

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
SACYR S.A.U. (MANDANTE)
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)



IL PROGETTISTA
Dott. Ing. I. Barilli
Ordine Ingegneri
V.C.O.
n° 122

Dott. Ing. E. Pagani
Ordine Ingegneri Milano
n° 15408



IL CONTRAENTE GENERALE

Project Manager
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale e
RUP Validazione
(Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
(Dott. P. Ciucci)

Unità Funzionale COLLEGAMENTI SICILIA ST0483_F0
Tipo di sistema STAZIONI – IMPIANTI
Raggruppamento di opere/attività STAZIONE PAPARDO
Opera - tratto d'opera - parte d'opera GENERALE – IMPIANTI DI VENTILAZIONE
Titolo del documento RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE

CODICE

C G 0 7 0 0 P 1 R D S I S 1 S G 0 0 0 0 0 0 0 6 F0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	M. TACCA	I. BARILLI

NOME DEL FILE: ST0483_F0

revisione interna: __

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

INDICE.....		i
1 Premessa.....		1
1.1 Impianti di ventilazione – metodologia di calcolo e dimensionamento impianto.....		1
1.1.1 Impianti di ventilazione in esercizio normale		1
1.1.1.1 Impianto di ventilazione zone di transito banchine (transetto e collarini di collegamento fra il transetto e la banchina)		1
1.1.1.2 Impianto di ventilazione soprabanchina, sottobanchina e di stazione (banchina) 3		3
1.1.1.3 Impianto di ventilazione locali tecnici		4
1.1.1.4 Impianto di ventilazione di galleria		14
1.1.1.5 Perdite di pressione canalizzazioni		15
1.1.2 Impianti di ventilazione di stazione in fase di emergenza.....		18
1.1.2.1 Impianto di ventilazione soprabanchina, sottobanchina e di stazione (banchina) 18		18
1.1.2.2 Impianto di sbarramento ai fumi lungo le vie di esodo		20
1.1.2.3 Impianto di pressurizzazione filtri a prova di fumo		21
1.1.2.4 Impianto di ventilazione di galleria		22

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1 Premessa

Il presente documento espone le soluzioni progettuali adottate nello sviluppo del progetto definitivo degli impianti tecnologici di ventilazione e climatizzazione a servizio della stazione ferroviaria di Papardo, che viene realizzata lungo il collegamento lato Sicilia, nell'ambito della costruzione dell'Opera di attraversamento sullo Stretto di Messina.

Vengono riportate nel seguito le grandezze principali, i dati di base utilizzati e le prestazioni richieste per l'impianto di ventilazione e di climatizzazione. Vengono inoltre riportati i calcoli eseguiti per il dimensionamento di tali impianti.

1.1 Impianti di ventilazione – metodologia di calcolo e dimensionamento impianto

Vengono indicate le modalità di calcolo degli impianti di ventilazione, che impegnano grandi portate di aria, e che sono connessi sia al rinnovo dell'aria ambiente che all'evacuazione dei fumi in situazione di emergenza, e gli impianti di ventilazione che sono deputati solo all'abbattimento dei carichi endogeni. Nella fattispecie:

- 1) ventilazione del transetto e dei collarini di collegamento delle banchine di stazione;
- 2) sbarramento dei fumi lungo la via di esodo (barriere d'aria);
- 3) ventilazione di soprabanchina, sottobanchina e di stazione;
- 4) ventilazione di galleria;
- 5) ventilazione dei locali tecnici.

1.1.1 Impianti di ventilazione in esercizio normale

1.1.1.1 Impianto di ventilazione zone di transito banchine (transetto e collarini di collegamento fra il transetto e la banchina)

È previsto il rinnovo dell'aria nel transetto, disposto parallelamente ai binari, nonchè nei collarini, che collegano il transetto e la banchina, sia del binario pari che del binario dispari. Il rinnovo dell'aria viene effettuato mediante un impianto di ventilazione di immissione di aria esterna, dimensionato in funzione del carico termico sensibile interno dovuto alla presenza delle persone ed all'illuminazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Calcolo in base ai carichi termici sensibili interni

PERSONE

L'equazione utilizzata per il calcolo dell'apporto termico dovuto alle persone è la seguente:

$$Q_P = P_1 \cdot C_S \quad [1]$$

dove:

- Q_P = carico sensibile dovuto alle presenza di persone; [W]
 P_1 = numero di persone presenti nel transetto e nei collarini: 0,1 persona /m²,
 in accordo al D.M. 11/1/1988, punto 4.1. [persone]
 C_S = calore sensibile emesso dalle persone: 64 W/persona; [W/persona]

ILLUMINAZIONE

L'equazione utilizzata per il calcolo dell'apporto termico dovuto all'illuminazione è la seguente:

$$Q_{IL} = 15 \cdot S \quad [2]$$

dove:

- Q_{IL} = carico sensibile totale dovuto alla illuminazione; [W]
 15 = carico sensibile dovuto all'illuminazione [W/m²]
 S = superficie di transito e dei collarini di collegamento [m²]

L'apporto di calore dovuto alle apparecchiature installate nei locali tecnologici non viene smaltito dalla ventilazione del transetto e dei collarini, in quanto per detti carichi termici è previsto un apposito impianto di climatizzazione con solo raffreddamento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PORTATA DI VENTILAZIONE PER CARICHI TERMICI SENSIBILI

L'equazione utilizzata per il calcolo portata dell'aria di ventilazione dovuta ai carichi termici sensibili è la seguente:

$$V_c = \frac{(Q_p + Q_{IL})}{(\rho \cdot C_p \cdot \Delta T)} \quad [3]$$

dove:

V_c = portata di ventilazione derivante dai carichi termici sensibili interni	[m ³ /s]
C_p = calore specifico dell'aria: 1000 J/kg °C	[J/kg °C]
ΔT = incremento termico pari a 6 °C	[°C]
ρ = densità dell'aria: 1,2 kg/m ³	[kg/m ³]

1.1.1.1.1 Scelta del ventilatore a servizio del transetto e dei collarini

Il ventilatore assiale a servizio del transetto e dei collarini di collegamento fra la banchina e la stazione ha le seguenti caratteristiche:

- Portata aria : 4,90 m³/s
- Pressione statica utile : 350 Pa
- Potenza motore : 4 kW

1.1.1.2 Impianto di ventilazione soprabanchina, sottobanchina e di stazione (banchina)

Gli impianti soprabanchina, sottobanchina e di stazione (banchina), in funzionamento normale, sono adibiti al lavaggio della banchina e della galleria, per asportare i carichi termici, che si vengono a creare all'interno della stazione a causa delle persone, dei treni e delle apparecchiature ivi presenti.

Il calcolo è stato eseguito mediante le formule [1], [2] e [3], dette in precedenza.

Il calcolo effettuato richiede di immettere una portata corrispondente ad un ricambio pari a circa 2 Vol/h dall'impianto di soprabanchina ed estrarre una eguale portata dall'impianto sottobanchina.

Tale flusso di aria con immissione dall'alto ed estrazione dal basso consente di lavare la banchina.

Il volume considerato per il ricambio dell'aria è dato dalla sezione trasversale della galleria, in presenza di un treno, moltiplicato per la lunghezza della banchina.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Le portate totali in immissione (soprabanchina) e quelle in estrazione (sottobanchina), in condizioni di normale esercizio, risultano di circa 13 m³/s, per ogni impianto.

Con tale portata si abbatte il carico sensibile di 1.200 persone, contemporaneamente presenti su ciascuna banchina ed il carico sensibile dovuto all'illuminazione.

I ventilatori di stazione vengono azionati tramite sonde di temperatura, collegate al sistema di supervisione di stazione, ubicate in prossimità del corpo stazione, sia lato binario pari che lato binario dispari.

Raggiunta una temperatura di 35 °C all'interno della galleria, i ventilatori di stazione si avviano ad una portata pari al 25% del massimo regime previsto, consentendo il lavaggio della stazione a livello banchina, richiamando aria dalla galleria stessa e dalla stazione.

Al raggiungimento di 30 °C i ventilatori vengono fermati.

In stazione sono stati previsti quattro ventilatori ciascuno della portata di 85 m³/s, due per ogni fornice, che funzionano a regime ridotto (25% del massimo carico) in condizioni di esercizio normale ed a pieno regime (100% del carico) nel caso di incendio di un treno in galleria.

La portata di 170 m³/s è tale da consentire il controllo e lo smaltimento dei fumi generati da un incendio di una motrice per una potenza compresa fra i 10 ed i 15 MW.

Tali valori di portata dovranno essere verificati prima della progettazione esecutiva, in funzione del numero effettivo dei treni sia in transito che in fermata e della potenza da loro dissipata, oltre alla verifica, mediante simulazioni CFD (Computational Fluid Dynamics), dell'andamento dei fumi derivanti dall'incendio di un treno in galleria od in stazione.

1.1.1.3 Impianto di ventilazione locali tecnici

Nei locali tecnici di stazione viene previsto un impianto di ventilazione e raffrescamento dei locali tecnici costituito in sintesi da:

- una unità di trattamento aria (UTA), provvista sezione di mandata, con batteria di scambio termico ad acqua refrigerata, ed una sezione di ripresa con bocchette di immissione e ripresa, che fanno capo alle rispettive canalizzazione, le quali partono dalla UTA e, attraverso un cavedio, raggiungono i vari livelli dell'edificio; l'impianto assicura il necessario

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ricambio d'aria all'interno dei locali ed il controllo della temperatura dei locali tecnologici;

- ventiloconvettori a 2 tubi, del tipo orizzontale per installazione pensile ovvero pensile canalizzato, provvisti di batteria ad acqua refrigerata e di gruppo di comando a parete, i quali si attivano quando la temperatura dell'ambiente supera i 35°C.

Il raffrescamento e la ventilazione dei locali tecnici di stazione hanno lo scopo di:

- asportare parte del calore dissipato negli ambienti tecnologici dalle apparecchiature installate;
- ottenere un valore di temperatura, compatibile con il corretto funzionamento delle apparecchiature;
- garantire un'immissione di aria trattata non inferiore a 2 volumi/h.

Le reti aerauliche sono state dimensionate in modo da ottenere una distribuzione dell'aria, che assicuri per ciascun locale la portata prevista in funzione dei ricambi fissati a progetto, mantenendo valori di velocità, che limitino le perdite di pressione lungo il percorso, nonché la produzione di rumore.

La scelta della geometria e della dimensione dei canali è stata inoltre valutata in funzione degli spazi a disposizione e della presenza di altri elementi del progetto (strutture dei controsoffitti, etc.).

Dai servizi igienici, attraverso delle valvole di ventilazione collegate alla canalizzazione di ripresa, è garantita l'estrazione di circa 12 vol/h.

1.1.1.3.1 Dimensionamento e verifica

Le canalizzazioni sono state dimensionate secondo il metodo della perdita di carico costante, sulla base delle seguenti velocità:

- canali principali $C = 4,5 \div 7,0$ m/s
- montanti secondari $C = 3,0 \div 5,0$ m/s
- canali secondari e di distribuzione $C = 2,5 \div 4,0$ m/s

alle quali corrisponde una perdita distribuita massima di 0,5 Pa/m.

Le perdite di pressione relative ai terminali aeraulici, alle serrande di regolazione ed alle serrande tagliafuoco, sono dedotte dai dati forniti a catalogo dai produttori.

Il bilanciamento delle portate nelle canalizzazioni viene effettuato tramite le serrande di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

regolazione poste su tutte le diramazioni principali, nonché sulle serrande di taratura, a corredo dei terminali aeraulici.

La scelta dei terminali aeraulici è stato effettuata, in funzione delle portate richieste da ciascun locale, in modo tale che la velocità di attraversamento risulti sempre inferiore a 2,5 m/s e che la velocità media in ambiente non superi il valore di 0,2 m/s.

Nel seguito è riportata una tabella che riepiloga i dati principali relativi ai locali in cui sono presenti gli impianti tecnologici, sulla base dei quali è stato eseguito il dimensionamento dell'impianto di trattamento ad aria primaria (AP).

La stima dei carichi termici interni è stata effettuata ipotizzando un apporto dovuto alla illuminazione pari a 15 W/m² per i locali tecnici, 20 W/m² per il locale box agente.

In realtà la per la stima dei carichi termici interni si sarebbe potuto ritenere trascurabile l'apporto dovuto alla illuminazione, per i seguenti motivi: gli ambienti serviti sono locali tecnici, non interessati dalla presenza continua di personale e quindi dall'utilizzo continuo dell'impianto di illuminazione; il valore di potenza dissipata dall'impianto di illuminazione è esiguo rispetto ai carichi interni prodotti dalle apparecchiature elettriche e meccaniche; non si può verificare la condizione di massimo utilizzo dell'impianto di illuminazione e delle apparecchiature.

Tuttavia si è ritenuto di considerare anche tale apporto, in modo da avere un margine utile nel dimensionamento dell'impianto.

L'apporto dovuto alle apparecchiature è stato stimato in funzione di quelle presenti (elettroventilatori, quadri, trasformatori, etc.), delle quali, di seguito, si rende conto nel dettaglio.

Per apparecchiature che possono funzionare a regimi diversi, è stato considerato l'apporto corrispondente al funzionamento a massimo regime (ad esempio i ventilatori sono stati considerati sempre in funzionamento di emergenza).

Nel caso di presenza nello stesso locale di apparecchiature (tipicamente ventilatori) a servizio di impianti differenti, il carico da abbattere è stato stimato tenendo in conto la contemporaneità di funzionamento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		Codice documento ST0483_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

Piano banchina

Per il locale LT01, non essendo utilizzato in questa fase, si è stimato un carico da abbattere di 6.000 W.

Per il locale LT02 si è stimato un carico da abbattere di 6.000 W.

Nel locale LT03 le apparecchiature presenti sono dedicate al funzionamento degli impianti ferroviari. Per tale ambiente si è stimato un carico da abbattere di 12.000 W. La tipologia delle apparecchiature contenute nel locale è desumibile dall'elaborato SF0428_1.

I carichi stimati da abbattere sono quelli riportati nella seguente tabella.

Tipo	Indicazione locale	Sup. [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Carichi interni [W]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	L.T. Impianti ferroviari	60,00	4,80	288,00	6.900	4,00	1.200	1.100
LT02	Q.E. scale mobili	45,00	4,80	216,00	6.675	4,00	900	800
LT03	L.T. Impianti ferroviari	110,00	4,80	528,00	13.650	4,00	2.100	1.900
LT04	Filtro a prova di fumo						950	0
LT05	Filtro a prova di fumo						950	0
LT06	Filtro a prova di fumo						1.400	0
Totali		215		1.032	27.225		7.500	3.800

Piano 1° Livello Tecnico

Nel locale LT01 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono 1 ventilatore impianto stazione (banchina) con inverter, potenza motore 300 kWe, 1 quadro elettrico.

Nel locale LT02 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono 1 ventilatore impianto stazione (banchina) con inverter, potenza motore 300 kWe, 1 quadro elettrico.

I carichi stimati da abbattere sono quelli riportati nella seguente tabella.

Tipo	Indicazione locale	Sup. [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Carichi interni [W]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	Loc. ventilatore	250,00	4,80	1.200,00	19.750	2,00	2.400	2.200
LT02	Loc. ventilatore	245,00	4,80	1.176,00	19.675	2,00	2.400	2.200
Totali		495		2.376	39.425		4.800	4.400

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Piano 2° Livello Tecnico

Nel locale LT01 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono 1 ventilatore impianto stazione (banchina) con inverter, potenza motore 300 kWe, 1 ventilatore transito banchine , 1 quadro elettrico.

Nel locale LT02 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono 1 ventilatore impianto stazione (banchina) con inverter, potenza motore 300 kWe, 1 quadro elettrico. I carichi stimati da abbattere sono quelli riportati nella seguente tabella.

Tipo	Indicazione locale	Sup. [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Carichi interni [W]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	Locale ventilatori	284,00	4,80	1.363,00	20.810	2,00	2.750	2.400
LT02	Locali ventilatori	277,00	4,80	1.330,00	20.155	2,00	2.750	2.400
Totali		561		2.693	40.965		5.500	4.800

Piano 3° Livello Tecnico

Nel locale LT01 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono: 2 ventilatori impianto barriera d'aria, potenza motore 55 kWe ciascuno, 1 quadro elettrico. I carichi stimati da abbattere sono quelli riportati nella seguente tabella.

Tipo	Indicazione locale	Sup. [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Carichi interni [W]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	Locale tecnico	59,00	4,80	283,20	6.885	2,00	600	550
Totali		59		283	6.885		600	550

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Piano 4° Livello Tecnico

Per il locale LT01, che è un locale a disposizione, si è ipotizzato un carico da abbattere di 6.000 W.

Nel locale LT02 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono 1 ventilatore impianto soprabanchina con inverter, potenza motore 2x55 kWe, 1 quadro elettrico.

Nel locale LT03 sono presenti apparecchiature relative agli impianti speciali di stazione. Per tale ambiente si è stimato un carico da abbattere di 3.500 W. La tipologia delle apparecchiature contenute nel locale è desumibile dall'elaborato ST0386.

Nel locale LT04 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono 1 ventilatore impianto soprabanchina con inverter, potenza motore 2x55 kWe, 1 quadro elettrico.

Tipo	Indicazione locale	Sup. [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Carichi interni [W]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	Locale elettrico	63,00	4,80	302,40	6.945	2,00	650	600
LT02	Locale per ventilatore soprabanchina (ex Locale elettrico)	124,00	4,80	595,20	8.360	2,00	1.200	1.100
LT03	Locale tecnico	80,00	4,80	384,00	4.700	2,00	800	700
LT04	Locale per ventilatore soprabanchina	200,00	4,80	960,00	9.500	2,00	1.950	1.750
Totali		467		2.242	29.505		4.600	4.150

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		Codice documento ST0483_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

Piano 5° Livello Tecnico

Nel locale LT02 sono presenti apparecchiature relative agli impianti MT/BT (1+1 di riserva trasformatori da 2.000 kVA, 1+1 di riserva trasformatori da 1.600 kVA, 1 quadro media tensione, 1 quadro generale BT pozzi di ventilazione, 1 quadro generale BT di stazione, 1 quadro di rifasamento automatico, 1 quadro di rifasamento fisso, 1 quadro di rifasamento automatico).

La tipologia delle apparecchiature contenute nel locale è desumibile dall'elaborato ST0386.

Nel locale LT03 le apparecchiature presenti ed in funzionamento contemporaneo sono: nr. 2 UPS da 80 kVA (utilizzate al 50% del massimo carico), 1 quadro servizi ausiliari, 1 quadro continuità illuminazione di sicurezza, 1 quadro continuità assoluta, 1 quadro impianti meccanici, 1 quadro impianti idrici. La tipologia delle apparecchiature contenute nel locale è desumibile dall'elaborato ST0386.

Tipo	Indicazione locale	Sup. [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Carichi interni [W]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	Servizi igienici						0	1.800
LT02	Locale elettrico	122,00	4,80	585,60	75.630	2,00	1.200	1.100
LT03	Locale UPS	66,00	4,80	316,80	7.590	2,00	650	0
Totali		248		1.190	83.220		1.850	2.900

Piano Atrio

Nel locale LT02 si è considerata la presenza di due persone sedute, la presenza di 2 PC, 2 monitor da 20", 2 monitor da 15".

Tipo	Indicazione locale	Superfici e [mq]	Altezza lorda [m]	Volume [mc]	Ricambio [Vol/h]	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
LT01	Servizi igienici					0	1.000
LT02	Box Agente	15	4,80	72,00	1.010		
Totali					1.010	0	1.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Riepilogo – Stazione Papardo

Indicazione locale	Mandata AP [m ³ /h]	Ripresa AP [m ³ /h]
Piano Banchina	7.500	3.800
Piano 1° livello tecnico	4.800	4.400
Piano 2° livello tecnico	5.500	4.800
Piano 3° livello tecnico	600	550
Piano 4° livello tecnico	4.600	4.150
Piano 5° livello tecnico	1.850	2.900
Piano Atrio	0	1.000
Totali	24.850	21.600

L'unità di trattamento aria scelta ha le seguenti caratteristiche:

Sezione di mandata:

- Portata: 24.850 m³/h;
- Pressione statica utile: 450 Pa;
- Potenza: 11 kW.

Sezione di ripresa:

- Portata: 21.600 m³/h;
- Pressione statica utile: 500 Pa;
- Potenza: 7,5 kW.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1.1.1.3.2 Dimensionamento gruppi di pompaggio

CIRCUITO BATTERIA FREDDA UTA – GRUPPO DI POMPAGGIO EP 1/2

Portata circuito : 9.550 lt/h

Diametro tubazione: $\Phi = 2'' 1/2$

Lunghezza massima del circuito: 40 m

Perdite di carico

	[kPa]
D _p distribuite	8
D _p localizzate	4
D _p valvola miscelatrice	10
D _p gruppo di pompaggio	15
D _p batterie UTA	3,5
TOTALE	40,5
TOTALE (con magg. di sicurezza)	50

Scelta del gruppo di pompaggio

Portata G: 9.800 lt/h

Prevalenza H: 50 kPa

Potenza motore: 0,25 kW

Elettropompa centrifuga in linea con inverter

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CIRCUITO VENTILCONVETTORI – GRUPPO DI POMPAGGIO EP 3/4

Portata circuito : 34.100 lt/h

Diametro tubazione: $\Phi = 4''$

Lunghezza massima del circuito: 226 m

Perdite di carico

	[kPa]
D _p distribuite	45,2
D _p localizzate	22,6
D _p ventilconvettori	15
D _p gruppo di pompaggio	15
D _p valvola miscelatrice	15
TOTALE	112,8
TOTALE (con magg. di sicurezza)	140

Scelta del gruppo di pompaggio

Portata G: 34.700 lt/h

Prevalenza H: 140 kPa

Potenza motore: 2,5 kW

Elettropompa centrifuga in linea con inverter

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

CIRCUITO PRIMARIO GRUPPO FRIGO – GRUPPO DI POMPAGGIO EP 5/6

Portata circuito : 38.200 lt/h

Diametro tubazione: $\Phi = 4''$

Lunghezza massima del circuito: 40 m

Perdite di carico

	[kPa]
D _p distribuite	8
D _p localizzate	4
D _p gruppo di pompaggio	15
D _p gruppo frigo	50
TOTALE	77
TOTALE (con magg. di sicurezza)	100

Scelta del gruppo di pompaggio

Portata G: 38.200 lt/h

Prevalenza H: 100 kPa

Potenza motore: 2,2 kW

Elettropompa centrifuga in linea

1.1.1.4 Impianto di ventilazione di galleria

L'impianto di ventilazione di galleria, in funzionamento normale, è adibito al lavaggio della galleria, per asportare i carichi termici, che si vengono a creare in galleria a causa del passaggio dei treni.

I ventilatori dei pozzi vengono azionati tramite sonde di temperatura, collegate al sistema di supervisione di stazione, ubicate, lungo la galleria, in prossimità dei by-pass di collegamento fra i due forni della galleria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Raggiunta una temperatura di 35 °C all'interno della galleria i ventilatori del pozzo si avviano ad una portata pari ~ 43 m³/s, uno per ogni fornice, consentendo il lavaggio della galleria, richiamando aria dalla galleria stessa, ovvero immettendo aria nella galleria.

Al raggiungimento di 30 °C i ventilatori vengono fermati.

Nel pozzo di ventilazione tipo standard (pozzi P1, P2, P3 e P6) sono stati previsti due ventilatori da 100 m³/s, che funzionano a regime ridotto (~ 43 m³/s cadauno) in condizioni di esercizio normale, spingendo od estraendo l'aria in entrambi i fornici.

Nel pozzo di ventilazione tipo push-pull (pozzi P4 e P5) sono stati previsti due ventilatori da 85 m³/s, che funzionano a regime ridotto (~ 43 m³/s cadauno) in condizioni di esercizio normale, immettendo l'aria ed estraendola tramite i suddetti pozzi, in entrambi i fornici.

I pozzi P1 e P2 sono a servizio della stazione Papardo, i pozzi P3 e P4 sono a servizio della stazione Annunziata ed i pozzi P5 e P6 sono a servizio della stazione Europa.

La portata di 170 m³/s è tale da consentire il controllo e lo smaltimento dei fumi generati da un incendio di una motrice per una potenza compresa fra i 10 ed i 15 MW.

Tali valori di portata dovranno essere verificati prima della progettazione esecutiva, in funzione del numero effettivo dei treni sia in transito che in fermata e della potenza da loro dissipata, oltre alla verifica, mediante simulazioni CFD (Computational Fluid Dynamics), dell'andamento dei fumi derivanti dall'incendio di un treno in galleria od in stazione.

1.1.1.5 Perdite di pressione canalizzazioni

Le perdite di pressione all'interno delle canalizzazioni dell'aria si distinguono in:

- perdite di pressione distribuite
- perdite di pressione concentrate.

Le prime si possono calcolare con la relazione, derivata dalla equazione del moto, di seguito riportata:

$$\Delta P_d = \lambda \cdot \frac{L}{D_e} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad [4]$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

dove:

ΔP_d = perdita di pressione distribuita	[Pa]
λ = fattore di attrito adimensionale ;	
L = lunghezza della canalizzazione	[m]
D_e = diametro equivalente	[m]
V = velocità media del fluido	[m/s]
ρ = massa volumica del fluido	[kg/m ³]

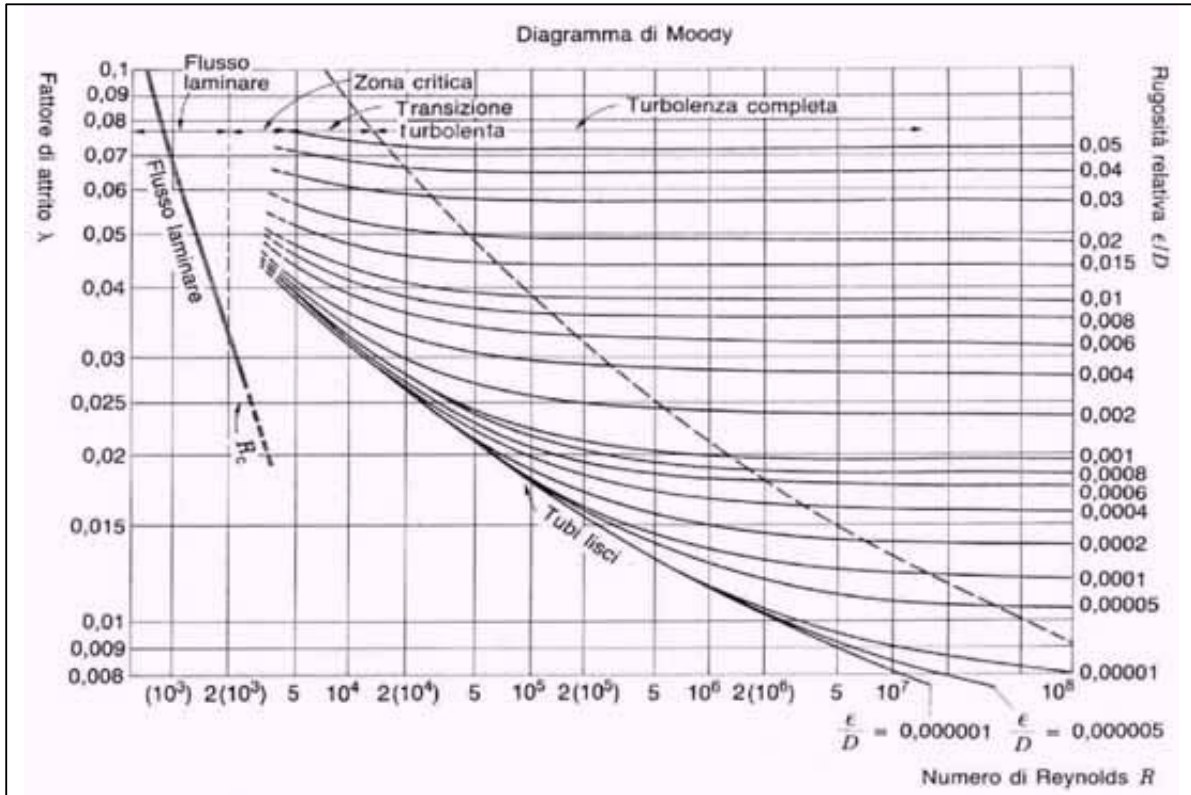
Il fattore di attrito è un parametro che dipende dal tipo di moto del fluido nel condotto, e quindi dal numero di Reynolds Re:

$$Re = \frac{D_e \cdot V}{\nu} \quad [5]$$

dove

ν è la viscosità cinematica [m²/s]

Il valore di λ è desumibile dal diagramma di Moody, di seguito riportato, è, per queste applicazioni, tipicamente compreso fra 0,015÷0,02.



Il diametro equivalente è una caratteristica geometrica della canalizzazione ed è pari a:

$$D_e = \frac{4 \cdot A}{P} \quad [6]$$

dove:

A = area canale

[m]

P = perimetro canale

[m]

Le perdite di pressione concentrate sono espresse della relazione:

$$\Delta P_c = \sum_j \Delta P_c^j = \frac{\rho}{2} \cdot \sum_j c_j \cdot v_j^2 \quad [7]$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove:

ΔP_{cj} = perdita di pressione concentrata nel punto j-esimo [Pa]
 V_j = velocità media del fluido nel punto j-esimo [m/s]
 ρ = massa volumica del fluido [kg/m³]

C_j è un fattore numerico caratteristico e relativo alla perdita concentrata j-esima (curva, restringimento, diramazione).

I coefficienti C_j sono determinati sperimentalmente e disponibili nell'ambito della letteratura scientifica, ad esempio nelle pubblicazioni ASHRAE, Fundamentals Handbook.

1.1.2 Impianti di ventilazione di stazione in fase di emergenza

1.1.2.1 Impianto di ventilazione soprabanchina, sottobanchina e di stazione (banchina)

Il problema di un incendio in galleria è oggetto di numerose indagini teoriche e sperimentali, sia su gallerie in disuso che su modelli matematici.

Allo stato attuale non è possibile trarre conclusioni, tenuta presente la molteplicità dei casi di incendio e delle condizioni al contorno.

Si possono tuttavia fissare criteri di carattere generale.

1.1.2.1.1 Incendio di un treno in stazione

Nel caso in cui l'incendio si manifesti in una stazione, l'impianto di ventilazione della stazione (soprabanchina, sottobanchina e stazione) viene messo in funzione come riportato nel seguito:

- con estrazione dell'aria di banchina, attivando alla massima portata l'impianto di estrazione soprabanchina e sottobanchina, in modo da estrarre i fumi, impedendo ad essi di invadere l'ambiente della banchina e, attraverso l'attivazione delle barriere d'acqua sui varchi di uscita dalla banchina, di invadere la stazione. Inoltre vengono attivati in estrazione, alla massima portata, anche i due ventilatori di stazione a servizio del fornice incidentato.

In tale configurazione i ventilatori installati nei pozzi di ventilazione, presenti a monte ed a valle della stazione, sono fermi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

L'impianto soprabanchina e sottobanchina, in situazioni di emergenza, è in grado di estrarre una portata pari a 90 m³/s (45 m³/s per tipologia di impianto), corrispondenti ad un ricambio di 15 vol/h.

1.1.2.1.2 Incendio di un treno in galleria

Nel caso in cui l'incendio si manifesti in galleria a monte e/o a valle di una stazione, l'impianto di ventilazione della stazione (soprabanchina, sottobanchina e stazione) viene messo in funzione come riportato nel seguito:

- con immissione dell'aria di banchina, attivando alla massima portata l'impianto di immissione soprabanchina e sottobanchina, in modo da impedire ai fumi di invadere l'ambiente della banchina. Inoltre vengono attivati in immissione, alla massima portata, anche i due ventilatori di stazione a servizio del fornice incidentato.

In tale configurazione i ventilatori installati nei pozzi di ventilazione, presenti a monte ed a valle della stazione, vengono azionati alla massima portata per spingere i fumi verso l'esterno della galleria (pozzi standard, denominati P1, P2, P3 e P6), ovvero per funzionare in modalità push-pull (pozzi push-pull, denominati P4 e P5).

L'impianto soprabanchina e sottobanchina in situazioni di emergenza è in grado di immettere una portata pari a 90 m³/s (45 m³/s per tipologia di impianto), corrispondenti ad un ricambio di 15 vol/h.

1.1.2.1.3 Scelta dei ventilatori soprabanchina

Sono previsti ventilatori assiali con le seguenti caratteristiche:

- Diametro girante : 1250 mm
- Portata aria : 22,5 m³/s
- Pressione statica utile : 2000 Pa
- Potenza motore : 2x55 kW

1.1.2.1.4 Scelta dei ventilatori sottobanchina

Sono previsti ventilatori assiali con le seguenti caratteristiche:

- Diametro girante : 1600 mm
- Portata aria : 45 m³/s
- Pressione statica utile : 1250 Pa
- Potenza motore : 132 kW

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1.1.2.1.5 Scelta dei ventilatori di stazione

Sono previsti ventilatori assiali con le seguenti caratteristiche:

- Diametro girante : 2000 mm
- Portata aria : 85 m³/s
- Pressione statica utile : 1600 Pa
- Potenza motore : 300 kW

1.1.2.2 Impianto di sbarramento ai fumi lungo le vie di esodo

A seguito di allarme e conferma derivante dall'impianto di rivelazione incendio, viene avviato l'impianto di sbarramento ai fumi (barriera d'aria), posto lungo le vie di esodo, nel transetto e lungo le discenderie delle scale mobili e fisse.

L'alimentazione delle barriere d'aria in emergenza viene effettuato mediante due ventilatori di pressurizzazione posti all'interno dei locali tecnici della stazione; il loro funzionamento è previsto solo in condizioni di emergenza in seguito ad un incendio con treno fermo in stazione.

Dai valori disponibili in bibliografia, risulta una portata specifica V_s dell'aria per lo sbarramento dei fumi sui varchi di stazione in condizioni di emergenza pari a :

$$V_s = 800 \cdot m^3 / (ora \cdot m^2 \text{ di varco}) \quad [8]$$

Valore che è stato adottato per il dimensionamento delle barriere d'aria in emergenza.

1.1.2.2.1 Scelta dei ventilatori a servizio delle barriere d'aria

Ciascun ventilatore centrifugo a servizio delle barriere d'aria ha le seguenti caratteristiche:

- Portata aria : 13,33 m³/s
- Pressione statica utile : 2500 Pa
- Potenza motore : 55 kW

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE	<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1.1.2.3 Impianto di pressurizzazione filtri a prova di fumo

La pressurizzazione dei filtri a prova di fumo è derivata dalla unità di trattamento aria a servizio dei locali tecnici. Pertanto il suo funzionamento è previsto sia in condizioni normali che in condizioni di emergenza.

La portata di aria necessaria a mantenere la sovrappressione a porte chiuse, nel filtro a prova di fumo, è data dalle seguenti relazioni:

Perdita di aria attraverso le fessure delle porte:

$$Q_F = C_F \cdot S_F \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad [9]$$

dove :

Q_F	=	portata aria per metro lineare di porta	[m ³ /s/m]
S_F	=	superficie delle fessure per metro lineare di porta	[m ² /m]
C_F	=	coefficiente di flusso	
Δp	=	sovrappressione	[Pa]
ρ	=	densità dell'aria	[kg/m ³]

Perdita di aria attraverso le fessure dei muri:

$$Q_M = C_F \cdot S_M \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad [10]$$

dove :

Q_M	=	portata aria per metro lineare di porta	[m ³ /s/m]
S_M	=	superficie delle fessure per metro lineare di porta	[m ² /m]
C_F	=	coefficiente di flusso	
Δp	=	sovrappressione	[Pa]
ρ	=	densità dell'aria	[kg/m ³]

La portata totale a porte chiuse risulta essere:

$$Q_{TOT} = P_P \cdot Q_F + S \cdot Q_M \quad [11]$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE		<i>Codice documento</i> ST0483_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove :

P_p = perimetro delle porte [m]
 S = superficie laterale del filtro [m²]

1.1.2.4 Impianto di ventilazione di galleria

Il problema di un incendio in galleria è oggetto di numerose indagini teoriche e sperimentali, sia su gallerie in disuso che su modelli matematici.

Allo stato attuale non è possibile trarre conclusioni, tenuta presente la molteplicità dei casi di incendio e delle condizioni al contorno.

Si possono tuttavia fissare criteri di carattere generale.

Nel caso in cui l'incendio si manifesti in galleria a monte e/o a valle di una stazione, l'impianto di ventilazione dei pozzi viene messo in funzione come riportato nel seguito:

- con immissione dell'aria dai pozzi di ventilazione nel fornice incidentato, con una portata pari al 75÷85% della portata dei ventilatori, funzionanti in parallelo, nel caso dei pozzi delle stazioni confinanti con le zone esterne delle gallerie Sant'Agata e Santa Cecilia. I pozzi in questione sono i pozzi denominati P1, P2, P3, P6. Il restante 15÷25% della portata di ventilazione viene immesso nel fornice non incidentato per evitare un possibile riflusso dei fumi, dato che le due gallerie unidirezionali, nelle zone di uscita, vengono unite in un unico camerone. La regolazione della portata viene effettuata mediante serrande di regolazione servocomandate;
- con funzionamento in condizioni push-pull per i pozzi di ventilazione posti fra le stazioni di Annunziata ed Europa, denominati P4 e P5, con immissione dal pozzo ubicato in prossimità della stazione Europa ed estrazione dal pozzo ubicato in prossimità della stazione Annunziata. I ventilatori funzionano al 100% della portata in immissione ed in estrazione nel fornice incidentato.

I pozzi P1 e P2 sono a servizio della stazione Papardo, i pozzi P3 e P4 sono a servizio della stazione Annunziata ed i pozzi P5 e P6 sono a servizio della stazione Europa.

Nel contempo i ventilatori degli impianti soprabanchina, sottobanchina e di stazione, lato fornice incidentato, ubicati nel corpo stazione, vengono avviati in immissione al 100% della portata per mettere in pressione la stazione nei confronti della galleria. In tal modo si crea un flusso d'aria che

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE</p>	<p><i>Codice documento</i> ST0483_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

protegge la stazione nei confronti dell'incendio.

Per quanto riguarda l'energia cinetica da imprimere all'aria di ventilazione in galleria, in grado di contrastare l'effetto di diffusione dei fumi verso la stazione, la letteratura è concorde nel considerare che il valore di velocità dell'aria dovrebbe essere compreso tra 1,5 e 2,5 m/s.

1.1.2.4.1 Scelta dei ventilatori per i pozzi di ventilazione P1 e P2

Sono previsti ventilatori assiali con le seguenti caratteristiche:

- Diametro girante : 2000 mm
- Portata aria : 100 m³/s
- Pressione statica utile : 1300 Pa
- Potenza motore : 300 kW