

**NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRANSALPINO TORINO - LIONE  
NOUVELLE LIAISON FERROVIAIRE TRANSALPINE LYON-TURIN**

**TRATTA CONFINE DI STATO ITALIA/FRANCIA – BRUZOLO**

**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE  
DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/2001**



**PROGETTO PRELIMINARE  
VENTILAZIONE ED EVACUAZIONE FUMI**

Scala :

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA	AUTORIZZATO
A	EMISSIONE FINALE	<b>T.LEPELLETIER</b>		<b>F. DUPONT</b>		M. PRÉ	20.02.03	

Rif. Doc	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>2</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>G</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>A</b>	<b>H</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>A</b>
	fase	n° S.C.			emittente			tipo doc.	codice geografico			oggetto			n° doc			indice							

## SOMMARIO

<b>I.</b>	<b>VENTILAZIONE-EVACUAZIONE DEI FUMI .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.</b>	<b>IMPIANTI INTERESSATI.....</b>	<b>3</b>
<b>I.3.</b>	<b>OBIETTIVI DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE DEL TUNNEL .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4.</b>	<b>SOLUZIONE DI MASSIMA PROPOSTA.....</b>	<b>4</b>
I.4.1.	Funzioni garantite.....	4
I.4.1.1.	Evacuazione dei fumi – pressurizzazione.....	4
I.4.1.2.	Ventilazione igienica.....	4
I.4.2.	Ipotesi e dati .....	5
I.4.2.1.	Potenza degli incendi presi in considerazione .....	5
I.4.2.2.	Velocità critiche .....	5
I.4.2.3.	Determinazione della portata da applicare .....	6
I.4.3.	Soluzione di massima per l'evacuazione dei fumi del tunnel d'Ambin .....	6
I.4.4.	Soluzione di massima per l'evacuazione dei fumi nel tunnel di Bussoleno.....	7
<b>I.5.</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE E DI EVACUAZIONE DEI FUMI..</b>	<b>8</b>
I.5.1.	Criteri generali di progettazione.....	8
I.5.1.1.	Criteri generali di ripartizione dei materiali .....	8
I.5.1.2.	Criteri di dimensionamento aeraulico .....	8
I.5.1.3.	Reazione al fuoco dei materiali .....	8
I.5.1.4.	Classificazione degli impianti – criterio di sicurezza .....	9
I.5.1.5.	Ridondanza – affidabilità – disponibilità .....	10
I.5.2.	Descrizione degli impianti alla testa del tunnel.....	11
I.5.3.	Descrizione degli impianti alla testa di discenderie o pozzi.....	11
I.5.3.1.	Impianti di evacuazione dei fumi .....	11
I.5.3.2.	Evacuazione dei fumi dalle discenderie .....	14
I.5.3.3.	Impianti di pressurizzazione delle discenderie.....	15
I.5.4.	Descrizione degli impianti ai piedi delle discenderie.....	16
I.5.5.	Descrizione degli impianti di ventilazione dei locali tecnici in ramo.....	17
I.5.6.	Sintesi: capacità e numero di ventilatori per impianto .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
I.5.7.	Otturazione dei collegamenti pari-dispari .....	18
I.5.7.1.	Premessa.....	18
I.5.7.2.	Descrizione delle porte di otturazione delle comunicazioni pari-dispari.....	19

<b>I.6.</b>	<b>PRINCIPIO GENERALE DI FUNZIONAMENTO E SCENARI DI EVACUAZIONE DEI FUMI</b>	<b>20</b>
I.6.1.	Esercizio normale.....	20
I.6.2.	Periodo di manutenzione.....	21
I.6.3.	In caso d'incendio.....	21
I.6.3.1.	Treni passeggeri.....	21
I.6.3.1.1.	Arresto in piena linea.....	21
I.6.3.1.2.	Arresto controllato in una stazione di sicurezza.....	23
I.6.3.2.	Treni merci e autostrade ferroviarie.....	25
I.6.3.2.1.	Arresto in piena linea.....	25
I.6.3.2.2.	Arresto controllato presso un sito d'intervento.....	27
<b>I.7.</b>	<b>DISPOSIZIONI INTEGRATIVE PER LA VENTILAZIONE DEI RAMI TRA I TUBI.....</b>	<b>28</b>
I.7.1.	Premessa.....	28
I.7.2.	By-pass di comunicazione fra i due tubi o fra il tubo e la galleria di sicurezza.....	28
<b>I.8.</b>	<b>CONTROLLO, GESTIONE E REGOLAZIONE DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE/EVACUAZIONE DEI FUMI.....</b>	<b>31</b>
I.8.1.	Organizzazione generale dei sistemi.....	31

# I. VENTILAZIONE-EVACUAZIONE DEI FUMI

Questo documento descrive l'insieme degli impianti di ventilazione/evacuazione dei fumi del bitubo di base.

## ***1.1. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO***

- Rapporto « Etude de survie en cas d'incendie dans une voiture intermédiaire d'un train de voyageurs » - 2041
- Rapporto « Définition des principes de ventilation » - rif. APS2085TSE2NTNAB :e : : :2039
- Nota « Dimensionnement des gaines de désenfumage en descenderie ou en puits » - rif. APS2085TSE2NTNAB :e : : :2006
- Nota « Détermination des besoins de puissance électrique pour la ventilation et le désenfumage » - rif. APS2085TSE2NTNAB :e : : :2005
- Nota « Estimation des coûts des équipements de ventilation/désenfumage et de refroidissement » - rif. APS2085TSE2NTNAB :e : : :2038
- Schemi sul principio della ventilazione e dell'evacuazione dei fumi - rif. APS2085TSE2PLSX : :S : : :2028 e 2032
- Piani degli impianti di ventilazione/evacuazione dei fumi in cima alle discenderie o pozzi – réf. APS2085TSE2PLSX : :S : : :2014 à 2027
- Piani dei dispositivi complementari di ventilazione dei rami di collegamento tra i tubi– rif. APS2085TSE2PLSX : :S : : :2040

## ***1.2. IMPIANTI INTERESSATI***

Gli impianti interessati dal presente capitolo sono i seguenti:

- (i) Impianto generale di ventilazione e di evacuazione dei fumi nei tunnel
- (ii) Impianto di ventilazione dei locali tecnici nei vari rami
- (iii) Attrezzature specifiche dei rami di comunicazione delle comunicazioni pari-dispari tra i tubi

## ***1.3. OBIETTIVI DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE DEL TUNNEL***

I problemi relativi alla ventilazione dei tunnel sono strettamente legati ai problemi aerodinamici legati al pistonamento dei treni, nonché ai problemi relativi alla sicurezza delle persone, in particolar modo in caso d'incendio, e a quelli relativi alla manutenzione delle strutture.

Gli obiettivi del sistema di ventilazione e di evacuazione dei fumi sono di tre ordini:

- (i) Garantire il controllo della concentrazione di fumi grazie al controllo della corrente d'aria longitudinale, nel senso di marcia dei treni, indipendentemente dalla posizione del fuoco nel ramo a prescindere dal tipo di ramo interessato.
- (ii) Garantire l'evacuazione degli utenti e dei membri dell'equipaggio verso le uscite di sicurezza nelle condizioni più sicure possibili.
- (iii) Garantire il riciclaggio dell'aria nei locali tecnici della struttura.

In condizioni di esercizio normale, l'effetto di pistonamento dovuto alla circolazione dei convogli (treni passeggeri o merci) è sufficiente per garantire la ventilazione igienica del tunnel.

Nei periodi in cui si effettua la manutenzione ed in assenza di circolazione dei treni, potrebbe essere necessario l'uso delle attrezzature di ventilazione.

## ***I.4. SOLUZIONE DI MASSIMA PROPOSTA***

### **I.4.1. Funzioni garantite**

Di seguito vengono elencate le funzioni garantite dal sistema di ventilazione – evacuazione dei fumi.

#### ***I.4.1.1. Evacuazione dei fumi – pressurizzazione***

Evacuazione dei fumi nei tunnel: soffiatura / estrazione di evacuazione dei fumi dal tubo sinistrato e soffiatura di pressurizzazione nel tubo sano;

- Evacuazione dei fumi nelle discenderie : estrazione di evacuazione dei fumi nella discenderia;
- Pressurizzazione della stazione di sicurezza a Modane e pressurizzazioni dei siti d'intervento;
- Pressurizzazione delle discenderie;

#### ***I.4.1.2. Ventilazione igienica***

- In condizioni normali di esercizio, l'effetto di pistonamento dei treni garantisce il riciclaggio dell'aria;
- Nei casi di interventi di manutenzione (nessun treno in circolazione), è necessario garantire un adeguato riciclaggio dell'aria mediante la ventilazione forzata fornita dai mezzi di soffiatura previsti per l'evacuazione dei fumi;

- In caso di incidente senza incendio, il principio è lo stesso dei casi di interventi di manutenzione. Per garantire una ventilazione forzata vengono utilizzati gli impianti ordinari di evacuazione dei fumi;
- I locali tecnici situati nei rami sono ventilati da impianti specifici e per mezzo dei canali di conduzione dell'aria in platea dei tubi ferroviari.

## I.4.2. Ipotesi e dati

### I.4.2.1. Potenza degli incendi presi in considerazione

Per i treni merci e le autostrade ferroviarie, la potenza considerata per il dimensionamento del sistema di evacuazione dei fumi è di 100 MW.

Per i treni passeggeri, la potenza considerata è di 15 MW. Questa potenza corrisponde ad un incendio di motrice.

### I.4.2.2. Velocità critiche

#### Velocità critiche minime

Potenza dell'incendio		Velocità minima della corrente longitudinale d'aria per non avere un riflusso dei fumi (*)
TGV	6 MW	1,2 m/s
	15 MW	1,5 m/s
AF	100 MW	1,8 m/s
	200 MW	1,9 m/s

(\*) Risultati degli studi Alpetunnel

#### Diluizione dei fumi

A seconda se l'incendio ha luogo in testa, in mezzo o in coda al convoglio, vi è un numero più o meno consistente di utenti che deve essere evacuato in una zona fumosa (tutta la parte a monte del treno in fiamme è una zona fumosa).

Per permettere l'evacuazione degli utenti, uno studio di sopravvivenza realizzato nell'ambito del progetto ha evidenziato che era possibile ottenere delle condizioni accettabili di evacuazione (temperatura, opacità/visibilità e tasso di CO) con una ventilazione longitudinale di diluizione da 4 a 6 m/s.

Per il dimensionamento del sistema di evacuazione dei fumi si considera dunque una velocità dell'ordine di 6 m/s.

### ***1.4.2.3. Determinazione della portata da applicare***

Le simulazioni su Express'air (programma generale di simulazione aerodinamica basato sulla teoria unidimensionale dei deflussi comprimibili in regime transitorio, in rete a maglia forata) hanno consentito di determinare la portata di dimensionamento degli impianti di evacuazione dei fumi.

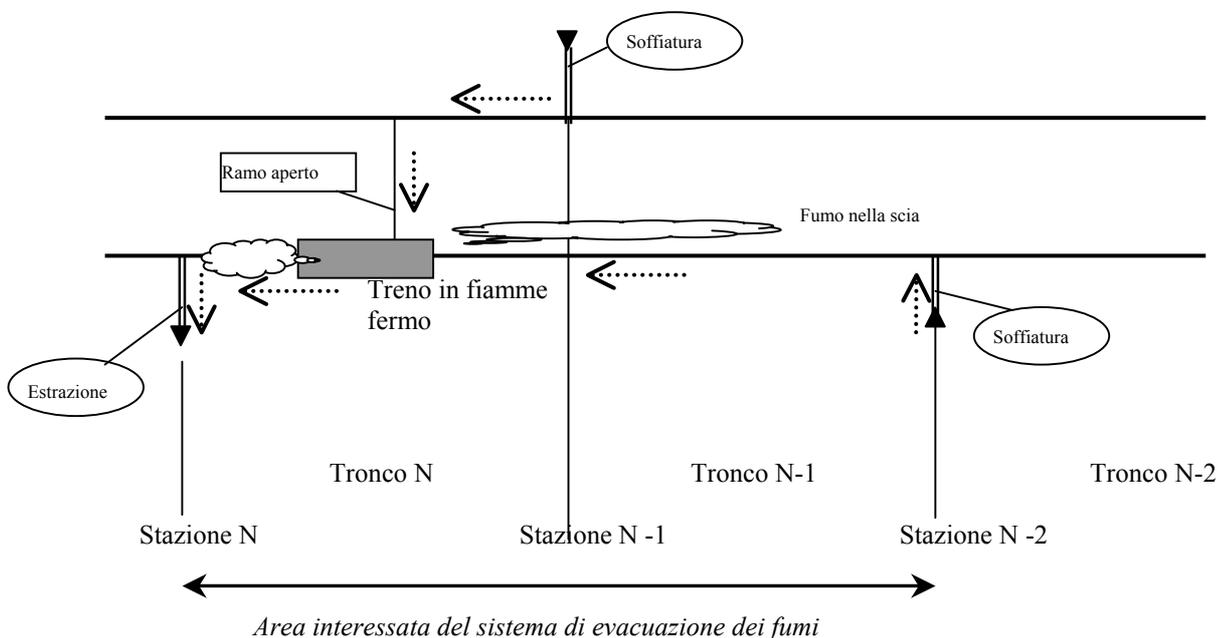
La portata di evacuazione dei fumi necessaria (portata in estrazione ed in soffiatura) è di 400 m<sup>3</sup>/s per una velocità dell'aria a monte del treno passeggeri di 6 m/s con un treno fermo nel tunnel e un minimo da 4 a 5 m/s con più treni fermi nel tunnel.

### **I.4.3. Soluzione di massima per l'evacuazione dei fumi del tunnel d'Ambin**

L'evacuazione dei fumi avviene in modo longitudinale.

Il principio generale dell'evacuazione dei fumi contemplato dal progetto è del tipo «suddivisione in tronchi + concentrazione convogliata dei fumi + tunnel pressurizzato».

Le schema riportato di seguito illustra questo principio.



A livello del tubo sinistrato, per un treno in fiamme fermo nel tronco N del tunnel, l'estrazione viene garantita dalla stazione N (stazione immediatamente a valle del treno), mentre la soffiatura viene effettuata dalla stazione N -2 (seconda stazione a monte del treno).

Questo sistema consente di trattare un'area estesa tra i due tronchi N ed N - 1 invasa dai fumi. Questo è l'aspetto del principio di evacuazione dei fumi conosciuto con il termine di «suddivisione in tronchi».

L'uso della stazione a valle per l'estrazione e della stazione N - 2 per la soffiatura consente di garantire un'evacuazione dei fumi longitudinale nel senso di marcia dei treni grazie ad un sistema di «push-pull». I fumi vengono così diretti verso la stazione di estrazione a valle del treno, da cui il termine «concentrazione convogliata dei fumi».

Per evitare che i fumi si propaghino nel tubo sano e per garantire un'adeguata circolazione dell'aria nei rami aperti, dal tubo sano verso il tubo sinistrato, la soffiatura di aria fresca viene garantita dalla stazione N -1 (stazione immediatamente a monte del treno). Questa funzione assicura la pressurizzazione del tubo sano, da cui il termine di «tunnel pressurizzato».

#### **I.4.4. Soluzione di massima per l'evacuazione dei fumi nel tunnel di Bussoleno**

Per il tunnel di Bussoleno, l'evacuazione dei fumi è sempre di tipo longitudinale, ma il senso di evacuazione dei fumi corrisponde sia al senso di marcia dei treni, sia al senso contrario in base alla posizione del treno in fiamme rispetto alla stazione di evacuazione dei fumi di Foresto.

In effetti, l'evacuazione dei fumi si effettua grazie ad un'estrazione massiccia in mezzo al tunnel sinistrato (la stazione di Foresto è situata al PKtunnel 6) indipendentemente dalla posizione del treno all'interno del tunnel.

Se il treno si trova a monte della stazione di evacuazione dei fumi, il senso di evacuazione corrisponde al senso di marcia.

Se il treno si trova a valle della stazione di evacuazione dei fumi, l'evacuazione dei fumi si effettua nella direzione contraria al senso di marcia.

Con un'evacuazione dei fumi longitudinale effettuata per estrazione, non è necessario pressurizzare il tubo sano mediante soffiatura. Il livello di pressione del tubo sano sarà sempre e comunque superiore a quello del tubo sinistrato.

## ***1.5. DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE E DI EVACUAZIONE DEI FUMI***

### **I.5.1. Criteri generali di progettazione**

#### ***1.5.1.1. Criteri generali di ripartizione dei materiali***

Le condizioni ambientali in cui si trovano i materiali presentano delle differenze evidenti a seconda dei luoghi presi in esame.

Vengono prese in considerazione le seguenti opzioni generali:

- Collocare una quantità minima di materiali nel tunnel ferroviario dove le condizioni ambientali sono sfavorevoli (umidità, polveri, spostamenti d'aria, forti cambiamenti di pressione) e dove le condizioni di accesso per gli interventi di manutenzione comportano l'interruzione del traffico;
- Creare dei locali tecnici nei rami con strutture specifiche di ventilazione e filtraggio dell'aria per poter collocare il materiale nelle migliori condizioni ambientali possibili e facilitare gli interventi di manutenzione.

#### ***1.5.1.2. Criteri di dimensionamento aeraulico***

La velocità dell'aria nel pozzo sarà al massimo di 15 m/s per limitare le perdite di carico.

La pressione totale dei ventilatori non deve superare 4500 Pa per poter installare dei ventilatori di tipo elicoidale (o assiali) senza dover ricorrere ad un montaggio in serie dei ventilatori per garantire la pressione totale o a ventilatori di concezione speciale.

La velocità di espulsione dell'aria sarà di almeno 10 m/s.

La velocità dell'aria nelle bocche di aspirazione e in quelle di soffiatura sarà di massimo 10 m/s.

La gerarchizzazione delle pressioni tra il tubo sano e quello sinistrato serve per avere delle velocità dell'aria attraverso le porte dei rami aperte per l'evacuazione comprese tra i 2 m/s (per evitare il riflusso dei fumi) ed i 13 m/s (per evitare forti disturbi per gli utenti).

#### ***1.5.1.3. Reazione al fuoco dei materiali***

Un'attenzione particolare verrà attribuita alla scelta dei materiali utilizzati per quanto riguarda la loro reazione al fuoco:

- Il loro potenziale calorifico deve essere il più basso possibile

- Non devono favorire la propagazione delle fiamme o dell'incendio
- Il loro potenziale fumogeno deve essere il più basso possibile
- Non devono produrre fumi tossici ed in particolare prodotti alogeni (cloro, fluoro, bromo)

Per quanto concerne le attrezzature di ventilazione/evacuazione dei fumi, il criterio di resistenza al fuoco riguarda i dispositivi di chiusura (porte, valvole e registri), i condotti di ventilazione ed i ventilatori.

Le porte che separano i tunnel ferroviari e le porte dei rami avranno un grado di tagliafuoco di 2 ore.

Per l'evacuazione dei fumi trasversale, i ventilatori di estrazione resisteranno fino a 400°C per minimo 60 minuti.

#### ***1.5.1.4. Classificazione degli impianti – criterio di sicurezza***

Gli impianti possono essere classificati nelle seguenti tre categorie:

(i) Classe di sicurezza 1 :

Sistema, sottosistema o attrezzatura il cui mancato funzionamento è la causa diretta di un evento nel corso del quale vi sono persone direttamente in pericolo.

Tali sistemi verranno concepiti secondo il criterio di «sicurezza intrinseca». Un guasto ad un elemento del sistema mette il sistema o un componente dello stesso in posizione di sicurezza.

Le porte di comunicazione tra i tubi saranno di classe 1.

(ii) Classe di sicurezza 2 :

Sistema, sottosistema o attrezzatura il cui mancato funzionamento comporta una situazione potenzialmente pericolosa; lo stesso dicasi per i sistemi di rilevamento e di protezione utilizzati per gestire una situazione di emergenza.

Tali sistemi saranno concepiti secondo il criterio di «guasto univoco». Saranno in grado di svolgere le loro funzioni malgrado il mancato funzionamento di uno dei loro componenti.

Tutto ciò riguarda:

- Gli impianti di ventilazione
- Le porte dei rami e delle camere di accesso delle discenderie e delle gallerie di sicurezza.

(iii) Classe di sicurezza 3 :

Sistema, sottosistema o attrezzatura il cui mancato funzionamento non ha ripercussioni sulla sicurezza del pubblico o del personale.

A tali sistemi non verrà assegnato alcun criterio di sicurezza, ma il loro mancato funzionamento non deve in alcun modo creare problemi ai sistemi di classe 1 e 2.

Il sistema di raffreddamento è di classe 3.

#### ***1.5.1.5. Ridondanza – affidabilità – disponibilità***

I principi generali che si prevede di applicare per rispettare gli obiettivi di affidabilità e disponibilità sono i seguenti:

- (i) Ridondanza delle attrezzature (ventilatori): ogni sistema di ventilazione/evacuazione dei fumi viene concepito con dei ventilatori di emergenza cosicché, in caso di guasto ad un ventilatore, la funzione è comunque garantita.
- (ii) Diversificazione delle attrezzature. È il caso dei ventilatori di soffiatura e di estrazione per l'evacuazione dei fumi (portata garantita da due ventilatori in parallelo: ogni ventilatore assicura il 50% della soffiatura o dell'estrazione).
- (iii) Doppia alimentazione elettrica (1 alimentazione in Francia ed 1 alimentazione in Italia) per i ventilatori con la possibilità di commutazione dall'una all'altra in caso di perdita di una delle due.
- (iv) La GTC ed i dispositivi automatici funzionano con alimentazione ausiliaria (ondulatori, gruppi elettrogeni).
- (iv) Manutenzione periodica: ad esempio procedure sistematiche di collaudo della funzionalità ogni 15 giorni.
- (v) Utilizzo degli impianti di evacuazione dei fumi per assicurare il riciclaggio dell'aria nel tunnel durante gli interventi di manutenzione. Questo utilizzo regolare del sistema consente di evitare «i guasti dormienti».

## **I.5.2. Descrizione degli impianti alla testa del tunnel**

Per pressurizzare il tubo sano, è stata prevista la costruzione di un impianto di iniezione d'aria alla testa occidentale del tunnel di Ambin, sul sito di St Julien.

Alla testa orientale, la presenza di una galleria di sicurezza a pressurizzazione permanente consente di evitare la costruzione di questo impianto di iniezione d'aria per la pressurizzazione del tubo sano che, in questo caso particolare, non è più necessaria.

Per il tunnel di Bussoleno, l'evacuazione dei fumi mediante estrazione rende inutile la costruzione di questo tipo di impianto in quanto il livello di pressione del tubo sano sarà sempre e comunque superiore a quello del tubo sinistrato.

L'impianto di iniezione d'aria comprenderà:

- 1 valvola di aspirazione dotata sistema antirumore.
- 3 ventilatori di 150 m<sup>3</sup>/s, di cui 1 di emergenza, dotati di diffusori e regolatori di mandata. Questi ventilatori saranno di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria e con una pressione totale di 2000 Pascal ed una potenza elettrica unitaria di 600 kVA
- tre condotti d'aria che formano due condotti di ventilazione partono dall'impianto per consentire la pressurizzazione in entrambi i tubi. Questi due condotti sfociano sul tetto dei tubi in corrispondenza di un'estrusione. Terminano in due griglie con un angolo di diffusione dell'aria di 15° e garantiscono un'accelerazione dell'aria grazie ad un progressivo restringimento di alcune sezioni dei condotti.
- locali tecnici.
- un carroponete per garantire lo spostamento dei componenti smontati per interventi di manutenzione o riparazione.
- una porta d'accesso all'impianto di 6 m per 5 m per consentire il passaggio dei camion.
- un sistema di ventilazione e di evacuazione dei fumi per i locali tecnici dell'impianto e della sala ventilatori.

## **I.5.3. Descrizione degli impianti alla testa di discenderie o pozzi**

### ***I.5.3.1. Impianti di evacuazione dei fumi***

Gli impianti di evacuazione dei fumi si trovano alla testa della discenderia per due ragioni fondamentali:

- Accessibilità per gli interventi di manutenzione e la sostituzione del materiale;

- Funzionamento dei ventilatori con fumi raffreddati (su minimo 1500-2000 m). Il rendimento dei ventilatori sarà di conseguenza nettamente meno limitato rispetto al funzionamento con fumi caldi. In questo modo, in caso di una potenza del fuoco molto elevata, è possibile perfino evitare di avere ventilatori fuori servizio a causa del superamento delle condizioni di resistenza delle macchine.

Questi impianti sono dotati di ventilatori reversibili per garantire un'evacuazione diversificata dei fumi a seconda delle esigenze, ad esempio soffiatura o estrazione di evacuazione dei fumi dal tubo sinistrato o soffiatura di pressurizzazione nel tubo sano.

Gli impianti di St Martin, La Praz, Venaus e Foresto sono impianti monoflusso. Sono in grado di assicurare una soffiatura o un'estrazione di 400 m<sup>3</sup>/i all'interno di un solo tubo alla volta. Il condotto di evacuazione dei fumi è collegato ai due tubi sulla parte alta degli stessi ed ogni punto di collegamento (condotto di evacuazione dei fumi – tunnel) è dotato di valvole.

L'impianto di Modane è un impianto a doppio flusso che garantisce una soffiatura o estrazione simultanea di 400 m<sup>3</sup>/s nei due tubi.

#### Impianti monoflusso di St Martin, La Praz, Venaus e Foresto

Ogni impianto situato alla testa di discenderie o pozzi, comprenderà:

- un condotto d'aria proveniente dai pozzi o dalla discenderia e che alimenta l'impianto, per consentire l'estrazione o la soffiatura d'aria in un tubo o nell'altro. Questo condotto si divide in due condotti d'aria a livello del tunnel, ognuno dei quali si collegherà ad uno dei tubi.

Questo condotto copre quindi i due tubi. A livello di ciascun tubo, l'area coperta dal condotto comprende delle bocche di estrazione o soffiatura, con una sezione utile totale di 40 m<sup>2</sup>, dotata di valvole di isolamento.

Le valvole motorizzate, disposte a destra di ogni presa d'aria a livello dei tunnel, hanno caratteristiche di manovrabilità e resistenza ai gas caldi di 400 °C per un periodo minimo di un'ora e vengono attivate al momento dell'evacuazione dei fumi in uno dei tunnel.

Le valvole dell'altro tunnel restano chiuse e rimangono a tenuta stagna in condizioni di depressione o di sovrappressione da 4500 Pascal.

- 3 ventilatori reversibili da 200 m<sup>3</sup>/s, di cui 1 di emergenza, dotati di diffusori e di regolatori di mandata (lato tunnel), nonché di diffusori per l'aspirazione. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 4000 Pascal ed una potenza

elettrica unitaria di 1,8 MVA, saranno in grado di resistere a gas caldi fino a 400°C per un periodo minimo di 1 ora.

Le valvole ed i relativi componenti metallici avranno le stesse caratteristiche di resistenza ai gas caldi.

Le valvole saranno motorizzate e asservite al funzionamento dei ventilatori.

- bocche di espulsione con dispositivo antirumore delle condotte di espulsione e griglie di espulsione all'esterno.
- locali tecnici.

- un carroponete per garantire lo spostamento dei componenti smontati per interventi di manutenzione o riparazione.
- una porta d'accesso all'impianto di 6 m per 5 m per consentire il passaggio dei camion.
- un sistema di ventilazione e di evacuazione dei fumi per i locali tecnici dell'impianto e della sala ventilatori.

### Impianto a doppio flusso di Modane

Questo impianto situato alla testa dei pozzi di d'Avrieux, comprenderà:

- due condotti d'aria provenienti dai pozzi per consentire l'estrazione o la soffiatura dell'aria in un tubo e nell'altro in parallelo, se necessario. Ognuno di questi due condotti sarà collegato ad un tubo.

Ogni condotto copre uno dei due tubi per una lunghezza di 400 m. A livello di ogni tubo, l'area coperta dal condotto comprende due bocche di estrazione o di soffiatura, per una sezione utile totale di 40 m<sup>2</sup>, dotata di valvole di isolamento.

Le valvole motorizzate, disposte a destra di ogni presa d'aria a livello dei tunnel, hanno caratteristiche di manovrabilità e resistenza ai gas caldi di 400 °C per un periodo minimo di un'ora e vengono attivate al momento dell'evacuazione dei fumi in uno dei tunnel.

Le valvole dell'altro tunnel restano chiuse e rimangono a tenuta stagna in condizioni di depressione o di sovrappressione da 4500 Pascal.

- 6 ventilatori reversibili da 200 m<sup>3</sup>/s, di cui due di emergenza, dotati di diffusori e di regolatori di mandata (lato tunnel), nonché di diffusori per l'aspirazione. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 4000 Pascal ed

una potenza elettrica unitaria di 1,8 MVA, saranno in grado di resistere a gas caldi fino a 400°C per un periodo minimo di 1 ora.

Le valvole ed i relativi componenti metallici avranno le stesse caratteristiche di resistenza ai gas caldi.

Le valvole saranno motorizzate e asservite al funzionamento dei ventilatori.

- bocche di espulsione con dispositivo antirumore delle condotte di espulsione e griglie di espulsione all'esterno.
- locali tecnici.

- un carroponete per garantire lo spostamento dei componenti smontati per interventi di manutenzione o riparazione.

- una porta d'accesso all'impianto di 6 m per 5 m per consentire il passaggio dei camion.

- un sistema di ventilazione e di evacuazione dei fumi per i locali tecnici dell'impianto e della sala ventilatori.

#### ***1.5.3.2. Evacuazione dei fumi dalle discenderie***

Per la discenderia di Modane, è prevista la costruzione di un impianto preposto per l'evacuazione dei fumi alla testa della discenderia.

Per i siti di St Martin, La Praz e Foresto, è prevista l'installazione di valvole sul condotto della discenderia preposto all'evacuazione dei fumi dal tunnel. L'impianto di evacuazione dei fumi del tunnel potrà in questo modo servire anche all'evacuazione dei fumi dalla discenderia estraendo i fumi mediante queste valvole previste sul condotto.

Per Venaus, un condotto dotato di una valvola che collega il condotto di evacuazione dei fumi del tunnel alla galleria di sicurezza garantisce l'evacuazione dei fumi dalla stessa galleria di sicurezza mediante l'impianto di evacuazione dei fumi del tunnel.

L'impianto di evacuazione dei fumi della discenderia di Modane comprenderà:

- un condotto d'aria sul tetto della discenderia con valvole distanziate di 400 m l'una dall'altra. Questo condotto alimenta l'impianto per consentire l'estrazione dell'aria e dei fumi nella discenderia.

- 2 ventilatori di 115 m<sup>3</sup>/s, di cui 1 di emergenza, dotati di diffusori e di regolatori di mandata, nonché di diffusori per l'aspirazione. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 2000 Pascal ed una potenza elettrica unitaria di 450 kVA.
- 1 valvola di aspirazione con dispositivo antirumore.

### ***1.5.3.3. Impianti di pressurizzazione delle discenderie***

Gli impianti di pressurizzazione delle discenderie sono situati alla testa della discenderia.

Questi impianti assicurano la pressurizzazione della discenderia includendo 1 camera di decompressione in testa ed 1 ai piedi della discenderia.

Tali impianti assicurano inoltre l'apporto di aria fresca per alimentare ai piedi della discenderia gli impianti di ventilazione dei locali tecnici, gli impianti di pressurizzazione dei siti di intervento e della stazione di sicurezza.

Per St Martin, La Praz e Foresto, ogni impianto è situato in cima alla discenderia nella stessa struttura della ventilazione per l'evacuazione dei fumi e comprenderà:

- un condotto d'aria proveniente dalla discenderia e che alimenta l'impianto, per consentire la soffiatura d'aria nella discenderia stessa. Questo condotto sfocia sul tetto della discenderia.
- 2 ventilatori da 90 m<sup>3</sup>/s, di cui 1 di emergenza, dotati di diffusori e di regolatori di mandata. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 2000 Pascal ed una potenza elettrica unitaria di 360 kVA.
- 1 valvola di aspirazione con dispositivo antirumore.

Per Venaus, l'impianto si trova alla testa della galleria di sicurezza e comprenderà:

- un condotto d'aria proveniente dalla galleria per alimentare l'impianto e consentire la soffiatura d'aria all'interno della galleria. Questo condotto sfocia sul tetto della galleria di sicurezza di Venaus.
- 2 ventilatori da 120 m<sup>3</sup>/s, di cui 1 di emergenza dotati di diffusori e di regolatori di mandata. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 2000 Pascal ed una potenza elettrica unitaria di 470 kVA.
- 1 valvola di aspirazione con dispositivo antirumore.
- locali tecnici.

- un carroponete per garantire lo spostamento dei componenti smontati per interventi di manutenzione o riparazione.
- una porta d'accesso all'impianto di 6 m per 5 m per consentire il passaggio dei camion.
- un sistema di ventilazione e di evacuazione dei fumi per i locali tecnici dell'impianto e della sala ventilatori.

L'impianto di pressurizzazione di Modane, situato alla testa della discenderia, comprende le attrezzature per l'evacuazione dei fumi, nonché per la pressurizzazione, della discenderia. Per la pressurizzazione saranno necessarie le seguenti attrezzature:

- un condotto d'aria proveniente dalla discenderia che alimenti l'impianto, per consentire la soffiatura dell'aria all'interno della discenderia. Questo condotto sfocia sul tetto della discenderia.
- 2 ventilatori da 200 m<sup>3</sup>/s, di cui 1 di emergenza dotati di diffusori e di regolatori di mandata. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 2000 Pascal ed una potenza elettrica unitaria di 770 kVA.
- 1 valvola di aspirazione con dispositivo antirumore.
- locali tecnici.
- un carroponete per garantire lo spostamento dei componenti smontati per interventi di manutenzione o riparazione.
- una porta d'accesso all'impianto di 6 m per 5 m per consentire il passaggio dei camion.
- un sistema di ventilazione e di evacuazione dei fumi per i locali tecnici dell'impianto e della sala ventilatori.

#### **I.5.4. Descrizione degli impianti ai piedi delle discenderie**

Gli impianti di pressurizzazione dei siti d'intervento o della stazione di sicurezza si trovano ai piedi della discenderia. Tali impianti vengono alimentati con aria fresca attraverso la discenderia.

Ogni impianto comprenderà:

- un condotto d'aria proveniente dalla discenderia che alimenti l'impianto, per consentire l'estrazione di aria fresca all'interno della discenderia. Questo condotto sfocia sul tetto della discenderia.
- 2 ventilatori da 30 m<sup>3</sup>/s (tranne per Modane: 2 x 130 m<sup>3</sup>/s), di cui 1 di emergenza, dotati di diffusori e di regolatori di mandata. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 1500 Pascal. Questi ventilatori, che assicurano la

pressurizzazione dei siti d'intervento o della stazione di sicurezza hanno una potenza elettrica unitaria rispettivamente di 100 e 520 kVA.

- un condotto proveniente dall'impianto che alimenta il sito d'intervento o la stazione di sicurezza.

### **I.5.5. Descrizione degli impianti di ventilazione dei locali tecnici in ramo**

Anche gli impianti di ventilazione dei locali tecnici si trovano ai piedi della discenderia. Tali impianti alimentano, per mezzo di una presa d'aria fresca all'interno della discenderia, i canali di ventilazione in platea dei locali tecnici dei 2 tubi ferroviari.

Ogni impianto comprenderà:

- un condotto d'aria proveniente dalla discenderia che alimenta l'impianto per consentire l'estrazione di aria fresca all'interno della stessa. Questo condotto sfocia sul tetto della discenderia.
- 2 ventilatori da 10 m<sup>3</sup>/s (tranne per Modane: 2 x 130 m<sup>3</sup>/s), di cui 1 di emergenza, dotati di diffusori e di regolatori di mandata. Questi ventilatori sono di tipo elicoidale, con motore in vena d'aria, con una pressione totale di 1500 Pascal. Questi ventilatori, che assicurano la ventilazione dei locali tecnici nei rami hanno una potenza elettrica unitaria rispettivamente di 40 e 50 kVA.
- un condotto proveniente dall'impianto alimenta i due canali in platea in due punti dei due tubi in quanto si trovano su entrambi i lati ai piedi della discenderia.

A partire dai canali di aria fresca in platea, l'impianto sarà costituito da:

- due condotti (a livello di ognuno dei rami tecnici) collegati ai canali in platea che alimentano i locali tecnici con aria fresca.
- Un griglia di soffiatura d'aria sulla parte alta di ogni locale dotata di un filtro e di una valvola tagliafuoco.
- Una valvola di decompressione su ciascuna porta del ramo tecnico per consentire l'evacuazione dell'aria fresca di ventilazione dei locali tecnici.

## **I.5.6. Otturazione dei collegamenti pari-dispari**

### ***I.5.6.1. Premessa***

Gli studi realizzati hanno evidenziato la necessità di edificare una barriera aerodinamica tra i due tunnel per garantire una corretta evacuazione dei fumi e, allo stesso tempo, un adeguato raffreddamento dei tunnel.

Per questa barriera tra le due gallerie si possono prevedere due configurazioni sostanzialmente differenti, vale a dire:

- Una barriera puramente fisica costituita da una porta in metallo che consente di otturare il collegamento
- Una barriera aerodinamica realizzata attraverso la formazione di un velo d'aria

Se la soluzione che prevede la formazione di un velo d'aria può, a priori, apparire allettante in quanto consente di evitare l'utilizzo di componenti meccanici pesanti che necessitano di sistemi di pilotaggio e di asservimento specifici, al momento tale soluzione non è ancora considerata dagli esperti una soluzione affidabile per svolgere le funzioni per cui sarebbe preposta.

In effetti, i numerosi studi e simulazioni realizzati su questi dispositivi a velo d'aria allo scopo di utilizzarli all'interno del tunnel come barriere aerodinamiche, hanno evidenziato la presenza di fenomeni non stazionari (Studi del Professor Altinakar e del Dottor A. Drotz dell'EPFL).

Tali studi hanno evidenziato tre regimi di funzionamento per questi sistemi a velo d'aria:

- Un regime subcritico che si verifica quando il differenziale di pressione tra i due tunnel è inferiore al differenziale di calcolo del sistema. In questo caso il velo d'aria si comporta come un apparecchio jet e crea uno spostamento d'aria in un senso, quindi il sistema non risponde più al requisito di tenuta stagna per cui è stato concepito.
- Un regime critico che corrisponde alle buone condizioni di funzionamento del velo d'aria e che si verifica quando il differenziale di pressione tra i due tunnel corrisponde alle condizioni di dimensionamento. In questo caso il velo d'aria è praticamente a tenuta stagna.
- Un regime ipercritico che si verifica quando il differenziale di pressione tra i due tunnel è superiore al differenziale di dimensionamento del sistema. In questo caso il velo d'aria perde la sua caratteristica di tenuta stagna.

Gli studi e i modelli che hanno evidenziato i fenomeni di cui sopra hanno mostrato allo stesso modo come il passaggio da una modalità di funzionamento all'altra era sensibile ad una minima variazione di pressione (dell'ordine di pochi pascal).

Ad esempio, un velo d'aria concepito per un differenziale di pressione di 150 pascal passava in regime subcritico quando la differenza di pressione scendeva a 145 pascal ed in regime ipercritico per una differenza di pressione di 155 pascal.

Tale sensibilità al parametro della pressione tra le gallerie induce a concludere che, tenuto conto dei fenomeni aleatori di variazione della pressione all'interno dei tunnel durante l'evacuazione dei fumi, non è possibile prevedere l'utilizzo di questo tipo di dispositivo per garantire la tenuta stagna tra i due tunnel durante l'evacuazione dei fumi nelle gallerie.

Di conseguenza, allo stadio attuale delle conoscenze, è preferibile affidarsi ad un sistema di otturazione puramente fisico costituito da porte mobili.

Il principio adottato viene presentato nella sezione seguente.

#### ***1.5.6.2. Descrizione delle porte di otturazione delle comunicazioni pari-dispari***

Su ciascun collegamento è prevista la costruzione di un'armatura specifica per le porte di otturazione (CPI) che consentono di separare aeraulicamente i due tubi del tunnel d'Ambin.

##### Principio di base

Tecnicamente, il sistema di otturazione dovrà:

- Otturare almeno l'80% del tunnel.
- Resistere ad un differenziale di pressione dell'ordine di 10 kPa. Questo valore di pressione massima è stato determinato al momento degli studi aeraulici.
- Avere un tasso di affidabilità e di disponibilità elevato.
- Non interferire con le catenarie ed i binari (aree non otturate).
- Aprirsi abbastanza da rendere di nuovo utilizzabile la sezione del tunnel
- Avere tempi di manovra analoghi (dell'ordine di un minuto) a quelli per l'azionamento della ventilazione.
- Nel caso eccezionale in cui le porte fossero chiuse al passaggio di un treno, il sistema deve prevedere una parte a minore resistenza che consenta al treno di passare senza conseguenze drammatiche. Questa sagoma di libero passaggio si basa sulla sezione di autostrada ferroviaria della linea.

Dovranno essere aggiunti altri elementi come la segnaletica o i sistemi di bloccaggio in posizione chiusa o aperta dell'otturatore.

#### Descrizione della soluzione

Ogni porta sarà costituita da due ventagli girevoli. Queste porte verranno manovrate da martinetti e centrali idrauliche i cui componenti consentiranno di garantire una ridondanza funzionale dell'intero sistema.

Inoltre, queste porte saranno asservite all'evacuazione dei fumi ed alla segnalazione con lo stesso livello di sicurezza di uno scambio (classe di sicurezza 1).

### ***1.6. PRINCIPIO GENERALE DI FUNZIONAMENTO E SCENARI DI EVACUAZIONE DEI FUMI***

#### **1.6.1. Esercizio normale**

In condizioni di esercizio normale, non è necessario azionare il sistema di ventilazione a livello del tunnel. Il movimento dei pistoni dei treni è sufficiente a garantire il riciclo dell'aria. Le CPI restano chiuse in condizione di esercizio e si apre, su ognuno dei tubi, 1 circuito di evacuazione dei fumi su 2 (tranne a Modane dove si aprono i due condotti di evacuazione dei fumi, in quanto ciascun tubo ha un condotto preposto in tal senso), con un circuito di bypass a livello di ciascun impianto di evacuazione dei fumi per consentire lo scambio d'aria con l'esterno.

La pressurizzazione delle discenderie, la ventilazione dei locali tecnici nei rami e la pressurizzazione dei siti d'intervento e della stazione di sicurezza sono garantiti in maniera permanente. La pressurizzazione permanente assicura uno stato di sicurezza positiva e di avere molte meno capacità installate rispetto ad un sistema di pressurizzazione immediata.

La decompressione di una discenderia si effettua tramite delle valvole a livello delle due camere di decompressione previste (1 in cima ed 1 ai piedi della discenderia), verso l'esterno

per la camera di decompressione di testa o verso il tunnel per la camera di decompressione ai piedi della discenderia.

Per i rami tecnici, la decompressione si effettua verso i due tubi mediante delle valvole situate su ciascuna delle porte del ramo. Queste valvole si chiudono al passaggio di un treno per evitare la propagazione dell'onda di pressione nel locale tecnico del ramo.

Per quanto riguarda i siti d'intervento e la stazione di sicurezza, la decompressione dei siti e della sala d'accoglienza si effettua innanzitutto verso i rami associati mediante delle valvole situate sulla porta che separa il ramo dalla sala o dal sito e, in un secondo momento, dal ramo verso il tubo associato, sempre mediante delle valvole di decompressione, ma situate sulla porta che separa il ramo dal tubo ferroviario. Queste valvole di decompressione tra i rami ed i tubi ferroviari si chiudono anche al passaggio di un treno.

## **I.6.2. Periodo di manutenzione**

Durante il periodo di manutenzione, se la circolazione dei treni viene interrotta, gli impianti di evacuazione dei fumi possono essere utilizzati per garantire una ventilazione igienica longitudinale.

La chiusura delle CPI durante il periodo di manutenzione, consente di proteggere il tubo dove vengono effettuati i lavori di manutenzione del tubo in esercizio sottoposto a considerevoli variazioni di pressione.

## **I.6.3. In caso d'incendio**

### ***I.6.3.1. Treni passeggeri***

In caso di incendio su un treno passeggeri, il conducente tenta in primissimo luogo di far uscire il treno dal tunnel. Se ciò non è possibile, si tenta di condurre il treno fino alla stazione di sicurezza di Modane oppure, in ultima istanza, il treno si ferma in piena linea.

#### **I.6.3.1.1. Arresto in piena linea**

Il principio di ventilazione adottato per assicurare l'evacuazione dei fumi, in caso di incendio su un treno passeggeri in piena linea, consiste nel mantenere una ventilazione longitudinale di diluizione da 4 a 6 m/s. e la pressurizzazione del tubo sano. Questa soluzione, completata dall'iniettore situato alla testa occidentale del tunnel d'Ambin, assicura una gerarchizzazione

delle pressioni positiva tra il tunnel sano e quello sinistrato. In queste condizioni, la circolazione dell'aria tra le gallerie avviene sempre dal tunnel sano verso il tunnel sinistrato.

### **Tubo sinistrato**

Le procedure di evacuazione dei fumi e degli utenti si svolgono come segue:

#### Avvio dell'evacuazione dei fumi

- (i) Arresto del treno in panne
- (ii) Arresto della circolazione ferroviaria a monte del treno in panne. Rallentamento della circolazione dei treni a valle del treno in panne per non perturbare eccessivamente il regime aeraulico di evacuazione dei fumi
- (iii) Chiusura delle valvole di decompressione dei rami che danno sul tunnel sano
  
- (iv) Avvio dell'estrazione, nell'impianto a valle del treno in panne, e della soffiatura, nell'impianto a monte, per garantire una corrente d'aria longitudinale da 4 a 6 m/s e assicurare il controllo della concentrazione di fumi nella direzione voluta. Inoltre, apertura in parallelo delle valvole di presa d'aria del tunnel sinistrato, a livello dei 2 siti che assicurano la soffiatura e l'estrazione.

#### Evacuazione degli utenti

- (vi) Pre-apertura simultanea, mediante telecomando dal PCC, delle due porte di ogni ramo utilizzato per l'evacuazione (a seconda della posizione dell'incendio, verranno aperti da 2 a 3 rami)
- (vii) Evacuazione degli utenti condotta dall'equipaggio verso i rami aperti per passare all'interno del tubo sano
- (viii) Raggruppamento degli utenti lungo il marciapiede del tubo sano
- (ix) Chiusura delle porte dei rami utilizzati per l'evacuazione
- (x) Raccolta degli utenti su un treno di soccorso nel tubo sano

In caso di evacuazione senza pre-apertura delle porte, la procedura resta la stessa per la fase di avvio dell'evacuazione dei fumi, ma le fasi di evacuazione degli utenti cambiano e vengono descritte di seguito:

- (vi) Apertura delle prime porte dei rami che danno sul tubo sinistrato da parte del personale di bordo allo scopo di evacuare gli utenti, mediante l'azionamento di un pulsante

- (vii) Apertura delle seconde porte dei rami da parte del personale di bordo allo scopo di condurre gli utenti attraverso il tubo sano, mediante l'azionamento di un pulsante
- (viii) Raggruppamento degli utenti lungo il marciapiede del tubo sano
- (ix) Chiusura delle porte dei rami utilizzati per l'evacuazione
- (x) Raccolta degli utenti su un treno di soccorso nel tubo sano

### **Tubo sano**

Indipendentemente dalla posizione dell'incendio all'interno del convoglio, le procedure da adottare all'interno del tubo sano sono le seguenti:

- (i) Arresto della circolazione ferroviaria a valle (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) del treno in fiamme nel tubo sano. Rallentamento della circolazione dei treni a monte (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) nel tubo sano.
- (ii) Avvio della soffiatura nell'impianto subito a monte del treno in fiamme, per garantire la pressurizzazione del tubo sano. Inoltre, apertura in parallelo delle valvole del condotto d'aria del tunnel sano.
- (iii) Azionamento (a seconda della posizione del treno in fiamme) dell'iniettore in testa al tubo sano per mantenere un livello di pressione sufficiente ad assicurare la gerarchizzazione della pressione tra il tubo sano e quello sinistrato.

Per quello che riguarda le CPI, devono essere assolutamente chiuse prima e durante l'evacuazione. Possibilmente, devono rimanere chiuse anche dopo l'evacuazione degli utenti verso il tunnel sano. Tuttavia, è possibile aprire una CPI solo ed esclusivamente dopo l'evacuazione degli utenti verso il tunnel sano (quando tutti gli utenti sono raggruppati nel tunnel sano ed i rami sono stati richiusi).

#### **I.6.3.1.2. Arresto controllato in una stazione di sicurezza**

Per un arresto controllato del treno in fiamme a livello della stazione di sicurezza di Modane, le procedure di evacuazione dei fumi vengono descritte di seguito:

### **Tubo sinistrato**

- (i) Arresto controllato del treno in fiamme nella stazione di Modane
- (ii) Arresto della circolazione ferroviaria a monte del treno in fiamme. Rallentamento della circolazione dei treni a valle del treno in fiamme per non perturbare eccessivamente il regime aeraulico dell'evacuazione dei fumi.

- (iii) Chiusura delle valvole di decompressione dei rami che danno sul tunnel sano.
- (iv) Azionamento dell'estrazione dal tubo incendiato a livello dell'impianto di Modane per assicurare una corrente d'aria longitudinale di 3 m/s.

#### Evacuazione degli utenti

- (v) Pre-apertura simultanea delle due porte dei dieci rami utilizzati per l'evacuazione e che danno accesso alla sala d'accoglienza della stazione di sicurezza di Modane.
- (vi) Evacuazione degli utenti condotta dall'equipaggio verso i rami aperti per passare nella sala di accoglienza.
- (vi) Raggruppamento degli utenti nella sala di accoglienza in attesa dell'arrivo del treno di soccorso.
  
- (viii) Pre-apertura simultanea delle due porte dei dieci rami utilizzati per l'evacuazione e che danno accesso al tubo sano dalla sala d'accoglienza della stazione di sicurezza di Modane.
- (ix) Trasferimento degli utenti dalla sala d'accoglienza al tubo sano. Raccolta degli utenti sul treno di soccorso nel tubo sano.

In caso di evacuazione senza pre-apertura delle porte, la procedura resta la stessa per le prime 4 fasi (azionamento dell'evacuazione dei fumi), ma le fasi di evacuazione degli utenti cambiano e vengono descritte di seguito:

- (v) Apertura delle prime porte dei rami che danno sul tubo sinistrato da parte degli utenti allo scopo di evacuare, mediante l'azionamento di un pulsante.
- (vi) Apertura delle seconde porte dei rami da parte degli utenti allo scopo di passare nel tubo sano, mediante l'azionamento di un pulsante.
- (vii) Evacuazione degli utenti condotta dall'equipaggio verso i rami aperti per passare nella sala d'accoglienza.
- (viii) Raggruppamento degli utenti nella sala di accoglienza in attesa dell'arrivo del treno di soccorso.
- (ix) Apertura delle prime porte dei rami che danno sul tubo sano da parte degli utenti allo scopo di evacuare, mediante l'azionamento di un pulsante.
- (x) Apertura delle seconde porte dei rami da parte degli utenti allo scopo di passare nel tubo sano, mediante l'azionamento di un pulsante.

- (xi) Trasferimento degli utenti dalla sala d'accoglienza al tubo sano. Raccolta degli utenti sul treno di soccorso nel tubo sano.

### **Tubo sano**

- (i) Arresto della circolazione ferroviaria a valle (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) del treno in fiamme nel tubo sano. Rallentamento della circolazione dei treni a monte (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) nel tubo sano.
- (ii) Avvio della soffiatura nell'impianto subito a monte del treno in fiamme, per garantire la pressurizzazione del tubo sano. Inoltre, apertura in parallelo delle valvole del condotto d'aria del tunnel sano.

#### ***1.6.3.2. Treni merci e autostrade ferroviarie***

In caso di incendio su un treno merci o un'autostrada ferroviaria, il conducente tenta, in primissimo luogo, di far uscire il treno dal tunnel. Se ciò non è possibile, si tenta di condurre il treno fino ad un sito di intervento oppure, in ultima istanza, il treno si ferma in piena linea.

##### **1.6.3.2.1. Arresto in piena linea**

Le procedure di evacuazione dei fumi e degli utenti si svolgono come segue:

#### **Tubo sinistrato**

##### Avvio dell'evacuazione dei fumi

- (i) Arresto del treno in panne
- (ii) Arresto della circolazione ferroviaria a monte del treno in fiamme. Rallentamento della circolazione dei treni a valle del treno in fiamme per non perturbare eccessivamente il regime aeraulico di evacuazione dei fumi.
- (iii) Chiusura delle valvole di decompressione dei rami che danno sul tunnel sano.
- (iii) Avvio dell'estrazione, nell'impianto a valle del treno in fiamme, e della soffiatura, nell'impianto a monte, per garantire una corrente d'aria longitudinale da 4 a 6 m/s e assicurare il controllo della concentrazione di fumi nella direzione voluta. Inoltre, apertura in parallelo delle valvole di presa d'aria del tunnel sinistrato, a livello dei 2 siti che assicurano la soffiatura e l'estrazione.

## Evacuazione degli utenti

### *Autostrada ferroviaria*

- (v) Distacco della navetta SONIA (veicolo diesel) ed evacuazione a velocità ridotta degli autisti dei mezzi pesanti e dei conducenti del treno per raggiungere la testa a valle del tunnel ad uscire all'aria aperta.

### Treno merci

- (v) I conducenti del treno indossano gli apparecchi respiratori ed evacuano la motrice per raggiungere il ramo aperto più vicino.
- (vi) Passaggio nel tubo sano.
- (vii) Raccolta dei conducenti su un treno di soccorso nel tubo sano.

In caso di evacuazione senza pre-apertura delle porte, la procedura resta la stessa per la fase di avvio dell'evacuazione dei fumi, ma le fasi di evacuazione degli utenti cambiano e vengono descritte di seguito:

- (v) Apertura delle prime porte dei rami che danno sul tubo sinistrato da parte dei conducenti che vogliono evacuare, mediante l'azionamento di un pulsante
- (vi) Apertura delle seconde porte dei rami da parte dei conducenti che vogliono passare nel tubo sano, mediante l'azionamento di un pulsante
- (vii) Raccolta dei conducenti su un treno di soccorso nel tubo sano.

### **Tubo sano**

Indipendentemente dalla posizione dell'incendio all'interno del convoglio, le procedure da adottare all'interno del tubo sano sono le seguenti:

- (iii) Arresto della circolazione ferroviaria a valle (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) del treno in fiamme nel tubo sano. Rallentamento della circolazione dei treni a monte (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) nel tubo sano.
- (iv) Avvio della soffiatura nell'impianto subito a monte del treno in fiamme, per garantire la pressurizzazione del tubo sano. Inoltre, apertura in parallelo delle valvole del condotto d'aria del tunnel sano.

- (v) Azionamento (a seconda della posizione del treno in fiamme) dell'iniettore in testa al tubo sano per mantenere un livello di pressione sufficiente ad assicurare la gerarchizzazione della pressione tra il tubo sano e quello sinistrato.

#### **I.6.3.2.2. Arresto controllato presso un sito d'intervento**

Per quello che riguarda l'incendio su un treno di autostrada ferroviaria, in teoria questo tipo di incidente viene trattato nell'area in linea con i siti di intervento grazie ad un'aspirazione massiccia dei fumi che consente di mantenere una velocità di 3 m/s all'interno delle gallerie in direzione del sito (il tubo sano viene iperpressurizzato).

Le procedure di evacuazione dei fumi vengono descritte di seguito:

#### **Tubo sinistrato**

- (i) Arresto controllato del treno in fiamme a livello del sito di intervento
  
- (iv) Arresto della circolazione ferroviaria a monte del treno in fiamme. Rallentamento della circolazione dei treni a valle del treno in fiamme per non perturbare eccessivamente il regime aeraulico dell'evacuazione dei fumi.
  
- (iii) Chiusura delle valvole di decompressione dei rami che danno sul tunnel sano.
- (iv) Avvio dell'estrazione massiccia dal tubo in fiamme, a livello del sito d'intervento interessato, per assicurare una corrente d'aria longitudinale di 3 m/s.

#### Evacuazione degli utenti

##### *Autostrada ferroviaria*

- (v) Distacco della navetta SONIA (veicolo diesel) ed evacuazione a velocità ridotta degli autisti dei mezzi pesanti e dei conducenti del treno per raggiungere la testa a valle del tunnel ad uscire all'aria aperta.

Nel caso si presentino dei problemi con l'evacuazione mediante la navetta SONIA, gli autisti di mezzi pesanti e i conducenti del treno possono evacuare dal tubo sinistrato passando per i rami del sito di intervento (3 rami). In seguito, potranno evacuare passando per la discenderia o mediante un treno di soccorso che parte dal tubo sano.

### *Treno merci*

- (v) I conducenti del treno indossano gli apparecchi respiratori ed evacuano la motrice per raggiungere il ramo aperto più vicino.
- (vi) Passaggio nel tubo sano.
- (vii) Raccolta dei conducenti su un treno di soccorso nel tubo sano.

### Nebulizzazione

- (viii) Una volta evacuati i conducenti del treno e gli autisti dei mezzi pesanti, avvio della nebulizzazione per abbassare drasticamente la temperatura a livello dell'area in fiamme (area di trattamento di 750 m).

### **Tubo sano**

- (i) Arresto della circolazione ferroviaria a valle (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) del treno in fiamme nel tubo sano. Rallentamento della circolazione dei treni a monte (facendo riferimento al senso di marcia del treno in fiamme) nel tubo sano.
- (ii) Avvio della soffiatura nell'impianto subito a monte del treno in fiamme, per garantire la pressurizzazione del tubo sano. Inoltre, apertura in parallelo delle valvole del condotto d'aria del tunnel sano.

## ***I.7. DISPOSIZIONI INTEGRATIVE PER LA VENTILAZIONE DEI RAMI TRA I TUBI***

### **I.7.1. Premessa**

Nell'ipotesi di un'evacuazione senza azionamento della ventilazione principale nel tunnel (utilizzo del fenomeno di stratificazione dei fumi), si prevede l'installazione di attrezzature specifiche in ciascun ramo.

### **I.7.2. By-pass di comunicazione fra i due tubi o fra il tubo e la galleria di sicurezza**

La soluzione generalmente suggerita in sede internazionale è quella di realizzare fra i due tubi ferroviari o fra il tubo e la galleria di sicurezza, una serie di by-pass di comunicazione (rami d'accesso) che consentano il transito dei viaggiatori dal tubo incidentato all'altro tubo od alla galleria di sicurezza.

I by-pass possono essere pressurizzati e la pressurizzazione avviene con un impianto di ventilazione apposito disposto in ogni by-pass. Il sistema risulta autonomo e più flessibile rispetto alla soluzione con pressurizzazione dalla galleria di sicurezza o dal tubo indenne ed in grado di garantire una sovrappressione adeguata rispetto all'ambiente del fornice in fase di incendio, impedendo ai fumi (effetto bolla) di penetrare nel rifugio e quindi nella galleria di sicurezza o nel tubo indenne.

L'aria per la pressurizzazione del by-pass viene prelevata dalla galleria di servizio o dal fornice indenne.

I by-pass vengono realizzati con passo longitudinale fra i due tubi, compreso fra prevalentemente 250 m e 400 m ( ).

Il rifugio nel caso del tunnel di Anbin ripresenta in pianta ed in sezione come illustrato nella tavola allegata.

Il calcolo della pressurizzazione è stato fatto sulla base delle relazioni deducibili dal volume "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering" – Society of Fire Protection Engineering and NPFA. Boston – Massachusset – 1990, in funzione di :

- Potenza dell'incendio : 15 MW (motrice di TGV)
- Dimensioni della porta del rifugio rispetto alla galleria : 1,4 m larghezza  
2,14 m altezza

Dal calcolo risulta un ventilatore della portata di 12 m<sup>3</sup>/s con una capacità totale di 530 Pa, potenza motore 13 kW, con una sovrappressione a porta chiusa di □40 Pa ed a porta aperta di □23 Pascal.

Un'apposita serranda di regolazione disposta sulla parete del rifugio verso la galleria, provvede a mantenere la sovrappressione di 40 Pa a porta chiusa e ventilatore funzionante. Il ventilatore del tubo non incidentato è avviato dal posto di controllo al momento dell'incendio per la zona interessata.

Su ciascuna parete che si affaccia verso ciascun tubo, viene disposta l'apparecchiatura costituita da una griglia di presa aria, da una serranda tagliafuoco, dal ventilatore di mandata.

A lato viene disposta la serranda di regolazione della pressione, anch'essa dotata di serranda tagliafuoco.

Se si suppone che in caso di incendio sia necessario pressurizzare 3-4 by-pass con passo di 400 m ( $\square 900 \div 1200$  m di lunghezza di galleria di sicurezza o di tubo indenne) la portata di aria necessaria, che deve essere fornita attraverso la galleria di sicurezza o del tubo indenne per essere aspirata dai ventilatori dei by-pass interessati, è di  $\square 36 \div 48$  m<sup>3</sup>/s.

La porta a due battenti richiede una forza di  $\square 6$  kgf per aprire un battente. La corrente che investe la persona, che entra a porta aperta, corrisponde ad un vento di  $\square 14,4$  km/h.

Si presuppone che la circolazione nella galleria non interessata dall'incendio sia interrotta e la circolazione nella galleria adiacente sia arrestata o quanto meno ridotta, in prossimità dell'evento incidentale, a 20 km/h.

Funzionalmente gli impianti dovranno poter realizzare ciclicamente in automatico le seguenti fasi dopo l'attivazione della procedura di emergenza in seguito ad allarme :

Istante t0 (inizio allarme) :

- Identificazione della canna oggetto dell'incidente;
- Identificazione by-pass interessati dall'evacuazione;
- Attivazione dei relativi sistemi pressurizzazione (porte chiuse,  $\square p=40$  Pa);

Istante t1 (le persone iniziano ad entrare nei by-pass) :

- Variazione sovrappressione (porte aperte,  $\square p=10 \div 20$  Pa).

Istante t2 (le persone sono passate nella galleria adiacente) :

- Ritorno del sistema alla configurazione t0 (porte chiuse  $\square p=40$  Pa).

## ***1.8. CONTROLLO, GESTIONE E REGOLAZIONE DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE/EVACUAZIONE DEI FUMI***

### **1.8.1. Organizzazione generale dei sistemi**

Tutti i sistemi di ventilazione/evacuazione dei fumi comportano una gerarchia logica di pilotaggio. Nell'architettura di rete, si possono distinguere quattro livelli:

Livello 0: attrezzature di terra: valvole, registri, ventilatori .....

Livello 1: automi programmabili con una rete di terra (del tipo Ethernet) dedicati appositamente alla ventilazione, mediante i quali i dati circoleranno tra le attrezzature di terra e gli automi (API). A questo livello verranno elaborati gli algoritmi di variazione in caso di anomalie sui materiali.

Livello 2: supervisione locale. Ciascun impianto in cima alla discenderia assicurerà la supervisione del controllo/gestione degli impianti di ventilazione/evacuazione dei fumi collegati a quella discenderia (impianti ai piedi ed in cima), nonché gli impianti nel tunnel (rami) per il cantone corrispondente.

Livello 3: PCC. Il PCC si occuperà della supervisione generale delle attrezzature di ventilazione/evacuazione dei fumi di entrambi i tunnel, nonché degli altri sistemi (segnaletica ferroviaria, rilevamento/misure antincendio, controllo dell'accesso.....)

Ogni ventilatore verrà gestito da un proprio automa, mentre un automa di ventilazione collegato agli automi dei ventilatori gestirà le procedure per ciascuna funzione di ventilazione o evacuazione dei fumi.

Ogni automa sarà dotato di un doppio collegamento per soddisfare il criterio di «guasto univoco».

Per l'evacuazione dei fumi, gli scenari, che saranno già preprogrammati, verranno avviati automaticamente dal PCC, su richiesta dell'operatore che riceverà tutta l'assistenza possibile per scegliere lo scenario che meglio si adatta all'incidente o altra situazione verificatasi all'interno del tunnel.

Ove lo ritenga necessario, l'operatore potrà avvalersi dei singoli comandi a distanza di ciascuna attrezzatura.

A livello degli impianti, sarà possibile riprendere i comandi in locale per gestire i materiali a partire dagli automi locali. Questa soluzione verrà adottata nei periodi di manutenzione o in caso di blocco totale della rete.