethyl methacrylate)
4. Butyl rubber
5. Cellulosics (cellulose acetate, cellulose acetate butyrate, ethyl cellulose)
6. EPDM (ethylene-propylene rubber)
7. FRP (fiberglass-reinforced polyester)
8. Natural rubber
9. Nitrile-rubber (acrylonitrile-butadiene-rubber)
10. Nylon (nylon 6, nylon 6/6)
11. PET (thermoplastic polyester)
12. Polybutadiene
13. Polycarbonate
14. Polyester elastomer
15. Polyethylene
16. Polypropylene
17. Polystyrene
18. Polyurethane
19. PVC (polyvinyl chloride – highly plasticized, with plasticizer content greater than 20 percent) (rarely found)
20. PVF (polyvinyl fluoride)
21. SAN (styrene acrylonitrile)
22. SBR (styrene-butadiene rubber)

NFPA 13, 2019: 20.4.5.1



ترکیب کالاها

NFPA 13, 2019: 20.4.14.2

NFPA 13, 2019: 20.4.14.3

۱- در نظر گرفتن طبقه‌بندی خطر بالاتر برای کل ناحیه

۲- در صورتی که تمامی شرایط زیر برقرار باشند، می‌توان طبقه‌بندی کالای پایین‌تر را برای کالاهای خطر ترکیبی در نظر گرفت

- حداکثر ۱۰ پالت بار از کالای با خطر بیشتر در ناحیه‌ای به مساحت حداکثر ۳۷۲۰ مترمربع وجود داشته باشد.

- کالای با طبقه‌بندی بالاتر به‌صورت کاملاً تصادفی در ناحیه پخش شده باشد، به‌طوری‌که در هیچ‌یک از جهات (حتی جهت‌های مورب) دو پالت بار از کالاهای با طبقه‌بندی بالا در کنار هم قرار نگیرند.

- اگر محافظت بر اساس کالاهای کلاس I یا II انجام می‌شود، پالت بارهای مجاز از کالاهای کلاس IV یا پلاستیک‌های گروه A حداکثر می‌تواند پنج عدد باشد.

NFPA 13, 2019: 20.4.14.4

۳- جداسازی کالاها

جنس پالت

۱. پالت چوبی، فلزی یا پلاستیکی فهرست شده معادل با پالت های چوبی: بدون تأثیر بر طبقه بندی خطر کالا

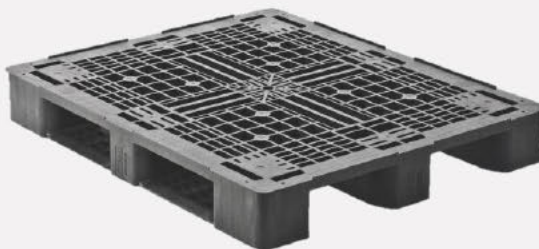
NFPA 13: 20.3.2.1

۲. پالت پلاستیکی تقویت نشده (Unreinforced plastic pallet) از جنس پلی پروپان یا پلی اتیلن: یک درجه افزایش طبقه بندی کالا

NFPA 13: 20.3.2.2.1

۳. پالت پلاستیکی تقویت شده (Reinforced plastic pallets) از جنس پلی پروپان یا پلی اتیلن: دو درجه افزایش طبقه بندی کالا

NFPA 13: 20.3.2.2.2.1



استثنا: برای حالتی که فقط از اسپرینکلرهای سقفی استفاده شده است و اسپرینکلرهای اسپری کننده دارای K-240 یا بزرگتر هستند، نیازی به اضافه کردن طبقه بندی خطر نیست.

در صورتی که هیچ گونه گواهی نامه ای از طرف سازنده یا نشانه گذاری دائم روی پالت پلاستیکی وجود نداشته باشد، باید فرض شود که پالت تقویت شده است.





طراحی سیستم اسپرینکلر در انبارها

بخش دوم:

آشنایی با انبارها

پوریا واحدی - زمستان ۱۴۰۰

منبع: کتاب طراحی و نصب سیستم‌های اسپرینکلر / پوریا واحدی

اخطار: هرگونه برداشت و کپی‌برداری از مطالب ممنوع است



اصطلاحات و تعاریف



کپسول سازی



چیدمان باز و بسته



استحکام توده ها



فضاهای دودرو



انباشتن



شیب سقف، ارتفاع سقف و ارتفاع انبارش



کیپسول سازی (Encapsulation)

روشی از بسته‌بندی است که در آن یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

- کناره‌ها و روی یک بار پالت شامل **کالا‌های قابل سوختن**، **بسته‌بندی قابل سوختن** یا مجموعه‌ای از کالاها و بسته‌بندی‌های قابل سوختن به‌طور کامل با ورق پلاستیکی پوشانده شده باشد.
- **کالا‌های قابل سوختن** به‌طور مجزا پلاستیک‌پیچ و بدون حفاظ روی پالت قرار داده شده باشد.

NFPA 13, 2019: 3.3.64

کیپسول سازی از ویژگی‌هایی است که باعث سخت‌تر شدن روش مقابله با آتش‌سوزی می‌شود



چیدمان باز و بسته (Closed/Open Array)

چیدمان بسته

نوعی از چیدمان انبار که در آن حرکت هوا در میان توده‌ها محدود می‌شود.

در این چیدمان اندازه مسیرهای دودرو عمودی ۱۵۰ میلی‌متر یا کمتر است.

NFPA 13, 2019: 3.3.8.1

چیدمان باز

نوعی از چیدمان انبار که در آن هوا آزادانه در میان توده‌ها حرکت می‌کند.

در این چیدمان اندازه فضاهای دودرو عمودی از ۱۵۰ میلی‌متر بیشتر است.

NFPA 13, 2019: 3.3.8.3

در چیدمان بسته در مقایسه با چیدمان باز، هوا به‌سختی در میان توده‌ها حرکت می‌کند و اکسیژن کمتری به آتش می‌رسد. در نتیجه انتشار آتش‌سوزی با سرعت کمتری گسترش پیدا می‌کند.

استحکام توده‌ها (Stability)

توده‌های ناپایدار (Unstable piles)

چیدمانی است که در آن احتمال ریزش، فروپاشی یا کج‌شدن توده‌ها در مراحل آغازین گسترش آتش‌سوزی زیاد است.

NFPA 13, 2019: 3.3.153

توده‌های پایدار (Stable piles)

چیدمانی است که در آن احتمال ریزش، فروپاشی یا کج‌شدن توده‌ها در مراحل آغازین گسترش آتش‌سوزی کم است.

NFPA 13, 2019: 3.3.152

فروپاشی توده‌های ناپایدار اگر در مدت یک تا دو دقیقه پس از فعال‌شدن اولین اسپرینکلر اتفاق افتد، روی کنترل آتش‌سوزی تأثیر مثبت خواهد داشت. این حالت به کالای انبارشونده و همچنین نوع بسته‌بندی مواد بستگی دارد و احتمال وقوع آن در واقعیت بسیار اندک است.

فضاهای دودرو (Flue Spaces)

فضای دودرو عرضی (Transverse)

به فضای بین ردیف‌های انبارش که به موازات جهت چیدمان بار قرار دارد، فضای دودرو عرضی گفته می‌شود.

NFPA 13, 2019: 3.3.220

فضای دودرو طولی (Longitudinal)

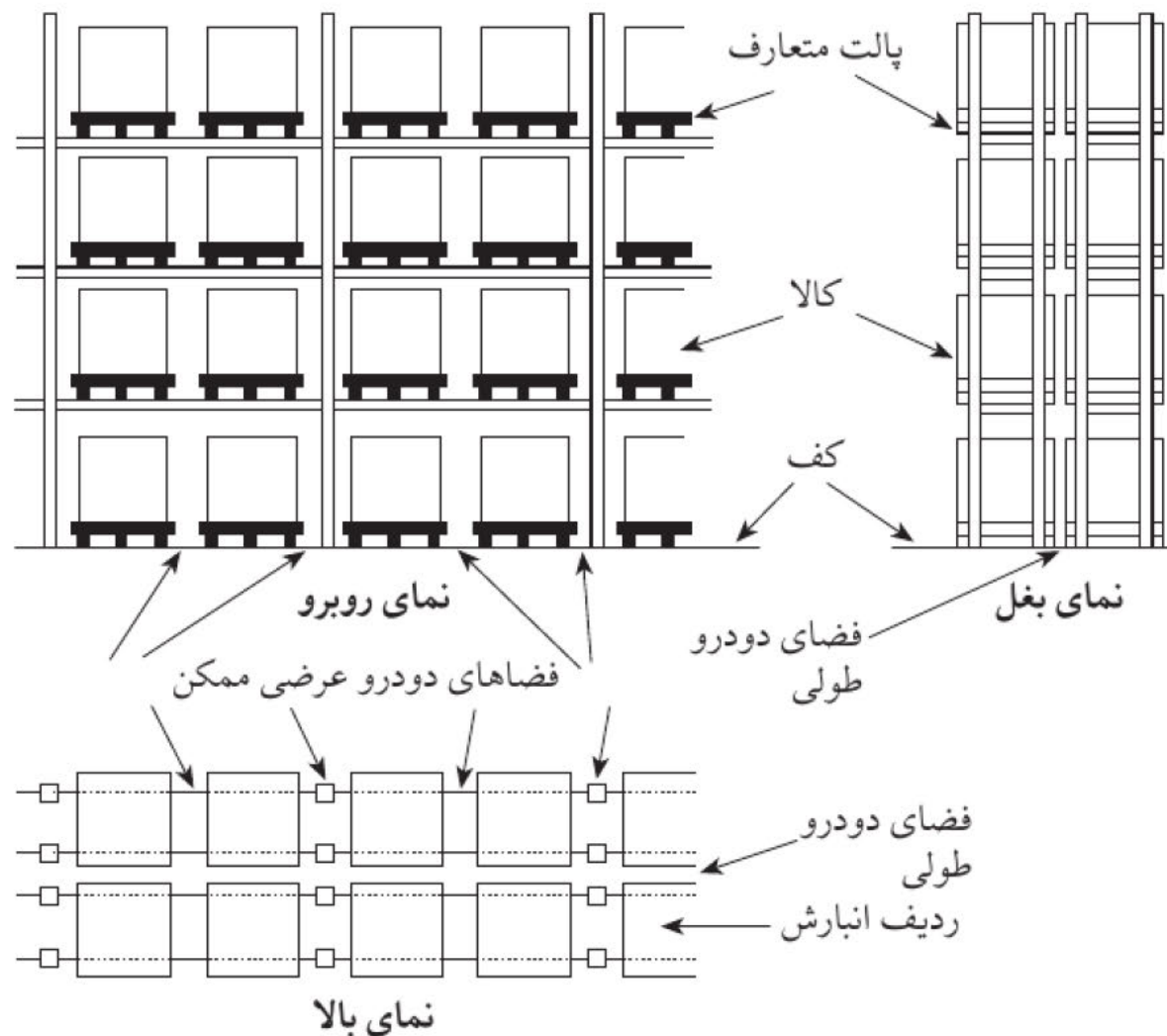
به فضای بین ردیف‌های انبارش که عمود بر جهت چیدمان بار قرار دارد و عرض آن‌ها حداکثر ۶۰۰ میلی‌متر است، فضای دودرو طولی گفته می‌شود.

NFPA 13, 2019: 3.3.116

در انبارش رک، در رک‌های دو ردیفه با ارتفاع انبارش بیشتر از ۷٫۶ متر، حداقل فضای دودرو طولی باید ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. [20.5.3.3.1.2]

در انبارش رک، حداقل فضای دودرو عرضی بین بار و سازه‌های عمودی رک باید ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. [20.5.3.3.1.2]

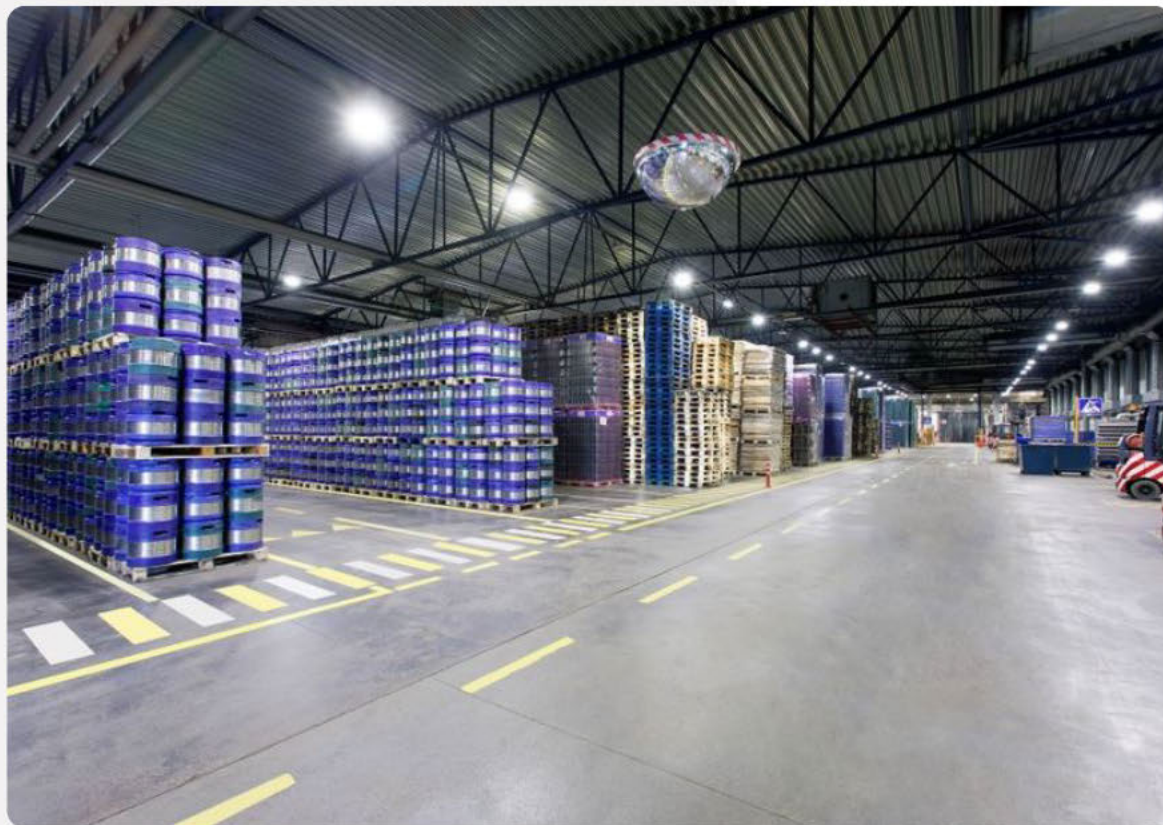
فضاهای دودرو (Flue Spaces)



انباشتن (Stockpile)

اصطلاح انباشتن برای نگهداری و چیدمان کالاها در «تصرفهای خطر» به کار برده می‌شود. مثلاً چیدمان کتابها در کتابخانه یا مواد نگهداری‌شونده در فروشگاههای تجاری به عنوان انباشته‌ها شناخته می‌شوند. در این حالت، هرچند شیوه انبارش مواد ممکن است از انواع قفسه‌بندی، رک یا جعبه‌های جلوباز باشد، طراحی سیستم‌های اسپرینکلر برای این نواحی مطابق با طبقه‌بندی خطر تصرفها انجام می‌شود.





شیب سقف

تمامی الزامات مطرح شده در استاندارد NFPA 13 برای انبارها با این فرض نوشته شده‌اند که شیب سقف کمتر از ۱۶٫۷ درصد (افزایش ارتفاع ۲ واحد به ازای هر ۱۲ واحد) باشد.

به عبارت دیگر، طراحی سیستم‌های اسپرینکلر برای انبارهای با شیب بیشتر از ۱۶٫۷ درصد، خارج از محدوده کاری استاندارد NFPA 13 قرار می‌گیرد.

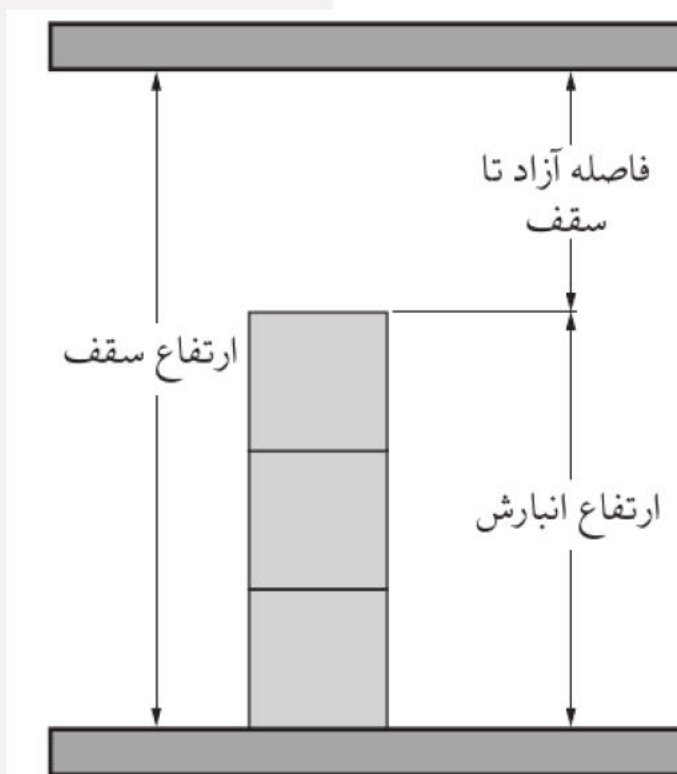
NFPA 13, 2019: 20.6.1

در سقف‌های شیب‌دار معمولاً به‌طور کلی بالاترین نقطه را به‌عنوان ارتفاع سقف در نظر می‌گیرند؛ هرچند می‌توان برای هر اسپرینکلر به صورت جداگانه ارتفاع سقف را متناسب با بالاترین نقطه در مساحت تحت پوشش آن در نظر گرفت. [20.6.2.5]

ارتفاع انبارش

۱. با افزایش بیش از حد فاصله آزاد بین مواد انبارشونده تا سقف، عملکرد اسپرینکلرها با تأخیر مواجه می‌شود و پیش از فعال شدن سیستم، آتش‌سوزی گسترش پیدا می‌کند.

۲. افزایش فاصله بین مواد انبارشونده تا سقف باعث می‌شود ارتفاع شعله‌ها زیاد شود؛ بنابراین قطرات آب نمی‌توانند به راحتی از شعله‌ها عبور کنند و به ماده در حال سوختن برسند. به عبارت دیگر، نفوذ قطرات آب به داخل شعله و مواد در حال سوختن به درستی انجام نمی‌شود.



ارتفاع انبارش = Storage Height

ارتفاع سقف = Ceiling/Roof Height

فاصله آزاد تا سقف = Clearance to Ceiling

انواع روش‌های انبارش



انبارش توده جامد (Solid-piled storage)



پالت‌بندی (Palletized)



جعبه‌های جلوباز (Bin box storage)



قفسه‌بندی (Shelf storage)



انبارش رک (Rack storage)



انبارش توده جامد (Solid-piled storage)

نوعی از انبارش مواد است که در آن بسته‌های کالا روی یکدیگر چیده می‌شوند.

در واقع، این روش ساده‌ترین شکل چینش مواد است که در آن کالاها بدون استفاده از هیچ وسیله جانبی روی هم انباشته می‌شوند.



پالت‌بندی (Palletized)

یکی از متداول‌ترین روش‌های انبارش مواد، استفاده از پالت است. در انبارها، معمولاً پالت‌ها را در چند ردیف روی هم می‌چینند. این کار باعث می‌شود بین هر بار واحد یک فضای خالی افقی شکل بگیرد که از آن برای جابه‌جایی با لیفتراک استفاده می‌شود. این فضای افقی وجه تمایز اصلی پالت‌بندی با انبارش توده جامد است.



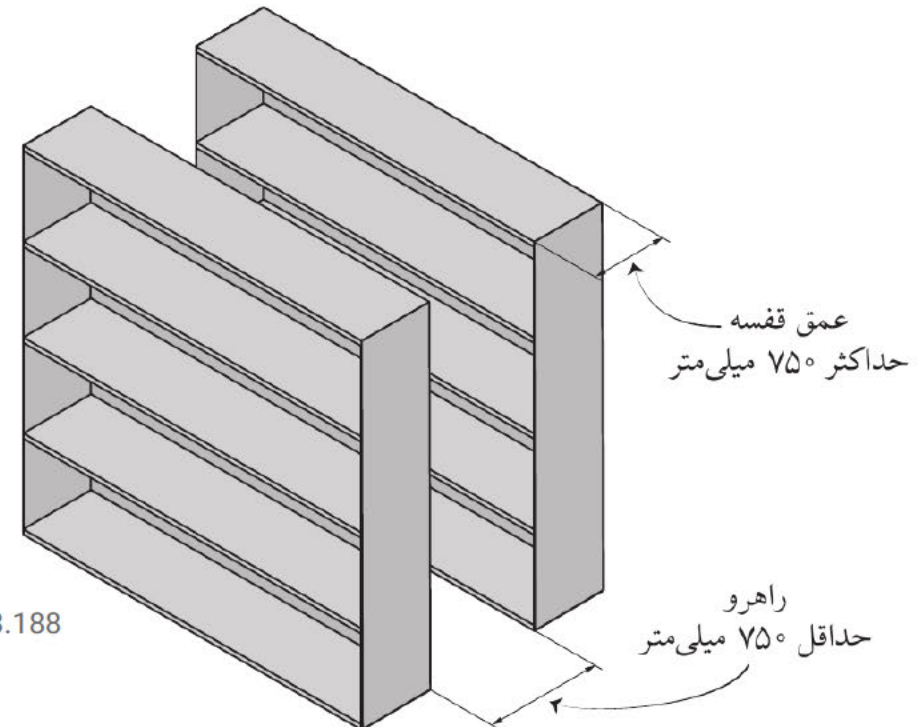
جعبه‌های جلوباز (Bin box storage)

جعبه‌های جلوباز بیشتر در فروشگاه‌ها و انبارهای نگهداری مواد کوچک استفاده می‌شوند. در این روش، کالا داخل جعبه‌های پنج‌وجهی جلوباز از جنس چوب، مقوا یا فلز قرار داده می‌شود که وجه باز آن رو به راهرو قرار دارد و به‌نحوی در کنار هم چیده شده‌اند که در اطراف آن‌ها فضای خالی وجود ندارد یا حجم آن بسیار کم است.



قفسه‌بندی (Shelf storage)

قفسه‌بندی در واقع نمونه کوچک‌تر و ساده‌تر انبارش رک به‌شمار می‌رود. بر اساس تعریف، برای انبارش قفسه‌بندی حداکثر عمق مجاز قفسه‌ها و همچنین حداقل فاصله بین قفسه‌های مجاور (عرض راهرو) باید ۷۵۰ میلی‌متر باشد.

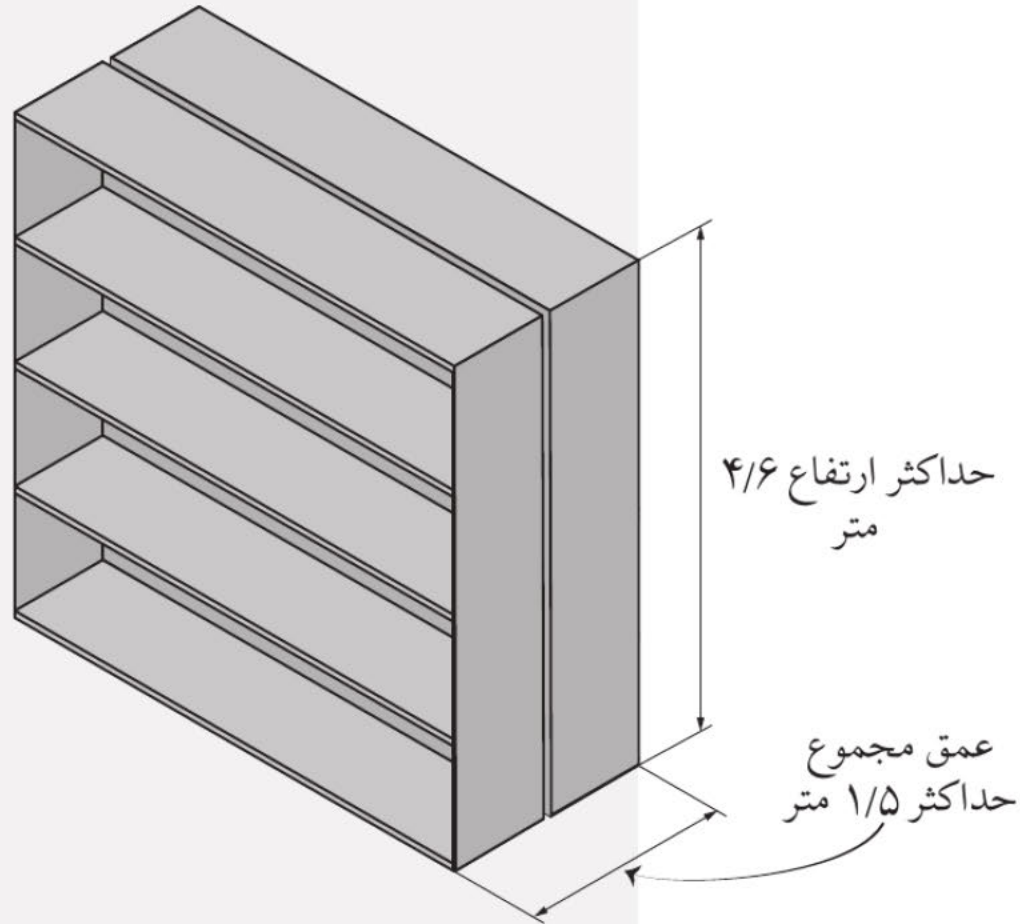


NFPA 13, 2019: 3.3.188



قفسه‌های پشت‌به‌پشت (Back-to-back shelf)

در استاندارد NFPA 13، منظور از قفسه‌های پشت‌به‌پشت، حالتی است که دو قفسه توپیر یا مشبک با حداکثر عمق ۷۵۰ میلی‌متر که عمق مجموع آن‌ها بیشتر از ۱/۵ متر نمی‌شود، با مانعی عمودی مانند چوب، تخته، صفحات فلزی یا موارد مشابه با قطر منافذ حداکثر ۶ میلی‌متر از هم جدا شده‌اند و در بین دو قفسه فضای دودرو طولی وجود ندارد.



انبارش رک (Rack storage)

تعریف رک: هر ترکیبی از المان‌های عمودی، افقی و مورب که مواد انبارشونده در آن نگهداری می‌شود.

تقسیم‌بندی رک‌ها:

- رک‌های باز و بسته
- رک‌های ثابت، قابل حمل و متحرک
- رک‌های یک، دو و چند ردیفه





رک‌های باز و بسته

رک‌ها از نظر نوع سطح طاقچه یا همان کف رک (Rack shelf area) به دو دسته رک باز (Open rack) و رک بسته (Solid Rack) تقسیم می‌شوند.

در رک‌های باز:

- رک سطح طاقچه ندارد. (کف رک به‌طور کامل باز است).
- سطح طاقچه رک، ثابت و توپر و مساحت طاقچه کمتر از $1/9$ مترمربع است.
- سطح طاقچه از نوع توری سیمی، میله‌ای و موارد مشابه است به‌طوری‌که حداقل ۵۰ درصد مساحت آن، با در نظر گرفتن اعضای سازه رک، باز باشد.

در غیر این صورت رک باید از نوع بسته در نظر گرفته شود.

NFPA 13, 2019: 3.3.140



اگر مساحت کالا (پالت) که روی رک قرار می‌گیرد بیشتر از $1/9$ مترمربع باشد، به‌طوری‌که مسیر

فضاهای دودرو را مسدود کند، باید رک بسته در نظر گرفته شود. [20.5.3.1.1]

رک‌های ثابت، قابل حمل و متحرک

رک‌ها از لحاظ قابلیت جابه‌جایی به انواع ثابت (Fixed)، قابل حمل (Portable) و متحرک (Movable) طبقه‌بندی می‌شوند.



رک متحرک

پایه‌ها روی راهنما یا ریل‌های ثابت قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که تنها می‌توانند به‌صورت افقی و در صفحه‌ی دوبعدی، به جلو و عقب حرکت کنند و بنابراین بین رک‌های مجاور، راهرویی با عرض متغیر به وجود می‌آید.



رک قابل حمل

بر خلاف رک‌های ثابت، به زمین متصل نیستند و محل و چیدمان آن‌ها را می‌توان به دلخواه تغییر داد.



رک ثابت

پایه‌ها به زمین متصل شده‌اند و امکان حرکت و جابه‌جایی وجود ندارد.

رک‌های یک، دو و چند ردیفه

از نظر نوع چیدمان، رک‌ها را می‌توان در یک، دو یا چند ردیف در کنار یکدیگر قرار داد، ولی باید توجه شود که تعریف استاندارد NFPA 13 از رک‌های یک، دو و چندردیفه مختص به خود و در مواردی با برداشت ظاهری از تعداد رک‌ها متفاوت است.



رک چند ردیفه



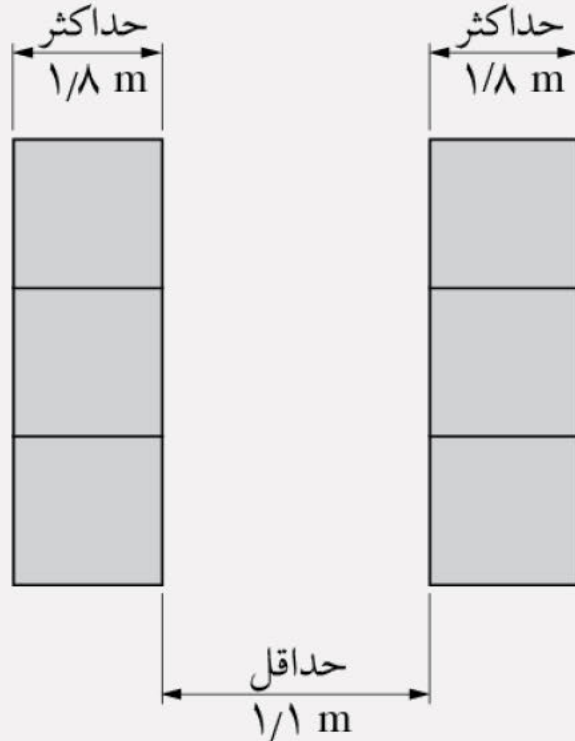
رک دو ردیفه



رک یک ردیفه

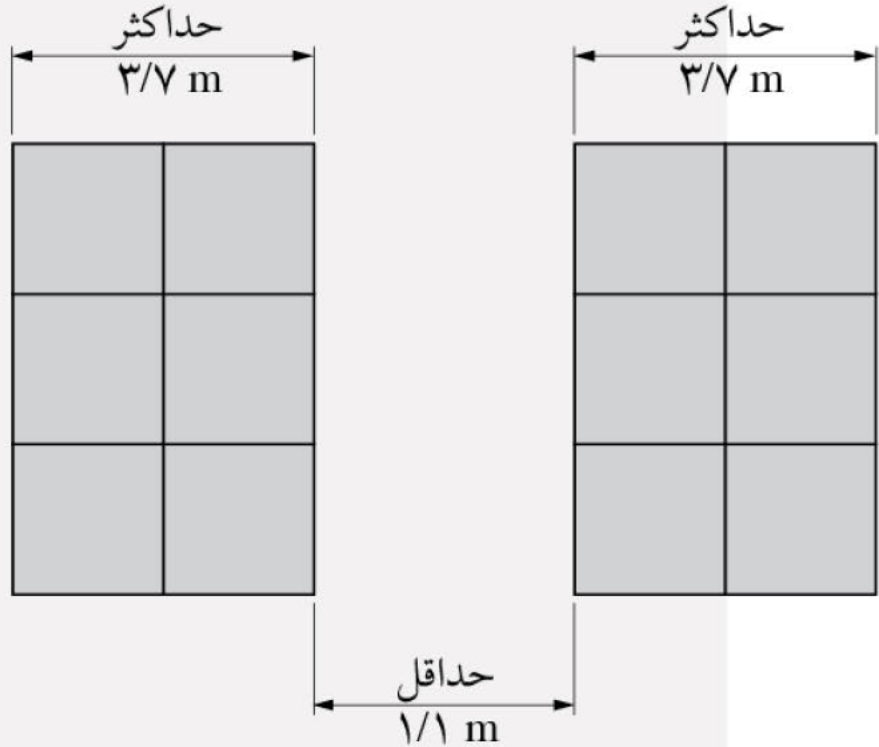
رک‌های تک ردیفه (Single-row racks)

رک در ظاهر ممکن است یک ردیف بیشتر نداشته باشد، ولی مطابق با تعریف استاندارد NFPA 13 نتوان آن را جزو رک‌های تک‌ردیفه تقسیم‌بندی کرد. مثلاً اگر عمق رک بیشتر از ۱/۸ متر باشد، رک تک‌ردیفه در نظر گرفته نمی‌شود یا اگر یک ردیف رک با عمق کمتر از ۱/۸ متر در کنار دیوار با فاصله کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر قرار داشته باشد، این فاصله فضای دودرو طولی محسوب می‌شود و بنابراین نمی‌توان آن را رک تک‌ردیفه دانست.



- فضای دودرو طولی وجود ندارد
- حداکثر عمق رک: ۱/۸ متر
- حداقل عرض راهرو: ۱/۱ متر

رک‌های دو ردیفه (Double-row racks)



- حداکثر عمق رک: $3/7$ متر
- حداقل عرض راهرو: $1/1$ متر

رک‌هایی که عمق آن‌ها، حداکثر $3/7$ متر باشد یا حالتی که دو ردیف رک تک‌ردیفه پشت‌به‌پشت هم قرار گیرند، به‌طوری‌که مجموع عمق آن‌ها حداکثر $3/7$ متر شود، رک دوردیفه محسوب می‌شود. در این حالت نیز عرض راهرو بین رک‌ها حداقل باید $1/1$ متر باشد.

رک‌های دو ردیفه برخلاف رک‌های تک‌ردیفه، می‌توانند فضای دودرو طولی داشته باشند. برای مثال، یک رک با عمق کمتر از $1/8$ متر را که در کنار دیوار با فاصله کمتر از 600 میلی‌متر قرار دارد، باید به‌عنوان رک دوردیفه در نظر گرفت.

رک‌های چند ردیفه (Multi-row racks)

رک‌هایی که عمق آن‌ها بیش از ۳/۷ متر باشد یا حالتی که در رک‌های تک و یا دوردیفه، عرض راهرو کمتر از ۱/۱ متر و مجموع عمق آن‌ها بیش از ۳/۷ متر باشد، به‌عنوان رک چندردیفه شناخته می‌شوند.

رک‌های متحرک از نظر استاندارد NFPA 13 در هنگام آتش‌سوزی رفتاری شبیه به رک‌های چندردیفه از خود نشان می‌دهند و برای محافظت از آن‌ها باید الزامات مربوط به رک‌های چندردیفه رعایت شود.

NFPA 13, 2019: 20.5.2





طراحی سیستم اسپرینکلر در انبارها

بخش سوم:

اسپرینکلرهای سقفی

پوریا واحدی - زمستان ۱۴۰۰

منبع: کتاب طراحی و نصب سیستم‌های اسپرینکلر / پوریا واحدی

اخطار: هرگونه برداشت و کپی‌برداری از مطالب ممنوع است



انبارهای متفرقه (Miscellaneous storage)

طراحی انبار بر اساس یکی از تصرفهای خطر

شرایط:

- کاربری کل ساختمان باید جزو یکی از تصرفهای خطر طبقه‌بندی شود و انبار تنها جزئی از آن باشد.
- ارتفاع انبارش مواد نباید از ۳/۷ متر بیشتر باشد.
- مساحت کل انبارهای داخل ساختمان نباید از ۱۰ درصد مساحت ساختمان یا ۳۷۰ مترمربع از کل نواحی تحت پوشش اسپرینکلرها بیشتر باشد. (هرکدام که بزرگ‌تر بود)
- مساحت هر یک از انبارها حداکثر باید ۹۳ مترمربع باشد و از انبارهای مجاور نیز حداقل ۷/۶ متر فاصله داشته باشد.

انبارهای متفرقه (Miscellaneous storage)

برای طراحی انبارهای متفرقه و همچنین انبارهای با ارتفاع کمتر از ۳٫۷ متر که نمی‌توان آن‌ها را انبارهای متفرقه در نظر گرفت، ولی فقط با استفاده از اسپرینکلرهای سقفی محافظت می‌شوند، باید به جدول 4.3.1.7.1 مراجعه شود.

در این جدول با توجه به:

- طبقه‌بندی خطر کالا (Commodity)
- نوع انبارش (Type of storage)
- ارتفاع انبارش (Storage height)
- حداکثر ارتفاع سقف (Maximum ceiling height)

به یکی از تصرف‌های خطر معمولی (OH) یا پرخطر (EH) ارجاع داده شده است.

سهم شلنگ‌های آتش‌نشانی (Hose allowance) و مدت زمان در دسترس بودن آب در انبارهای متفرقه نیز در جدول 4.3.1.7.1 مشخص شده که در مواردی با تصرف‌های خطر متفاوت است.



انبارهای متفرقه (Miscellaneous storage)

مثال:

انبار متفرقه

کالای کلاس IV

حداکثر ارتفاع انبارش: ۳ متر

Commodity	Type of Storage	Storage Height		Maximum Ceiling Height		Design Curve Figure 19.3.3.1.1	Note	Inside Hose		Total Combined Inside and Outside Hose		Duration (minutes)
		ft	m	ft	m			gpm	L/min	gpm	L/min	
Class I to Class IV												
Class I	Solid-piled, palletized, bin box, shelf, single-, double-, multiple-row rack, and back-to-back shelf storage	≤12	≤3.7	—	—	OH1		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Class II		≤10	≤3.0	—	—	OH1		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Class II		>10 to ≤12	>3.0 to ≤3.7	—	—	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Class III		≤12	≤3.7	—	—	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Class IV		≤10	≤3.0	—	—	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Class IV	Palletized, bin box, shelf, and solid-piled	>10 to ≤12	>3.0 to ≤3.7	32	10	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
	Single-, double-, multiple-row rack and back-to-back shelf storage	>10 to ≤12	>3.0 to ≤3.7	32	10	EH1		0, 50, 100	0, 190, 380	500	1900	120
	Single-, double-, multiple-row rack	>10 to ≤12	>3.0 to ≤3.7	32	10	See Chapter 25.	+1 level of in-rack	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90

طراحی بر اساس تصرف‌های خطر گروه دو (OH2)

سهم شلنگ آتش‌نشانی: ۹۵۰ لیتر در دقیقه

مدت زمان در دسترس بودن آب: ۹۰ دقیقه



سهم شلنگ آتش‌نشانی در انبارها (Hose Allowance)

برای انبارها، سهم شلنگ‌های آتش‌نشانی و مدت زمان در دسترس بودن آب باید از جدول ۲۰.۱۲.۲.۶ تعیین شود.

بر اساس:

- طبقه‌بندی کالا
- نوع اسپرینکلر
- پوشش اسپرینکلر (پوشش استاندارد یا پوشش گسترده)
- تعداد اسپرینکلر داخل مساحت طراحی (برای اسپرینکلرهای CMSA و ESFR)

TABLE 20.12.2.6 Hose Stream Allowance and Water Supply Duration

Commodity	Sprinkler Type	Sprinkler Spacing Type	Number of Ceiling Sprinklers in Design Area ^a	Size of Design Area at Ceiling	Hose Stream Allowance		Water Supply Duration (minutes)
					gpm	L/min	
Class I-IV Commodities, Group A plastics, idle wood pallets, idle plastic pallets and miscellaneous storage	Control mode density/area (CMDA)	Standard and extended-coverage	NA	Up to 1200 ft ² (112 m ²)	250	950	60
				Over 1200 ft ² (112 m ²) up to 1500 ft ² (140 m ²)	500	1900	90
				Over 1500 ft ² (140 m ²) up to 2600 ft ² (240 m ²)	500	1900	120
				Over 2600 ft ² (240 m ²)	500	1900	150
	Control mode specific application (CMSA)	Standard	Up to 12	NA	250	950	60
			Over 12 to 15	NA	500	1900	90
			Over 15 to 25	NA	500	1900	120
			Over 25	NA	500	1900	150
		Extended-coverage	Up to 6	NA	250	950	60
			Up to 8 ^b	NA	250	950	60
			Over 6 to 8	NA	500	1900	90
			Over 8 to 12	NA	500	1900	120
	Early suppression fast response (ESFR)	Standard	Over 12	NA	500	1900	150
			Up to 12	NA	250	950	60
			Over 12 to 15	NA	500	1900	90
			Over 15 to 25	NA	500	1900	120
			Over 25	NA	500	1900	150
On-floor rubber tire storage up to 5 ft (1.5 m) in height	CMDA & CMSA	Standard and extended-coverage	Any	Any	250	950	120
Rubber tire storage	CMDA	Standard and extended-coverage	NA	Up to 5000 ft ² (465 m ²)	750	2850	180
	CMSA	Standard	Up to 15	NA	500	1900	180
	ESFR	Standard	Up to 12	NA	250	950	60
			Over 12 to 20	NA	500	1900	120 ^c
Roll paper	CMDA	Standard	NA	Up to 4000 ft ² (370 m ²)	500	1900	120
	CMSA	Standard	Up to 25	NA	500	1900	120
	ESFR	Standard	Up to 12	NA	250	950	120
Alternative protection per 25.8.3.3	NA	NA	NA	NA	500	1900	120

سهم شلنگ آتش‌نشانی در انبارها

مثال:

کالای کلاس IV

اسپرینکلر ESFR

مساحت طراحی شامل ۱۲ اسپرینکلر

Class I-IV Commodities, Group A plastics, idle wood pallets, idle plastic pallets and miscellaneous storage	Control mode specific application (CMSA)	Standard	Up to 12	Over 2600 ft ² (240 m ²)	500	1900	150
			Over 12 to 15	NA	250	950	60
			Over 15 to 25	NA	500	1900	120
			Over 25	NA	500	1900	150
		Extended- coverage	Up to 6	NA	250	950	60
			Up to 8 ^a	NA	250	950	60
			Over 6 to 8	NA	500	1900	90
			Over 8 to 12	NA	500	1900	120
	Early suppression fast response (ESFR)	Standard	Over 12	NA	500	1900	150
			Up to 12	NA	250	950	60
			Over 12 to 15	NA	500	1900	90
			Over 15 to 25	NA	500	1900	120
			Over 25	NA	500	1900	150

سهم شلنگ آتش‌نشانی: ۹۵۰ لیتر در دقیقه

مدت زمان در دسترس بودن آب: ۶۰ دقیقه



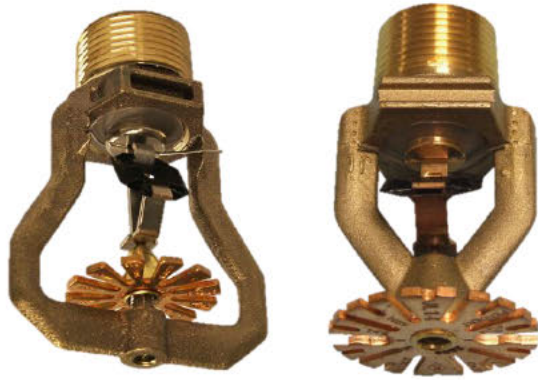
طراحی سیستم اسپرینکلر برای انبارها

هنگام طراحی سیستم اسپرینکلر برای انبارها باید به این سؤالات اساسی پاسخ داده شود:

- چه چیزی در انبار نگهداری می‌شود؟
- نحوه قرارگیری و چیدمان مواد در انبار چگونه است؟
- ارتفاع مواد انبارشونده چقدر است؟
- از چه نوع اسپرینکلر استفاده خواهد شد؟



انواع اسپرینکلرهای سقفی مورد استفاده در انبارها



اسپرینکلرهای ESFR

Early Suppression Fast-Response
فرونشاندن آتش



اسپرینکلرهای CMSA

Control Mode Specific Application
تولید قطرات بزرگ آب
ویرایش‌های قدیمی استاندارد:
اسپرینکلرهای قطره بزرگ
(Large Drop Sprinklers)



اسپرینکلرهای CMDA

Control Mode Density/Area
اسپرینکلرهای اسپری‌کننده برای
کنترل آتش‌سوزی در انبارها با
استفاده از منحنی‌های
مساحت/چگالی



اسپرینکرهاى CMDA

- اسپرینکرهاى اسپرى‌کننده معمولی که از آن‌ها به‌منظور **کنترل آتش** در انبارها استفاده مى‌شود.
- ضوابط طراحی: منحنی‌های مساحت/چگالی فصل ۲۱ استاندارد
- فاصله بین اسپرینکرها: جدول 10.2.4.2.1(d) - برای ارتفاع انبارش بیشتر از ۳٫۷ متر
- فاصله از مانع: مانند اسپرینکرهاى اسپرى‌کننده
- در صورت استفاده در سیستم‌های اسپرینکلر لوله خشک یا پیش‌عملگر، باید ۳۰ درصد به مساحت طراحی اضافه شود. (تمام سیستم‌های پیش‌عملگر)

TABLE 10.2.4.2.1(d) Protection Areas and Maximum Spacing of Standard Pendent and Upright Spray Sprinklers for High-Piled Storage

Construction Type	System Type	Protection Area		Maximum Spacing	
		ft ²	m ²	ft	m
All	Hydraulically calculated with density ≥ 0.25 gpm/ft ² (10.2 mm/min)	100	9	12*	3.7*
All	Hydraulically calculated with density < 0.25 gpm/ft ² (10.2 mm/min)	130	12	15	4.6

*In buildings where solid structural members create bays up to 25 ft (7.6 m) wide, maximum spacing between sprinklers is permitted up to 12 ft 6 in. (3.8 m).



ضرب K

NFPA 13, 2019: 21.1.2

- اگر چگالی مورد نیاز برای مقابله با آتش $8/2 \text{ mm/min}$ یا کمتر باشد، باید از اسپرینکرهاي واکنش **استاندارد K-80** یا بزرگتر استفاده شود.

NFPA 13, 2019: 21.1.3

- اگر چگالی مورد نیاز برای مقابله با آتش بین $8/2$ تا $13/9 \text{ mm/min}$ باشد، باید از اسپرینکرهاي واکنش **استاندارد K-115** یا بزرگتر استفاده شود.

NFPA 13, 2019: 21.1.4

- اگر چگالی مورد نیاز برای مقابله با آتش بیشتر از $13/9 \text{ mm/min}$ باشد، باید از اسپرینکرهاي واکنش **استاندارد K-160** یا بزرگتر استفاده شود که برای استفاده در انبارها **فهرست شده** هستند.

حساسيت دمایی

در انبارها فقط باید از اسپرینکرهاي اسپری‌کننده واکنش استاندارد استفاده شود، مگر آنکه یک اسپرینکلر واکنش سریع به‌طور خاص برای استفاده در انبارها فهرست شده باشد.

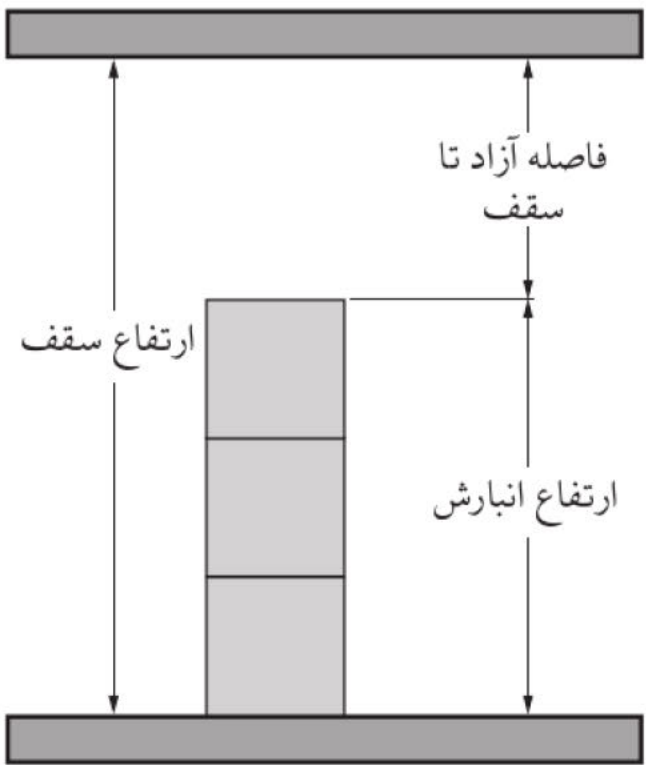
در انبارها انتظار می‌رود آتش‌سوزی با سرعت و نرخ حرارتی زیادی رخ دهد و استفاده از اسپرینکرهاي واکنش سریع باعث می‌شود قبل از کنترل آتش و در مدت زمان کوتاهی تعداد بیشتری از اسپرینکلرهایی که از مرکز آتش‌سوزی دور هستند، باز شوند. این موضوع سبب کاهش فشار آب در اسپرینکلرهاي نزدیک شعله‌های آتش می‌شود و از طرف دیگر باعث می‌شود آب تخلیه‌شده در نواحی دور از آتش کارایی لازم را نداشته باشد. بنابراین در این حالت، سیستم اسپرینکلر عملکرد مناسب مدنظر استاندارد را ندارد.

فاصله آزاد

حداکثر فاصله آزاد بين مواد بالای انبارشونده تا سقف از جدول 20.6.4.2 تعیین می‌شود:

TABLE 20.6.4.2 Maximum Clearance from Top of Storage to Ceiling for CMDA Protection Criteria

Commodity	Class I to IV	Group A
		Plastic
Palletized, solid-piled, bin box, shelf, or back-to-back shelf storage	20 ft (6.1 m)	20 ft (6.1 m)
Rack storage up to 25 ft (7.6 m)	20 ft (6.1 m)	10 ft (3.1 m)
Rack storage >25 ft (7.6 m)	10 ft (3.1 m)	10 ft (3.1 m)



فاصله آزاد

اگر به هر دلیل امکان کاهش فاصله بین سقف تا مواد انبارشونده وجود نداشته باشد، به محافظت بیشتری نیاز خواهد بود. برای این کار با توجه به نوع انبارش مواد، برای کالاهای کلاس I تا IV باید مطابق با جدول 20.6.4.3 و برای پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها باید مطابق با جدول 20.6.4.4 عمل شود.

TABLE 20.6.4.3 Class I Through Class IV Commodities

Storage Configuration	Where the clearance to ceiling exceeds	Protection is based upon the storage height that would result in a clearance to ceiling of...	In-rack Sprinklers*
Palletized, solid-piled, bin box, shelf, or back-to-back shelf storage	20 ft (6.1 m)	20 ft (6.1 m)	N/A
Rack storage up to and including 25 ft (7.6 m) in height	20 ft (6.1 m)	20 ft (6.1 m)	Permitted as alternative to presumed clearance of 20 ft (6.1 m)
Rack storage over 25 ft (7.6 m) in height	10 ft (3.1 m)	10 ft (3.1 m)	Permitted as alternative to presumed clearance of 10 ft (3.1 m)

TABLE 20.6.4.4 Plastics and Rubber Commodities

Storage Configuration	Where the clearance to ceiling exceeds	Protection is based upon the storage height that would result in a clearance to ceiling of...	In-rack Sprinklers*
Palletized, solid-piled, bin box, shelf, or back-to-back shelf storage	20 ft (6.1 m)	20 ft (6.1 m)	N/A
Rack storage up to and including 25 ft (7.6 m) in height	10 ft (3.1 m)	10 ft (3.1 m)	Permitted as alternative to presumed clearance of 10 ft (3.1 m)
Rack storage over 25 ft (7.6 m) in height	10 ft (3.1 m)	N/A	Required



فاصله آزاد

مثال:

انبارش به روش رک

ارتفاع سقف: ۱۴ متر

ارتفاع انبارش: ۶ متر

کلای کلاس IV

Storage Configuration	Where the clearance to ceiling exceeds	Protection is based upon the storage height that would result in a clearance to ceiling of...	In-rack Sprinklers*
Palletized, solid-piled, bin box, shelf, or back-to-back shelf storage	20 ft (6.1 m)	20 ft (6.1 m)	N/A
Rack storage up to and including 25 ft (7.6 m) in height	20 ft (6.1 m)	20 ft (6.1 m)	Permitted as alternative to presumed clearance of 20 ft (6.1 m)
Rack storage over 25 ft (7.6 m) in height	10 ft (3.1 m)	10 ft (3.1 m)	Permitted as alternative to presumed clearance of 10 ft (3.1 m)

فاصله آزاد: ۸ متر ($14 - 6 = 8$)

حداکثر فاصله آزاد مجاز: ۶٫۱ متر (از جدول 20.6.4.2)

ارتفاع انبارش اصلاح شده: ۷٫۹ متر ($14 - 6.1 = 7.9$)

بنابراین طراحی باید بر اساس ارتفاع انبارش ۷٫۹ متر انجام شود.

تعیین چگالی و مساحت طراحی

تعیین چگالی و مساحت طراحی اسپرینکلهای: فصل ۲۱ استاندارد

- بخش 21.2: محافظت با اسپرینکلهای CMDA برای کالاهای کلاس I تا IV در روشهای انبارش پالت‌بندی، توده جامد، جعبه‌های جلو باز، قفسه‌بندی و قفسه‌های پشت‌به‌پشت
- بخش 21.3: محافظت با اسپرینکلهای CMDA برای پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها در روشهای انبارش پالت‌بندی، توده جامد، جعبه‌های جلو باز، قفسه‌بندی و قفسه‌های پشت‌به‌پشت
- بخش 21.4: محافظت با اسپرینکلهای CMDA برای کالاهای کلاس I تا IV در انبارش رک
- بخش 21.5: محافظت با اسپرینکلهای CMDA برای پلاستیک‌های گروه A در انبارش رک با حداکثر ارتفاع ۷/۶ متر

بخش‌های 21.6 تا 21.12: موارد خاص

روش انبارش

- رک
- سایر موارد

طبقه‌بندی کالا

- کلاس I تا IV
- پلاستیک گروه A

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

رکهای یک و دو ردیفه: در جدول 21.4.1.2 به منحنی‌های مربوطه ارجاع داده شده است. برای استفاده از آن با توجه به ارتفاع انبارش، طبقه‌بندی کالا، ویژگی کپسول‌سازی و عرض راهرو، باید از سمت چپ به راست حرکت کنیم.

با مشخص شدن منحنی مربوطه، روش کار برای پیدا کردن مساحت طراحی و چگالی مورد نیاز اسپرینکرها همانند تمام منحنی‌های مساحت/چگالی است.

Height	Commodity Class	Encapsulated	Aisles*		Ceiling Sprinkler Water Demand		
			ft	m	Figure	Curves	Apply Figure 21.4.1.4.1
Over 12 ft (3.7 m) up to and including 20 ft (6.1 m)	I	No	4	1.2	21.4.1.2(a)	B and D	Yes
			8	2.4		A and C	
		Yes	4	1.2	21.4.1.2(c)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
	II	No	4	1.2	21.4.1.2(b)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	21.4.1.2(e)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
	III	No	4	1.2	21.4.1.2(c)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA
			8	2.4		NA	
	IV	No	4	1.2	21.4.1.2(d)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA
			8	2.4		NA	

ستون Apply Figure 21.4.1.4.1 مربوط به اصلاح چگالی
بر اساس ارتفاع انبارش است.

استفاده از اسپرینکرهاي سقفی CMDA به‌تنهایی برای محافظت از رک‌های با ارتفاع انبارش بیشتر از ۷/۶ متر مجاز نیست.

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

در جدول 20.4.1.2 برای مقادیر عرض راهرو تنها دو گزینه $1/2$ و $2/4$ متر وجود دارد. برای انتخاب یکی از این گزینه‌ها باید بر اساس روش زیر عمل شود:

- اگر عرض راهرو بین $1/1$ تا $2/4$ متر باشد، باید گزینه متناظر با $1/2$ متر انتخاب شود. در این حالت، میان‌یابی خطی بین چگالی‌های به‌دست آمده با دو عرض راهرو $1/2$ متر و $2/4$ متر نیز مجاز است.
- اگر عرض راهرو بیشتر از $2/4$ متر باشد، باید مقدار گزینه متناظر با $2/4$ متر انتخاب شود.
- اگر عرض راهرو کمتر از $1/1$ متر باشد، امکان استفاده از این جدول وجود ندارد و باید مطابق با الزامات رک‌های چندردیفه عمل شود.

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

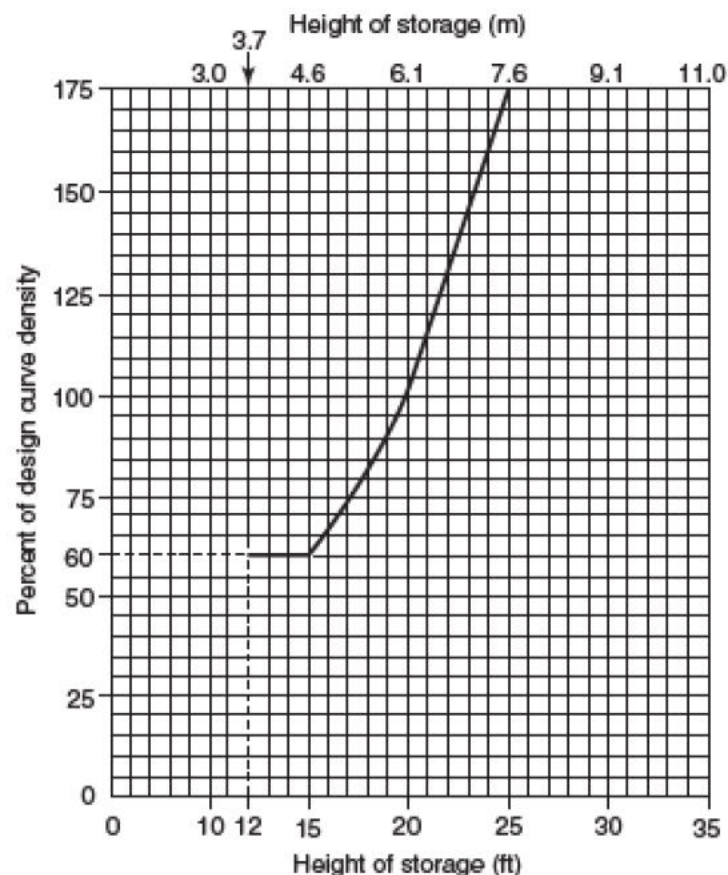


FIGURE 21.4.1.4.1 Ceiling Sprinkler Density vs. Storage Height.

نمودارهایی که در جدول 20.4.1.2 به آن‌ها اشاره شده است، بر اساس ارتفاع انبارش ۶/۱ متر ترسیم شده‌اند. بنابراین برای موارد دیگر، مقدار چگالی به‌دست‌آمده از نمودارهای مساحت/چگالی باید بر اساس ارتفاع انبارش و مطابق با نمودار موجود در شکل 21.4.1.4.1 اصلاح شود.

این کار باید بدون تغییر در مساحت طراحی صورت پذیرد.

مقدار چگالی اسپرینکرهاي CMDA در هیچ شرایطی نباید از ۶/۱ کمتر شود. [21.1.10.4]

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

رکهای چند ردیفه: روش کار برای مشخص کردن ضوابط طراحی اسپرینکرهاي CMDA برای کالاهای کلاس I تا IV در رکهای چند ردیفه، دقیقاً شبیه به رکهای یک و دوردیفه است. با این تفاوت که اگر عرض رک کمتر از ۴/۹ متر و عرض راهرو حداقل ۲/۴ متر باشد، باید به جدول 21.4.1.3.1 و اگر عرض رک بیشتر از ۴/۹ متر یا عرض راهرو کمتر از ۲/۴ متر باشد باید به جدول 21.4.1.3.2 مراجعه شود.

Table 21.4.1.3.1 Multiple-Row Racks — Rack Depth Up to and Including 16 ft (4.9 m), Aisles 8 ft (2.4 m) or Wider and Storage Height Over 12 ft (3.7 m) Up to 25 ft (7.6 m)

Height	Commodity Class	Encapsulated	Ceiling Sprinkler Water Demand			
			Figure	Curves	Apply Figure 21.4.1.4.1	1.25 x Density
Over 12 ft (3.7 m) up to and including 15 ft (4.6 m)	I	No	21.4.1.2(a)	E and F	Yes	No
		Yes	21.4.1.2(a)	E and F		Yes
	II	No	21.4.1.2(b)	E and F	Yes	No
		Yes	21.4.1.2(b)	E and F		Yes
	III	No	21.4.1.2(c)	E and F	Yes	No
		Yes	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA	NA
	IV	No	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	No	No
		Yes	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA		NA
	I	No	21.4.1.2(a)	E and F	Yes	No
		Yes	21.4.1.2(a)	E and F		Yes

ستون 1.25 x Density حالتی را نشان می‌دهد که باید ۲۵ درصد به مقدار چگالی مورد نیاز اسپرینکرهاي سقفی اضافه شود. این حالت برای کالاهای کپسول‌سازی‌شده در نظر گرفته شده است.

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

مثال:

- نوع انبارش: رک تک‌ردیفه
- عرض راهرو: ۱/۲ متر
- ارتفاع انبارش: ۵ متر
- طبقه‌بندی خطر کالا: کلاس III
- کپسول‌سازی: خیر

Height	Commodity Class	Encapsulated	Aisles*		Ceiling Sprinkler Water Demand		
			ft	m	Figure	Curves	Apply Figure 21.4.1.4.1
Over 12 ft (3.7 m) up to and including 20 ft (6.1 m)	I	No	4	1.2	21.4.1.2(a)	B and D	Yes
			8	2.4		A and C	
		Yes	4	1.2	21.4.1.2(e)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
	II	No	4	1.2	21.4.1.2(b)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	21.4.1.2(e)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
	III	No	4	1.2	21.4.1.2(c)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA
			8	2.4			
	IV	No	4	1.2	21.4.1.2(d)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA
			8	2.4			

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

مثال:

- نوع انبارش: رک تک‌ردیفه
- عرض راهرو: ۱/۲ متر
- ارتفاع انبارش: ۵ متر
- طبقه‌بندی خطر کالا: کلاس III
- کپسول‌سازی: خیر

شکل 21.4.1.2(C)
منحنی‌های C و D

Height	Commodity Class	Encapsulated	Aisles*		Ceiling Sprinkler Water Demand		
			ft	m	Figure	Curves	Apply Figure 21.4.1.4.1
Over 12 ft (3.7 m) up to and including 20 ft (6.1 m) ✓	I	No	4	1.2	21.4.1.2(a)	B and D	Yes
			8	2.4		A and C	
		Yes	4	1.2	21.4.1.2(e)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
	II	No	4	1.2	21.4.1.2(b)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	21.4.1.2(e)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
	III ✓	No ✓	4 ✓	1.2 ✓	21.4.1.2(c)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA
			8	2.4			
	IV	No	4	1.2	21.4.1.2(d)	C and D	Yes
			8	2.4		A and B	
		Yes	4	1.2	In-rack sprinklers required. See Chapter 25.	NA	NA
			8	2.4			

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

مثال:

- نوع انبارش: رک تک‌ردیفه
- عرض راهرو: ۱/۲ متر
- ارتفاع انبارش: ۵ متر
- طبقه‌بندی خطر کالا: کلاس III
- کپسول‌سازی: خیر

منحنی C برای استفاده با اسپرینکرهاي دما بالا و منحنی D برای استفاده با اسپرینکرهاي دما معمولی است.

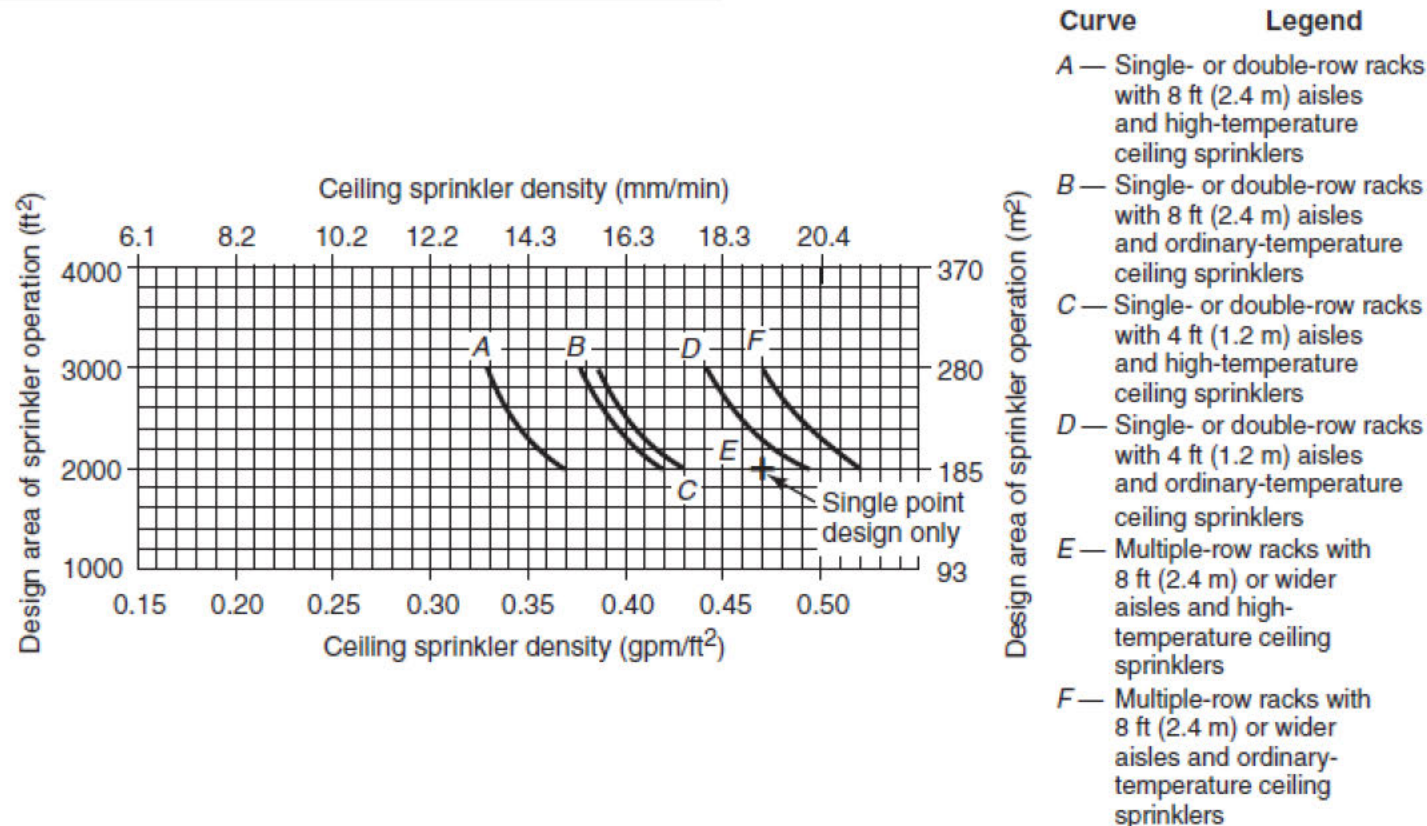


FIGURE 21.4.1.2(c) Sprinkler System Design Curves — 20 ft (6.1 m) High Rack Storage — Class III Nonencapsulated Commodities — Conventional Pallets.

کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

شرایط:

- کالاهای بدون کپسول‌سازی با روش‌های انبارش توده جامد، پالت‌بندی و جعبه‌های جلوباز با حداکثر ارتفاع ۹٫۱ متر
- کالاهای بدون کپسول‌سازی با روش انبارش قفسه‌بندی با حداکثر ارتفاع ۴٫۶ متر
- کالاهای کپسول‌سازی‌شده با روش‌های انبارش توده جامد، پالت‌بندی، جعبه‌های جلوباز و قفسه‌بندی با حداکثر ارتفاع ۴٫۶ متر
- قفسه‌های پشت‌به‌پشت با حداکثر ارتفاع ۴٫۶ متر
- کالاهای کپسول‌سازی‌شده با روش‌های انبارش توده جامد و پالت‌بندی با ارتفاع ۴٫۶ تا ۶٫۱ متر

NFPA 13, 2019: 21.2.1

اسپرینکرهاي دمای معمولی: شکل 21.2.2.1

اسپرینکرهاي دمای بالا: شکل 21.2.2.2

کالاهای کپسول‌سازی‌شده با ارتفاع ۴٫۶ تا ۶٫۱ متر: شرایط خاص



کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

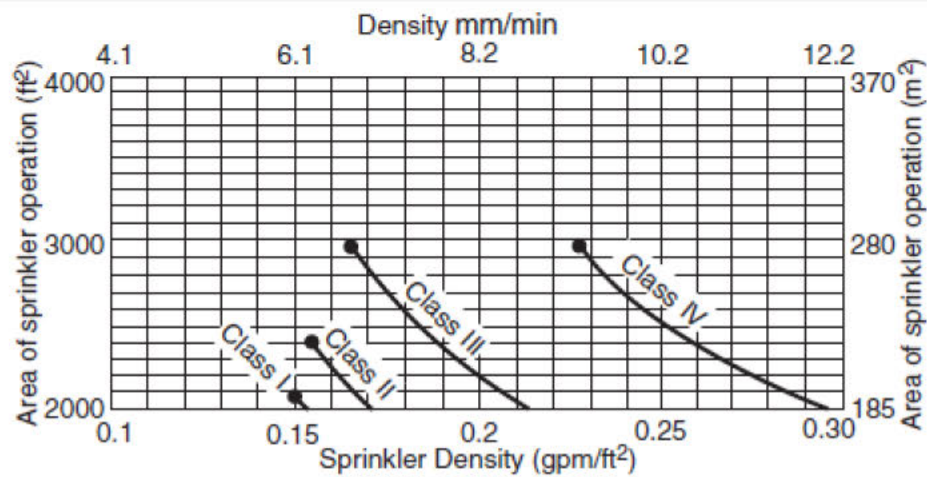


FIGURE 21.2.2.2 Sprinkler System Design Curves for 20 ft (6.1 m) High Storage — High Temperature-Rated Sprinklers.

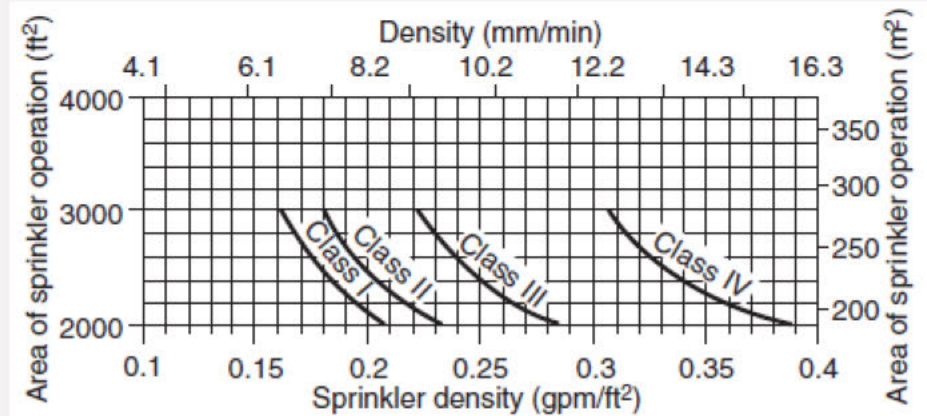
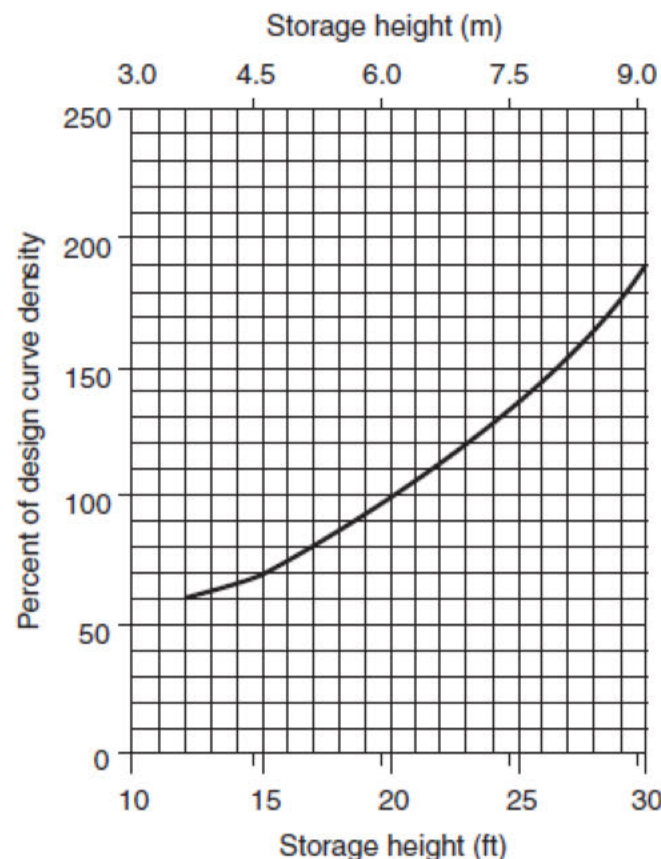


FIGURE 21.2.2.1 Sprinkler System Design Curves for 20 ft (6.1 m) High Storage — Ordinary Temperature-Rated Sprinklers.

- برای اسپرینکرهاي دما معمولی و دما متوسط باید از منحنی‌های مربوط به اسپرینکرهاي دما معمولی استفاده شود.
- برای اسپرینکرهاي دما بالا باید از منحنی‌های مربوط به اسپرینکرهاي دما بالا استفاده شود.
- در صورتی که ضریب K اسپرینکرهاي دما معمولی یا دما متوسط برابر یا بیشتر از ۱۶۰ باشد، برای آنها نیز می‌توان از منحنی‌های مربوط به اسپرینکرهاي دما بالا استفاده کرد.

کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش



نمودارهای شکل‌های 21.2.2.1 و 21.2.2.2 بر اساس ارتفاع انبارش ۶/۱ متر ترسیم شده‌اند. بنابراین برای موارد دیگر، مقدار چگالی به‌دست‌آمده از نمودارهای مساحت/چگالی باید بر اساس ارتفاع انبارش و مطابق با نمودار شکل 21.2.2.3 اصلاح شود.

این کار باید بدون تغییر در مساحت طراحی صورت پذیرد.

مقدار چگالی اسپرینکرهاي CMDA در هیچ شرایطی نباید از ۶/۱ کمتر شود.

FIGURE 21.2.2.3 Ceiling Sprinkler Density vs. Storage Height.

کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

مثال:

در یک انبار، کالاهای کلاس III روی پالت تا ارتفاع حداکثر ۴/۵ متر نگهداری می‌شود. برای محافظت از این انبار از اسپرینکرهاى CMDA دما معمولی استفاده شده است. در این حالت، مقدار چگالی و مساحت طراحی را محاسبه کنید.



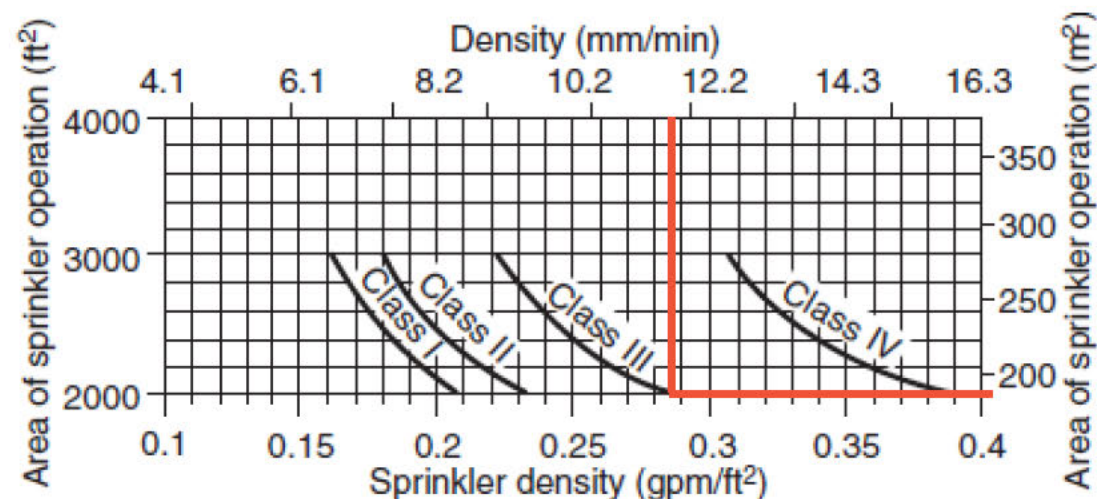
کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

مثال:

در یک انبار، کالاهای کلاس III روی پالت تا ارتفاع حداکثر ۴/۵ متر نگهداری می‌شود. برای محافظت از این انبار از اسپرینکرهاي CMDA دما معمولی استفاده شده است. در این حالت، مقدار چگالی و مساحت طراحی را محاسبه کنید.

اسپرینکرهاي CMDA - کالای کلاس III - انبارش پالت - دما معمولی: نمودار 21.2.2.1

Density: 11.6 mm/min



کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

مثال:

در یک انبار، کالاهای کلاس III روی پالت تا ارتفاع حداکثر ۴/۵ متر نگهداری می‌شود. برای محافظت از این انبار از اسپرینکرهاي CMDA دما معمولی استفاده شده است. در این حالت، مقدار چگالی و مساحت طراحی را محاسبه کنید.

ارتفاع انبارش: ۴/۵ متر < اصلاح چگالی بر اساس نمودار 21.2.2.3

Density: 11.6 mm/min

ضریب اصلاح ارتفاع: 0.7

Density: $11.6 \times 0.7 = 8.1$ mm/min

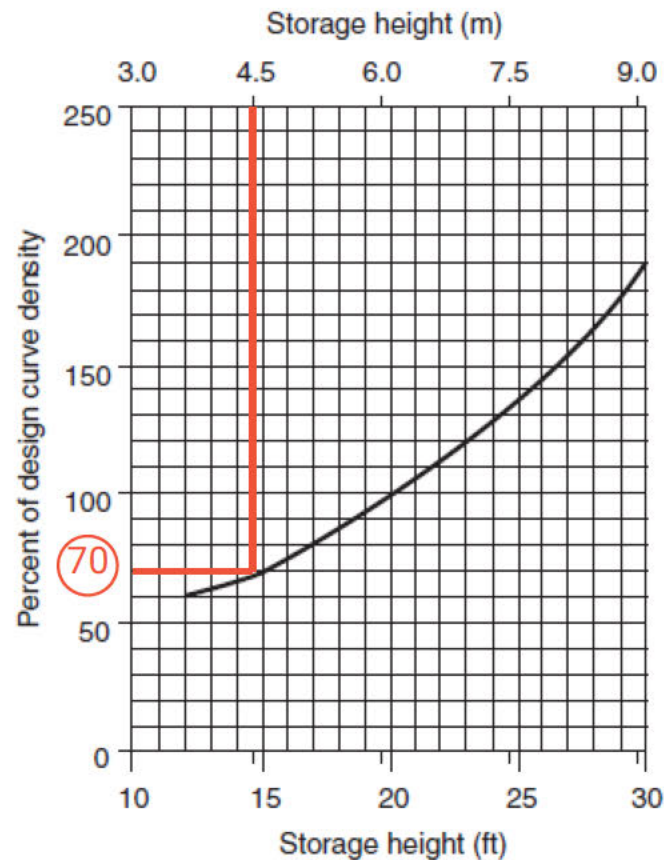


FIGURE 21.2.2.3 Ceiling Sprinkler Density vs. Storage Height.

کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

در صورت استفاده از اسپرینکلر دما بالا

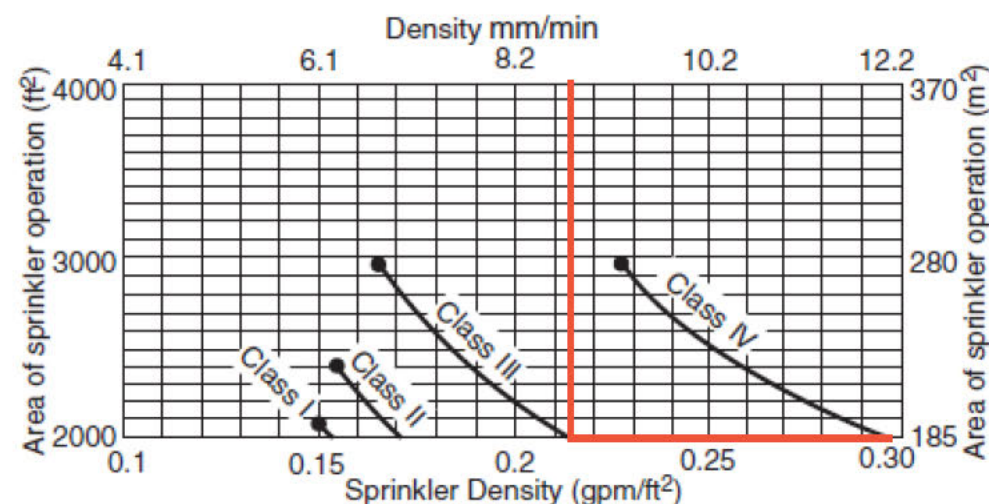
نمودار 21.2.2.2

Density: 8.5 mm/min

ضریب اصلاح ارتفاع: 0.7

Density: $8.5 \times 0.7 = 5.95$ mm/min

با توجه به اینکه مقدار چگالی اسپرینکلرهای CMDA در هیچ شرایطی نباید از ۶٫۱ کمتر شود، برای این مثال باید عدد ۶٫۱ به عنوان Density در نظر گرفته شود.



کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

از اسپرينكلرهاى CMDA برای حفاظت از کالاهای کلاس I تا IV کپسول‌سازی‌شده با ارتفاع انبارش ۴/۶ تا ۶/۱ متر، تنها می‌توان در روش‌های پالت‌بندی و انبارش توده جامد استفاده کرد. در این حالت حتماً باید از اسپرينكلرهاى K-160 یا بزرگ‌تر استفاده شود.

NFPA 13, 2019: 21.2.3.3

• کالاهای کلاس I: حداقل چگالی ۱۸/۷ mm/min روی مساحت ۱۸۵ مترمربع

NFPA 13, 2019: 21.2.3.4

• کالاهای کلاس II: حداقل چگالی ۲۱/۶ mm/min روی مساحت ۱۸۵ مترمربع

NFPA 13, 2019: 21.2.3.5

• کالاهای کلاس III: حداقل چگالی ۲۴/۵ mm/min روی مساحت ۱۸۵ مترمربع

پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها: انبارش رک

در معرض: جدول 21.5.3

- حداکثر ارتفاع سقف: ۶٫۱ متر
- حداکثر ارتفاع انبارش: ۳٫۱ متر
- فقط پلاستیک‌های غیر منبسط‌شده

کارتن‌شده: جدول 21.5.1.1

- کالا می‌تواند با کپسول‌سازی یا بدون کپسول‌سازی باشد.
- حداکثر ارتفاع انبارش: ۷٫۶ متر
- کالاهای پلاستیکی حتماً باید داخل کارتن قرار داشته باشند.
- فاصله آزاد بین بالای مواد انبارشونده تا سقف نباید از ۳٫۱ متر بیشتر باشد.

در اینجا منظور پلاستیک‌های گروه A هستند (پلاستیک‌های گروه B و C: کالاهای کلاس I تا IV)

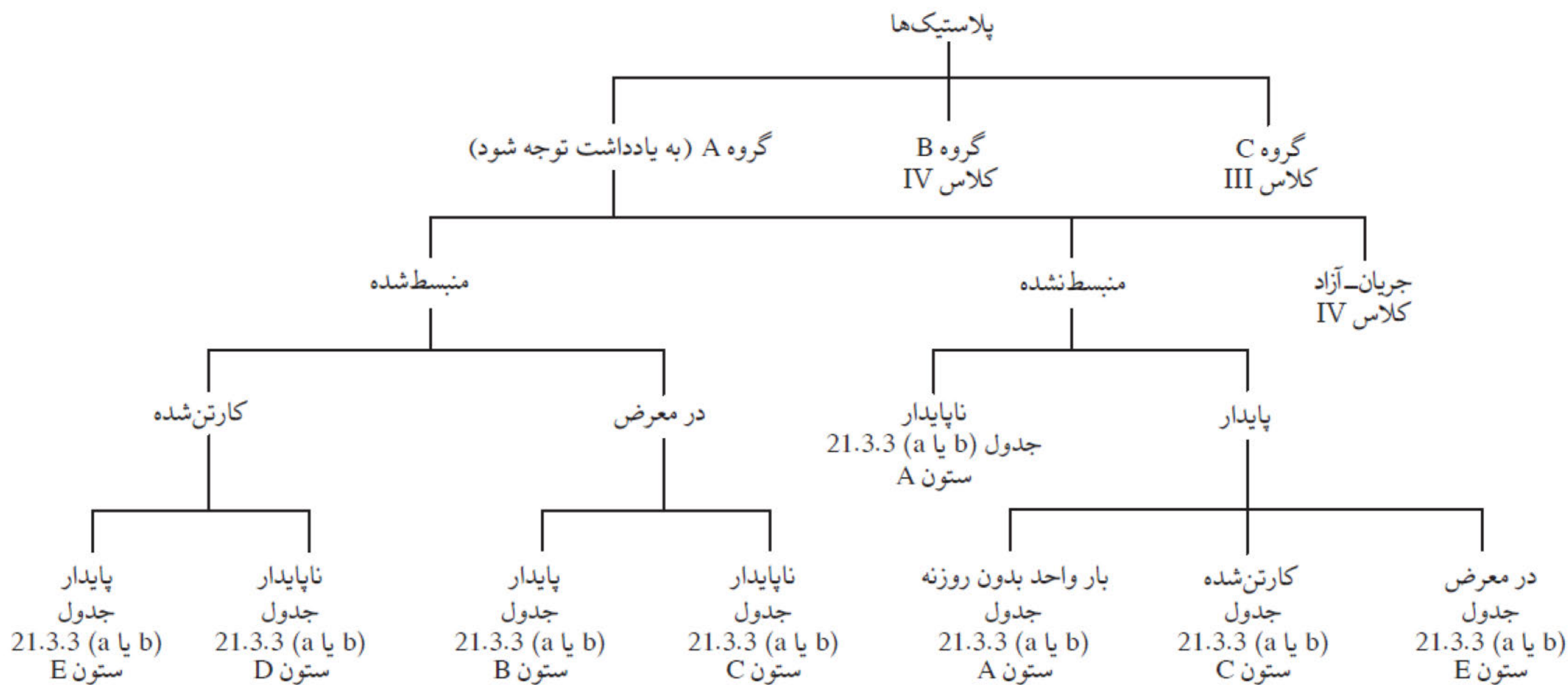


پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها: روش‌های دیگر انبارش

حفاظت از پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها در انبارش توده جامد، جعبه‌های جلوباز، قفسه‌بندی و قفسه‌های پشت‌به‌پشت با اسپرینکلرهای CMDA، فقط در حالتی ممکن است که انبارش کالا مطابق با یکی از شرایط زیر باشد:

- کالاهای انبارشده با روش‌های انبارش توده جامد، پالت‌بندی و جعبه‌های جلوباز با حداکثر ارتفاع ۷٫۶ متر
- کالاهای انبارشده با روش قفسه‌بندی با حداکثر ارتفاع ۴٫۶ متر
- کالاهای انبارشده با روش قفسه‌های پشت‌به‌پشت با شرایط مشخص

NFPA 13, 2019: 21.3.1



- یادداشت: کارت‌های حاوی مواد پلاستیکی گروه A در هر یک از شرایط زیر مجاز هستند تا به عنوان کالاهای کلاس IV شناخته شوند:
۱. چندین لایه از مقوای موج‌دار یا مواد خارجی معادل آن وجود دارد که به مقدار قابل توجهی آتش‌سوزی پلاستیک گروه A را به تأخیر می‌اندازد.
 ۲. چیدمان و مقدار پلاستیک‌های گروه A در داخل کارت‌های تک‌لایه موج‌دار به نحوی است که انتظار افزایش شدید خطر آتش‌سوزی وجود ندارد.

Table 21.3.3(b) Design Densities for Palletized, Solid-Piled, Bin Box, or Shelf Storage of Group A Plastic Commodities (S.I. Units)

Maximum Storage Height (m)	Roof/Ceiling Height (m)	Density (mm/min)				
		A	B	C	D	E
>1.5 to ≤3.6	Up to 4.6	8.2	EH2	12.2	EH1	EH2
	>4.6 to 6.1	12.2	24.5	20.4	EH2	EH2
	>6.1 to 9.7	16.3	32.6	24.5	18.3	28.5
4.6	Up to 6.1	12.2	24.5	20.4	16.3	18.3
	>6.1 to 7.6	16.3	32.6	24.5	18.3	28.5
	>7.6 to 11	18.3	36.7	28.5	22.4	34.6
6.1	Up to 7.6	16.3	32.6	24.5	18.3	28.5
	>7.6 to 9.1	18.3	36.7	28.5	22.4	34.6
	>9.1 to 11	24.5	48.9	34.6	28.5	44.8
7.6	Up to 9.1	18.3	36.7	28.5	22.4	34.6
	>9.1 to 11	24.5	48.9	34.6	28.5	44.8



پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها: روش‌های دیگر انبارش

- در جدول 21.3.3 فقط مقادیر چگالی مشخص شده است. در حالت کلی، این مقادیر باید در حداقل مساحت طراحی ۲۳۰ مترمربع اعمال شوند.
- برای چیدمان‌های بسته می‌توان مساحت طراحی را ۱۸۵ مترمربع در نظر گرفت.
- در مواردی که به EH1 و EH2 اشاره شده است، چگالی و مساحت طراحی باید به‌ترتیب از نمودارهای تصرف‌های پرخطر گروه یک و دو تعیین شود. در این حالت:
- در صورت استفاده از اسپرینکرهاي CMDA دما بالا برای تصرف‌های پرخطر گروه یک، می‌توان مساحت طراحی را ۲۵ درصد کاهش داد، به شرطی که مقدار نهایی آن کمتر از ۱۸۵ مترمربع نشود.
- در صورت استفاده از اسپرینکرهاي K-160 یا بزرگ‌تر، صرف‌نظر از دمای عملکرد اسپرینکرها، می‌توان مساحت طراحی را ۲۵ درصد کاهش داد، به شرطی که مقدار نهایی آن کمتر از ۱۸۵ مترمربع نشود.

پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها: روش‌های دیگر انبارش

برای محافظت از انبارش قفسه‌های پشت‌به‌پشت، در صورتی‌که تمام شرایط زیر برقرار باشد، برای مشخص کردن ضوابط طراحی باید از جدول 21.3.1 استفاده شود.

شرایط:

- حداکثر ارتفاع انبارش ۴/۶ متر باشد.
- حداقل فاصله راهرو ۱/۵ متر باشد.
- قفسه پشت‌به‌پشت باید دیواره جداکننده عمودی سراسری توپر، از جنس تخته چندلایه یا نئوپان به ضخامت ۱۰ میلی‌متر یا صفحه فلزی با ضخامت ۰/۷۸ میلی‌متر یا معادل آن‌ها داشته باشد.
- کالا از نوع پلاستیک‌های گروه A غیرمنبسط‌شده باشد.
- کالا داخل کارتن قرار داشته باشد.

Table 21.3.1 Back-to-Back Shelf Storage of Cartoned Nonexpanded Group A Plastics

Storage Height		Ceiling Height		Protection	
ft	m	ft	m		
Over 5 up to 8	1.5/2.4	Up to 14	4.3	Ordinary Hazard Group 2	
Up to 12	3.7	Up to 15	4.6	0.45 gpm/ft ² over 2500 ft ²	18.3 mm/min/230 m ²
Up to 12	3.7	Up to 30	9.1	0.6 gpm/ft ² over 2500 ft ²	24.5 mm/min/232 m ²
Up to 15	4.6	Up to 30	9.1	0.7 gpm/ft ² over 2500 ft ²	28.5 mm/min/230 m ²



اسپرینکرهاي CMSA



- ضريب K: حداقل ۱۶۰
- استفاده در سيستم‌هاي خشک فقط در صورتی که در جداول مربوطه به آن اشاره شده باشد.
- فاصله بين اسپرینکرها: جدول 13.2.5.2.1 (به طور کلی برای رعایت فواصل اسپرینکرها باید به فصل ۱۳ مراجعه شود).
- حداقل مساحت تحت پوشش: ۷/۴ مترمربع
- حداقل فاصله بين اسپرینکرها: ۲/۴ متر

TABLE 13.2.5.2.1 Protection Areas and Maximum Spacing for CMSA Sprinklers

Construction Type	Protection Area		Maximum Spacing	
	ft ²	m ²	ft	m
Noncombustible unobstructed	130	12	12	3.7
Noncombustible obstructed	130	12	12	3.7
Combustible unobstructed	130	12	12	3.7
Combustible obstructed	100	9	10	3.0
Rack storage combustible obstructed	100	9	10	3.0
Rack storage unobstructed and noncombustible obstructed	100	9	12	3.7

تعیین چگالی و مساحت طراحی

تعیین چگالی و مساحت طراحی اسپرینکرهاي: فصل ۲۲ استاندارد

- بخش 22.2: محافظت با اسپرینکرهاي CMSA برای کلاهای I تا IV در روش‌های انبارش پالت‌بندی و توده جامد
- بخش 22.3: محافظت با اسپرینکرهاي CMSA برای پلاستیک‌های گروه A در روش‌های انبارش پالت‌بندی و توده جامد
- بخش 22.4: محافظت با اسپرینکرهاي CMSA برای کلاهای I تا IV در انبارش رک
- بخش 22.5: محافظت با اسپرینکرهاي CMSA برای پلاستیک‌های گروه A در انبارش رک

هنگام استفاده از اسپرینکرهاي CMSA در انبارش رک، باید دقت شود که در این بخش فقط الزامات مربوط به اسپرینکرهاي سقفی بیان شده است و استفاده از اسپرینکرهاي سقفی فقط در رک‌های باز امکان‌پذیر است. (در غیر این صورت: In-rack Sprinkler)

روش انبارش

- رک
- سایر موارد

طبقه‌بندی کالا

- کلاس I تا IV
- پلاستیک گروه A

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

- حفاظت از رک‌های یک، دو و چندردیفه با اسپرینکرهاي CMSA برای کالاهای کلاس I تا IV بر اساس جدول 22.4 انجام می‌شود.
- در این جدول تعداد اسپرینکرهاي داخل مساحت طراحی (Number of design sprinklers) و حداقل فشار کاری (Minimum operating pressure) آن‌ها مشخص می‌شود.

TABLE 22.4 CMSA Sprinkler Design Criteria for Rack Storage of Class I Through Class IV Commodities (Encapsulated and Nonencapsulated)

Storage Arrangement	Commodity Class	Maximum Storage Height		Maximum Ceiling/ Roof Height		K-Factor/ Orientation	Type of System	Number of Design Sprinklers	Minimum Operating Pressure	
		ft	m	ft	m				psi	bar
Single-, double-, and multiple-row racks (no open-top containers)	Class I or II	20	6.1	30	9.1	11.2 (160) Upright	Wet	15	25	1.7
							Dry	25	25	1.7
						16.8 (240) Upright	Wet	15	10	0.7
							Dry	25	15	1.0
						19.6 (280) Pendent	Wet	15	16	1.1
						25.2 (360) Pendent	Wet	15	10	0.7
				40	12	25.2 (360) Pendent	Wet	15	23	1.6
		25	7.6	30	9.1	11.2 (160) Upright	Wet	20	25	1.7
							Dry	30	25	1.7
						16.8 (240) Upright	Wet	15	10	0.7
							Dry	30	15	1.0
						19.6 (280) Pendent	Wet	15	16	1.1
						25.2 (360) Pendent	Wet	15	10	0.7
				40	12	25.2 (360) Pendent	Wet	15	23	1.6

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

روش تعیین مقدار آب مورد نیاز اسپرینکرهاي CMSA با دیگر روش‌های محاسبات هیدرولیکی مساحت/چگالی کمی تفاوت دارد. در استاندارد NFPA 13، برای اسپرینکرهاي CMSA به‌جای مساحت طراحی و چگالی مورد نیاز اسپرینکرها در نمودارها، مستقیماً تعداد و حداقل فشار کاری اسپرینکرهاي داخل مساحت طراحی مشخص شده است.

بر اساس تعریف، مساحت طراحی اسپرینکرهاي CMSA شکلی مستطیلی است که یکی از اضلاع آن موازی با شاخه‌ها و طول این ضلع حداقل ۱٫۲ برابر ریشهٔ مجموع حداکثر مساحت‌های تحت پوشش اسپرینکرهاي داخل مساحت طراحی است. یعنی:

$$L = 1.2\sqrt{A}$$

L: حداقل طول مساحت طراحی در راستای شاخه‌ها

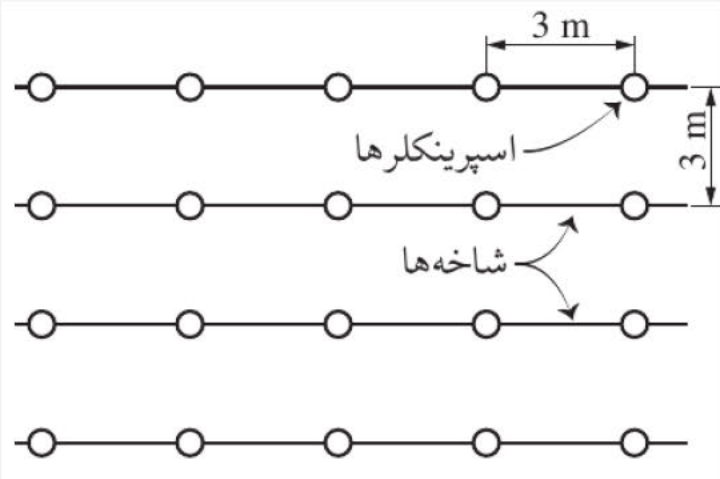
A: مجموع **حداکثر** مساحت تحت پوشش اسپرینکرهاي طراحی

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

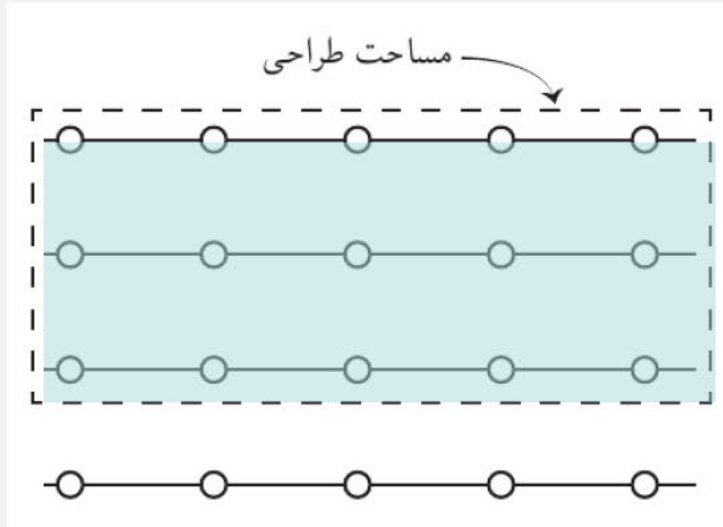
مثال:

در شکل روبرو بخشی از شبکه لوله‌کشی سیستم اسپرینکлер نشان داده شده است. با فرض برقرار بودن شرایط زیر مقدار مساحت طراحی، حداقل طول مساحت طراحی و تعداد اسپرینکرها در راستای شاخه‌ها را محاسبه کنید.

- مساحت تحت پوشش هر یک از اسپرینکرها: $9/3$ مترمربع
- فاصله بین اسپرینکرها از یکدیگر: ۳ متر
- تعداد اسپرینکلهای داخل مساحت طراحی: ۱۵ عدد



کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک



مقدار مساحت طراحی برابر است با حاصل ضرب تعداد اسپرینکرها در مساحت تحت پوشش هر یک از آنها. یعنی:

$$A = 15 \times 9.3 = 139.5$$

طول L در راستای شاخه‌ها:

$$L = 1.2\sqrt{139.5} = 14.2 \text{ m}$$

با تقسیم طول L بر فاصله بین اسپرینکرها، تعداد اسپرینکرهاي قرار گرفته روی هر شاخه مشخص می‌شود:

$$\frac{14.2}{3} = 4.7$$

بنابراین، همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، شکل مساحت طراحی یک مستطیل شامل ۱۵ اسپرینکلر است که روی هر یک از شاخه‌ها حداقل پنج اسپرینکلر قرار دارد.

کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

- به جز انبارش رک، حفاظت از کالاهای کلاس I تا IV با اسپرینکلهای CMSA فقط در روش‌های انبارش توده جامد و پالت‌بندی امکان‌پذیر است. برای محافظت از دیگر روش‌های انبارش (جعبه‌های جلو باز و قفسه‌بندی) باید از اسپرینکلهای اسپری‌کننده CMDA استفاده شود.

در این حالت، ضوابط طراحی باید بر اساس جدول 22.2 انجام شود.

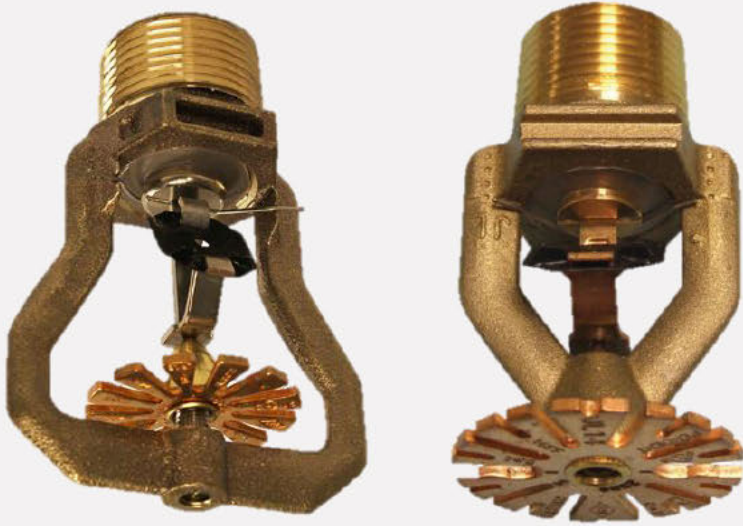
پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها: انبارش رک

- حفاظت از رک‌های یک، دو و چندردیفه با اسپرینکلهای CMSA برای پلاستیک‌های گروه A باید بر اساس جدول 22.5 انجام شود.

پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها: روش‌های دیگر انبارش

- حفاظت از کالاهای ساخته‌شده از پلاستیک‌های گروه A منبسط‌شده و غیرمنبسط‌شده با اسپرینکلهای CMSA، فقط در روش‌های انبارش توده جامد و پالت‌بندی امکان‌پذیر است. در این موارد، باید به جدول 22.3 مراجعه شود.
- برای محافظت از روش‌های انبارش جعبه‌های جلو باز و قفسه‌بندی باید از اسپرینکلهای اسپری‌کننده (CMDA) استفاده شود

اسپرینکرهاي ESFR



- ضريب K: حداقل ۱۶۰ (نمونه‌هاي متداول: K-200، K-240، K-320 و K-360)
- فقط براي سيستم اسپرينکلر لوله تر قابل استفاده است.
- ضريب K و حداقل فشار مورد نياز اسپرينکلر از طريق جداول و بر اساس طبقه‌بندي خطر مشخص مي‌شود.
- نمي‌توان از آن براي حفاظت از انبارهاي با ظروف روباز (Open-top containers) استفاده کرد.
- براي طراحي سيستم اسپرينکلر در رک‌هاي بسته، علاوه بر اسپرينکلرهاي سقفي به اسپرينکلرهاي ميانه-رک نيز نياز خواهد بود که ضوابط آن در فصل ۲۵ استاندارد مطرح مي‌شود.

اسپرینکرهاي ESFR

- فاصله بين اسپرینکرها: جدول 14.2.8.2.1 (به طور کلی برای رعایت فواصل اسپرینکرها باید به فصل ۱۴ مراجعه شود).
- حداقل مساحت تحت پوشش: ۵/۹ مترمربع
- حداقل فاصله بين اسپرینکرها: ۲/۴ متر

TABLE 14.2.8.2.1 Protection Areas and Maximum Spacing of ESFR Sprinklers

Construction Type	Ceiling/Roof Heights Up to 30 ft (9.1 m)				Ceiling/Roof Heights Over 30 ft (9.1 m)			
	Protection Area		Spacing		Protection Area		Spacing	
	ft ²	m ²	ft	m	ft ²	m ²	ft	m
Noncombustible unobstructed	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0
Noncombustible obstructed	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0
Combustible unobstructed	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0
Combustible obstructed	N/A		N/A		N/A		N/A	



اسپرینکرهاي ESFR

- روش تعیین مقدار آب مورد نیاز این اسپرینکرها به این ترتیب است که در جداول استاندارد، ضریب K و حداقل فشار مورد نیاز اسپرینکلر بر اساس طبقه‌بندی خطر کالا، روش انبارش، ارتفاع سقف و غیره مشخص شده است.
- شکل و مساحت طراحی اسپرینکرهاي ESFR نیز به‌طور کامل در استاندارد مشخص شده است. در حالت کلی، مساحت طراحی این اسپرینکرها شامل ۱۲ اسپرینکلر می‌شود (در سه شاخه، که روی هر یک از آن‌ها چهار اسپرینکلر قرار دارد) که از لحاظ هیدرولیکی به بیشترین مقدار آب نیاز دارند.

کالاهای کلاس I تا IV: انبارش رک

- حفاظت از رک‌های یک، دو و چندردیفه با اسپرینکلرهای ESFR، برای کالاهای کلاس I تا IV باید بر اساس جدول 23.5.1 انجام شود.
- یکی از برتری‌های اساسی اسپرینکلرهای ESFR، قابلیت استفاده آن‌ها در انبارهای مرتفع، بدون بهره‌گیری از اسپرینکلرهای میان-رک است. بر اساس جدول 23.5.1 مقادیر مجاز حداکثر ارتفاع سقف و ارتفاع انبارش این اسپرینکلرها در مقایسه با اسپرینکلرهای CMDA و CMSA به‌طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است.



TABLE 23.5.1 ESFR Sprinkler Protection of Rack Storage of Class I Through Class IV Commodities

<i>Storage Arrangement</i>	<i>Commodity</i>	<i>Maximum Storage Height</i>		<i>Maximum Ceiling/Roof Height</i>		<i>Nominal K-Factor</i>	<i>Orientation</i>	<i>Minimum Operating Pressure</i>	
		<i>ft</i>	<i>m</i>	<i>ft</i>	<i>m</i>			<i>psi</i>	<i>bar</i>
Single-row, double-row, and multiple-row racks (no open-top containers)	Class I, II, III, or IV, encapsulated or nonencapsulated	20	6.1	25	7.6	14 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1
				30	9.1	14 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1
				35	11	14 (200)	Upright/pendent	75	5.2
						16.8 (240)	Upright/pendent	52	3.6
						22.4 (320)	Pendent	35	2.4
						25.2 (360)	Pendent	20	1.4
				40	12	16.8 (240)	Pendent	52	3.6
						22.4 (320)	Pendent	40	2.8
						25.2 (360)	Pendent	25	1.7
				45	14	14 (200)	Pendent*	NA	NA
						16.8 (240)	Pendent*	NA	NA
						22.4 (320)	Pendent	40	2.8
						25.2 (360)	Pendent	40	2.8
				30	9.1	14 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7



کالاهای کلاس I تا IV: روش‌های دیگر انبارش

- به‌جز انبارش رک، حفاظت از کالاهای کلاس I تا IV با اسپرینکلرهای ESFR فقط در روش‌های انبارش توده جامد و پالت‌بندی امکان‌پذیر است. این موضوع دقیقاً برای اسپرینکلرهای CMSA نیز صادق است. بنابراین، برای محافظت از روش‌های انبارش جعبه‌های جلوباز و قفسه‌بندی باید از اسپرینکلرهای اسپری‌کننده (CMDA) استفاده شود.
- ضوابط طراحی اسپرینکلرهای ESFR، برای کالاهای کلاس I تا IV در روش‌های انبارش توده جامد و پالت‌بندی، در جدول 23.3.1 آمده است.



TABLE 23.3.1 ESRF Protection of Palletized and Solid-Piled Storage of Class I Through Class IV Commodities

<i>Commodity</i>	<i>Maximum Storage Height</i>		<i>Maximum Ceiling/ Roof Height</i>		<i>Nominal K-Factor</i>	<i>Orientation</i>	<i>Minimum Operating Pressure</i>	
	<i>ft</i>	<i>m</i>	<i>ft</i>	<i>m</i>			<i>psi</i>	<i>bar</i>
Class I, II, III, or IV, encapsulated and nonencapsulated (no open-top containers)	20	6.1	25	7.6	14.0 (200)	Upright/pendent	50	3.4
					16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
					22.4 (320)	Pendent	25	1.7
					25.2 (360)	Pendent	15	1.0
	25	7.6	30	9.1	14.0 (200)	Upright/pendent	50	3.4
					16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
					22.4 (320)	Pendent	25	1.7
					25.2 (360)	Pendent	15	1.0
			32	10	14.0 (200)	Upright/pendent	60	4.1
					16.8 (240)	Upright/pendent	42	2.9
	30	9.1	35	11	14.0 (200)	Upright/pendent	75	5.2
					16.8 (240)	Upright/pendent	52	3.6
					22.4 (320)	Pendent	35	2.4
					25.2 (360)	Pendent	20	1.4
	35	11	40	12	16.8 (240)	Pendent	52	3.6
					22.4 (320)	Pendent	40	2.7
					25.2 (360)	Pendent	25	1.7
	35	11	45	14	22.4 (320)	Pendent	40	2.7
					25.2 (360)	Pendent	40	2.7
	40	12	45	14	22.4 (320)	Pendent	40	2.7
					25.2 (360)	Pendent	40	2.7



پلاستیک‌ها: انبارش رک

- حفاظت از رک‌های یک، دو و چندردیفه با اسپرینکلرهای ESFR برای انواع پلاستیک‌های گروه A (کارتن‌شده، در معرض، منبسط‌شده و غیرمنبسط‌شده) باید بر اساس جدول 23.6.1 انجام شود.



TABLE 23.6.1 ESFR Protection of Rack Storage of Group A Plastic Commodities

Storage Arrangement	Commodity	Maximum Storage Height		Maximum Ceiling/Roof Height		Nominal K-Factor	Orientation	Minimum Operating Pressure	
		ft	m	ft	m			psi	bar
Single-, double-, and multiple-row racks (no open-top containers)	Cartoned nonexpanded	20	6.1	25	7.6	14 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1
				30	9.1	14 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1
				35	11	14 (200)	Upright/pendent	75	5.2
						16.8 (240)	Upright/pendent	52	3.6
						22.4 (320)	Pendent	35	2.4
						25.2 (360)	Pendent	20	1.4
				40	12	16.8 (240)	Pendent	52	3.6
						22.4 (320)	Pendent	40	2.7
						25.2 (360)	Pendent	25	1.7
				45	14	14 (200)	Pendent*	NA	NA
						16.8 (240)	Pendent*	NA	NA
						22.4 (320)	Pendent	40	2.7
						25.2 (360)	Pendent	40	2.7
						14 (200)	Upright/pendent	50	3.4



پلاستیک‌ها: روش‌های انبارش دیگر

- حفاظت از کالاهای ساخته‌شده از پلاستیک‌های گروه A منبسط‌شده و غیرمنبسط‌شده با اسپرینکلرهای ESFR، همانند اسپرینکلرهای CMSA، فقط در روش‌های انبارش توده جامد و پالت‌بندی امکان‌پذیر است. برای این کار به جدول 23.4.2 مراجعه شود.
- برای محافظت از روش‌های انبارش جعبه‌های جلوباز و قفسه‌بندی باید از اسپرینکلرهای اسپری‌کننده (CMDA) استفاده شود.

TABLE 23.4.2 ESFR Protection of Palletized and Solid-Piled Storage of Group A Plastic Commodities

<i>Storage Arrangement</i>	<i>Commodity</i>	<i>Maximum Storage Height</i>		<i>Maximum Ceiling/Roof Height</i>		<i>Nominal K-Factor</i>	<i>Orientation</i>	<i>Minimum Operating Pressure</i>	
		<i>ft</i>	<i>m</i>	<i>ft</i>	<i>m</i>			<i>psi</i>	<i>bar</i>
Palletized and solid-piled storage (no open-top containers)	Cartoned nonexpanded plastic	20	6.1	25	7.6	14.0 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1.0
			6.1	30	9.1	14.0 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1.0
			6.1	35	11	14.0 (200)	Upright/pendent	75	5.2
						16.8 (240)	Upright/pendent	52	3.6
						22.4 (320)	Pendent	35	2.4
						25.2 (360)	Pendent	20	1.4
		25	7.6	40	12	16.8 (240)	Pendent	52	3.6
						22.4 (320)	Pendent	40	2.7
						25.2 (360)	Pendent	25	1.7
				45	14	22.4 (320)	Pendent	40	2.7
						25.2 (360)	Pendent	40	2.7
				30	9.1	14.0 (200)	Upright/pendent	50	3.4
						16.8 (240)	Upright/pendent	35	2.4
						22.4 (320)	Pendent	25	1.7
						25.2 (360)	Pendent	15	1.0
				32	10	14.0 (200)	Upright/pendent	60	4.1
						16.8 (240)	Upright/pendent	42	2.9
						14.0 (200)	Upright or pendent	75	5.2