

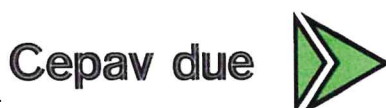
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00

Impianti meccanici

Relazione tecnica e di calcolo della ventilazione in galleria

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due <i>Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. Taranta)</i>	Valido per costruzione Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	G N 0 2 0 C	0 0 2	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	EMISSIONE	FUSTINONI	23.11.18	MERLINI	23.11.18	23.11.18	 Data: 23.11.18
B							
C							

CIG. 751447334A File: INOR1EE2CLGN020C002A_10.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	ELENCO ELABORATI	4
3.	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	5
4.	SCOPO DELLA VENTILAZIONE PER LA GALLERIA IN ESAME	6
5.	TRENO DI PROGETTO	9
5.1.	<i>TRENO PASSEGGERI DI PROGETTO</i>	9
5.2.	<i>TRENO MERCI DI PROGETTO</i>	10
6.	INCENDIO DI PROGETTO	12
7.	CONDIZIONI AL CONTORNO	14
8.	SISTEMA DI VENTILAZIONE	15
9.	CARATTERISTICHE VENTILATORE SELEZIONATO E COMPONENTI	17
10.	LOGICHE BASE DI FUNZIONAMENTO DELLA VENTILAZIONE	18
10.1.	<i>AVVIAMENTO DEI VENTILATORI</i>	18
10.2.	<i>DIFETTI DI FUNZIONAMENTO</i>	18
10.3.	<i>PROCEDURE DI PROVE</i>	18

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della progettazione esecutiva della linea ferroviaria Alta Velocità/ Alta Capacità Milano-Verona la galleria LONATO, costituisce il sistema tunnel più lungo della tratta, con una lunghezza complessiva di oltre 7 km. L'opera complessiva è suddivisa in tre parti d'opera distinte (WBS):

- LONATO OVEST, corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1425 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare. (GA06);
- LONATO, corrispondente ad una galleria naturale a doppia canna a singolo binario, scavata in meccanizzato con lunghezze di 4782 m e 4748 m (GN02);
- LONATO EST, corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1356 m (GA07).

Il presente documento riguarda il dimensionamento e verifica dell'impianto di ventilazione dei pozzi di disconnessione aerea per la galleria in oggetto, costituita da una zona di transizione da doppia canna con singolo binario a singola canna con doppio binario.

2. ELENCO ELABORATI

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GN02, relativamente alla parte impiantistica, di cui la presente relazione costituisce parte integrante.

	Impianti meccanici
INOR11EE2CLGN020C002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Relazione tecnica e di calcolo della ventilazione in galleria
INOR11EE2SPGN020C002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Specifiche tecniche dei materiali
INOR11EE2P4GN020C002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Schema planimetrico generale impianto di ventilazione
INOR11EE2PAGN020C001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Locali ventilazione - planimetria di inquadramento
INOR11EE2PBG020C002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Locali ventilazione binario pari - layout centrale
INOR11EE2PBG020C003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Locali ventilazione binario dispari - layout centrale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL GN 020 C 002

Rev.
A

Foglio
5 di 19

3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

La presente relazione fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione del 30/12/2016;

Inoltre vengono recepite anche le seguenti prescrizioni:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 28 ottobre 2005 “Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie”;
- Specifiche Tecniche di Interoperabilità SRT TSI - Regolamento (UE) n. 1303/2014 “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;

4. SCOPO DELLA VENTILAZIONE PER LA GALLERIA IN ESAME

Il principale scopo dei pozzi di ventilazione per la galleria in esame è quello di garantire che in corrispondenza della transizione da doppia canna in singolo binario a singola canna in doppio binario la disconnessione aeraulica.

Questo principio ha validità generale, ossia anche in tutti quei casi in cui canne indipendenti adiacenti terminino in corrispondenza della medesima pk, per le quali occorre la presenza di un impianto di ventilazione meccanica in grado di impedire qualsiasi ricircolazione dell'aria tra le dette canne parallele.

Di fatto per la galleria in oggetto, sul lato est (lato Verona) è presente un prolungamento ai fini di quanto finora espresso.

La ventilazione in questo caso specifico, ha la finalità di garantire l'impossibilità di ricircolazione d'aria, ai fini della sicurezza sull'eventuale presenza di fumi generati dalla combustione di un incendio, e così assicurare la canna adiacente come luogo sicuro fino all'intervento dei mezzi di soccorso e del personale preposto per tutti quei casi in cui non sia possibile all'utente evacuare autonomamente o a seconda delle direttive all'esodo prescritte dal personale RFI a bordo, che ha l'onere di gestire l'evacuazione.

Inoltre si fa presente come espressamente descritto nelle Specifiche Tecniche di Interoperabilità SRT Regolamento UE 1303/2014, al paragrafo 4.2.1.5.2 relativo all'accesso all'area di sicurezza, lettera b) punto (2), viene riconosciuto che i collegamenti trasversali tra canne di gallerie indipendenti adiacenti, permettono di utilizzare la canna della galleria adiacente come area di sicurezza.

Quest'ultima prescrizione impone un impianto di disconnessione aeraulica.

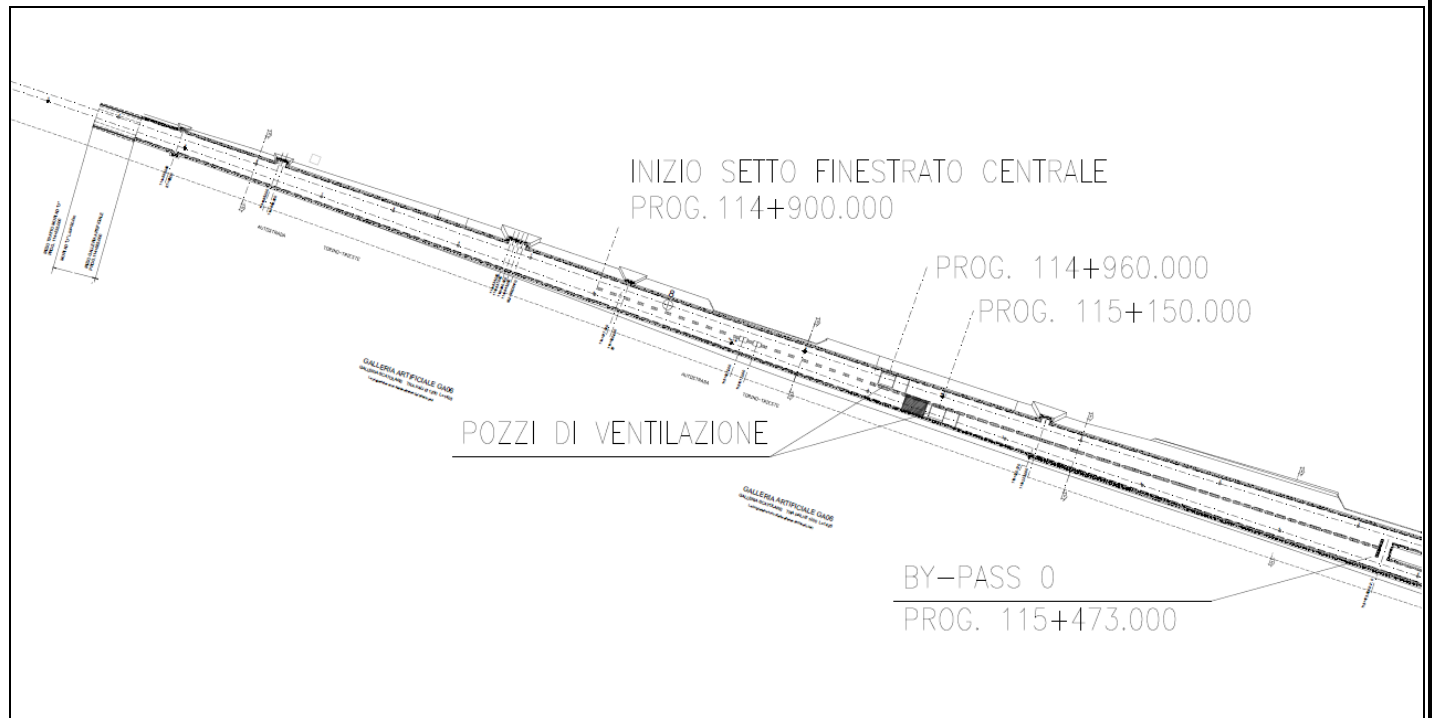


Fig. 1 - Stralcio di planimetria, zona interessata dalla disconnessione aerea

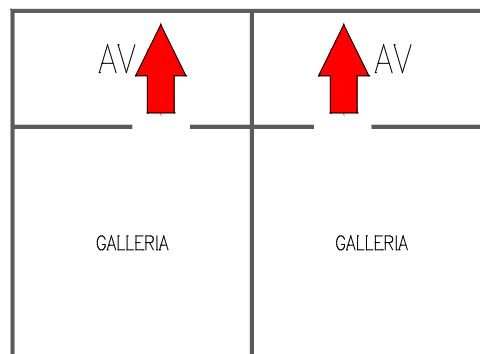


Fig. 2 - Schema di estrazione dei pozzi – principio di sola estrazione massiva

Nel seguito la cronologia degli eventi prevista dalla relazione di Analisi di Rischio ed usata nella relazione di calcolo di dimensionamento e verifica dei camini di estrazione,

Tabella – Cronologia di eventi in emergenza

Prog.	Tempi (min)	Azione
1	T0	Innesco incendio
2	T0+3	- arresto del treno (o treni in galleria nella posizione indicata dai diversi scenari considerati; - inizio del processo di evacuazione utenti.
3	T0+5	L'impianto di ventilazione è attivato dal Centro di controllo remoto.
4	T0+6	L'impianto di ventilazione raggiunge la condizione di esercizio a regime di emergenza.
5	T0+x ^(*)	L'ultimo utente ancora in grado di procedere all'autosalvataggio raggiunge l'uscita di sicurezza.

(*) "x" varia nei diversi scenari in relazione alle specifiche condizioni in cui si sviluppa il processo di esodo.

In particolare si assume che:

- entro 3 minuti dall'inesco dell'incendio, il treno si ferma ed inizia la fuoriuscita degli utenti, che nel frattempo si sono avvicinati alle porte delle uscite dalle carrozze;
- l'uscita degli utenti dal treno avviene da entrambe le porte di ogni carrozza, su un solo lato del treno, dove sono presenti le uscite di sicurezza;
- con l'apertura delle porte dei vagoni inizia la diffusione dei fumi all'esterno del treno, quando l'incendio è già cresciuto in potenza per 3 minuti.

L'impianto di ventilazione nella galleria Lonato è attivato entro 5 minuti dall'inesco e giunge a regime dopo 1 minuto.

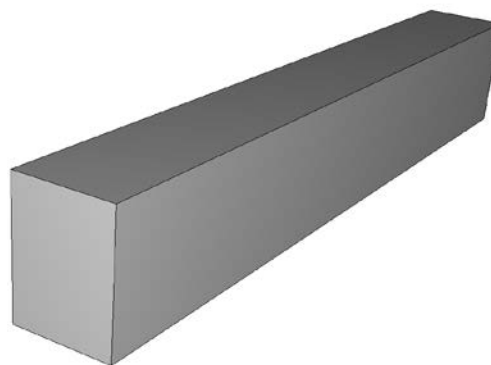
Questi ultimi parametri risultano di fondamentale importanza nella simulazione termo-fluido dinamica.

5. TRENO DI PROGETTO

5.1. TRENO PASSEGGERI DI PROGETTO

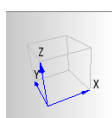
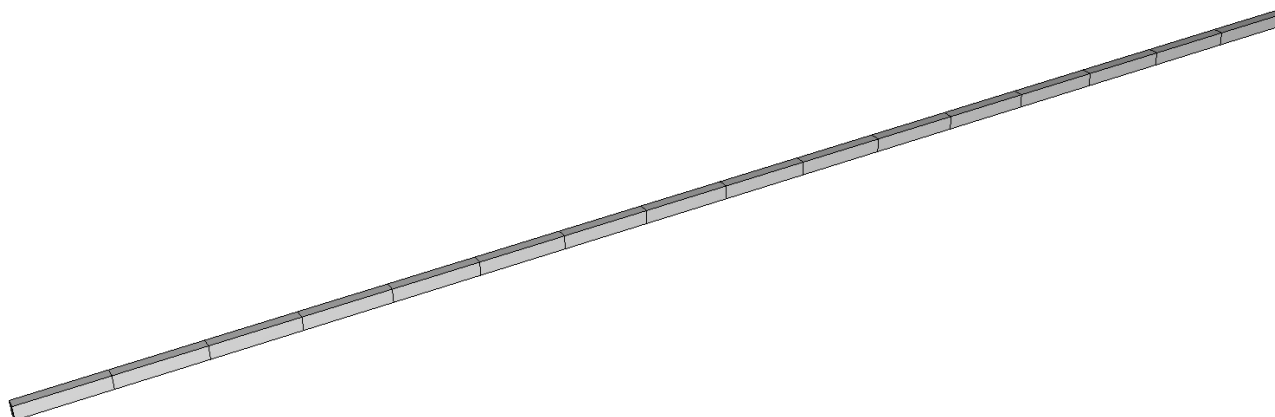
Ai fini della verifica dell'efficacia del solo impianto di ventilazione previsto, le carrozze del treno passeggeri non coinvolte dall'incendio vengono modellate come semplici parallelepipedi delle dimensioni come ne seguito descritte:

- Altezza carrozza: 4 metri
- Lunghezza carrozza: 25 metri
- Larghezza carrozza: 3 metri



Il treno passeggeri per intero è composto da n.14 carrozze e due locomotive, una in testa e l'altra in coda, aventi per semplicità del modello stesse dimensioni delle carrozze passeggeri.

Il modello del treno passeggeri per interno ha una lunghezza totale di 400 metri

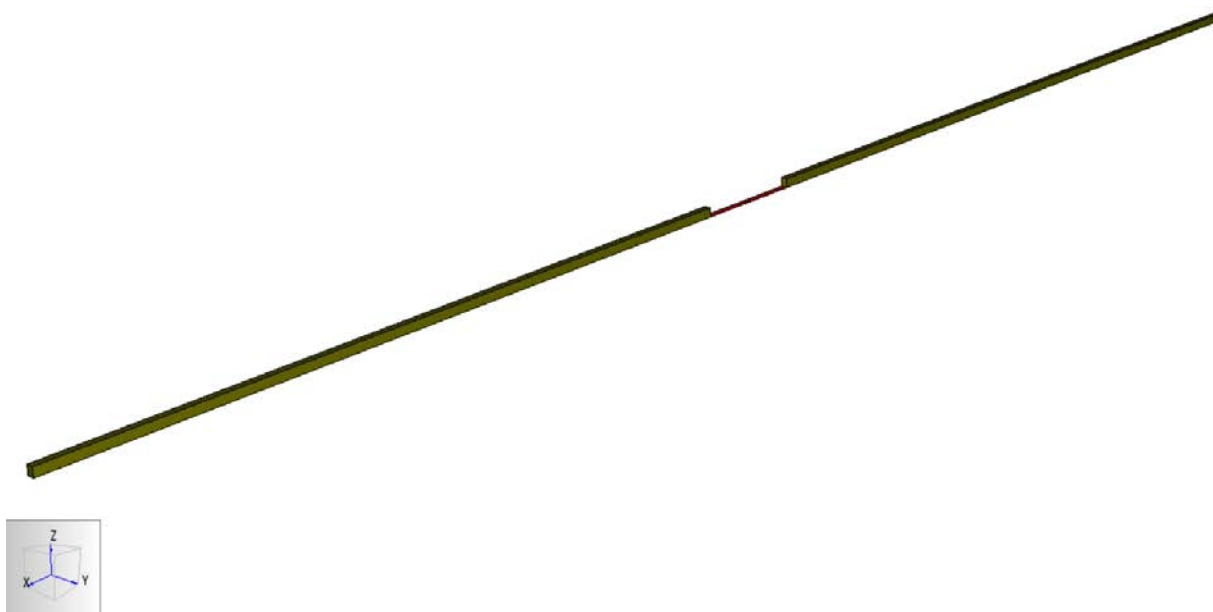


5.2. TRENO MERCI DI PROGETTO

Analogamente al treno passeggeri, ai fini della verifica dell'efficacia del solo impianto di ventilazione previsto, Il treno merci è costituito da un mezzo di trazione seguito da uno o più carri merce che vengono modellati come semplici parallelepipedi delle dimensioni come ne seguito descritte:

- Altezza carro merce: 4 metri
- Lunghezza carro merce: 25 metri
- Larghezza carro merce: 3 metri

Il modello del treno merci per interno ha una lunghezza totale di **750 metri**



Nel seguito parte del modello del treno merci interessato dall'incendio, modellato secondo due pianali della superficie totale di $3 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

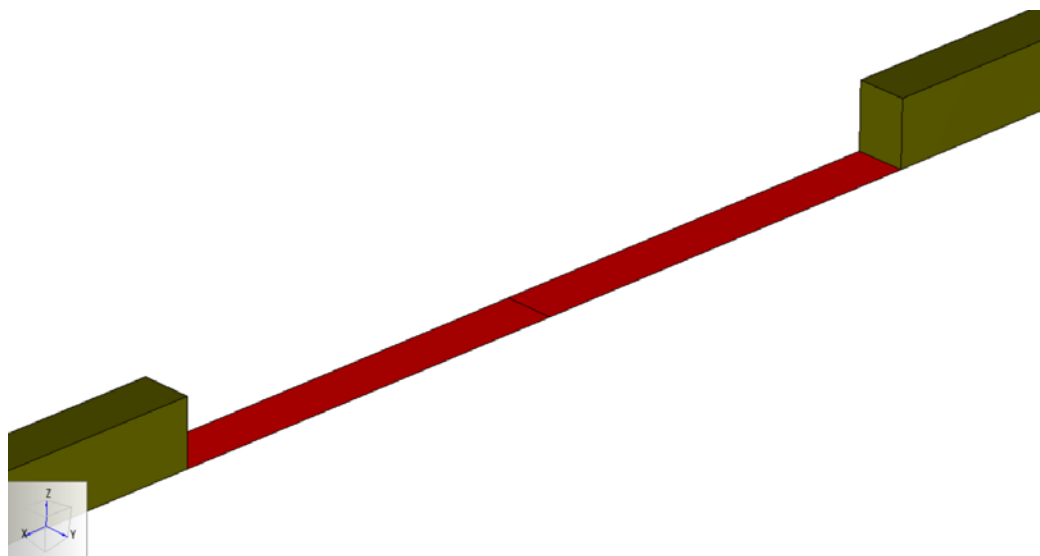
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL GN 020 C 002

Rev.
A

Foglio
11 di 19



6. INCENDIO DI PROGETTO

In conformità a quanto richiesto dalle istruttorie RFI l'incendio di design sarà pari a 20 MW secondo le seguenti caratteristiche.

In termini di velocità di crescita, trattandosi di materiale combustibile poliuretano, valgono le prescrizioni del Codice di Prevenzione Incendi.

δ_α	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_α [s]	Esempi
1	600 Lenta	Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili.
2	300 Media	Scatole di cartone impilate; pallets di legno; libri ordinati su scaffale; mobili in legno; automobili; materiali classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1)
3	150 Rapida	Materiali plastici impilati; prodotti tessili sintetici; apparecchiature elettroniche; materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco.
4	75 Ultra-rapida	Liquidi infiammabili; materiali plastici cellulari o espansi e schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.

Dove δ_α è la velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo t_α , in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.

Segue che per il materiale in esame si ritiene adeguato considerare un tempo t_α pari a 150 secondi.

La potenza intesa come potenza totale di picco, sarà assunta pari a 20 MW espressa con una funzione temporale quadratica con coefficiente α pari a 0,04445, corrispondente al raggiungimento della potenza di 1000 kW in 150 secondi, la sua crescita quadratica fino al raggiungimento della potenza di picco viene espressa dalla seguente legge:

$$HRR_{crescita} = \alpha \cdot t^2$$

Segue che per raggiungere l'inizio del ramo di "incendio pienamente sviluppato" occorrono 670 secondi circa.

Nel seguito si riepilogano i dati previsti da progetto con riferimento alle caratteristiche del focolaio rielaborati in funzione della nuova taglia di potenza di 20 MW,

Crescita	$HRR_{crescita} = \alpha \cdot t^2$
Potenza di picco	20 MW
Coefficiente α	0,04445 kW/s ²
Radiative fraction	0,33
Combustibile	<i>Poliuretano</i>
Soot yield	0,131
CO yield	0,01
HCN yield	0,009

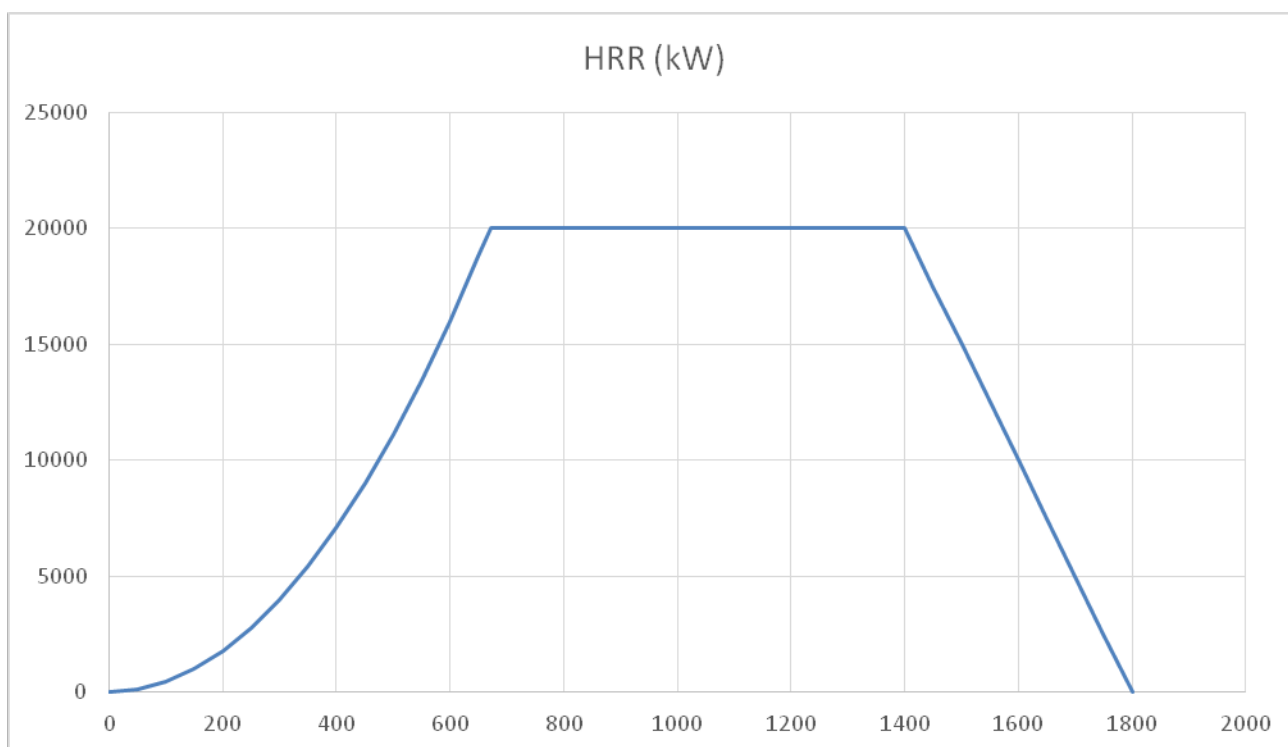


Fig. 3 – Curva di progetto della potenza termica rilasciata dall'incendio

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL GN 020 C 002

Rev.
A

Foglio
14 di 19

7. CONDIZIONI AL CONTORNO

In fase di progetto vengono definite le condizioni al contorno nel sistema oggetto di studio e che riguardano basicamente i valori pressione barometrica agli imbocchi, la temperatura della roccia e del rivestimento della galleria, e la temperatura dell'aria nella galleria, proveniente dall'ambiente esterno in termini di bulbo umido e secco e condizionata dal periodo dell'anno, se estivo o invernale.

PORTALE LATO VERONA

Quota: 100 m slm – Pressione barometrica: 100,4 kPa

Valore di sovrappressione generata dal vento, lato portale Verona, assunta in assenza di dati pari 50 Pa.

PORTALE LATO BRESCIA

Quota: 138 m slm – Pressione barometrica: 100,0 kPa

Temperatura aria del bulbo secco: 18°C

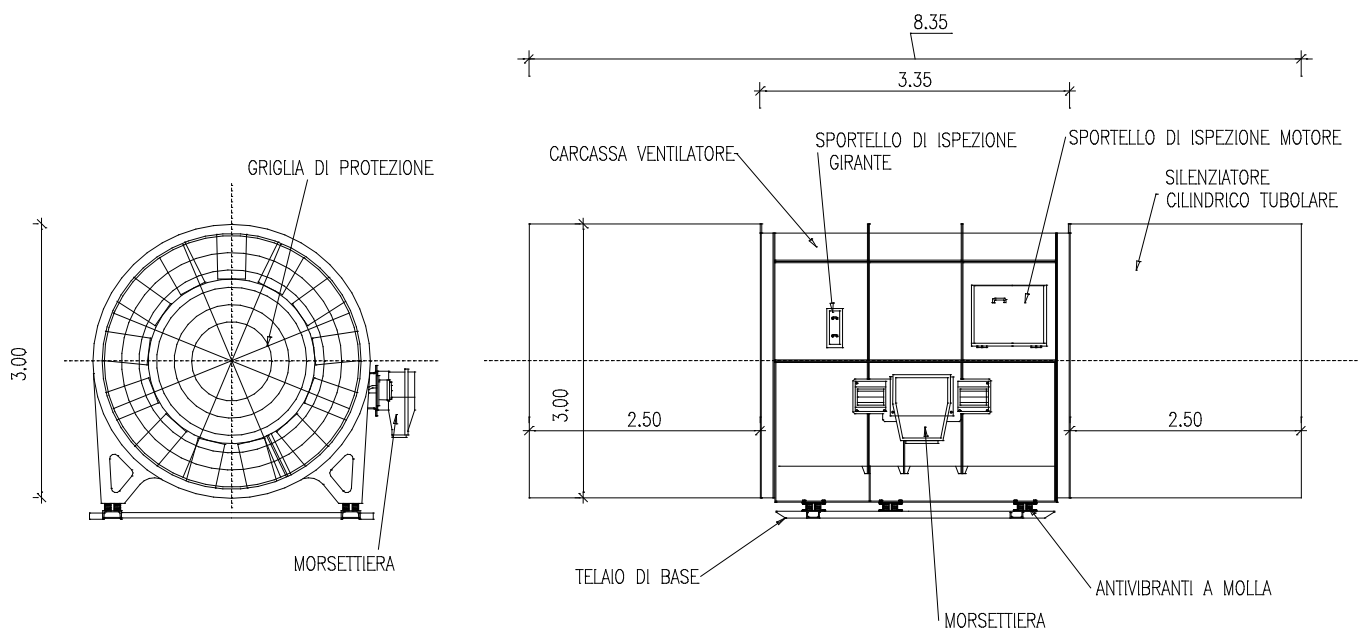
Temperatura aria del bulbo umido: 20°C

Temperatura della roccia/rivestimento: 20°C

8. SISTEMA DI VENTILAZIONE

Il punto di lavoro assegnato nella relazione di dimensionamento delle centrali di ventilazione è di $200 \text{ m}^3/\text{s}$ a 1500 Pa di pressione totale per ciascun pozzo. Nella relazione tecnica e di calcolo della centrale di ventilazione vengono prescritti ventilatori assiali delle seguenti caratteristiche:

- Ventilatore di tipo assiale a silenziatori cilindrici tubolari completo di serrande di regolazione
- 100% reversibile
- Pressione totale 1.500 Pa
- Portata in estrazione/immissione $200 \text{ m}^3/\text{s}$
- Frequenza 50 Hz
- Fasi / Tensione $3 / 400 \text{ V}$
- Potenza meccanica all'asse 400 kW
- Potenza assorbita 450 kW
- Prestazioni: $76,7 \%$
- Numero di poli 6
- Resistenza a temperatura $600^\circ\text{C}/30\text{min} - 400^\circ\text{C}/2\text{h}$



• **Fig. 4** – Caratteristiche geometriche generali e nomenclatura base di un ventilatore assiale

Ed in termini prestazionali la curva caratteristica prevista in fase di progetto.

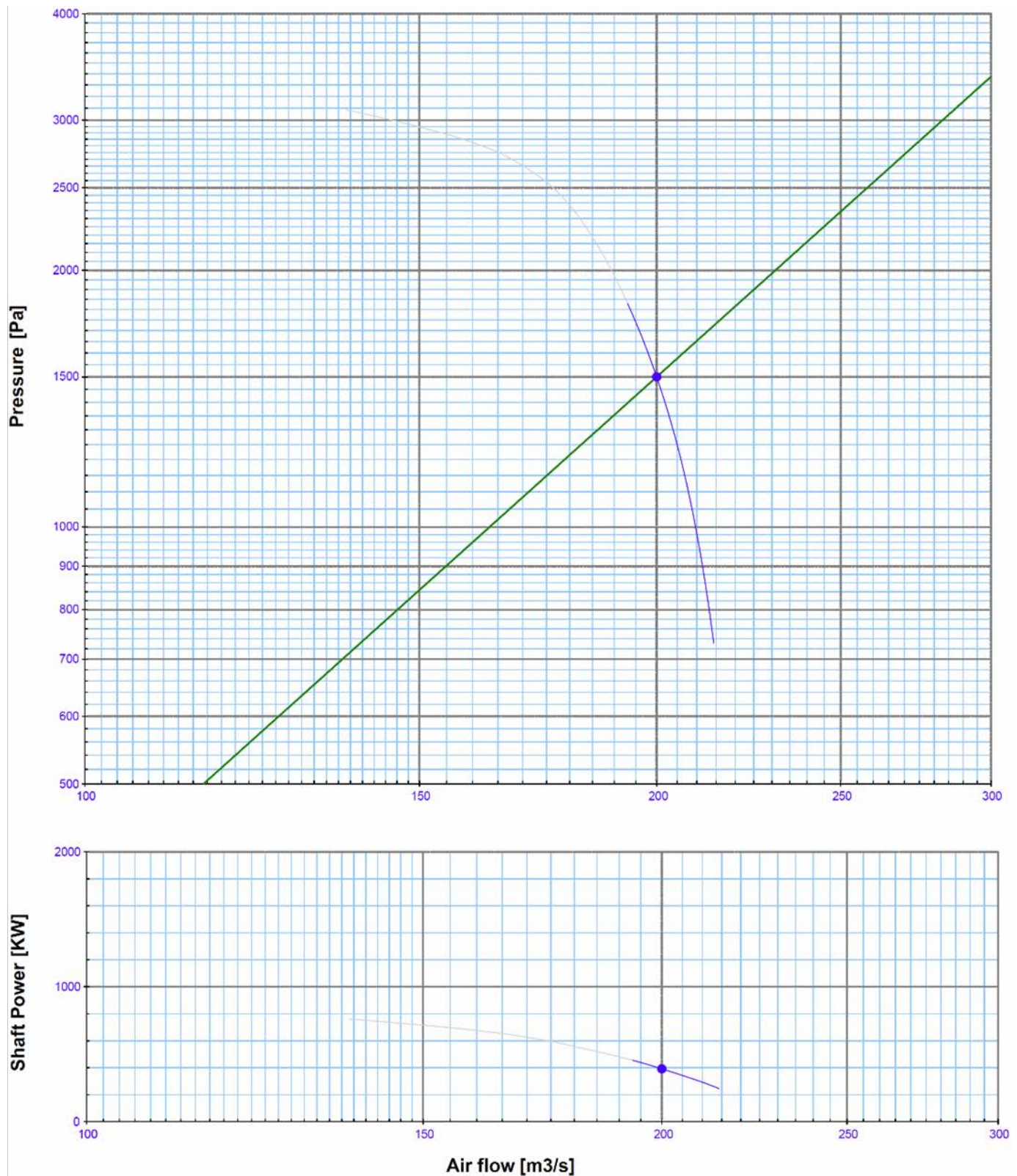


Fig. 5 – Curve caratteristiche tipo del ventilatore di design

9. CARATTERISTICHE VENTILATORE SELEZIONATO E COMPONENTI

Ciascun ventilatore è di tipo assiale, direttamente accoppiato con cassa di alloggiamento in acciaio zincato con flange, girante in lega di alluminio pressofuso, pale a profilo alare con passo regolabile da fermo e motore elettrico totalmente chiuso comandato da inverter remoto, adatto per funzionamento in emergenza come estrattore fumi con temperatura di 400°C per due ore.

- Diametro nominale: 2.800 mm
- Peso (ventilatore e accessori): 15.900 kg (circa)
- Alimentazione elettrica 3x400 V - 50 Hz

Ciascun ventilatore è corredato da piedi di supporto con antivibranti, boccaglio di aspirazione a profilo toroidale con rete di protezione, giunto flessibile antivibrante, diffusore di trasformazione, staffaggio di sostegno con profilati, tondi filettati e piastre in acciaio zincato e tasselli ad espansione.

A ciascun ventilatore sono accoppiati dei silenziatori circolari sia lato immissione che lato aspirazione.

I silenziatori avranno le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza: 2.500 mm
- Diametro esterno: 3.000 mm
- Diametro interno: 2.800 mm

Ad ogni ventilatore è accoppiata una serranda di intercettazione con dimensioni 3000x3000 mm, composta da due moduli dotati ognuno di attuatore a due posizioni con microinterruttori di inizio e fine corsa.

La serrande e tutti i suoi componenti sono certificati per una operatività in emergenza con garanzia di funzionamento per due ore a 400 °C e per una pressione dinamica non inferiore a 1 kPa.

10. LOGICHE BASE DI FUNZIONAMENTO DELLA VENTILAZIONE

In questo paragrafo, viene descritto il principio di funzionamento del sistema di ventilazione.

- A seguito del rilevamento di una situazione di emergenza in prossimità del camerone di sdoppiamento, viene attivato l'impianto di estrazione fumi da parte dell'operatore della postazione di controllo.
- L'attivazione del sistema prevede l'apertura delle serrande dei ventilatori (uno per la centrale di ventilazione del binario pari ed una per la centrale di ventilazione del binario dispari), l'avviamento di questi con una rampa di crescita della velocità il più rapida possibile.
- I ventilatori di riserva si inseriscono in automatico in caso di avaria di uno dei ventilatori attivati.
- Normalmente la disattivazione del sistema di ventilazione è operata manualmente dal personale di soccorso al termine delle operazioni o eventualmente da parte dell'operatore della postazione di controllo.

10.1. AVVIAMENTO DEI VENTILATORI

A seguito dell'avvio della procedura di evacuazione dei fumi, i ventilatori (uno per la centrale di ventilazione del binario pari ed una per la centrale di ventilazione del binario dispari) verranno attivati in estrazione a massimo regime.

10.2. DIFETTI DI FUNZIONAMENTO

Nel caso di avaria durante il funzionamento o in caso di mancato avviamento di uno dei ventilatori di estrazione verrà attivato il ventilatore di riserva posto nello stesso locale di quello mal funzionante in modo da garantire, per ogni centrale, il corretto funzionamento di un ventilatore di estrazione fumi e pertanto garantendo la corretta disconnessione aerea.

10.3. PROCEDURE DI PROVE

Oltre alla modalità incendio si dovrà prevedere delle procedure di prove avviate manualmente dall'operatore.

I test incendio possono ad esempio essere effettuati in fase di ricezione degli algoritmi di pilotaggio automatico

Le modalità degradate devono essere gestite automaticamente:

- Arresto di un ventilatore, uso di un altro;
- Chiusura o non chiusura di una serranda: arresto della ventilazione associato;

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL GN 020 C 002

Rev.
A

Foglio
19 di 19

- Ogni funzionamento dovrà essere facile da identificare in supervisione per poter avviare le azioni di manutenzione adatte.