

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO DEFINITIVO

AREA DI SICUREZZA VAL LEMME IMPIANTO DI VENTILAZIONE IGIENICA FINESTRA RELAZIONE DI CALCOLO

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio Cociv Project Manager (ing. Guagnozzi) Data: 31/07/2012	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 0	D	C V	C L	A I 9 3 D X	0 0 2	F

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
E00	Adeguamento sicurezza in galleria	Prometeo engineering.it 	16/03/2012	Ing. I.Barilli 	20/03/2012	Ing.E.Pagani 	23/03/2012	Ing. E. Ghislandi Data: 31/07/2012
F00	Istruttoria n. A30100DSCIS0000001A del 18/05/2012	Prometeo engineering.it 	27/07/2012	Ing. I.Barilli 	27/07/2012	Ing.E.Pagani 	31/07/2012	

n. Elab.:

File: A301-00-D-CV-CL-AI93-DX-002-F00.DOC

CUP: F81H92000000008



INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
1.	GRANDEZZE DI RIFERIMENTO.....	4
2.	VENTILATORI DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE IGIENICA DELLA FINESTRA 7	
3.	CALCOLO ESTRAZIONE GAS DI SCARICO AUTOVEICOLI	8
4.	CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE DEI CAMERONI DI TRANSIZIONE TRA FINESTRE E GALLERIA FERROVIARIA.....	1
4.1	Calcolo in condizioni di massimo carico.....	1
5.	CALCOLI VENTILATORI CENTRALE ESTERNA.....	5
6.	CALCOLI VENTILATORI LOCALI TECNICI	6

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento A301-00-D-CV-CL-AI93-DX-002-F00.DOC</p>	<p>Foglio 3 di 17</p>

1. Introduzione

La presente relazione costituisce la relazione di calcolo dell'impianto di ventilazione igienica realizzato all'interno della finestra Val Lemme.

L'impianto è costituito da: una centrale esterna che manda aria esterna all'interno della sezione carrabile della finestra, un ventilatore di mandata verso l'area di sicurezza, un impianto di estrazione dai veicoli parcheggiati in finestra, un impianto di ventilazione dei locali tecnici del GC.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento A301-00-D-CV-CL-AI93-DX-002-F00.DOC

Foglio
4 di 17

1. Grandezze di riferimento

Innanzitutto vengono definite le grandezze fisiche di riferimento, i dati e le simbologie adottati nei calcoli relativi alla finestra, al condotto di ventilazione ed al ventilatore e precisamente:

$$\text{Temperatura esterna } T_e = 263.15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatura interna finestra } T_f = 293.15 \text{ K}$$

$$\text{Pressione esterna } p_e = 101325 \text{ Pa}$$

$$\text{Pressione interna finestra } p_f = 101325 \text{ Pa}$$

$$\text{Costante aria } R_a = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Viscosità dinamica aria } \mu_e = 1.68 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$$

$$\text{Densità aria esterna } \rho_e = \frac{p_e}{R_a T_e} = 1.342 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\text{Densità aria finestra } \rho_f = \frac{p_f}{R_a T_f} = 1.204 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\text{Lunghezza finestra } L_f \text{ [m]}$$

$$\text{Quota imbocco finestra } z_e \text{ [m]}$$

$$\text{Quota camera filtro } z_g \text{ [m]}$$

$$\text{Numero porte } n_p$$

Coefficiente adimensionale perdita di carico localizzata CO



Superficie porta	Ω_w	[m ²]	
Diametro canale	D1	[m]	
Lunghezza canale	L1	[m]	
Diametro ventilatore	Dv	[m]	
Potenza assorbita all'albero del ventilatore	Wv	[kW]	
Rendimento ventilatore	η_v	=	0.55
Diametro idraulico finestra	Df	[m]	
Coefficiente adimensionale di sicurezza	Ks	=	1,1
Coefficiente di attrito nel canale	f1	=	0,02
Coefficiente di attrito nella finestra	ff	=	0,05
Velocità aria attraverso la porta	Vw	[ms ⁻¹]	
Velocità aria nel canale	V1	[ms ⁻¹]	
Velocità aria nei raccordi tra ventilatore e canale	Vt	[ms ⁻¹]	
Velocità aria attraverso la serranda	Vs	[ms ⁻¹]	



Velocità aria nella finestra V_f [ms-1]

Velocità aria attraverso il ventilatore V_v [ms-1]

Portata aria ventilatore Q_1 [m³s-1]

2. Ventilatori dell'impianto di ventilazione igienica della finestra

La centrale di ventilazione è stata localizzata in corrispondenza dell'imbocco della finestra Vallemme sul tratto di galleria artificiale che precede l'ingresso alla finestra.

La scelta è stata originata dalla necessità di ottimizzare perdite di carico, costi ed accessibilità.

Il ventilatore è stati adottati di diametro pari a 1600 mm per ragioni di spazio a disposizione, al fine di ottenere la portata di progetto fissata in 65 m³/s è necessaria una macchina.

La centrale quindi prevede un ventilatore con le caratteristiche mostrate in tabella.

Tipo	Ventilatore assiale monostadio con pale regolabili da fermo
Diametro girante	1600 mm
Pressione totale	max 2400 Pa
Portata	max 65 m ³ /s
Potenza assorbita	max 350 kW

Le caratteristiche del ventilatore di mandata nell'area sicura sono:

Tipo	Ventilatore assiale monostadio con pale regolabili da fermo
Diametro girante	1400 mm
Pressione totale	max 1200 Pa
Portata	max 30 m ³ /s
Potenza assorbita	max 60 kW

Le caratteristiche dei ventilatori di estrazione dei gas di scarico sono:

Tipo	Ventilatore assiale monostadio con pale regolabili da fermo
Diametro girante	1000 mm
Pressione totale	max 2500 Pa
Portata	max 7 m ³ /s
Potenza assorbita	max 35 kW

Le caratteristiche dei ventilatori a servizio dei locali inverter centrale Vallemme sono:

Tipo	Ventilatore assiale monostadio con pale regolabili da fermo
Diametro girante	600 mm
Pressione totale	max 600 Pa
Portata	max 4 m ³ /s
Potenza assorbita	max 7 kW

Le caratteristiche dei ventilatori a servizio della centrale antincendio sono:

Tipo	Ventilatore assiale monostadio con pale regolabili da fermo
Diametro girante	600 mm
Pressione totale	max 300 Pa
Portata	max 2 m ³ /s
Potenza assorbita	max 1,5 kW

3. Calcolo estrazione gas di scarico autoveicoli

L'impianto di estrazione è costituito da:

- Una centrale estrazione è posta all'interno della chiusura intermedia delle finestre (a circa 200m dalla camera di transizione) e dotata di due ventilatori centrifughi di cui uno di riserva

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>Codifica Documento A301-00-D-CV-CL-AI93-DX-002-F00.DOC</p> <p>Foglio 9 di 17</p>

- Un condotto di estrazione circolare che connette la zona di parcheggio dei veicoli con la centrale di estrazione
- Un condotto di estrazione circolare che connette la centrale di estrazione con l'esterno della finestra
- Una serie di condotti (12) flessibili avvolti su un dispositivo di avvolgimento automatico a molla disposti lungo la finestra ad interdistanza pari a 10m nella zona di sosta dei veicoli la cui elongazione deve essere non inferiore a 5m
- Una serie di bocchette situate lungo il condotto all'interno della zona di sosta dei veicoli

Le ipotesi per il dimensionamento dell'impianto sono:

- Portata di estrazione pari a $1000\text{m}^3/\text{h}$ ($0,28\text{ m}^3/\text{s}$) per veicolo
- Estrazione costante di n.12 condotti
- Il condotto è di tipo circolare con diametro pari a 1400mm
- La portata di estrazione di progetto è pari a $12000\text{m}^3/\text{h}$ ($3,33\text{ m}^3/\text{s}$)
- I trafiletti nel canale sono stati calcolati considerando i canali in condizioni mediamente buone.
- Per la finestra Vallemme la centrale di estrazione è posta nei pressi del pozzo di ventilazione a 900m dalla zona di sosta degli autoveicoli
- I risultati ottenuti per le varie finestre vengono riassunti nella tabella di cui alla pagina seguente

TABELLA 2 – CALCOLO CARATTERISTICHE VENTILATORI ESTRAZIONE GAS DI SCARICO AUTOVEICOLI

identificazione	Portata aria ventilatore	Resistenze negli arrotolatori	Resistenza per attrito bocchette su canale	Resistenza per attrito nel canale Ø1400	Resistenza per attrito nel canale Ø1200	Resistenza per attrito nel canale 1400x1200	Resistenza nel tratto di transizione canale/ventilatore	Resistenza del tratto di transizione ventilatore/canale	Resistenza della serranda tagliafuoco	Resistenza allo sbocco esterno	pressione statica canale	pressione statica ventilatore	pressione dinamica del ventilatore	pressione totale dei ventilatori	Potenza assorbita all'albero del ventilatore
FINESTRA	Q1 [m ³ /s]	Δp_{arr} [Pa]	Δp_{ci} [Pa]	Δp_{fl} [Pa]	Δp_{fl.2} [Pa]	Δp_{l2} [Pa]	Δp_{ct} [Pa]	Δp_{ct2} [Pa]	Δp_{cs} [Pa]	Δp_{cu} [Pa]	P_{sc} [Pa]	P_{sv} [Pa]	P_{dv} [Pa]	P_{tv} [Pa]	W_v [kW]
Vallemme	6,88	1.784,96	300,00	151,30	-	6,86	9,73	5,23	4,11	11,49	2.649,24	2.501,05	2.501,05	2.517,94	31,51

4. CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE DEI CAMERONI DI TRANSIZIONE TRA FINESTRE E GALLERIA FERROVIARIA

4.1 Calcolo in condizioni di massimo carico

Per il calcolo della massima portata richiesta al ventilatore si fa riferimento ad un valore minimo di sovrappressione da garantire tra camera filtro e galleria pari a 10 Pa, considerando aperte le porte W11÷W22 posizionate sulla parete divisoria tra le stesse.

La relazione adottata per il calcolo della massima portata è la seguente:

$$Q_1 = n_p \times \Omega_w \times V_w = n_p \times \Omega_w \times \sqrt{\frac{2x\Delta p_{3g}}{\rho \times C_{ow}}} [m^3s^{-1}] \quad \text{dove } \Delta p_{3g} = 10 Pa$$

Il valore ottenuto è valido per i ventilatori di tutte le finestre ed è pari a 20,414 m³s⁻¹.

Successivamente vengono calcolate le varie perdite di pressione, così suddivise:

resistenza all'imbocco del canale Δp_{ci} [Pa]

resistenza per attrito nel canale Δp_f [Pa]

resistenza nel tratto di transizione canale/ventilatore Δp_{ct} [Pa]

resistenza del tratto di transizione ventilatore/canale Δp_{ct2} [Pa]

resistenza della serranda tagliafuoco Δp_{cs} [Pa]

resistenza allo sbocco dell'aria nella camera filtro Δp_{cu} [Pa]

resistenza dovuta all'effetto camino Δp_{se} [Pa]

sovrappressione di sicurezza Δp_{saf} [Pa]

La resistenza dovuta all'effetto camino tiene conto del dislivello esistente tra l'imbocco della finestra e la camera filtro; nel caso in cui l'effetto camino sia a favore del ventilatore, cautelativamente lo si trascura assumendo $\Delta p_{se} = 0$.

La sovrappressione di sicurezza è un valore introdotto nel calcolo a scopo cautelativo per tener conto della presenza di un incendio nella galleria ferroviaria ed assunto pari a 40 Pa.

La lunghezza del condotto di ventilazione è pari a 200 m poichè la lunghezza delle finestre è maggiore di 700m.

Le relazioni adottate per il calcolo delle perdite di pressione precedentemente descritte sono le seguenti:

$$\Delta p_{ci} = C_{O_i} \times \rho_e \times \frac{V_1^2}{2} \quad (\text{con } C_{O_i} = 0,5)$$

$$\Delta p_f = f_1 \times \frac{L_1}{D_1} \times \rho_e \times \frac{V_1^2}{2}$$

$$\Delta p_{ct} = C_{O_t} \times \rho_e \times \frac{V_t^2}{2} \quad (\text{con } C_{O_t} = 0,053)$$

$$\Delta p_{ct2} = C_{O_{t2}} \times \rho_e \times \frac{V_t^2}{2} \quad (\text{con } C_{O_{t2}} = 0,285)$$

$$\Delta p_{cs} = C_{O_s} \times \rho_e \times \frac{V_s^2}{2} \quad (\text{con } C_{O_s} = 0,26)$$

$$\Delta p_{cu} = C_{O_u} \times \rho_e \times \frac{V_1^2}{2} \quad (\text{con } C_{O_u} = 1,0)$$

$$\Delta p_{se} = 9.81 (\rho_e - \rho_f) (z_g - z_e)$$

Il valore della pressione statica richiesta al ventilatore è pertanto il seguente:

$$P_{sv} = P_{sc} \times K_s \text{ [Pa]}$$

$$\text{dove } P_{sc} = \Delta p_{ci} + \Delta p_f + \Delta p_{ct} + \Delta p_{ct2} + \Delta p_{cs} + \Delta p_{cu} + \Delta p_{3g} - \Delta p_{se} + \Delta p_{saf}$$

Per le finestre aventi lunghezza superiore a 700 m, vengono considerate anche le resistenze all'imbocco della finestra (Δp_{cfi}) e le resistenze per attrito nella finestra (Δp_{fof}), per il calcolo delle quali sono adottate le seguenti formule:

$$\Delta p_{cfi} = C_{Ofi} \times \rho_e \times \frac{V_f^2}{2} \quad (\text{con } C_{Ofi} = 0,58)$$

$$\Delta p_{fof} = f_f \times \frac{L_f}{D_f} \times \rho_e \times \frac{V_f^2}{2}$$

Conseguentemente il valore della pressione statica richiesta al ventilatore, per le finestre con lunghezza superiore a 700 m, risulta il seguente:

$$P_{sv} = P_{sc} \times K_s \text{ [Pa]}$$

$$\text{dove } P_{sc} = \Delta p_{cfi} + \Delta p_{fof} + \Delta p_{ci} + \Delta p_f + \Delta p_{ct} + \Delta p_{ct2} + \Delta p_{cs} + \Delta p_{cu} + \Delta p_{3g} - \Delta p_{se} + \Delta p_{saf}$$

Il valore della pressione dinamica del ventilatore è dato dalla relazione:

$$P_{dv} = \rho_f \times \frac{V_v^2}{2} \text{ [Pa]}$$

ed è valido per i ventilatori di tutte le finestre.



I valori di pressione totale dei diversi ventilatori è dato da:

$$P_{tv} = P_{sv} + P_{dv} \text{ [Pa]}$$

Infine viene calcolata per ogni finestra la potenza assorbita dal ventilatore, in base ai valori di massima portata e di pressione totale precedentemente ottenuti, utilizzando la seguente formula:

$$W_v = \frac{P_{tv} \times Q_v}{\eta_v \times 10^3} \text{ [kW]}$$

dove η_v = rendimento ventilatore = 0.55 come da dati iniziali.

I risultati ottenuti per le varie finestre vengono riassunti nella tabella di cui alla pagina seguente.

5. Calcoli ventilatori centrale esterna

La successiva tabella sintetizza i calcoli effettuati per il dimensionamento dei ventilatori di mandata dell'aria esterna in controsoffitto in funzione dei ricambi ora da ottenere.

Il diametro dei ventilatore fa sì che per ottenere le prestazioni richieste esso lavori in un punto a cui l'efficienza è ridotta, in tale caso essa è stata assunta cautelativamente pari a 0,5.

Ricambi/h	Portata [m ³ /s]	Pressione totale	Potenza complessiva [kW]	Potenza singolo ventilatore [kW]
1	27	300	16	16
2	44	640	253	56
3	61	1200	415	140
4	78	1800	634	280

Considerate le portate richieste, pari a 73 m³/h ed i valori calcolati, per uniformità di impianto si prevede di utilizzare un ventilatore analogo ai ventilatori installati al livello superiore nella stessa centrale variando l'inclinazione delle pale, qualora necessario, in fase di messa a punto.

Considerata la geometria complessa della zona di mandata in fase di progettazione esecutiva si ritiene necessario effettuare simulazioni tridimensionali per stimare le effettive perdite ed ottimizzare il sistema considerando l'effetto saccardo.



6. Calcoli ventilatori locali tecnici

La successiva tabella sintetizza i calcoli effettuati per il dimensionamento dei ventilatori dei locali tecnici.

	Diametro	Portata	Velocità aria	Sovrapressione richiesta	Pressione dinamica	Perdite sul ventilatore e serrande	Pressione totale	Potenza assorbita
Centrale Antincendio	600.00	2.00	7.08	200.00	30.05	120.21	320.21	1067.354
Locale Inverter	600.00	4.00	14.15	200.00	120.21	601.03	801.03	5340.207

TABELLA 1.1 CALCOLO CARATTERISTICHE VENTILATORI IN CONDIZIONI DI MASSIMO CARICO

identificazione	Portata aria ventilatore	Resistenze all'imbocco della finestra	Resistenze per attrito nella finestra	Resistenza all'imbocco del canale	Resistenza per attrito nel canale	Resistenza nel tratto di transizione canale/ventilatore	Resistenza del tratto di transizione ventilatore/canale	Resistenza della serranda tagliafuoco	Resistenza allo sbocco dell'aria nella camera filtro	Sovrapressione minima	Resistenza dovuta all'effetto camino	Sovrapressione di sicurezza	pressione statica canale	pressione statica richiesta al ventilatore	pressione dinamica del ventilatore	pressione totale ventilatore	Potenza assorbita all'albero del ventilatore
FINESTRA zona	Q_1 [m ³ /s]	Δp_{cfi} [Pa]	Δp_{fof} [Pa]	Δp_{ci} [Pa]	Δp_f [Pa]	Δp_{ct} [Pa]	Δp_{ct2} [Pa]	Δp_{cs} [Pa]	Δp_{cu} [Pa]	Δp_{3g} [Pa]	Δp_{se} [Pa]	Δp_{saf} [Pa]	P_{sc} [Pa]	P_{sv} [Pa]	P_{dv} [Pa]	P_{tv} [Pa]	W_V [kW]
Vallemme mandata area sicura	30,00	0,22	3,8	58,6		83,8	44,7	40,1	104,6	10,00	68,38	40,00	457	687	228	915	45,7