



**Ordine degli
Ingegneri
della Provincia
di Benevento**

**Corso di aggiornamento in materia di prevenzione incendi
(Art.7 D.M. 05/08/2011)
Ordine degli Ingegneri di Benevento
05 e 11 maggio 2026**

Titolo dell'evento formativo:

**«La procedura di progettazione con approccio ingegneristico. I capitoli M1, M2, M3 del Codice di prevenzione incendi.
Le responsabilità civili, penali e deontologiche del professionista antincendio» »
- Modulo E - Lezione E.1 del 05 maggio 2026 -**

**Riferimenti normativi sull'approccio ingegneristico - il DM 9/5/2007
La procedura di progettazione con approccio ingegneristico: analisi preliminare e analisi
quantitativa – elementi fondamentali del progetto con approccio ingegneristico.
I capitoli M1, M2, M3 del Codice di prevenzione incendi.**

**Relatore:
Ing. *Gerardo Rizzo*
Libero professionista**

Perché richiamare l'approccio ingegneristico

Dal D.M. 9 maggio 2007 alla Sezione M del Codice di prevenzione incendi

D.M. 09/05/2007

Introduce le direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio: il progetto non è solo conformità prescrittiva, ma dimostrazione documentata del livello di sicurezza.

**Fase preliminare
+
Fase quantitativa**



Codice D.M. 03/08/2015

La Sezione M struttura la progettazione prestazionale e chiarisce il metodo: obiettivi, scenari, soglie di prestazione, modelli e verifica.

**M.1
M.2
M.3**



Soluzione alternativa

Ammissibile solo se il progettista dimostra il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza con criteri prestazionali espliciti e verificabili.

**Equivalenza
tecnica
dimostrata**

L'approccio ingegneristico non sostituisce il Codice; ne costituisce lo strumento di verifica prestazionale quando la soluzione conforme non è integralmente adottabile.

La procedura FSE: analisi preliminare e analisi quantitativa

Il progetto deve essere tracciabile: ipotesi, scenari, criteri e risultati devono essere dichiarati

1. Analisi preliminare

- definizione dell'attività e dei vincoli
- individuazione degli obiettivi di sicurezza
- profili di rischio e livelli di prestazione
- identificazione delle criticità rispetto alla soluzione conforme
- scelta degli scenari credibili e dei criteri di accettabilità

Output: impostazione tecnica del problema



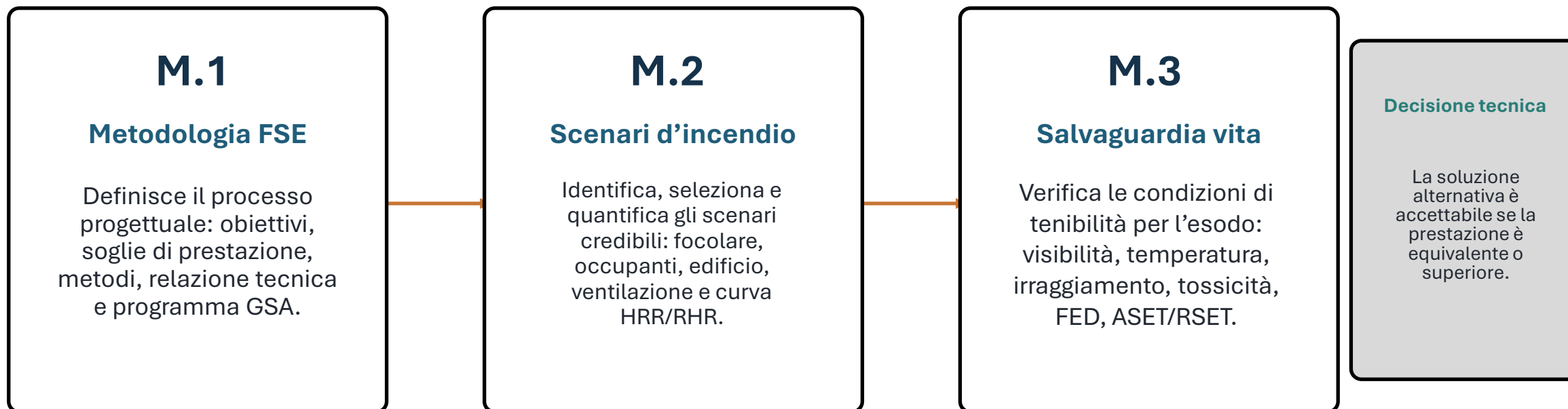
2. Analisi quantitativa

- quantificazione degli scenari d'incendio
- scelta dei modelli: calcoli, zone model, CFD, esodo
- simulazione di fumi, calore e condizioni di tenibilità
- determinazione ASET/RSET
- analisi dei risultati e margini di sicurezza

Output: dimostrazione prestazionale

La relazione FSE deve consentire al Comando VVF di ricostruire il percorso logico: dati di input → scenari → metodo → soglie → risultati → condizioni di esercizio.

Capitoli M.1–M.3: il metodo prestazionale



Sintesi operativa: M.1 indica il metodo; M.2 costruisce gli scenari; M.3 verifica la sicurezza delle persone.



OBIETTIVI DELLA LEZIONE

- Impostare correttamente un progetto antincendio secondo il Codice (DM 03/08/2015 e s.m.i.)
- Individuare quando è ammissibile una soluzione alternativa in R.T.O.
- Costruire il percorso prestazionale: obiettivi → livelli di prestazione → strategia → verifica.
- Produrre elaborati e relazione tecnica coerenti con l'iter VVF (Valutazione Progetti / SCIA).

RIFERIMENTI NORMATIVI ESSENZIALI

- DM 03/08/2015 – Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi (Codice) e s.m.i.
- DM 18/10/2019 – Modifiche al Codice (tra cui soluzioni alternative) Finalità “ **Superare il doppio binario** tra le regole tecniche verso il codice; rendere il codice strumento ordinario di progettazione; rafforzare l’**approccio prestazionale e ingegneristico**.”
- DM 15/05/2020 Approvazione delle norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa; DM 14/10/2021 – Approvazione delle regole tecniche in edifici tutelati
- DPR 151/2011 – Regolamento di semplificazione antincendio Procedimenti, categorie e attività soggette.
- DM 07/08/2012 – Modulistica e presentazione istanze VVF (e successive note).

PARTE A

- Impostazione del caso studio e percorso progettuale

Classificazione del livello di complessità dell'attività

| Parametro di valutazione | Attività Semplice | Attività Complessa | Attività ad Elevata Complessità |
|-------------------------------|---|---|---|
| Categoria DPR 151/2011 | Prevalentemente A | B | C |
| Superfici / Volumi | Contenuti | Medi | Elevati / articolati |
| Affollamento | Limitato, utenti autonomi | Medio, possibile presenza di utenti vulnerabili | Elevato, presenza significativa di persone non autosufficienti |
| Geometria edificio | Regolare, compartimentazione semplice | Più comparti, più livelli | Interconnessioni complesse, grandi altezze, spazi aperti |
| Carico d'incendio | Ordinario | Variabile | Elevato o eterogeneo |
| Vincoli architettonici | Assenti | Parziali | Beni tutelati / vincoli strutturali rilevanti |
| Impianti antincendio | Base (estintori, eventualmente idranti) | Rivelazione, controllo fumi, spegnimento automatico | Sistemi integrati complessi (sprinkler, water mist, SEFFC, impianti ridondanti) |
| Strategia S.1-S.10 | Applicazione prevalentemente conforme | Possibili soluzioni alternative puntuali | Ricorso frequente a soluzioni alternative multiple |
| Necessità FSE | Non necessaria o limitata a metodi semplificati | Opportuna per dimostrazione equivalenza | Spesso necessaria (modelli di zona/CFD, simulazione esodo) |
| Iter VVF | SCIA diretta (se A) | Valutazione progetto + SCIA | Valutazione progetto + possibile NOF + istruttoria approfondita |
| Rischio residuo | Contenuto e facilmente governabile | Gestibile con misure compensative | Elevato, richiede robusta dimostrazione prestazionale |

Criteri per valutare l'opportunità di FSE avanzata

Si suggerisce di considerare FSE avanzata quando ricorrono almeno due dei seguenti elementi:

- Soluzione alternativa su misura primaria (S.2, S.3, S.4, S.8)
- Affollamento elevato o presenza di persone non autonome
- Spazi a grande volume (atri, mall, autorimesse multipiano)
- Vincoli strutturali non modificabili
- Compensazioni multiple interdipendenti
- Necessità di dimostrare ASET/RSET con margine ridotto

Indicazione Operativa

| Livello complessità | Approccio consigliato |
|---------------------|---|
| Semplice | Metodo conforme o calcoli analitici semplificati |
| Complessa | FSE mirata su singola misura |
| Elevata complessità | FSE strutturata con scenari multipli e analisi di sensibilità |

MATRICE DECISIONALE – ATTIVAZIONE FSE

Livello 1- Verifica preliminare

| Domanda | Si | No |
|---|----|----|
| L'attività rientra in categoria C DPR 151/2011? | +1 | 0 |
| Sono previste soluzioni alternative su misure primarie (S.2, S.3, S.4, S.8)? | +2 | 0 |
| Sono presenti persone non autonome o affollamento elevato? | +1 | 0 |
| L'edificio presenta geometrie complesse o grandi volumi (atri, mall, multipiano interconnessi)? | +1 | 0 |
| Esistono vincoli strutturali non modificabili? | +1 | 0 |
| Sono previste compensazioni multiple interdipendenti? | +2 | 0 |

Interpretazione del punteggio

- 0 -1 Punti ----- Approccio Conforme /metodo semplificato sufficiente
- 2- 3 Punti ----- FSE mirata su singola misura
- > 4 Punti ----- FSE avanzata struttura raccomandata

2 Livello 2 – Analisi tecnica della misura

Se è presente una soluzione alternativa, verificare:

| Tipo di misura interessata | Necessità FSE |
|-----------------------------|-----------------------------|
| S.1 Reazione al fuoco | Generalmente no |
| S.2 Resistenza al fuoco | Spesso sì |
| S.3 Compartimentazione | Frequente |
| S.4 Esodo | Molto frequente (ASET/RSET) |
| S.6 Controllo incendio | Valutazione specifica |
| S.8 Controllo fumi e calore | Quasi sempre sì |

Se la misura incide direttamente sulla **tenibilità dell'esodo**, l'uso di modelli analitici o numerici diventa tecnicamente opportuno.

3 Livello 3 – Diagramma decisionale grafico

Esiste difformità rispetto soluzione conforme?

↓
NO → Non attivare FSE

↓
SÌ

↓
La difformità è compensabile con misura prescrittiva alternativa prevista dal Codice?

↓
SÌ → Valutazione tecnica documentata (no FSE avanzata)

↓
NO

↓
La compensazione incide su:

- tempi di esodo?
- compartimentazione?
- sviluppo fumi?

↓
SÌ → Attivare FSE

↓
NO → Motivazione tecnica rafforzata

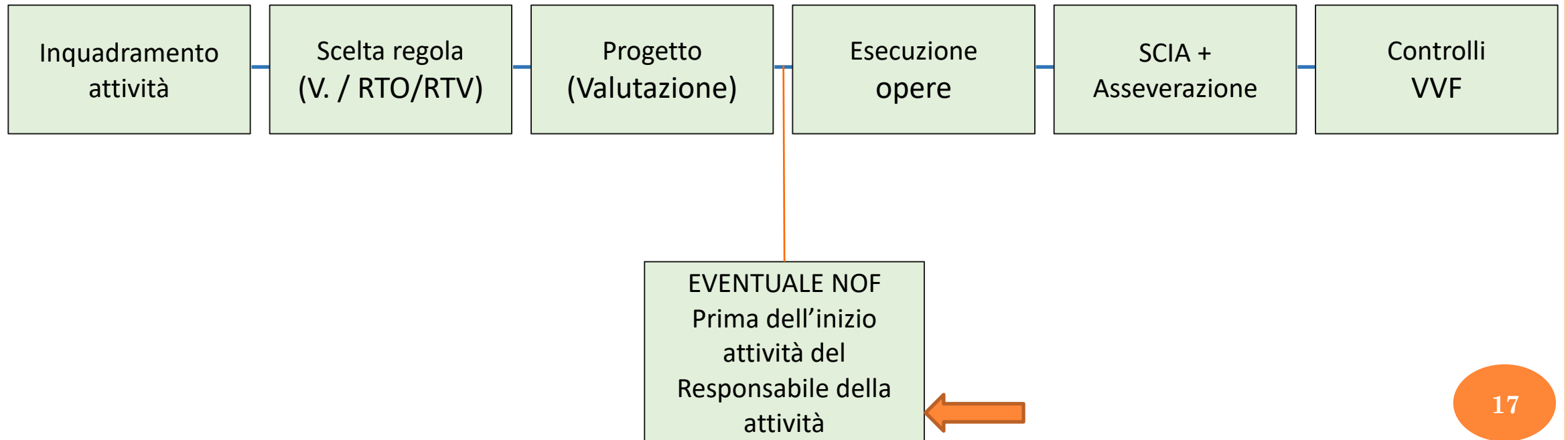
4 Casi tipici che richiedono FSE avanzata

- Riduzione larghezza vie di esodo con compensazioni impiantistiche
- Compartimenti superiori ai limiti con protezione attiva
- Atrii multipiano senza compartimentazione tradizionale
- Edifici vincolati con impossibilità di adeguamento strutturale
- Autorimesse complesse con ventilazione alternativa

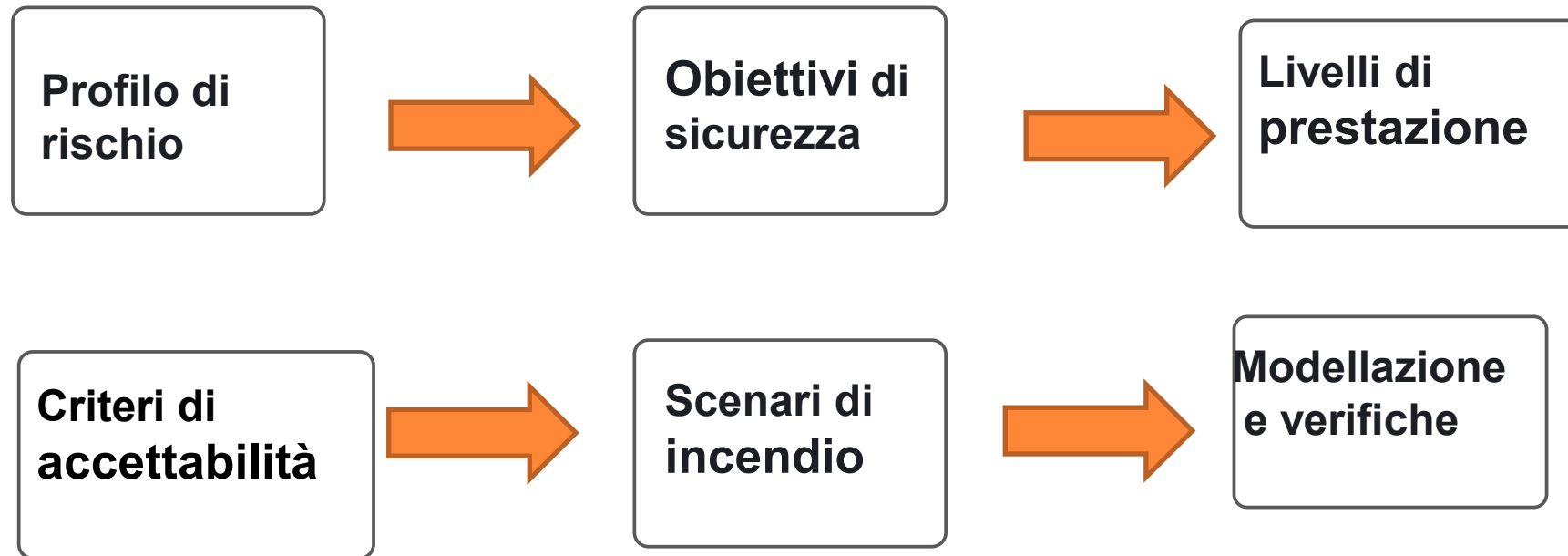
CASO STUDIO (ESEMPIO DIDATTICO)

- **Attività:** definire un'attività soggetta DPR 151/2011 (es. autorimessa / deposito / uffici / struttura ricettiva).
- **Contesto:** edificio esistente con vincoli (geometrici, strutturali, impiantistici, architettonici).
- **Obiettivo:** ottenere conformità antincendio con strategia che includa almeno una soluzione alternativa.
- **Output attesi:** relazione tecnica, elaborati grafici, elaborati di calcolo/verifica, modulistica.

ITER PROCEDURALE E DOCUMENTALE (VVF)



Analizziamo il percorso dobbiamo seguire



I CRITERI DI ACCETTABILITÀ COSTITUISCONO IL PONTE TRA OBIETTIVI PRESTAZIONALI E DIMOSTRAZIONE QUANTITATIVA DELLA SOLUZIONE ALTERNATIVA.

Tipologie di criteri di accettabilità

Salvaguardia della vita (Rvita) **Sono i più rilevanti**

Temperatura

≤ 60 °C (aria respirabile)

Visibilità

≥ 10 m (ambienti grandi)

≥ 5 m (ambienti piccoli)

Altezza strato libero da fumi

$\geq 2,0 - 2,5$ m

Concentrazione gas tossici (CO)

≤ 500 ppm (valori indicativi)

Irraggiamento termico

$\leq 2,5$ kW/m²

Obiettivo:

garantire condizioni **non letali e non incapacitanti** durante l'esodo

STRUTTURA TIPICA DELLA RELAZIONE TECNICA (CODICE)

- 1. Premessa, oggetto e campo di applicazione.
- 2. Inquadramento dell'attività e descrizione dell'opera.
- 3. Dati dimensionali e profili di rischio (R_{vita} , R_{beni} , $R_{ambiente}$).
- 4. Strategia antincendio: S.1–S.10 (o pertinenti) con livelli di prestazione.
- 5. Soluzioni conformi vs soluzioni alternative: motivazioni e ambito.
- 6. Metodologia di verifica (ingegneria della sicurezza / modelli / prove).
- 7. Elaborati grafici, schemi impianti, capitolati e dichiarazioni.

FORMAZIONE, INFORMAZIONE, ADDESTRAMENTO DEI LAVORATORI (TU 81/08 E SMI)



PARTE B

Soluzioni alternative: quando, come, con quali verifiche

SOLUZIONI ALTERNATIVE (R.T.O.): CONCETTI CHIAVE

- Si applicano quando non si adotta integralmente una soluzione conforme prevista dal Codice.
- Devono garantire un livello di sicurezza equivalente rispetto agli obiettivi di prestazione.
- Necessitano di motivazione, descrizione dettagliata e verifica esplicita dell'efficacia.
- Spesso richiedono approccio prestazionale (FSE) e coinvolgimento del **responsabile dell'attività**.

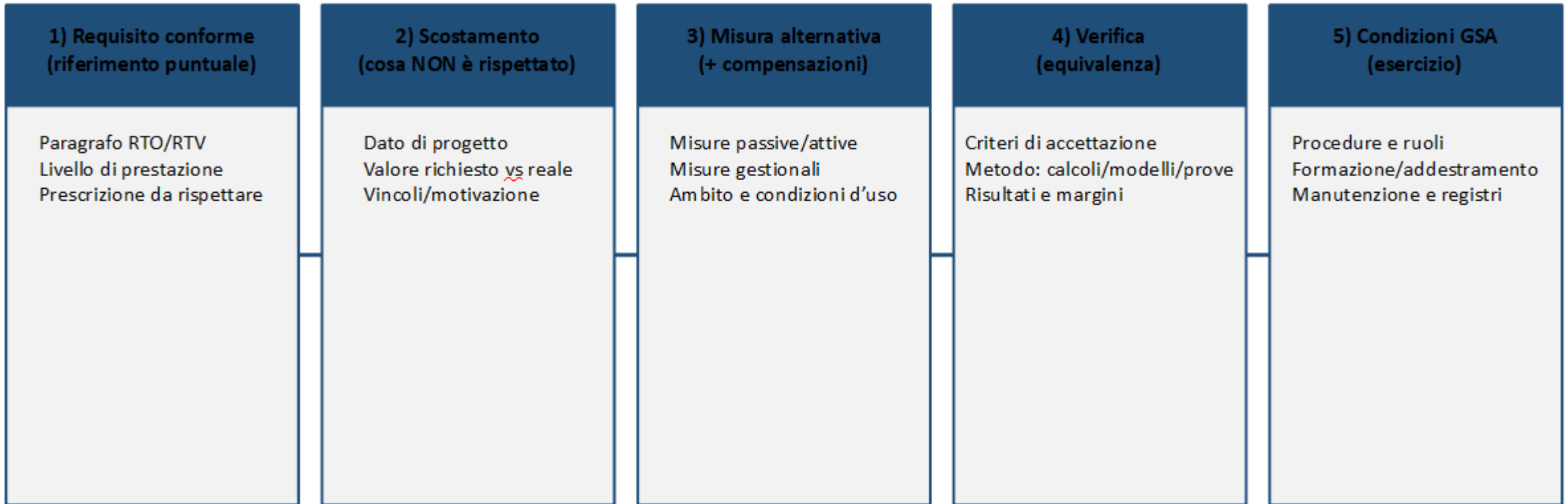
PERCORSO PRESTAZIONALE (SCHEMA OPERATIVO)

- Definizione obiettivi di sicurezza (tutela vita, beni, ambiente).
- Scelta dei livelli di prestazione per le misure interessate.
- Definizione scenari d'incendio e condizioni al contorno.
- Selezione criteri di accettazione (es. tempi di esodo, temperature, visibilità).
- Modellazione / calcolo / prove (metodo scelto) e analisi risultati.
- Misure compensative e gestione della sicurezza (GSA) ove necessario.

CHECKLIST: CONTENUTI MINIMI PER UNA SOLUZIONE ALTERNATIVA

| Elemento | Domanda di controllo | Evidenza/Documento |
|-------------|--|--|
| Ambito | Quale punto della soluzione conforme non è rispettato? | Riferimento puntuale a paragrafo RTO/RTV |
| Motivazione | Perché non è applicabile la soluzione conforme? | Vincoli, stato di fatto, valutazioni tecniche |
| Strategia | Quale misura alternativa si adotta e come funziona? | Descrizione, schemi, specifiche tecniche |
| Verifica | Come dimostro l'equivalenza/sicurezza? | Calcoli, simulazioni, prove, norme tecniche |
| Gestione | Sono necessarie misure gestionali aggiuntive? | Piano GSA, procedure, formazione, manutenzione |

Soluzione alternativa (RTO) – Schema operativo e tracciabilità



Mini-esempio (S.4 Esodo): richiesta uscita 1,20 m → uscita esistente 0,90 m → compensazione: rivelazione precoce + controllo fumi + limitazione affollamento → verifica ASET/RSET → GSA: controlli/registro/manutenzione.

ESEMPI RICORRENTI DI SOLUZIONI ALTERNATIVE (SENZA ENTRARE NEL DETTAGLIO)

- **Vie di esodo:** geometrie non conformi compensate con controllo fumi, rivelazione precoce, compartimentazione.
- **Resistenza al fuoco:** classe non raggiungibile con interventi strutturali → protezioni passive/attive e limitazioni d'uso.
- **Gestione fumi e calore:** soluzioni impiantistiche alternative a disposizioni geometriche.
- **Sistemi di spegnimento:** sprinkler/water mist come compensazione di carichi/comparti.
- **GSA:** presidi, procedure e manutenzione potenziate per ridurre il rischio residuo.

Di seguito fornisco una formalizzazione tecnica strutturata del criterio ASET/RSET, con indicazione delle grandezze minime da dichiarare in relazione nell'ambito di una soluzione alternativa secondo il DM 3 agosto 2015.

1 Formula concettuale di verifica

Condizione di sicurezza

$$ASET > RSET \times \gamma$$

dove:

- **ASET** = Available Safe Egress Time ASET = Tempo disponibile per l'esodo in condizioni di sicurezza.
- **RSET** = Required Safe Egress Time RSET = Tempo richiesto per l'esodo in condizioni di sicurezza
- γ = fattore di sicurezza (≥ 1)

In forma equivalente:

$$\frac{ASET}{RSET} \geq \gamma$$

2 Scomposizione delle grandezze

RSET – Required Safe Egress Time

$$RSET = t_{detect} + t_{alarm} + t_{pre-movement} + t_{travel}$$

2 RSET – *Required Safe Egress Time*

Tempo necessario affinché tutti gli occupanti raggiungano un luogo sicuro.

Si compone di:

$$RSET = t_{detect} + t_{alarm} + t_{pre-movement} + t_{travel}$$

Dove:

- t_{detect} = tempo di rivelazione incendio
- t_{alarm} = tempo di diffusione allarme
- $t_{pre-movement}$ = tempo di reazione delle persone
- t_{travel} = tempo effettivo di percorrenza fino all'uscita

In sintesi:

👉 È il tempo che le persone impiegano per mettersi in salvo.

1 ASET – *Available Safe Egress Time*

Tempo disponibile per l'esodo in condizioni di sicurezza.

È il tempo che intercorre tra l'innescò dell'incendio e il momento in cui le condizioni lungo il percorso di esodo diventano **non più tenibili** per le persone.

Dipende da:

- sviluppo dell'incendio (HRR)
- produzione di fumi
- temperatura
- visibilità
- concentrazione di gas tossici
- geometria del comparto
- ventilazione
- presenza di impianti (rivelazione, evacuatori di fumo, sprinkler)

In sintesi:

👉 È il tempo massimo disponibile prima che l'ambiente diventi pericoloso.

La verifica ASET/RSET è il metodo principale quando la soluzione alternativa incide su:

S.4 Esodo

S.3 Compartimentazione

S.8 Controllo fumi

S.2 Resistenza al fuoco (in alcuni casi)

ASET riguarda l'ambiente (quando diventa pericoloso).

RSET riguarda le persone (quanto tempo impiegano per uscire).

La sicurezza esiste solo se l'ambiente resta tenibile più a lungo del tempo necessario per evacuare.

HRR – *Heat Release Rate*

HRR (Heat Release Rate) è la potenza termica sviluppata dall'incendio, espressa in kW o MW.

Rappresenta la quantità di energia rilasciata per unità di tempo durante la combustione.

Definizione tecnica

$$HRR = \frac{dQ}{dt}$$

dove:

Q = energia termica rilasciata (kJ)

t = tempo (s)

L'HRR è quindi la **velocità di rilascio di calore**.

Perché è fondamentale in FSE

Nel contesto del DM 3 agosto 2015, l'HRR è il parametro di base per:

determinare lo sviluppo dei fumi

calcolare la temperatura dei gas caldi

valutare l'altezza dello strato di fumo

determinare ASET

dimensionare sistemi di controllo fumi

verificare l'esodo (ASET/RSET)

Senza HRR definito, la verifica prestazionale non è tecnicamente fondata.

Andamento tipico dell'HRR

L'incendio non sviluppa potenza costante: cresce nel tempo.

Il modello più utilizzato è l'**incendio t²**:

$$HRR = \alpha t^2$$

dove:

α = coefficiente di crescita (kW/s²)

t = tempo (s)

Classi tipiche di crescita incendio

| Tipo incendio | α (kW/s ²) | Esempio |
|---------------|-------------------------------|----------------------------|
| Lento | 0,003 | Archivi, depositi compatti |
| Medio | 0,012 | Uffici |
| Rapido | 0,047 | Locali commerciali |
| Ultrarapido | 0,188 | Liquidi infiammabili |

Ordini di grandezza

| Scenario | HRR tipico |
|--------------------|------------|
| Cestino carta | 0,2–0,5 MW |
| Postazione ufficio | 1–3 MW |
| Autovettura | 3–8 MW |
| Autocarro | 15–30 MW |

Collegamento con ASET

Maggiore è l'HRR:

più rapida è la produzione di fumi,
più veloce è l'aumento temperatura,
più rapido è il collasso della visibilità,
minore è l'ASET.

Pertanto:

$HRR \uparrow \rightarrow ASET \downarrow \rightarrow$ Maggiore criticità per
l'esodo.

PARTE C

Esercitazione guidata: sviluppo del progetto

FASE 1 – INQUADRAMENTO DELL'ATTIVITÀ E DATI DI INPUT

- Individuazione dell'attività ai sensi del DPR 151/2011 (categoria, soglie, affollamento, superfici).
- Descrizione edificio: piani, altezze, compartimenti, destinazioni d'uso, impianti esistenti.
- Carichi d'incendio specifici (ove richiesti) e materiali significativi.
- Vincoli: strutturali, architettonici, impiantistici, tutela (vincoli paesaggistici/beni culturali).
- Assunzioni e dati mancanti: come gestirli (rilievi, indagini, dichiarazioni).

FASE 2 – PROFILI DI RISCHIO – OBIETTIVI- LIVELLO DI PRESTAZIONE DELLE MISURE

- **Rvita:** valutare condizioni di esodo, presenza di persone non autonome, affollamento, familiarità.

- **Rbeni:** continuità operativa, valore beni, criticità per proprietà/attività.

- **Rambiente:** sostanze pericolose, impatti potenziali.

- Derivazione dei livelli di prestazione per misure interessate (es. esodo, controllo fumi, rivelazione).

FASE 3 – STRATEGIA ANTINCENDIO: SELEZIONE MISURE (S.1–S.10)

- S.1 Reazione al fuoco – materiali e finiture.
- S.2 Resistenza al fuoco – elementi portanti/separanti.
- S.3 Compartimentazione – comparti, filtri, comunicazioni.
- S.4 Esodo – vie, uscite, affollamento, esodo orizzontale/verticale.
- S.5 Gestione della sicurezza antincendio (GSA).
- S.6 Controllo dell'incendio (spegnimento).
- S.7 Rivelazione e allarme.
- S.8 Controllo fumi e calore.
- S.9 Operatività antincendio (accessi, idranti, attacchi).
- S.10 Sicurezza impianti tecnologici e di servizio.

FASE 4 – INDIVIDUAZIONE DELLA SOLUZIONE ALTERNATIVA

- Identificare il requisito non soddisfatto della soluzione conforme (es. larghezza via d'esodo, compartimentazione).
- Proporre misura alternativa e misure compensative (passive/attive/gestionali).
- Definire l'ambito di validità (condizioni d'uso, occupazione, manutenzione, limitazioni).
- Impostare la verifica (criteri e metodi).

FASE 5 – VERIFICA DELLA SOLUZIONE ALTERNATIVA (APPROCCIO PRESTAZIONALE)

- **Definizione scenari** (incendio di progetto): localizzazione, crescita, ventilazione, combustibili.
- **Parametri di accettazione:** ASET/RSET, visibilità, temperatura, CO, tenibilità percorsi di esodo.
- **Strumenti:** calcoli analitici, metodi semplificati, modelli di zona/CFD, simulazione esodo.
- **Analisi sensibilità e margini:** robustezza rispetto a variabili principali.
- **Conclusioni:** dimostrazione dell'equivalenza e requisiti di esercizio/manutenzione.

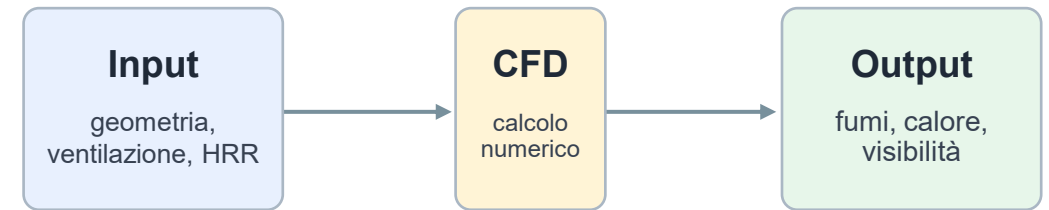
Che cosa significa CFD?

La CFD è un metodo di simulazione numerica che consente di analizzare il movimento di aria, fumi e gas caldi all'interno di un ambiente interessato da incendio.

Nel progetto antincendio prestazionale supporta la verifica delle condizioni di tenibilità e del confronto ASET/RSET.

CFD = strumento di calcolo per stimare l'evoluzione dei fumi e verificare se l'ambiente resta tenibile per il tempo necessario all'esodo.

Cosa restituisce una simulazione CFD



Parametri verificabili in FSE

- temperatura dei gas caldi
- altezza e propagazione dello strato di fumo
- visibilità lungo le vie di esodo
- concentrazione di CO e FED
- efficacia di ventilazione e controllo fumi

Tenibilità in FSE: gas tossici e irraggiamento

1. Modellazione dell'incendio

Definizione dello scenario: HRR, combustibile, ventilazione, geometria e aperture.

Zone model per valutazioni semplificate; CFD per analisi distribuite nello spazio e nel tempo.

Estrazione dei parametri nei punti rappresentativi dell'esodo, a quota respiratoria.

2. Parametri di tenibilità

CO/FED: tossicità cumulata nel tempo.

Irraggiamento termico: flusso incidente sul corpo.

Visibilità, temperatura, quota dello strato di fumo e altri prodotti tossici.

Il primo parametro fuori limite governa l'ASET.

3. Criterio di progetto

La sicurezza non si valuta con un solo valore istantaneo.

Ogni parametro deve restare entro il rispettivo limite per tutto il tempo necessario all'esodo.

Condizione finale: $ASET > RSET$ con margine coerente con le ipotesi assunte.

Scenario



Modello



Parametri



Limiti



ASET/RSET

Gas tossici: concentrazione di CO e indice FED

La verifica considera concentrazione e tempo di esposizione, non la sola concentrazione istantanea

Concetto tecnico

Per il CO la tenibilità viene valutata attraverso la dose tossica accumulata.

La concentrazione CO(t) viene integrata nel tempo di esposizione degli occupanti.

FED < 1: condizione generalmente tollerabile; FED ≥ 1: condizione critica/non tenibile.

$$\text{FEDCO} = \sum \left[\left(\frac{\text{CCO}}{35000} \right)^{1,036} \cdot \Delta t \right]$$

CCO in ppm – Δt in minuti

Esempio

| | | |
|------------|-----------------------|---------------------|
| 12 min | FED cumulato ≈ 0,95 | ancora sotto soglia |
| 13 min | FED cumulato ≈ 1,20 | soglia superata |
| ≈ 12,2 min | perdita tenibilità CO | tempo critico CO |

Attenzione

Nelle verifiche complete possono concorrere HCN, CO₂, riduzione O₂ e altri prodotti della combustione.

Il punto di lettura deve essere coerente con il percorso di esodo.

Irraggiamento termico e individuazione dell'ASET

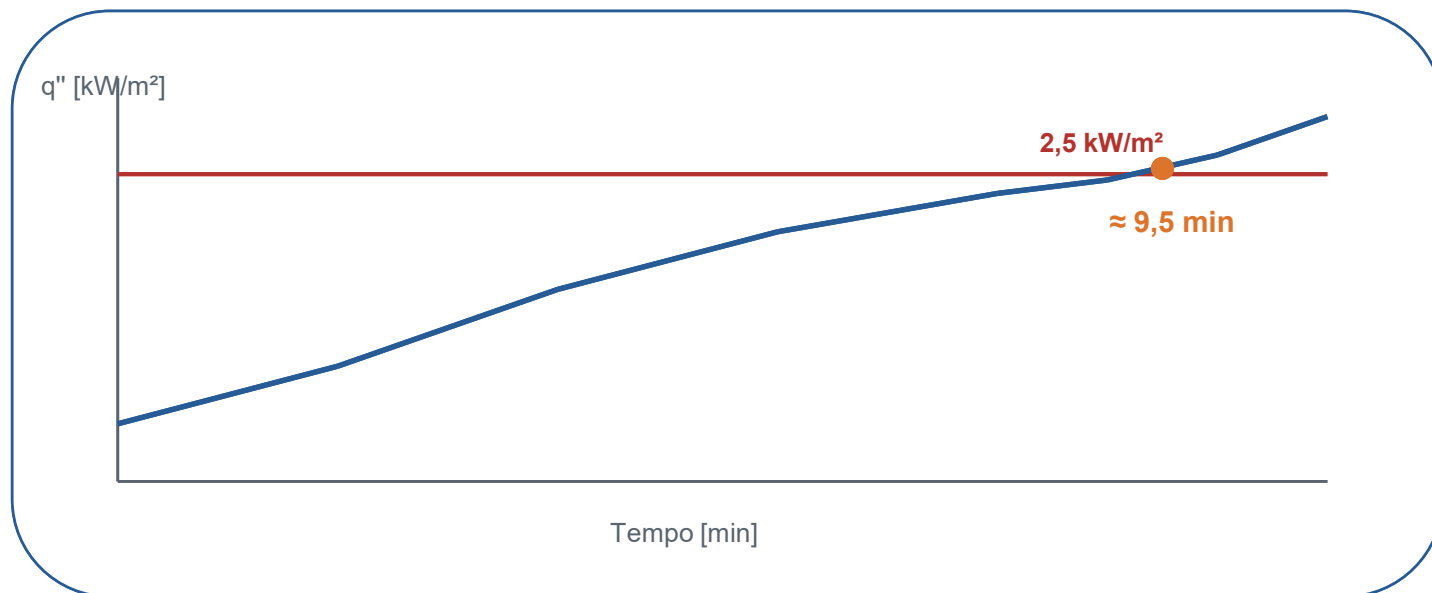
Il criterio governante è il primo parametro che supera la rispettiva soglia di tenibilità

Criterio di irraggiamento

Il flusso radiativo incidente sul corpo è verificato lungo i percorsi di esodo.

Soglia cautelativa frequentemente assunta:
 $q''_{lim} = 2,5 \text{ kW/m}^2$.

Il superamento indica perdita di tenibilità nel punto considerato.



CO/FED
 $\approx 12,2 \text{ min}$

Irraggiamento
 $\approx 9,5 \text{ min}$

ASET = min
(parametri critici)

ASET > RSET
verifica positiva

Conclusione didattica

Nel caso esemplificativo il criterio governante non è la tossicità da CO, ma il superamento della soglia di irraggiamento termico: ASET $\approx 9 \text{ min } 30 \text{ s}$.

Cosa deve dichiarare il progettista in relazione

In una soluzione alternativa deve sempre indicare:

Tipo di incendio adottato (t^2 lento/medio/rapido)

Valore α utilizzato

HRR massimo considerato

Motivazione della scelta

Eventuale intervento di sprinkler (curva con controllo)

ESEMPIO NUMERICO – INCENDIO t^2 (CRESCITA MEDIA)

Dati di progetto

Si assume:

Modello incendio: t^2

Classe di crescita: **media**

Coefficiente $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$

HRR massimo atteso (\dot{Q}_{max}) = **3 MW** (3000 kW)

Assenza intervento sprinkler nel periodo considerato

Equazione incendio t^2

$$\dot{Q}(t) = \alpha t^2$$

dove:

$\dot{Q}(t)$ = HRR al tempo t

α = coefficiente crescita

t = tempo (s)

Determinazione del tempo al picco

Il tempo necessario per raggiungere HRR_{max} è:

$$t_{picco} = \sqrt{\frac{\dot{Q}_{max}}{\alpha}}$$

Sostituendo:

$$t_{picco} = \sqrt{\frac{3000}{0,012}}$$

$$t_{picco} = \sqrt{250000}$$

$$t_{picco} = 500 \text{ secondi}$$

RISULTATO

Tempo al picco = 500 s
equivalente a **8 minuti e 20 secondi**

HRR al picco = 3 MW

a) Dopo 120 s

$$\begin{aligned}\dot{Q}(120) &= 0,012 \times 120^2 \\ &= 0,012 \times 14400 \\ &= 172,8 \text{ kW}\end{aligned}$$

b) Dopo 300 s

$$\begin{aligned}\dot{Q}(300) &= 0,012 \times 300^2 \\ &= 0,012 \times 90000 \\ &= 1080 \text{ kW}\end{aligned}$$

c) Dopo 400 s

$$\begin{aligned}\dot{Q}(400) &= 0,012 \times 160000 \\ &= 1920 \text{ kW}\end{aligned}$$

Con incendio a crescita media:

- Nei primi 2 minuti l'incendio è ancora contenuto
- Dopo 5 minuti supera 1 MW
- Dopo 8 minuti raggiunge 3 MW

Se l'ASET calcolato fosse ad esempio 6 minuti:

- L'ambiente diventerebbe critico prima del picco
- L'HRR effettivo al momento della perdita di tenibilità sarebbe circa 1,7 MW

Caso con **sprinkler** (ipotesi **alternativa**)

Se uno sprinkler interviene a 2 MW:

Determinazione tempo attivazione:

$$t = \sqrt{\frac{2000}{0,012}} = \sqrt{166666}$$

$$t \approx 408 \text{ s}$$

Quindi:

- Attivazione a circa **6 minuti e 48 secondi**
- HRR successivamente stabilizzata o ridotta

Effetto: incremento significativo dell'ASET.

L'incendio di progetto è stato modellato come incendio t^2 a crescita media ($\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$).

Il valore massimo di HRR considerato è pari a 3 MW.

Il tempo di raggiungimento del picco risulta pari a 500 s (8 min 20 s).

I valori intermedi di HRR sono stati utilizzati per la determinazione dello sviluppo dei fumi e della perdita di tenibilità ai fini della verifica ASET/RSET.

CASO STUDIO – **AUTORIMESSA** INTERRATA

Dati generali

Autorimessa interrata su 1 livello

Superficie: 1.200 m²

Altezza netta: 2,80 m

Posti auto: 45

Categoria DPR 151/2011: presumibilmente B o C (in base alla superficie)

Ventilazione meccanica presente

Impianto rivelazione incendio presente

Assenza compartimentazione conforme su una via di esodo (criticità S.4)

Difformità

Larghezza richiesta uscita: 1,20 m

Larghezza esistente: 0,90 m

Si propone **soluzione alternativa** con:

Rivelazione automatica precoce

Sistema di evacuazione fumi meccanico

Limitazione affollamento massimo

GSA rafforzata

Incendio di progetto

Per incendio autovettura si assume:

- $HRR_{max} = 4 \text{ MW}$
- Crescita t^2 rapida
- $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$

Tempo al picco:

$$t_{picco} = \sqrt{\frac{4000}{0,047}} \approx 292 \text{ s}$$

≈ 4 minuti e 52 secondi

Incendio significativamente più rapido rispetto a ufficio.

Determinazione RSET

$$RSET = t_{detect} + t_{alarm} + t_{pre-movement} + t_{travel}$$

Assunzioni conservative:

- $t_{detect} = 40$ s (IRAI)
- $t_{alarm} = 20$ s
- $t_{pre-movement} = 60$ s
- $t_{travel} = 120$ s

$$RSET = 40 + 20 + 60 + 120 = 240 \text{ s}$$

RSET = 4 minuti

Determinazione ASET (ipotesi semplificata)

Simulazione zona con ventilazione meccanica:

- Perdita visibilità a 2 m = 360 s
- Temperatura strato inferiore < 60 °C fino a 380 s

Condizione più gravosa: 360 s

ASET = 360 s

Verifica ASET/RSET

$$\frac{ASET}{RSET} = \frac{360}{240} = 1,50$$

Margine = 1,50

Condizione soddisfatta.

Interpretazione tecnica

Senza ventilazione fumi:

ASET stimato ≈ 220 s

In tal caso:

$220 < 240 \rightarrow$ soluzione non accettabile

La misura compensativa (S.8 controllo fumi) diventa determinante.

Osservazione tecnica rilevante

Nel caso autorimesse:

- HRR elevato
- Crescita rapida
- Produzione fumi intensa

Pertanto l'attivazione FSE è fortemente raccomandata in presenza di riduzione larghezza esodo.

OUTPUT DELL'ESERCITAZIONE: ELENCO ELABORATI (MINIMO)

| Elaborato | Contenuto |
|-----------------------|--|
| Relazione tecnica | Inquadramento, profili di rischio, strategia, soluzione alternativa e verifica |
| Planimetrie | Compartimenti, vie d'esodo, presidi, impianti, accessi VVF |
| Sezioni/Prospetti | Quote utili, altezze, aperture, cavedi, filtri |
| Schemi impianti | Rivelazione/allarme, spegnimento, evacuazione fumi, idranti |
| Elaborati di verifica | Calcoli/simulazioni, criteri di accettazione, risultati |
| GSA (se richiesta) | Procedure, addestramento, manutenzione, controlli, registri |

PARTE D

Discussione e considerazioni finali

ERRORI TIPICI DA EVITARE

- Soluzione alternativa non motivata o motivazione generica.
- Assenza di criteri di accettazione chiari (verifica non tracciabile).
- Scenari d'incendio irrealistici o non giustificati.
- Misure compensative non coerenti con il rischio (es. solo GSA per criticità strutturali).
- Non allineamento tra grafici, relazione e dichiarazioni/asseverazione.

CONCLUSIONI E TAKE-AWAY

- Le soluzioni alternative richiedono un percorso tecnico-documentale rigoroso e verificabile.
- La qualità del progetto dipende dalla definizione corretta degli input e degli scenari.
- Misure compensative e GSA sono parte integrante della dimostrazione di sicurezza.

QUESITO

- Quando una difformità può essere gestita come **soluzione alternativa** e quando richiede **deroga ex art. 7 DPR 151/2011**?

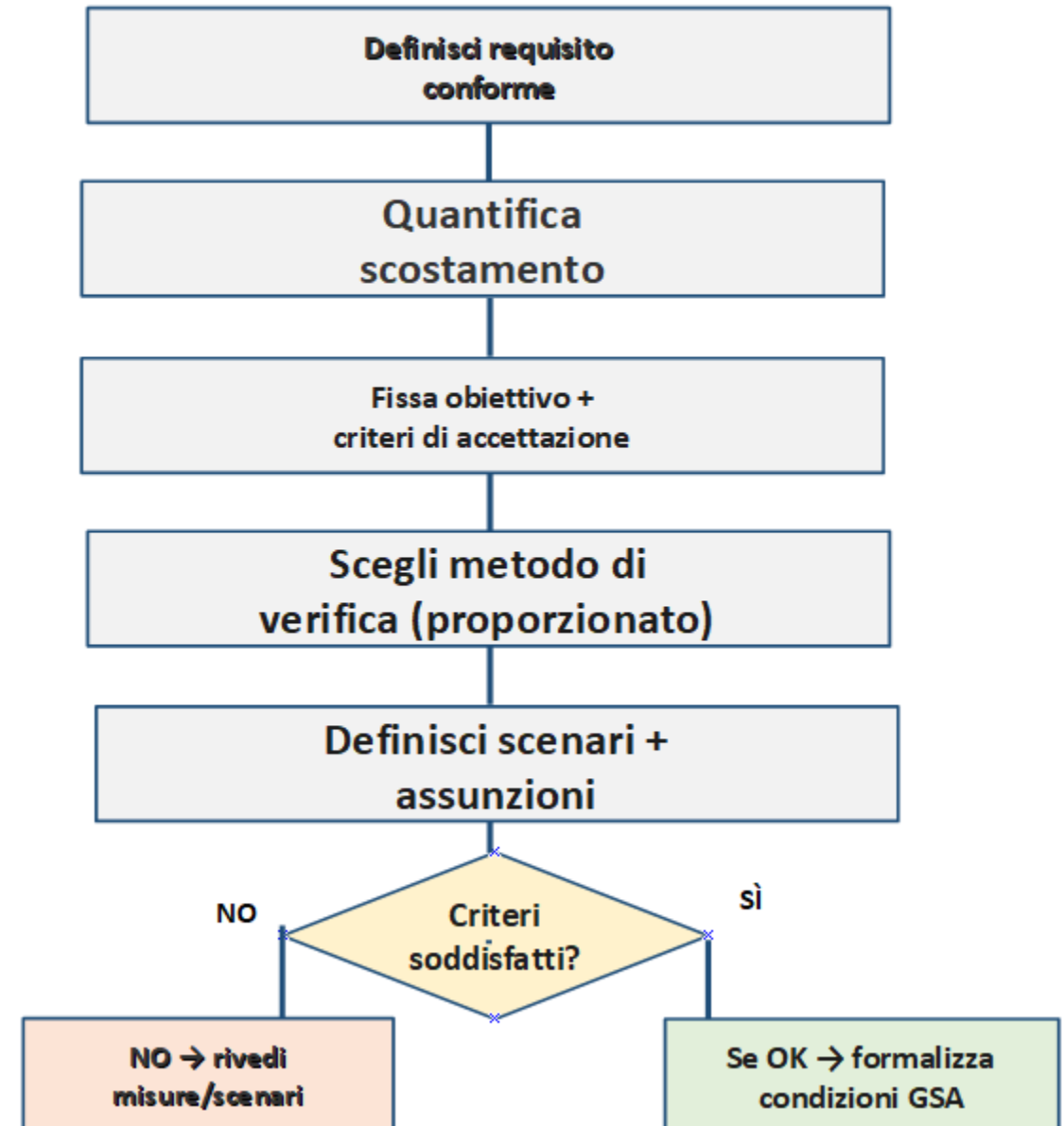
| Situazione | Strumento |
|---|-----------------------|
| Difformità su misura del Codice (S.1–S.10) | Soluzione alternativa |
| Difformità su RTV redatta secondo Codice | Soluzione alternativa |
| Prescrizione di regola tecnica tradizionale non strutturata prestazionalmente | Deroga |
| Impossibilità di dimostrare equivalenza | Deroga |
| Riduzione livello di sicurezza | Deroga |

EQUIVALENZA

Checklist documentale (minimo)

- Riferimento puntuale: RTO/RTV + paragrafo + livello di prestazione
- Requisito conforme: cosa richiede (valori/classi/distanze)
- Scostamento misurabile: richiesto vs reale + motivazione
- Obiettivo di sicurezza collegato alla misura (cosa proteggerò?)
- Criteri di accettazione (pass/fail): es. $ASET \geq RSET$, tenibilità, ecc.
- Metodo di verifica: calcoli / modelli / prove (motivazione scelta)
- Scenari e assunzioni: incendio di progetto, ventilazione, occupazione, ecc.
- Misure alternative + compensative: prestazioni, affidabilità, ambito
- Risultati: confronto con criteri + margini/sensibilità
- Condizioni GSA: procedure, formazione, manutenzione, registri, limiti d'uso

Flusso di dimostrazione (passo-passo)



FSE Quando è opportuno ricorrere a – Schema a semaforo

VERDE – Di norma NON serve FSE

Difficoltà minime, ben compensabili con misure standard.
Scenari semplici e geometrie ordinarie.
Verifiche possibili con metodi semplificati/analitici.
Obiettivi e prestazioni soddisfatti senza modellazione.

GIALLO – Valutare caso per caso

Soluzioni alternative con più misure compensative integrate.
Edifici esistenti con vincoli, ma scenari gestibili.
Gestione fumi rilevante per l'esodo, senza condizioni estreme.
Affollamento medio/variabile con colli di bottiglia potenziali.

ROSSO – Spesso OPPORTUNA / NECESSARIA

Alternative complesse su S.4 (esodo), S.3 (comparti), S.8 (fumi).
Grandi spazi e geometrie atipiche (atri, open space, infrastrutture).
Dipendenza critica da impianti (sprinkler, rivelazione, evacuazione fumi).
Persone non autosufficienti o affollamenti elevati.
Necessità di dimostrare ASET/RSET e tenibilità in modo quantitativo.

S.4 – Esodo

Misura più critica nelle strutture complesse

Obiettivo: evacuazione sicura ($A_{SET} > R_{SET}$)

Livelli tipici: IV – V

Caratteristiche:

vie di esodo multiple e ridondanti

gestione flussi (**crowd management**)

esodo orizzontale progressivo (ospedali)

esodo per fasi

Necessità frequente di: simulazioni di esodo (FSE)

analisi tempi RSET



Crowd Management (Gestione delle Folle)

Definizione:

- Insieme di strategie e procedure per la gestione sicura dei flussi di persone

Obiettivi:

- Prevenire sovraffollamento e panico
- Garantire ordine e sicurezza
- Assicurare esodo efficace in emergenza

Elementi chiave:

- Analisi dei flussi e densità (persone/m²)
- Organizzazione spazi e vie di esodo
- Controllo accessi e gestione operativa
- Comunicazione e segnaletica

Integrazione normativa:

- S.4 – Esodo
- S.5 – Gestione della sicurezza antincendio

Impatto:

- Riduzione RSET
- Supporto al criterio $ASET > RSET$



S.5 – Gestione della sicurezza antincendio (GSA)

Obiettivo: garantire gestione efficace dell'emergenza

Strutture complesse:

Livello: **III–IV**

presenza di:

- squadre antincendio interne (Formazione generale)
- procedure codificate (Piano di emergenza- GSA)
- formazione avanzata (Formazione Specialistica)

Fondamentale perché:

le misure tecniche da sole non bastano



S.6 – Controllo dell'incendio

Obiettivo: estinzione o contenimento

Strutture complesse:

Livello: III–IV

sistemi:

- sprinkler (spesso obbligatori)
- idranti/naspi
- sistemi automatici

Nei grandi volumi:

sprinkler determinanti per controllo HRR

S.7 – Rivelazione ed allarme

Obiettivo: rilevazione precoce

Strutture complesse:

Livello: IV

impianti:

- rivelazione automatica
- sistemi intelligenti indirizzati. (Sensori, attuatori, decisori di azioni, Base di sugli obiettivi di sistema)
- EVAC (messaggi vocali)

Critico per:

attivare esodo tempestivo ridurre RSET

S.8 – Controllo di fumi e calore

Misura chiave nei grandi spazi

Strutture complesse:

Livello: **IV – V**

Soluzioni:

- evacuatori naturali (ENFC)
- sistemi meccanici (SEFFC)
- smoke layer control

Nei grandi atri:

determina direttamente ASET

S.9 – Operatività antincendio

Obiettivo: supporto ai VVF

Strutture complesse:

Livello: III–IV

requisiti:

- accessibilità mezzi
- aree di manovra
- colonne montanti
- centri di gestione emergenza

S.10 – Sicurezza impianti tecnologici

Obiettivo: prevenire innesco e propagazione

Strutture complesse:

Livello: III–IV

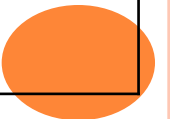
attenzione a:

- impianti HVAC (Sistema integrato che combina diverse tecnologie per regolare in modo sufficiente le condizioni dell'edificio in termini di temperatura, umidità, qualità dell'area)
- compartimentazione impiantistica
- UPS, gruppi elettrogeni



In Sintesi

| Misura | Livello tipico | Criticità |
|--------|----------------|-------------------------------|
| S.1 | III–IV | materiali superficiali |
| S.2 | III–IV | grandi luci strutturali |
| S.3 | III–IV | difficoltà compartimentazione |
| S.4 | IV–V | esodo complesso |
| S.5 | III–IV | gestione persone |
| S.6 | III–IV | necessità sprinkler |
| S.7 | IV | rilevazione rapida |
| S.8 | IV–V | controllo fumi determinante |
| S.9 | III–IV | accessibilità soccorsi |
| S.10 | III–IV | impianti complessi |



Criteria per la salvaguardia dei beni (Rbeni)

limitazione propagazione incendio
mantenimento integrità strutturale
confinamento danni

Indicatori:

temperatura strutture < limiti critici
compartimentazione efficace
danno economico contenuto



Criteria ambientali (Rambiente)

limitazione emissioni tossiche

contenimento acque di spegnimento

prevenzione contaminazioni



Criteria per operatività soccorso (VVF)

accessibilità garantita

visibilità accettabile

temperature compatibili con intervento



Applicazione alle strutture complesse –

Scenario Tipico Incendio in una area commerciale

Sviluppo di incendio Elevato

Volume grande- Stratificazione fumo



Criteria di Accettabilità specifici:

- **Stato libero dei fumi > 2.50 m nelle vie di esodo;**
- **Visibilità > 10 m negli spazi aperti**
- **Temperature < 60 °C**
- **ASET > RSET con margine del 30-100%;**
- **Tempo di attivazione sistemi – Rivelazione precoce (< 60-120 sec)**



Integrazione con le misure antincendio (S1-S10)

I criteri di accettabilità sono **verificati tramite le misure:**

S.4 (esodo) → riduce RSET

S.7 (rivelazione) → riduce tempo di pre-movimento

S.8 (controllo fumi) → aumenta ASET

S.6 (spegnimento) → limita HRR

I Criteri di accettabilità non sono isolati , ma risultano Sistema Integrato



Schema Sintetico

CRITERI DI ACCETTABILITÀ – STRUTTURE COMPLESSE

ASET \geq RSET (+ margine sicurezza)

Temperatura ≤ 60 °C

Visibilità ≥ 10 m

Strato libero fumi $\geq 2,5$ m

CO \leq limiti critici

Irraggiamento $\leq 2,5$ kW/m²

Tempo attivazione sistemi compatibile con esodo



Nelle strutture complesse i criteri di accettabilità:

- sono quantitativi e verificabili;
- derivano dagli obiettivi di sicurezza;
- si dimostrano tramite FSE;
- rappresentano il vero elemento di validazione del progetto



SCENARIO DI INCENDIO



SVILUPPO INCENDIO (HRR, fumi, temperatura)



CALCOLO ASET
(tempo disponibile condizioni accettabili)



CRITERI DI ACCETTABILITÀ

Temperatura ≤ 60 °C

Visibilità ≥ 10 m

Strato libero fumi $\geq 2,5$ m

CO \leq limiti critici

Irraggiamento $\leq 2,5$ kW/m²



CALCOLO RSET
(tempo necessario evacuazione)



RSET = t_rivelazione + t_allarme + t_pre-movimento + t_percorrenza



VERIFICA FINALE
ASET \geq RSET + Margine di sicurezza



ESITO:

✓ CONFORME

✗ NON CONFORME → revisione misure S.1–S.10

STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO:

↑ ASET → S.8 (fumi), S.6 (spegnimento)

↓ RSET → S.4 (esodo), S.7 (rivelazione), S.5 (gestione)



Riferimento: D.M. 03/08/2015 –
Capitolo M.3 (FSE)



SCENARI DI INCENDIO

(Cap. M.2 e M.3 del Codice di Prevenzione Incendi).

Uno **scenario di incendio** è la rappresentazione di un evento realistico di incendio, definito attraverso condizioni iniziali, sviluppo nel tempo e interazione con l'ambiente.

Deve essere:

plausibile

rappresentativo

gravoso ma credibile

Analisi del contesto

Per una struttura complessa (es. grande hall):

- **geometria** (volumi, altezze, compartimenti)
- **destinazioni d'uso** (commerciale, sanitario, ecc.)
- **affollamento** (densità, variabilità)
- **presenza di impianti** (sprinkler, EVAC)

Individuazione dei pericoli (hazard identification)

Esempi:

materiali combustibili (arredi, merci)

impianti elettrici

locali tecnici

aree a rischio specifico (depositi, cucine)

Selezione dei punti di innesco

In ambienti complessi si considerano tipicamente:

punto con **massimo carico d'incendio**

punto con **massimo impatto sull'esodo**

punto con **peggior ventilazione**

punto critico per propagazione fumi

servono più scenari significativi

Schema sintetico dei punti di innesco

| Criterio | Esempio | Effetto principale |
|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Carico incendio | Negoziò arredi | ↑ HRR |
| Esodo | Uscita principale | ↑ RSET |
| Ventilazione | Locale chiuso | ↑ temperatura |
| Propagazione fumi | Grande hall | ↓ ASET |
| Guasto impianti | No sprinkler | scenario peggiorativo |

Definizione della curva di incendio (HRR)

Si definisce:

tipo di crescita (tipicamente **t² fire**)

tempo al picco

potenza termica massima (HRR)

Esempio:

crescita media

picco: 3 MW

tempo al picco: 500 s

Fondamentale per calcolare ASET

Condizioni di ventilazione

Elemento critico nelle strutture complesse:

- aperture (porte, vetrate)
- impianti HVAC
- sistemi di evacuazione fumi

Influenza:

sviluppo incendio

stratificazione fumi

Intervento dei sistemi di sicurezza

Si definisce:

attivazione sprinkler (tempo e effetto)

attivazione rivelazione

attivazione evacuazione vocale

attivazione sistemi fumo

Questo modifica radicalmente lo scenario

Definizione dello scenario finale

Uno scenario completo include:

posizione incendio $HRR(t)$

condizioni ambientali

sistemi attivi

comportamento utenti

Tipologie di scenari (strutture complesse)

Scenario 1 – Incendio in area aperta (hall)

sviluppo libero fumi

forte stratificazione

impatto su grandi flussi di persone

Scenario 2 – Incendio in locale confinato

crescita rapida temperatura

possibile flashover

propagazione verso hall

Scenario 3 – Incendio vicino alle vie di esodo

**scenario più critico per RSET
possibile blocco uscite**

Scenario 4 – Incendio in quota (es. soppalchi)

**rapido riempimento fumi in alto
impatto su evacuazione verticale**

**Scenario 5 – Incendio con
malfunzionamento sistemi
sprinkler non attivi
ritardo rivelazione
Sempre opportuno includere
almeno uno scenario
“peggiorativo”**

Criteri di selezione degli scenari:

Devono essere

- Rappresentativi – coerenti
- Gravosi- mettere in crisi in sistema
- Limitati – Gestibili 3-5

ESEMPIO Applicativo (Grande HALL)

Scenario Scelto:

incendio in area commerciale centrale

HRR = 3 MW

crescita t^2 media

sprinkler attivo dopo 120 s

sistema fumi attivo

Motivazione:

massimo impatto su affollamento

massimo volume coinvolto

influenza diretta su ASET

Gli scenari di incendio sono stati definiti sulla base dell'analisi dei pericoli, delle condizioni di esercizio e delle caratteristiche geometriche dell'attività.

Sono stati individuati scenari rappresentativi e gravosi, considerando le condizioni più sfavorevoli realisticamente ipotizzabili, al fine di verificare il rispetto dei criteri di accettabilità mediante metodologia FSE.

SCENARI DI INCENDIO E VERIFICA PRESTAZIONALE

| SCENARIO | POSIZIONE INCENDIO | HRR (MW) | SISTEMI ATTIVI | ASET (s) | RSET (s) | γ | VERIFICA | NOTE TECNICHE |
|------------------------------|---------------------------|----------|--------------------------|----------|----------|----------|----------------|-------------------------------------|
| S1 – Hall centrale | Area commerciale centrale | 3,0 | Sprinkler + EVAC + SEFFC | 720 | 450 | 1,3 | ✓ CONFORME | Scenario rappresentativo principale |
| S2 – Vicino uscita | Ingresso principale | 2,5 | EVAC + SEFFC | 600 | 520 | 1,3 | ✗ NON CONFORME | Impatto diretto su esodo |
| S3 – Locale confinato | Deposito interno | 4,0 | Sprinkler | 500 | 400 | 1,3 | ✓ CONFORME | Elevata temperatura ma confinato |
| S4 – Base atrio | Piano terra hall alta | 3,5 | SEFFC + EVAC | 650 | 480 | 1,3 | ✓ CONFORME | Critico per propagazione fumi |
| S5 – Guasto sprinkler | Area commerciale | 3,0 | Solo EVAC | 480 | 450 | 1,3 | ✗ NON CONFORME | Scenario peggiorativo |

SCENARI FSE _ Semaforo Calcolo

| | | | | | | |
|-------------|------------------|-----|-----|-----|-----|--------------|
| S1 Hall | Area centrale | 3 | 720 | 450 | 1,3 | CONFORME |
| S2 Uscita | Ingresso | 2,5 | 720 | 520 | 1,3 | CONFORME |
| S3 Deposito | Locale interno | 4 | 500 | 400 | 1,3 | NON CONFORME |
| S4 Atrio | Base hall | 3,5 | 650 | 480 | 1,3 | CONFORME |
| S5 Guasto | Area commerciale | 3 | 480 | 450 | 1,3 | NON CONFORME |

FASE FINALE DI MODELLAZIONE E VERIFICHE

Grande hall di centro commerciale

La fase finale della progettazione prestazionale si imposta, secondo il Codice di prevenzione incendi del D.M. 3 agosto 2015 e s.m.i., con riferimento alla metodologia FSE, agli scenari di incendio e alla salvaguardia della vita. RTO. Per le attività commerciali si integra con la RTV dedicata alle attività commerciali introdotta col DM 23/11/2018- Gazzetta Ufficiale n. 281 del 3 dicembre 2018 .

Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività commerciali, ove sia prevista la vendita e l'esposizione di beni, con superficie lorda superiore a 400 mq, comprensiva di servizi, depositi e spazi comuni coperti, ai sensi dell'articolo 15, del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139

GRAZIE PER L'ATTENZIONE