



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Galleria di Base del Brennero
Brenner Basistunnel BBT SE

AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN-VERONA

BRENNER BASISTUNNEL

AUSFÜHRUNGSPLANUNG
D0700: BAULOS MAULS 2-3

POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA
D0700: LOTTO MULES 2-3

TEILNEHMER: Zeitweilige Bietergemeinschaft
CONCORRENTE: Raggruppamento temporaneo di imprese



ASTALDI

(Mandataria/Federführendes Unternehmen)
ASTALDI S.p.A.
Via Giulio Vincenzo Bona, 65
00156 Roma



(Mandante/Auftragnehmer)



(Mandante/Auftragnehmer)



(Mandanti Cooptate/kooptierte Auftragnehmer)

AP209-A.1.3.0-R-01-00-00-B

A.1.2



SICUREZZA /
RIDUZIONE RISCHI

A.1.3



VENTILAZIONE /
QUALITÀ ARIA

A.2.1



SCAVI MECCANIZZATI

A.2.3



OTTIMIZZAZIONE
LOGISTICA

A.2.2



SICUREZZA
SCAVI MECCANIZZATI

A.2.4



GESTIONE
MATERIALI

Indice

1.	INTRODUZIONE.....	1
1.1.	Programma lavori.....	5
1.2.	Obiettivi della ventilazione.....	5
2.	DEFINIZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
3.	ANALISI DELLA SOLUZIONE DEL CLIENTE.....	7
3.1.	Descrizione.....	7
3.2.	Valutazione	7
3.3.	Sistema di ventilazione esistente.....	8
4.	ELEMENTI DI BASE PER IL DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE.....	11
4.1.	Esercizio regolare	11
4.2.	Caso d'evento	13
5.	SISTEMA DI VENTILAZIONE	15
5.1.	Criteri.....	15
5.2.	Sistema di ventilazione scelto	15
6.	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE.....	21
6.1.	Dimensionamento Galleria di Linea Nord	21
6.2.	Dimensionamento Galleria di Linea Sud.....	21
6.3.	Dimensionamento cunicolo esplorativo	21
6.4.	Dimensionamento galleria d'accesso TRENS	22
6.5.	Dimensionamento estrazione d'aria viziata a Mules.....	22
6.6.	Dimensionamento estrazione d'aria viziata nel cunicolo esplorativo.....	22
6.7.	Dimensionamento immissione d'aria a Mules.....	22
6.8.	Reimpiego dei componenti del sistema di ventilazione esistente.....	22
6.9.	Potenza elettrica	23
7.	GESTIONE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE	24
7.1.	Componenti della regolazione	24
7.2.	Gestione durante l'esercizio normale.....	25
7.3.	Gestione impianto nel caso d'evento	25
8.	ELEMENTI COSTRUTTIVI.....	35
8.1.	Chiuse	35
8.2.	Semplici paratie.....	35
8.3.	Porte e portoni.....	35
9.	COMPONENTI DELLA VENTILAZIONE	36
9.1.	Generalità.....	36
9.2.	Ventilatori	36
9.3.	Serrande.....	39
9.4.	Canali per l'aria	41
9.5.	Condotte.....	41
9.6.	Depolverizzatori	41
9.7.	Controllo e strumenti di comando	42
10.	BIBLIOGRAFIA	43
11.	ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI.....	44

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta in conformità con le richieste del bando di gara, al fine di migliorare l'impianto di ventilazione previsto nel progetto posto a base di gara incrementando la qualità degli ambienti di lavoro in sotterraneo e diminuendo gli impatti ambientali. Le richieste specifiche del bando di gara per la ventilazione possono essere riassunte in:

- coerenza della configurazione dell'impianto di ventilazione con le ipotesi organizzative e produttive;
- efficacia delle modalità di gestione dell'impianto di ventilazione durante il normale funzionamento ed in caso di emergenza;
- miglioramento della qualità dell'aria durante le fasi di lavoro con particolare riferimento alle fasi di scavo;
- impiego dell'impianto di ventilazione mezzo a disposizione da BBT.

La proposta tecnica individuata e descritta nei paragrafi che seguono risponde pienamente a quanto sopra richiesto.

In particolare il progetto della ventilazione è stato completamente rivisto modificando l'impostazione del progetto posto a base di gara al fine di migliorarne la gestione e l'efficacia.

Il sistema proposto si basa sul concetto di portare aria pulita direttamente ai fronti di scavo mediante un sistema di tubazioni flessibili che partono dai cameroni di Mules e sfrutta l'area ricavata al di sopra della soletta in calcestruzzo della finestra di Mules la cui esecuzione è anticipata nel programma lavori, come condotto di adduzione dell'aria fresca.

L'aria esausta viene smaltita in parte attraverso la finestra di Aica, in parte dalla finestra di Mules (nella parte inferiore) ed in parte attraverso una condotta posta all'interno della finestra di Mules.

Ottemperando alle richieste del bando, in tale configurazione è previsto il riutilizzo di tutto l'impianto (tubazioni e ventilatori) messi a disposizione da BBT.

Questa nuova configurazione, come meglio illustrato nei paragrafi successivi, consente di avere aria pulita direttamente ai fronti di scavo (dove si concentrano la quasi totalità del personale presente in galleria) e di non essere inquinata dai mezzi che percorrono i tunnel così come è previsto nel progetto esecutivo a base di gara.

La soluzione proposta consente di inoltre di incrementare la quantità di aria complessiva presente in galleria (fino a circa 450 m³/s contro i 325 m³/s previsti dal bando di gara) con il duplice scopo da una parte di migliorare la qualità dell'aria, dall'altra di poter effettuare un maggior numero di lavorazioni in contemporanea in sotterraneo.

Il sistema proposto non prevede l'apertura e chiusura di porte durante l'esercizio normale ma solo in caso di emergenza. Per tutta la durata del cantiere le porte sono costantemente aperte.

Il sistema posto a base di gara al contrario prevede l'apertura e la chiusura sistematica di doppie porte al passaggio di ogni singolo mezzo diretto al fronte di scavo aumentando la complessità e quindi il rischio di fermo per guasto meccanico.

La qualità dell'aria è stata inoltre indirettamente migliorata facendo ricorso all'impiego di mezzi elettrici per i trasporti del personale e parte dei materiali in galleria.

Inoltre il sistema consente in caso di emergenza di continuare a fornire di aria fresca tutte le gallerie e di isolare tramite delle porte (che vengono chiuse automaticamente in caso di allarme) il fornice oggetto dell'incidente.

In tal modo il personale può evacuare il tunnel percorrendo delle gallerie che sono comunque ventilate. L'aria viziata dell'incendio viene confinata nel tunnel in cui è accaduto l'incendio e successivamente aspirata tramite il sistema di ventilazione e spinta fuori dal sotterraneo tramite l'area ricavata nella parte alta della finestra di Mules.

Il sistema di ventilazione fa uso dei cavi termosensibili presenti che consentono in tempo reale di individuare la presenza di un incendio

all'interno delle gallerie e di attivare prontamente la ventilazione d'evento all'interno

del tunnel in funzione della zona in cui è occorso l'incidente.

Nella tabella seguente sono confrontati il sistema di ventilazione a base gara con il sistema offerto dal Concorrente.

Subcriterio	Descrizione	Base gara	Progetto offerto
A.1.3 "Miglioramento dell'impianto di ventilazione previsto nel progetto posto a base di gara, mirato a incrementare la qualità dell'aria negli ambienti di lavoro in sotterraneo e a diminuire gli impatti ambientali, anche in considerazione delle scelte operate relativamente al Criterio A.2), della possibilità di utilizzare l'impianto esistente, messo a disposizione da BBT SE a titolo di comodato d'uso gratuito."	Coerenza della configurazione dell'impianto di ventilazione proposta dal Concorrente, con le ipotesi organizzative e produttive assunte dallo stesso nella propria offerta	<p>La configurazione proposta dal committente appare coerente.</p> <p>Le quantità d'aria e le ripartizione nei singoli settori per le differenti fasi di cantiere sono verificate in dettaglio.</p> <p>Non è tuttavia chiaro la conseguenza del fatto che ampi settori vengono ventilati con aria viziata di ritorno.</p>	<p>Il sistema di ventilazione di cantiere è dimensionato così da garantire una copertura generosa del fabbisogno d'aria fresca in tutti i settori di galleria e durante tutte le fasi di cantiere.</p> <p>Le quantità d'aria e le ripartizione nei singoli settori per le differenti fasi di cantiere sono verificate e mostrate in dettaglio nel rapporto.</p> <p>Il sistema proposto nel bando di gara è quindi decisamente migliorato</p>

Subcriterio	Descrizione	Base gara	Progetto offerto
	Qualità delle soluzioni proposte atte a migliorare la qualità dell'aria durante le fasi di lavoro, con particolare riferimento alle fasi di scavo, sia meccanizzato che tradizionale;	<p>Sistema a circolazione d'aria nelle gallerie di linea.</p> <p>L'aria fresca necessaria ai fronti scorre lungo le gallerie prima di arrivare ai cantieri di scavo, così da arrivare in parte carica di inquinanti dei vari macchinari in funzione lungo la galleria.</p> <p>La finestra di Mules e le gallerie di linea dove vi sono importanti emissioni di macchinari devono essere sovralimentate affinché ai fronti di scavo arrivi una quantità sufficiente d'aria fresca.</p> <p>La canna opposta alla galleria di linea in cui scorre l'aria di ritorno dai fronti riceve aria viziata dalle emissioni di due scavi e dei veicoli nella galleria di linea. Per poter fornire una sufficiente qualità dell'aria per i lavori di retrolinea che vi si svolgono, è necessario un grande quantitativo d'aria.</p> <p>Le perdite delle condotte che aspirano l'aria viziata alla fine della canna opposta contaminano ulteriormente l'aria fresca in immissione.</p>	<p>Sistema a insufflazione d'aria nelle gallerie di linea.</p> <p>Tutti i fronti di scavo sono alimentati con aria fresca non contaminata portata mediante condotte direttamente dall'esterno</p> <p>In seguito alle perdite d'aria fresca nel camerone di ventilazione e lungo le condotte verso i fronti di scavo si ha una sorta di ventilazione semi-trasversale nelle gallerie a tutto vantaggio dei vari cantieri nelle retrolinee.</p>

Subcriterio	Descrizione	Base gara	Progetto offerto
	Efficacia delle modalità di gestione dell'impianto durante il normale funzionamento ed in caso di emergenza;	La gestione dell'impianto di ventilazione è particolarmente complicata per vie delle vie d'aria complesse.	La gestione dell'impianto di ventilazione è manifestamente semplificata per via del concetto unico di ventilazione dei fronti di scavo In caso d'evento il settore colpito può venir isolato mediante semplici misure, mentre gli altri settori possono venir ventilati separatamente.
	Modalità di utilizzo dell'impianto messo a disposizione da BBT-SE a titolo di comodato d'uso gratuito, per tutta la durata dell'appalto o per un periodo limitato, in base alle proprie esigenze.	- non considerato	I ventilatori esistenti vengono impiegati nel nuovo sistema di ventilazione, così come le condotte flessibili esistenti. I dettagli del reimpiego sono illustrati nel rapporto.

Subcriterio	Descrizione	Base gara	Progetto offerto
	Grado di completezza ed efficacia delle soluzioni proposte.	<p>La soluzione proposta lascia questioni aperte.</p> <p>In conseguenza del sistema di ventilazione a circolazione d'aria nella tubo dove scorre l'aria di ritorno si creano condizioni insufficiente dal punto di vista igienico per i lavori di retrolinea. Questo fatto limita l'efficienza dei processi di cantiere.</p> <p>Il permanente impiego di chiuse / portoni in alcuni settori di galleria limita la logistica di cantiere. en risulta inoltre un'accresciuto rischio di disturbo.</p>	<p>La soluzione è illustrata completamente.</p> <p>Concetto e quantità d'aria per l'esercizio normale sono dimensionati in modo che in tutti i settori di galleria, inclusa la finestra di Mules, vi siano buone condizioni di lavoro e sufficienti riserve dal punto di vista della qualità dell'aria.</p> <p>Chiuse e portoni vengono chiusi solo in caso d'evento. Tutte le via d'accesso ai cantieri in galleria sono liberamente accessibili durante l'esercizio normale.</p>

1.1. Programma lavori

Il concetto di ventilazione allegato al bando di gara, documento [5], è sviluppato sulla base dello specifico programma lavori. In conseguenza alla modifica delle tempistiche di cantiere richiesta, l'attuale programma lavori [1] ha subito modifiche sostanziali rispetto al programma lavori contenuto nel bando di gara. Ne consegue anche una modifica delle quantità d'aria necessarie sul cantiere per le varie fasi di lavoro.

Una parte principale di questo documento è perciò dedicata alla verifica della quantità di aria necessaria nei vari settori del cantiere durante le varie fasi di costruzione, quantità d'aria necessaria per raggiungere gli obiettivi di ventilazione seguenti e illustrata nel Capitolo 4.1

Per il calcolo dei quantitativi d'aria necessari sono considerate le emissioni come indicate nei documenti del bando di gara, anche se con le

macchine richieste le emissioni effettive saranno del 20-35% inferiori (come indicato nel capitolo 4.1.1). Ne consegue una generosa riserva e un importante potenziale di miglioramento nella fase di realizzazione.

1.2. Obiettivi della ventilazione

L'obiettivo primario della ventilazione di cantiere consiste nel fornire la quantità d'aria necessaria per il personale e per diluire le emissioni dei macchinari diesel di cantiere e dei veicoli di trasporto. La diluizione deve permettere di soddisfare le esigenze circa al concentrazione di inquinanti massima permessa sul posto di lavoro. Questi obiettivi di ventilazione sono descritti in dettaglio nel capitolo 4.1.1.

Un ulteriore obiettivo della ventilazione di cantiere consiste nel supportare l'autosalvataggio del personale in caso d'evento in galleria. In funzione del luogo d'incendio devono venir garantiti dei settori liberi da fumo. I vari dettagli sono illustrati nei capitoli 4.2, 5.2.2 e 7.3.

Oltre a ciò, la ventilazione di cantiere contribuisce allo smaltimento del calore prodotto dal cantiere tramite l'impiego del raffreddamento di cantiere, raffreddamento che non è oggetto di questo documento.

2. DEFINIZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

Le norme utilizzate e la bibliografia sono elencate nel capitolo 10.

Valgono in prima linea le disposizioni delle leggi italiane per la ventilazione in sotterraneo, vedi [11], per la sicurezza sul lavoro, vedi [12], e le disposizioni per lo scavo in terreni grisutosi [13].

Per il lotto in oggetto, valgono inoltre anche le disposizioni della provincia Bolzano - Alto Adige in materia di inquinamento acustico.

Oltre alle disposizioni sopra elencate, sono state prese come base la normativa svizzera SIA 196 [16], il BauV austriaco [17] e le raccomandazioni per la protezione sul lavoro svizzere SUVA [18] e [19].

3. ANALISI DELLA SOLUZIONE DEL CLIENTE

3.1. Descrizione

La soluzione proposta dal cliente prevede, per gli scavi delle gallerie di linea, di passare dal sistema a circolazione d'aria attualmente installato in cantiere, che non richiede chiuse durante la ventilazione normale, ad un sistema a insufflazione d'aria con chiuse.

Nelle prime fasi di costruzione il sistema a circolazione d'aria è previsto nelle due canne della galleria di linea nord. Per le due canne della galleria di linea sud viene impiegato inizialmente il sistema a insufflazione d'aria. Nelle fasi successive, durante lo scavo in tradizionale, viene installato il sistema a circolazione.

Elementi principali del sistema a circolazione d'aria sono le chiuse impiegate anche durante la ventilazione normale per separare aerodinamicamente la canna ovest della galleria di linea dalla finestra di Mules e poste al piede di quest'ultima.

Il passaggio d'aria dalla canna est alla canna ovest avviene tramite l'apertura del cunicolo più vicino al fronte di scavo. Tutti gli altri cunicoli devono essere chiusi.

L'aria viziata delle gallerie di linea viene aspirata tramite ventilatori presso le citate chiuse e convogliata nella volta della finestra di Mules tramite condotte flessibili. Da lì è poi spinta fino al camino posto nel camerone di ventilazione.

L'aria fresca viene aspirata per sottopressione attraverso il portale della finestra di Mules e convogliata al piede della finestra nella canna est della galleria di linea. L'aria per l'alimentazione dei cantieri di scavo viene poi risucchiata con dei ventilatori posti in prossimità dei fronti e condotta ai singoli fronti di scavo tramite condotte flessibili.

3.2. Valutazione

In Figura 1 sono indicate schematicamente le differenze dei due sistemi di ventilazione citati sopra. Nella sezione libera della finestra di Mules scorre aria fresca (sistema a circolazione d'aria) o aria viziata (sistema a insufflazione d'aria).

I sistemi di ventilazione sono valutati in funzione della qualità dell'aria per il personale, della sicurezza per il personale, del consumo energetico e dei costi dell'impianto.

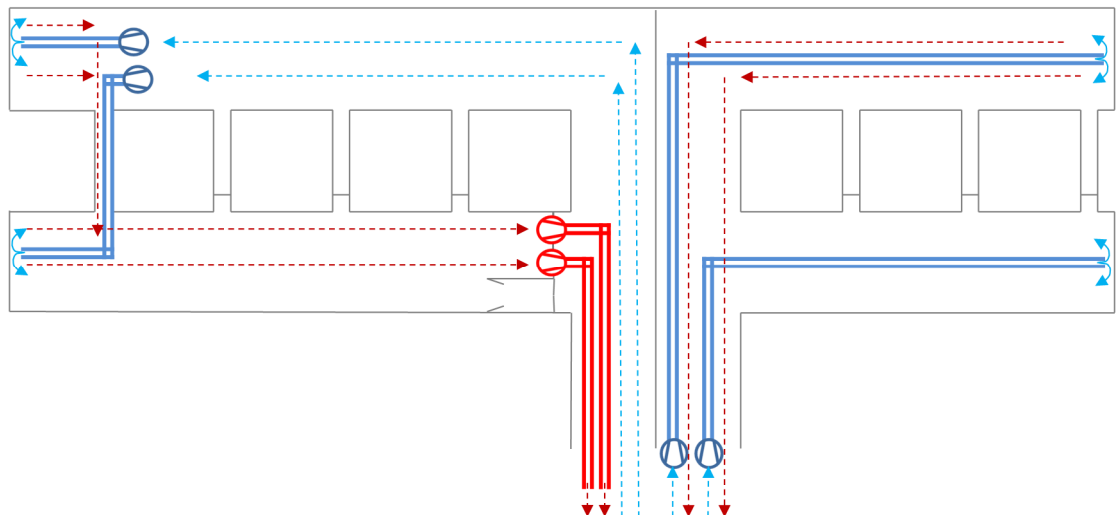


Figura 1: Confronto tra i principi, sinistra: sistema a circolazione d'aria con chiuse; destra: insufflazione d'aria senza chiuse. In blu ventilatori di immissione, in rosso ventilatori di estrazione.

3.2.1. Valutazione del sistema a circolazione d'aria

Qualità dell'aria:

Se si considera solamente la diluizione degli inquinanti presenti ai fronti, escluse quindi ulteriori emissioni nelle retrovie delle gallerie, e a parità di quantità d'aria impiegata, i due sistemi non presentano sostanziali differenze circa qualità dell'aria.

Se invece si considerano anche le attività di retrolinea nelle gallerie, ne risulta una situazione differenziata.

Con il sistema a circolazione d'aria l'aria che arriva ai fronti di scavo è già in parte viziata dalle emissioni diesel dei vari mezzi di trasporti impiegati. In prossimità della chiusa, dove l'aria viziata viene aspirata per essere convogliata all'esterno, l'aria è carica delle emissioni dei mezzi che si muovono in entrambe le gallerie. Per poter garantire anche presso la chiusa una qualità dell'aria sufficiente a soddisfare le prescrizioni per la protezione dei lavoratori sono necessari fin dall'inizio grossi quantitativi d'aria e di conseguenza una delle due canne è ventilata oltre necessità. L'aria viziata scorre lungo la finestra di Mules attraverso condotte flessibili. In conseguenza delle inevitabili perdite, l'aria fresca che entra lungo la sezione libera della stessa galleria viene in parte contaminata.

Sicurezza:

Con la configurazione data per il sistema a circolazione d'aria a regime normale è possibile estrarre i fumi d'incendio da entrambe le gallerie senza che questo invada la finestra di Mules. D'altra parte in regime di ventilazione normale le due canne vicine sono collegate aerodinamicamente, così che il fumo d'incendio può propagarsi velocemente in entrambe le canne se non vengono prese specifiche misure.

Logistica:

L'accesso alla canna ovest delle G.L. è intensamente trafficato durante l'avanzamento e il rivestimento dai veicoli da e verso il cantiere. La chiusa inserita in questa canna ha importanti ricadute e limitazioni sulla logistica di cantiere.

3.2.2. Valutazione del sistema a insufflazione d'aria

Qualità dell'aria:

Tramite l'immissione diretta di aria non viziata ai fronti di scavo, si raggiunge la massima qualità dell'aria. Lungo il percorso di ritorno dell'aria usata al fronte sulla sezione piena della galleria si aggiungono man mano gli inquinanti diesel dei mezzi di trasporto e di lavoro utilizzati nelle retrovie. In seguito alle inevitabili perdite delle condotte flessibili viene rilasciata aria fresca lungo tutta la galleria. Ciò permette una ulteriore diluizione delle emissioni diesel, del tipo di una ventilazione semi-trasversale come quella impiegata nelle gallerie stradali.

Sicurezza:

Il sistema si basa su una completa separazione aerodinamica delle gallerie vicine. Anche in regime di ventilazione normale il fumo presente in una canna non può facilmente propagarsi alla seconda canna, così che la canna opposta è sempre a disposizione come zona sicura per il personale.

Logistica:

Il sistema presentato non prevede ostruzioni alle vie d'accesso nelle gallerie verso i luoghi di lavoro tramite chiuse durante l'esercizio normale.

3.3. Sistema di ventilazione esistente

Attualmente è installato sul cantiere un sistema di ventilazione impiegato per le fasi preparatorie.

Figura 2 mostra schematicamente il sistema a disposizione, come descritto nel bando di gara.

L'aria fresca esterna viene aspirata al portale tramite due grandi ventilatori assiali e inviata con condotte flessibili nella finestra di Mules.

Nel cunicolo si trova un distributore, a cui sono collegate con ventilatori dedicati le condotte per i singoli avanzamenti.

L'aria fresca è inviata ai cantieri dei fronti di scavo tramite queste condotte flessibili e ritorna, come aria viziata, attraverso la sezione piena alla finestra di Mules e di lì verso l'esterno.

Secondo quanto descritto nella documentazione messa a disposizione sono presenti i seguenti elementi:

- 2 ventilatori assiali a uno stadio, 250 kW, Ø 1600 mm
- 2 ventilatori assiali a uno stadio, 220 kW, Ø 1400 mm
- 2 ventilatori assiali a uno stadio, 110 kW, Ø 1600 mm
- 2 ventilatori assiali bistadio, 2 x 160 kW, Ø 1600 mm
- ca. 4 km Lutte Ø 2200 mm, max. 4.5 kPa
- ca. 3 km Lutte Ø 2400 mm, max. 4.1 kPa
- ca. 1.3 km Lutte Ø 1600 mm, max. 6.2 kPa
- ca. 1.4 km Lutte Ø 1200 mm, max. 7.1 kPa
- ca. 1.2 km Lutte Ø 1000 mm, max. 8.3 kPa

Le condotte flessibili sono in materiale di qualità Y, da cui le pressioni massime consentite indicate sopra. Il grado di perdite non è conosciuto, considerato che si tratta di materiale usato. I valori corrispondono verosimilmente alla Categoria A della SIA 196.

È ragionevole integrare gli elementi del sistema attuale nel nuovo sistema di ventilazione di cantiere. La progettazione del nuovo sistema di ventilazione prevede il reimpiego di quanto già presente, vedi capitolo 6.8.

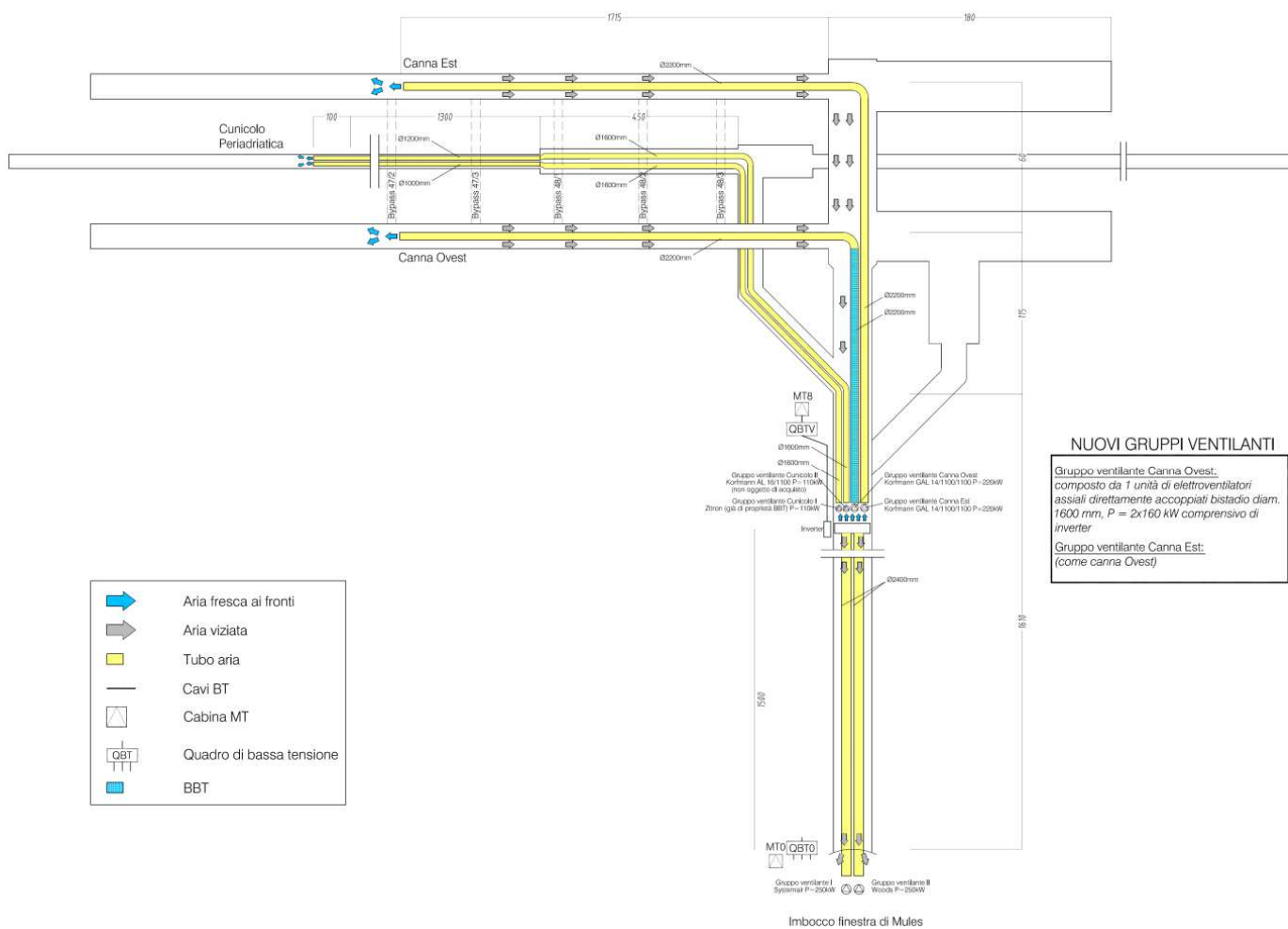


Figura 2: Ventilazione di cantiere esistente (Fonte:BBT)

4. ELEMENTI DI BASE PER IL DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE

4.1. Esercizio regolare

Per stabilire la quantità d'aria fresca necessaria per l'esercizio normale sono da definire valori limite di progettazione per gli inquinanti (particolato e gas).

4.1.1. Obiettivi della ventilazione

Lo scopo della ventilazione di cantiere in caso di esercizio normale è di fornire al personale sul posto di lavoro aria con una qualità adeguata. Ciò comporta i seguenti obiettivi:

- Garanzia del normale contenuto d'ossigeno nell'aria;
- Rispetto dei valori di soglia della concentrazione sul posto di lavoro dei gas nocivi emanati dalla montagna (metano, acido solfidrico H₂S, anidride carbonica CO₂, radon) (cfr. direttiva [19]);

- Rispetto dei valori di soglia della concentrazione sul posto di lavoro dei gas nocivi e del particolato emanati dai macchinari di cantiere (particolato, anidride carbonica CO₂, ossido di carbonio CO, ossido d'azoto NO);
- Rispetto dei valori di soglia della concentrazione di polveri inerti da spruzzo o da altre lavorazioni con calcestruzzo, dalla roccia a seguito dello scavo e della smarinatura;
- Protezioni del personale dai fumi tossici delle esplosioni;
- Prevenzione della raccolta e della stratificazione di gas esplosivi o tossici (p.es. CH₄, CO₂, radon) in ricettacoli o presso le volte;
- Garanzia di umidità e temperatura sopportabili sul cantiere.

Il dimensionamento del sistema di ventilazione per raggiungere tali obiettivi comporta: la definizione di quantità d'aria per persona e per unità di potenza dei motori diesel e la definizione di valori di soglia di velocità d'aria (cfr. Tabella 1). Tali valori sono presi dal rapporto di ventilazione e raffreddamento di cantiere, BBT [4].

Tabella 1: Basi per il calcolo del quantitativo d'aria fresca

Situazione	Base di calcolo
Apporto di aria fresca per lavoratore	$\geq 3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{lavoratore}$
Apporto d'aria fresca per la diluizione di sostanze nocive di motori diesel	$\geq 3.18 \text{ m}^3/(\text{min}, \text{kW})$ [kW: potenza di nominale]
Velocità dell'aria nella sezione libera della galleria	$\geq 0.2 \text{ m/s}$ $\leq 5.0 \text{ m/s}$
Velocità dell'aria nella sezione in presenza di metano (prevenzione della stratificazione dei gas naturali)	$\geq 0.5 \text{ m/s}$

Il fabbisogno d'aria fresca per i lavoratori e quello per diluire le sostanze nocive dei motori diesel non sono cumulativi: si applica per ciascun caso il massimo di entrambi i valori.

Come base per il calcolo dell'aria fresca necessaria per diluire le emissioni diesel vale quanto segue.

L'apporto d'aria fresca per la diluizione delle sostanze nocive dei motori diesel viene espresso in $\text{m}^3/(\text{min}, \text{kW})$. Il valore limite imposto dalla

legislazione italiana di $\text{m}^3/(\text{min PS})$, corrispondente a $5.44 \text{ m}^3/(\text{min kW})$, risale all'anno 1956 e non tiene conto né dei grandi progressi della tecnica motoristica intercorsi da allora, né del continuo inasprimento delle normative circa le emissioni dei motori e circa la concentrazione di sostanze nocive sui cantieri.

In [4] viene perciò preso in considerazione una riduzione del 42% con un valore di $3.18 \text{ m}^3/(\text{min kW})$. Questo valore è considerato come base per il presente dimensionamento.

Le prescrizioni contrattuali in [2] richiedono l'impiego di veicoli della classe EURO 4 e 5 secondo le linee guida 99/96/EG o dotati di filtri per particolato così come macchinari diesel con una potenza superiore ai 37 kW che rispettano il massimo valore d'emissione indicato nell'impianto I, 4.2.3 §9, paragrafo 3 delle linee guida 97/68/EG (autorizzazioni dopo il 31.12.2000). Ciò comporta macchinari con standard di emissioni della categoria II o migliori.

Considerando le emissioni dei veicoli EURO 4 e 5 così come i valori MAK per la polvere A ($3 \text{ mg}/\text{m}^3$) e per il CO ($35 \text{ mg}/\text{m}^3$) basterebbero ca. $2 \text{ m}^3/(\text{min kW})$ per una diluizione rispettosa dei limiti imposti. Per macchine della categoria II meglio sarebbero ca. $2.5 \text{ m}^3/(\text{min kW})$.

Nei calcoli per il dimensionamento della ventilazione del presente documento si mantiene il valore conservativo di $3.18 \text{ m}^3/\text{min kW}$, indicato in [4]. Ciò comporta una riserva nei flussi d'aria calcolati del 20% per le macchine di cantiere e di oltre il 35% per i camion.

L'impiego di veicoli a basse emissioni come richiesto nel bando di gara, comporta una migliore qualità dell'aria nei cantieri in galleria rispettivamente contiene riserve, p. es. per eventuali brevi picchi d'emissioni.

A titolo informativo nei calcoli delle quantità d'aria dei singoli processi sono perciò indicate le quantità d'aria calcolate su queste basi (Allegato 1.3).

Per quel che riguarda la concentrazione di ossigeno l'esperienza indica che l'apporto d'aria fresca per diluire le emissioni diesel è sufficiente a garantirne il valore prescritto.

4.1.2. Calcolo della quantità d'aria

Per rispettare i valori limite di progettazione citati nei paragrafi 4.1.1 si deve eseguire un calcolo per determinare la quantità d'aria fresca necessaria. Questa quantità d'aria si basa sul comportamento delle emissioni dei veicoli così come sui procedimenti di costruzione scelti.

Il parco macchine alla base della presente pianificazione, documentato nell'allegato 1.1 si basa sulle ipotesi di logistica oggetto della proposta tecnica e descritte in maggior dettaglio nella relazione relativa al criterio A.2.3. Le prescrizioni per le macchine sono specificate nella relazione [2], 6.2.

Durante il normale esercizio del cantiere il fabbisogno d'aria fresca si basa sul fabbisogno più gravoso necessario per:

- le squadre di lavoro;
- l'impiego complessivo di mezzi e macchinari;
- la diluizione dei gas naturali presenti.

Tale valore sarà calcolato applicando le quantità d'aria specifiche e le minime velocità di flusso indicate nella Tabella 1 nonché la lista dei macchinari dell'Allegato 1.1.

Il calcolo delle quantità d'aria fresca nelle varie fasi di cantiere è illustrato nell'Allegato 1.3.

I macchinari e il personale impiegato per ogni fase di costruzione per una data sezione di galleria e i relativi quantitativi di aria fresca necessari per fase sono indicati nell'Allegato 1.3. Questi dati si basano sulle indicazioni di [4] modificate in base ai processi di costruzioni e all'impiego di macchinari considerati dall'offerente.

Il fabbisogno globale deve essere apportato nei settori di ventilazione dove sono attivi i cantieri. Ciò include anche il fabbisogno destinato ai veicoli da trasporto, le cui emissioni saranno tuttavia diluite là dove sono emanate, dato che i mezzi di trasporto circolano nel flusso d'aria lungo la piena sezione trasversale di gallerie, cunicoli e finestre.

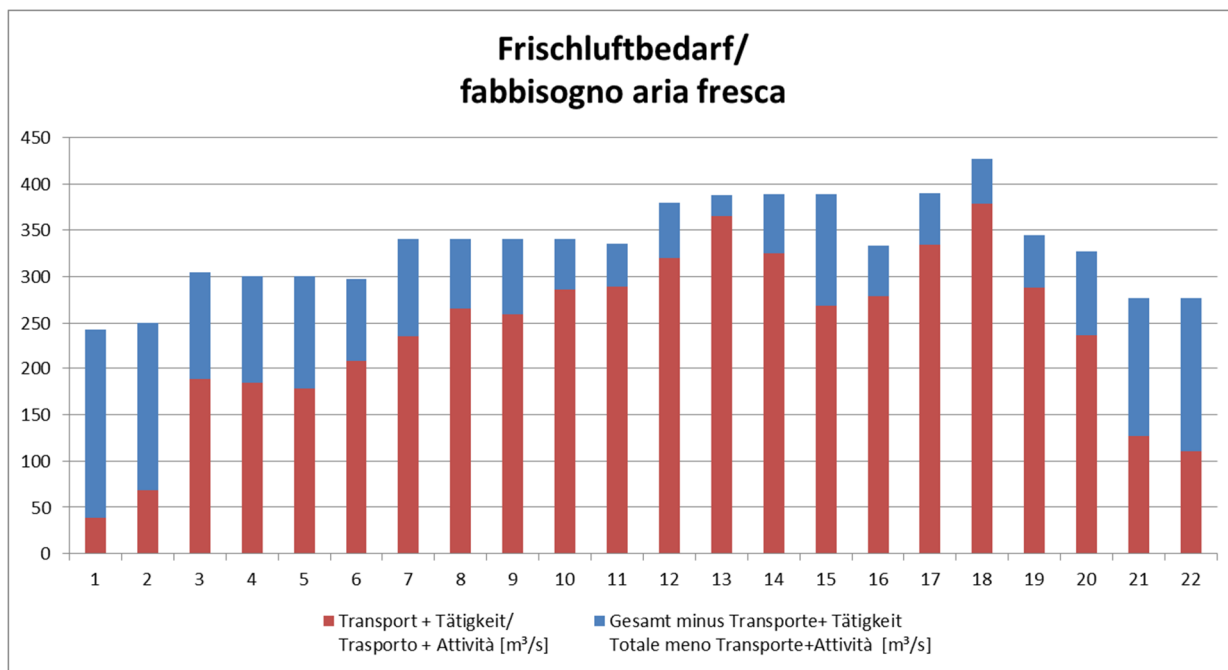


Figura 3: Fabbisogno d'aria fresca necessario suddiviso per fasi

4.1.3. Depolverizzazione degli scavi

Tanto gli scavi all'esplosivo quanto quelli con fresa, come pure le proiezioni di calcestruzzo comportano l'emissione di grandi quantità di polvere che deve essere aspirata e separata dall'aria con un depolverizzatore. La cattura della polvere avviene al fronte di scavo o presso lo scudo della fresa tramite un ventilatore che spinge l'aria attraverso un depolverizzatore prima che questa venga rilasciata nella sezione piena del cunicolo o della galleria.

4.1.4. Depolverizzazione durante la smarinatura

Durante la smarinatura al fronte di scavo la depolverizzazione può alternativamente avvenire per abbattimento delle polveri con getti d'acqua.

L'esperienza mostra che la smarinatura a nastro o con trenino produce grandi quantità di polveri che possono essere abbattute se il nastro o il trenino vengono fatti transitare attraverso cortine d'acqua poste ad intervalli regolari.

4.1.5. Fumi d'esplosione

Le potenze di ventilazione sono da definirsi in modo che nella sezione più grande della galleria o del cunicolo vi sia una velocità del flusso d'aria di almeno 0.3 m/s (cfr. SIA 196 [16]).

Questo valore, valido per una pausa fra due brillamenti di 15 minuti, assicura la protezione della squadra contro i fumi d'esplosione.

Tale requisito è soddisfatto dalla quantità d'aria fresca necessaria risultate dai calcoli.

4.2. Caso d'evento

In caso d'evento, la ventilazione di cantiere deve soddisfare le seguenti esigenze:

- Con l'aiuto della ventilazione devono essere garantiti dei settori sicuri e privi di fumo per l'autosalvataggio.
- Mantenere le vie di fuga il più possibile libere da fumo.
- Supportare l'accesso al luogo d'incendio con mezzi di soccorso / spegnimento d'incendio.

- Altri luoghi di lavoro devono restare liberi da fumo e il fumo deve venir evacuato in maniera controllata.
- Supportare il ripristino delle normali condizioni di lavoro (in particolare l'evacuazione del fumo) dopo lo spegnimento dell'incendio.

Le esigenze in caso d'evento vengono soddisfatte con i seguenti impianti:

- Gli stessi componenti dell'impianto di ventilazione per l'esercizio regolare.
- Chiuse, portoni e paratie aggiuntive. Servono a separare aerodinamicamente i diversi settori di ventilazione. Affinché la loro funzionalità sia mantenuta anche in caso d'incendio nelle immediate vicinanze; devono essere composte da materiale ignifugo.
- Tra la Galleria di collegamento G.L.-C:E. e il Ramo A nel cunicolo esplorativo è installata una chiusa con due ventilatori. Il suo utilizzo è principalmente previsto in caso d'evento.

Per il personale in galleria sono previsti inoltre i seguenti elementi specifici della sicurezza, propri del concetto generale della sicurezza di cantiere:

- Ogni persona in galleria dispone di un autorespiratore ed è istruito sul suo utilizzo.
- Il personale è istruito sul comportamento in caso d'evento.
- Lungo le gallerie, in particolare ai fronti di scavo, sono installati dei container di salvataggio.

5. SISTEMA DI VENTILAZIONE

Il sistema di ventilazione proposto differisce da quello indicato nel bando di gara, ed è considerato più adatto in base ad una serie di criteri elencati di seguito.

5.1. Criteri

Per la valutazione del sistema sono stati considerati i seguenti criteri (in ordine di importanza): sicurezza, qualità dell'aria, Impatto ambientale, efficienza e logistica.

5.1.1. Criterio sicurezza

Una chiara separazione degli spazi d'aria nelle singole gallerie è ritenuto un vantaggio. Lo svantaggio che deriva dalla conduzione dell'aria viziata nella sezione libera dove si trovano vari mezzi, può venir compensata tramite adeguate misure (vedi capitolo 5.2.2).

5.1.2. Criterio qualità aria

La qualità dell'aria al fronte di scavo è ritenuta prioritaria. Il sistema a insufflazione d'aria garantisce da questo punto di vista la miglior qualità. Una verifica dei processi di lavoro mostra come, per le attività di retrolinea in galleria, si raggiunge una migliore qualità d'aria in ampie parti di galleria se si rinuncia al sistema a circolazione d'aria.

5.1.3. Criterio situazione ambientale

L'aria viziata in galleria soddisfa in tutti i settori le esigenze della sicurezza sul lavoro per quanto riguarda le concentrazioni di sostanze inquinanti. Ne consegue che non vi è alcun carico

ambientale rilevante nell'ambiente circostante. Queste considerazioni valgono per entrambi i sistemi di ventilazione. Per quanto riguarda l'inquinamento acustico, entrambi i sistemi di ventilazione a partire dalla fase di cantiere 4 prevedono l'installazione di ventilatori all'interno delle gallerie. Si può quindi concludere che per entrambi i sistemi l'ambiente circostante resta ben protetto dai rumori generati dal funzionamento dei ventilatori.

5.1.4. Criterio di efficacia logistica

In caso di attività di retrolinea contemporanee con lo scavo al fronte in tutte le gallerie è possibile organizzare in modo più efficiente i vari processi di cantiere. In caso di ventilazione a circolazione d'aria ciò è possibile solo con l'impiego di grandi quantità d'aria, così che si raggiunge rapidamente il limite della velocità massima d'aria permessa nelle gallerie d'immissione e estrazione, considerato che in queste gallerie trafficate vale il limite per la velocità massima dell'aria. Il sistema a insufflazione d'aria permette in questa situazione una pianificazione più efficiente dei processi di cantiere.

5.2. Sistema di ventilazione scelto

Il sistema è stato progettato esplicitamente per evitare l'impiego di chiuse e di portoni sempre chiusi nelle gallerie durante l'esercizio normale (differentemente da quanto contenuto nel progetto del cliente).

La descrizione seguente si riferisce al sistema di ventilazione completo e nel suo stato finale. Le varie fasi transitorie sono indicate nell' Allegato 2

Parallelamente alla sicurezza, è stata data priorità all'alimentazione dei fronti di scavo con aria fresca.

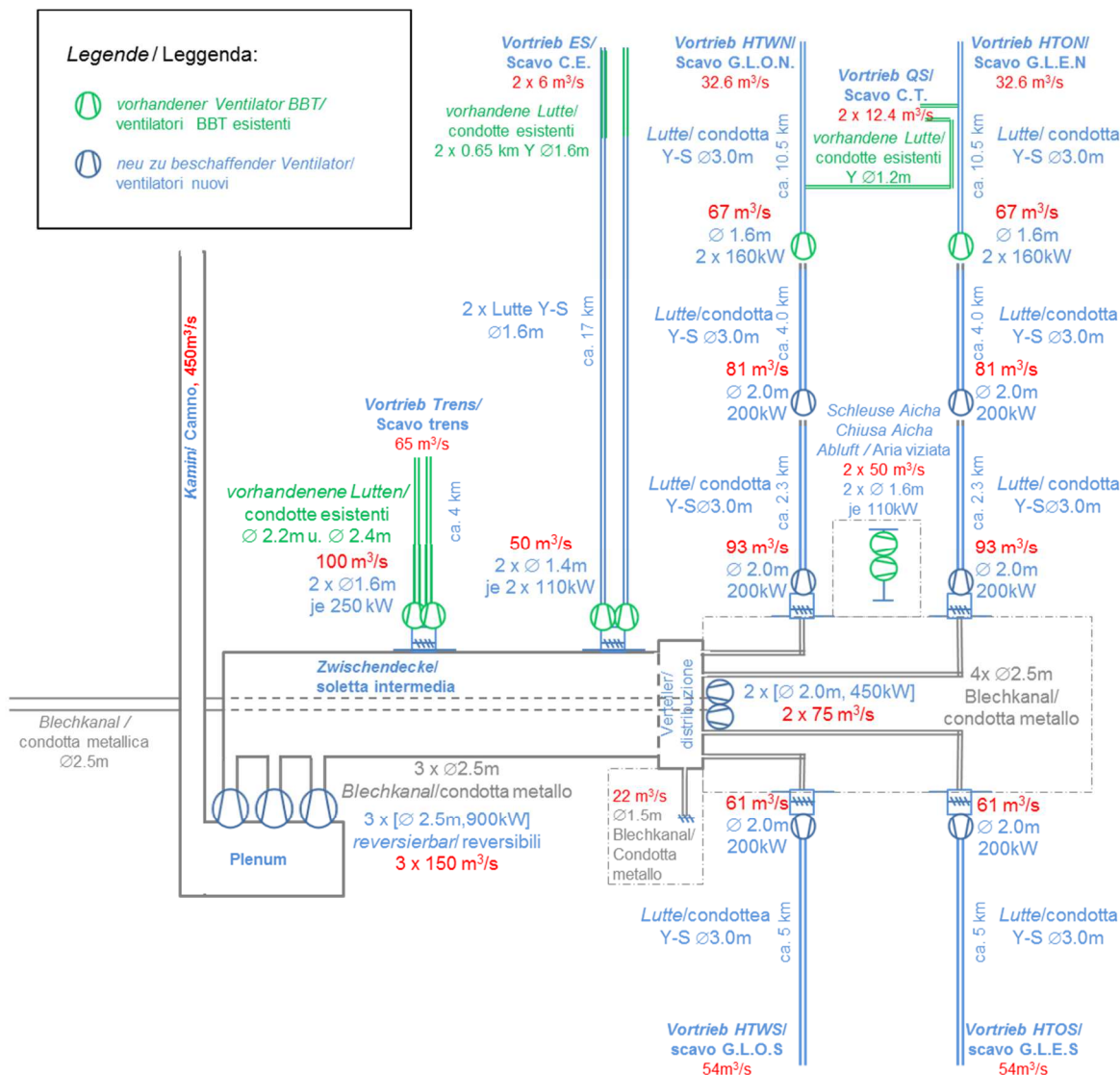


Figura 4: Schema dell'impianto di ventilazione nella sua massima estensione

Principio:

Vedi Figura 4. Ogni fronte di scavo viene ventilato direttamente con aria fresca portata dall'esterno mediante condotte flessibili, evitando così di mischiarla con aria carica di inquinanti delle emissioni dei macchinari di cantiere.

Dai fronti di scavo ritorna al piede delle gallerie defluendo attraverso la sezione libera e viene man mano rinfrescata con l'aria che fuoriesce lungo le condotte (perdite) verso il fronte.

Per il dimensionamento dei quantitativi necessari per ogni settore è considerata l'aria che defluisce

dalla galleria - compresa quindi anche l'aria che fuoriesce dalle condotte.

5.2.1. Configurazione per l'esercizio regolare

Aria fresca esterna – Immissione

L'aria esterna necessaria per la ventilazione viene aspirata dal culmine del camino di ventilazione al portale di Mules.

Vengono prese le necessarie misure affinché l'aria fresca venga aspirata nel camino di ventilazione indipendentemente dalle condizioni meteo.

L'aria viene aspirata dal raccoglitore al piede del camino tramite 3 ventilatori posti nel camerone di ventilazione e convogliata tramite tre condotte metalliche con diametro di 2.5 m nella finestra, vedi piano.

Questi ventilatori sono reversibili così che in caso di necessità si può estrarre i fumi d'incendio e espellerli attraverso il camino di ventilazione.

Le condotte metalliche sono collegate al canale di ventilazione posto sopra la soletta intermedia nella finestra di Mules. La soletta viene realizzata prima della messa in servizio del sistema di ventilazione nella fase di cantiere 3.

Una costruzione provvisoria in metallo estende la soletta intermedia fino all'imbocco della G.L. ovest, in maniera da creare un canale di ventilazione continuo.

Al termine di questo canale è installato un distributore in metallo, a cui sono collegati le quattro condotte metalliche che portano agli imbocchi delle due G.L. nord e delle due G.L. sud e una condotta metallica per la caverna logistica al piede della finestra di Mules, vedi piano.

Questo impianto permette di alimentare con immissione d'aria fresca tutti e sei le gallerie dove vi sono fronti di scavo, come descritto in dettaglio di seguito.

Per il caso d'evento con fumi incendio questo sistema di ventilazione permette di aspirare aria da settori di galleria definiti tramite inversione dei ventilatori nel camerone di ventilazione, come descritto nel capitolo 5.2.2.

Ventilazione delle Gallerie di Linea

All'inizio di ogni galleria di linea nord e sud in prossimità delle rispettive chiusa è installato un blocco serrande, posto in volta e collegato con la condotta metallica proveniente dal distributore al piede di Mules, vedi piano

In questo blocco si trovano due serrande a gestione remota.

Una serranda (verticale) regola l'immissione d'aria fresca nelle condotte flessibili della galleria durante l'esercizio normale, la seconda serranda (posta orizzontalmente sul lato inferiore) permette secondo necessità l'immissione d'aria fresca nella sezione piena della galleria o l'estrazione dei fumi.

Durante l'esercizio normale la serranda verticale è aperta e quella orizzontale è chiusa.

Dietro alla serranda verticale è fissato un ventilatore collegato ad una condotta flessibile di 3.0 m di diametro.

Questa condotta porta l'aria fresca lungo la galleria fino al fronte di scavo.

Considerata la grande estensione delle gallerie, fino a 15 km, per compensare le perdite di pressione nelle condotte flessibili sono necessari due stazioni con ventilatore di rilancio per galleria, vedi piano.

Le distanze tra le stazioni con ventilatore di rilancio sono definite singolarmente così da richiedere lo stesso tipo di ventilatore di rilancio per stazione (diametro e potenza uguali).

Ventilazione della caverna logistica

La caverna logistica si trova nelle immediate vicinanze del distributore al piede della finestra di Mules.

Dal distributore parte una condotta metallica con diametro 2.5 m che immette l'aria fresca all'inizio della caverna logistica.

Una serranda a gestione remota alla fine della condotta permette di regolare l'immissione d'aria fresca. In caso di necessità i fumi d'incendio possono venir aspirati attraverso la condotta.

Ventilazione del cunicolo esplorativo

Dalla finestra di Mules poco prima dell'incrocio con la galleria di linea si diparte il Ramo A che conduce al cunicolo esplorativo.

In questo punto viene presa l'aria fresca dal canale di ventilazione sopra soletta intermedia nella finestra di Mules.

Un blocco serrande uguale a quelli posti all'inizio delle gallerie di linea nord e sud è installato presso la chiusa e permette tramite la regolazione delle serrande la scelta tra l'immissione di aria fresca nelle condotte o sulla piena sezione del cunicolo o l'aspirazione dei fumi d'incendio dal Ramo A.

Al blocco serrande sono fissati due ventilatori del sistema di ventilazione esistente da 110 kW. I ventilatori immettono aria in due condotte flessibili dal diametro di 1.6 m che raggiungono, attraverso il Ramo A e lungo il cunicolo esplorativo il fronte di scavo vero nord.

Considerata la ridotta quantità d'aria necessaria al fronte rispetto ai fronti delle G.L. e considerato l'impiego di condotte flessibili di qualità Y e S (a condizione che vi sia una regolare

manutenzione), non sono necessarie stazioni con ventilatore di rilancio.

Ventilazione della galleria d'accesso TRENS

L'aria fresca per ventilare i lavori nella galleria d'accesso Trens verso la fermata d'emergenza, viene presa dal canale di ventilazione sopra soletta intermedia nella finestra di Mules.

Un blocco serrande uguale a quelli posti all'inizio delle gallerie di linea nord e sud è installato presso la chiusa e permette tramite la regolazione delle serrande la scelta tra l'immissione di aria fresca nelle condotte o sulla piena sezione del cunicolo o l'aspirazione dei fumi d'incendio dal Ramo A.

Dietro alla serranda verticale sono fissati due ventilatori assiale del sistema di ventilazione esistente da 250 kW ciascuno che sono collegati a condotte flessibile del sistema di ventilazione esistente dal diametro 2.4 m e 2.2 m.

Ventilazione del cantiere di scavo

Le TBM sono equipaggiate con depolverizzatori e macchine di raffreddamento. La quantità d'aria trattata è quella messa a disposizione dal sistema per le singole fasi di scavo, per questo motivo le condotte d'aria sono direttamente collegate alla TBM.

Per l'avanzamento convenzionale, vengono impiegati un depolverizzatore e una macchina di raffreddamento appositi. La macchina di raffreddamento spilla una parte dell'aria fresca per il fronte e la raffredda prima di inviarla al fronte di scavo. Il depolverizzatore aspira tramite un ventilatore integrato l'aria carica di polvere di scavo nei pressi del fronte e ne estrae una gran parte della polvere. I componenti sono descritti nei capitoli 9.6 .

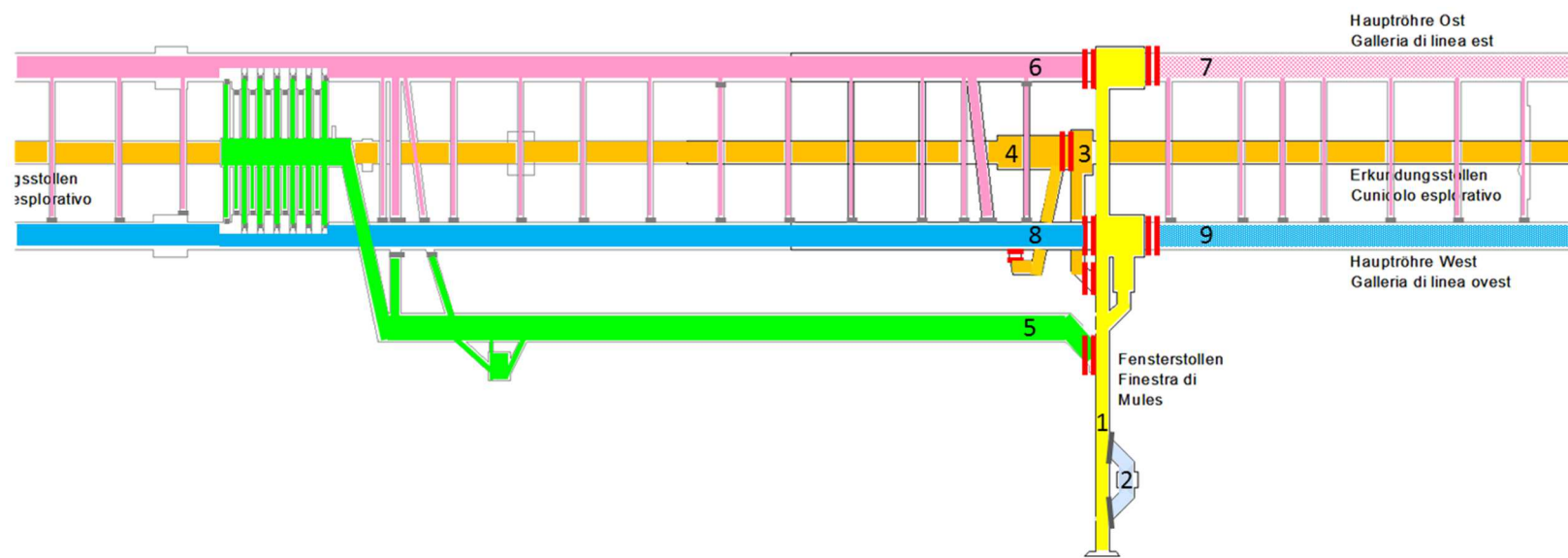
L'aria viziata

La massa d'aria viziata in uscita deriva dalla somma dei flussi di massa d'aria fresca i entrata.

L'aria viziata fuoriesce lungo la finestra di Mules / portale di Mules e lungo il cunicolo esplorativo / portale Aicha.

Per evitare che lungo le vie d'uscita dell'aria viziata la velocità non superi il valore massimo prescritto di 5 m/s, una parte dell'aria viziata viene incanalata in una condotta metallica posta nella soletta intermedia delle finestra di Mules e portata all'esterno attraverso il portale Mules. Due ventilatori posti nei pressi del distributore al piede della finestra di Mules regolano il flusso attraverso la condotta d'uscita.

Due ventilatori supplementari bypassano la chiusa nel C.E. tra la galleria di collegamento G.L.-C.E. e il Ramo A. In condizioni normali e durante la ventilazione regolare la chiusa è aperta e l'aria viziata defluisce liberamente verso il portale Aicha. In condizioni meteo particolarmente negative è tuttavia possibile che le pressioni al portale Aicha riducano drasticamente il deflusso regolare dell'aria viziata. In questo caso la chiusa viene attivata e i due ventilatori supportano il defluire dell'aria viziata lungo il C.E. e l'uscita dal portale Aicha.



Lüftungsabschnitte /settori di ventilazione

- 1** Fensterstollen Muls e Montagekaverne TBM
Finestra Muls e Camere di montaggio TBM G.L.
- 2** Lüftungskaverne
Camere di ventilazione
- 3** ES Süd (Aicha) e Ast A
C.E. Süd (Aicha) e Ramo A
- 4** ES Nord e Verbindungstunnel HT-ES
C.E. Nord e Galleria collegamento G.L. – C.E.

- 5** ZS Trens & NH-Stollen
Galleria di accesso Trens & cunicoli F.d.E.
- 6** HT Nord Ost
G.L. Nord Est
- 7** HT Süd Ost
G.L. Süd Est
- 8** HT Nord West
G.L. Nord Ovest
- 9** HT Süd Ost
G.L. Süd Est

Schleuse
chiusa
Wetterwand
Paratia

Figura 5: Rappresentazione schematica dei settori di ventilazione

5.2.2. Configurazione d'evento

Per soddisfare le esigenze alla ventilazione di cantiere (vedi capitolo 4.2) sono previsti 9 settori di ventilazione, vedi Figura 5.

In caso d'evento ciascun settore di ventilazione può venir separato aerodinamicamente dal sistema di gallerie. Si impedisce così la propagazione dei fumi in altri settori che possono venir considerati come settori sicuri. Per permettere una separazione aerodinamica dei vari settori di galleria, sono previsti chiusi e portoni e immissioni separate d'aria fresca.

Fasi d'evento

Sono definite le seguenti fasi d'evento generali:

- **1 Autosalvataggio:** il settore di galleria coinvolto viene separato aerodinamicamente tramite chiusura dei portoni o chiusi. Per evitare d'alimentare l'incendio con aria fresca, l'immissione d'aria fresca nel settore coinvolto viene interrotta. Viene creata una sovrappressione nei settori di gallerie adiacenti per evitare la propagazione dei fumi d'incendio in altri settori.
- **2 Salvataggio assistito:** le vie di fuga vengono mantenute libere da fumo tramite sovrappressione nei settori di galleria non incidentati.
- **3 Lotta antincendio:** La ventilazione di cantiere viene impostata secondo le esigenze dei pompieri e delle forze d'intervento così da supportare lo spegnimento dell'incendio.
- **4 Evacuazione dei fumi d'incendio:** Dopo l'evacuazione di tutto il personale dal sistema di gallerie e dopo lo spegnimento dell'incendio da parte delle forze d'intervento, il sistema di ventilazione di cantiere viene impostato per l'estrazione del fumo (portale Mules o Aicha).

Per la ventilazione d'evento vengono utilizzati gli stessi ventilatori e condotte metalliche impiegate per la ventilazione di cantiere nelle normali attività. Le chiusi e i portoni aperti durante le normali attività vengono chiusi a dipendenza del luogo d'evento.

Configurazione di ventilazione

In caso d'evento vale la seguente configurazione di ventilazione d'evento:

- Interruzione dell'immissione d'aria fresca nel sistema di gallerie (per non alimentare l'incendio con aria fresca).
- Separazione aerodinamica dei settori di galleria coinvolti tramite chiusura delle rispettive chiusi / portoni.
- Attivazione della ventilazione d'evento per il caso d'evento specifico.
- Immissione minima d'aria fresca negli altri settori di galleria non coinvolti tramite il sistema di ventilazione di cantiere standard.
- Impostazione della ventilazione di cantiere in accordo con le forze d'intervento per supportare la lotta antincendio.
- Una volta terminata l'evacuazione di tutto il personale dal sistema di gallerie e spento l'incendio, interruzione dell'immissione d'aria e inversione del sistema di ventilazione nel settore coinvolto per aspirare i fumi d'incendio verso l'esterno. Il flusso d'aria nelle condotte metalliche, nella solette intermedia e nel camino di ventilazione viene invertito temporaneamente tramite inversione dei ventilatori nella caverna di ventilazione e regolazione delle rispettive serrande.

6. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE

Il diametro, la resistenza e la tenuta delle condotte flessibili impiegate dipende dai volumi d'aria necessari e dalle rispettive lunghezze nei cunicoli.

Le dimensioni e le potenze dei ventilatori sono indicate nei seguenti capitoli.

6.1. Dimensionamento Galleria di Linea Nord

La quantità d'aria necessaria alla fine delle condotte al fronte di scavo principale è di 32.6 m³/s, la quantità d'aria necessaria per lo scavo dei cunicoli trasversali è di 12.4 m³/s. Ne risulta una quantità d'aria necessaria per gli scavi di 45.0 m³/s.

La quantità d'aria necessaria nel complesso per la diluizione dei macchinari e delle emissioni dei veicoli per ogni galleria è di 86 m³/s.

La lunghezza totale delle condotte flessibili è di 16'825 m.

Considerazioni logistiche limitano il diametro delle condotte a 3 m.

È impiegata una condotta della categoria di resistenza B secondo DIN 21'612 e della classe di qualità S secondo SIA 196.

Per il dimensionamento viene considerata una differenza di pressione di 3'333 Pa, un valore di attrito di $\lambda=0.015$ e una porosità di $f'=5 \cdot 10^{-6}$ mm²/m².

Se si impiegasse un solo ventilatore per la lunghezza necessaria la differenza di pressione limite verrebbe superata.

Sono quindi impiegate due stazioni con ventilatore di rilancio oltre al ventilatore post all'inizio della condotta.

La distanza tra le stazioni è scelta in maniera da poter usare in ogni punto lo stesso tipo di ventilatore (2.0m/200kW), che agevola la gestione dei ventilatori di sostituzione e la manutenzione.

Il tipo di ventilatore necessario non è disponibile tra quelli del sistema già presente. Non è quindi

possibile impiegare uno dei due ventilatori a due stadi presenti (1.6m/2x160kW).

6.2. Dimensionamento Galleria di Linea Sud

La quantità d'aria necessaria alla fine delle condotte al fronte di scavo principale è di 54 m³/s.

La quantità d'aria necessaria nel complesso per la diluizione dei macchinari e delle emissioni dei veicoli per ogni galleria è di 59 m³/s.

La lunghezza totale delle condotte flessibili è di 5050 m.

Considerazioni logistiche limitano il diametro delle condotte a 3 m.

È impiegata una condotta della categoria di resistenza B secondo DIN 21612 e della classe di qualità S secondo SIA 196 con un diametro di 3 m.

Per il dimensionamento viene considerata una differenza di pressione di 3'333 Pa, un valore di attrito di $\lambda=0.015$ e una porosità di $f'=5 \cdot 10^{-6}$ mm²/m².

I calcoli mostrano che anche qui è possibile impiegare lo stesso tipo di ventilatore (2.0m/200kW) delle G.L. nord.

6.3. Dimensionamento cunicolo esplorativo

La quantità d'aria necessaria alla fine delle condotte al fronte di scavo principale è di 10 m³/s.

La quantità d'aria necessaria nel complesso per la diluizione dei macchinari e delle emissioni dei veicoli per ogni galleria è di 40 m³/s.

La lunghezza totale delle condotte flessibili è di 18'000 m.

Considerazioni logistiche limitano il diametro delle condotte a 1.6 m.

È impiegata una condotta della categoria di resistenza B secondo DIN 21612 e della classe di qualità S secondo SIA 196.

Per il dimensionamento viene considerata una differenza di pressione di 6'250 Pa, un valore di attrito di $\lambda=0.015$ e una porosità di $f'=5 \cdot 10^{-6}$ mm²/m².

I calcoli mostrano che qui è possibile impiegare i ventilatori a due stadi già presenti (1.4m/2x110kW) .

Non è prevista alcuna stazione con ventilatore di rilancio.

6.4. Dimensionamento galleria d'accesso TRENS

La quantità d'aria necessaria alla fine delle condotte al fronte di scavo principale è di 65 m³/s.

La quantità d'aria necessaria nel complesso per la diluizione dei macchinari e delle emissioni dei veicoli per ogni galleria è di 98 m³/s.

La lunghezza totale delle condotte flessibili è di 4'000 m. Vengono impiegate condotte del sistema di ventilazione esistente.

È scelta una combinazione di due condotte parallele di diametro 2.4 m per 2'000 m e collegate in seguito a due altre condotte parallele dal diametro di 2.2 m per i rimanenti 2'000 m.

Per il dimensionamento dei ventilatori è impiegata il grado di resistenza B secondo DIN 21612 e della classe di qualità S secondo SIA 196.

Per il dimensionamento viene considerata una differenza di pressione di 4'545 Pa rispettivamente di 4167 Pa, un valore di attrito di $\lambda=0.018$ e una porosità di $f'=1.5 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{m}^2$.

I calcoli mostrano che qui è possibile impiegare i ventilatori già presente (1.6m/2x250kW).

6.5. Dimensionamento estrazione d'aria viziata a Mules

I ventilatori d'estrazione immettono l'aria viziata in una condotta metallica di 1.6 km che esce al portale di Mules.

La condotta metallica ha un diametro di 2.5 m con un valore di attrito di $\lambda=0.010$. Ne derivano due ventilatori (2.0m/450kW).

6.6. Dimensionamento estrazione d'aria viziata nel cunicolo esplorativo

I ventilatori servono a compensare eventuali pressioni ambientali sfavorevoli tra i portali Aiche

e Mules, per cui è necessaria una temporanea chiusura della chiusa nel cunicolo esplorativo.

La differenza di quota è di 200 m e viene considerata una differenza di temperatura di 20 gradi. Ne risultano due ventilatori ciascuno con (1.6m/110kW). Sono impiegati ventilatori già esistenti.

6.7. Dimensionamento immissione d'aria a Mules

I tre ventilatori di immissione immettono l'aria nel canale di ventilazione sopra la soletta intermedia della finestra di Mules tramite condotte metalliche di 200 m.

Le condotte metalliche hanno un diametro di 2.5 m con valore di attrito di $\lambda=0.010$.

I ventilatori devono compensare le perdite delle condotte metalliche e l'attrito del canale di ventilazione fino al distributore al piede della finestra di Mules.

Dai calcoli risultano necessari tre ventilatori da (2.5m/900kW) ciascuno.

6.8. Reimpiego dei componenti del sistema di ventilazione esistente

Al termine della fase 3 è installato il nuovo sistema di ventilazione e il sistema esistente può venir smontato.

Tutte le componenti del sistema esistente vengono reimpiegate, di seguito viene descritto come e dove.

Condotte flessibili:

Le condotte flessibili attualmente impiegate vengono utilizzate come segue:

I ca. 1.3 km di condotte dal diametro di 1.6 m vengono utilizzate in tutte le seguenti fasi di cantiere per la ventilazione dell'avanzamento nel cunicolo esplorativo.

I ca. 1.4 km di condotte dal diametro di 1.2 m così come i ca. 1.2 km di condotte dal diametro di 1.0 m vengono impiegate nelle fasi di costruzione da 4 a 19 per svariati singoli avanzamenti, tra gli altri per lo scavo di cunicoli trasversali delle gallerie di linea e della fermata d'emergenza.

I ca. 4 km di condotte dal diametro di 2.2 m sono impiegati per l'avanzamento nella galleria di collegamento Trens nelle fasi da 13 a 19, così come i 3 km di condotte dal diametro di 2.4 m.

Le rimanenti condotte esistenti con Ø 1.00 m vengono impiegate come riserva per portare un quantitativo ridotto d'aria fresca in tutte quelle situazioni impreviste e temporanee che inevitabilmente si creano in un cantiere di queste dimensioni.

Ventilatori:

Per l'immissione delle due condotte che portano aria al fronte del cunicolo esplorativo vengono impiegati a partire dalla fase di cantiere 4 i due ventilatori assiali a due fasi esistenti con il diametro della girante di 1.4 m e con una potenza ciascuno di 110 kW.

I due ventilatori assiali a due fasi con un diametro della girante di 1.6 m e con una potenza ciascuno di 160 kW vengono impiegati verso la fine della

fase di cantiere 12 per le due stazioni con ventilatore di rilancio per le condotte nelle gallerie di linea nord.

Uno dei due ventilatori assiali con diametro della girante di 1.6 m e con potenza di 250 kW viene impiegato a partire dalla fase di cantiere 13 per l'immissione nelle due condotte che forniscono aria per l'avanzamento nella galleria di accesso Trens.

Due ventilatori assiali esistenti con un diametro della girante di 1.6 m e una potenza ciascuno di 110 kW sono impiegati presso la chiusa nel cunicolo esplorativo Aicha.

6.9. Potenza elettrica

La Tabella 2 mostra la potenza nominale dei motori dei ventilatori impiegati.

Tabella 2: Ventilatori impiegati

Funzione	Numero	Art	Potenza nominale [kW]	otenza nominale [kW]
Immissione Mules	3	nuovo	900	2700
Estrazione Mules	2	nuovo	450	900
Immissione GLOS	1	nuovo	200	200
Immissione GLES	1	nuovo	200	200
Immissione GLON	2	nuovo	200	400
Immissione GLON	1	esistente	320	320
Immissione GLEN	2	nuovo	200	400
Immissione GLEN	1	esistente	320	320
Immissione C.E.	2	esistente	220	440
Immissione Trens	1	esistente	250	250
Chiusa C.E. -Aicha	2	esistente	110	220
Vent per depolverizzatori GLON	1	nuovo	150	150
Vent per depolverizzatori GLEN	1	nuovo	150	150
Vent per depolverizzatori GLOS	1	nuovo	150	150
	1	nuovo	110	110
Vent per depolverizzatori GLES	1	nuovo	150	150
	1	nuovo	110	110
Vent per depolverizzatori GL-cunicoli trasversali	2	nuovo	74	148

Vent per depolverizzatori C.E	1	nuovo	74	74
Vent per depolverizzatori Trens	2	nuovo	150	300
Vent per macchine raffreddamento GLON	1	nuovo	22	22
Vent per macchine raffreddamento GLEN	1	nuovo	22	22
Vent per macchine raffreddamento GLOS	2	nuovo	22	44
Vent per macchine raffreddamento GLES	2	nuovo	22	44
Vent per macchine raffreddamento GL-cunicoli trasversali	2	nuovo	7.5	15
Vent per macchine raffreddamento C.E	1	nuovo	7.5	7.5
Vent per macchine raffreddamento Trens	2	nuovo	22	44

7. GESTIONE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE

La regolazione ed il controllo del sistema di ventilazione di cantiere è costituito da 4 sottosistemi: il sistema di controllo, il sistema di trasferimento dati, i sensori, p.es. le stazioni di misura delle condizioni climatiche e delle emanazioni di gas, o i segnalatori di stato dei portoni le componenti attive, p.es. i ventilatori, i meccanismi dei portoni e le serrande.

Nel presente documento sono descritti i sensori e le componenti attive così come la funzionalità della gestione.

7.1. Componenti della regolazione

La gestione della ventilazione di cantiere elabora i segnali dai sensori e gestisce di conseguenza le componenti attive.

I segnali in arrivo provengono da diversi apparecchi di misura e dalle informazioni di stato e di funzionamento dei ventilatori, delle serrande e dei portoni.

Di seguito sono elencate le diverse componenti.

7.1.1. Valori di misurazione e di stato

Tutti gli scavi, sia convenzionali che meccanizzati, tutte le vie d'aria viziata e d'aria fresca saranno equipaggiate con stazioni di rilevamento del clima e delle emissioni di gas. Si tratta in totale di 11 stazioni, di cui quelle negli scavi avanzano con questi, mentre quelle nelle vie d'aria sono fisse.

Le stazioni devono raccogliere i seguenti dati:

- Temperatura, umidità relativa e pressione dell'aria,
- Velocità e direzione dell'aria,
- Concentrazione di metano CH₄, acido solfidrico H₂S, CO, NO. e anidride carbonica CO₂

Le componenti attive della ventilazione forniscono informazioni circa lo stato e sono dotate di differenti strumenti di misura. Per il sistema di controllo principale sono disponibili i seguenti dati:

- Ventilatori assiali: flusso volumetrico, differenza di pressione, sorveglianza della temperatura degli avvolgimenti e dei convertitori di frequenza.
- Ventilazione in condotta nel C.E.: misure volumetriche alla fine delle due condotte.
- Portoni e relativi meccanismi: dati di stato.
- Serrande e relativi meccanismi: dati di stato.
- Dati di stato di tutti i motori elettrici e dei convertitori di frequenza impiegati per la ventilazione di cantiere fintanto che collegati alla rete dati.

7.1.2. Valori regolabili

Le seguenti componenti attive del sistema di ventilazione sono gestibili tramite il sistema di controllo principale:

- Il numero di giri dei ventilatori principale e la posizione delle rispettive serrande,
- la posizione delle serrande nei blocchi serrande,
- la posizione delle porte/portoni nelle paratie e nelle chiuse,
- la potenza delle macchine di raffreddamento.

7.2. Gestione durante l'esercizio normale

Come principio di base la gestione dell'impianto durante l'esercizio normale deve occuparsi di fornire i flussi d'aria necessari nei diversi settori di ventilazione.

Oltre a ciò la gestione dell'impianto, tramite i ventilatori d'estrazione, deve pure garantire che i limiti massimi della velocità dell'aria nella finestra di Mules e nel cunicolo esplorativo verso il portale Aicha non vengano superati.

7.2.1. Regolazione dei ventilatori di immissione principali nel camerone di ventilazione e delle relative serrande

La regolazione dei ventilatori dipende dalla somma dei quantitativi d'aria necessari per i singoli avanzamenti e per la caverna logistica.

Il numero di giri dei ventilatori viene impostato così che i sensori del flusso volumetrico nel canale di ventilazione della soletta intermedia indichino il flusso d'aria necessario.

Le relative serrande dei ventilatori sono chiuse se il ventilatore è disattivato e vengono aperte appena il numero di giri minimo della girante è raggiunto.

In caso di necessità (in caso d'evento definito), i ventilatori vengono spenti e le relative serrande chiuse. I ventilatori vengono attivati con numero di giri invertito e le serrande riaperte. Così è possibile aspirare in maniera mirata aria attraverso la soletta intermedia da diversi punti e farla fuoriuscire attraverso il camino di ventilazione.

Il numero di ventilatori da impiegare e il numero di giri deriva dai differenti scenari d'evento (vedi capitolo 7.3.2).

7.2.2. Regolazione dei ventilatori e delle serrande nel blocco serrande per i singoli avanzamenti

Il principio della gestione è identico per tutti e sei le gallerie con avanzamento: durante l'esercizio normale la serranda verticale nel blocco serrande è aperta e lascia defluire liberamente aria dal distributore nella condotte flessibili verso i fronti.

La serranda orizzontale nella parte inferiore del blocco serrande resta chiusa.

Il numero di giri del ventilatore viene impostato così da garantire la velocità minima d'aria nel cantiere al fronte (con misurazione al fronte) e da garantire il volume d'aria necessario nella galleria per la diluizione delle emissioni secondo le attività previste nelle differenti fasi di cantiere.

Per la detezione dei gas al fronte di scavo viene impostato il valore massimo.

7.2.3. Regolazione dei due ventilatori di estrazione nella finestra di Mules

La funzione di questi ventilatori è esclusivamente di limitare la velocità dell'aria viziata nella sezione della finestra di Mules sotto la soletta intermedia. Il loro impiego è quindi necessario quando l'aria immessa nel sistema supera i 320 m³/s. Il numero di giri dei ventilatori viene impostato in maniera da espellere la quantità d'aria necessaria affinché la velocità nella sezione della finestra di Mules sotto la soletta non superi i 5 m/s.

7.2.4. Regolazione dei ventilatori presso la chiusa nel cunicolo esplorativo

Se il valore della velocità dell'aria in uscita dal cunicolo esplorativo verso il portale Aicha raggiunge valori troppo bassi, la chiusa tra la galleria di collegamento G.L.-C.E. e il Ramo A n e la chiusa tra il Ramo A e la finestra di Mules vengono chiuse e il numero di giri dei ventilatori d'estrazione della chiusa nel C.E. viene impostato così da raggiungere i 5 m/s di velocità d'aria in uscita.

7.3. Gestione impianto nel caso d'evento

7.3.1. Fasi di ventilazione in caso d'evento

Sulla base delle 4 fasi d'evento e della configurazione della ventilazione in caso d'evento, come definite nel capitolo 5.2, sono state sviluppate le 5 seguenti fasi di ventilazione in caso d'evento, vedi Tabella 3.

Le attività di ventilazione nelle fasi di ventilazione 2 e 3 dipendono strettamente dal luogo dell'evento. I relativi dettagli sono indicati negli scenari riportati nel capitolo 7.3.2.

Il sistema di ventilazione è strutturato in maniera da poter aspirare e disperdere all'esterno il fumo d'incendio al termine dell'intervento di spegnimento. Il sistema di ventilazione viene attivato a dipendenza del luogo d'incendio. Nella fase di ventilazione 5, vedi Tabella 3, sono descritti i differenti casi.

Tabella 3: Fasi di ventilazione in caso d'evento

Fase di ventilazione	Attività di ventilazione
1 Fase di autosalvataggio 1 => Annuncio evento => Persone ancora nei pressi del luogo d'evento	<ul style="list-style-type: none"> • Interruzione dell'immissione d'aria fresca • Chiusura delle chiuse, paratie e portoni dei vari settori di ventilazione • Chiusura della serranda orizzontale posta tra il camerone di smontaggio fresa del cunicolo esplorativo e la sovrastante galleria d'innesto tra le G.L.O. e G.L.E. • Impostazione per immissione di aria fresca nelle G.L. nella sezione piena e chiusura dell'immissione via condotte flessibili
2 Fase di autosalvataggio 2 => Luogo d'evento identificato Nessuno più nei pressi del luogo d'evento	<ul style="list-style-type: none"> • Attivazione dell'impianto di ventilazione in modalità evento, vedi cap. 7.3.2 • messa in sovrappressione dei settori di ventilazione non colpite dall'evento • Nessuna immissione d'aria fresca nel settore di ventilazione coinvolto
3 Salvataggio assistito => Evacuazione del sistema di gallerie	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema di ventilazione come nella fase di ventilazione 2
4 Lotta antincendio => Intervento dei pompieri per la lotta antincendio	<ul style="list-style-type: none"> • Impostazione del sistema di ventilazione in accordo con le forze d'intervento per fornire supporto

Fase di ventilazione	Attività di ventilazione
5 Evacuazione dei fumi d'incendio => Nessuno più nel sistema di gallerie	<ul style="list-style-type: none"> • Interruzione dell'immissione d'aria fresca • inversione del sistema di ventilazione nella caverna di ventilazione per aspirazione dei fumi d'incendio • caso a) incendio nei settori di ventilazione 1 o 2 => Immissione massima d'aria fresca all'entrata delle 4 G.L., C.E., chiuse nel Ramo A, nella galleria di collegamento G.L.-C.E. e verso la galleria d'accesso Trens chiuse e uscita dei fumi d'incendio al portale Mules. • caso b) incendio nei settori di ventilazione 3 o 4 => Immissione massima d'aria fresca al fronte di scavo del C.E., chiuse nel Ramo A e nella galleria di collegamento G.L.-C.E. chiuse e uscita dei fumi d'incendio al portale Aicha. • caso c) incendio nei settori di ventilazione 5 => Immissione massima d'aria fresca al fronte di scavo della galleria d'accesso Trens e uscita dei fumi d'incendio al portale Mules. • caso d) incendio nei settori di ventilazione 6,7,8 o 9 => Estrazione dei fumi tramite la condotta metallica dal settore di ventilazione colpito

7.3.2. Scenari

Il sistema di ventilazione di cantiere è composto da 11 settori di ventilazione che in caso d'evento possono venir separati da un punto di vista aerodinamico, vedi Figura 5, Capitolo 5.2.2. Sulla base di questa struttura del sistema di ventilazione sono stati sviluppati 11 scenari d'evento, che possono avvenire nelle differenti fasi di costruzione:

1. Evento nella finestra di Mules,
2. Evento nel camerone di ventilazione,
3. Evento nel C.E. verso Aicha,
4. Evento nel C.E. verso Nord,
5. Evento nella galleria d'accesso Trens,
6. Evento nella G.L. nord est,
7. Evento nella G.L. sud est,
8. Evento nella G.L. nord ovest,
9. Evento nella G.L. sud ovest.

Figura 6 mostra schematicamente la posizione dei 9 eventi sul cantiere.

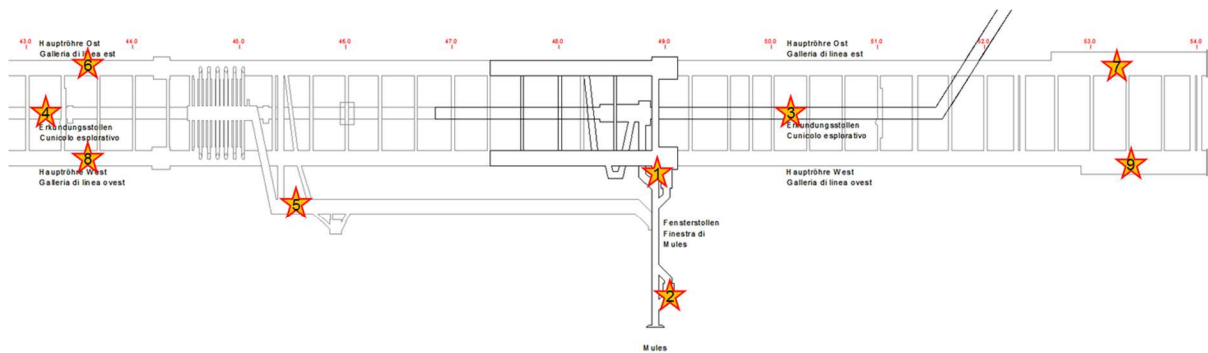


Figura 6: Rappresentazione schematica dei luoghi d'evento per i 9 scenari

Questi scenari d'evento coprono gli eventi nei vari possibili luoghi in tutte le fasi di cantiere a partire dalla fase 4. Prima di questa fase è infatti in funzione il sistema di ventilazione esistente (vedi Figura 2), e valgono i rispettivi scenari d'evento.

Nei capitoli seguenti sono descritte le impostazioni del sistema di ventilazione in modalità evento (vedi fasi di ventilazione 2 e 3 in caso d'evento), i corrispondenti schemi sono nell'Allegato 3.

7.3.2.1. Evento nella finestra di Mules

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- I portoni delle chiuse all'imbocco delle G.L.N. e G.L.S. rimangono chiusi.
- I portoni delle chiuse all'imbocco della galleria di accesso Trens e verso il Ramo A in direzione del cunicolo esplorativo restano chiusi.
- I portoni del camerone di ventilazione restano chiusi.
- La serranda tra il camerone di smontaggio fresa del cunicolo esplorativo e la sovrastante galleria d'innesta tra le G.L.O. e G.L:E. è chiusa

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- I ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione restano spenti.
- I due ventilatori di estrazione all'imbocco della condotta metallica nella soletta intermedia di Mules restano spenti.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Le chiuse nel cunicolo esplorativo e nella galleria di collegamento G.L.-C.E. vengono aperte.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Questa impostazione attiva l'immissione di aria fresca dal portale Aicha nel cunicolo esplorativo e nelle G.L.N. ovest e est, permettendo la messa in sovrappressione delle tre gallerie.

Vie di fuga

Il cunicolo esplorativo garantisce al personale una via di fuga sicura verso l'esterno.

7.3.2.2. Evento nella caverna di ventilazione

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- I portoni del camerone di ventilazione restano chiusi.
- I portoni della chiusa verso il Ramo A in direzione del cunicolo esplorativo resta chiusi.
- La serranda tra il camerone di smontaggio fresa del cunicolo esplorativo e la sovrastante galleria d'innesta tra le G.L.O. e G.L:E. è chiusa

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- I ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione restano spenti.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- la chiusa nel cunicolo esplorativo
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- La chiusa nella galleria di collegamento G.L.-C.E.
- Le chiuse nelle G.L.N. e G.L.S.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Vie di fuga

Oltre al cunicolo esplorativo, anche la finestra di Mules può così venir usata come via di fuga per il personale.

7.3.2.3. Evento nel cunicolo esplorativo Aicha

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa del cunicolo esplorativo resta chiusa.
- I portoni della chiusa verso il Ramo A in direzione del cunicolo esplorativo resta chiusi.
- La serranda tra il camerone di smontaggio fresa del cunicolo esplorativo e la sovrastante galleria d'innesta tra le G.L.O. e G.L:E. è chiusa

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- I due ventilatori d'estrazione presso la chiusa nel cunicolo esplorativo restano spenti.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- La chiusa nella galleria di collegamento G.L.-C.E.
- Le chiuse nelle G.L.N. e G.L.S.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata. I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le varie gallerie sono minimamente ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale e garantiscono delle vie di fuga sicure per il personale.

Vie di fuga

Le varie gallerie garantiscono delle vie di fuga sicure per il personale.

7.3.2.4. Evento nel cunicolo esplorativo nord

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa nella galleria di collegamento G.L.-C.E.
- Il portone nel cunicolo esplorativo tra nord e sud resta chiuso.
- La serranda tra il camerone di smontaggio fresa del cunicolo esplorativo e la sovrastante galleria d'innesta tra le G.L.O. e G.L:E. è chiusa

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- l'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili verso il cunicolo esplorativo nord è interrotta

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- Le chiuse nelle G.L.N. e G.L.S.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata nelle seguenti gallerie:

- galleria di collegamento Trens.
- G.L.N.
- G.L.S.

I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le gallerie citate vengono ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale.

I due ventilatori di immissione nel ramo A verso il cunicolo esplorativo restano spenti.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità

immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Vie di fuga

Il cunicolo esplorativo in direzione Aicha e la finestra di Mules in direzione portale servono come vie di fuga sicura per il personale.

7.3.2.5. Evento nella galleria d'accesso Trens

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa nella galleria d'accesso Trens resta chiusa
- Nelle fase di cantiere da 20 fino alla fase 22 anche le porte nelle paratie nei cunicoli verso le G.L.N. restano chiuse.

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- Il ventilatore di immissione nella galleria d'accesso Trens resta spento.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria di collegamento G.L.-C.E.
- Le chiuse nelle G.L.N.
- Le chiuse nelle G.L.S.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata nelle seguenti gallerie:

- cunicolo esplorativo nord.
- G.L.N.
- G.L.S.

I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le gallerie citate

vengono ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Vie di fuga

Il cunicolo esplorativo in direzione Aicha e la finestra di Mules in direzione portale servono come vie di fuga sicura per il personale.

7.3.2.6. Evento nella G.L. nord est

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa nella galleria d'accesso alla G.L.E.N. resta chiusa
- Le porte nelle paratie dei cunicoli trasversali tra G.L.O.N. e G.L.E.N. restano chiuse.

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- Il ventilatore di immissione nella G.L.E.N resta spento.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Nella canna opposta G.L.O.N viene creata una sovrappressione di modo che eventuali fumi d'incendio non invadano la canna opposta qualora il personale apra una porta dei cunicoli trasversali per lasciare la canna accidentata. Per questo scopo sono necessarie le seguenti misure:

- La chiusa all'imbocco della G.L.O.N. resta chiusa.
- La chiusa nella galleria di collegamento G.L.-C.E. resta chiusa.
- nelle fasi di cantiere dalla fase 20 fino alla fase 22 anche le porte nelle paratie dei cunicoli verso la F.d.E. e verso la galleria d'accesso Trens restano chiuse.

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- La chiusa nel cunicolo esplorativo Aicha.
- Le chiuse nelle G.L.S.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata nelle seguenti gallerie:

- Cunicolo esplorativo nord.
- Galleria d'accesso Trens.
- G.L.S.

I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le gallerie citate vengono ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Vie di fuga

La canna opposta G.L.O.N., il cunicolo esplorativo in direzione Aicha e la finestra di Mules in direzione portale servono come vie di fuga sicura per il personale.

7.3.2.7. Evento nella G.L. sud est

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa nella galleria d'accesso alla G.L.E.S. resta chiusa
- Nelle fase di cantiere da 9 fino alla fase 22 anche le porte nelle paratie dei cunicoli trasversali tra G.L.O.S. e G.L.E.S. restano chiuse.

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- Il ventilatore di immissione nella G.L.E.S resta spento.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Nella canna opposta G.L.O.N viene creata una sovrappressione di modo che eventuali fumi d'incendio non invadano la canna opposta qualora il personale apra una porta dei cunicoli trasversali per lasciare la canna accidentata. Per questo scopo sono necessarie le seguenti misure:

- La chiusa all'imbocco della G.L.O.S. resta chiusa.

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- La chiusa nel cunicolo esplorativo Aicha.
- Le chiuse nelle G.L.N.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata nelle seguenti gallerie:

- Cunicolo esplorativo nord.
- Galleria d'accesso Trens.
- G.L.N.

I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le gallerie citate vengono ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Vie di fuga

La canna opposta G.L.O.S., il cunicolo esplorativo in direzione Aicha e la finestra di Mules in direzione portale servono come vie di fuga sicura per il personale.

7.3.2.8. Evento nella G.L. nord ovest

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa nella galleria d'accesso alla G.L.O.N. resta chiusa
- La chiusa nella galleria di collegamento G.L.-C.E. resta chiusa.
- Le porte nelle paratie dei cunicoli trasversali tra G.L.E.N. e G.L.O.N. restano chiuse.
- Nelle fasi di cantiere dalla fase 20 fino alla fase 22 anche le porte nelle paratie dei cunicoli verso la F.d.E. e verso la galleria d'accesso Trens restano chiuse.

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- Il ventilatore di immissione nella G.L.O.N resta spento.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Nella canna opposta G.L.E.N viene creata una sovrappressione di modo che eventuali fumi d'incendio non invadano la canna opposta qualora il personale apra una porta dei cunicoli trasversali per lasciare la canna accidentata. Per questo scopo sono necessarie le seguenti misure:

- La chiusa all'imbocco della G.L.E.N. resta chiusa.
- Nelle fasi di cantiere dalla fase 20 fino alla fase 22 anche le porte nelle paratie dei cunicoli verso la F.d.E. e verso la galleria d'accesso Trens restano chiuse.

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- La chiusa nel cunicolo esplorativo Aicha.
- Le chiuse nelle G.L.S.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata nelle seguenti gallerie:

- Cunicolo esplorativo nord.
- Galleria d'accesso Trens.
- G.L.S.

I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le gallerie citate vengono ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

Vie di fuga

La canna opposta G.L.E.N., il cunicolo esplorativo in direzione Aicha e la finestra di Mules in direzione portale servono come vie di fuga sicura per il personale.

7.3.2.9. Evento nella G.L. sud ovest

Gli elementi della ventilazione vengono impostati come segue.

Isolamento del settore di ventilazione coinvolto

Il settore di ventilazione coinvolto viene separato dagli altri:

- La chiusa nella galleria d'accesso alla G.L.O.S. resta chiusa
- Nelle fasi di cantiere da 9 fino alla fase 22 anche le porte nelle paratie dei cunicoli trasversali tra G.L.E.S. e G.L.O.S. restano chiuse.

Nessuna immissione d'aria al luogo d'evento

Il luogo d'evento non viene ventilato, così da evitare di alimentare un possibile incendio con immissione d'aria:

- Il ventilatore di immissione nella G.L.O.S resta spento.

Immissione d'aria in altri settori di ventilazione

Nella canna opposta G.L.E.N viene creata una sovrappressione di modo che eventuali fumi d'incendio non invadano la canna opposta qualora il personale apra una porta dei cunicoli trasversali per lasciare la canna accidentata. Per questo scopo sono necessarie le seguenti misure:

- La chiusa all'imbocco della G.L.E.S. resta chiusa.

Tutte le altre chiuse vengono aperte:

- La chiusa nel Ramo A.
- La chiusa nella galleria d'accesso Trens.
- La chiusa nel cunicolo esplorativo Aicha.
- Le chiuse nelle G.L.N.

L'immissione d'aria attraverso le condotte flessibili fino ai posti di scavo ai fronti viene ripristinata nelle seguenti gallerie:

- Cunicolo esplorativo nord.
- Galleria d'accesso Trens.
- G.L.N.

I Ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione vengono attivati con un definito e ridotto numero di giri. Così le gallerie citate vengono ventilate con il sistema di ventilazione esistente per dell'esercizio normale.

I due ventilatori nei pressi della chiusa nel cunicolo esplorativo vengono attivati in modalità immissione d'aria (l'aria viene convogliata verso nord).

- Sorveglianza continua del surriscaldamento degli apparecchi impiegati in galleria (motori dei ventilatori, meccanismi delle porte, trasformatori).
- Obbligo d'allarme in caso d'evento (i mezzi necessari devono venir messi a disposizione: radio, telefoni, ecc.).
- Descrizione dei luoghi precisa e visibile per una comunicazione efficiente del luogo d'evento.

Vie di fuga

La canna opposta G.L.O.S., il cunicolo esplorativo in direzione Aicha e la finestra di Mules in direzione portale servono come vie di fuga sicura per il personale.

7.3.3. Processo di gestione

La funzione della regolazione e quindi il compito dell'operatore nella posto comando della centrale di sicurezza è di verificare gli impianti di ventilazione. In particolare in caso d'evento valgono i seguenti principi:

- Il caso d'evento ha la priorità.
- Il caso d'evento deve venir trattato in stretta collaborazione con i responsabili della sicurezza e lotta antincendio.
- La gestione dell'evento non può essere completamente automatizzata. Varie informazione arrivano tramite il personale e molte decisioni devono venir prese dall'operatore sulla base di check-liste. Il sistema deve venir continuamente adattato alle modifiche nei processi di cantiere.

Per poter prendere le misure di tecnica di ventilazione in supporto all'autosalvataggio, salvataggio assistito, lotta antincendio e evacuazione dei fumi d'incendio deve esserci una detezione precisa del luogo d'evento. A questo scopo è messo a disposizione un sistema di detezione automatico d'incendio, realizzato tramite un cavo rilevamenti incendio. Oltre a ciò le seguenti misure devono essere previste dalla logistica di cantiere:

8. ELEMENTI COSTRUTTIVI

8.1. Chiuse

Per garantire i flussi d'aria sono necessarie per casi definiti 8 chiuse, ciascuna composta da 3 paratie (vedi schema Figura 5)

La dimensione delle paratie è definita dalle sezioni delle diverse gallerie (vedi piani):

- G.L.S: 4 x 40 m²
- G.L.N.: 4 x 40 m²
- C.E. Sud: 2 x 25 m²
- Ramo A – C.E.: 2 x 39 m²
- Galleria di collegamento G.L. - C.E.: 2 x 53 m²
- Galleria d'accesso Trens: 2 x 40 m²

Le paratie e le porte nelle chiuse sono dimensionate per una resistenza fino a 500 Pa, ad eccezione della chiusa nel C.E. sud che è dimensionata per una differenza di pressione di 2'500 Pa.

Le paratie delle chiuse sono composte da un semplice telaio di metallo o legno, ricoperto di materiale sintetico. Le pareti delle chiuse nel C.E. sud sono composte da un telaio di metallo rinforzato, e eseguite in metallo zincato.

8.2. Semplici paratie

Nei cunicoli tra le gallerie di linea, nella F.d.E. Trens e nei camerone TBM C.E. così come tra la finestra di Mules e il camerone di ventilazione sono impiegate paratie semplici.

La dimensione delle paratie è definita dalle sezioni delle diverse gallerie (vedi piani):

- Camerone TBM C.E. : 1 x 53 m²
- Cunicoli trasversali piccoli: 66 x 25 m²
- Cunicoli trasversali grandi: 12 x 40 m²
- cunicoli F.d.E. Trens: 26 x 20 m²
- Camerone di ventilazione: 2 x 40 m²

Le paratie e le porte nelle chiuse sono dimensionate per una resistenza fino a 500 Pa.

Le semplici paratie sono costruite con un semplice telaio in metallo o legno e coperte con dei pannelli di materiale sintetico.

8.3. Porte e portoni

Ogni paratia delle chiuse così come una parte delle paratie nei cunicoli trasversali sono dotate di un portone automatico e di una porta per il passaggio del personale.

Le rimanenti paratie sono dotate di una semplice porta per il passaggio del personale.

Le dimensioni dei portoni sono definite dai profili del più grande veicolo impiegato.

16 grandi portoni:

Grandi portoni sono previsti nelle chiuse, ad eccezione della chiusa nel C.E. sud. L'apertura dei portoni è di almeno L 5.20 m x H 5.00 m.

17 piccoli portoni:

Nelle paratie semplici così come nella chiusa del C.E. sud sono previsti portoni piccoli con un'apertura di L 4.00 m x H 4.00 m.

Tutti i portoni sono di materiale sintetico a scorrimento, dimensionati per una differenza di pressione di 500 Pa. ad eccezione delle chiuse nel C.E. e nel Ramo A dove i portoni sono in metallo a caduta e dimensionate per una differenza di pressione di 2'500 Pa.

L'apertura per le porte per il personale deve essere di almeno L 0.90 m x H 2.00 m, in totale ca. 120 porte.

Tutti i portoni sono dotati di meccanismo elettromeccanico (potenza max 3 kW). Sono gestite da interruttori a pressione, cellule fotoelettriche e in remoto (sistema di controllo). Presso ogni portone è posto un armadio di comando.

9. COMPONENTI DELLA VENTILAZIONE

9.1. Generalità

Il concetto di ventilazione si basa sulla flessibilità di impiego degli elementi di ventilazione, che possono venir acquistati coll'avanzamento dello scavo, così come sul riutilizzo pressoché completo degli elementi dell'impianto esistente

Per gli avanzamenti nelle gallerie di linea è previsto l'impiego di una unità di ventilazione che può venir impiegata in diversi punti, con vantaggi logistici.

9.2. Ventilatori

Per la ventilazione degli avanzamenti e delle caverne sono previsti i seguenti ventilatori (vedi schema in Figura 4):

- 2 ventilatori d'estrazione 450 kW, nel distributore davanti al camerone TBM ovest
- 2 ventilatori d'estrazione 110 kW nella chiusa del cunicolo esplorativo direzione Aicha *(esistente Korfmann AL16 & Zitron 1600)*
- 3 ventilatori di immissione, reversibili 900 kW, nel camerone di ventilazione
- 6 ventilatori di immissione 200 kW, per l'approvvigionamento delle condotte verso gli

- avanzamenti delle gallerie di linea nord e sud ('ventilatore unitario', impiego flessibile)
- 2 ventilatori di immissione bifase 2x160 kW, per l'approvvigionamento delle condotte verso gli avanzamenti delle gallerie di linea nord *(esistente Systemair AXC GC1600G2)*
- 2 ventilatori di immissione bifase 2x110 kW, per l'approvvigionamento delle condotte verso il cunicolo esplorativo nord *(esistente Korfmann GAL14)*
- 2 ventilatori di immissione 250 kW, per l'approvvigionamento delle condotte verso l'avanzamento del cunicolo d'accesso Trens *(esistente Systemair AXC1600)*
- 2 ventilatori di immissione 110 kW, nella chiusa verso C.E. *(bestehend Korfmann / Zitron)*
- 8 ventilatore di immissione 22 kW, per le macchine di raffreddamento
- 3 ventilatore di immissione 7.5 kW, per le macchine di raffreddamento

Cosicché vengono ripresi tutti gli 8 ventilatori esistenti per l'approvvigionamento di aria fresca delle condotte e impiegati come ventilatori per l'estrazione dell'aria viziata nella chiusa del C.E. sud.

Tutti i ventilatori sono provvisti di ugello d'entrata, diffusori e silenziatore, così da garantire che a pieno regime il picco permesso di 85 dBA nel cunicolo non sia superato.

Tabella 4: Dati caratteristici dei ventilatori nuovi

Ventilatore d'estrazione aria caverna		
n	2	Numero
D	2.00 m	Diametro della girante
\dot{V}	75 m ³ /s	Flusso volumetrico nominale
Δp_T	ca. 4300 Pa	Aumento pressione totale
P _M	450 kW	Potenza nominale motore
P _{EL}	max. 520 kW	Potenza allacciamento el.
D _A	ca. 2.5 m	Diametro esterno*
L	< 8 m	Lunghezza massima*
(*inclusi, ugello d'entrata, silenziatore, diffusore) Resistenza alla temperatura 400°C / 120 Mini secondo EN 12101-3		

Ventilatore di immissione reversibile		
n	3	Numero
D	2.50 m	Diametro della girante
\dot{V}	150 m ³ /s	Flusso volumetrico nominale
Δp_T	ca. 4900 Pa	Aumento pressione totale
P _M	900 kW	Potenza nominale motore
P _{EL}	max. 1000 kW	Potenza allacciamento el.
D _A	ca. 3 m	Diametro esterno*
L	ca. 10 m	Lunghezza massima*
(*inclusi, ugello d'entrata, silenziatore, diffusore), ottimizzato per l'immissione d'aria (efficienza al punto d'esercizio nominale 80%), Flusso vin modalità riversata min 50% del volume nominale nella direzione principale		

Ventilatore di immissione G.L.		
n	6	Numero
D	2.00 m	Diametro della girante
\dot{V}	ca. 65 - 95 m ³ /s	Flusso volumetrico nominale
Δp_T	ca. 1500 - 2100 Pa	Aumento pressione totale
P _M	200 kW	Potenza nominale
P _{EL}	max. 230 kW	Potenza allacciamento el.
D _A	ca. 2.5 m	Diametro esterno*
L	< 6 m	Lunghezza massima*
(*inclusi ugello d'entrata, silenziatore), Fissaggio alla condotta		

Ventilatore raffreddamento grande		
n	8	Numero
D	0,63 m	Diametro della girante
\dot{V}	ca. 12 m ³ /s	Flusso volumetrico nominale
Δp_T	ca. 1200 Pa	Aumento pressione totale
P _M	22 kW	Potenza nominale motore
P _{EL}	max. 27 kW	Potenza allacciamento el.
D _A	ca. 0,75 m	Diametro esterno*
L	< 2,5 m	Lunghezza massima*
(*inclusi ugello d'entrata, silenziatore) Fissaggio alla macchina di raffreddamento		

Ventilatore raffreddamento piccolo		
n	3	Numero
D	0,50 m	Diametro della girante
\dot{V}	ca. 5 m ³ /s	Flusso volumetrico nominale
Δp_T	ca. 1200 Pa	Aumento pressione totale
P _M	7.5 kW	Potenza nominale
P _{EL}	max. 9 kW	Potenza allacciamento el.
D _A	ca. 0,6 m	Diametro esterno*
L	< 2,0 m	Lunghezza massima*
(*inclusi ugello d'entrata, silenziatore) Fissaggio alla macchina di raffreddamento resistenti alle esplosioni, ATEX gruppo I, Categoria M2		

I ventilatori funzionano con variatore di frequenza. In ciascuna fase viene fornita la potenza effettivamente necessaria, che nella maggior parte dei casi è inferiore alla potenza nominale del motore.

Vicino ad ogni ventilatore si trova un armadio comando con CF, con sicurezza e impianto di distribuzione.

9.3. Serrande

All'inizio di ciascuna galleria prima dei ventilatori di immissione così come nella caverna logistica Mules sono presenti serrande regolabili (vedi schema Figura 4).

I 3 ventilatori di immissione nel camerone di ventilazione così come i due ventilatori di estrazione dell'aria viziata sono provvisti di serrande di chiusura.

Tutte le serrande citate sono a forma rettangolare con bronzine senza manutenzione, in

realizzazione robusta (Sirocco HDD o analoghe) e con meccanismo.

È inoltre prevista una serranda orizzontale massiccia posta nel cunicolo materiale tra il camerone di smontaggio fresa del cunicolo esplorativo e la sovrastante galleria d'innesta tra le G.L.O. e G.L:E. per interrompere il flusso d'aria tra le due gallerie in caso di necessità (evento).

Tutte le serrande sono dimensionate per tenere una pressione di 6'000 Pa.

Tabella 5: Dati caratteristici delle serrande

Serranda del ventilatore immissione aria	
3	Numero
2.50 x 2.50 m	Dimensioni
	aperto - chiuso

Serranda del ventilatore estrazione aria viziata	
2	Numero
2.00 x 2.00 m	Dimensioni
	aperto - chiuso

Serranda d'estrazione ai fronti	
6	Numero
2.50 x 2.50 m	Dimensioni
	aperto - chiuso

Serranda di chiusura immissione aria ai fronti	
6	Numero
2.50 x 2.50 m	Dimensioni
	aperto - chiuso

Serranda regolabile immissione aria ai fronti	
6	Numero
2.50 x 2.50 m	Dimensioni
	regolazione continua

Serranda regolabile immissione caverna logistica	
1	Numero
1.50 x 1.50 m	Dimensioni
	regolazione continua

Serranda di chiusura pozzo materiale	
1	Numero
3.00 x 3.00 m	Dimensioni
	aperto - chiuso

Tutte le serrande sono dotate di meccanismo elettromeccanico con segnale di indicazione della posizione.

9.4. Canali per l'aria

Nella volta della finestra di Mules, separato dal resto della galleria tramite una soletta intermedia, si trova un canale di immissione aria fresca con una sezione di ca. 25 m².

Questo canale si estende per ca 1'500 m tra la diramazione del camerone di ventilazione e il piede della finestra di Mules, presso il camerone di montaggio delle TBM su ovest.

Lì è previsto un distributore con 5 diramazioni per i canali di ventilazione verso le singole galleria di linea sud e nord e una diramazione per il canale di ventilazione verso la caverna logistica di Mules.

Dalla soletta intermedia partano inoltre due diramazioni verso gli avanzamenti alla galleria d'accesso Trens e il cunicolo esplorativo.

Nel canale di immissione sopra la soletta intermedia si trova una condotta metallica per l'aria viziata in uscita verso il portale di Mules. La superficie netta del canale di immissione è di 20 m².

I tre ventilatori nella caverna di ventilazione sono collegati al canale di immissione tramite tre condotte metalliche.

Tutte le condotte sono in metallo, con un diametro di 2.50 m, unica eccezione la condotta metallica verso la caverna logistica di Mules, con diametro di 1.50 m.

Le lunghezze delle condotte metalliche sono:

distributore – G.L. O.N.: 20 m

distributore – G.L. E.N.: 80 m

distributore – G.L.O.S.: 40 m

distributore – G.L.E.S.: 100 m

distributore – caverna logistica Mules: 50 m (Ø 1.50 m)

Camerone di ventilazione – canale d'immissione: 3 x 100 m

condotta per aria viziata: 1'600 m

le condotte metalliche sono dimensionate per tenere una pressione interna di 6000 Pa e devono

soddisfare la classe di impermeabilità C, come Eurovent 2/2.

9.5. Condotte

Tutti gli avanzamenti sono ventilati con aria fresca immessa tramite condotte. La lunghezza delle condotte viene adattata man mano all'avanzamento del fronte. Le lunghezze massime delle nuove condotte sono:

G.L.: Ø 3.00 m, L totale 44 km

C.E. Nord: 2 x Ø 1.60 m, L totale 2 x 17 km

Le condotte nuove devono soddisfare la tenuta e l'impermeabilità della classe Y-S. Le condotte degli avanzamenti in TBM sono composte da una serie di elementi di lunghezza di 100 m (da un contenitore condotte sulla TBM), le condotte degli avanzamenti in tradizionale sono composte da elementi di lunghezza di 25 m.

Per la ventilazione degli avanzamenti nella galleria d'accesso Trens e nella fermata d'emergenza sono impiegate 2 condotte esistenti da 2 km e Ø 2.40 m e 2 condotte esistenti da 2 km e Ø 2.20 m.

Per la ventilazione degli scavi dei cunicoli trasversali vengono impiegate le condotte esistenti con Ø 1.2 m.

Le rimanenti condotte esistenti con Ø 1.00 m vengono impiegate come riserva per portare un quantitativo ridotto d'aria fresca in tutte quelle situazioni impreviste e temporanee che inevitabilmente si creano in un cantiere di queste dimensioni.

9.6. Depolverizzatori

I depolverizzatori sono previsti uno per ogni fronte d'avanzamento e per lo scavo contemporaneo di due cunicoli trasversali per volta.

I depolverizzatori degli avanzamenti con TBM sono parte integrante delle TBM e seguono quindi il loro avanzamento.

Come depolverizzatori possono venir impiegati pulitore (scrubber) o depolveratore a secco. L'aria contenente polvere viene aspirata dalla zona di lavoro e l'aria filtrata viene rilasciata nella sezione piena dove defluisce come aria viziata.

Il dimensionamento dei depolverizzatori si basa sulla quantità d'aria necessaria ai fronti d'avanzamento. Ne risultano le seguenti potenze:

- G.L.N.: 2 x 150 kW
- G.L.S.: 2 x 150 kW, 2 x 110 kW
- cunicoli trasversali: 2 x 74 kW
- C.E: 74 kW
(resistenti alle esplosioni, ATEX gruppo I, Categoria M2)
- Trens: 2 x 150 kW

I pulitori (scrubber) richiedono una potenza del ventilatore inferiore, sono però da considerare le potenze delle pompe.

9.7. Controllo e strumenti di comando

Il controllo dei ventilatori, delle serrande e delle porte nelle paratie avviene tramite un sistema di controllo superiore che può venir by-passato localmente.

La regolazione delle macchine di raffreddamento e dei depolverizzatori avviene localmente secondo necessità.

Per ogni fronte d'avanzamento così come per le vie d'aria nelle retrovie sono previste delle stazioni di misura della concentrazione dei gas e del flusso dell'aria.

Ogni stazione di misura dei gas misura in tre punti (2 laterali e 1 in volta) le seguenti grandezze:

- temperatura e umidità delle condotte,
- pressione dell'aria assoluta,
- concentrazioni di CH₄, H₂S, CO₂, CO, NO.

La misurazione del flusso d'aria misura le velocità dell'aria e la direzione. Il sistema di gestione trasforma questi valori con i valori della temperatura dell'aria e la pressione in flussi di massa.

Son previste in totale max. 16 stazioni di misurazione dei gas:

- 6x ai fronti di scavo delle gallerie,
- 2x ai fronti di scavi dei cunicoli trasversali,
- 6x nelle zone di flussi d'aria viziata dai fronti prima dei cameroni di montaggio delle TBM rispettivamente prima della finestra di Mules,
- 2x prima dei portali Mules e C.E. Aicha.

In aggiunta son previsti max. 14 misurazioni dei flussi d'aria, in alternanza con le stazioni di misurazione dei gas, tuttavia non nei cunicoli trasversali. Un apparecchio di misura del flusso d'aria si trova anche nel canale di immissione d'aria.

Le apparecchiature di misura sono resistenti alle esplosioni (ATEX gruppo I, Categoria M2)

I seguenti stati di funzionamento degli impianti sono rilevati dal sistema di gestione:

- ventilatori: segnale da CF (pronto, disturbo, funzionamento, giri al minuto)
- serrande: segnale dal meccanismo di regolazione (aperta, chiusa, posizione attuale, disturbo)
- Portoni: segnale di stato (apporto, chiuso, disturbo)

In base ai valori misurati, l'impianto di ventilazione viene regolato per i singoli avanzamenti e come sistema globale. Inoltre è possibile regolare l'impianto manualmente in locale.

Per ogni valore sono definiti due limiti:

- avviso
- allarme

In vari settori tra cui quelli d'avanzamento, sono previsti pulsanti manuali per l'allarme incendio.

Rilevatori fumo automatici sono previsti in settori particolarmente a rischio, p.es. nella caverna logistica, così come all'inizio dell'avanzamento nell'aria viziata di ritorno.

È inoltre previsto un cavo rilevamenti incendio.

10. BIBLIOGRAFIA

- [1] Documenti di pianificazione
- [2] D0700 11100, Disposizioni tecniche particolari
- [3] D0700 12001, Relazione descrittiva generale di opere generali, Galleria di Base del Brennero, Progettazione esecutiva Lotto Mules 2-3
- [4] D0700 31002, Relazione della ventilazione e raffreddamento in fase di costruzione, Galleria di Base del Brennero, Progettazione esecutiva Lotto Mules 2-3
- [5] D0700 31001, Concetto di ventilazione - fase di costruzione, Galleria di Base del Brennero, Progettazione esecutiva Lotto Mules 2-3
- [6] D0700 31101, Concetto di raffreddamento - fase di costruzione, Galleria di Base del Brennero, Progettazione esecutiva Lotto Mules 2-3
- [7] D0154, Galleria di Base del Brennero, Fase II, Progettazione Tecnica, Tunnel di base, Progetto Definitivo, Rapporto di Geotermia, Gas, Radioattività ed Eluati
- [8] D0616-III-01-TB-3001-25, Progettazione di sistema, Dati di base per la progettazione, Specifiche e requisiti tecnici, Relazione tecnica, Requisiti di progetto, Requisiti delle basi di progettazione
- [9] D0616-III-04-TB-3504-25, Progettazione di sistema, Dati di base per la progettazione, Aerodinamica - Clima - Ventilazione, Relazione tecnica, Concetto di ventilazione / raffreddamento in fase di costruzione
- [10] D0616-III-04-TB-3508-25, Progettazione di sistema, Dati di base per la progettazione, Aerodinamica - Clima - Ventilazione, relazione tecnica, dossier dei dati di basi
- [11] DPR 20 marzo 1956, n. 320 "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro sotterraneo"
- [12] D.lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 - Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro. Testo coordinato con il D.lgs. 3 agosto 2009, n. 106, Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- [13] Note interregionali Emilia-Toscana-Servizio Sanitario Regionale "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3.a edizione"
- [14] Provincia Autonomia di Bolzano - Alto Adige, Legge provinciale del 5 dicembre 2012, n. 20, Disposizioni in materia di inquinamento acustico
- [15] La Delibera di approvazione CIPE n. 071/2009 del 31.07.2009, che approva il Progetto Definitivo della Galleria di Base del Brennero – parte italiana, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 29 in data 05.02.2010.
- [16] SIA 196, Baulüftung im Untertagebau, Ausgabe 1998, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein
- [17] Bauarbeiterschutzverordnung – BauV, BGBl. Nr. 340/1994 idF BGBl. Nr. 706/1995, BGBl. II. Nr. 121/1998 und BGBl. II Nr. 368/1998
- [18] SUVA. Misure di prevenzione contro il rischio di incendi ed esplosioni provocati dalla presenza di gas naturale negli strati rocciosi durante i lavori in sotterraneo. Fascicolo tecnico 66102.i. Luzern, marzo 2002.
- [19] SUVA. Grenzwerte am Arbeitsplatz 2014. MAK-Werte, BAT-Werte, Grenzwerte für physikalische Einwirkungen, Richtlinie 1903.d, Luzern, Januar 2014

11. ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

Abbreviazioni	Significato
VA	Ventilatore assiale
CAN Mules	Cantiere Mules
C.E.	Cunicolo esplorativo
C.E.N.	Cunicolo esplorativo nord
F.d.M.	Finestra di Mules
CF	Convertitore di frequenza
G.L.	Galleria di linea
G.L.N.	Galleria di linea a nord della finestra di Mules
G.L.E.	Galleria di linea est
G.L.E.N.	Galleria di linea est, a nord della finestra di Mules
G.L.E.S.	Galleria di linea est, a sud della finestra di Mules
G.L.S.	Galleria di linea a sud della finestra di Mules
G.L.O.	Galleria di linea ovest
G.L.O.N.	Galleria di linea ovest, a nord della finestra di Mules
G.L.O.S.	Galleria di linea ovest, a sud della finestra di Mules
F.d.E.	Fermata d'emergenza
VG	Ventilatore a getto
TBM	Fresa
C.T.	Cunicolo trasversale
G.A.	Galleria di accesso