



# ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

## CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO –CALTANISSETTA–A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001  
Dal km 44+400 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:  
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)  
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.  
DELTA Ingegneria s.r.l.  
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering  
PROGIN s.p.a.

I RESPONSABILI DI PROGETTO

*Dott. Ing. M. Raccosta*  
Ordine Ing. Verona n° A1665  
*Prof. Ing. A. Bevilacqua*  
Ordine Ing. Palermo n° 4058  
*Dott. Ing. M. Carlino*  
Ordine Ing. Agrigento n° A628  
*Dott. Ing. N. Troccoli*  
Ordine Ing. Potenza n° 836  
*Dott. Ing. S. Esposito*  
Ordine Ing. Roma n° 20837

IL GEOLOGO

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE

*Dott. Ing. M. Raccosta*

VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi*

VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL SERVIZIO  
PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Antonio Valente

DATA

PROTOCOLLO

IMPIANTI ELETTRICI DI ILLUMINAZIONE, VENTILAZIONE E TELECONTROLLO

RELAZIONE TECNICA DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN  
GALLERIA

CODICE PROGETTO

L0407B D 0501

NOME FILE

L0407B\_D\_0501\_T01\_IM01\_IMP\_RE02.DOC

CODICE  
ELAB.

T01 IM01 IMP RE02

REVISIONE

A

FOGLIO

di

SCALA:

—

D

C

B

A

EMISSIONE

*L. Carrarini*

*F. Arciuli*

*C. Marro*

REV.

DESCRIZIONE

DATA

VERIFICATO  
RESP. TECNICO

CONTROLLATO  
RESP. D'ITINERARIO

APPROVATO  
RESP. DI SETTORE

## **IMPIANTI ELETTRICI DI ILLUMINAZIONE VENTILAZIONE E TELECONTROLLO**

## **RELAZIONE TECNICA DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIA**

## I N D I C E

1.	ELEMENTI GEOMETRICI DELLA GALLERIA	3
2.	REGIME DI TRAFFICO	4
3.	FABBISOGNO D'ARIA IN GALLERIA PER DILUIZIONE DEGLI INQUINANTI	6
3.1.	Determinazione quantità aria di diluizione	6
3.2.	Perdite di carico	7
3.2.1.	Resistenza della galleria	8
3.2.2.	Effetto pistone attribuito ai veicoli in transito	8
3.2.3.	Effetto metereologico	9
3.2.4.	Resistenza totale	9
4.	VENTILATORI ASSIALI IN GALLERIA	11
4.1.	Conclusioni	11
4.2.	Impianto di ventilazione in caso di incendio	12
4.2.1.	Introduzione	12
4.2.2.	Ipotesi di funzionamento in caso di incendio all'interno in corrispondenza della mezzeria	12
4.2.3.	Dimensionamento del numero di ventilatori in caso di incendio	12
4.2.4.	Resistenza in galleria	14
4.2.5.	Effetto metereologico	14
4.2.6.	Effetto camino	15
4.2.7.	Resistenza totale	15
5.	PRESSURIZZAZIONE DEI FILTRI DI BY-PASS	17

## 1. ELEMENTI GEOMETRICI DELLA GALLERIA

Il presente elaborato illustra i criteri di dimensionamento dell'impianto di ventilazione della galleria "Caltanissetta" nell'ambito delle opere previste nel presente lotto di ammodernamento della S.S. n. 640 di Porto Empedocle dal Km 44+400 allo svincolo di interconnessione con l'Autostrada A19 - Palermo-Catania.

La galleria Caltanissetta è una galleria di tipo a doppia canna con una condizione di traffico monodirezionale i cui parametri dimensionali sono riassunti nel prospetto di seguito evidenziato.

Galleria	Lunghezza (m)	Sezione (m <sup>2</sup> )	Diametro Idraulico (m)	Quota (m)	Gradiente (%)
Caltanissetta	4020	76	14,2	530	+1,148% 2,112%

Il tracciato interno assunto con pendenza negativa è pari a 1862m (-2,112%) mentre il tratto con pendenza positiva è pari a 2158 m (+1,148%).

Per lo studio della ventilazione si sono utilizzate le metodologie di calcolo raccomandate dal PIARC (Permanent International Association of Road Congress).

Per il dimensionamento del sistema di ventilazione sono considerati i seguenti scenari di traffico per n. 4 condizioni di esercizio con condizione di :

- traffico fluido, con velocità di percorrenza > di 60km/h;
- traffico congestionato con velocità di percorrenza < di 30km/h;
- traffico bloccato con velocità non superiore a 10km/h;
- esercizio a doppio senso di marcia in caso di manutenzione con velocità non superiore a 50km/h.

## 2. REGIME DI TRAFFICO

Condizioni di traffico su viabilità extraurbana equivalente ad autostradale

Traffico orario di picco totale = 1800 veicoli/h

Incidenza di veicoli leggeri con motore a benzina	40%
Incidenza di veicoli leggeri con motore diesel	25%
Incidenza di veicoli furgonati diesel fino a 50ql	20%
Incidenza di veicoli camion diesel con portata 200ql	15%

### Tratto con pendenza positiva di lunghezza 2158m

Veicoli/km =1800	Motori benzina	Diesel automezzi	Diesel autocarri 50ql	Diesel pesanti 200ql
V= 60km/h	52	32	26	20
V=30km/h	103	64	52	39
V= 10km/h	310	194	155	116
V= 50km/h				

### Tratto con pendenza negativa di lunghezza 1862m

Veicoli/km =1800	Motori benzina	Diesel automezzi	Diesel autocarri 50ql	Diesel pesanti 200ql
V= 60km/h	45	28	22	17
V=30km/h	89	56	45	34
V= 10km/h	268	168	134	101
V= 50km/h				

### Carico inquinante unitario emesso dai veicoli in transito

Valori unitari Inquinante	Motori benzina	Diesel automezzi	Diesel autocarri 50ql	Diesel pesanti 200ql
CO ( L/h veicolo)	38	4	10	71
OP (Mq/h veicolo)	0,5	5	13,1	48
Nx (L/h veicolo)	12	15	80	134

### Limiti di inquinamento secondo PIARC 95 con proiezione al 2010

Definizione	u.m	valore limite	Congestionato	Scorrevole	Bidirezionale in manutenzione
CO	ppm	200	100	70	20
OP	k	0,012	0,007	0,005	0,005
Nx	ppm	30	25	10	10

### Fattori di correzione delle emissioni nominali

Definizione	Quota portali fn	Bloccato fv	Congestionato Fv	Scorrevole fv	Pendenza fi
Pen positiva	1,5	0,5	0,7	1	1,05
Pen negativa	1,5	0,5	0,7	1	0,925
Bloccato K	Congestionato K	Scorrevole K	Bidirezionale K		
0,79	1,1	1,58	1,,5		
0.69	0,97	1,39	1,3		

La tabella sopra indicata riporta il fattore risultante dei coefficienti che concorrono alla correzione delle emissioni nominali.

### 3. FABBISOGNO D'ARIA IN GALLERIA PER DILUIZIONE DEGLI INQUINANTI

La metodologia di calcolo adottata per gli impianti di ventilazione in galleria si è sensibilmente evoluta, dai primi studi del Singstad pubblicati nel 1929 sino a quelli della British Hydromechanics Research Association (BHRA) e del Permanent International Association of Road Congress (PIARC).

Nel presente studio si segue il procedimento di calcolo del PIARC definito nel suo XV congresso tenutosi nel 1975 a Città del Messico e tenendo conto di tutti gli altri suggerimenti nati dai congressi seguenti fino a quello di Kuala Lumpur nel 1999.

#### 3.1. Determinazione quantità aria di diluizione

I principali inquinanti sono CO ed il particolato incombusto che limita la visibilità attraverso l'emissione di fumi.

Diluizione della concentrazione di monossido di Carbonio

Per la determinazione della quantità d'aria fresca per diluire il CO si è usata la seguente formula:

$$Q_{co} = \frac{q_{co} \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_h}{3600} \cdot (D_{bc}) \cdot \frac{10^6}{CO_{lim}} \cdot L \quad [m^3/s]$$

dove:

Q <sub>co</sub>	:	portata aria fresca per diluire il CO [m <sup>3</sup> /s]	
q <sub>co</sub>	:	emissione base per autoveicolo di CO [m <sup>3</sup> /h veicolo]	
f <sub>v</sub>	}	coefficienti di velocità, gradienza, altitudine	
f <sub>i</sub>	}		
f <sub>h</sub>	}		
D <sub>bc</sub>	:	numero veicoli a benzina e camion al km (un camion emette la stessa quantità di CO di un autoveicolo)	[veicoli/km]
CO <sub>lim</sub>	:	concentrazione ammissibile di CO	[p.p.m.]
L	:	lunghezza galleria	[km]

Q <sub>co</sub> = 144 m <sup>3</sup> /s
---

Per i fumi si è usata la seguente formula:

$$Q_F = \frac{q_t \cdot m_c \cdot f_{iv} \cdot f_h}{3600} \cdot D_c \cdot \frac{L}{K_{lim}} + \frac{q_t \cdot m_a \cdot f_{iv} \cdot f_h}{3600} \cdot D_a \cdot \frac{L}{K_{lim}}$$

[m<sup>3</sup>/s]

dove:

QF	: portata d'aria fresca per diluire i fumi	[m <sup>3</sup> /s]
qt	: emissione base di fumi	[m <sup>2</sup> /ht]
mc	: peso medio camion	[t]
fiv	: coefficiente di velocità/gradienza	
fh	: coefficiente di altitudine	
Dc	: numero dei camion al km	[veicoli/km]
L	: lunghezza della galleria	[km]
Klim	: coefficiente estinzione fumi	[m-1]
ma	: peso medio autovetture Diesel	[t]
Da	: numero autovetture Diesel al km	[veicoli/km]

Immettendo nella formula gli appropriati valori, si ottiene:

QF= 234 m <sup>3</sup> /s
---------------------------

Riassumendo si è stimato il fabbisogno di aria di diluizione pari a:

Qco = 98 m <sup>3</sup> /s
QF= 234 m <sup>3</sup> /s

a cui corrispondono le velocità medie dell'aria riportate:

QF= 234 m <sup>3</sup> /s
Vg = 3.08 m/s

### 3.2. Perdite di carico

Per indurre a trasportare lungo le gallerie le portate d'aria precedentemente calcolate è necessario determinare le perdite di carico generate da: attrito della galleria, effetto pistone degli autoveicoli (positivo o negativo), effetto meteorologico.

### 3.2.1. Resistenza della galleria

Per calcolare la resistenza della galleria si è usata la seguente formula:

$$R_g = \left( \alpha + \beta + \lambda \cdot \frac{L}{D_h} \right) \cdot \frac{\rho \cdot V_g^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

dove:

R <sub>g</sub>	:	resistenza	[Pa]
α	:	coefficiente di perdita all'entrata	
β	:	coefficiente di perdita all'uscita	
λ	:	coefficiente d'attrito delle pareti della galleria	
L	:	lunghezza della galleria	[m]
D <sub>h</sub>	:	diametro idraulico	[m]
ρ	:	massa volumica	[kg/m <sup>3</sup> ]
V <sub>g</sub>	:	velocità dell'aria in galleria	[m/s]

da cui si ottiene:

RG = 73,22 Pa
---------------

### 3.2.2. Effetto pistone attribuito ai veicoli in transito

Questa resistenza può essere positiva o negativa in funzione alla direzione del flusso veicolare (uguale o contrario al senso della ventilazione) oppure se la velocità del traffico è inferiore alla velocità dell'aria in galleria.

Quanto sopra può essere espresso mediante la seguente formula:

$$R_p = \sum_{i=1}^2 \varepsilon_i \cdot n_i \cdot \frac{(C_x \Omega)_i \cdot \delta \cdot (V_i + \mu \cdot V_g)^2}{A_t} \quad [\text{Pa}]$$

dove:

i	:	i = 1 valori riferiti ad autoveicoli leggeri (benzina e diesel) i = 2 valori riferiti ad autoveicoli pesanti (autocarri)
ε <sub>i</sub>	:	è un coefficiente +1 o -1 in funzione alla direzione del traffico (uguale o contrario al senso della ventilazione) oppure se V <sub>i</sub> > V <sub>g</sub> o V <sub>i</sub> < V <sub>g</sub>
n <sub>i</sub>	:	numero dei veicoli presenti in galleria

$(Cx\Omega)_i$	:	area resistente dei veicoli (area frontale corretta dal coefficiente di penetrazione)	[m <sup>2</sup> ]
$A_t$	:	area tunnel	[m <sup>2</sup> ]
$V_i$	:	velocità dei veicoli	
[m/s]			
		{+1 per veicoli che viaggiano in senso contrario rispetto alla ventilazione	
$\mu$	:	{-1 per veicoli che viaggiano nello stesso senso della ventilazione	
$V_g$	:	velocità dell'aria in galleria	
[m/s]			

Immettendo i valori nella formula si ha:

$$R_p = 195,35 \text{ Pa}$$

### 3.2.3. Effetto metereologico

Si stima una velocità del vento di 0 m/s in quanto i portali della galleria allo sbocco sono pressoché complanari cui corrisponde una resistenza di:

$$R_m = 0 \text{ Pa}$$

### 3.2.4. Resistenza totale

$$R_t = R_g \pm R_p + R_m$$

$$R_t = 268,57 \text{ Pa}$$

a cui corrisponde una forza totale ( $R_t \cdot$  area della galleria) di:

$$F = 20.412 \text{ Nw}$$

Questa forza è però riferita ad aria in movimento per cui, per poter scegliere il tipo e la quantità di ventilatori, è necessario trasformare  $F_t$  in forza senza aria in movimento.

$$F_o = \frac{F_t}{K \left( 1 - \frac{V_g}{V_v} \right)}$$

Si fa riferimento ad una macchina avente prestazioni di:

- portata di 24 m<sup>3</sup>/s;
- velocità in uscita di 30,56 m/s;
- spinta unitaria di 900N in aria ferma;

ed una condizione di funzionamento per la quale si rende necessario introdurre coefficienti di riduzione della prestazione a causa della installazione accoppiata delle unità di ventilazione in un allestimento distributivo a pacchetto per:

K	:	coefficiente di posizionamento	
V <sub>g</sub>	:	velocità dell'aria in galleria	[m/s]
V <sub>v</sub>	:	velocità dell'aria in uscita dal ventilatore	[m/s]

per cui si ha:

$$F_o = 32.400 \text{ Nw}$$

Il numero dei ventilatori risulta essere:

$$n_v = F_o / 900 \text{ Nw} = 36 \text{ unità ventilanti}$$

#### 4. VENTILATORI ASSIALI IN GALLERIA

Si è previsto l'uso di acceleratori di 1000mm di diametro aventi spinta unitaria pari a 900N. Gli acceleratori sono del tipo reversibile e pertanto il valore di spinta è garantito in entrambi i sensi di rotazione delle giranti in condizione di traffico alle diverse velocità di percorrenza della galleria.

La dislocazione delle macchine in galleria è a pacchetto su 3 blocchi di cui 2 in prossimità ai portali di imbocco, in prossimità ai portali di sbocco delle singole canne mentre la terza è ubicata in corrispondenza della progressiva di flesso della pendenza longitudinale in modo da evitare la stratificazione dei fumi caldi nel punto più alto delle gallerie per i due sensi di marcia.

L'alimentazione elettrica è prevista per singola unità ventilante attraverso una linea in cavo antifiamma in partenza direttamente dai quadri di bassa tensione di ventilazione di cabina elettrica K4 e K5 poste sui portali di galleria alimentata a 690V.

I ventilatori sono previsti costruiti in acciaio AISI 316L/Ti con funzionamento di tipo reversibile e prestazioni di resistenza al fuoco in caso d'emergenza a 400°C per 120 minuti.

##### 4.1. Conclusioni

Da quanto sopra esposto si rende necessario installare un numero di acceleratori per il controllo degli inquinanti in galleria pari a:

$$N_v = 36 \text{ unità ventilanti}$$

distribuite in modo simmetrico sui portali di galleria in ragione di 16+16 unità e una batteria costituita da 4 unità installata in corrispondenza del cambio di pendenza.

Il numero di macchine viene assunto uguale per i due fornicci considerato che non esistono significativi differenze altimetriche e di lunghezza dei fornicci.

## **4.2. Impianto di ventilazione in caso di incendio**

### **4.2.1. Introduzione**

Si ipotizza la presenza di un incendio in grado di sviluppare una potenza termica non inferiore a 30kW. Dagli atti del PIARC, si ricava che la velocità minima dell'aria da tenere in galleria per controllare i fumi è di 2–3 m/s.

Essendo la galleria bidirezionale è logico che qualsiasi direzione di galleria scelta andrà ad aumentare il carico termico e fumogeno di una delle due carreggiate.

Seguendo quanto già previsto si ipotizza di impiegare il sistema di ventilazione longitudinale quale strumento di movimentazione dell'aria all'interno del fornice di galleria.

### **4.2.2. Ipotesi di funzionamento in caso di incendio all'interno in corrispondenza della mezzeria**

In questo caso sono previsti due possibili fasi operative del sistema di ventilazione ad operatività differenziata qualora il pacchetto degli acceleratori presenti in galleria sia attivato per spingere i fumi d'incendio verso lo sbocco del senso di marcia.

Questa soluzione permette il lavaggio della galleria garantendo una velocità dell'aria, in grado evitare la stratificazione dei fumi, mettendo in sicurezza gli utenti presenti in galleria.

### **4.2.3. Dimensionamento del numero di ventilatori in caso di incendio**

Per poter permettere il lavaggio della galleria è necessario calcolare il numero di ventilatori (acceleratori) necessari.

In caso d'incendio è opportuno considerare che il focolaio sia situato fra una coppia di ventilatori: risulta quindi necessario aumentare il numero di ventilatori come suggerito dalla Circolare Interministeriale francese n°2000-63 del 25/8/2000.

E' altresì necessario calcolare il rialzo termico della temperatura dell'aria in galleria, affinché non si superi un valore tale da compromettere lo stato di operabilità dei ventilatori.

Come suggerisce il 20° Congresso Mondiale sui Tunnel tenutosi a Montreal nel 1995, si è proceduto in due fasi:

EVACUAZIONE: si dovrà permettere la stratificazione del fumo in volta. Per tale operazione, cioè permettere l'evacuazione delle persone, la velocità dell'aria è di 1 – 2 m/s.

LAVAGGIO: ad evacuazione avvenuta, per permettere l'intervento, ad esempio dei pompieri, si deve aumentare la velocità, in modo tale da creare un fronte pulito dalla parte in cui si deve lavorare. La velocità consigliata è di 2 – 3 m/s.

Ipotizzando una velocità critica dell'aria di 2.5 m/s, si avrà:

$$Q_v = A_t \cdot v \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

ove

$Q_v$  = portata d'aria [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$A_t$  = area della sezione [ $\text{m}^2$ ]

$v$  = velocità dell'aria [ $\text{m}/\text{s}$ ]

Introducendo all'espressione i valori specifici si ha una portata di movimentazione dell'aria di galleria pari a:

$$Q_v = 190 \text{ m}^3/\text{s}$$

Il rialzo termico è invece determinato attraverso l'espressione:

$$T_f = \frac{E}{\rho \cdot C_p \cdot Q_v} + 290 \quad (\text{K})$$

dove

$E$  = potenza termica convettiva dell'incendio 30MW  
(valore ottenuto dai dati forniti dal del progetto definitivo)

(W)

$\rho$  = massa volumica dell'aria ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$C_p$  = calore specifico dell'aria ( $\text{J}/\text{kg}$   
per K)

290 = fattore di conversione per passare in Kelvin (273 + temperatura ambiente)

Sostituendo alla formula i valori delle singole grandezze si ottiene:

$$T_f = 475 \text{ K (202}^\circ\text{C)}$$

Il numero di acceleratori è definito per una condizione di traffico bloccato dove l'effetto tampone determinato dai veicoli in movimento è pressoché nullo, mentre la resistenza complessiva al moto dell'aria è determinata da:

- la resistenza della galleria  $R_g$
- effetto meteorologico dovuto alla presenza di vento sui portali =  $R_m$

#### 4.2.4. Resistenza in galleria

Per calcolare la resistenza della galleria si è usata la seguente formula:

$$R_g = \left( \alpha + \beta + \lambda \cdot \frac{L}{D_h} \right) \cdot \frac{\rho \cdot v_g^2}{2} \quad (\text{Pa})$$

dove:

$R_g$	=	resistenza	(Pa)
$\alpha$	=	coefficiente di perdita all'entrata	(-)
$\beta$	=	coefficiente di perdita all'uscita	(-)
$\lambda$	=	coefficiente d'attrito 'corretto' delle pareti della galleria	(-)
$L$	=	lunghezza della galleria	(m)
$D_h$	=	diametro idraulico	(m)
$\rho$	=	massa volumica	(kg/m <sup>3</sup> )
$v_g$	=	velocità dell'aria in galleria	(m/s)

Sostituendo alla formula i valori delle singole grandezze si ottiene

$$R_G = 37 \text{ Pa}$$

#### 4.2.5. Effetto meteorologico

Si stima una velocità del vento di 2,5 m/s a cui corrisponde una resistenza di

$$R_m = k \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

dove:

- $k$  = coefficiente di perdita
- $\rho$  = densità dell'aria
- $v$  = velocità dell'aria

Sostituendo alla formula i valori delle singole grandezze si ottiene:

$$R_m = 6 \text{ Pa}$$

#### 4.2.6. Effetto camino

Si considera che i portali sono pressoché alla stessa quota e che il punto di flesso della galleria è prossimo all'asse di metà galleria; pertanto la movimentazione dei fumi e la migrazione naturale dei fumi verso i portali è, per la galleria in esame, fortemente limitata.

#### 4.2.7. Resistenza totale

$$R_t = R_g + R_m$$

$$R_t = 43 \text{ Pa}$$

a cui corrisponde una forza totale ( $R_t \times 76 \text{ mq}$  (area della galleria)) di:

$$F = 3268 \text{ Nw}$$

Questa forza è però riferita ad aria in movimento (2.5 m/s) per cui, per poter scegliere il tipo e la quantità di ventilatori, è necessario trasformare  $F_t$  in forza senza aria in movimento.

$$F_o = \frac{F_t}{K \left( 1 - \frac{V_g}{V_v} \right)} \quad (\text{N})$$

Facendo riferimento alle stesse macchine impiegate per la diluizione dell'aria in galleria si prevede l'esercizio di ventilatori con una portata di  $24 \text{ m}^3/\text{s}$ , una velocità in uscita di  $30,56 \text{ m/s}$  ed una spinta unitaria di  $900 \text{ N}$ .

K	:	coefficiente di posizionamento	0,7
$V_g$	:	velocità dell'aria in galleria	(m/s)
$V_v$	:	velocità dell'aria in uscita dal ventilatore	(m/s)

per cui si ha:

$$F_o = 5446,66 \text{ Nw}$$

La spinta totale è calcolata maggiorata sulla base di un coefficiente di sicurezza pari a 50% in modo da sopperire alla movimentazione dei fumi anche in caso di fallanza parziale del sistema di ventilazione interno alle zone in cui è ripartita la galleria.

Pertanto il numero di ventilatori necessari alla movimentazione del fumo sono pari a:

$$N_v = (F_o + K * F_o) / 900$$

Da cui sostituendo all'espressione sopraccitata i valori numerici si ricava una dotazione di servizio pari a 9 macchine arrotondate per unità a:

$N_v = 10$
------------

Le modalità distributive dell'alimentazione elettrica consentono l'attivazione per pacchetto di ventilatori e pertanto le unità esercite in caso di incendio sono comunque nella peggiore delle condizioni di un incendio che limiti un intero pacchetto di un portale sono almeno 20 unità per singolo fornice.

## 5. PRESSURIZZAZIONE DEI FILTRI DI BY-PASS

Le condizioni di allarme di presenza fumo e di incendio rilevate attraverso il sistema di monitoraggio della temperatura con il cavo termosensibile ed attraverso il rilevamento del campo di visibilità interna ai singoli fornicci della galleria Caltanissetta dovranno attivare la ventilazione dei filtri di by-pass in modo che questi possano costituire luogo sicuro con assenza di carico di incendio.

Il filtro dovrà essere mantenuto in sovrappressione di circa 80PA in condizione di ante aperte e pertanto dovrà essere realizzato un sistema di immissione in configurazione speculare così da poter immettere aria all'interno dei filtri aria dal fornice non interessato dal dolo attraverso i ventilatori dedicati allo scopo.

In entrambi i casi il sistema di pressurizzazione dovrà essere corredato delle protezioni di linea all'interno del quadro di by-pass più prossimo, di collegamenti in cavo antifiamma per l'alimentazione delle unità ventilanti e per l'acquisizione dei comandi e per la remotizzazione degli stati di operatività degli apparati.