دليل هندسة الوقاية من الحرائق: من الأساسيات إلى الإتقان

رحلة شاملة عبر علوم وأنظمة مكافحة الحرائق وفقًا لأكواد NFPA

تامر شراكي
دكتور. عبدالله
Dr. Tamer Abdallah Sharaki
استشارى الأمن والسلامة المهنيه
Occupational Safety and Security Consultant

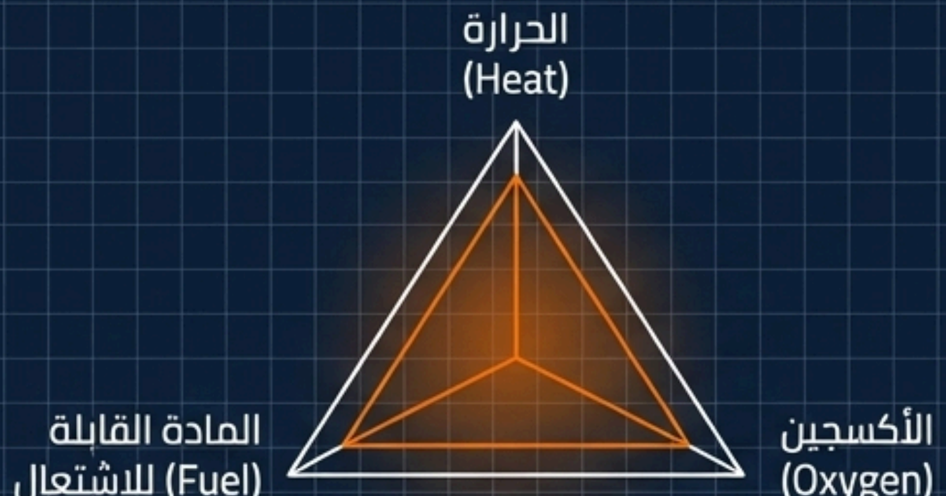
INDIVIDUAL
NFPA
MEMBER

عرض تقديمي للقراءة والمشاركة، مصمم للمهندسين والمتخصصين في مجال السلامة.

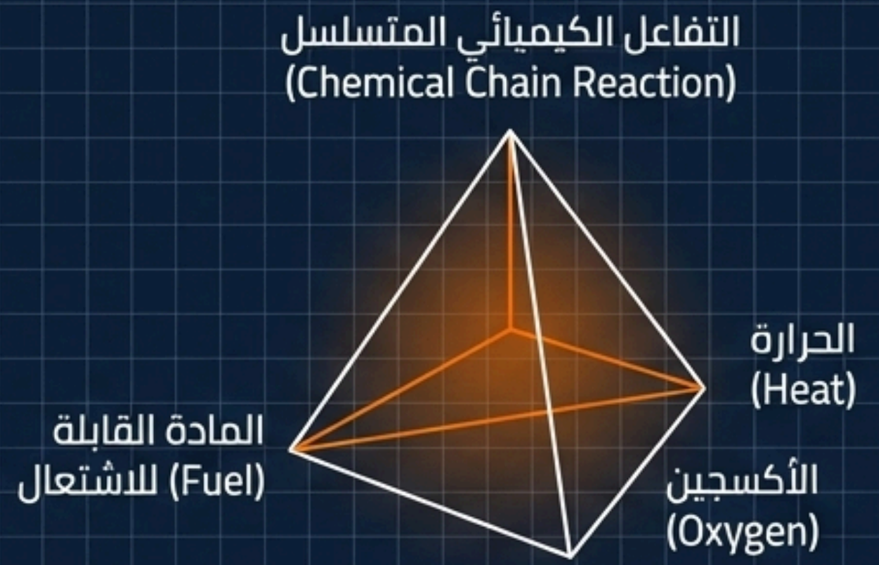
لماذا مكافحة الحرائق؟ حماية الأرواح والممتلكات كغاية أساسية.

- الغرض الجوهري من أي نظام لمكافحة الحرائق هو حماية الأرواح أولاً، ثم الممتلكات.
- تفرض الجهات التنظيمية، مثل إدارات الحماية المدنية، على أصحاب المباني والمنشآت تركيب أنظمة فعّالة كشرط أساسي للحصول على تراخيص التشغيل.
- يتمحور دور مهندس الميكانيكا حول تصميم وتنفيذ أنظمة الإطفاء (Fire Fighting)، بينما يتولى مهندس الكهرباء أنظمة الإنذار (Fire Alarm)، ويتخصص المهندس المعماري في سلامة الأرواح وتصميم مسارات الهروب (Fire Safety).
- يجب اعتماد جميع المخططات التنفيذية من قبل الحماية المدنية لضمان توافقها مع المعايير المعتمدة.

فهم العدو: ما هو الحريق؟



مثلث الحريق (Fire Triangle)



رباعي الحريق (Fire Tetrahedron)

هدف المكافحة: كسر أحد أضلاع هذا الرباعي لإيقاف الحريق.

التجويع (Starving):
إزالة المادة القابلة للاشتعال.

الخنق (Smothering):
إزالة الأكسجين (تقليل نسبته لأقل من 16%) باستخدام غازات خاملة.

التبريد (Cooling):
إزالة الحرارة باستخدام الماء.

قواعد الاشتباك: الأكواد والمعايير التي تحكم الممارسة الهندسية

الجمعية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) هي المنظمة الدولية الرائدة التي تضع الأكواد والمعايير لأنظمة الحماية من الحريق. الالتزام بهذه الأكواد يضمن تصميمًا آمنًا وفعّالاً.

NFPA 20
تركيب مضخات الحريق الثابتة
(Installation of Stationary Pumps)

NFPA 13
تركيب أنظمة الرشاشات المائية
(Installation of Sprinkler Systems)

NFPA 10
طفايات الحريق المحمولة
(Portable Fire Extinguishers)

NFPA 22
خزانات المياه للحماية من الحرائق
(Water Tanks for Private Fire Protection)

NFPA 72
الكود الوطني للإنذار والإشارة
(National Fire Alarm and Signaling Code)

NFPA 14
أنظمة صناديق الحريق
(Installation of Standpipe and Hose Systems)

NFPA 101
كود سلامة الأرواح
(Life Safety Code)

NFPA 2001
أنظمة الإطفاء بالغازات النظيفة
(Clean Agent Fire Extinguishing Systems)

الإضافة إلى NFPA، توجد أكواد محلية (مثل الكود المصري، السعودي) ومعايير أخرى مثل (UL, FM) يجب أخذها في الاعتبار.

NotebookLM

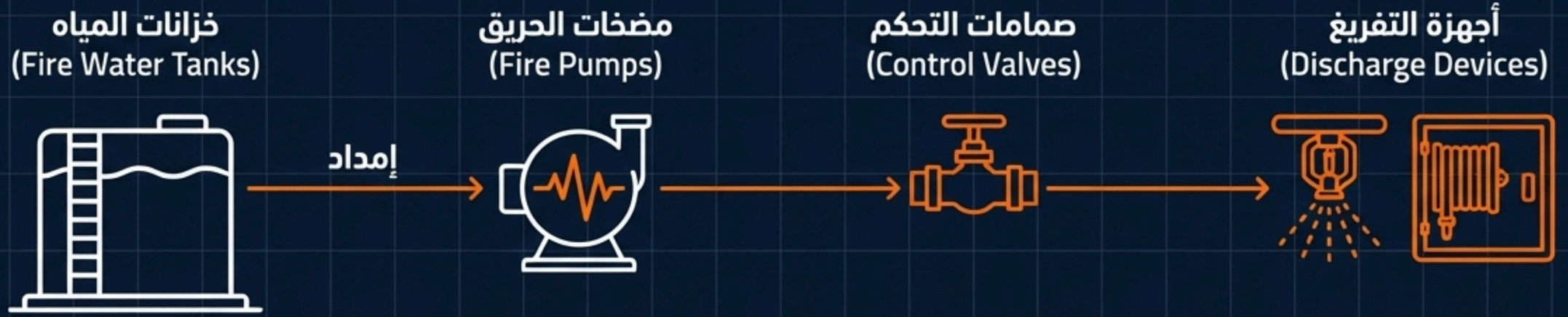
تقييم ساحة المعركة: تصنيف الإشغالات حسب درجة الخطورة

قبل البدء في تصميم أي نظام، يجب تحديد درجة خطورة الإشغال (Occupancy Hazard) للمبنى. هذا التصنيف يحدد متطلبات التصميم، مثل كثافة المياه ومساحة التغطية للرشاشات.

درجة الخطورة (Hazard)	الوصف	أمثلة	
خطورة منخفضة (Light Hazard)	تحتوي على كمية قليلة من المواد القابلة للاحتراق، ومعدلات انبعاث حرارة منخفضة متوقعة.	مباني دينية، مكاتب، مستشفيات، مدارس، مبانٍ سكنية.	
خطورة عادية (Ordinary Hazard)	**المجموعة 1:** قابلية احتراق منخفضة ومعدلات حرارة متوسطة. **المجموعة 2:** قابلية احتراق متوسطة إلى عالية ومعدلات حرارة عالية.	**مجموعة 1:** مواقف سيارات، مخابز، مصانع إلكترونيات. **مجموعة 2:** مصانع كيماويات، ورش أشغال معادن، معامل تقطير.	
خطورة عالية (Extra Hazard)	**المجموعة 1:** تحتوي على مواد قابلة للاشتعال أو سوائل هيدروليكية، مع وجود غبار. **المجموعة 2:** تحتوي على سوائل قابلة للاشتعال بكميات كبيرة.	**مجموعة 1:** هناجر الطائرات، مصانع الألواح الخشبية. **مجموعة 2:** أماكن رش السوائل القابلة للاشتعال، مصانع البلاستيك.	

خط الدفاع الأول: نظرة عامة على أنظمة الرشاشات المائية

أنظمة الرشاشات المائية هي أكثر أنظمة الإطفاء التلقائي شيوعًا وفعالية. الكود المرجعي لها هو **NFPA 13**.



أنواع أنظمة الرشاشات الرئيسية

نظام التشغيل المسبق
(Pre-action System)

نظام مزدوج التحقق لمنع التفريغ الخاطئ، للأماكن الحساسة.

نظام الغمر
(Deluge System)

يستخدم رشاشات مفتوحة لإغراق منطقة بأكملها، للمخاطر العالية.

النظام الجاف
(Dry Pipe System)

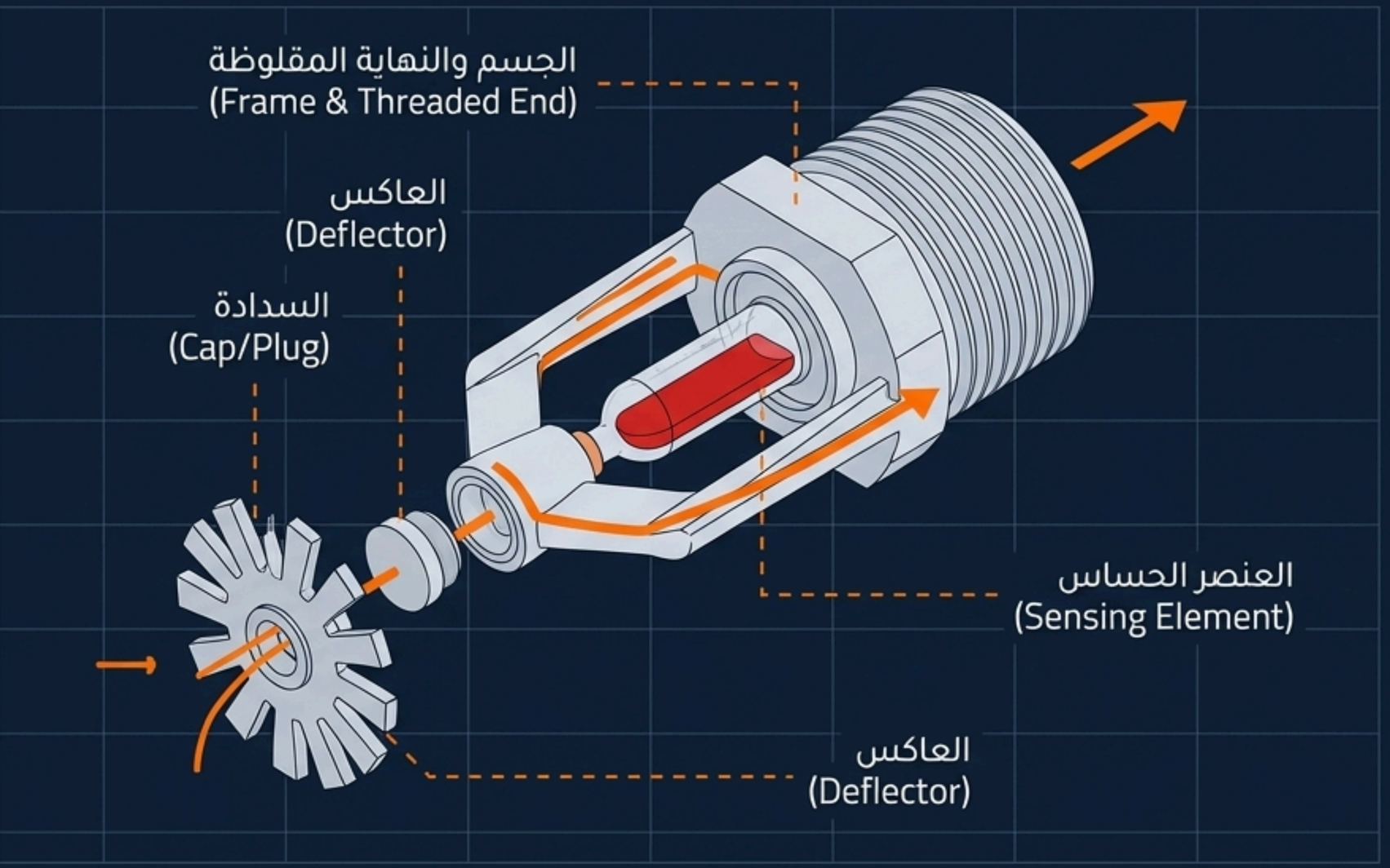
الأنابيب مملوءة بالهواء، للمناطق الباردة.

النظام الرطب
(Wet Pipe System)

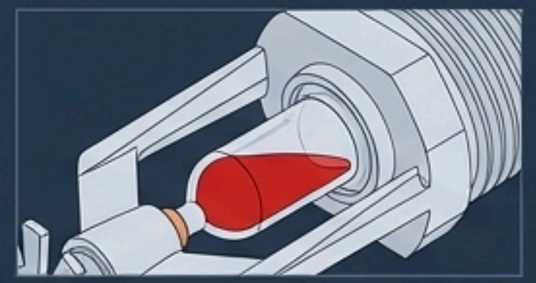
الأكثر شيوعًا، الأنابيب مملوءة بالماء دائمًا.

تشريح الرشاش: المكونات وآلية العمل

وظيفة الرشاش هي الاستجابة للحرارة وتوزيع المياه على مساحة محددة لإخماد الحريق. فهم مكوناته أمر أساسي لفهم أدائه.

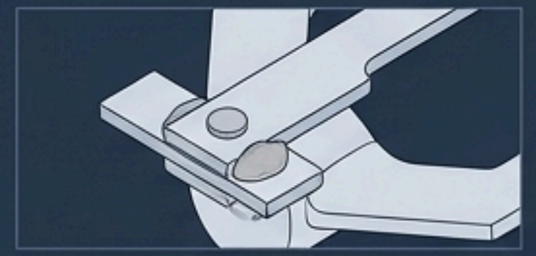


أنواع العنصر الحساس



الفقاعة الزجاجية (Glass Bulb)

أنبوب زجاجي يحتوي على سائل ملون ينمدد بالحرارة ويكسر الزجاج. هو النوع الأكثر شيوعًا واستخدامًا.



الوصلة القابلة للانصهار (Fusible Link)

وصلة معدنية تنصهر عند درجة حرارة معينة. غير شائعة وتستخدم وتستخدم في المخازن.

خصائص الرشاشات: علم الاستجابة والأداء

لا تتشابه جميع الرشاشات. يعتمد اختيار الرشاش المناسب على طبيعة الخطر وارتفاع السقف وسرعة السط، وسرعة انتشار الحريق المتوقعة.

معامل التفريغ (K-Factor)

قيمة K-Factor	حجم الفتحة
5.6 (الأكثر شيوعًا)	½ بوصة
8.0 (للأسقف المرتفعة)	¾ بوصة

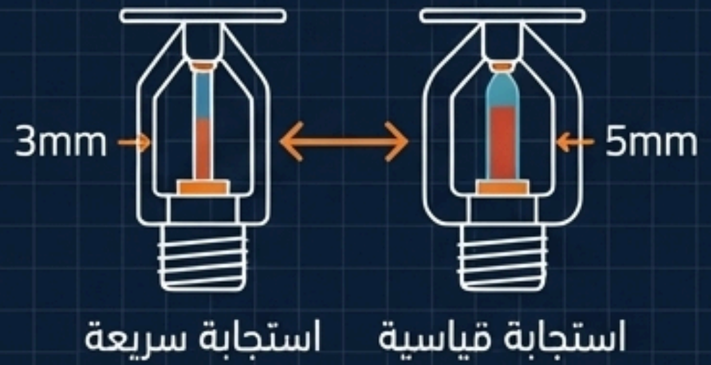
يعبر عن كمية المياه المتدفقة من الرشاش عند ضغط معين.

$$Q = K * \sqrt{P}$$

معدل درجة الحرارة (Temperature Rating)

هي درجة الحرارة التي يفتح عندها الرشاش. يتم اختيارها بناءً على أقصى درجة حرارة متوقعة للسقف.

الحساسية الحرارية (Thermal Sensitivity)

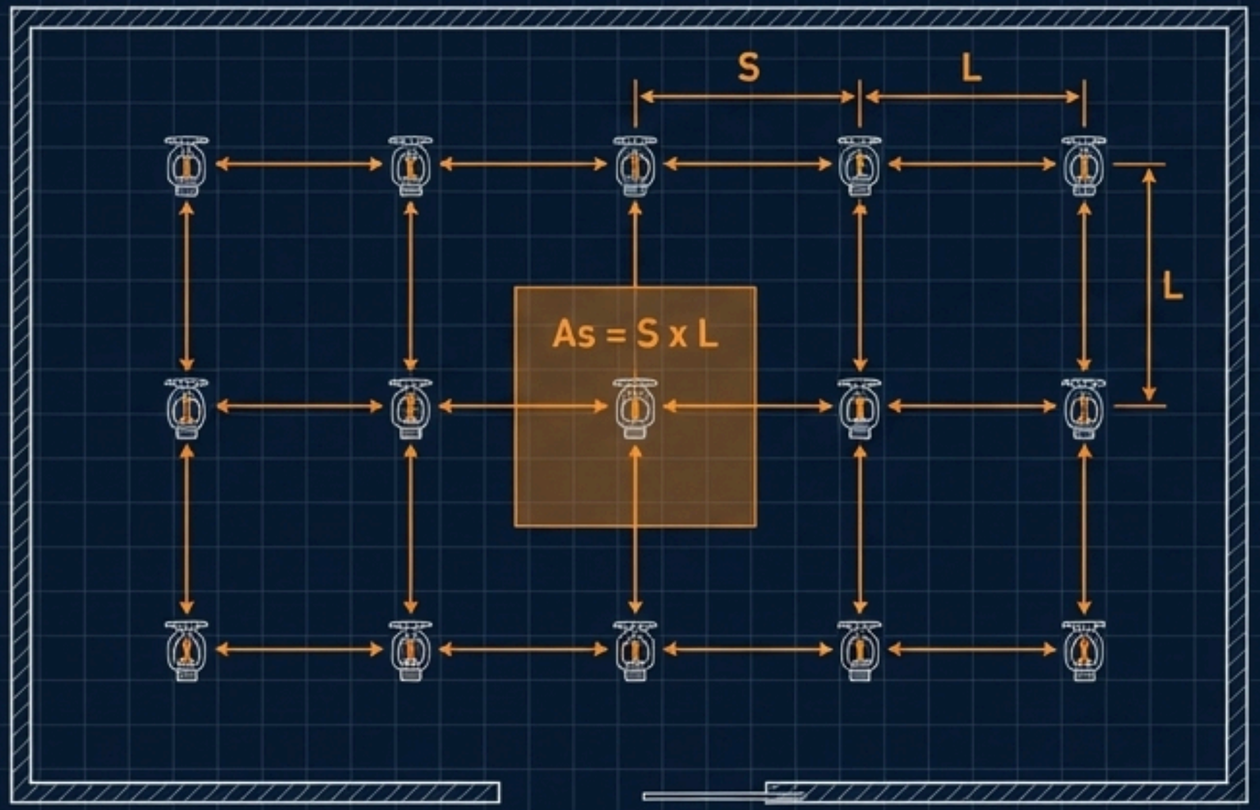


تقاس بـ **مؤشر زمن الاستجابة (RTI)**.

- استجابة قياسية (Standard Response): RTI ≥ 80 ms½ (سمك الفقاعة 5 مم).
- استجابة سريعة (Fast Response): RTI ≤ 50 ms½ (سمك الفقاعة 3 مم)، تستخدم في المخاطر العالية.

استراتيجية التغطية: توزيع وتوجيه الرشاشات

التوزيع الصحيح للرشاشات يضمن عدم وجود 'مناطق ميتة' ويوفر تغطية متداخلة (Overlap) لإخماد الحريق بفعالية.



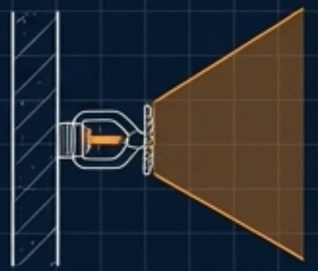
- أدنى مسافة بين الرشاشات: 1.8 متر (لمنع تبريد رشاش لآخر).
- المسافة من الحائط: يجب ألا تزيد عن نصف المسافة القصوى المسموح بها بين الرشاشات.

أقصى مسافة بين الرشاشات	أقصى مساحة تغطية للرشاش	درجة الخطورة
4.6 م (15 قدم)	20 م² (225 قدم²)	منخفضة (Light)
4.6 م (15 قدم)	12 م² (130 قدم²)	عادية (Ordinary)
3.7 م (12 قدم)	9 م² (100 قدم²)	عالية (Extra)

أنواع التركيب (Installation Orientation)

معلق (Pendent): يركب لأسفل، شائع مع الأسقف المستعارة.

قائم (Upright): يركب لأعلى، شائع في الجراجات والمخازن.



جداري (Sidewall): يركب على الجدران، شائع في غرف الفنادق.

المخطط الرئيسي: خطوات التصميم الهيدروليكي للشبكة

الهدف النهائي من التصميم هو تحديد الضغط (P pump) ومعدل التدفق (Q pump) المطلوبين من مضخة الحريق لضمان وصول كمية كافية من المياه إلى أبعد وأصعب منطقة في الشبكة أثناء الحريق.

تحديد نوع النظام ودرجة الخطورة (Light, Ordinary, Extra)

↓

رسم شبكة الرشاشات وتحديد مسارات الأنابيب (Tree, Looped, Gridded)

↓

تحديد مساحة التصميم (Area of Operation)
- اختيار أبعد مساحة هيدروليكيًا عن المضخة (عادة 1500 قدم²)

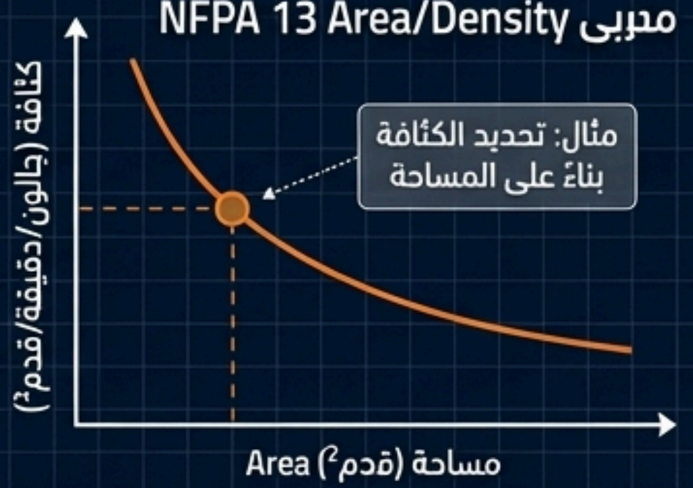
↓

تحديد كثافة التدفق (Density) - من منحنيات Area/Density في NFPA 13 بناءً على درجة الخطورة

↓

الحسابات الهيدروليكية (التكرار لكل رشاش وقطعة أنبوب وصولاً إلى المضخة)

مخطط Area/Density من NFPA 13



معادلة Hazen-Williams لفقدان الضغط

$$P = 4.52 * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}}$$

حيث:
P = فقدان الضغط (psi)،
Q = معدل التدفق (gpm)،
C = معامل خشونة الأنبوب (Hazen-Williams C-factor)،
d = قطر الأنبوب (بوصة)

قلب النظام النابض: مضخات الحريق

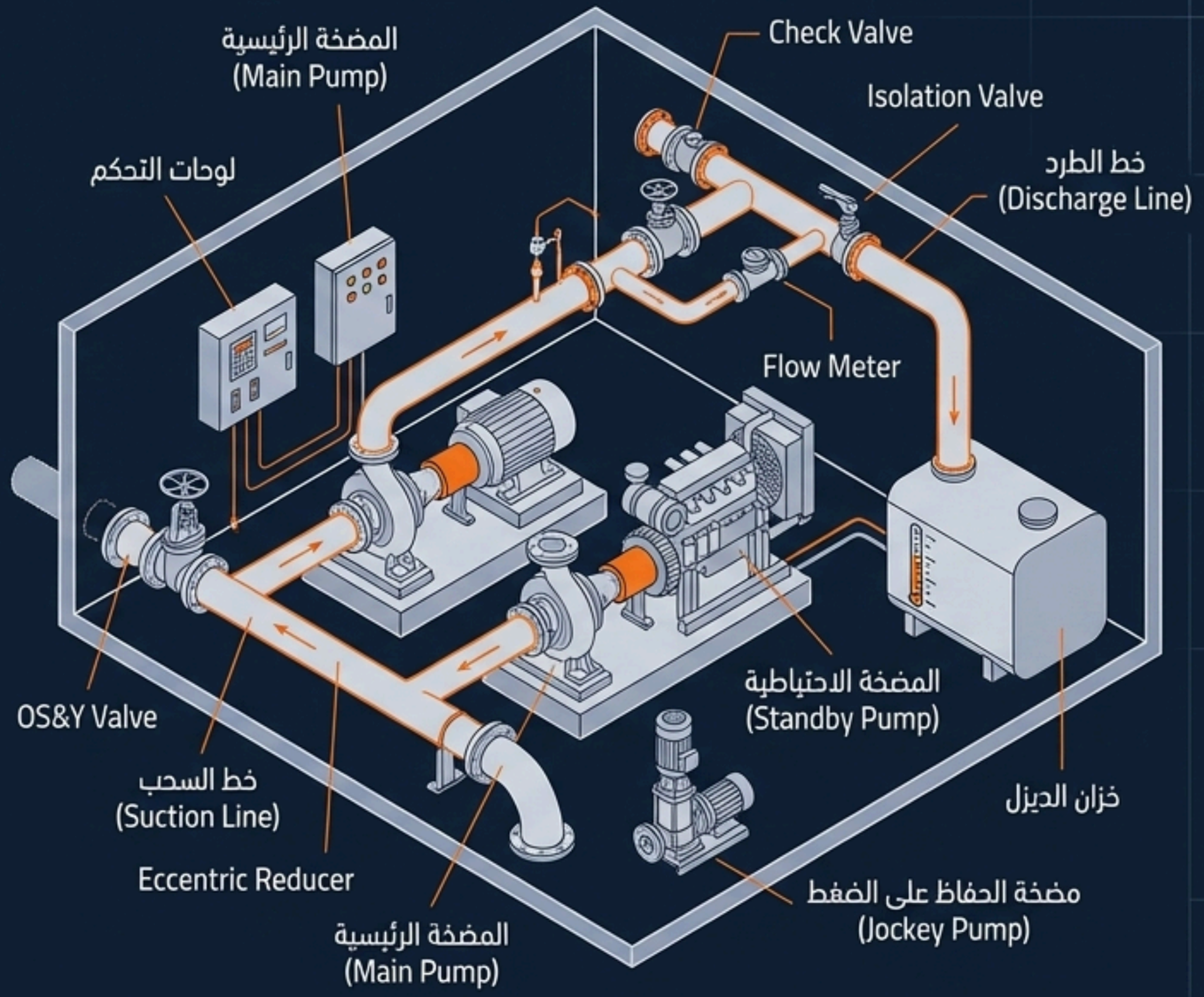
مضخات الحريق هي المسؤولة عن إمداد الشبكة بالمياه بالضغط والتدفق المطلوبين. الكود المرجعي لها هو **NFPA 20**.

مجموعة مضخات الحريق (Fire Pump Set)

- المضخة الرئيسية (Main Pump): كهربائية، للتشغيل في حالات الحريق.
- المضخة الاحتياطية (Standby Pump): ديزل، تعمل عند انقطاع الكهرباء.
- مضخة الحفاظ على الضغط (Jockey Pump): صغيرة، للحفاظ على ضغط الشبكة وتعويض التسربات البسيطة.

اعتبارات التصميم الهامة

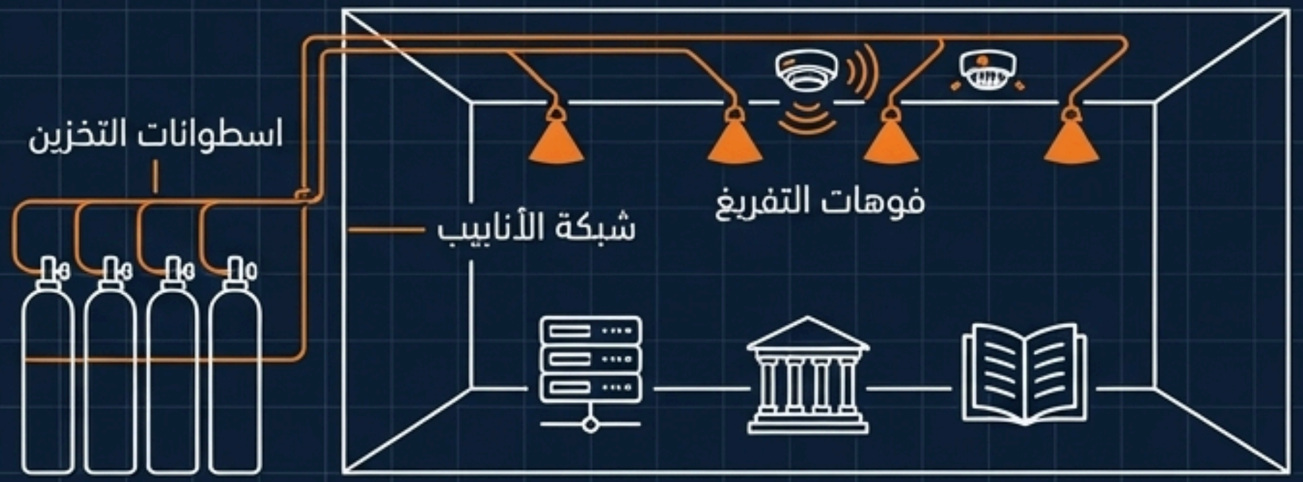
- خط السحب (Suction Line): يجب أن يكون قصيراً ومستقيماً قدر الإمكان لتقليل فقدان الضغط، ويحتوي على صمام OS&Y ومخفض لامركزي.
- خط الطرد (Discharge Line): يتطلب صمام عدم رجوع (Check Valve) لمنع التدفق العكسي، وصمام عزل، وجهاز قياس التدفق (Flow Meter) للاختبارات الدورية.



ما بعد الماء: أنظمة الإطفاء بالغازات النظيفة

في بعض الأماكن مثل غرف الخوادم، والمتاحف، وغرف التحكم، يمكن أن يتسبب الماء في أضرار تفوق أضرار الحريق نفسه. تعمل هذه الأنفنظمة على "خنق" الحريق عن طريق تقليل نسبة الأكسجين.

النظام	الكود المرجعي	آلية الإطفاء	المميزات	العيوب	الاستخدامات
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	**NFPA 12**	إزاحة الأكسجين (خنق) + تبريد	فعال، رخيص، لا يترك بقايا	سام بتركيزات عالية، خطر على الأفراد	غرف المحولات، المولدات، الأماكن غير المأهولة.
FM-200 (HFC-227ea)	**NFPA 2001**	امتصاص الحرارة (تبريد كيميائي)	آمن على الأفراد بالتركيزات التصميمية، لا يترك بقايا	أغلى ثمنًا من CO_2.	غرف الخوادم، مراكز البيانات، المكتبات، المتاحف.



مكونات النظام النموذجية

- اسطوانات التخزين، شبكة الأنابيب، فوهات التفريغ (Nozzles)، نظام كشف وإنذار متقدم لتفعيل النظام.

الدفاع اليدوي: اختيار واستخدام طفايات الحريق المحمولة

تعتبر طفايات الحريق المحمولة خط الدفاع الأول والفوري للسيطرة على الحرائق الصغيرة في بدايتها. الكود المرجعي لها هو **NFPA 10**. يعتمد اختيار الطفاية المناسبة على نوع الحريق.

الفئة A

الوقود: خشب، ورق، قماش.

الطفايات:
ماء (Water)، بودرة جافة (Dry Powder ABC).

الفئة B

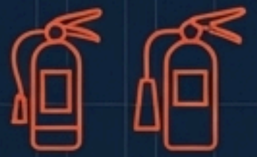
الوقود: بنزين، ديزل، كحول.

الطفايات: رغوة (Foam)، بودرة جافة (Dry Powder)، (Dry Powder)، ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

الفئة C

الوقود: حرائق تنشأ في الأجهزة والمعدات الكهربائية.

الطفايات: بودرة جافة (Dry Powder)، ثاني أكسيد الكربون (CO_2).



الفئة D

الوقود: ماغنسيوم، صوديوم، بوتاسيوم.

الطفايات:
بودرة خاصة (Special Dry Powder).

ما وراء الأنظمة: دور العنصر البشري في السلامة

أكثر الأنظمة الهندسية تطورًا تفقد فعاليتها بدون وجود خطط واضحة وتدريب فعال للأفراد.
الإتقان الحقيقي يشمل دمج التكنولوجيا مع الإجراءات البشرية.

1
تحديد المخاطر
تحديد مصادر الاشتعال، الوقود، الأكسجين

2
تحديد الأشخاص المعرضين للخطر
الموظفون، الزوار

3
تقييم المخاطر وتحديد الإجراءات
هل الإجراءات الحالية كافية؟

4
تسجيل النتائج ووضع الخطة
توثيق التقييم، وضع خطة طوارئ

5
المراجعة والتحديث الدوري
مراجعة التقييم بشكل دوري

أهمية التدريبات على الإخلاء (Fire Drills)

تضمن تدريبات الإخلاء الدورية أن يكون جميع الأفراد على دراية بمسارات الهروب ونقاط التجمع، وتختبر فعالية نظام الإنذار وخطة الطوارئ.

"الوقاية تبدأ بالوعي، وتكتمل بالتدريب."

منظومة الحماية المتكاملة: رؤية شاملة للوقاية من الحرائق

الحماية الفعّالة من الحرائق ليست مجرد تركيب لمعدات، بل هي نظام متكامل ومترابط يبدأ بفهم طبيعة الحريق وينتهي بضمان استجابة بشرية مدرّبة. يجمع المهندس الخبير بين العلم والقواعد، والتكنولوجيا والاستراتيجية لخلق بيئة آمنة.

"الهندسة الدقيقة هي خط الدفاع الأكثر صلابة."

تواصلوا معنا

شركة تامر شراكي للتدريب والاستشارات (TSTC)

33 Al Fareeda Tower, Saif Street, first floor, Sidi Beshr Qebli-Qism El-Montaza, Alexandria, Egypt

015501399444 -011477999299

info@tstc.com.eg

www.tstc.com.eg

امسح الكود لزيارة موقعنا الإلكتروني