

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

### IMPIANTO CONTROLLO FUMI PARTE MECCANICA RELAZIONE DI CALCOLO

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
 Consorzio Cociv Project Manager (Ing. Guagnozzi) Data: 28/09/2012	

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

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
E00	Adeguamento sicurezza in galleria	Prometeoengineering.it 	16/03/2012	Ing. I.Barilli 	20/03/2012	Ing.E.Pagani 	23/03/2012	<b>Ing. E. Ghislandi</b>  Data: 28/09/2012
F00	Istruttoria n. A30100D17ISAI000076A del 15/06/2012	Prometeoengineering.it 	27/07/2012	Ing. I.Barilli 	27/07/2012	Ing.E.Pagani 	31/07/2012	
G00	Istruttoria n. A30100D17ISAI0009081A del 11/09/2012	Prometeoengineering.it 	25/09/2012	Ing. I.Barilli 	26/09/2012	Ing.E.Pagani 	28/09/2012	

n. Elab.:	File: A301-00-D-CV-CL-AI00-09-002_G00.DOC
-----------	---

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc</p> <p style="text-align: right;">Foglio 1 di 43</p>

## INDICE

<b>1.</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OGGETTO</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE BY-PASS DI COLLEGAMENTO</b>	<b>3</b>
	3.1 calcolo in condizioni di massimo carico	5
	3.2 calcolo in condizioni di MINIMO carico	7
<b>4.</b>	<b>CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE BY-PASS PEDONALI</b>	<b>10</b>
	4.1 calcolo in condizioni di massimo carico	12
	4.2 calcolo in condizioni di MINIMO carico	14
<b>5.</b>	<b>CALCOLO DEI VENTILATORI DEI POZZI DI VENTILAZIONE</b>	<b>16</b>
	5.1 POZZI IN LINEA	17
<b>6.</b>	<b>CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE DEI CAMERONI DI TRANSIZIONE TRA FINESTRE E GALLERIA FERROVIARIA</b>	<b>22</b>
	6.1 Calcolo in condizioni di massimo carico	22
	6.2 Calcolo in condizioni di minimo carico	29
	6.3 Calcolo estrazione gas di scarico autoveicoli	33
	6.4 Determinazione della portata di by-pass	36
	6.5 Calcolo dello sforzo massimo per l'apertura delle porte	38
<b>7.</b>	<b>CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE USCITE SHUNT E POZZOLO</b>	<b>39</b>
	Calcolo in condizioni di massimo carico	40
	Calcolo in condizioni di minimo carico	41

<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-ai00-09-002_g00.doc</p> <p>Foglio 2 di 43</p>

## 1. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Design of Smoke Control System for Buildings” ASHRAE – settembre 1983;  
 Manuale della climatizzazione” TECNICHE NUOVE;  
 Calcoli pratici di prevenzione incendi” di Eugeni – Paparelli – ed. RODANA.

## 2. OGGETTO

- Il presente documento costituisce la relazione di calcolo del progetto definitivo degli impianti di ventilazione per il controllo fumi da realizzare nelle gallerie della linea ferroviaria A.V./A.C. Milano – Genova Terzo Valico dei Giovi.
- I criteri tipologici e di dimensionamento ed i dati tecnici di progetto sono quelli indicati nel documento “RELAZIONE TECNICA” così come i materiale da impiegare sono quelli descritti nel documento “SCHEDE TECNICHE MATERIALI”, entrambi facenti parte del progetto definitivo dell’impianto.
- La relazione di calcolo si articola in paragrafi, ciascuno riferentesi ad una determinata tipologia impiantistica e/o di componenti previsti per la ventilazione.
- Il primo si riferisce al calcolo dei ventilatori di pressurizzazione dei by-pass di collegamento della linea principale fra gallerie ferroviarie binario pari e binario dispari.
- Il terzo si riferisce al calcolo dei ventilatori di pressurizzazione dei by-pass pedonali delle linee di interconnessione.
- Il quarto è dedicato al calcolo dei ventilatori del sistema con pozzi di ventilazione.
- Il quinto è dedicato alla ventilazione igienica delle finestre
- Il sesto ai ventilatori di pressurizzazione uscite di sicurezza delle gallerie Shunt e Pozzolo

### 3. CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE BY-PASS DI COLLEGAMENTO

- Nella prima tabella vengono riepilogate le caratteristiche di progetto dei ventilatori dei by-pass di collegamento, valide per tutti i by-pass d'emergenza della linea principale (collegamenti fra galleria binario pari e galleria binario dispari).
- Innanzitutto vengono definite le grandezze fisiche di riferimento, i dati e le simbologie adottati nei calcoli e precisamente:

Temperatura ambiente	$T_a$	=	293,15	K
Densità aria ambiente	$\rho_a$	=	1,204	$\text{kgm}^{-3}$
Coefficiente adimensionale perdita di carico localizzata	$C_o$			
Superficie porta	$\Omega_p$		$[\text{m}^2]$	
Superficie bocca di decompressione	$\Omega_b$		$[\text{m}^2]$	
Diametro componenti impianto	$D_c$		$[\text{mm}]$	
Sovrappressione minima garantita	$\Delta p_{\min}$		$[\text{Pa}]$	
Sovrappressione massima accettata	$\Delta p_{\max}$		$[\text{Pa}]$	
Sovrappressione massima in galleria per condizioni di emergenza incendio	$\Delta p_{\text{gal}}$		$[\text{Pa}]$	
Velocità attraversamento porta	$V_p$		$[\text{ms}^{-1}]$	
Velocità attraversamento bocca di decompressione	$V_b$		$[\text{ms}^{-1}]$	
Velocità attraversamento componenti impianto	$V_c$		$[\text{ms}^{-1}]$	
Portata massima di calcolo	$Q_{\max}$		$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$	
Portata massima ventilatore	$Q_{v\max}$		$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$	
Portata minima di calcolo	$Q_{\min}$		$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$	
Portata minima ventilatore	$Q_{v\min}$		$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$	
Perdita di carico (resistenza) localizzata generica dei componenti impianto	$\Delta p_o$		$[\text{Pa}]$	



Coefficiente di attrito nei canali	$f_c$
Perdita di carico per attrito nei canali	$\Delta p_{fc}$ [Pa]
Pressione statica circuito	$P_{sc}$ [Pa]
Coefficiente adimensionale di sicurezza	$k_s = 1,1$
Pressione statica ventilatore	$P_{sv}$ [Pa]
Pressione dinamica ventilatore	$P_{dv}$ [Pa]
Pressione totale ventilatore	$P_{tv}$ [Pa]
Rendimento ventilatore (adimensionale)	$\eta_v$
Potenza assorbita ventilatore	$W_w$ [kW]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc

### 3.1 CALCOLO IN CONDIZIONI DI MASSIMO CARICO

- Nella condizione di massimo carico (porta aperta – bocca di decompressione chiusa) si impone che la velocità da garantire attraverso le porte sia di 3 m/s.
- La relazione adottata per il calcolo della portata massima è la seguente:

$$Q_{\max} = n_p \times \Omega_p \times V_p \quad [\text{m}^3\text{s}^{-1}] \quad \text{ove } n_p \text{ (numero porte aperte)} = 2$$

- Introducendo i valori  $\Omega_p = 2,8 \text{ m}^2$  (porta da 140x200 cm) e  $C_{Op} = 1,2$  per porta aperta si ottengono i valori:

$$Q_{\max} = 16,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

- Per tener conto delle microperdite d'aria attraverso le strutture del by-pass la portata d'aria massima del sistema di pressurizzazione è stata maggiorata ed assunta pari a:

$$Q_{\max} = 17 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

ed è stata suddivisa su due ventilatori ciascuno con in grado di garantire una portata massima:  $Q_{v\max} = 10,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

I ventilatori sono dotati di inverter per la regolazione della velocità di rotazione; la portata dei ventilatori è stata scelta comunque al di sotto del valore massimo in modo da garantire un margine di sicurezza per la fase di intervento dei Vigili del Fuoco.

- La scelta dei componenti circolari è stata effettuata con  $D_c = 1400 \text{ mm}$  e  $D_v = 1120 \text{ mm}$  e la velocità di attraversamento della portata d'aria massima è:

$$V_c = \frac{4 Q_{\max}}{\pi D_c^2} = 11,05 [\text{ms}^{-1}]$$

$$V_v = \frac{4 Q_{v\max}}{\pi D_v^2} = 10,65 [\text{ms}^{-1}]$$

- Il calcolo procede con la determinazione delle perdite di carico localizzate dei componenti dell'impianto con la relazione:

$$\Delta p_o = C_o \times \rho_a \times \frac{V^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

e riguarda l'imbocco dell'aria in ingresso ( $\Delta p_i$ ,  $C_{Oi} = 0,5$ ), la serranda tagliafuoco ( $\Delta p_{stf}$ ,  $C_{Ostf} = 0,26$ ), il raccordo fra serranda e canale ( $\Delta p_{sc}$ ,  $C_{Osc} = 0,1$ ), il raccordo a T fra canale e ventilatore ( $\Delta p_{rt}$ ,  $C_{Ort} = 1,3$ ), il raccordo fra ventilatore e serranda

( $\Delta p_{vs}$ ,  $C_{Ovs} = 0,10$ ), la serranda quadrangolare 1120x1120 mm ( $\Delta p_{sm}$ ,  $C_{Osm} = 0,5$ ), il plenum di diffusione ( $\Delta p_{pd}$ ,  $C_{Opd} = 1,3$ ) e lo sbocco dell'aria in uscita ( $\Delta p_u$ ,  $C_{Ou} = 1,8$ ) e di quelle per attrito nel canale di collegamento fra raccordo serranda – canale e raccordo a T al ventilatore con la relazione:

$$\Delta p_{fc} = f_c \times \frac{L_c}{D_c} \times \rho_a \times \frac{V_c^2}{2}$$

- La pressione statica del circuito è data dalla sommatoria delle perdite di carico dei componenti con la sovrappressione minima garantita e la sovrappressione massima d'emergenza in galleria.

$$P_{sc} = \Delta p_i + \Delta p_{stf} + \Delta p_{sc} + \Delta p_{rt} + \Delta p_{vs} + \Delta p_{sm} + \Delta p_{pd} + \Delta p_{pu} + \Delta p_{fc} + \Delta p_{min} + \Delta p_{gal} \quad [Pa]$$

- Il valore della pressione statica del ventilatore, con l'adozione del coefficiente di sicurezza per tener conto di ulteriori perdite, è il seguente:

$$P_{sv} = P_{sc} \times k_s \quad [Pa]$$

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

$$P_{dv} = \rho_a \times \frac{V_v^2}{2} \quad [Pa]$$

mentre quello della pressione totale è:

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

- Viene calcolata infine la potenza assorbita dal ventilatore, con  $\eta_v = 0,6$ , con la seguente formula:

$$W_v = \frac{P_{tv} \times Q_{vmax}}{\eta_v \times 10^3} \quad [kW]$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc

### 3.2 CALCOLO IN CONDIZIONI DI MINIMO CARICO

- Le condizioni di minimo carico vengono determinate impostando un ricambio d'aria nel by-pass rapportato alla massima capienza possibile di persone, garantendo comunque una sovrappressione di 50 Pa a porte chiuse

Numero max persone	$n_{pers} = 300$
Portata di ricambio	$q_{pers} = 13,9 \text{ ls}^{-1}$
Portata minima di calcolo	$Q_{cmin} = n_{pers} \times q_{pers} / 1000 = 4,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

- Per tener conto delle microperdite d'aria attraverso le strutture del by-pass la portata d'aria minima del sistema di pressurizzazione è stata maggiorata ed assunta pari a:

$$Q_{min} = 4,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (\text{su un unico ventilatore } Q_{vmin} = Q_{min})$$

- In condizioni di minimo carico la massima sovrappressione accettata fra by-pass e galleria ferroviaria è:

$$\Delta p_{max} = 50 \text{ Pa}$$

- Tramite la relazione che lega portata, sovrappressione, area di passaggio e coefficiente di perdita di carico localizzata, si deve ricercare una bocca di decompressione (serranda tagliafuoco) avente le seguenti caratteristiche:

$$\frac{\Omega_b^2}{C_{Ob}} = \frac{Q_{min}^2 \times \rho_a}{2 \Delta p_{max}} = 0,122$$

- La ricerca ha condotto ad una serranda con dimensioni 450x700 mm, area di passaggio netta  $\Omega_b = 0,23 \text{ m}^2$ , coefficiente di perdita localizzata  $C_{Ob} = 0,42$ .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 43</p>

- Per ciò che concerne i componenti del sistema di ventilazione la velocità di attraversamento della portata d'aria minima è:

$$V_c = \frac{4 Q_{\min}}{\pi D_c^2} = 2,9 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$V_v = \frac{4 Q_{\min}}{\pi D_v^2} = 4,6 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

- Il calcolo della pressione statica del circuito viene eseguito come per la condizione di massimo carico con i nuovi valori di  $Q_{\min}$  e  $V_c$ , eliminando dalla sommatoria  $\Delta p_{gal}$  (in quanto se considerato condurrebbe ad un valore di  $\Delta p_{max}$  superiore a quello accettato) ed introducendo  $\Delta p_{max}$  al posto di  $\Delta p_{min}$ .  
Pertanto:

$$P_{sc} = \Delta p_i + \Delta p_{stf} + \Delta p_{sc} + \Delta p_{rt} + \Delta p_{vs} + \Delta p_{sm} + \Delta p_{pd} + \Delta p_{pu} + \Delta p_{fc} + \Delta p_{max} \text{ [Pa]}$$

- In modo analogo al precedente vengono poi calcolati i valori di pressione statica, dinamica e totale nonché la potenza del ventilatore.

TABELLA 1 – CALCOLO VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE BY-PASS DI COLLEGAMENTO

CONDIZIONE DI MASSIMO CARICO																
$Q_{vmax}$	$\Delta p_i$	$\Delta p_{stf}$	$\Delta p_{sc}$	$\Delta p_{rt}$	$\Delta p_{vs}$	$\Delta p_{sm}$	$\Delta p_{pd}$	$\Delta p_u$	$\Delta p_{fc}$	$\Delta p_{min}$	$\Delta p_{gal}$	$P_{sc}$	$P_{sv}$	$P_{dv}$	$P_{tv}$	$W_v$
[m <sup>3</sup> /s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kW]
10,5	33,2	17,3	11,2	88,8	6,8	21,3	5,1	7,1	19,2	10	40	260	290	70	360	7,5

CONDIZIONE DI MINIMO CARICO																
$Q_{vmin}$	$\Delta p_i$	$\Delta p_{stf}$	$\Delta p_{sc}$	$\Delta p_{rt}$	$\Delta p_{vs}$	$\Delta p_{sm}$	$\Delta p_{pd}$	$\Delta p_u$	$\Delta p_{fc}$	$\Delta p_{max}$	$P_{sc}$	$P_{sv}$	$P_{dv}$	$P_{tv}$	$W_v$	
[m <sup>3</sup> /s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kW]	
4,5	6,1	3,2	0,5	16,6	1,3	3,9	0,2	0,3	0,9	100	133	145	15	160	1,2	

#### 4. CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE BY-PASS PEDONALI

- Nella terza tabella vengono riepilogate le caratteristiche di progetto dei ventilatori dei by-pass pedonali, valide per tutti i by-pass d'emergenza delle linee di interconnessione.
- Innanzitutto vengono definite le grandezze fisiche di riferimento, i dati e le simbole gie adottati nei calcoli e precisamente:

Temperatura ambiente	$T_a$	=	293,15	K
Densità aria ambiente	$\rho_a$	=	1,204	$\text{kgm}^{-3}$
Coefficiente adimensionale perdita di carico localizzata	$C_O$			
Superficie porta	$\Omega_p$			$[\text{m}^2]$
Superficie bocca di decompressione	$\Omega_b$			$[\text{m}^2]$
Diametro componenti impianto	$D_c$			$[\text{mm}]$
Sovrappressione minima garantita	$\Delta p_{\min}$			$[\text{Pa}]$
Sovrappressione massima accettata	$\Delta p_{\max}$			$[\text{Pa}]$
Sovrappressione massima in galleria per condizioni di emergenza incendio	$\Delta p_{\text{gal}}$			$[\text{Pa}]$
Velocità attraversamento porta	$V_p$			$[\text{ms}^{-1}]$
Velocità attraversamento bocca di decompressione	$V_b$			$[\text{ms}^{-1}]$
Velocità attraversamento componenti impianto	$V_c$			$[\text{ms}^{-1}]$
Portata massima di calcolo	$Q_{\text{cmax}}$			$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$
Portata massima ventilatore	$Q_{\text{max}}$			$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$
Portata minima di calcolo	$Q_{\text{cmin}}$			$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$
Portata minima ventilatore	$Q_{\text{min}}$			$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$
Perdita di carico (resistenza) localizzata generica dei componenti impianto	$\Delta p_O$			$[\text{Pa}]$



Pressione statica circuito	$P_{sc}$	[Pa]
Coefficiente adimensionale di sicurezza	$k_s =$	1,1
Pressione statica ventilatore	$P_{sv}$	[Pa]
Pressione dinamica ventilatore	$P_{dv}$	[Pa]
Pressione totale ventilatore	$P_{tv}$	[Pa]
Rendimento ventilatore (adimensionale)	$\eta_v$	
Potenza assorbita ventilatore	$W_w$	[kW]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc</p> <p>Foglio 12 di 43</p>

## 4.1 CALCOLO IN CONDIZIONI DI MASSIMO CARICO

- Nella condizione di massimo carico (porta aperta – bocca di decompressione chiusa) si impone che la velocità da garantire attraverso le porte sia di 2 m/s.

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

$$Q_{\max} = n_p \times \Omega_p \times V_p \quad [\text{m}^3\text{s}^{-1}] \quad \text{ove } n_p \text{ (numero porte aperte)} = 2$$

- Introducendo i valori  $\Omega_p = 2,8 \text{ m}^2$  (porta da 140x200 cm) e  $C_{Op} = 1,2$  per porta aperta si ottengono i valori:

$$Q_{\max} = 11,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

- Tenuto conto di tale valore sono stati considerati due ventilatori con la seguente portata massima  $Q_{\max} = 6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

I ventilatori previsti per i by-pass pedonali sono stati previsti di diametro 900 mm per i by-pass lunghi e 710 mm per i by-pass corti.

La scelta dei componenti circolari, effettuata con  $D_c = 900 \text{ mm}$ , comporta una velocità di attraversamento della portata d'aria massima pari a:

$$V_c = \frac{4 Q_{\max}}{\pi D_c^2} = 17,3 [\text{m}\text{s}^{-1}]$$

- La scelta dei componenti circolari, effettuata con  $D_c = 710 \text{ mm}$ , comporta una velocità di attraversamento della portata d'aria massima pari a:

$$V_c = \frac{4 Q_{\max}}{\pi D_c^2} = 16,1 [\text{m}\text{s}^{-1}]$$

- Il calcolo procede con la determinazione delle perdite di carico (esclusivamente localizzate) dei componenti dell'impianto con la relazione:

$$\Delta p_o = C_o \times \rho_a \times \frac{V_c^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

e riguarda l'imbocco dell'aria in ingresso ( $\Delta p_i, C_{oi}$ ), la serranda tagliafuoco ( $\Delta p_{stf}, C_{ostf}$ ) e lo sbocco dell'aria in uscita ( $\Delta p_u, C_{ou}$ ).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc

- La pressione statica del circuito è data dalla sommatoria delle perdite di carico dei componenti con la sovrappressione minima garantita e la sovrappressione massima d'emergenza in galleria.

$$P_{sc} = \Delta p_i + \Delta p_{stf} + \Delta p_{pu} + \Delta p_{min} + \Delta p_{gal} \quad [Pa]$$

- Il valore della pressione statica del ventilatore, con l'adozione del coefficiente di sicurezza, è il seguente:

$$P_{sv} = P_{sc} \times k_s \quad [Pa]$$

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

$$P_{dv} = \rho_a \times \frac{V_c^2}{2} \quad [Pa]$$

mentre quello della pressione totale è:

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

- Viene calcolata infine la potenza assorbita dal ventilatore, con  $\eta_v = 0,7$ , con la seguente formula:

$$W_v = \frac{P_{tv} \times Q_{max}}{\eta_v \times 10^3} \quad [kW]$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc
	Foglio 14 di 43

## 4.2 CALCOLO IN CONDIZIONI DI MINIMO CARICO

- Le condizioni di minimo carico vengono determinate impostando una determinata sezione della bocca di decompressione e verificando che la portata ottenuta sia superiore al ricambio d'aria nel by-pass rapportato alla massima capienza possibile di persone.

Numero max persone	$n_{pers} = 450$
Portata di ricambio	$q_{pers} = 20 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$
Portata minima di ricambio	$Q_{cmin} = n_{pers} \times q_{pers} / 3600 = 2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

- In condizioni di minimo carico la massima sovrappressione accettata fra by-pass e galleria ferroviaria è:

$$\Delta p_{max} = 50 \text{ Pa}$$

- Scelta della bocca di decompressione in modo che la portata (ottenuta dalla relazione che lega quest'ultima, sovrappressione, area di passaggio e coefficiente di perdita di carico lo calizzata) non sia inferiore al 50% circa a quella massima per problemi legati all'utilizzo di un unico ventilatore a due velocità:

serranda dim. 450x700 mm	$\Omega_b = 0,14 \text{ m}^2$	$C_{Ob} = 0,52$
--------------------------	-------------------------------	-----------------

$$Q_{min} = \Omega_b \sqrt{\frac{2 \times \Delta p_{max}}{\rho_a \times C_{Ob}}} = 1,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1} < Q_{cmin}$$

- Per ciò che concerne i componenti del sistema di ventilazione ( $D_c = 900 \text{ mm}$ ) la velocità di attraversamento della portata d'aria minima è:

$$V_c = \frac{4 Q_{min}}{\pi D_c^2} = 2,7 [\text{m}\text{s}^{-1}]$$

- Il calcolo della pressione statica del circuito viene eseguito come per la condizione di massimo carico con i nuovi valori di  $Q_{min}$  e  $V_c$ , eliminando dalla sommatoria  $\Delta p_{gal}$  (in quanto se considerato condurrebbe ad un valore di  $\Delta p_{max}$  superiore a quello accettato) ed introducendo  $\Delta p_{max}$  al posto di  $\Delta p_{min}$ .

Pertanto:

$$P_{sc} = \Delta p_i + \Delta p_{stf} + \Delta p_{pu} + \Delta p_{max} \text{ [Pa]}$$

- In modo analogo al precedente vengono poi calcolati i valori di pressione statica, dinamica

e totale nonché la potenza del ventilatore.

### TABELLA 3 – CALCOLO VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE BY-PASS PEDONALI

Condizione di massimo carico ventilatori d=900 mm

$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta p_i$ [Pa]	$\Delta p_{min}$ [Pa]	$\Delta p_{gal}$ [Pa]	$P_{dv}$ [Pa]	$P_{tv}$ [Pa]	$W_v$ [kW]
11,2	560	10	40	185	785	13

Condizione di minimo carico ventilatori d=900 mm

$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta p_i$ [Pa]	$\Delta p_{max}$ [Pa]	$\Delta p_{sv}$ [Pa]	$P_{dv}$ [Pa]	$P_{tv}$ [Pa]	$W_v$ [kW]
2,5	78	100	196	9	211	1

## 5. CALCOLO DEI VENTILATORI DEI POZZI DI VENTILAZIONE

- Nella quarta tabella sono riepilogate le caratteristiche di progetto dei ventilatori dei pozzi di ventilazione.
- Innanzitutto vengono definite le grandezze fisiche di riferimento, i dati e le simbologie adottati nei calcoli e precisamente:

Temperatura ambiente	$T_a = 293,15$	K
Densità aria ambiente	$\rho_a = 1,204$	$\text{kgm}^{-3}$
Coefficiente adimensionale perdita di carico localizzata	$C_o$	
Area galleria ferroviaria a binario unico	$A_g = 49,68$	$\text{m}^2$
Perimetro galleria ferroviaria a binario unico	$P_g = 26,06$	m
Diametro idraulico galleria ferroviaria a binario unico	$D_g = \frac{4A_g}{P_g} = 7,62$	m
Lunghezza di calcolo galleria ferroviaria	$L_g$	[m]
Velocità aria in galleria	$V_g$	$[\text{ms}^{-1}]$
Portata aria di ventilazione	$Q_v = V_g \times A_g$	$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$
Lunghezza pozzo	$L_p$	[m]
Diametro pozzo	$D_p = 5$	m
Area pozzo	$A_p = \frac{\pi D_p^2}{4} = 19,6$	$\text{m}^2$
Coefficiente adimensionale di attrito pozzo	$f_p = 0,025$	
Coefficiente adimensionale di galleria ferroviaria	$f_g = 0,025$	
Perdita di carico generica dei componenti del sistema di ventilazione	$\Delta p_o$	[Pa]
Pressione statica circuito	$P_{sc}$	[Pa]

Coefficiente adimensionale di sicurezza	$k_s = 1,1$
Pressione statica ventilatore	$P_{sv}$ [Pa]
Pressione dinamica ventilatore	$P_{dv}$ [Pa]
Pressione totale ventilatore	$P_{tv}$ [Pa]
Rendimento ventilatore (adimensionale)	$\eta_v$
Potenza assorbita ventilatore	$W_w$ [kW]

## 5.1 POZZI IN LINEA

Si riportano in tabella i dati dei pozzi di disconnessione previsti nella tratta del III Valico:

ELENCO POZZI E CENTRALI DI VENTILAZIONE			
Galleria	Posizione	Altezza (m)	Intervento
INTERCONNESSIONE DI VOLTRI	Binario dispari pk 0+550	387	Adeguamento
GALLERIA DI VALICO	Binario pari pk 2+176	34	NUOVO
GALLERIA DI VALICO	Binario dispari pk 4+195 (3+235 BP valico)	60	NUOVO
GALLERIA DI VALICO	Binario pari pk 1+841	67	Adeguamento
GALLERIA DI VALICO	Binario pari pk 27+500	7	Adeguamento
GALLERIA DI VALICO	Centrale di Ventilazione Finestra Val Lemme	231,6	NUOVO
GALLERIA SERRAVALLE	Binario pari pk 30+565	65	Adeguamento

- Obiettivo del sistema di ventilazione con pozzo è quello di garantire una velocità dell'aria nelle gallerie a binario unico da un lato di  $V_g = 3,0 \text{ ms}^{-1}$  e dall'altro di  $1,5 \text{ ms}^{-1}$  al fine di impedire il passaggio dei fumi tra una galleria e l'altra in corrispondenza del camerone di riunione delle due gallerie
- Il sistema di ventilazione ed il relativo calcolo è stato ricondotto per la condizione di estrazione (dalle gallerie verso l'esterno).
- Con i dati precedentemente espressi si ottiene che la portata d'aria del ventilatore è:

$$Q_v = V_g \times A_g = 225 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

- Le simulazioni fluidodinamiche effettuate sul pozzo caratterizzato dalle più gravose condizioni di funzionamento, considerando le incertezze connesse al fenomeno incendio, hanno evidenziato per una potenza di incendio pari a 50 MW una portata di estrazione necessaria minima pari a 215 m<sup>3</sup>/s ed ottimale pari a 250 m<sup>3</sup>/s. Quindi al fine di ottenere condizioni compatibili con i criteri di progetto e di migliorare la manutenibilità dei sistemi è stata adottata un'unica taglia di ventilatore che, a seconda delle caratteristiche dei pozzi, delle gallerie a cui essi sono asserviti e

delle condizioni al contorno, fornisce, per ciascun pozzo, valori di portata e pressione rientranti nel campo indicato e compatibili con il range di funzionamento del ventilatore. Al fine comunque di garantire, per ciascun pozzo, che le prestazioni desiderate ricadano nel range di funzionamento della taglia dei ventilatori utilizzati, è prevista, per ciascun pozzo, una regolazione dell'angolo di calettamento delle pale del ventilatore e dei componenti dell'impianto tali da garantire la minima portata da estrarre.

- Il circuito considerato nei calcoli tiene conto di tutta la galleria ferroviaria ad una velocità pari alla velocità media

$$L_g = 27100 \text{ m}$$

- Sono previsti due ventilatori per direzione, il ventilatore prescelto ha diametro  $D_v = 2,0 \text{ m}$ ; la velocità di attraversamento risulta pertanto

$$V_v = \frac{Q_v}{A_v} = \frac{225}{\frac{\pi 2^2}{4}} = 29,5 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

- La velocità dell'aria all'interno del pozzo ( $D_p = 5 \text{ m}$ ,  $A_p = 19, \text{ m}^2$ ) risulta:

$$V_p = \frac{Q_v}{A_p} = \frac{225}{19} = 11,8 \text{ ms}^{-1}$$

- Il calcolo delle perdite di pressione (resistenze) dei diversi componenti sono valutate con le relazioni:

localizzate  $\Delta p_o = C_o \times \rho_a \times \frac{V^2}{2} \text{ [Pa]}$

continue  $\Delta p_a = f \times \frac{L}{D} \times \rho_a \times \frac{V^2}{2} \text{ [Pa]}$

inserendo le caratteristiche geometriche, di velocità e specifiche dei diversi componenti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc

- Le perdite localizzate sono riferite all'imbocco/sbocco della serranda sulla galleria ( $\Delta p_{sg}$ ,  $C_{Osg} = 3,0$ ), alla serranda ventilatore ( $\Delta p_{sv}$ ,  $C_{Osv} = 0,5$ ), al raccordo di transizione fra ventilatore e serranda ( $\Delta p_{vs}$ ,  $C_{Ovs} = 0,05$ ), all'ingresso dell'aria al ventilatore ( $\Delta p_{iv}$ ,  $C_{Oiv} = 0,16$ ), ed all'uscita dell'aria dal pozzo ( $\Delta p_{up}$ ,  $C_{Oup} = 1,8$ ).

- Le perdite continue sono riferite al pozzo ( $\Delta p_{ap}$ ,  $f_p$ ) ed alla galleria ferroviaria ( $\Delta p_{ag}$ ,  $f_g$ ).
- La pressione statica del circuito è data dalla sommatoria delle perdite di pressione e pertanto

$$P_{sc} = \Delta p_{ag} + \Delta p_{sg} + \Delta p_{sv} + \Delta p_{vs} + \Delta p_{iv} + \Delta p_{ap} + \Delta p_{up} \quad [Pa]$$

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

$$P_{sv} = \rho_a \times \frac{V_v^2}{2} \quad [Pa]$$

mentre quello della pressione totale è:

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

- Viene calcolata infine la potenza assorbita dal ventilatore, con  $\eta_v$  = variabile tra 0,6 e 0,7 con la seguente formula:

$$W_v = \frac{P_{tv} \times Q_{max}}{\eta_v \times 10^3} \quad [kW]$$

- I risultati ottenuti sono riassunti nelle sottostanti tabelle.

Al fine di ottimizzare le forniture e gli allacci, sebbene i pozzi presentino alcune differenze geometriche è stato previsto di utilizzare lo stesso schema e le stesse macchine per tutti i pozzi considerando una lieve differenza di prestazioni.

Fa eccezione il pozzo localizzato presso Valico Nord che, per ragioni di spazio ed ottimizzazione è realizzato con due soli ventilatori di dimensioni maggiorate (2300 mm).

La successiva tabella si riferisce ad un pozzo tipologico di lunghezza pari a 70 m che è stato assunto come riferimento per il dimensionamento dei pozzi di estremità e di interconnessione.

$L_p$	$Q_v$	$\Delta p_{ag}$	$\Delta p_{sg}$	$\Delta p_{sv}$	$\Delta p_{ap}$	$P_{tv}$	$W_v$
[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kW]
70	225	268	470	1071	185	2000	750

Per quanto riguarda il pozzo dell'interconnessione (n.1) è stato previsto di mantenere le stesse macchine previste per gli altri pozzi, da cui per via della lunghezza dello stesso e del tratto in aspirazione dal BP di lunghezza pari a 250 m e diametro 6 m deriva una riduzione di portata stimata in circa 15-25 m<sup>3</sup>/s a parità di potenza installata come mostrato nella successiva tabella.

$L_p$	$Q_v$	$\Delta p_{ag}$	$\Delta p_{sg}$	$\Delta p_{sv}$	$\Delta p_{ap}$	$P_{tv}$	$W_v$
[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kW]
380	210	245	437	978	380	2100	750

Per il pozzo n°1 sono previste n°2 coppie di ventilatori, data la particolare conformazione del pozzo dovuta a vincoli costruttivi, non è possibile connettere fluidodinamicamente i quattro ventilatori, pertanto in caso di malfunzionamento di uno dei due ventilatori di ciascuna coppia, l'altro è in grado di operare in condizioni degradate garantendo comunque una portata estratta superiore a 110 mc/s, ossia una riserva di superiore al 50% della portata.

Il pozzo previsto alla progressiva 27+500 (n.5) della galleria di Valico è realizzato in un tratto di galleria artificiale e presenta un'altezza ridotta ed è dotato di due ventilatori e nel caso di fuori servizio di un ventilatore è previsto un regime degradato. Nelle successive tabelle sono riportati i calcoli.

## 2 ventilatori attivi

$L_p$	$Q_v$	$\Delta p_{ag}$	$\Delta p_{sg}$	$\Delta p_{sv}$	$\Delta p_{ap}$	$P_{tv}$	$W_v$
[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kW]
7	250	331	580	670	392	2000	750

**1 ventilatore attivo**

$L_p$	$Q_v$	$\Delta p_{ag}$	$\Delta p_{sg}$	$\Delta p_{sv}$	$\Delta p_{ap}$	$P_{tv}$	$W_v$
[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kW]
7	150	119	209	1089	171	1600	360

Per il pozzo n°5 sono previsti n°2 ventilatori in parallelo. Nel caso di malfunzionamento di uno dei ventilatori, l'altro è in grado di operare in condizioni degradate garantendo comunque una portata estratta di circa 150 mc/s, ossia una riserva di circa il 70% della portata.

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

### 6.1 CALCOLO IN CONDIZIONI DI MASSIMO CARICO

- 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:

Temperatura esterna	$T_e = 263.15 \text{ K}$
Temperatura interna finestra	$T_f = 293.15 \text{ K}$
Pressione esterna	$p_e = 101325 \text{ Pa}$
Pressione interna finestra	$p_f = 101325 \text{ Pa}$
Costante aria	$R_a = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Viscosità dinamica aria	$\mu_e = 1.68 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$
Densità aria esterna	$\rho_e = \frac{p_e}{R_a T_e} = 1.342 \text{ kgm}^{-3}$
Densità aria finestra	$\rho_f = \frac{p_f}{R_a T_f} = 1.204 \text{ kgm}^{-3}$
Lunghezza finestra	$L_f \text{ [m]}$
Quota imbocco finestra	$z_e \text{ [m]}$
Quota camera filtro	$z_g \text{ [m]}$
Numero porte	$n_p$
Coefficiente adimensionale perdita di carico localizzata	$C_O$
Superficie porta	$\Omega_w \text{ [m}^2\text{]}$
Diametro canale	$D_1 \text{ [m]}$
Lunghezza canale	$L_1 \text{ [m]}$

Diametro ventilatore	$D_v$	[m]
Potenza assorbita all'albero del ventilatore	$W_v$	[kW]
Rendimento ventilatore	$\eta_v$	= 0,55
Diametro idraulico finestra	$D_f$	[m]
Coefficiente adimensionale di sicurezza	$K_s$	= 1,1
Coefficiente di attrito nel canale	$f_1$	= 0,02
Coefficiente di attrito nella finestra	$f_f$	= 0,05
Velocità aria attraverso la porta	$V_w$	[ms <sup>-1</sup> ]
Velocità aria nel canale	$V_1$	[ms <sup>-1</sup> ]
Velocità aria nei raccordi tra ventilatore e canale	$V_t$	[ms <sup>-1</sup> ]
Velocità aria attraverso la serranda	$V_s$	[ms <sup>-1</sup> ]
Velocità aria nella finestra	$V_f$	[ms <sup>-1</sup> ]
Velocità aria attraverso il ventilatore	$V_v$	[ms <sup>-1</sup> ]
Portata aria ventilatore	$Q_1$	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

- La portata dell'impianto è stata così determinata:
- Portata attraverso le porte della camera di transizione in modo da garantire attraverso le porte una velocità di 2,5 m/s

$$Q_{\max} = n_p \times \Omega_p \times V_p \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]} \quad \text{ove } n_p \text{ (numero porte aperte)} = 2$$

- Introducendo i valori  $\Omega_p = 2,8 \text{ m}^2$  (porta da 140x200 cm) e si ottiene:

$$Q_{\max} = 14 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

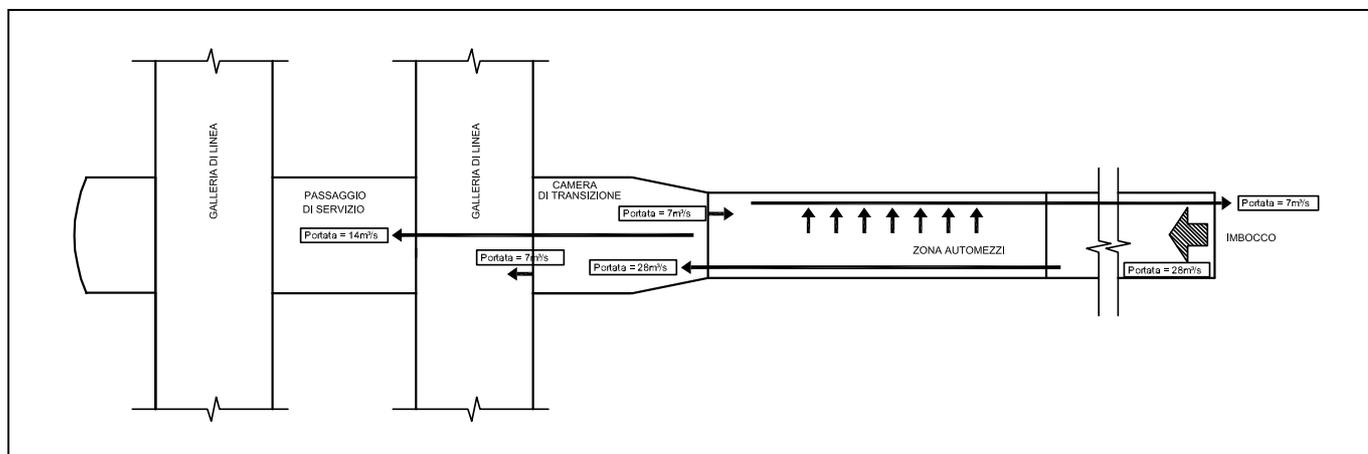
- Portata attraverso le porte del passaggio di servizio in modo da garantire attraverso le porte una velocità di 2,5 m/s

$$Q_{\max} = n_p \times \Omega_p \times V_p \quad [m^3s^{-1}] \quad \text{ove } n_p \text{ (numero porte aperte)} = 2$$

- Introducendo i valori  $\Omega_p = 2,8 \text{ m}^2$  (porta da 140x200 cm) e si ottiene:

$$Q_{\max} = 14 \text{ m}^3s^{-1}$$

- La portata totale valida per i ventilatori di tutte le finestre è pari quindi alla somma delle due per cui si ottiene un valore pari a  $28 \text{ m}^3s^{-1}$ .
- Nella figura sottostante è possibile visualizzare lo schema dei flussi di ventilazione valido per tutte le finestre.



- Inoltre, è stata svolta una verifica ai fini della determinazione della massima portata richiesta al ventilatore facendo riferimento ad un valore minimo di sovrappressione da garantire tra camera filtro e galleria pari a 10 Pa, considerando aperte le porte  $W_{11} \div W_{22}$  posizionate sulla parete divisoria tra le stese.
- La relazione adottata per il calcolo della massima portata è la seguente:

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

- 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  $\Delta p_{ci}$  [Pa]
- . resistenza per attrito nel canale  $\Delta p_f$  [Pa]
- . resistenza nel tratto di transizione canale/ventilatore  $\Delta p_{ct}$  [Pa]
- . resistenza del tratto di transizione ventilatore/canale  $\Delta p_{ct2}$  [Pa]

- . resistenza della serranda tagliafuoco  $\Delta p_{cs}$  [Pa]
  - . resistenza allo sbocco dell'aria nella camera filtro  $\Delta p_{cu}$  [Pa]
  - . resistenza dovuta all'effetto camino  $\Delta p_{se}$  [Pa]
  - . sovrappressione di sicurezza  $\Delta p_{saf}$  [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 e delle condizioni meteo e barometriche ai portali, esso è assunto pari a 200 Pa.
- La lunghezza del condotto di ventilazione è pari a 200 m poichè la lunghezza delle finestre è maggiore di 700m.
- La portata è stata maggiorata di 2 m<sup>3</sup>/s per tenere conto dei trafileamenti che entrano nel canale assumendo un coefficiente di perdita pari ad 1,5
- Le relazioni adottate per il calcolo delle perdite di pressione precedentemente descritte sono le seguenti:

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

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

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

$$\Delta p_{ct2} = C_{Ot2} \times \rho_e \times \frac{V_t^2}{2} \quad (\text{con } C_{Ot2} = 0,285)$$

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

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

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

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

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

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 ( $\Delta p_{cfi}$ ) e le resistenze per attrito nella finestra ( $\Delta p_{fof}$ ), 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:

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

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:

$$W_v = \frac{P_{tv} \times Q_1}{\eta_v \times 10^3} [kW]$$

dove  $\eta_v$  = rendimento ventilatore = 0.55 come da dati iniziali di cui a pag. 7

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

TABELLA 1.1 CALCOLO CARATTERISTICHE VENTILATORI IN CONDIZIONI DI MASSIMO CARICO

identificazione	Portata aria ventilatore	Resistenze serranda 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	Sovrappressione minima	Resistenza dovuta all'effetto camino	Sovrappressione di sicurezza	pressione statica richiesta al ventilatore	pressione dinamica del ventilatore	pressione totale ventilatore	Potenza assorbita all'albero del ventilatore
FINESTRA zona	$Q_1$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta p_{cfi}$ [Pa]	$\Delta p_{fof}$ [Pa]	$\Delta p_{ci}$ [Pa]	$\Delta p_f$ [Pa]	$\Delta p_{ct}$ [Pa]	$\Delta p_{ct2}$ [Pa]	$\Delta p_{cs}$ [Pa]	$\Delta p_{cu}$ [Pa]	$\Delta p_{3g}$ [Pa]	$\Delta p_{se}$ [Pa]	$\Delta p_{saf}$ [Pa]	$P_{sv}$ [Pa]	$P_{dv}$ [Pa]	$P_{tv}$ [Pa]	$W_v$ [kW]
Polcevera-Cravasco-Castagnola <b>passaggio di servizio</b>	14,00	-	-	95,64	114,43	137,69	74,04	67,55	41,34	10,00	-	40,00	638,76	191,2	830,04	21,13
Polcevera <b>camera di transizione</b>	30,00	2,50	3,37	51,05	750,00	72,95	40,00	36,00	92,00	10,00	60,38	200,00	1318,25	228,00	1546,25	84,3
Cravasco <b>camera di transizione</b>	30,00	2,50	2,67	51,05	750,00	72,95	40,00	36,00	92,00	10,00	192,51	200,00	1449,68	228,00	1677,68	91,5
Castagnola <b>camera di transizione</b>	30,00	2,50	5,35	51,05	750,00	72,95	40,00	36,00	92,00	10,00	333,17	200,00	1593,02	228,00	1821,02	99,3

## 6.2 CALCOLO IN CONDIZIONI DI MINIMO CARICO

- Le grandezze fisiche di riferimento, i dati e le simbologie adottati nei calcoli relativi alla finestra, al condotto di ventilazione ed al ventilatore sono quelli indicati al precedente paragrafo 4.1, con le seguenti variazioni:

Temperatura esterna	$T_e = 307.15$	K
Densità aria esterna	$\rho_e = 1.149$	$\text{kg m}^{-3}$
Viscosità dinamica aria	$\mu_e = 1.9 \times 10^{-5}$	Pa s
Resistenza dovuta all'effetto camino	$\Delta p_{se} = 0$	Pa

- Per il calcolo della minima portata richiesta al ventilatore si fa riferimento alla situazione che si realizza prima che i passeggeri, in fuga dalla galleria, entrino nella camera di transizione, con bocca di decompressione aperta e tutte le porte  $W_{11} \div W_{42}$ .
- Nella camera filtro viene mantenuta una sovrappressione rispetto alla galleria pari a 100 Pa.
- La relazione adottata per il calcolo della minima portata è la seguente:

$$Q_1 = \Omega_b V_b = \Omega_b \times \sqrt{\frac{2 \times \Delta p_{4g}}{\rho_e \times C_{Ob}}} \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$$

dove

$\Delta p_{4g}$	=	100 Pa
$\Omega_b$	=	superficie bocca di decompressione $[\text{m}^2]$
$V_b$	=	velocità aria attraverso la bocca di decompressione $[\text{ms}^{-1}]$

- Dalla formula sopra indicata risulta evidente che il valore della minima portata è direttamente correlato alle dimensioni della bocca di decompressione.
- Il punto di lavoro è definito dalla portata ( $Q_1$ ) e dalla perdita di carico ( $P_{tv}$ ) del circuito in condizioni di minimo carico e si trova sulla curva caratteristica del circuito definita dalla relazione  $P_{tv} = K (Q_1)^2$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc <span style="float: right;">Foglio 30 di 43</span>

- D'altra parte il punto di funzionamento del ventilatore alla minima portata deve trovarsi sull'intersezione della curva caratteristica del ventilatore stesso ad un determinato numero di giri con la curva caratteristica del circuito di cui sopra ed all'interno del campo di lavoro ottimale definito in base alla curva caratteristica di progetto del ventilatore.
- Pertanto il dimensionamento della bocca di decompressione, 550x550 mm, è effettuato in modo da ottenere un punto di lavoro compatibile con i requisiti di corretto funzionamento del ventilatore.
- Il valore di portata ottenuto è valido per i ventilatori di tutte le finestre ed è pari a  $15750 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  ( $4,375 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ).
- Le varie perdite di pressione vengono calcolate in maniera analoga a quanto indicato al paragrafo 2.1.
- La sovrappressione di sicurezza in questo caso è considerata nulla ( $\Delta p_{\text{saf}} = 0$ ).
- Per le finestre aventi lunghezza superiore a 700 m, non vengono considerate le resistenze all'imbocco della finestra e le resistenze per attrito nella finestra in quanto trascurabili.
- Per il calcolo delle pressioni statica, dinamica e totale richiesta e della potenza assorbita dal ventilatore viene seguito lo stesso procedimento indicato al paragrafo 2.1, assumendo il valore 1 per il coefficiente di sicurezza  $K_s$ .
- Successivamente deve essere definito il numero minimo di giri richiesto al ventilatore per funzionare nel punto di minimo carico.
- Come già indicato in precedenza il punto di funzionamento alla minima portata si trova sull'intersezione della curva caratteristica del circuito con la curva caratteristica del ventilatore e corrisponde ad un numero di giri tale da soddisfare entrambe le seguenti relazioni:

$$n_{\text{min1}} = \frac{n_{\text{prog}} \times Q_{\text{min}}}{Q_{\text{nprog}}}$$

$$n_{\text{min2}} = n_{\text{prog}} \sqrt{\frac{\Delta p_{\text{min}}}{\Delta p_{\text{nprog}}}}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc</p> <p>Foglio 31 di 43</p>

dove  $Q_{min}$  e  $\Delta p_{min}$  corrispondono ai valori di portata ( $Q_1$ ) e prevalenza ( $P_{tv}$ ) in condizioni di minimo carico calcolati in precedenza mentre  $n_{prog}$  corrisponde al regime di rotazione massimo e  $Q_{nprog}$  e  $\Delta p_{nprog}$  definiscono il punto di lavoro sulla curva ad esso corrispondente.

- Nelle formule sopra indicate vengono introdotti per approssimazione successive differenti valori di  $Q_{nprog}$  e  $\Delta p_{nprog}$  fino a quando risulta verificato  $n_{min1} = n_{min2}$ .
- A questo punto viene calcolato il grado di parzializzazione del motore del ventilatore con la seguente formula:

$$G = \frac{n_{min}}{n_{prog}} \quad [\%]$$

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

TABELLA 1.2 – CALCOLO CARATTERISTICHE VENTILATORI IN CONDIZIONI DI MINIMO 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 massima	pressione statica	pressione dinamica del ventilatore	pressione totale dei diversi ventilatori	Potenza assorbita all'albero del ventilatore
<b>FINESTRA zona</b>	$Q_{vmin}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta p_{cfi}$ [Pa]	$\Delta p_{fof}$ [Pa]	$\Delta p_{ci}$ [Pa]	$\Delta p_f$ [Pa]	$\Delta p_{ct}$ [Pa]	$\Delta p_{ct2}$ [Pa]	$\Delta p_{cs}$ [Pa]	$\Delta p_{cu}$ [Pa]	$\Delta p_{4g}$ [Pa]	$P_{sc}=P_{sv}$ [Pa]	$P_{dv}$ [Pa]	$P_{tv}$ [Pa]	$W_V$ [kW]
Polcevera-Cravasco-Castagnola <b>passaggio di servizio</b>	3,20	-	-	5,00	5,98	7,19	3,87	3,53	2,16	100,00	167,73	9,99	177,72	1,03
Polcevera-Cravasco-Castagnola <b>camera di transizione</b>	4,50	-	-	1,32	6,46	1,88	1,01	0,92	2,37	100,00	113,97	5,14	119,11	0,97

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc
	Foglio 33 di 43

### 6.3 CALCOLO ESTRAZIONE GAS DI SCARICO AUTOVEICOLI

A questo punto viene calcolato il grado di parzializzazione del motore del ventilatore con la seguente formula:

L'impianto di estrazione dei prodotti della combustione direttamente dai tubi di scarico dei veicoli e miscelando la portata di gas con una porzione di aria esterna al fine di ridurre la temperatura.

L'impianto di estrazione è costituito da:

- Una centrale estrazione è posta all'interno della chiusura intermedia delle finestra (a circa 200m dalla camera di transizione) e dotata di due ventilatori centrifughi di cui uno di riserva
- 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
- ulteriori 12 bocchette di estrazione dall'ambiente da circa 1000 m<sup>3</sup>/h

Le ipotesi per il dimensionamento dell'impianto sono:

- Portata di estrazione pari a 1000m<sup>3</sup>/h (0,28 m<sup>3</sup>/s) per veicolo
- Estrazione costante di n.12 condotti
- Portata di estrazione dalle per ogni bocchetta pari a 1000m<sup>3</sup>/h (0,28 m<sup>3</sup>/s)
- Il condotto è di tipo circolare con diametro pari a 1400mm

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

$$Q_V = n_{veicoli} \times Q_{veicoli} + n_{bocchette} \times Q_{bocchette}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc	Foglio 34 di 43

La portata di estrazione di progetto è pari a  $24000\text{m}^3/\text{h}$  ( $6,67 \sim 7 \text{ m}^3/\text{s}$ )

- 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 nel 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	<b>Q1</b> [m <sup>3</sup> /h]	<b>Δp<sub>arr</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>ci</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>fr1</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>fr1.2</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>fr2</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>ct</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>ct2</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>cs</sub></b> [Pa]	<b>Δp<sub>cu</sub></b> [Pa]	<b>P<sub>sc</sub></b> [Pa]	<b>P<sub>sv</sub></b> [Pa]	<b>P<sub>dv</sub></b> [Pa]	<b>P<sub>tv</sub></b> [Pa]	<b>W<sub>v</sub></b> [kW]
Polcevera	6,88	1.784,96	300,00	245,65	-	6,86	9,73	5,23	4,11	11,49	2.368,03	2.608,10	2.604,84	2.621,73	32,81
Cravasco	6,88	1.784,96	300,00	237,45	248,27	6,86	9,73	5,23	4,11	11,49	2.608,10	2.408,40	2.868,91	2.885,81	36,12
Castagnola	6,88	1.784,96	300,00	286,02	-	6,86	9,73	5,23	4,11	11,49	2.408,40	2.273,68	2.649,24	2.666,14	33,37
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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc
	Foglio 36 di 43

## 6.4 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI BY-PASS

- Tramite il condotto di by-pass viene realizzato il ricircolo di una parte della portata minima di ciascun ventilatore corrispondente al minimo numero di giri, nel caso in cui con tutte le porte  $W_{11} \div W_{42}$  chiuse si chiuda per alta temperatura la serranda tagliafuoco della bocca di decompressione.
- In questo caso l'eccessivo innalzamento della sovrappressione nella camera di transizione rispetto alla galleria comporterebbe sforzi inaccettabili per l'apertura delle porte.
- In tali condizioni la portata immessa nella camera di transizione è pari alla portata d'aria di trafilamento attraverso le porte chiuse e le microfessure dei muri e per il relativo calcolo si fa riferimento ad una pressione differenziale camera-galleria di 100 Pa.
- La portata di by-pass per ogni finestra corrisponde alla differenza tra la portata minima del ventilatore, già calcolata al punto 4.2 e la portata di trafilamento.
- Le relazioni adottate per il calcolo delle perdite d'aria attraverso le porte ( $Q_1$ ) e le microfessure dei muri ( $Q_2$ ) sono le seguenti:

$$Q_1 = 3600 \times C_f \times S_f \times \sqrt{\frac{2 \times g \times \Delta p}{\rho}}$$

$$Q_2 = 3600 \times C_f \times S_m \times \sqrt{\frac{2 \times g \times \Delta p}{\rho}}$$

dove:

$Q_1$  = portata d'aria per metro di perimetro di porta [ $m^3 h^{-1} m^{-1}$ ]

$Q_2$  = portata d'aria per metro quadrato di parete [ $m^3 h^{-1} m^{-2}$ ]

$C_f$  = coefficiente di flusso = 0,675

$S_f$  = superficie delle fessure per metro lineare di perimetro di porta  
= 0,0034  $m^2 m^{-1}$

$S_m$  = superficie delle microfessure per metro quadrato di parete  
= 0,000012  $m^2 m^{-2}$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc

- $g = \text{accelerazione di gravità} = 9,81 \text{ ms}^{-2}$   
 $\rho = \text{densità dell'aria} = 1,2 \text{ kgm}^{-3}$   
 $\Delta p = \text{pressione differenziale} = 100 \text{ Pa} = 10 \text{ mm.c.a.}$

- Inserendo i dati si ottengono i seguenti valori:

$$Q_1 = 105,6 \text{ m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-1}$$

$$Q_2 = 0,373 \text{ m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$$

- La portata d'aria totale di trafilamento ( $Q_T$ ) è data dalla seguente formula:

$$Q_T = (P \times Q_1 + S_t \times Q_2) \times K_s \quad [\text{m}^3\text{h}^{-1}]$$

dove:

$$P = \text{perimetro delle porte tagliafuoco} \text{ [m]}$$

$$S_t = \text{superficie totale della camera filtro al netto delle porte} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$K_s = \text{coefficiente moltiplicatore} = 1,3$$

- La portata d'aria da immettere nella camera filtro di ogni finestra risulta essere pari a  $Q_T = 5300 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ .
- La portata di by-pass ( $Q_{bp}$ ) si ottiene dalla differenza tra la minima portata del ventilatore ( $Q_v$ ) calcolata al paragrafo 2.2 e la portata d'aria di trafilamento ( $Q_T$ ) di cui sopra e precisamente:

$$Q_{bp} = Q_v - Q_T = 15750 - 5300 = 10450 \text{ m}^3\text{h}^{-1} \text{ (2,903 m}^3\text{s}^{-1}\text{)}$$

Tale valore è comune a tutte le finestre.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc
	Foglio 38 di 43

## 6.5 CALCOLO DELLO SFORZO MASSIMO PER L'APERTURA DELLE PORTE

- Il valore dello sforzo massimo necessario per aprire ogni battente delle porte  $W_1$  e  $W_2$  da parte dei passeggeri in fuga dalla galleria alla camera di transizione deve essere contenuto entro valori accettabili.
- A seguito del rilevamento di incendio in galleria e conseguente attivazione dell'impianto di ventilazione, nella camera di transizione si raggiunge una situazione di regime con il set-point del differenziale di pressione del ventilatore tarato a 100 Pa (range di pressione tra 95 e 105 Pa) e la bocca di decompressione aperta.
- A questo punto nel caso di chiusura per alta temperatura della serranda tagliafuoco della bocca di decompressione viene attivato il by-pass del ventilatore descritto al paragrafo precedente.
- Per evitare interferenze con le condizioni normali di funzionamento con bocca di decompressione aperta il set point di intervento del by-pass del ventilatore è fissato sul valore di 115 Pa (range di pressione tra 110 e 120 Pa).
- I passeggeri in fuga che si trovano a dover aprire un battente delle porte  $W_1$  e  $W_2$ , nelle condizioni limite di cui sopra, devono vincere la forza esercitata dalla sovrappressione massima nella camera di transizione (120 Pa) sul battente stesso.
- Pertanto lo sforzo massimo (F) necessario per l'apertura di ogni battente risulta dato da:

$$F = P \times S \quad [N]$$

$$\begin{aligned} \text{dove } P &= \text{pressione differenziale} = 120 \text{ Pa} \\ S &= \text{superficie battente} = 1.98 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Inserendo i dati si ottiene:

$$F = 237.6 \text{ N} = 24.2 \text{ kg}$$

Tale valore è da considerare accettabile.

## 7. CALCOLO DEI VENTILATORI DI PRESSURIZZAZIONE USCITE SHUNT E POZZOLO

Nel presente capitolo è riportato il calcolo dei ventilatori necessari alla sovrappressione delle uscite di emergenza per le gallerie Shunt e Pozzolo.

- Innanzitutto vengono definite le grandezze fisiche di riferimento, i dati e le simbologie adottati nei calcoli e precisamente:

Temperatura ambiente	$T_a = 293,15 \text{ K}$
Densità aria ambiente	$\rho_a = 1,204 \text{ kgm}^{-3}$
Coefficiente adimensionale perdita di carico localizzata	$C_o$
Superficie porta	$\Omega_p \text{ [m}^2\text{]}$
Superficie bocca di decompressione	$\Omega_b \text{ [m}^2\text{]}$
Diametro componenti impianto	$D_c \text{ [mm]}$
Sovrappressione minima garantita	$\Delta p_{\min} \text{ [Pa]}$
Sovrappressione massima accettata	$\Delta p_{\max} \text{ [Pa]}$
Sovrappressione massima in galleria per condizioni di emergenza incendio	$\Delta p_{\text{gal}} \text{ [Pa]}$
Velocità attraversamento porta	$V_p \text{ [ms}^{-1}\text{]}$
Velocità attraversamento bocca di decompressione	$V_b \text{ [ms}^{-1}\text{]}$
Velocità attraversamento componenti impianto	$V_c \text{ [ms}^{-1}\text{]}$
Portata massima di calcolo	$Q_{\max} \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$
Portata massima ventilatore	$Q_{v\max} \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$
Portata minima di calcolo	$Q_{\min} \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$
Portata minima ventilatore	$Q_{v\min} \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$
Perdita di carico (resistenza) localizzata generica dei	$\Delta p_o \text{ [Pa]}$

### componenti impianto

Coefficiente di attrito nei canali	$f_c$	
Perdita di carico per attrito nei canali	$\Delta p_{fc}$	[Pa]
Pressione statica circuito	$P_{sc}$	[Pa]
Pressione statica ventilatore	$P_{sv}$	[Pa]
Pressione dinamica ventilatore	$P_{dv}$	[Pa]
Pressione totale ventilatore	$P_{tv}$	[Pa]
Rendimento ventilatore (adimensionale)	$\eta_v$	
Potenza assorbita ventilatore	$W_w$	[kW]

### CALCOLO IN CONDIZIONI DI MASSIMO CARICO

- Nella condizione di massimo carico (porta aperta – bocca di decompressione chiusa) si impone che la velocità da garantire attraverso le porte sia di 2 m/s.
- La relazione adottata per il calcolo della portata massima è la seguente:

$$Q_{\max} = n_p \times \Omega_p \times V_p \quad [m^3 s^{-1}] \quad \text{ove } n_p \text{ (numero porte aperte)} = 1$$

- Il dimensionamento dell'impianto e della relativa portata di pressurizzazione è stato effettuato considerando una sola porta aperta. In casi eccezionali, in cui le squadre di soccorso rilevassero necessaria l'apertura contemporanea di tutte e due le porte della zona filtro e dell'altra porta di uscita, è tuttavia possibile far funzionare entrambi i ventilatori in parallelo a carico ridotto ottenendo circa il 75% della portata di progetto per ciascun ventilatore.
- Introducendo i valori  $\Omega_p = 2,8 \text{ m}^2$  (porta da 140x200 cm) e  $C_{Op} = 1,2$  per porta aperta si ottengono i valori:

$$Q_{\max} = 5,6 \text{ m}^3 s^{-1}$$

- La scelta dei componenti circolari è stata effettuata con  $D_v = 710 \text{ mm}$  la velocità di attraversamento della portata d'aria massima è:

$$V_v = \frac{4 Q_{v \max}}{\pi D_v^2} = 14,15 [m s^{-1}]$$

- Il calcolo procede con la determinazione delle perdite di carico localizzate dei componenti dell'impianto con la relazione:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc

$$\Delta p_o = C_o \times \rho_a \times \frac{V^2}{2} \text{ [Pa]}$$

e riguarda l'imbocco dell'aria in ingresso la serranda tagliafuoco, il raccordo fra serranda e canale ( $\Delta p_{sc}, C_{Osc} = 0,1$ ), il raccordo fra ventilatore e serranda ( $\Delta p_{vs}, C_{Ovs} = 0,10$ ), la serranda quadrangolare ( $\Delta p_{sm}, C_{Osm} = 0,5$ ), il plenum di diffusione ( $\Delta p_{pd}, C_{Opd} = 2,0$ ) ed il silenziatore e lo sbocco dell'aria in uscita ( $\Delta p_u, C_{Ou} = 1,3$ ) e di quelle per attrito nel canale di collegamento fra raccordo serranda – canale e raccordo a T al ventilatore con la relazione:

$$\Delta p_{fc} = f_c \times \frac{L_c}{D_c} \times \rho_a \times \frac{V_c^2}{2}$$

- La pressione statica del circuito è data dalla sommatoria delle perdite di carico dei componenti con la sovrappressione minima garantita e la sovrappressione massima d'emergenza in galleria.
- Il valore della pressione dinamica del ventilatore è dato dalla relazione:

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

mentre quello della pressione totale è:

$$P_{tv} = P_{sv} + P_{dv} \text{ [Pa] pari a 600 Pa}$$

- Viene calcolata infine la potenza assorbita dal ventilatore, con  $\eta_v = 0,66$ , con la seguente formula:

$$W_v = \frac{P_{tv} \times Q_{vmax}}{\eta_v \times 10^3} \text{ [kW] pari a 5,6 kW}$$

## CALCOLO IN CONDIZIONI DI MINIMO CARICO

Nella condizione di minimo carico (porta aperta – bocca di decompressione aperta) si impone che la velocità da garantire attraverso le porte sia di circa 1 m/s.

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

$$Q_{max} = n_p \times \Omega_p \times V_p \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]} \text{ ove } n_p \text{ (numero porte aperte)} = 1$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-cl-ai00-09-002_g00.doc</p> <p>Foglio 42 di 43</p>

- Introducendo i valori  $\Omega_p = 2,8 \text{ m}^2$  (porta da 140x200 cm) e  $C_{Op} = 1,2$  per porta aperta si ottengono i valori:

$$Q_{\max} = 2,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

- In condizioni di minimo carico la massima sovrappressione accettata fra by-pass e galleria ferroviaria a porte chiuse è:

$$\Delta p_{\max} = 40 \text{ Pa}$$

- Tramite la relazione che lega portata, sovrappressione, area di passaggio e coefficiente di perdita di carico localizzata, si deve ricercare una bocca di decompressione (serranda tagliafuoco) avente le seguenti caratteristiche:

$$\frac{\Omega_b^2}{C_{Ob}} = \frac{Q_{\min}^2 \times \rho_a}{2 \Delta p_{\max}} = 0,122$$

- La ricerca ha condotto ad una serranda con dimensioni 450x700 mm, area di passaggio netta  $\Omega_b = 0,23 \text{ m}^2$ , coefficiente di perdita localizzata  $C_{Ob} = 0,43$ .