

# 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 LOCAUX TECHNIQUES – LOCALI TECNICI

#### ETUDES DE LA VENTILATION DES LOCAUX TECHNIQUES EN TUNNEL STUDIO DELLA VENTILAZIONE DEI LOCALI TECNICI NEL TUNNEL

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié 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

CODE DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	1	5	5	0	B
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED	INDIRIZZO GED	//	//	40	01	91	10	01

ECHELLE / SCALA
-

**Techimont**  
Civil Construction  
Dott. Ing. Aldo Marcarella  
Ordine Ingegneri Prov. TO 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 .....	3
1. INTRODUZIONE .....	4
1.1 Descrizione generale del Progetto .....	4
1.2 Oggetto .....	4
1.3 Documenti generali di riferimento.....	4
2. LOCALI TECNICI INTERESSATI .....	4
2.1 Locali situati al centro dei rami (R1).....	5
2.2 Locali situati all'esterno dei rami (R2) .....	5
LE DIMENSIONI DEI LOCALI SONO: .....	5
3. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	5
3.1 Ricambio dell'aria .....	5
3.2 Requisiti di temperatura interna.....	5
3.3 Emissioni caloriche.....	6
3.4 Requisiti progettuali.....	6
4. REQUISITI DI ARIA.....	6
4.1 Ricambio dell'aria .....	6
4.2 Condizioni termiche.....	6
4.3 Portate considerate.....	7
5. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI.....	7
5.1 Principio degli impianti di ventilazione.....	7
5.1.1 Rami R1 .....	7
5.1.2 Rami R2 .....	8
5.2 Calcolo della pressione totale dei ventilatori.....	8
6. REGIME DI ESERCIZIO .....	10
7. MODI DI FUNZIONAMENTO.....	10

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

<b>Tabella 1</b> – Caratteristiche dei rami R1 .....	5
<b>Tabella 2</b> – Caratteristiche dei rami R2.....	5
<b>Tabella 3</b> – Ricambio dell'aria.....	6
<b>Tabella 4</b> – Portata per garantire l'emissione calorica.....	7

## RESUME/RIASSUNTO

Les locaux techniques situés dans les rameaux de communication contiennent des armoires électriques alimentant et commandant tous les systèmes ferroviaires et non-ferroviaires.

Il convient donc d'y maintenir une température et une atmosphère (poussières, ...) compatibles avec le bon fonctionnement des équipements électriques et électroniques.

La solution retenue consiste en des prises d'air en tubes ferroviaires, des ventilateurs situés dans les rameaux, et une distribution dans les locaux par des gaines métalliques.

Le dimensionnement des ventilateurs est détaillé dans la présente note, sur la base d'un renouvellement d'air minimum dans chaque local, et de la dissipation des calories émises par les équipements.

I locali tecnici situati nei rami di collegamento contengono quadri elettrici che alimentano e comandano tutti i sistemi ferroviari e non ferroviari.

Occorre dunque mantenere una temperatura e un'atmosfera (polveri...) compatibile con il corretto funzionamento degli impianti elettrici ed elettronici.

La soluzione adottata consiste in prese d'aria nelle canne ferroviarie, in ventilatori situati nei rami, e nella distribuzione nei locali tecnici attraverso condotti metallici.

Il dimensionamento dei ventilatori è specificato in modo dettagliato nella presente nota in base a un ricambio di aria minimo in ciascun locale, e alla dissipazione delle calorie emesse dagli impianti.

## 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 riguarda gli impianti di ventilazione dei locali tecnici ed ha per oggetto di:

- dimensionare gli impianti di ventilazione dei locali tecnici situati nei rami del tunnel di base del collegamento ferroviario Lione-Torino;
- precisarne le modalità di funzionamento.

### 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 note seguenti:

- PD2\_C2B\_1534\_40-01-90\_30-03– Lay-out dei Rami tipo R1
- PD2\_C2B\_1535\_40-01-90\_30-04– Lay-out dei Rami tipo R1-2
- PD2\_C2B\_1536\_40-01-90\_30-05– Lay-out dei Rami tipo R0-2
- PD2\_C2B\_1537\_40-01-90\_30-06– Lay-out dei Rami tipo R0 con nicchia di segnalamento
- PD2\_C2B\_1551\_40-01-91\_10-01 – Studio tecnologico degli impianti di ventilazione dei locali tecnici

## 2. Locali tecnici interessati

I locali tecnici considerati nel presente studio corrispondono ai vani ubicati all'interno del tunnel:

- al centro dei rami (tipo R1 o R1-2);
- con accesso diretto al tunnel sull'asse dei rami (tipo R0-2 o R1-2).

## 2.1 Locali situati al centro dei rami (R1)

Vanno distinti 2 tipi di locali: «correnti forti» e «correnti deboli », ubicati da entrambi i lati dei rami perpendicolarmente all'asse degli stessi.

Le dimensioni dei locali sono:

Locale	Sezione trasversale (m <sup>2</sup> )	Lunghezza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Correnti forti	18	14	252
Correnti deboli		6	108

*Tabella 1 – Caratteristiche dei rami R1*

## 2.2 Locali situati all'esterno dei rami (R2)

Le dimensioni dei locali sono:

Locale	Sezione trasversale (m <sup>2</sup> )	Lunghezza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Autotrasformatori	35,5	10,25	366

*Tabella 2 – Caratteristiche dei rami R2*

## 3. Criteri di dimensionamento

### 3.1 Ricambio dell'aria

Il sistema di ventilazione deve consentire un ricambio dell'aria minimo pari a 3 volumi per ora nei locali interessati.

Tale valore corrisponde a un criterio solitamente ammesso in caso di ambienti confinati per mantenere una qualità d'aria accettabile. In particolare, in Francia il CETu (Centro Studi dei Tunnel) lo raccomanda per la ventilazione in esercizio normale degli intertubi e dei rifugi nelle gallerie stradali.

### 3.2 Requisiti di temperatura interna

Il sistema di ventilazione deve consentire di mantenere negli ambienti considerati una temperatura compatibile con il funzionamento delle apparecchiature.

Come temperatura massima ammissibile all'interno dei locali è stata scelta una temperatura pari a 40°C (valore solitamente adottato nei vani elettrici).

I parametri medi considerati per caratterizzare l'aria nel tunnel sono i seguenti:

- Temperatura massima dell'aria nel tunnel = 32°C

- Massa volumica dell'aria =  $1,16 \text{ kg/m}^3$

L'ipotesi di temperatura dell'aria nel tunnel corrisponde al valore preso in considerazione per il dimensionamento del sistema di raffreddamento dell'aria nel tunnel.

### 3.3 Emissioni caloriche

Le emissioni caloriche scelte per i locali R1 «correnti forti» sono le seguenti:

- 38 kW per il locale del primo e dell'ultimo ramo
- 26 kW per il locale del secondo e del penultimo ramo
- 11 kW per tutti gli altri

Le emissioni caloriche adottate per i locali R1 «correnti deboli» sono le seguenti:

- 5 kW per tutti i rami

Le emissioni caloriche adottate per i locali R2 «autotrasformatori» sono le seguenti:

- 68 kW per tutti i rami

### 3.4 Requisiti progettuali

- Velocità dell'aria nei condotti limitata a 15 m/s massimo
- Sistema di ventilazione basato sul principio dell'estrazione d'aria: espulsione di aria calda nel tunnel con aspirazione dell'aria mediante una valvola nel ramo.

## 4. Requisiti di aria

### 4.1 Ricambio dell'aria

Le portate minime di aria necessarie per garantire un ricambio dell'aria pari a 3 volumi per ora sono:

Locale	Volume (m <sup>3</sup> )	Ricambio dell'aria 3 Vol/h	
<b>R1 (Correnti forti)</b>	252	756 m <sup>3</sup> /h	0,21 m <sup>3</sup> /s
<b>R1 (Correnti deboli)</b>	108	324 m <sup>3</sup> /h	0,1 m <sup>3</sup> /s
<b>R2 (Autotrasformatori)</b>	366	1098 m <sup>3</sup> /h	0,3 m <sup>3</sup> /s

*Tabella 3 – Ricambio dell'aria*

### 4.2 Condizioni termiche

Le portate minime di aria necessaria per mantenere una temperatura di 40°C (per le caratteristiche di aria esterna considerate al § 3.3) sono:

Locale	Emissioni caloriche	Portata
<b>R1 «correnti forti» Primo e ultimo locale</b>	38 kW	4 m <sup>3</sup> /s
<b>R1 «correnti forti» Secondo e penultimo locale</b>	26 kW	2,7 m <sup>3</sup> /s
<b>R1 «correnti forti» Tutti gli altri locali</b>	11 kW	1,2 m <sup>3</sup> /s
<b>R1 «correnti deboli»</b>	5 kW	0,6 m <sup>3</sup> /s
<b>R2 «autotrasformatori»</b>	68 kW	7 m <sup>3</sup> /s

*Tabella 4 – Portata per garantire l'emissione calorica*

I primi e gli ultimi due locali tecnici R1 «correnti forti» sono quelli che contengono più impianti ed esigono pertanto un maggiore raffreddamento.

Le portate volumiche sono determinate in base alla formula seguente:

$$Q = \frac{P}{\rho C_p \Delta T}$$

In cui

- Q: portata di aria (m<sup>3</sup>/s)
- P: contributo calorifico del locale (W)
- ρ: massa volumica dell'aria (kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>p</sub>: capacità calorifica dell'aria (1004 J.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>)
- ΔT: differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno del locale (°C).

#### 4.3 Portate considerate

Il dimensionamento degli impianti è calcolato in base alle portate di mandata necessarie per il mantenimento della temperatura massima ammissibile.

## 5. Dimensionamento degli impianti

### 5.1 Principio degli impianti di ventilazione

#### 5.1.1 Rami R1

Nei rami R1, due condotti di espulsione in ogni canna:

- per il primo e l'ultimo ramo, un condotto Ø600 (locale «correnti forti») e un condotto Ø300 (locale «correnti deboli»),
- per il secondo e il penultimo ramo, un condotto Ø500 (locale «correnti forti») e un condotto Ø300 (locale «correnti deboli»),
- per tutti gli altri locali, un condotto Ø400 (locale «correnti forti») e un condotto Ø300 (locale «correnti deboli»)

con le prese d'aria nel ramo consentono di ventilare ognuno dei due locali situati al centro del ramo.

Per ogni locale tecnico, la rete di ventilazione comprende:

- una valvola tagliafuoco 2 ore all'ingresso di ogni locale tecnico in aspirazione
- un elemento filtrante
- un condotto munito di più griglie di aspirazione nel locale tecnico
- un ventilatore di estrazione
- una valvola tagliafuoco 2 ore
- il condotto nel ramo intertubi
- una valvola anti-esplosione
- una valvola di espulsione nel tunnel ferroviario con resistenza alla temperatura HCM-90

I lay-out «PD2\_C2B\_1534\_40-01-90\_30-03– Lay-out dei Rami tipo R1» e «PD2\_C2B\_1535\_40-01-90\_30-04– Lay-out dei Rami tipo R1-2» mostrano gli impianti di ventilazione in questi locali tecnici.

### 5.1.2 Rami R2

Nei rami R2, l'aspirazione e l'espulsione avvengono nella canna ferroviaria.

Per ogni locale tecnico, la rete di ventilazione comprende un circuito di mandata e un circuito di estrazione.

Il circuito di mandata è composto da:

- una valvola tagliafuoco 2 ore in aspirazione
- un elemento filtrante
- un condotto munito di più griglie di mandata
- una valvola tagliafuoco 2 ore tra il locale dell'autotrasformatore e il locale dei quadri elettrici
- Una griglia di mandata.

Il circuito di estrazione è composto da:

- Una griglia di estrazione nel locale con i quadri elettrici
- una valvola tagliafuoco 2 ore tra i due locali
- un condotto munito di più griglie di aspirazione
- un ventilatore di estrazione
- una valvola anti-esplosione
- una valvola tagliafuoco 2 ore di espulsione nel tunnel ferroviario

I lay-out «PD2\_C2B\_1536\_40-01-90\_30-05– Lay-out dei Rami tipo R0-2» e «PD2\_C2B\_1535\_40-01-90\_30-04– Lay-out dei Rami tipo R1-2» mostrano gli impianti di ventilazione in questi locali tecnici.

## 5.2 Calcolo della pressione totale dei ventilatori

Il ventilatore deve fornire la portata necessaria per mantenere la temperatura massima ammissibile, con una pressione totale indicata come segue:

$$P_{\text{ventilatore}} = \Delta P_{\text{locale/tunnel}} + \Delta H_{\text{circuito}}$$

In cui:

- $P_{\text{ventilatore}}$  = Pressione totale fornita dal ventilatore
- $\Delta P_{\text{locale/tunnel}}$  = Differenza di pressione tra il locale tecnico e il tunnel (valore algebrico)

- $\Delta H_{\text{circuito}}$  = Perdite totali di carico del circuito

Il passaggio dei treni nel tunnel provoca forti e brusche variazioni di pressione nel tunnel. Per evitarle sarà previsto un dispositivo di limitazione della pressione a monte del ventilatore. Questo dispositivo sarà di tipo a valvola anti-esplosione: un'elevata sovrappressione provoca la chiusura della valvola in modo da preservare la rete a valle e soprattutto il ventilatore. Il tempo di riapertura (motorizzata) verrà regolato in modo da corrispondere alla durata del passaggio di un treno.

Il funzionamento e la progettazione di dettaglio di questo impianto dovranno essere esaminati ulteriormente, al momento degli studi di esecuzione.

Nel seguito del documento si parte dal presupposto che, grazie alla presenza di questo dispositivo, il ventilatore funzioni solo nel caso di una differenza di pressione trascurabile tra il locale tecnico e il tunnel.

Pertanto, la pressione totale che il ventilatore deve fornire corrisponde alle perdite massime di carico della rete di mandata.

Per determinare queste perdite di carico, il circuito viene modellizzato dalla presa d'aria fino alla bocchetta di mandata del locale.

Nella seguente tabella sono ricapitolati i risultati ottenuti:

Locale considerato	Portata unitaria di mandata	Pressione totale massima unitaria	Potenza elettrica unitaria chiamata	Motore
<b>R1 «correnti forti» Primo e ultimo locale</b>	4 m <sup>3</sup> /s	1000 Pa	8 kW	11 kW
<b>R1 «correnti forti» Secondo e penultimo locale</b>	2,7 m <sup>3</sup> /s	1000 Pa	5,4 kW	7,5 kW
<b>R1 «correnti forti» Tutti gli altri locali</b>	1,2 m <sup>3</sup> /s	800	1,92 kW	3 kW
<b>R1 «correnti deboli»</b>	0,6 m <sup>3</sup> /s	700	0,84 kW	1,5 kW
<b>R2 «autotrasformatori»</b>	7 m <sup>3</sup> /s	1000	14 kW	18,5 kW

*Tabella 5– Dimensionamento dei ventilatori*

La potenza elettrica chiamata è determinata in base alla seguente formula:

$$P = \frac{Q\Delta H}{\eta_{\text{globale}}}$$

In cui

- P: potenza elettrica chiamata (W)
- Q: portata di mandata (m<sup>3</sup>/s)
- $\Delta H$ : perdite totali di carico (Pa)
- $\eta_{\text{globale}}$  : rendimento complessivo

Si considera, in un primo approccio, un rendimento globale dell'ordine dello 0,5. Questo valore è fornito dal CETu (Centro Studi dei Tunnel) per le piccole macchine ( $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## 6. Regime di esercizio

Il sistema di ventilazione dei locali tecnici è stato progettato in modo da funzionare in modo completamente autonomo.

L'utilizzo di motori a doppia velocità consente di ottenere due regimi di esercizio:

- Un «regime di esercizio ridotto», che corrisponde al 50% della velocità nominale dei ventilatori
- Un «regime di esercizio nominale», che corrisponde alla portata nominale dei ventilatori di estrazione.

Il regime di esercizio nominale viene attivato quando nel locale tecnico la temperatura supera i 35°C.

Il sistema viene disattivato in caso di avvio di una sequenza di estrazione fumi.

## 7. Modi di funzionamento

Il modo nominale comprende un modo locale e un modo automatico:

- in «automatico» l'impianto funziona in modo autonomo grazie ad automatismi locali. L'operatore controlla tutti i cambiamenti di stato dell'impianto (avvio di un ventilatore, ecc.)
- il modo «manuale locale» è controllato dai comandi locali.