

Giovanni Paparelli

# SISTEMI PER IL CONTROLLO DI FUMO E CALORE

PROGETTAZIONE, INSTALLAZIONE, CONTROLLO,  
MANUTENZIONE

© Copyright Legislazione Tecnica 2017

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

---

Finito di stampare nel mese di settembre 2017 da  
Press Up S.r.L. - Sede Legale: Via Catone, 6 - 00192 Roma (RM)  
Sede Operativa: Via Cassia Km 36,300 Zona Ind.le Settevene - 01036 Nepi (VT)

---

**Legislazione Tecnica S.r.L.**  
00144 Roma, Via dell'Architettura 16

*Servizio Clienti*  
Tel. 06/5921743 – Fax 06/5921068  
servizio.clienti@legislazionetecnica.it

*Portale informativo:* [www.legislazionetecnica.it](http://www.legislazionetecnica.it)  
*Shop:* [ltshop.legislazionetecnica.it](http://ltshop.legislazionetecnica.it)

I contenuti e le soluzioni tecniche proposte sono espressioni dell'esperienza maturata nel corso degli anni dagli Autori. Esse possono, quindi, soltanto essere fatte proprie dal lettore, o semplicemente rigettate, ed hanno l'intento di indirizzare e supportare il tecnico nella scelta della soluzione che maggiormente si adatta alla situazione oggetto di analisi. Rimane, pertanto, a carico del tecnico la selezione della soluzione da adottare. Il lettore utilizza il contenuto del testo a proprio rischio, ritenendo indenne l'Editore e gli Autori da qualsiasi pretesa risarcitoria.

## PREFAZIONE

---

L'opera si propone di definire e illustrare i criteri per la progettazione, installazione, controllo e manutenzione dei sistemi di evacuazione di fumo e calore naturale e forzata, in conformità alle norme UNI 9494-1 e UNI 9494-2, pubblicate nel marzo del 2017.

Viene altresì proposto un percorso di calcolo più ampio, che consente di affrontare e risolvere qualsiasi situazione caratterizzata da un rilascio termico, anche non contemplato dalle stesse norme UNI.

Un ricorrente riferimento ad esempi pratici rende il volume particolarmente interessante e di immediata applicazione.

Questo manuale va quindi ad arricchire la letteratura della prevenzione incendi rendendola sì rispettosa delle norme UNI, ma anche da queste in parte autonoma con considerazioni non solo tabulate, ma anche calcolabili dal tecnico della prevenzione incendi.

L'opera accomuna infine i sistemi verticali di smaltimento fumi a quelli orizzontali rendendo questi ultimi una valida ed innovativa soluzione per riqualificare le autorimesse là dove queste comportino problematiche di difficile risoluzione soprattutto per carenza di ventilazione naturale.

Richiamandosi invece ai sistemi di ventilazione meccanica in uso per i tunnel, in queste pagine si riesce ad individuare un percorso ottimale per dotare le autorimesse di un grado di sicurezza non inferiore a quello derivante dall'applicazione della normativa vigente. Il tutto coerentemente con il Decreto Ministeriale 21 febbraio 2017 che approva le norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa, sia nuove che esistenti.

Il libro termina con i richiami di normativa italiana antincendi, quella pertinente con l'argomento trattato.

L'Autore



# INDICE

---

1. IL CAPITOLO S.8 DEL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI (D.M. 3 AGOSTO 2015) .....	9
1.1 Generalità e livelli di prestazione .....	9
1.2 Modalità realizzative delle aperture di smaltimento fumi d'emergenza .....	10
2. CALCOLI PRATICI DEI SISTEMI DI EVACUAZIONE NATURALE DI FUMO E CALORE (SENEFC) E DEI SISTEMI DI EVACUAZIONE FORZATA DI FUMO E CALORE (SEFFC) .....	12
2.1. Movimento dei fumi in un locale confinato .....	12
2.2. Obiettivi dei sistemi di evacuazione di fumo e calore .....	13
2.3. Elementi a base di una corretta analisi del rischio di incendio .....	14
2.4. Soluzioni progettuali .....	16
2.4.1. Soluzioni conformi per il livello di prestazione II .....	16
2.4.2. Soluzioni conformi per il livello di prestazione III .....	16
2.5. Sistemi di evacuazione naturale di fumo e calore: tipologie di ENFC esistenti in commercio .....	17
2.6. Simbologia impiegata nel dimensionamento degli ENFC .....	20
2.7. Dimensioni e caratteristiche del compartimento .....	21
2.8. influenza dei vari parametri di un SNEFC .....	22
2.9. Barriere al fumo .....	24
2.10. Calcolo superficie utile di apertura degli evacuatori naturali di fumo e calore (SUT) .....	26
2.10.1. Metodo tabellare .....	26
2.10.2. Metodo analitico .....	38
2.10.3. Confronto della norma UNI 9494:2017/2012 con la precedente UNI 9494:2007 che ha revisionato la UNI 9494:1989 .....	42
2.11. Conclusioni dei confronti tra le varie normative .....	43
2.12. Distribuzione degli evacuatori di fumo e calore .....	43
2.13. Estensione norma UNI 9494 .....	46
2.14. Casi particolari di ENFC .....	49
2.15. Afflusso di aria fresca nei SENEFC .....	55

<b>3. SISTEMI DI EVACUAZIONE FORZATA DI FUMO E CALORE (SEFFC)</b>	<b>57</b>
3.1. Vantaggi del SEFFC rispetto al sistema di EFC naturale . . . . .	57
3.2. Generalità. Tipologie impiantistiche . . . . .	57
3.3. Ambito di applicazione dei SEFFC . . . . .	62
3.4. Calcoli analitici . . . . .	66
3.4.1. <i>Aspirazione meccanizzata</i> . . . . .	66
3.4.2. <i>Immissione aria esterna (ovvero calcolo delle superfici corrette totale per l'afflusso di aria SCT)</i> . . . . .	68
3.5. Caratteristiche dei ventilatori nei SEFFC . . . . .	69
3.5.1. <i>Caratteristiche funzionali di un ventilatore</i> . . . . .	70
<b>4. DIMENSIONAMENTO DEI CONDOTTI PER L'EVACUAZIONE DI FUMO E CALORE</b>	<b>73</b>
4.1. Condotte di controllo del fumo . . . . .	77
4.2. Afflusso di aria fresca nei SEFFC . . . . .	78
4.2.1. <i>Sistema naturale di immissione aria fresca in sistemi SEFFC</i> . . . . .	78
4.2.2. <i>Sistema di immissione aria fresca forzata in sistemi SEFFC</i> . . . . .	80
4.3. Sistema di controllo dei fumi nelle gallerie di attività commerciali con superficie superiore a 400 m <sup>2</sup> . . . . .	82
4.4. Sistema di controllo dei fumi in uso nei paesi d'oltralpe nelle gallerie su cui si affacciano sia attività commerciali, sia percorsi orizzontali di attività alberghiere . . . . .	86
<b>5. VENTILAZIONE ORIZZONTALE MECCANICA DELLE AUTORIMESSE</b>	<b>90</b>
5.1. Generalità . . . . .	90
5.2. La nuova ventilazione meccanica delle autorimesse: metodo innovativo . . . . .	91
5.3. Metodo per autorimesse di grandi dimensioni: funzionamento del sistema . . . . .	94
5.4. Ventilazione di una autorimessa per il solo controllo del tasso di CO . . . . .	101
5.5. Sistema di ventilazione di tipo evoluto per autorimesse . . . . .	104
5.6. Attivazione dei componenti dell'autorimessa . . . . .	109

6. RUOLO DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE NELL'EVACUAZIONE FORZATA DI FUMO E CALORE .....	110
7. MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI EVACUAZIONE NATURALE DI FUMO E CALORE .....	115
7.1. Messa in esercizio degli EFC .....	116
7.2. Funzionamento degli ENFC .....	116
7.3. Coesistenza di enfc con impianti fotovoltaici. Manutenzione in sicurezza .....	119
APPENDICE TECNICA .....	120
INDICE DELLE TABELLE .....	124
INDICE DELLE FIGURE .....	125
RIFERIMENTI TECNICI, BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI .....	129
NORMATIVA ITALIANA DI RIFERIMENTO .....	130
— D.M. 20/12/2012, “Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi” (stralcio) .....	131
— D.M. 03/08/2015, “Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'art. 15 del D. Lgs. 8 marzo 2006 n. 139” (stralcio) .....	138
— D.M. 16/05/1987, n. 246, “Norme di sicurezza antincendi per edifici di civile abitazione” (stralcio) .....	148
— D.M. 27/07/2010, “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle attività commerciali con superficie superiore a 400 mq” (stralcio) .....	149
— D.M. 21/02/2017, “Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa” (stralcio) .....	151



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



**Tabella 2.2** - Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione  
(Tabella S.8-2 del T.U. Antincendio)

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Compartimenti dove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– non adibiti ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto;</li> <li>– superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 25 m<sup>2</sup>;</li> <li>– carico d'incendio specifico <math>q_f</math> non superiore a 600 MJ/m<sup>2</sup>;</li> <li>– non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>– non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
II	Compartimento non ricompreso negli altri criteri di attribuzione
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (ad es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico d'incendio specifico $q_f$ , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ecc.).

## 2.4. SOLUZIONI PROGETTUALI

### 2.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Il sistema di ventilazione naturale è costituito da aperture di ventilazione e da aperture di richiamo.

Le caratteristiche minime delle aperture sono state riportate nella Tabella 1.1 in funzione del carico d'incendio specifico  $q_f$ .

La parte di infissi apribile manualmente dovrà essere immediatamente e facilmente apribili e da parte degli occupanti e dei soccorritori.

Le aperture di ventilazione e di richiamo dell'aria possono essere dotate di infissi con sistema automatico di apertura ad attivazione manuale e, nel caso sia presente un IRAI (impianto di rivelazione incendio e segnalazione allarme antincendio), con attivazione automatica ad esso asservita.

La gestione delle aperture di ventilazione deve essere considerata nel piano di emergenza e segnalata per le squadre di soccorso.

Un impianto di ventilazione meccanica ad attivazione automatica in grado di garantire il livello di prestazione richiesto rappresenta una soluzione alternativa a quanto indicato nella Tabella 2.1.

### 2.4.2 Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

Quando ricorre il livello di prestazione III, deve essere installato un sistema di evacuazione di fumi e calore (SEFC), naturale (SE NFC) o forzato (SEFFC) con-

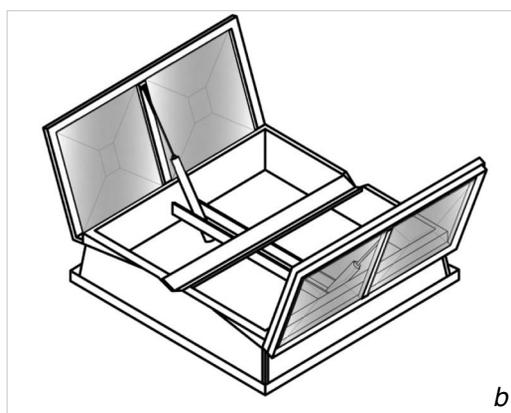
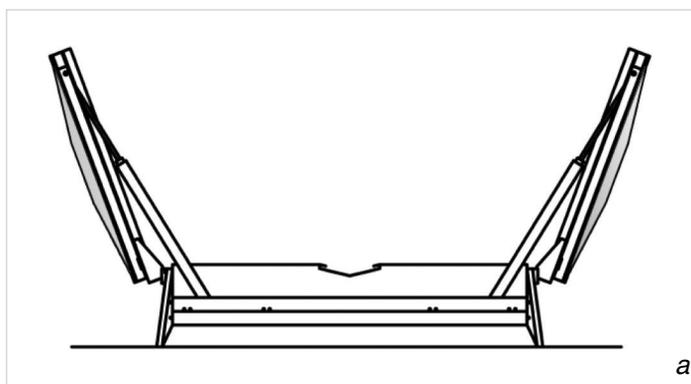
forme alla norma UNI 9494-1 e UNI 9494-2 di cui diffusamente di parlerà in seguito nella presente opera.

I sistemi naturali sono illustrati dalla norma UNI 9494-1:2017, mentre quelli meccanizzati dalla norma UNI 9494-2:2017.

## 2.5. SISTEMI DI EVACUAZIONE NATURALE DI FUMO E CALORE: TIPOLOGIE DI ENFC ESISTENTI IN COMMERCIO

Il commercio propone ENFC di varie tipologie (cfr. Figure 2.3-2.6):

- a due battenti;
- ad un battente;
- a lamelle;
- in facciata.



**Figura 2.3** - Evacuatore di fumo e calore da copertura a due battenti: vista bidimensionale (a) e tridimensionale (b)



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



## ESEMPIO 2.1

Individuare la SUT (superficie utile totale) degli evacuatori di fumo e calore di un comparto a soffitto di 2.050 m<sup>2</sup>. Il locale ha un'altezza di 6 metri. Si vuole che lo strato di fumo, in caso di incendio, non superi i 3 metri. Conseguentemente lo strato libero da fumo dovrà essere di 3 metri.

### *Soluzione*

Si individua preliminarmente il gruppo di dimensionamento, per la durata convenzionale di sviluppo dell'incendio non superiore a 20 minuti e per la velocità di propagazione dell'incendio che consideriamo media, con riferimento ai gruppi di pericolo di cui alla norma UNI EN 20845.

Dal prospetto 2 della norma UNI 9494-1:2017, in corrispondenza dei dati sopra espressi, si individua una SUT = 8,3 m<sup>2</sup> per il gruppo di dimensionamento GD = 5.

Si segnala come il calcolo proposto dalla nuova norma sia significativamente diverso da quello della precedente norma UNI 9494:2007 in cui per poter individuare la SUT era necessario fare dei calcoli i quali tenevano conto anche della superficie del comparto. Bisognava poi individuare un coefficiente  $\alpha$  che, con gli stessi dati dell'esempio proposto (ovvero per una velocità di sviluppo dell'incendio media) e per una durata convenzionale di sviluppo dell'incendio non superiore a 25 minuti e con una velocità di sviluppo alta dell'incendio, determinava un GD = 7 cui corrispondeva per  $y = 0,5 \times h$  una  $\alpha = 1,7$ . Conseguentemente il calcolo della SUT era dato da:

$$SUT = S \times \alpha/100$$

che, nel caso dell'esempio proposto, diventerebbe:

$$SUT = 2.050 \times 1,7/100 = 34,85 \text{ m}^2$$

Si rileva come la vecchia norma fornisse dimensionamenti ridondanti rispetto alla nuova, anche perché ipotizzava servizi di qualità inferiore, come interventi dei soccorsi VVF fino a 25 minuti.

La nuova norma ha introdotto una buona intuizione nell'affermare la non influenza, ai fini del calcolo della SUT, per dimensioni comprese tra 600 e 1.600 m<sup>2</sup>. Ha inoltre ridotto il tempo di intervento dei mezzi VVF e i gruppi di dimensionamento sono stati ridotti da 7 a 5.

### *Confronto con la norma francese*

Lo stesso percorso di calcolo della SUT, proposto dalla vecchia norma UNI del 2007, è individuabile nella norma tecnica francese n. 246, in cui il coefficiente  $\alpha$ , oltre ad essere tabellato, è calcolabile con l'espressione:



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



# 3

## SISTEMI DI EVACUAZIONE FORZATA DI FUMO E CALORE (SEFFC)

### 3.1. VANTAGGI DEL SEFFC RISPETTO AL SISTEMA DI EFC NATURALE

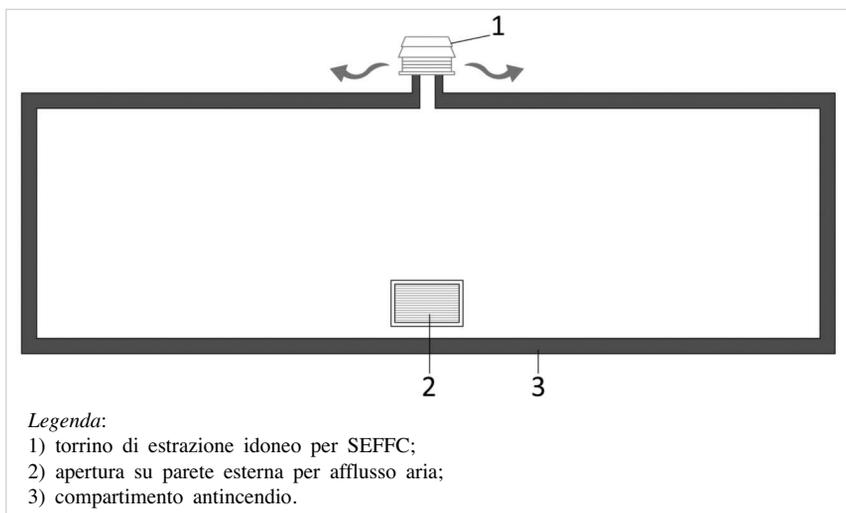
Il SEFFC presenta dei vantaggi rispetto al SENFC, rappresentati da:

- 1) limitazione della forometria in copertura;
- 2) possibilità di estrazione dei fumi freddi, mentre nei sistemi naturali l'estrazione dei fumi è consentita in maniera adeguata solo quando si attiva un sufficiente tiraggio;
- 3) i sistemi meccanici non sono influenzati dalle condizioni meteorologiche come quelli naturali;
- 4) possibilità di utilizzare questi impianti anche per la ventilazione dei locali, con significativa riduzione dei costi (impianto a doppio uso).

### 3.2. GENERALITÀ. TIPOLOGIE IMPIANTISTICHE

#### *Tipologia 1*

È il sistema più ricorrente caratterizzato da uno o più ventilatori per ogni compartimento e aperture naturali per l'afflusso di aria esterna praticate sulla parte inferiore della parete del compartimento, affacciata verso l'esterno.



**Figura 3.1** - Aspirazione diretta fumi con ventilatore e immissione naturale di aria esterna



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



#### 4.2.2. Sistema di immissione aria fresca forzata in sistemi SEFFC

L'immissione forzata dell'aria fresca in un SEFFC può essere realizzata con canalizzazioni dotate di aperture di aspirazione munite o non di bocchette di immissione.

Anche in questo caso, la distanza tra le aperture di immissione aria e il limite inferiore dello strato di fumo deve essere non inferiore a 1 m. Detta distanza viene elevata a 1,5 m nel caso in cui le bocchette di immissione aria abbiano delle alette che orientino il flusso di aria in modo obliquo.

Nel dimensionamento della portata del ventilatore di immissione aria, bisogna tener conto della diversa densità dell'aria e ciò al fine di evitare la pressurizzazione dei locali.

Dovrà essere attuata la seguente relazione di continuità:

$$q_1 \times \rho_{a.e.} = q_2 \times \rho_{fumi}, \quad (4.34)$$

dove:

$q_1$  è la portata del ventilatore che aspira aria esterna;

$q_2$  è la portata del ventilatore che aspira fumi;

$\rho_{a.e.}$  la densità dell'aria esterna in  $\text{kg/m}^3$ ;

$\rho_{fumi}$  la densità dei fumi in  $\text{kg/m}^3$ , alla temperatura dei fumi (ad esempio: per  $t_{fumi} = 300$ , si ha  $\rho_{fumi} \cong 0,63 \text{ kg/m}^3$ )

L'Esempio 4.4 chiarisce quanto esposto.

#### ESEMPIO 4.4

Con riferimento ai dati di cui all'Esempio 4.3, in cui è stata individuata una portata di espulsione fumi pari a  $75.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ad una temperatura media di  $+290 \text{ }^\circ\text{C}$ , cui corrisponde una densità dell'aria pari a  $\rho_{fumi} = 0,63 \text{ kg/m}^3$ , si vuole calcolare la portata del ventilatore di immissione aria fresca in modo da determinare un corretto bilanciamento delle portate di immissione e di espulsione, evitando ogni pressurizzazione del locale.

Consideriamo che l'aria esterna venga aspirata ad una temperatura standard di  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ , cui corrisponde una densità  $\rho_{a.e. = 20^\circ\text{C}} = 1,204 \text{ kg/m}^3$ .

Si ha:

$$q_{imm} = 75.000 \times 0,63/1,204 = 39.244 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il ventilatore di immissione avrà quindi una portata di  $39.244 \text{ m}^3/\text{h}$ , mentre quello di espulsione avrà la portata di  $75.000 \text{ m}^3/\text{h}$ , alla condizione di temperatura sopra determinata e dedotta dalla Tabella 3.2.



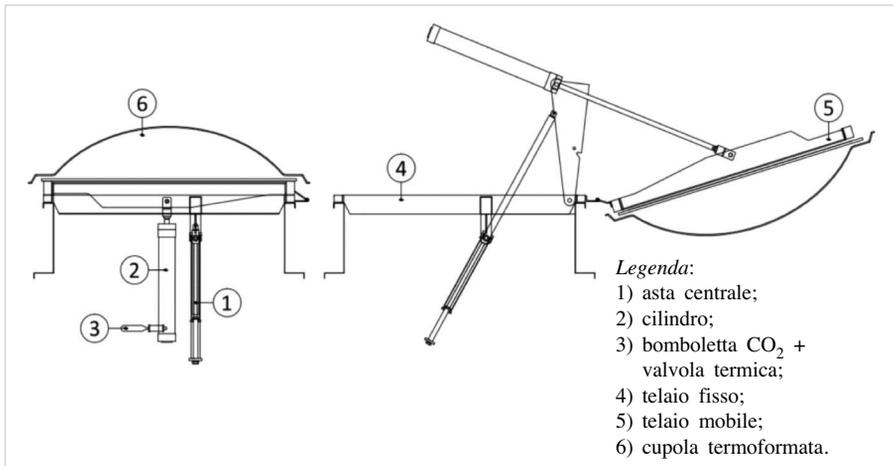
**Pagine non disponibili  
in anteprima**



# 7

## MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI EVACUAZIONE NATURALE DI FUMO E CALORE

La rappresentazione di Figura 7.1 illustra i componenti principali di un evacuatore di fumo e calore.



**Figura 7.1** - Rappresentazione di un ENFC

Le modalità operative di una corretta manutenzione dei sistemi di evacuazione naturale di fumo e calore sono le seguenti:

- 1) controllo del sistema per capirne lo stato di conservazione;
- 2) pesatura bombolette CO<sub>2</sub> per verificare se la perdita è stata superiore al 10%;
- 3) lubrificazione organi di movimento;
- 4) verifica corretto funzionamento valvola termica;
- 5) verifica cilindro pneumatico;
- 6) verifica bombole di CO<sub>2</sub>;
- 7) apertura cupola;
- 8) sostituzione dei componenti difettosi;
- 9) compilazione del registro di manutenzione.

La cadenza delle operazioni di manutenzione è la seguente:

- *semestralmente*: apertura manuale degli EFC, controllo del peso delle bombole, verifica della valvola termica;
- *annualmente*: verificare almeno il 10% degli EFC installati;
- *ogni due anni*: sostituzione bombole CO<sub>2</sub>.

Ogni EFC è contrassegnato da una targhetta di acciaio recante in modo indelebile:

- nome del fabbricante;
- anno di costruzione;
- superficie geometrica d'apertura in m<sup>2</sup>.

I risultati delle prove di funzionalità devono essere registrati sul libretto di manutenzione custodito dal titolare dell'attività produttiva.

Il manutentore, per poter accedere in quota, ha bisogno di linee vita o di punti di ancoraggio certificati.

## 7.1. MESSA IN ESERCIZIO DEGLI EFC

Al momento della consegna di un impianto di EFC, l'installatore deve dimostrare al committente il corretto funzionamento meccanico e termico del sistema e rilasciare un resoconto di prova. L'installatore deve altresì consegnare al committente:

- le istruzioni di funzionamento;
- le istruzioni di manutenzione;
- dichiarazione che l'impianto è stato dimensionato correttamente;
- certificazioni riguardanti la stabilità e funzionamento, reazione al fuoco, resistenza al calore, calcolo della SUA (Superficie utile di apertura) e dell'influenza del vento.

## 7.2. FUNZIONAMENTO DEGLI ENFC

Un evacuatore naturale di fumo e calore può avere un funzionamento:

- elettrico/pneumatico;
- elettrico/manuale;
- elettrico/meccanico.

Quasi tutti i moderni ENFC sono dotati anche di un sistema di apertura/chiusura per l'aerazione giornaliera.

Il funzionamento dell'apertura di ENFC si basa sull'azionamento, tramite gas inerte compresso, di un sistema di spinta in grado di aprire un evacuatore nelle condizioni più gravose di esercizio (neve e/o vento). Una bomboletta di CO<sub>2</sub> fornisce l'energia interna necessaria, mentre il dispositivo di apertura a distanza può essere elettrico o pneumatico, facente capo quest'ultimo ad una centrale contenente le bombole. Gli ENFC possono essere attivati mediante segnali di allarme automatici di incendio e/o da comando remoto manuale. La procedura di attivazione degli ENFC deve essere descritta nel progetto ed inserita nel piano di emergenza di cui è responsabile il titolare dell'attività. L'attivazione dei sistemi di ENFC deve determinare segnalazioni acustiche ed ottiche locali e remote.

I sistemi di ENFC devono essere alimentati da energia autonoma e garantita in caso di incendio. In funzione della pericolosità, il progettista valuta l'opportunità di ricorrere a gruppi elettrogeni.