

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO
CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

VENTILATION – VENTILAZIONE
GENERALITES – GENERALE
TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE

ETUDE DE ROBUSTESSE DE LA VENTILATION DU TUNNEL DI BASE
STUDIO DELLA ROBUSTEZZA DELLA VENTILAZIONE DEL TUNNEL DI BASE

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabri par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/11/2012	Emission pour vérification C2B et validation C3.0	L. AGNESE (SETEC)	M.PIHOUEE. C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO
A	31/12/2012	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	L. AGNESE (SETEC)	M.PIHOUEE. C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO
B	08/02/2013	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	L. AGNESE (SETEC)	M.PIHOUEE. C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO

COD E DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	1	4	4	6	B	A	P	N	O	T
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	Statut / Stato		Type / Tipo				

ADRESSE GED		//	//	40	01	26	10	07
INDIRIZZO GED								

ECHELLE / SCALA

Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. 125 n. 6271 R



LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	4
1. INTRODUZIONE	5
1.1 Descrizione generale del Progetto	5
1.2 Oggetto	5
1.3 Documenti generali di riferimento.....	5
2. NOTA DI RICHIAMO DEI PRINCIPI DI VENTILAZIONE-ESTRAZIONE FUMI.....	5
2.1 Obiettivi del sistema di ventilazione.....	5
2.2 Strategie di estrazione dei fumi e di evacuazione dei passeggeri.....	6
2.2.1 Principi generali	6
2.2.2 Treno fermo nell'area di sicurezza.....	6
2.2.2.1 Treni passeggeri	6
2.2.2.2 Treni merci o di autostrada ferroviaria	6
2.2.3 Treno fermo sul binario di corsa.....	6
2.2.3.1 Incendio di una motrice di TGV	6
2.2.3.2 Incendio di un treno merci	7
2.2.3.3 Incendio di un treno di autostrada ferroviaria.....	7
2.2.4 Riassunto delle strategie di ventilazione da applicare	7
2.2.4.1 Velocità dell'aria.....	8
2.2.4.2 Estrazione dei fumi	9
2.2.4.3 Tempistica delle procedure di estrazione dei fumi	10
3. METODOLOGIA DELLO STUDIO QUALITATIVO DELLA ROBUSTEZZA	11
4. ANALISI DELLA ROBUSTEZZA DEL PROGETTO	12
4.1 Generalità sui principi di robustezza	12
4.2 Analisi delle tipologie delle anomalie	12
4.2.1 Anomalie dovute al malfunzionamento dei ventilatori.....	12
4.2.2 Anomalie dovute al malfunzionamento degli acceleratori	12
4.2.3 Anomalie dovute al malfunzionamento dei dispositivi di otturazione	13
4.2.4 Indisponibilità di una centrale di ventilazione	14
4.2.4.1 Anomalia dei ventilatori.....	14
4.2.4.2 Anomalia dei dispositivi di otturazione	15
4.2.4.3 Tabella delle disponibilità.....	16
4.2.5 Altre tipologie di anomalie	17
4.2.5.1 Analisi della tipologia di anomalia: errore sulla misura della contropressione	17
4.2.5.2 Altro caso di analisi della robustezza del sistema di ventilazione: superamento del range di contropressione considerato	18
5. CONCLUSIONI.....	18

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione dell'incendio secondo i diversi scenari analizzati.....	16
---	----

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Velocità dell'aria	8
Tabella 2 – Estrazione dei fumi.....	9
Tabella 3 – Tempistica delle procedure di estrazione fumi per i treni passeggeri	10
Tabella 4 – Timing delle procedure di estrazione fumi per i treni merci o di AF.....	11
Tabella 5 – Anomalia all'apertura dei dispositivi di otturazione	13
Tabella 6 – Anomalia dovuta alla chiusura dei dispositivi di otturazione	14
Tabella 7 – Pozzi utilizzati per gli scenari di incendio.....	16

RESUME/RIASSUNTO

Le système de désenfumage du tunnel de base a pour objectif principal le contrôle du mouvement des fumées dans le tube sinistré, de façon à garantir les meilleures conditions d'évacuation et d'intervention possibles.

L'étude de robustesse consiste à analyser, de manière qualitative, la capacité du système de ventilation à maintenir ses performances en cas de défaillance ou d'indisponibilité de ses équipements.

La conclusion principale de l'étude est que le système de ventilation est capable de maintenir ses performances en cas de défaillance d'un équipement. Les pannes de probabilité plus faible (indisponibilité d'un puits) peuvent être palliées pour la plupart des cas.

Il sistema di estrazione fumi del tunnel di base ha per obiettivo principale il controllo del movimento dei fumi nella canna incidentata, in modo da garantire le migliori condizioni di sgombrò e d'intervento possibili.

Lo studio della robustezza consiste nell'analizzare qualitativamente l'efficienza del sistema di ventilazione in caso di anomalie o indisponibilità degli impianti.

La conclusione principale dello studio è che il sistema di ventilazione è in grado di mantenere le proprie prestazioni in caso di anomalie di un impianto. Nella maggior parte dei casi è possibile ovviare ai guasti con probabilità di accadimento meno elevate (indisponibilità di un pozzo).

1. Introduzione

1.1 Descrizione generale del Progetto

Il governo italiano e quello francese hanno deciso di intraprendere la realizzazione di una nuova linea ferroviaria tra Torino e Lione. Il progetto consiste principalmente nel predisporre un itinerario merci più efficiente per valicare le Alpi, con lo specifico obiettivo di limitare il traffico stradale che transita in queste aree ecologicamente sensibili.

La nuova linea avrà inoltre un forte impatto sul trasporto dei passeggeri, nella misura in cui collegherà la rete italiana e francese ad alta velocità, offrendo tempi di percorso ridotti tra il dipartimento francese della Savoia e il Piemonte, due regioni frontaliere particolarmente attrattive.

Per quanto l'opera sia suddivisa in tre sezioni, di cui due nazionali, il nostro studio prende in esame unicamente la tratta comune italo-francese, detta "sezione internazionale" tra Saint-Jean de Maurienne e l'interconnessione con la linea storica di Bussoleno.

La sezione presa in esame avrà una lunghezza totale di circa 60 chilometri e sarà costituita dalle seguenti opere principali:

- I collegamenti alla linea storica di Saint-Jean-de-Maurienne,
- Il tunnel di base di 57,517 km,
- La stazione internazionale di Susa,
- L'interconnessione con la linea storica a Bussoleno tramite una galleria lunga 2 km.

1.2 Oggetto

La presente nota costituisce lo studio qualitativo della robustezza del sistema di ventilazione/estrazione fumi del tunnel di base e delle discenderie del collegamento ferroviario Torino-Lione.

1.3 Documenti generali di riferimento

I documenti di riferimento del presente studio sono elencati nel documento « PD2_C2B_1420_40-01-00_10-04_Nota metodologica ventilazione ».

Sono completati dalle seguenti note:

- PD2_C2B_1440_40-01-26_10-01 – Studio degli scenari di estrazione dei fumi del tunnel di base
- PD2_C2B_1441_40-01-26_10-02 – Studio della ventilazione sanitaria del tunnel di base
- PD2_C2B_1442_40-01-26_10-03 – Analisi funzionale della ventilazione del tunnel di base
- PD2_C2B_1443_40-01-26_10-04 – Studio tecnologico della ventilazione del tunnel di base

2. Nota di richiamo dei principi di ventilazione-estrazione fumi

2.1 Obiettivi del sistema di ventilazione

Il sistema di ventilazione ed estrazione dei fumi deve assicurare il raggiungimento dei 4 seguenti obiettivi:

- il controllo del tappo dei fumi mediante il controllo della corrente d'aria longitudinale, nel senso voluto, qualunque sia l'ubicazione dell'incendio nel convoglio o il tipo di convoglio;
- l'evacuazione degli utenti e del personale verso le uscite di soccorso nelle condizioni più sicure possibili;
- l'accesso delle squadre di soccorso;

- il ricambio dell'aria nei locali tecnici dell'opera e nelle canne ferroviarie in caso di assenza di traffico.

2.2 Strategie di estrazione dei fumi e di evacuazione dei passeggeri

2.2.1 Principi generali

Il tunnel di base comporta 3 aree di sicurezza (La Praz, Clarea e Modane).

L'impianto di ventilazione-estrazione fumi del tunnel di base comprende quattro centrali di ventilazione situate in superficie a livello di ogni area. Queste centrali sono collegate al tunnel attraverso dei condotti che percorrono le discenderie o attraverso dei pozzi di ventilazione.

Le aree di sicurezza costituiscono il punto di arresto ideale per i treni passeggeri incidentati che non possono uscire dal tunnel. In effetti, un treno passeggeri incidentato cercherà, per ordine di precedenza:

- di uscire dal tunnel;
- se ciò è impossibile, di fermarsi nell'area di sicurezza più vicina;
- se ciò è impossibile, di fermarsi laddove è possibile nel tunnel.

2.2.2 Treno fermo nell'area di sicurezza

2.2.2.1 Treni passeggeri

Nel caso di un arresto controllato in un'area di sicurezza di un treno passeggeri incendiato (si suppone che la potenza termica sia di 15 MW), il principio di intervento prevede l'estrazione dei fumi lungo tutto il treno attraverso delle serrande poste sulla volta e collegate al pozzo di La Praz, Avrieux o Clarea a seconda dei casi (principio di ventilazione semi-trasversale senza apporto d'aria esterna al fondo del tunnel). Una volta regolato il regime di ventilazione, i passeggeri lasciano il treno per raggiungere l'area di sicurezza attraverso i rami di comunicazione.

Nel caso dell'area di sicurezza di Modane, per evitare che il fumo invada il marciapiede di sgombrato, quest'ultimo è messo in sovrappressione rispetto al tunnel utilizzando il secondo pozzo di ventilazione di Avrieux.

2.2.2.2 Treni merci o di autostrada ferroviaria

Nel caso di un arresto controllato in una delle aree di sicurezza di un treno merci o di AF incendiato, il principio di intervento prevede l'estrazione dei fumi attraverso le serrande poste sulla volta utilizzando il pozzo dell'area in questione. Nel caso in cui la portata del pozzo non fosse sufficiente, per estrarre i fumi si useranno gli altri pozzi (pozzo n-1 o il portale a monte nel caso di un arresto nella prima stazione di intervento).

2.2.3 Treno fermo sul binario di corsa

2.2.3.1 Incendio di una motrice di TGV

Incendio della motrice di coda

Nel caso di un incendio della motrice di coda, la strategia di applicazione dei mezzi di ventilazione consiste nel sospingere i fumi alle spalle del treno forzando uno scorrimento

longitudinale alla velocità critica. Si suppone che la potenza termica dell'incendio sia di 27 MW mentre la velocità critica è stimata a 2,8 m/s.

Incendio della motrice centrale

Nel caso di un incendio al centro di un convoglio TGV, la strategia di estrazione dei fumi mediante diluizione prevede di sospingere i fumi nel senso di marcia del treno ad una velocità superiore a 6 m/s; in questo caso, si suppone che la potenza termica dell'incendio sia di 30 MW.

Incendio della motrice di testa

Nel caso di un incendio della motrice di testa, la strategia di applicazione dei mezzi di ventilazione consiste nel sospingere tutti i fumi verso l'area antistante al treno forzando uno scorrimento longitudinale alla velocità critica per proteggere l'evacuazione dei viaggiatori. Si suppone che la potenza dell'incendio sia di 25,5 MW mentre la velocità critica è stimata a 2,8 m/s.

2.2.3.2 Incendio di un treno merci

Oltre al macchinista, un treno merci non trasporta nessun passeggero. La ventilazione è utilizzata per formare una corrente d'aria superiore alla velocità critica nel senso opposto alla circolazione, in modo da permettere al macchinista di mettersi in salvo senza essere ostacolato dai fumi. Si suppone che la potenza termica dell'incendio sia di 170 MW mentre la velocità critica è stimata a 3,8 m/s.

2.2.3.3 Incendio di un treno di autostrada ferroviaria

I convogli di autostrada ferroviaria sono composti da un veicolo Sonia in testa + 1 locomotiva + 1 convoglio + 1 locomotiva. In caso di incendio, lo scenario normale prevede che il Sonia si sganci dal resto del convoglio e che esca dal tunnel in modo autonomo. La probabilità di difetto di questa procedura normale è molto bassa.

La ventilazione è utilizzata per formare una corrente d'aria alla velocità critica nel senso opposto alla circolazione, in modo da allontanare i fumi dal Sonia.

Si suppone che la potenza termica dell'incendio sia di 170 MW mentre la velocità critica è stimata a 3,8 m/s.

2.2.4 Riassunto delle strategie di ventilazione da applicare

In questo paragrafo vengono riassunte le strategie di ventilazione da applicare.

2.2.4.1 Velocità dell'aria

In questa tabella vengono ricapitolate le strategie di ventilazione adottate in funzione del tipo di treno con a bordo un incendio, dell'ubicazione dell'incendio sul treno (unicamente per i TGV) e della fase considerata.

Tipo di treno	Ubicazione sul treno	Fase	Strategia
TGV	Motrice di testa	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso della circolazione
		2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro
	Motrice intermedia	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso della circolazione
		2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro
	Motrice di coda	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso opposto alla circolazione
		2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro
Treno merci	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso opposto alla circolazione	
	2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro	
Autostrada ferroviaria	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso opposto alla circolazione	
	2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro	

Tabella 1 – Velocità dell'aria

2.2.4.2 Estrazione dei fumi

Nella seguente tabella è indicata l'opera di ventilazione attraverso cui vengono estratti i fumi, in funzione del tipo di treno con a bordo l'incendio, dell'ubicazione dell'incendio sul treno (unicamente TGV) e della fase considerata.

Tipo di treno	Ubicazione sul treno	Fase	Sui binari	Area di sicurezza
TGV	Motrice di testa	1: Evacuazione	Pozzo antecedente l'incendio	Serrande d'estremità antecedenti l'incendio
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	
	Motrice intermedia	1: Evacuazione	Pozzo antecedente l'incendio	10 serrande in corrispondenza della sala di accoglienza
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso il quale sono sospinti i fumi	Serrande di estremità dal lato in cui sospinti i fumi
	Motrice di coda	1: Evacuazione	Pozzo posteriore all'incendio	Serrande di estremità posteriori all'incendio
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	
Treno merci		1: Evacuazione	Pozzo posteriore all'incendio	Serrande di estremità posteriori all'incendio
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	
Autostrada ferroviaria		1: Evacuazione	Pozzo posteriore all'incendio	Serrande di estremità posteriori all'incendio
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	

Tabella 2 – Estrazione dei fumi

2.2.4.3 Tempistica delle procedure di estrazione dei fumi

L'istante iniziale t_0 di avvio della procedura di ventilazione corrisponde all'istante di avvio della fase di arresto del treno incendiato. In tutti i casi, la velocità ridotta considerata è di 30 km/h.

Caso d'incendio di un treno passeggeri

Tempo (min)	Azioni	
	Canna incidentata	Canna sicura (senza fumi)
0	Avvio della procedura di arresto Avvio della procedura di ventilazione fase 1	
2	Arresto del treno incendiato e dei treni successivi	
3	Inizio del rallentamento dei treni precedenti	Inizio frenatura dei treni che non hanno superato il sinistro Inizio rallentamento dei treni che hanno superato il sinistro
5	Treni precedenti a velocità ridotta	Arresto dei treni che non hanno superato il sinistro Treni che hanno superato il sinistro a velocità ridotta
7	Regime di ventilazione stazionario	
10	Inizio allontanamento dei treni successivi a velocità ridotta Inizio evacuazione attraverso 2 rami in corrispondenza del treno incendiato	Inizio allontanamento dei treni che non hanno superato il sinistro
30	Fine dell'evacuazione attraverso i rami Avvio della procedura di ventilazione fase 2	

Tabella 3 – Tempistica delle procedure di estrazione fumi per i treni passeggeri

Caso d'incendio di un treno merci o di autostrada ferroviaria

Tempo (min)	Azioni	
	Canna incidentata	Canna sicura (senza fumi)
0	Avvio della procedura di arresto Avvio della procedura di ventilazione fase 1	
2	Arresto del treno incendiato e dei treni successivi	
3	Inizio del rallentamento dei treni precedenti	Inizio frenatura dei treni che non hanno superato il sinistro Inizio rallentamento dei treni che hanno superato il sinistro
5	Treni precedenti a velocità ridotta	Arresto dei treni che non hanno superato il sinistro Treni che hanno superato il sinistro a velocità ridotta
7	Regime di ventilazione stazionario	
10	Inizio allontanamento dei treni successivi a velocità ridotta Inizio evacuazione attraverso 2 rami in corrispondenza del treno incendiato	Inizio allontanamento dei treni che non hanno superato il sinistro
30	Fine dell'evacuazione attraverso i rami Avvio della procedura di ventilazione fase 2	

Tabella 4 – Timing delle procedure di estrazione fumi per i treni merci o di AF

3. Metodologia dello studio qualitativo della robustezza

Il presente studio della robustezza ha per oggetto l'analisi della capacità del sistema di ventilazione di mantenere le proprie prestazioni quando degli eventi (anomalie, indisponibilità, variazione di parametri esterni,...) modificano i principi di funzionamento o i valori di dimensionamento.

L'analisi dei casi potenziali di malfunzionamento verrà effettuata in modo qualitativo al fine di valutare se la robustezza del progetto è tale da apportare una risposta soddisfacente per il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza prefissati.

4. Analisi della robustezza del progetto

4.1 Generalità sui principi di robustezza

Un progetto di ventilazione non può essere analizzato prendendo in considerazione solo una parte del sistema.

Per valutare le capacità del sistema di rispondere agli obiettivi prefissati, anche nel caso di un'anomalia di un elemento specifico, occorre imperativamente analizzare il progetto di ventilazione in modo globale e, per farlo, occorre procedere all'analisi globale della sua robustezza.

In effetti, esistono più soluzioni per rispondere a delle anomalie specifiche di alcuni elementi del sistema:

- Ridondanza del materiale,
- Frammentazione degli impianti, ad esempio, portata assicurata da due ventilatori in parallelo, o sistemi di estrazione dei fumi suddivisi tra diversi registri o serrande,
- Soluzione palliativa funzionale che fa uso di altri elementi disponibili del sistema.

Lo studio del sistema di ventilazione/estrazione fumi è stato realizzato tenendo conto di questi fattori.

4.2 Analisi delle tipologie delle anomalie

4.2.1 Anomalie dovute al malfunzionamento dei ventilatori

Tutte le centrali di ventilazione sono dotate di tre ventilatori (di cui 1 di soccorso) che assicurano ciascuno il 50 % della portata necessaria. Questa soluzione permette di assicurare il 100 % delle portate di mandata e di estrazione dei fumi necessarie nel caso di un'unica anomalia del sistema.

In caso di più anomalie (indisponibilità di due o tre ventilatori di una centrale), si presentano i seguenti casi:

- la portata disponibile considerata è pari a soltanto al 50 % della portata nominale,
- la centrale è indisponibile.

Questi casi sono esaminati nel seguito del presente documento.

4.2.2 Anomalie dovute al malfunzionamento degli acceleratori

Gli acceleratori installati all'imbocco del tunnel, per la messa in pressione della canna non incidentata (canna sicura) o per assicurare la strategia di velocità ridotta nel caso di un incendio sulla motrice intermedia di un treno passeggeri sono $X + 2$:

- X: numero di acceleratori necessari per assicurare gli scenari di dimensionamento del sistema,
- 2: numero di acceleratori considerati indisponibili (guasti) o in manutenzione preventiva.

Di conseguenza, nel caso di un'anomalia su uno o due acceleratori, il sistema è sempre in grado di rispondere ai criteri richiesti.

Superato questo limite, gli acceleratori potranno assicurare le funzioni solo in modo parziale.

Tuttavia, occorre sottolineare che questi impianti sono utilizzati solo in un numero limitato di configurazioni. La probabilità che delle indisponibilità di acceleratori degradino le prestazioni del sistema di ventilazione è quindi molto bassa.

4.2.3 Anomalie dovute al malfunzionamento dei dispositivi di otturazione

Nelle aree di sicurezza, ogni condotto di estrazione dei fumi o di mandata, previsto per l'estrazione fumi del tunnel, è collegato con le canne ferroviarie tramite dei dispositivi di otturazione. Tali dispositivi sono composti da diversi elementi (registri o serrande) le cui dimensioni (dimensioni simili a quelle standard) permettono una costruzione affidabile e sicura.

Nelle seguenti tabelle vengono ricapitolate le conseguenze e le misure palliative possibili in caso di anomalia dei dispositivi di otturazione. Le diverse possibilità considerate sono:

- Anomalia di uno o più elementi di un dispositivo,
- Anomalia all'apertura o alla chiusura.

Nella tabella seguente è riportata l'analisi dell'anomalia dovuta all'apertura dei dispositivi di otturazione.

anomalia	probabilità	conseguenze	misure palliative
Mancata apertura o apertura parziale di un elemento	Bassa	Elemento indisponibile Disponibilità di N-1 elementi Funzionamento accettabile	
Mancata apertura o apertura parziale di più elementi	Molto bassa	Elementi indisponibili Disponibilità di N-X elementi Funzionamento accettabile ma fortemente degradato	Soluzione palliativa funzionale (descritta nel capitolo seguente)

Tabella 5 – Anomalia all'apertura dei dispositivi di otturazione

Nella tabella seguente è riportata l'analisi dell'anomalia dovuta alla chiusura dei dispositivi di otturazione.

anomalia	probabilità	conseguenze	misure palliative
Mancata chiusura o chiusura parziale di un elemento	Bassa	Elemento indisponibile disponibilità di N-1 elementi funzionamento accettabile per le stazioni di mandata e estrazione fumi funzionamento inaccettabile per le stazioni di aspirazione e di mandata di messa in pressione	Soluzione palliativa funzionale (descritta nel capitolo seguente)
Mancata chiusura o chiusura parziale di più elementi	Molto bassa	Elementi indisponibili disponibilità di N-X elementi funzionamento degradato funzionamento accettabile per le stazioni di mandata di estrazione fumi ma funzionamento fortemente degradato funzionamento inaccettabile per le stazioni di aspirazione e di mandata di messa in pressione	Soluzione palliativa funzionale (descritta nel capitolo seguente) Soluzione palliativa funzionale (descritta nel capitolo seguente)

Tabella 6 – Anomalia dovuta alla chiusura dei dispositivi di otturazione

4.2.4 Indisponibilità di una centrale di ventilazione

Nel presente capitolo vengono considerati i casi in cui una centrale di ventilazione è indisponibile, vale a dire in cui la portata fornita è di gran lunga inferiore alla portata di dimensionamento, oppure nulla.

Questa indisponibilità può essere causata, come descritto nei capitoli precedenti:

- Dall'anomalia di due o tre ventilatori della centrale,
- Dall'anomalia di più elementi di un dispositivo di otturazione.

4.2.4.1 Anomalia dei ventilatori

Nel caso di indisponibilità di due ventilatori di una centrale, quest'ultima può:

- Funzionare al 50 % della sua portata nominale grazie all'unico ventilatore rimasto in servizio,
- Essere sostituita da un'altra centrale, a condizione che ciò sia possibile.

Nel caso di indisponibilità totale della centrale, l'unica possibilità è ricorrere ad un'altra centrale.

4.2.4.2 Anomalia dei dispositivi di otturazione

Se il funzionamento degradato di una centrale, in seguito all'anomalia su degli elementi di una serranda o di un registro, non è più accettabile, è possibile in certi casi ricorrere a soluzioni palliative.

Apertura incompleta di un dispositivo di otturazione

Se l'apertura parziale riguarda un dispositivo di aspirazione:

- Apertura del dispositivo di otturazione, nella canna sinistrata, di un'altra centrale in estrazione (a monte o a valle a seconda dei casi di incendio), quando lo scenario lo permette (almeno una centrale disponibile, caso che non sempre si verifica).
- Oppure rafforzamento della mandata mediante l'apertura del dispositivo di un'altra centrale (a monte o a valle a seconda dei casi di incendio), quando lo scenario lo permette (almeno una centrale disponibile, caso che non sempre si verifica).
- Se lo scenario interessato fa uso di tutte le centrali, non ci sono soluzioni palliative funzionali. Secondo il numero di elementi non funzionanti, il regime di ventilazione sarà più o meno degradato.

Se l'apertura parziale riguarda un dispositivo di mandata per l'evacuazione dei fumi della canna incidentata:

- Apertura del dispositivo di un'altra centrale (a monte o a valle a seconda dei casi di incendio) attivata in qualità di centrale di mandata per l'evacuazione dei fumi quando lo scenario lo permette (almeno una centrale disponibile, caso che non sempre si verifica).
- Oppure rafforzamento dell'aspirazione mediante l'apertura del dispositivo di otturazione, nella canna incidentata, di un'altra centrale (a monte o a valle a seconda dei casi di incendio), quando lo scenario lo permette (almeno una centrale disponibile, caso che non sempre si verifica).
- Se lo scenario interessato fa uso di tutte le centrali, non ci sono soluzioni palliative funzionali. Secondo il numero di elementi non funzionanti, il regime di ventilazione sarà più o meno degradato.

Se l'apertura parziale riguarda un dispositivo di mandata per la messa in pressione della canna sicura (non incidentata):

- Apertura del dispositivo di un'altra centrale (a monte o a valle a seconda dei casi di incendio) attivata in qualità di centrale di mandata per la messa in pressione, quando lo scenario lo permette (almeno una centrale disponibile, caso che non sempre si verifica).
- Se lo scenario interessato fa uso di tutte le centrali, non ci sono soluzioni palliative funzionali. Secondo il numero di elementi non funzionanti, il regime di ventilazione sarà più o meno degradato.

Chiusura incompleta di un dispositivo di otturazione

Se la chiusura parziale riguarda un dispositivo di otturazione che dà sulla canna sicura:

- La centrale interessata non può essere utilizzata in modo aspirazione. Occorre utilizzare un'altra centrale, nel caso in cui ciò sia possibile.
- Nel caso in cui la centrale debba essere utilizzata in mandata, i ventilatori vanno comunque attivati, anche se l'efficienza del sistema è minore.

Se la chiusura parziale riguarda un dispositivo di otturazione che dà sulla canna incidentata:

- La centrale interessata non può essere utilizzata in mandata nella canna sicura. Occorre utilizzare un'altra centrale, nel caso in cui ciò sia possibile.

4.2.4.3 Tabella delle disponibilità

Nella tabella seguente viene ricapitolato, per ogni scenario esaminato, il numero di pozzi utilizzati, sia in mandata che in aspirazione.

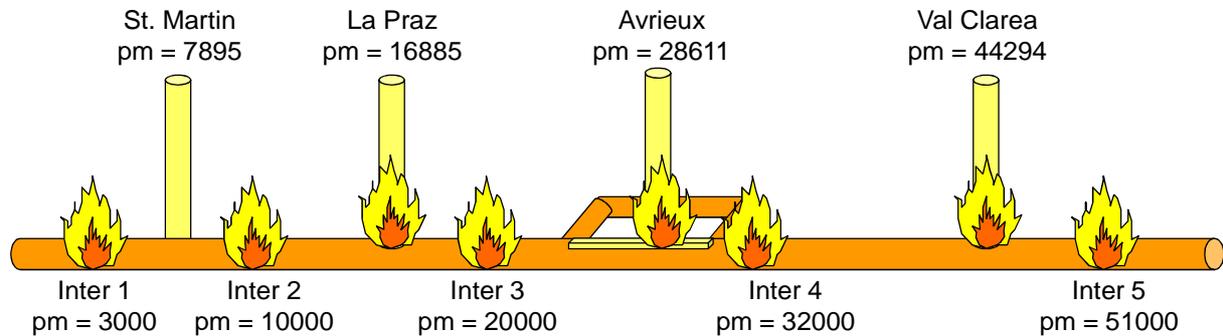


Figura 1 - Ubicazione dell'incendio secondo i diversi scenari analizzati.

Tipo di treno	Ubicazione sul treno	Ubicazione dell'incendio	Numero di pozzi usati nel caso più sfavorevole di ΔP (canna incidentata / canna sicura)	Possibilità di usare un altro pozzo
TGV	Motrice di estremità	Inter 1	1 / 2	Possibile
		Inter 2	2 / 1	Possibile
		La Praz	2 / 1	Possibile
		Inter 3	3 / 1	Parziale
		Modane	2 / 1	Possibile
	Motrice centrale – Velocità elevata	Inter 4	2 / 1	Possibile
		Clarea	2 / 1	Possibile
		Inter 5	2 / 1	Possibile
		Inter 1	2 / 2	Parziale
		Inter 2	2 / 2	Parziale
Treno merci o di AF		Inter 3	3 / 2	Nulla
		Inter 4	3 / 2	Nulla
		Inter 5	2 / 3	Nulla
		Inter 1	2 / -	Possibile
		Inter 2	3 / -	Possibile
		La Praz	2 / -	Possibile
		Inter 3	2 / -	Possibile
		Modane	2 / -	Possibile
		Inter 4	3 / -	Possibile
		Clarea	2 / -	Possibile
		Inter 5	2 / -	Possibile

Tabella 7 – Pozzi utilizzati per gli scenari di incendio

Anche se la configurazione dettagliata e l'efficacia degli scenari degradati non sono esaminati, è comunque possibile notare che:

- gli scenari di incendio di treni merci lasciano almeno 2 pozzi disponibili poiché non c'è necessità di messa in pressione della canna non incidentata (sicura),
- gli scenari di incendio su una motrice centrale di TGV mobilitano un gran numero di pozzi, o anche tutti i pozzi,
- gli incendi situati verso il centro del tunnel (Inter 3) mobilitano un gran numero di pozzi o anche tutti i pozzi.

D'altro canto, constatiamo che i pozzi sono spesso utilizzati alla loro portata massima, il che limita maggiormente le possibilità di modifica degli scenari in caso di anomalia.

4.2.5 Altre tipologie di anomalie

Ad eccezione delle anomalie sugli impianti, possono verificarsi dei malfunzionamenti relativi al parametro contropressione. Questi malfunzionamenti possono essere di due tipi:

1. errore di scelta dello scenario dovuto ad un errore sulla misura della contropressione;
2. superamento del range di contropressione studiato.

4.2.5.1 Analisi della tipologia di anomalia: errore sulla misura della contropressione

Lo studio degli scenari di estrazione fumi del tunnel di base mostra che la sensibilità del parametro di contropressione non è significativa. In effetti, alcuni scenari sono identici per i tre casi di contropressione esaminati (-1000 Pa, 0 Pa, +1000 Pa), e per gli scenari che presentano delle differenze, secondo il caso di contropressione studiato, queste differenze sono tutt'al più dell'ordine del $\pm 100 \text{ m}^3/\text{s}$ (uno scostamento di circa il 25%).

Gli scenari potrebbero quindi essere definiti secondo tre o quattro range di contropressione, ad esempio:

- da -1000 Pa a -500 Pa
- da -500 Pa a +0 Pa
- da +0 Pa a +500 Pa
- da +500 Pa a +1000 Pa

Dato che i range sono relativamente ampi (500 Pa), un errore di misura sarà poco probabile. Il materiale di misura, anche se non è molto sofisticato, può misurare una contropressione con un'approssimazione di poche decine di pascal (al massimo una cinquantina di pascal).

Nel caso in cui si verificasse un errore sulla scelta dello scenario dovuto ad un errore sulla misura della contropressione, dato che gli scenari differiscono di poco, l'impatto sul regime di ventilazione non dovrebbe essere significativo. Inoltre, gli elementi di misura della velocità dell'aria nel tunnel potranno servire a verificare la velocità effettiva dell'aria nel tunnel e permetteranno di aggiustare lo scenario nonché la velocità dell'aria indotta nel tunnel.

4.2.5.2 Altro caso di analisi della robustezza del sistema di ventilazione: superamento del range di controcompressione considerato

Nel caso in cui la controcompressione effettiva agli imbocchi del tunnel sia superiore al range di controcompressione considerato per il dimensionamento, caso poco probabile, l'impatto sui regimi di ventilazione sarà poco significativo, come abbiamo visto nel capitolo precedente.

Come nel caso di un errore di scelta dello scenario, gli elementi di misura della velocità dell'aria nel tunnel, necessari per gli scenari di velocità ridotta, potranno servire a verificare la velocità effettiva dell'aria nel tunnel, e permetteranno di aggiustare lo scenario (aumento delle portate di mandata e/o aspirazione, quando lo scenario lo permette: centrale non utilizzata o utilizzata in modo parziale).

5. Conclusioni

Lo studio della robustezza del sistema di estrazione fumi, riportato sopra, benché generale e qualitativo, mostra comunque che gli impianti del sistema di ventilazione, esaminato nella sua globalità, permettono di disporre di una robustezza sufficiente per assicurare le procedure di estrazione dei fumi che rispondono agli obiettivi prefissati in termini di grado di sicurezza.

Le risposte, che prendono in considerazione la ridondanza del materiale o le soluzioni palliative funzionali e le soluzioni apportate per le tipologie di anomalia di livello 1 e 2, permettono di fornire conclusioni sulla validità del principio di ventilazione/estrazione fumi.

Il sistema di ventilazione/estrazione fumi è sufficientemente robusto per assicurare le procedure di estrazione fumi iniziali o le soluzioni palliative funzionali che consentono di evacuare gli utenti con un grado sufficiente di sicurezza.

In effetti, è molto poco probabile che questo sistema, per via di una serie di anomalie tecniche, conduca ad un'impossibilità totale dell'uso delle centrali di ventilazione/estrazione fumi.