

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
UO IMPIANTISTICA INDUSTRIALE**

PROGETTO DEFINITIVO

**ITINERARIO NAPOLI - BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI**

FERMATA CASALNUOVO - IMPIANTO CONTROLLO FUMI

Relazione di calcolo

SCALA :

1:1

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF0E 00 D 17 RO AI0109 002 A

| Revis. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato | Data |
|--------|---------------------|---|------------|------------------------|------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| A | Emissione Esecutiva | V. Iannuccilli <i>V. Iannuccilli</i> | 30.06.2015 | S. Miceli <i>SM</i> | 30.06.2015 | D. Aprea <i>D. Aprea</i> | 30.06.2015 | A. Falaschi <i>A. Falaschi</i> | 30.06.2015 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Stampa di autorizzazione:
ITALFERR P.A.
UO IMPIANTISTICA INDUSTRIALE
Aut. Ing. ...
Ordine ...
L. 363

File: IF0E 00 D 17 RO AI0109 002 A.dwg

n. Elab.: 620

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 1 di 16 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1) GENERALITÀ | 2 |
| 1.1) PREMESSA | 2 |
| 2) DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO | 2 |
| 2.1) NORMATIVE, LEGGI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 2.2) IMPIANTO ESTRAZIONE FUMI PER CREAZIONE DI UN'ALTEZZA MINIMA LIBERA DA FUMI | 4 |
| <i>Modelli di incendio ed equazioni utilizzate</i> | <i>4</i> |
| <i>Criteria e calcoli di dimensionamento degli impianti per il controllo del fumo e del calore</i> | <i>6</i> |
| Calcolo della portata dei fumi con il modello del window plume | 6 |
| Calcolo di verifica del dimensionamento con il modello del pennacchio ad asse di simmetria verticale | 10 |
| Confronto con altre tipologie di carrozze | 11 |
| 2.3) IMPIANTO DISCONNESSIONE FUMI | 14 |
| <i>Modelli di incendio ed equazioni utilizzate</i> | <i>14</i> |
| 2.4) CALCOLO PREVALENZA | 15 |



**ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI**

PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 2 di 16 |

1) GENERALITÀ

1.1) Premessa

La presente relazione riporta i calcoli di dimensionamento dell'impianto di estrazione fumi previsto nella fermata di Casalnuovo della variante alla linea Canello-Napoli necessari a determinare le caratteristiche dell'impianto.

2) DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

2.1) Normative, leggi e bibliografia di riferimento

- NFPA 92A – Recommended practice for smoke control system;
- NFPA 92B – Recommended practice for smoke management in halls atria and large areas.
- NFPA 204 M - Standard for smoke and heat venting;
- NFPA 90 A - Standard for the installation of air-conditioning and ventilating systems;
- NFPA 101 - Life safety code;
- NFPA1 - Fire Code and Handbook;
- NPFA 130 - Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems;
- UL 555 S - Leakage rated dampers for use in smoke control system.
- UNI 9494 - Evacuatori di fumo e calore caratteristiche, dimensionamento e prove (1989);
- Design of smoke management system – J.H. Klote –J.A. Milke –Ashrae & Society of fire protection engineers;
- Kennedy, W.D. (1996) “Critical Velocity: Past, Present and Future”, Phil. Trans. R. Soc. London A, 356, pp. 2873-2906.
- Lee, C.K., Hwang, C.C., Chaiken, R.F. and Singer, J.M., 1979a, “Interaction Between Duct Fires and Ventilation Flow: An Experimental Study,” Combustion Science and Technology v. 20, pp. 59-72.
- Lee, C.K., Hwang, C.C., Singer, J.M. and Chaiken, R.F., 1979b, “Influence of Passageway Fires on Ventilation Flows,” International Mine Ventilation Congress, Reno, NV, Nov. 4-8, pp. 448-454.
- Large scale test to evaluate mass flow of smoke in line plumes – a. Porter – flow of smoke trough openings seminar, june 13, brehamwod – london: society of fire safety engineers.
- A simplified approach to smoke venting calculation – h. P. Morgan building research establishment information paper 19/95.



**ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI**
PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 3 di 16 |

- Smoke control methods in enclosed shopping complexes of one or more stories: a design summary – h.p. morgan – building research establishment report.
- Smoke control in atrium building – hansell, g.o. 1988 – building standards – july/august pp. 14-23,35-37.
- Smoke control in atrium buildings using depressurization - g.o. hansell. And h.p. morgan 1988 – pd 66/88 barehamwood, herfordshire, uk: fire research station.
- Engineering relations for fire plumes – heskestad g. 1982 – sfpe tr 82-8 – boston: society of fire protection engineers.
- Note on maximum rise of fire plumes in temperature stratified ambients - heskestad g. 1989a – fire safety journal 15:271-276.
- Environments of fire detectors – phase i:effect of fire size, ceiling height and materials volume ii – heskestad g. And m.a. delichatsios 1977 – analysis (nbs-gcr-77-95) gaithersburg - md: national bureau of standards.
- Smoke control by stairwell pressurization – klote j.h. 1980 – engineering applications of fire technology workshop pp 137-158 – boston ma: society of fire protection engineers;
- Smoke control methods in enclosed shopping complexes of one or more storeyes: a design summary – morgan h.p. 1979 – borehamwood hertfordshire uk: fire research station;
- Comments on a note on smoke plumes from fires in multi-level shopping malls. – morgan h.p. 1987 – fire safety journal 12; 9-35;
- Atrium buildings: calculating smoke flows in atria for smoke-control design – morgan h.p. and g.o. hansell 1987 – fire safety journal 12: 9-35;
- Smoke control measure in a covered two-story shopping mall having balconies and pedestrian walkways – morgan h.p. and n.r. marshall 1979 – building research establishmet cp11/79 – borehamwood hertfordshire uk: fire research station;
- Present-day design fire scenarios and comparison with test - results and real fires: structures & equipment - dr. Ir. Kees both, tno building and construction research, centre for fire research, the netherlands - prof. Dr.-ing. Alfred haack, past president of ita - international tunnelling association, switzerland, executive board member of stuva e. V. – studengesellschaft für unterirdische verkehrsanlagen (research association for underground transportation facilities), germany

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 4 di 16 |

2.2) Impianto estrazione fumi per creazione di un'altezza minima libera da fumi

Modelli di incendio ed equazioni utilizzate

Per determinare la potenza termica convettiva dell'incendio, la portata in volume del fumo, la temperatura dei gas all'interno dello strato di fumo e l'altezza delle fiamme dell'incendio sono state utilizzate le equazioni :

$$E_c = 0.7E(1)$$

$$V = \frac{m \cdot (T_s + 273)}{\rho_o \cdot (T_a + 273)}(2)$$

$$T_s - T_a = \frac{E_c}{m \cdot cp}(3)$$

$$z_f = C_1 \cdot E_c^{2/5}(4)$$

La portata in massa di fumo prodotto dall'incendio è stata calcolata utilizzando le equazioni che seguono. Ciascuna equazione è applicabile ad un modello di incendio ed al pennacchio di fumo caratteristico di quel modello.

a) Pennacchio con asse di simmetria verticale :

$$m = C_2 \cdot E_c^{1/3} \cdot z^{5/3} + C_3 \cdot E_c(5)$$

L'equazione (5) è applicabile per $z_f < z$

$$m = C_4 \cdot E_c^{3/5} \cdot z(6)$$

L'equazione (6) è applicabile per $z_f \geq z$

b) Window plume

$$m = C_2 (E_c)^{1/3} \cdot (Z_w + a)^{5/3} + C_3 \cdot E_c(7)$$

$$a = 2.4 A_w^{2/5} \cdot H_w^{1/5} - 2.1 H_w(8)$$

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 5 di 16 |

Nelle equazioni da (1) ad (8) :

E_c è la potenza termica convettiva dell'incendio [kW]

E è la potenza termica dell'incendio [kW]

V è la portata volumetrica del fumo [m³/s]

m è la portata massica del fumo [kg/s]

T_s è la temperatura dei gas all'interno dello strato del fumo [°C]

T_a è la temperatura ambiente [°C]

ρ_o è la densità dell'aria in condizioni standard [1.22 kg/m³]

c_p è il calore specifico dell'aria [1 kJ/kg K]

z_f è l'altezza raggiunta dalla fiamma [m]

$C_1 = 0.166$

z è l'altezza dell'interfaccia dello strato di fumo dal pavimento [m]

$C_2 = 0.071$

$C_3 = 0.0018$

$C_4 = 0.032$

A_w è la superficie delle aperture di ventilazione [m²]

H_w è l'altezza delle aperture di ventilazione [m]

Z_w è l'altezza dell'interfaccia dello strato di fumo rispetto alla parte più alta dell'apertura di ventilazione [m]

a è l'altezza caratteristica [m]

g è l'accelerazione di gravità [9.81 m/s²]

d è lo spessore dello strato di fumo [m]



ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI
PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 6 di 16 |

Criteria e calcoli di dimensionamento degli impianti per il controllo del fumo e del calore

Calcolo della portata dei fumi con il modello del window plume

Il modello di incendio adottato per il dimensionamento del sistema di estrazione fumi è quello il cui pennacchio è definito "window plume". Il pennacchio è determinato da un incendio che si sviluppa in un ambiente comunicante tramite aperture (porte, finestre ecc.) con l'ambiente da proteggere. In tale modello il rilascio di calore può essere inteso come governato dal flusso d'aria attraverso le aperture delle pareti rispetto all'ambiente da proteggere, ossia governato da una ventilazione controllata. Il rilascio di calore, pertanto, può essere relazionato alle caratteristiche delle aperture di ventilazione.

Nel caso in esame l'ambiente da proteggere sono le banchine di fermata in adiacenza delle quali si trova il treno interessato dall'incendio, l'ambiente in cui si sviluppa l'incendio è un vagone ferroviario.

L'incendio all'interno del vagone è considerato in completo sviluppo ed in condizioni di ventilazione controllata. L'incendio è, in altre parole, condizionato dalla limitazione dell'aria di combustione che fluisce solo attraverso i finestrini rotti e attraverso i quali fuoriesce anche il fumo, il che è appunto rappresentato dal modello di incendio "window plume".

Le equazioni utilizzate per calcolare la portata in massa del fumo sono la (7) e la (8). Le dimensioni caratteristiche del modello sono indicate in

Figura - 1.

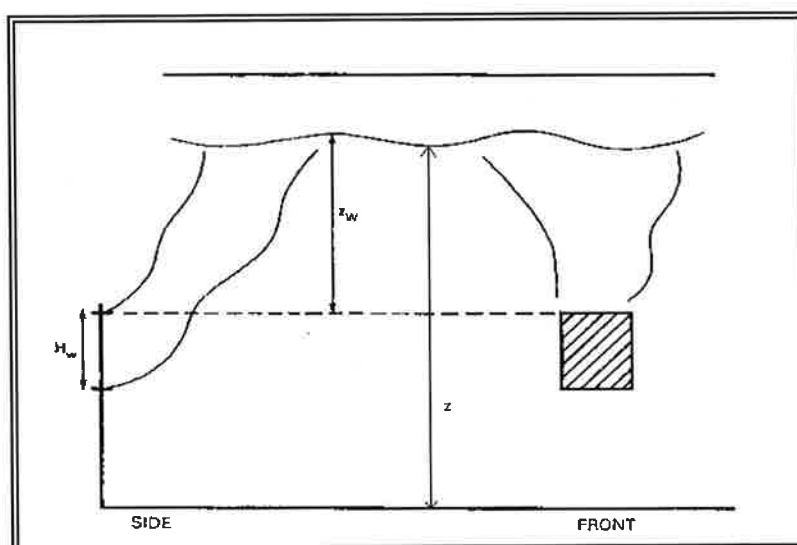


Figura - 1

La potenza termica dell'incendio di progetto è di 50 MW, valore derivante da test d'incendio di moderne carrozze ferroviarie, realizzate prevalentemente in acciaio ed alluminio, effettuati da enti internazionali quali

- Centre for Fire Research - Olanda
- ITA - International Tunnelling Association - Svizzera
- Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen - Germania

I valori utilizzati per la geometria del treno sono quelli dell'ETR500 attualmente in circolazione : numero 18 finestrini della larghezza di 1,3 m e di altezza di 0,7 m più numero due finestrini della larghezza di 0,75m ed altezza di 0,55m ($A_w = 17,20 \text{ m}^2$; $H_w = 0,7 \text{ m}$). L'altezza del bordo superiore del finestrino rispetto alle banchine è di 2,5 m.

Il vagone in questione è chiuso alle estremità da porte REI 30. Nel calcolo della superficie finestrata non si sono considerati i vetri delle porte del vagone.



**ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI**

PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 8 di 16 |

L'altezza dell'interfaccia dello strato di fumo rispetto alla parte più alta dell'apertura di ventilazione (Z_w) è quindi variabile in funzione dell'altezza dello strato di fumo.

Questi sono i valori che sono stati utilizzati nelle equazioni (1), (2), (3), (7) ed (8) ed i cui risultati vengono riportati nel prospetto che segue.

Nel prospetto vengono riportati i seguenti tre casi:

Caso A $Z = 3,3$ m e quindi $Z_w = 0,80$ m

Caso B $Z = 3,8$ m e quindi $Z_w = 1,30$ m

Caso C $Z = 4,5$ m e quindi $Z_w = 2,00$ m

Nel prospetto sono indicati i valori di Portata in massa del fumo (m), Temperatura dello strato di fumo (T_s) e di Portata in volume del fumo (V).

Prospetto 1

| CONDIZIONI | | caso A | Caso B | Caso C |
|---|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| Potenza termica dell'incendio | kW | 50000 | 50000 | 50000 |
| Percentuale potenza convettiva | | 70 | 70 | 70 |
| potenza termica convettiva incendio E_c | kW | 35000 | 35000 | 35000 |
| altezza dello strato di fumo Z | m | 3,3 | 3,8 | 4,5 |
| temperatura ambiente T_a | $^{\circ}\text{C}$ | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| calore specifico dell'aria C_p | | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| densità dell'aria condiz. standard ρ | | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| superficie aperture di ventilazione A_w | m^2 | 17,20 | 17,20 | 17,20 |
| altezza aperture di ventilazione H_w | m | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Altezza tra lo strato di fumo ed il punto più alto dell'apertura di vent. Z_w | m | 0,80 | 1,30 | 2,00 |

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 9 di 16 |

| SCENARIO : WINDOW PLUME | | | | | |
|--|----|-------------------|--------|--------|--------|
| Portata in massa del fumo | m | Kg/s | 112,92 | 119,69 | 129,75 |
| Temperatura dello strato di fumo | Ts | °C | 331,89 | 314,52 | 292,08 |
| Portata in volume del fumo | V | m ³ /s | 190,37 | 196,00 | 204,35 |
| SCENARIO : PENNACCHIO SIMM VERT | | | | | |
| Portata in massa del fumo | m | Kg/s | 56,25 | 64,77 | 76,70 |
| Temperatura dello strato di fumo | Ts | °C | 652,25 | 570,37 | 486,31 |
| Portata in volume del fumo | V | m ³ /s | 143,30 | 150,38 | 160,29 |

L'altezza (massima) del soffitto rispetto alla banchina è di 6,80 m.

Le griglie di estrazione si trovano ad un'altezza superiore a 3,50 m rispetto alla banchina.

Si è assunta un'altezza di stratificazione di 3,3 m.

Per un incendio della potenza termica di 50 MW che si sviluppa all'interno di una carrozza della tipologia ETR500 è necessaria, per mantenere l'interfaccia dello strato di fumo ad un'altezza di 3,30 metri sulla banchina, una portata di estrazione di 190 m³/s.

L'impianto è un impianto di ventilazione di tipo trasversale.

Si è detto dei ventilatori di espulsione dei fumi caldi. Questo "impianto" sarà completato da un impianto "simmetrico" per l'immissione dell'aria di make-up.

L'impianto è previsto con canali correnti sotto banchina.

Con questa configurazione sarà facilitata la stratificazione dei fumi caldi a soffitto e migliorato il ricambio d'aria così da limitare l'aumento di temperatura e tossicità nello strato inferiore.

Per la differenza di densità dell'aria dovuta all'incendio la portata in massa e la portata in volume dell'aria estratta non sono equivalenti. I ventilatori di immissione avranno quindi una portata in volume inferiore a quella dei ventilatori di estrazione.



ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI
PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 10 di 16 |

I ventilatori di immissione avranno una portata totale di 114 m³/s.

La situazione può essere così sintetizzata:

- portata in volume da estrarre per mantenere l'interfaccia dello strato di fumo generato da un incendio da 50 MW ad un'altezza di 3.3 metri sulle banchine 190 m³/s
- portata in volume di fumo estraibile meccanicamente 190 m³/s
- portata d'aria di make-up immessa meccanicamente 114 m³/s

A servizio della Stazione opereranno:

- una centrale di ventilazione per l'estrazione dei fumi caldi;
- due centrali di ventilazione per l'immissione dell'aria di make-up.

Calcolo di verifica del dimensionamento con il modello del pennacchio ad asse di simmetria verticale

Per tenere conto di diverse tipologie di incendio che potrebbero verificarsi nella stazione, si è sviluppato il calcolo utilizzando anche il modello del pennacchio a simmetria verticale.

Utilizzando le stesse ipotesi già adottate per il modello WINDOW PLUME, e cioè:

$$E = 50 \text{ MW}$$

$$T_a = 25 \text{ °C}$$

ed uguagliando il valore di portata ad 190 m³/s, si ottiene:

$$Z_f = 10,91 \text{ m}$$

$$m = 112,50 \text{ kg/s}$$



ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI
PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 11 di 16 |

$$t_s = 339,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Z = 6,6 \text{ m}$$

Si ha quindi, rispetto al WINDOW PLUME, una variazione dell'altezza dello strato dei fumi che passa da 3,3 a 6,6 metri.

La temperatura rimane pressoché invariata e così pure la portata in massa.

Appare subito chiaro che l'altezza dello strato dei fumi calcolata con il WINDOW PLUME e utilizzata per verificare la portata di progetto dei ventilatori è cautelativa. Infatti la possibilità di stabilizzare il fumo a 6,6 metri dalle banchine è impedita dalle caratteristiche strutturali della stazione (altezza nel punto più alto 6.80 m, ma griglie di aspirazione poste anche ad un'altezza inferiore a 6,6 m).

I casi A, B e C del prospetto 1 mostrano che dato che la portata in volume dei fumi prodotti aumenta con l'aumentare dell'altezza alla quale viene stabilizzata l'interfaccia; qualsiasi calcolo condotto con il modello del pennacchio ad asse di simmetria verticale fornirà un valore di portata dei fumi inferiore a quello determinato con il modello del WINDOW PLUME.

Confronto con altre tipologie di carrozze

Al fine di non limitare lo studio degli effetti di un ipotetico incendio ad una sola tipologia di treno, qui di seguito si riporta, analogamente a quanto già riportato per l'ETR500, si riporta il calcolo della portata di fumi da estrarre nel caso in cui l'incendio interessi la tipologia di treno ETR600.

Il treno in questione presenta le seguenti caratteristiche : numero 20 finestrini della larghezza di 1,3 m e di altezza di 0,75 m più numero due finestrini della larghezza di 0,75m ed altezza di 0,45m ($A_w = 20,17 \text{ m}^2$; $H_w = 0,75 \text{ m}$). L'altezza del bordo superiore del finestrino rispetto alle banchine è di 2,2 m.

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 12 di 16 |

Il vagone in questione è chiuso alle estremità da porte REI 30. Nel calcolo della superficie finestrata non si sono considerati i vetri delle porte del vagone.

I risultati ottenuti sono pertanto i seguenti :

Prospetto 2

| CONDIZIONI | | | caso A | Caso B | Caso C |
|---|----------------|--|---------------|---------------|---------------|
| Potenza termica dell'incendio | kW | | 50000 | 50000 | 50000 |
| Percentuale potenza convettiva | | | 70 | 70 | 70 |
| potenza termica convettiva incendio E_c | kW | | 35000 | 35000 | 35000 |
| altezza dello strato di fumo Z | m | | 3,3 | 3,8 | 4,5 |
| temperatura ambiente T_a | $^{\circ}C$ | | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| calore specifico dell'aria C_p | | | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| densità dell'aria condiz. standard ρ | | | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| superficie aperture di ventilazione A_w | m ² | | 20,17 | 20,17 | 20,17 |
| altezza aperture di ventilazione H_w | m | | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Altezza tra lo strato di fumo ed il punto più alto dell'apertura di vent. Z_w | m | | 1,10 | 1,60 | 2,30 |
| SCENARIO : WINDOW PLUME | | | | | |
| Portata in massa del fumo m | Kg/s | | 123,35 | 130,64 | 141,39 |
| Temperatura dello strato di fumo T_s | $^{\circ}C$ | | 305,94 | 290,26 | 270,08 |



**ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI**

PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 13 di 16 |

| | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Portata in volume del fumo | V | m³/s | 199,03 | 205,09 | 214,02 |
| SCENARIO : PENNACCHIO SIMM VERT | | | | | |
| Portata in massa del fumo | m | Kg/s | 56,25 | 64,77 | 76,70 |
| Temperatura dello strato di fumo | Ts | °C | 641,09 | 560,02 | 476,80 |
| Portata in volume del fumo | V | m³/s | 143,30 | 150,38 | 160,29 |

Si può pertanto facilmente osservare come la portata di fumi da estrarre, con tale tipologia di treno, resti invariata in caso di simmetria verticale mentre varia nel caso di window plume, per il quale, con treno ETR600, estraendo una portata di fumi pari a 190 m³/s, il primo strato di fumi non si troverebbe più ad un'altezza di 3,3 m bensì 2,5 m.



ITINERARIO NAPOLI-BARI
 VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI
 PROGETTO DEFINITIVO
 FERMATA CASALNUOVO
 IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 14 di 16 |

2.3) Impianto disconnessione fumi

Modelli di incendio ed equazioni utilizzate

La funzionalità in oggetto è realizzata garantendo la propagazione dei fumi in modo unidirezionale verso un unico punto di aspirazione ed evitando fenomeni di back-layering dei fumi, ossia l'effetto che fa risalire i fumi caldi nella direzione opposta al flusso di aspirazione; per realizzare ciò è necessario generare una velocità di movimentazione della miscela aria/fumi maggiore di una determinata velocità critica, per la cui determinazione sono state utilizzate le equazioni :

$$V_c = K_1 \cdot K_2 \cdot \left(\frac{g \cdot H \cdot E_c}{\rho \cdot c_p \cdot A_T \cdot T_f} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

$$T_f = \frac{\dot{Q}_c}{\rho_0 \cdot c_p \cdot A_T \cdot v_c} + T_a \quad (10)$$

dove :

Vc velocità critica dell'aria (m/s)

K1 Costante di Froude=Fr^{-1/3}=0,53(perFr=6,7,num Froude)

K2 Fattore di pendenza=1 per i=0

g accelerazione gravità [m/s²] = 9.81

i pendenza galleria

H Altezza da base fiamma a punto più alto soffitto [m] = 6,10 m (considerata a partire dalla base del carrello)

Ec Calore rilasciato dal fuoco per convezione [kW] = 50000 kW

ρ densità media aria [kg/m³] = 1.20 kg/m³

cp calore specifico dell'aria [kJ/kg K] = 1.01 kJ/kgK

AT Sezione netta tunnel ortogonale al flusso [mq] = 68 mq

Tf Temperatura media gas in zona incendio [K]

Alla luce delle relazioni soprariportate, la velocità critica dell'aria Vc risulta pari a 1.90 m/s con temperatura gas Tf pari a 521°C. AL fine di ridurre le prestazioni dell'impianto in prossimità degli imbocchi nord e sud di



ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI

PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 15 di 16 |

fermata sono stati realizzati dei restringimenti di sezione tale da far sì che la sezione AT raggiunga un valore pari a 68 mq. In questa zona verrà realizzata l'aspirazione della miscela aria/fumi che, in funzione della velocità critica di cui prima e considerando che l'aspirazione richiamerà aria da entrambe le direzioni si ha una portata totale di aspirazione pari a 260 mc/s.

2.4) Calcolo prevalenza

Le prevalenze necessarie sono state determinate sulla base delle perdite di carico distribuite delle canalizzazioni e di quelle concentrate di serrande, griglie, bocchette e raccordi.

Le perdite di carico distribuite sono state calcolate a partire dall'equazione di Darcy-Weisbach :

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove :

h_f [Pa] = Perdite di carico dovute all'attrito = Perdite di carico distribuite

f = Coefficiente adimensionale, chiamato coefficiente d'attrito di Darcy, il quale può essere ricavato dall'equazione di Colebrook o, più semplicemente, dall'abaco di Moody, a partire però dal numero di Reynolds (Re) e dalla scabrezza relativa ($\frac{\epsilon}{D_{equiv}}$), tipici del trinomio fluido, condotta, portata volumetrica in questione

L [m] = Lunghezza della condotta

D [m] = Diametro idraulico della condotta, dato genericamente da $4S/P$, dove a sua volta S è la sezione della condotta e P il perimetro

v [$\frac{m}{s}$] = Velocità media del fluido, data dal rapporto tra portata volumetrica del fluido e sezione della condotta

$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ = accelerazione di gravità



**ITINERARIO NAPOLI-BARI
VARIANTE LINEA CANCELLO - NAPOLI**

PROGETTO DEFINITIVO
FERMATA CASALNUOVO
IMPIANTO CONTROLLO FUMI

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF0E | 00 | D17RO | AI 0109 002 | A | 16 di 16 |

Per calcolare le perdite di carico concentrate, invece, si è applicato, direttamente derivato dall'equazione di Bernoulli, il concetto di proporzionalità all'energia cinetica nel punto, il che si traduce nella seguente formula :

$$h_c = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove :

h_c [Pa] = Perdita di carico concentrata dell'elemento considerato

ρ $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$ = Densità del fluido alla temperatura in considerazione

ξ = Coefficiente adimensionale tipico dell'elemento in questione e/o della sua interconnessione con le parti adiacenti dell'impianto

v $\left[\frac{m}{s} \right]$ = Velocità media del fluido, data dal rapporto tra portata volumetrica del fluido e sezione della condotta

$g = 9,81 \frac{m}{s} =$ accelerazione di gravità

Premesso quanto sopra, si ottiene che, nel caso peggiore, elaborando una portata di 260 mc/s, i ventilatori di entrambe le centrali di ventilazione avranno bisogno di una prevalenza di 1900 Pa.