

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
 Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
 Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
 e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
 1° stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTI:

Ing. VINCENZO MARZI
 Ordine Ingegneri di Bari n. 3594

IL GEOLOGO

Geol. FRANCESCO MATALONI
 Ordine Geologici del Lazio n. 725

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. GIOVANNI MAGARO'
 Ordine Architetti di Roma n. 16183

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. ing. ANTONIO SCALAMANDRÈ

PROTOCOLLO

DATA:

Impianti tecnologici

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI VENTILAZIONE

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE		
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.		T00IM00IMPRE04_A					
L	O	7	0	2	M	D	1801
CODICE ELAB.		T00IM00IMPRE04			A		***
D							
C							
B							
A	EMISSIONE			Giugno 2018			
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

1) <i>PREMESSA</i>	2
2) <i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	2
3) <i>GENERALITA'</i>	3
4) <i>CRITERI GENERALI PER IL DIMENSIONAMENTO</i>	4
5) <i>DIMENSIONAMENTO</i>	5
6) <i>CONCLUSIONI</i>	9

**IMPIANTI TECNOLOGICI A SERVIZIO DEL TRATTO STRADALE GALLERIA GUINZA
(lotto 2) E DEL TRATTO GUINZA – MERCATELLO OVEST (lotto 3) SULLA E78 S.G.C.
GROSSETO-FANO**

RELAZIONE DI CALCOLO

1) PREMESSA

La presente relazione di calcolo è finalizzata al dimensionamento e alla verifica dell'impianto di ventilazione a servizio della galleria Guinza sul nuovo tratto stradale sulla E78 S.G.C. Grosseto – Fano, identificato come galleria Guinza e tratto galleria Guinza - Mercatello Ovest. Si tratta di una galleria naturale con uno sviluppo di 5.966 metri costituita da una singola corsia di marcia per ogni direzione (bidirezionale con doppio senso di marcia).

Si tratta di una galleria esistente realizzata da oltre un decennio non ancora aperta al traffico in quanto completamente sprovvista di qualsiasi impianto tecnologico.

Per quanto riguarda l'impianto di ventilazione, considerato la geometria e le caratteristiche dimensionali della sezione trasversale, in accordo a quanto previsto dal documento “valutazione dei rischi”, l'impianto di ventilazione previsto è del tipo longitudinale, integrato da un impianto di rilevamento della qualità dell'aria (opacimetri, analizzatori di CO ed NO), di controllo del traffico, nonché da sensori di misurazione della velocità e direzione del vento.

Il dimensionamento del nuovo impianto di ventilazione è stato effettuato in modo da assicurare un'elevata quantità dell'aria all'interno della galleria oltre che ad assicurare un'adeguata diluizione degli inquinanti, nella peggiore condizione di traffico stimata ed in condizioni di emergenza, per mezzo di ventilatori assiali detti anche “acceleratori” o “jet-fan” ad impulso, ancorati alla volta della galleria. Nella verifica e dimensionamento dell'impianto nelle condizioni di un incendio (30MW), si è tenuto conto della necessità di garantire la stratificazione dei fumi, nella fase iniziale dell'incendio, in modo tale da garantire sia l'evacuazione delle persone che l'accesso dei mezzi di soccorso.

In particolare, nella presente relazione di calcolo sono stati analizzati i diversi scenari di funzionamento dell'impianto in condizioni di esercizio ordinario (sanitaria) e in condizioni di emergenza (incendio)

2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti normativi e legislativi posti alla base per la verifica ed il dimensionamento dei ventilatori hanno come riferimento le linee guida che Anas ha emanato nel corso degli anni, con particolare riferimento alla edizione II dell'ottobre 2009. Tali linee guida all'art. 3.4.2.2.1, in merito al “livello massimo degli inquinanti” indica come “raccomandazioni” di riferimento, quelli riportati nelle guide PIARC (World Road Association) vigenti al momento della progettazione dell'impianto di ventilazione”. Nel nostro caso si tratta della edizione PIARC del 2004.

Di seguito vengono riportate altri riferimenti normativi presi in considerazione:

- *Road tunnels: Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation (PIARC 2004)*: riferimento per i limiti di concentrazione degli inquinanti e coefficienti di emissione dei veicoli;
- *Systems and Equipment for Fire and Smoke control in Road Tunnels (PIARC 2007)*: riferimenti per la definizione degli scenari di incendio e per il dimensionamento degli impianti di ventilazione;
- *Recommendations of the group of experts on safety in road tunnels (UN trans/AC.7/9)*: definizione della potenza d'incendio e verifica dell'impianto di ventilazione in condizione di emergenza;
- *Les études spécifiques des dangers (ESD) pour les tunnels du réseau routier* (guida metodologica francese per l'analisi dei rischi nei tunnel): definizione dell'evoluzione nel tempo della potenza dell'incendio.

3) GENERALITA'

Le funzioni che devono essere assolte da un impianto di ventilazione all'interno di una galleria stradale possono essere riassunte nel successivo elenco:

- controllo e gestione del livello degli elementi inquinanti (CO, CO₂, NO, NO₂) e della OPACITA' presenti, emessi dai veicoli circolanti all'interno della struttura, sia in condizione di traffico "normale" che di "picco";
- controllo e gestione degli stessi parametri in condizioni particolarmente gravosi generati da un arresto della circolazione per incidenti od anomalie sulla normale viabilità;
- controllo e gestione delle condizioni dell'aria interna in caso di produzione di calore e di fumo derivanti da incendi.

Riassumendo quanto sopra indicato, si può affermare che l'impianto di ventilazione a servizio di una galleria stradale deve assolvere a due compiti ben precisi:

- assicurare il mantenimento del livello di inquinanti al di sotto delle soglie limite impostate *in condizione di funzionamento normale*;
- controllare la diffusione dei fumi, in caso di *condizioni di emergenza* dovute a incendio in galleria o traffico bloccato, al fine di garantire il salvataggio delle persone coinvolte nell'evento

Sulla base di quanto sopra, l'impianto di ventilazione sarà dimensionato, in esercizio normale, sulla base dei volumi di traffico effettivi, caratteristici della galleria, e in condizioni di emergenza ipotizzando di avere un carico di incendio con una potenza termica non inferiore a 30MW.

Come ribadito è importante avere una gestione corretta dell'impianto durante un eventuale incendio, in modo tale da poter controllare il moto dei fumi unitamente alla diluizione delle sostanze tossiche ad essi associate).

4) CRITERI GENERALI PER IL DIMENSIONAMENTO

Ai fini del calcolo delle portate d'aria di rinnovo nelle condizioni di esercizio normale sono stati considerati i seguenti scenari di traffico:

- traffico fluido in entrambe le direzioni di marcia;
- traffico congestionato in entrambe le direzioni di marcia;
- traffico bloccato in galleria.

Per la determinazione dei volumi di traffico in transito all'interno della galleria nei differenti scenari di traffico si considerano rispettivamente:

- i flussi di traffico orario massimi riportati al paragrafo precedente per i primi due scenari;
- la densità di veicoli massima che porta alla saturazione della lunghezza totale della galleria nelle ipotesi di traffico bloccato.

Il numero di veicoli presenti in galleria, nell'unità di tempo viene calcolata come rapporto diretto tra il traffico orario considerato e la relativa velocità media.

Per tutti gli scenari si considera una percentuale costante di mezzi pesanti secondo la composizione del parco veicoli fissata al paragrafo precedente.

In accordo con i dettami del PIARC – World Road Congress, Montreal 1995:

- la velocità del flusso di traffico che porta ai valori massimi del traffico orario è fissata a 70 km/h;
- per lo scenario di traffico congestionato si utilizza le velocità di 10 km/h;
- la densità massima di veicoli in galleria in condizioni di traffico bloccato è fissata in ragione della lunghezza equivalente dei veicoli per km percorsa.

Per i tre scenari esaminati è stata calcolata la portata d'aria di rinnovo necessaria a garantire la corretta diluizione degli inquinanti (così come imposto dal PIARC).

Il calcolo è stato effettuato considerando che nel futuro (proiezione all'anno 2020) le emissioni di inquinanti all'interno delle gallerie saranno inferiori rispetto allo stato previsionale a breve termine, tenendo conto che lo sviluppo tecnologico sarà ancor più rivolto ad una maggiore riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera.

Ai fini del calcolo della portata d'aria nelle condizioni di emergenza si è considerato lo scenario con la presenza di un focolaio di incendio nella struttura.

La potenza fissata per il focolaio di riferimento è di 30 MW - equivalente all'incendio di un mezzo pesante per trasporto merci combustibili.

Il flusso di ventilazione è stato considerato nella condizione di spinta più sfavorevole è cioè prevedendo l'allontanamento dei fumi in discesa. Così facendo, l'impianto previsto sarà capace di contrastare le perdite al camino dovute al moto dell'aria ascendente causa della differenza di

densità tra l'aria in galleria lontana dal focolare e l'aria calda presente nella zona occupata dai fumi.

Dal calcolo della portata d'aria eseguito in tutti i possibili scenari (normali e di emergenza) si determina dunque la spinta richiesta al sistema di ventilazione per il mantenimento delle condizioni di funzionamento calcolate in relazione alle cadute di pressione prodotte dal moto dell'aria all'interno della galleria (attrito, effetto pistone, effetti meteo climatici ...). Dalla spinta utile si ricava in modo diretto il numero di jet-fan necessari.

5) DIMENSIONAMENTO

La galleria è del tipo stradale, a singolo fornice con traffico bidirezionale, con una corsia di marcia per senso di percorrenza ed avente lunghezza pari a 5.966m. Il criterio di ventilazione adottato per le condizioni di esercizio rispecchia sostanzialmente il sistema di ventilazione longitudinale.

La presente verifica aeraulica valuta il sistema di ventilazione in condizione di normale esercizio (ventilazione sanitaria) e in condizioni di emergenza (evento incidentale con sviluppo incendio).

Vengono riportati a seguito le grandezze principali relative alla galleria ai fini della valutazione aeraulica.

Caratteristiche	Galleria Guinza
Lunghezza (m)	5966
area sezione (m²)	57
diametro idraulico (m)	7,6
pendenza media (%)	0,4
quota media s.l.m. (m)	580

caratteristiche geometriche della galleria.

Sono stati utilizzati i dati indicati in occasione della verifica ed indicati a seguito.

GALLERIA Galleria Guinza

DATI DI CALCOLO

nome Galleria Guinza
Concessionaria ANAS
tipo Stradale

dati geometrici della galleria

fornice unico
traffico bidirezionale

direzione *Nord* *Sud*

lunghezza (m) 5.960,0 (da A a B)
pendenza media (%) 0,4
quota media s.l.m. (m) 580,0
area sezione (m2) 57,0
diametro idr. (m) 7,6
altezza max galleria (m) 6,8

dati di traffico (proiezione al 2025)

direzione	<i>Sud</i>	<i>Nord</i>
TGM (veic/g)	6502	6502
% VL	77	77
% VP	23	23
velocità max VL	80	80
velocità max VP	60	60

parco veicolare

VEICOLI LEGGERI

	%		%
Benzina	60	EURO1	10
Diesel	40	EURO2	20
		EURO3	40
		EURO4	30

VEICOLI PESANTI

	%		%
10t	65	pre EURO	0
20t	20	EURO1	10
30t	15	EURO2	30
		EURO3	40
		EURO4	20

Per le verifiche sono stati utilizzati i valori nominali degli acceleratori forniti in occasione della verifica e riportati a seguito:

diametro interno: 1.000 mm
 spinta: 900 N
 portata d'aria: 24,3 m³/s

Come fattori per le perdite di carico, sono stati presi quelli comunemente utilizzati e verificati per il dimensionamento degli impianti di ventilazione:

fattore di perdita all'ingresso: 0,75
 fattore di perdita per attrito: 0,025 che tiene in conto di una rugosità media pari a 1.700 µm, degli allarghi e la segnaletica in galleria.
 fattore di perdita all'uscita: 1,0

L'impianto di ventilazione, per la gestione ordinaria in condizione di esercizio, segue gli indirizzi tipici della ventilazione longitudinale in cui viene generata una portata d'aria tale da diluire le sostanze inquinanti emesse dai veicoli ad una concentrazione, che nel caso peggiorativo, è pari a quella massima ammessa dalle raccomandazioni internazionali.

Gli inquinanti considerati sono quelli prodotti dal funzionamento dei veicoli che percorrono la galleria, costituiti prevalentemente da monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO_x) e particolato (PM10) descritti di seguito. I valori limite per la concentrazione degli inquinanti, nelle diverse condizioni di flusso di traffico, sono state ricavate dalla pubblicazione [2] e cautelativamente riferiti ai valori soglia di concentrazione più restrittivi previsti per l'anno 2020.

Soglia di concentrazione degli inquinanti			
Condizioni di traffico	CO (1)	opacità: k (1)	NO ₂ (2)
fluido	70	0,005	1
congestionato	70	0,007	1
bloccato	100	0,009	1
manutenzione	20	0,003	1

Soglia di concentrazione degli inquinanti

La portata di inquinanti emessa in galleria, è funzione delle diverse condizioni di traffico che attraverseranno il fornice, e dipende da:

- velocità di percorrenza
- il numero di veicoli in galleria,
- composizione del traffico (VL, VP, % diesel, % benzina, massa VP).

Sulla base dei dati forniti sono stati desunti i valori di traffico per le condizioni di traffico fluido, mentre, per le restanti condizioni di traffico (congestionato e bloccato).

Di seguito sono riportate le fonti e i dati utilizzati per definire le diverse condizioni di traffico.

GALLERIA Galleria Guinza

DATI DI CALCOLO

caratteristiche del di traffico

direzione Sud

	fluido	congestionato (PIARC)	bloccato (PIARC)
n° corsie (con traffico)	1		
velocità VL (km/h)	80	10	0
velocità VP (Km/h)	60	10	0
flusso per corsia (veic/h)	650	479	0
densità per corsia (veic/km)	8,6	47,9	102,7

direzione Nord

	fluido	congestionato (PIARC)	bloccato (PIARC)
n° corsie (con traffico)	1		
velocità VL (km/h)	80	10	0
velocità VP (Km/h)	60	10	0
flusso per corsia (veic/h)	650	479	0
densità per corsia (veic/km)	8,6	47,9	102,7

Traffico fluido: si prendono come riferimento i dati riportati nella tabella 2 uguali per le due direzioni di percorrenza. Nelle valutazioni degli scenari è stata considerata la condizione di traffico bilanciato nei due sensi di percorrenza.

Traffico congestionato: si prende come riferimento la pubblicazione [1], che specifica per il traffico congestionato un volume di 70 pcu/km per i tunnel extraurbani con velocità di 10 km/h e l'equivalenza 1VP = 3 pcu (1)

Traffico bloccato (veicoli fermi in galleria): si prende come riferimento la pubblicazione [2], che specifica per il traffico bloccato una densità di veicoli di 150 pcu/km per i tunnel extraurbani e l'equivalenza 1VP = 3 pcu (*).

Le portate di inquinanti emesse da un veicolo (CO, NO₂ e particolato), sono calcolate in funzione della velocità e della pendenza stradale della galleria, utilizzando le tabelle riportate sulla la pubblicazione [2].

Per il dimensionamento e le verifiche delle prestazioni di un impianto di ventilazione, devono essere considerati gli effetti meteorologici caratteristici della zona, in mancanza di uno studio o di dati appropriati si considera il contributo meteorologico pari a circa 100 Pa.

Sulla base della scena ipotizzati nel capitolo precedente, si riporta a seguito la portata *totale* di inquinate in galleria per le quali si è verificata la capacità di diluizione dell'impianto ai valori raccomandati.

GALLERIA	Galleria Guinza
-----------------	------------------------

INQUINANTI E PORTATA D'ARIA RICHIESTA

inquinanti in galleria per diversi SCENARI di traffico

SCENARIO

direzione	traffico	CO(g/s)	NOx(g/s)	PM(g/s)
<i>Sud</i>	fluido	0,85	1,21	0,07
<i>Nord</i>	fluido	0,63	0,99	0,07
	fornice	1,47	2,21	0,14
<i>Sud</i>	congestionato	2,87	1,96	0,12
<i>Nord</i>	congestionato	2,69	1,78	0,11
	fornice	5,56	3,74	0,23
<i>Sud</i>	bloccato	1,79	2,03	0,11
<i>Nord</i>	bloccato	1,79	2,03	0,11
	fornice	3,57	4,07	0,22
<i>Sud</i>	fluido	1,22	2,15	0,13
<i>Nord</i>	congestionato	2,69	1,78	0,11
	fornice	3,92	3,92	0,24
<i>Sud</i>	fluido	1,22	2,15	0,13
<i>Nord</i>	manutenzione	0,00	0,00	0,00
	fornice	1,22	2,15	0,13
<i>Sud</i>	congestionato	2,87	1,96	0,12
<i>Nord</i>	manutenzione	0,00	0,00	0,00
	fornice	2,87	1,96	0,12

VELOCITA' DELL'ARIA E CONCENTRAZIONE INQUINATI AL PORTALE

Portata d'aria e velocità minima dell'aria in galleria per diluire gli inquinati

SCENARI		portata d'aria mc/s		velocità dell'aria m/s	
Sud	Nord				
fluido	fluido	110	(NO2)	1,94	m/s
congestionato	congestionato	187	(NO2)	3,28	m/s
bloccato	bloccato	203	(NO2)	3,57	m/s
fluido	congestionato	196	(NO2)	3,44	m/s
fluido	manutenzione	107	(NO2)	1,88	m/s
congestionato	manutenzione	119	(CO)	2,10	m/s

concentrazione massima degli inquinati (mg/m³) in corrispondenza del portale
(in seguito alla diluizione con la portata minima d'aria calcolata)

SCENARI		CO	NO ₂	PM
Sud	Nord			
fluido	fluido	13	20	1
congestionato	congestionato	30	20	1
bloccato	bloccato	18	20	1
fluido	congestionato	20	20	1
fluido	manutenzione	11	20	1
congestionato	manutenzione	24	16	1

concentrazione massima degli inquinati in corrispondenza del portale
(in seguito alla diluizione con la portata minima d'aria calcolata)

SCENARI		CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	PM (m ⁻¹)
Sud	Nord			
fluido	fluido	11,1	10,0	0,0025
congestionato	congestionato	24,8	10,0	0,0040
bloccato	bloccato	14,7	10,0	0,0050
fluido	congestionato	16,6	10,0	0,0033
fluido	manutenzione	9,5	10,0	0,0027
congestionato	manutenzione	20,0	8,2	0,0033

PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE

verifica dell'impianto di ventilazione in esercizio

<i>Sud</i>	<i>Nord</i>	vel. aria m/s	vent. attivi n°
fluido	fluido	2,01	19,00
congestionato	congestionato	3,31	27,00
bloccato	bloccato	3,60	35,00
fluido	congestionato	3,45	64,00
fluido	manutenzione	2,53	0,00
congestionato	manutenzione	2,27	10,00

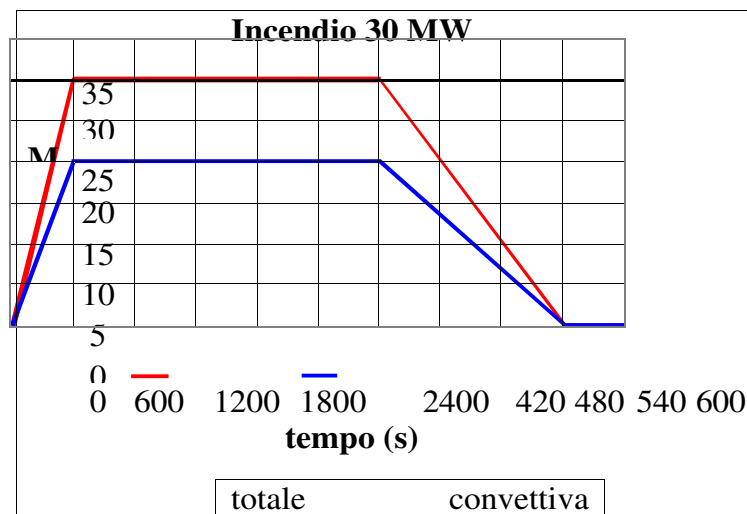
verifica dell'impianto di ventilazione in emergenza

incedio lato	<i>Sud</i>		<i>Nord</i>		
velocità critica (m/s)	30MW	2,60	30MW	0,00	
	100MW	3,30	100MW	0,00	
progr. incendio = (% lungh. galleria)	10%		90%		
		vel. aria m/s	vent. attivi n°	vel. aria m/s	vent. attivi n°
potenza incendio	15	MW	2,69	17	
	30	MW	3,37	25	

Il sistema di ventilazione nell'ipotesi di evento incidentale è stato verificato mediante il calcolo della velocità critica nelle diverse condizioni di funzionamento previste negli scenari di riferimento per le possibili condizioni di incendio. La velocità critica determina la minima velocità dell'aria che i ventilatori devono poter sviluppare, per un determinato incendio e per una determinata sezione di galleria, per vincere la corrente di propagazione al ritorno dei fumi (fenomeno del Backlayering). Nel caso specifico, essendo il traffico di tipo monodirezionale, l'accensione dei ventilatori sarà ritardata di un Δt , per permettere la stratificazione dei fumi in volta.

L'impianto di ventilazione è stato dimensionato per un incendio di potenza termica pari a 15 MW. Successivamente, è stata effettuata una verifica tramite un'analisi di sensitività mediante incendio a 30 MW. Per descrivere l'evoluzione dell'incendio, ossia l'andamento della potenza termica rilasciata dal veicolo in fiamme al passare del tempo, si assume convenzionalmente la curva proposta nella guida metodologia francese "les études spécifiques des dangers (esd) pour les tunnels du réseau routier".

Andamento della potenza dell'incendio da 30 MW



La verifica dell'impianto di ventilazione è stata condotta con uno schema di calcolo analitico, considerando un incendio di potenza di 15 e di 30MW (analisi di sensitività). Gli incendi sono stati collocati in corrispondenza del 10% e 90% della lunghezza del fornice al fine di valutare l'effetto camino. Si è inoltre prevista la presenza di traffico bloccato nei tratti di galleria a monte e valle.

L'analisi dei risultati ottenuti, per i diversi scenari di esercizio e di emergenza incendio, richiede che l'impianto di ventilazione sia composto da un certo numero di acceleratori (ventilatori di spinta) le cui prestazioni sono necessarie soprattutto per la gestione di

emergenza, dove l'impianto risulta verificato per un incendio di potenze termiche di riferimento pari a 15 e 30 MW.

Galleria	sanitaria	verifica Incendio	
		15 MW	30 MW
Guinza	64	<u>17</u>	25

6) CONCLUSIONI

Considerando le caratteristiche geometriche della galleria e la posizione delle cabine elettriche di alimentazione, il presente progetto definitivo prevede di installare, ai fini della sicurezza, un numero totale di ventilatori pari a 66, disposti a coppie.

Si avrà quindi un totale di 33 coppie di ventilatori disposti nel seguente modo:

- n. 11 coppie a partire dall'imbocco della galleria lato Fano;
- n.11 coppie in mezzeria
- n.11 coppie a partire dall'imbocco lato Grosseto.