# Smoke protection

Sistemi contro la propagazione di fumi e gas tossici

## Introduzione

### Soluzioni dedicate **al contenimento dinamico dei fumi in ambienti** sotterranei **e ad alta affluenza**

I collegamenti ferroviari ad alta velocità, le stazioni metropolitane e gli ambienti sotterranei presentano scenari complessi in caso di incendio.

La rapida propagazione dei fumi caldi e dei gas tossici può compromettere le vie di esodo e ostacolare le operazioni di evacuazione e di soccorso.

Le barriere d'aria Smoke Protection generano una lama d'aria controllata che contrasta la propagazione dei fumi, mantenendo separate le zone e migliorando le condizioni di sicurezza.

Questi sistemi sono progettati per integrarsi con gli impianti di estrazione fumi e le strategie di ventilazione di emergenza, offrendo un supporto efficace nella gestione dell'evento incendio.

Le soluzioni Smoke Protection vengono utilizzate in stazioni, tunnel, autorimesse, terminali e tutti gli ambienti sotterranei o ad alta frequentazione in cui la protezione delle persone è una priorità.

> La corretta progettazione e il dimensionamento del sistema sono fondamentali per garantire prestazioni affidabili e conformità alle normative vigenti.




Fonte: Ministero dell'Interno e Roma Metropolitane

**SICUREZZA E TUTELA**

- **Aiutano a contrastare la propagazione dei fumi**
  Migliorano le condizioni per l'evacuazione e l'intervento di soccorso

**INTEGRAZIONE E COMPATIBILITÀ**

- **Si integrano con impianti di espulsione fumi esistenti**
  Compatibili con sistemi di controllo BMS e di ventilazione esistenti

**PRESTAZIONI AFFIDABILI**

- **Progettate per operare in condizioni critiche**
  Adatte in contesti e scenari di emergenza

# Smoke protection

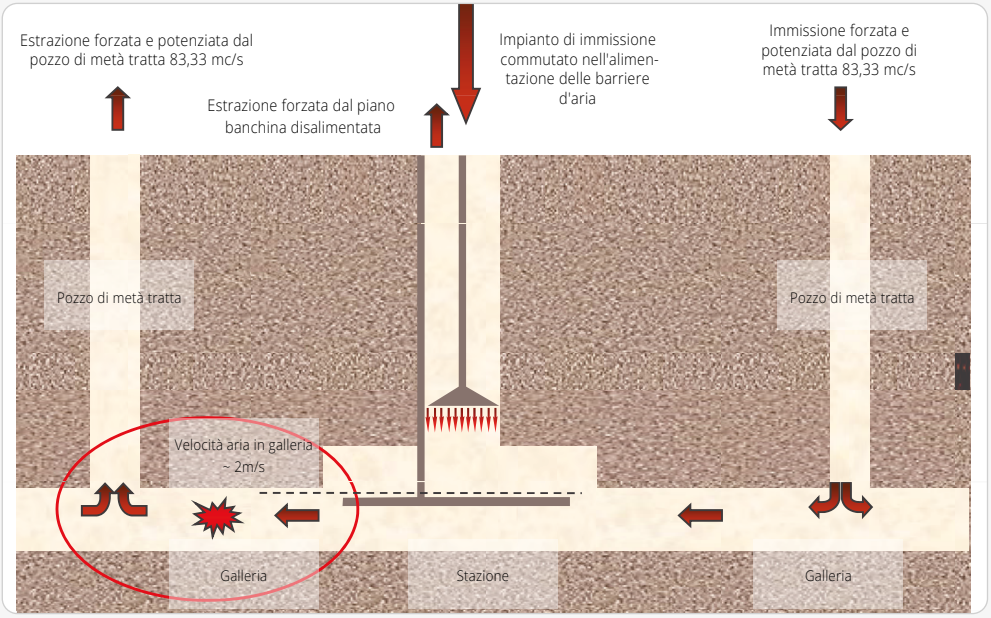
Sistemi contro la propagazione di fumi e gas tossici

## Linee guida progettuali generali

Un sistema ben progettato di ventilazione d'emergenza consente la messa in sicurezza delle stazioni sotterranee, garantendo procedure di evacuazione delle persone secondo gli standard internazionali, nei casi di incendio di vettura sia in stazione sia nelle tratte fra stazioni.

### Caso studio Linea C | Strategia di ventilazione incendio in stazione

Schema dei flussi di immissione estrazione e controllo fumi in stazione sotterranea.




**| Legenda**

- Immissione aria
- Espulsione aria forzata
- Ventilazione nel tunnel
- Incendio in galleria

## Considerazioni progettuali

### Flussi d'aria variabili

Nelle stazioni metropolitane e ferroviarie sotterranee è indispensabile prevedere l'adeguata portata dei flussi d'aria, di rinnovo e di estrazione in funzione dello scenario e della posizione dell'incidente.

### Parametri variabili

Il valore esatto della velocità critica dipende da molteplici fattori: temperatura dei fumi, potenza dell'incendio, geometria di tunnel, stazione, corridoi etc.

### VCx | Velocità media orizzontale

La **"velocità critica" VCx** è la velocità media orizzontale di propagazione dei fumi, oppure la minima velocità longitudinale necessaria per evitare il fenomeno del back-layering in caso d'incendio, nei corridoi di fuga di stazioni o tunnel.

## Velocità critica di propagazione fumi

Fonte: Ministero dell'Interno e Roma Metropolitane

Per contrastare fisicamente la propagazione dei fumi di incendio si deve considerare la velocità critica di propagazione orizzontale dei fumi.

| | |
|---|---|
| **VCx CRITICA ALTA fino a 3,0 m/s = 10,8 km/h** | Contesti estremi: incendi all'interno di tunnel, gallerie stradali ecc., con combustibili trasportati, stazioni ferroviarie sotterranee con passaggio anche di treni-merci. |
| **VCx CRITICA MEDIA fino a 2,0 m/s = 7,2 km/h** | Contesti medi: incendi all'interno di aeroporti, stazioni ferroviarie sotterranee alta velocità (solo trasporto passeggeri), metropolitane ecc. |
| **VCx CRITICA BASSA Fino a 1,5 m/s = 5,4 km/h** | Contesti civili: centri commerciali, ospedali ecc. o luoghi con ridotta presenza di combustibili e comburenti. |

### PRINCIPI PROGETTUALI CHIAVE

EVACUAZIONE SICURA | STRATIFICAZIONE FUMI | ARIA DI EMERGENZA | VELOCITÀ CRITICHE | STANDARD INTERNAZIONALI | SCENARIO DI PROGETTO

# Smoke protection

Sistemi contro la propagazione di fumi e gas tossici

## Esempio applicativo

**Varco di esodo in stazione metropolitana**

Per la protezione di un varco di esodo di una metropolitana, consideriamo una velocità critica media di propagazione dei fumi pari a
**$VC_{X\ MEDIA}$ = 2,0 m/s ≈ 7,2 km/h.**

### DATI di **PROGETTO**

**Velocità critica dei fumi**
VCx media 2,0 m/s = 7,2 km/h

**Inclinazione del getto d'aria**
α = 15°
sin 15° = 0,2588

**Obiettivo**
Componente orizzontale del getto aria
Vx ≥ 2,0 m/s

### **COMPONENTE ORIZZONTALE** AL PAVIMENTO

$$V_{min} = \frac{V_x}{\sin \alpha} = \frac{2,0}{0,2588}$$

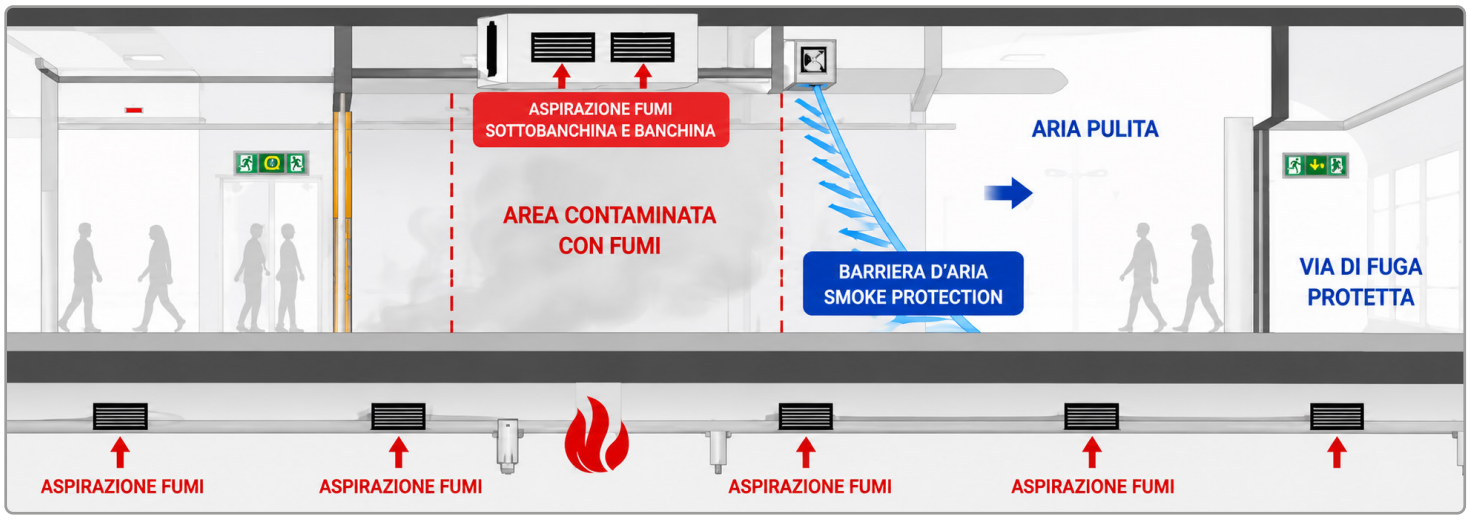
$$V_{min} = 7,73 \approx 28\ km/h$$

La verifica al pavimento rappresenta la condizione più cautelativa: se Vx ≥ 2,0 m/s nel punto più sfavorevole, la lama d'aria è dimensionata per contrastare la propagazione dei fumi nella sezione del varco.

**Risultato**
La lama d'aria deve garantire una velocità minima residua al pavimento pari a: Vmin ≈ 7,73 m/s ≈ 28 km/h

**Condizione richiesta:**
Vx ≥ 2,0 m/s

### **SCHEMA** APPLICATIVO




### **SCENARIO** RAPPRESENTATO

La figura mostra un incendio in una carrozza ferroviaria o metropolitana, con propagazione dei fumi verso banchina e vie di esodo.

I fumi sono aspirati dalle griglie sottobanchina e dalle griglie alte in prossimità della volta. La barriera Smoke Protection genera uno sbarramento dinamico che limita la migrazione dei fumi verso l'area protetta

L'aria pulita viene immessa in controcorrente rispetto all'esodo, contribuendo a mantenere protetta la via di fuga.

### **AZIONE COMBINATA** DEL SISTEMA

**Estrazione dei fumi**
Aspirazione dei fumi da sottobanchina, banchina e zone prossime all'evento.

**Sbarramento dinamico**
La lama d'aria **Smoke Protection** contrasta la propagazione orizzontale dei fumi.

**Immissione aria pulita**
L'aria di rinnovo alimenta la via di fuga e contribuisce a mantenere protetto il percorso di esodo.

Il calcolo riportato è una verifica preliminare. Il dimensionamento definitivo deve considerare geometria della stazione, altezza di installazione, sezione del varco, portate di estrazione, condizioni di ventilazione esistenti e scenari incendio previsti dal progetto di sicurezza.

# Smoke protection

Sistemi contro la propagazione di fumi e gas tossici

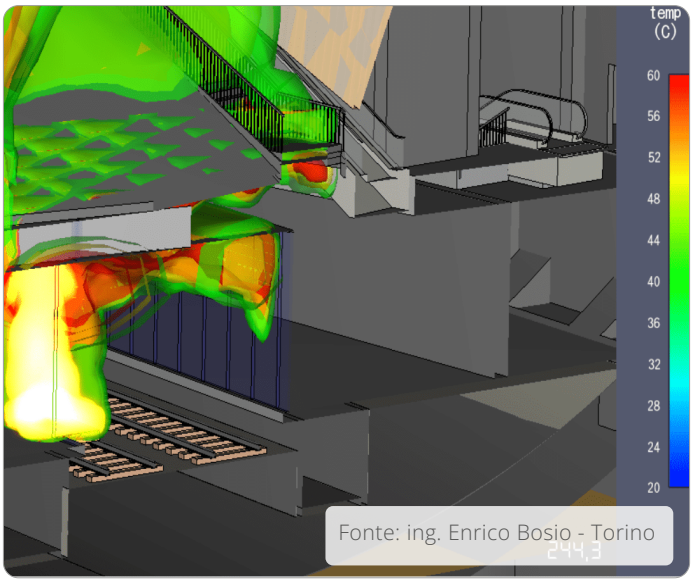
## Validazione digitale e simulazione fluidodinamica

**BIM, CFD/FEM e Fire Safety Engineering per scenari incendio complessi.**

La progettazione dei sistemi Smoke Protection può essere integrata in flussi digitali BIM e verificata tramite simulazioni fluidodinamiche avanzate.

L'analisi CFD/FEM consente di valutare la propagazione dei fumi, la stratificazione termica, l'efficacia dell'estrazione e l'interazione con la lama d'aria, prima della realizzazione dell'impianto.

**Obiettivo**
Verificare il comportamento del sistema nello scenario incendio previsto, riducendo margini di incertezza e ottimizzando la configurazione progettuale.




### PRINCIPI PROGETTUALI CHIAVE

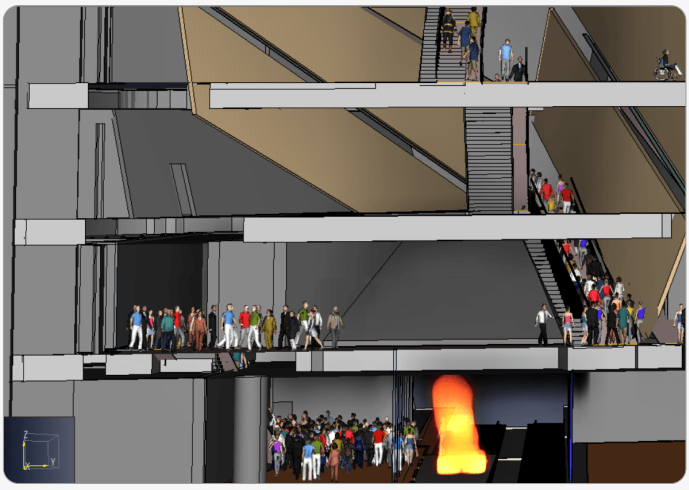
**1 MODELLAZIONE BIM**
Creazione del modello digitale architettonico e impiantistico.

**2 SCENARIO INCENDIO**
Definizione di sorgente termica, posizione evento, vie di esodo e condizioni dei flussi ventilanti

**3 FLUIDODINAMICA**
Analisi di fumi, temperatura, velocità dell'aria, stratificazione e interferenze aerodinamiche

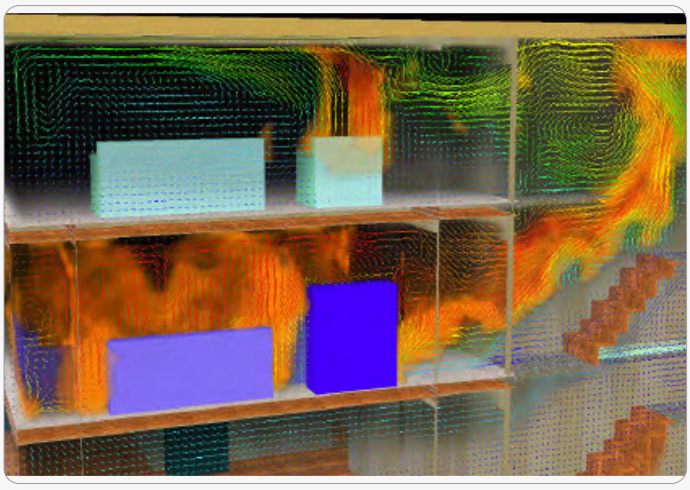
**4 VALIDAZIONE SISTEMA**
Verifica della configurazione di sistema, ottimizzazione delle portate, setup degli ugelli del getto aria

### MODELLAZIONE DEGLI SCENARI DI ESODO



Le simulazioni CFD e di esodo permettono di valutare la propagazione dei fumi, l'efficacia dell'estrazione e la protezione delle vie di fuga. Il modello considera incendio, geometria reale, ventilazione esistente e condizioni di evacuazione, verificando l'interazione tra fumi, barriere d'aria Smoke Protection e percorsi sicuri.

### OTTIMIZZAZIONE DELLA STRATEGIA DI VENTILAZIONE



Il Fire Safety Engineering consente di progettare sistemi antincendio evoluti tramite simulazioni CFD/FEM, sensori distribuiti e logiche automatiche di gestione incendio, migliorando la sicurezza di gallerie e stazioni e riducendo la necessità di intervento umano.