

**S.S.51 "ALEMAGNA"**  
**VARIANTE DI LONGARONE**

**PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

COD. VE407

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE e PRGETTISTA:**

*Dott. Ing. Massim Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma A26031)*

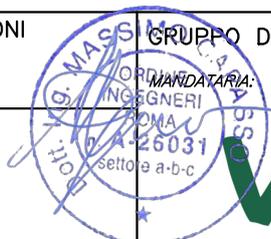
**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**

**PROGETTISTA:**

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*  
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*  
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*  
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*



**GEOLOGO:**

*Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)*

**COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

*Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma A15138)*

**COORDINATORE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:**

*Dott. Ing. Maria Antonietta Merendino (Ord. Ing. Prov. Roma A28481)*



**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

*Dott. Ing. Ettore De Cesbron De La Grennelais*

**PROGETTO DELLA SICUREZZA IN GALLERIA**  
**Indagine sui fattori di rischio**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	VE407_T00EG00SICRE03_A			
DPVE0407	A 23	CODICE ELAB.	T00EG00SICRE03	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B					
A	EMISSIONE	MAR. 2023	G. NICOLETTI	D. COTICELLA	L. STANTERO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



**ANAS S.P.A.**

**S.S.51 “ALEMAGNA” – VARIANTE DI LONGARONE  
GALLERIA CASTELLAVAZZO**

**PROGETTO DELLA SICUREZZA  
(D.LGS. 264/2006)**

**PS03 – INDAGINE SUI FATTORI DI RISCHIO**

 <b>RISK DESIGN ENGINEERING</b> R D E  <b>ING. LUCA STANTERO</b> ORD. ING. TORINO 8563W DLGS 8/3/2006 T008563102049 LUCA.STANTERO@RISKDESIGN.IT	REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
	0	MARZO 2023	PRIMA EMISSIONE

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBIETTIVI</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>METODO LINEE GUIDA ANAS</b> .....	<b>6</b>
3.1	PARAMETRI DI SICUREZZA PRINCIPALI .....	6
3.2	INDICE DI ORDINALITÀ.....	7
3.3	PARAMETRI DI SICUREZZA CARATTERISTICI.....	8
3.4	FATTORI DI PERICOLO.....	10
3.4.1	Scala del Pericolo .....	11
3.5	RISULTATI.....	17
<b>4</b>	<b>METODO ASTRA 19004</b> .....	<b>18</b>
4.1	CHECKLIST PER L'IDENTIFICAZIONE DI CARATTERISTICHE PARTICOLARI.....	18
4.2	RISULTATI.....	20
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>21</b>

## Indice delle Tabelle e delle Figure

Figura 1.	curva di regressione delle serie storiche del tasso di mortalità per eventi di incendio.....	7
Tabella 1 :	Corrispondenza gruppi di requisiti minimi e indice di ordinalità .....	7
Tabella 2 :	Identificazione gruppi di requisiti minimi di sicurezza .....	8
Tabella 3 :	Indice di ordinalità – galleria Castellavazzo .....	8
Tabella 4 :	Valori limite dei parametri di sicurezza caratteristici.....	10
Tabella 5 :	parametri di sicurezza caratteristici – galleria Castellavazzo .....	10
Tabella 6 :	Fattori di pericolo .....	11
Tabella 7 :	Fattori di pericolo – galleria Castellavazzo.....	15
Figura 2.	Vulnerabilità della galleria Castellavazzo .....	16
Tabella 8 :	Checklist n. 1 per l'identificazione di caratteristiche particolari.....	19
Tabella 9 :	Checklist n. 2 per l'identificazione di caratteristiche particolari.....	20

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la “indagine sui fattori di rischio” del Progetto della Sicurezza della galleria Castellavazzo ubicata lungo la S.S.51 “Alemagna” – Variante di Longarone, nel comune di Longarone (BL), in fase di progettazione.

La nuova infrastruttura S.S.51 “Alemagna” – Variante di Longarone non appartiene alla rete TERN. D'altra parte, pur non rientrando il progetto nel campo di applicazione del D.Lgs 264/06, la stessa sarà utilizzata come norma di riferimento per tutti gli aspetti di sicurezza della galleria Castellavazzo.

Il documento è redatto in conformità all'allegato 4 del D.Lgs n° 264 del 5/10/2006: “Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”.

Il documento PS03 “Indagine sui fattori di rischio” contiene quanto richiesto in merito a:

*“un’indagine specifica sui fattori di rischio, che descrive i possibili incidenti che manifestamente mettono a repentaglio la sicurezza degli utenti stradali nelle gallerie, suscettibili di verificarsi durante l’esercizio, e la natura e l’ampiezza delle possibili conseguenze; questa indagine deve specificare e comprovare misure per ridurre la probabilità di incidenti e le loro conseguenze”.*  
[D.Lgs 264/06, Allegato 4, comma 2.3]

L’oggetto del documento è l’individuazione di caratteristiche speciali rispetto i parametri di sicurezza, e l’eventuale individuazione di misure di sicurezza integrative, da valutare successivamente tramite analisi di rischio.

## **2 OBIETTIVI**

I pericoli associati al sistema galleria stradale sono la base per la gestione dell'infrastruttura e l'organizzazione del piano di gestione delle emergenze e, in linea generale, sono i seguenti:

- guasti e malfunzionamenti,
- inquinamento in galleria,
- veicolo fermo o ostacolo in carreggiata,
- turbativa alla normale circolazione,
- violazioni del codice della strada,
- incidenti stradali,
- condizioni ambientali (meteo e territorio),
- incendi,
- incidenti con merci pericolose,
- azioni terroristiche,
- catastrofi naturali.

I pericoli specifici relativi al sistema galleria sono definiti nell'allegato 3 del D. Lgs 264/06 che recita quanto segue.

*"La metodologia qui presentata si riferisce esclusivamente all'analisi degli eventi considerati critici nello specifico ambiente confinato delle gallerie vale a dire incendi, collisioni con incendio, sversamenti di sostanze infiammabili, rilasci di sostanze tossiche e nocive. Eventi propri dell'incidentalità stradale, connessi a caratteristiche geometriche dell'infrastruttura e non indotti dallo specifico ambiente galleria, che non comportino per l'utenza rischi aggiuntivi rispetto ai rischi connessi alla circolazione stradale, sono da considerarsi e da fronteggiarsi per la prevenzione nell'ambito della regolamentazione del traffico e della progettazione stradale. Le vittime di questi ultimi incidenti vanno contabilizzate nell'ambito dell'incidentalità stradale".*

Pertanto i pericoli da analizzare in modo specifico sono:

1. incendi,
2. collisioni con incendio,
3. sversamenti di sostanze infiammabili,
4. rilasci di sostanze tossiche e nocive.

L'analisi di rischio differenzia gli eventi relativi alle merci pericolose e quelli al traffico ordinario, in particolare: gli eventi 3 e 4 sono connessi alle sole merci pericolose, mentre i casi di incendio 1 e 2 possono essere sia per traffico ordinario che per merci pericolose.

L'indagine specifica dei pericoli citata dal D.Lgs 264/06 all'allegato 4 e dalla Direttiva 2004/54/CE, per il caso specifico dell'Italia, è completata nell'ambito dell'analisi di rischio definita dall'allegato 3 al D.Lgs 264/06 stesso. La metodologia di analisi di rischio definita, infatti, nei propri calcoli analizza il funzionamento del sistema galleria considerando tutti gli scenari di pericolo in termini flusso del pericolo ed esodo, al fine della determinazione delle conseguenze attese.

Per altre nazioni europee (es. Francia), che adottano metodologie basate sugli scenari in luogo di metodologie basate sul sistema galleria, l'indagine dei pericoli costituisce una fase a sé stante, preliminare all'analisi di rischio, mirata a descrivere il funzionamento del sistema galleria.

Negli approcci basati sul sistema, come quello italiano, il funzionamento della galleria, ovvero le prestazioni dei sistemi di sicurezza, sono già comprese nell’analisi di rischio. Pertanto anche la definizione di eventuali misure di sicurezza integrative ai requisiti minimi di sicurezza deve essere verificata dall’analisi di rischio quantitativa.

Per quanto riguarda l’indagine dei pericoli costituita dalla valutazione delle frequenze di accadimento degli eventi di riferimento e delle conseguenze attese si rimanda all’analisi di rischio.

La presente indagine si focalizza sui fattori di rischio connessi ai summenzionati pericoli e costituisce lo strumento attraverso cui si analizzano i parametri di sicurezza come definiti in allegato 2 punto 1.1 del D.Lgs n.264/2006.

Nello specifico i parametri di sicurezza sono individuati al punto 1.1.2 e sono i seguenti:

- lunghezza della galleria
- numero di fornici
- numero di corsie
- geometria della sezione trasversale
- allineamento verticale e orizzontale
- tipo di costruzione
- traffico unidirezionale o bidirezionale
- volume di traffico per fornice (compresa la distribuzione nel tempo)
- rischio di congestione (giornaliero o stagionale)
- tempo di intervento dei servizi di pronto intervento
- presenza e percentuale di veicoli pesanti
- presenza, percentuale e tipo di trasporto di merci pericolose
- caratteristiche delle strade di accesso
- larghezza delle corsie
- considerazioni relative alla velocità
- condizioni geografiche e meteorologiche.

La metodologia di analisi adottata riprende più riferimenti di letteratura riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale, aventi ciascuno lo scopo di individuare eventuali caratteristiche speciali riguardanti i summenzionati parametri.

I riferimenti adottati e applicati nei successivi paragrafi sono:

- le “Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali” revisionate e rimesse con prot. n.CDG-179431-P del 09/12/2009 dalla Condirezione Generale Tecnica di ANAS SpA.
- la “Direttiva analisi di rischio per le gallerie delle strade nazionali”, Confederazione Svizzera, Ufficio federale delle strade USTRA, edizione 2014 v1.10, ASTRA 19004.

### **3 METODO LINEE GUIDA ANAS**

Nel presente capitolo viene applicata la metodologia presentata nelle Linee Guida ANAS rev.2009.

Le Linee Guida ANAS distinguono i parametri per decidere sulle misure di sicurezza in:

- Parametri di Sicurezza Principali,
- Parametri di Sicurezza Caratteristici.

#### **3.1 PARAMETRI DI SICUREZZA PRINCIPALI**

I parametri di sicurezza principali sono identificati con:

- la lunghezza della struttura,
- il volume di traffico incidente sulla struttura.

Il metodo identifica i valori limite per i parametri di sicurezza principali nel modo seguente:

- valori limite inferiori sono fissati dal D.Lgs 264/06;
- valori limite superiori sono ricavati in funzione della tipologia costruttiva di un sistema galleria applicando un metodo dei minimi quadrati idoneo ad interpolare dati affetti da incertezze a:
  - serie storiche di eventi incidentali rilevati sulla rete stradale nazionale in funzione del volume di traffico (dati AISCAT),
  - serie storiche di fatalità indotte da eventi di incendio in sistemi galleria nel mondo in funzione della lunghezza della struttura (dati PIARC).

Il valore limite superiore per la lunghezza è fissato pari a 4000 metri.

Il valore limite superiore per il volume di traffico è fissato pari a 10.000 veicoli al giorno per corsia.

I valori limite superiori introdotti ed i valori limite inferiori fissati dal decreto legislativo sono utilizzati per:

- individuare gli intervalli di variazione ammessi per i valori dei parametri di sicurezza principali;
- stabilire una corrispondenza univoca tra gruppi di sistemi galleria e gruppi omogenei di requisiti minimi di sicurezza.

*N.B. L'identificazione dei valori limite superiori per gli intervalli di variazione dei parametri di sicurezza principali non è richiesta dal decreto legislativo.*

Il valore limite del volume di traffico di 10.000 v/giorno corsia, individuato dalla norma per prescrivere la divisione dei flussi di traffico mediante la realizzazione di gallerie a doppio fornice, coincide con il valore in corrispondenza del quale l'andamento della curva di regressione delle serie storiche di eventi incidentali rilevati sulla rete stradale nazionale presenta un primo significativo cambio di pendenza:

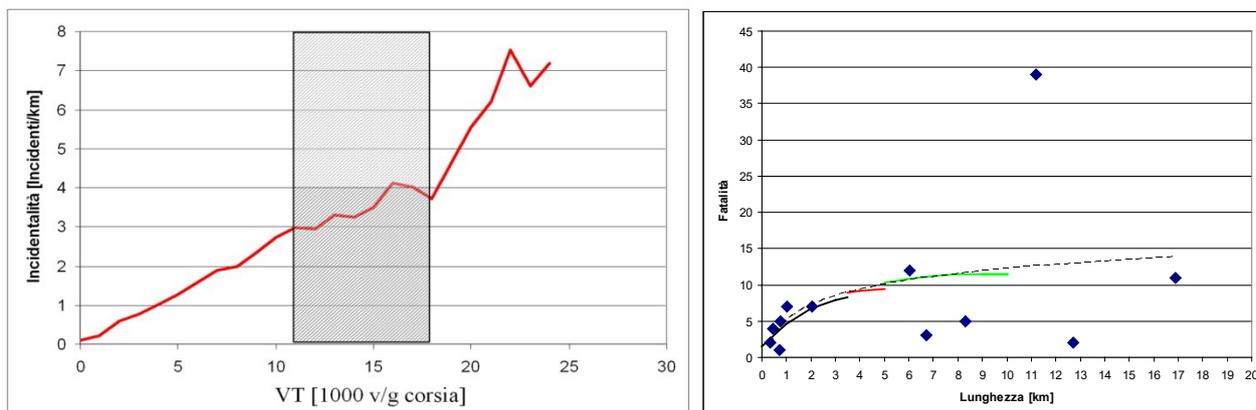


Figura 1. curva di regressione delle serie storiche del tasso di mortalità per eventi di incendio

L’andamento della curva di regressione delle serie storiche del tasso di mortalità per eventi di incendio, in funzione del parametro lunghezza, presenta una prima discontinuità in corrispondenza del valore di 4000 m.

### 3.2 INDICE DI ORDINALITÀ

I gruppi di requisiti minimi di sicurezza sono in corrispondenza biunivoca con l’indice di ordinalità per unità di corsia calcolato sui valori estremi della classe di appartenenza mediante la relazione:

$$I_{obc} = L_{maxi} * VT_{maxi}$$

La corrispondenza tra i gruppi di requisiti minimi e l’indice di ordinalità per unità di corsia è sintetizzata nella successiva tabella:

Gruppo uni	Gruppo bi	$I_{obc}$	$I_{ob}$ 4 corsie	$I_{ob}$ 6 corsie
I	VI	2000	8000	12000
II	VII	8000	32000	48000
III	VIII	10000	40000	60000
IV	IX	30000	120000	180000
V	X	40000	160000	240000

Tabella 1 : Corrispondenza gruppi di requisiti minimi e indice di ordinalità

Qualora uno dei parametri di sicurezza principali superi il valore assunto dagli estremi dei gruppi V e X, l’indice di ordinalità è calcolato assumendo il valore effettivo del parametro eccedente.

Qualora l'indice di ordinalità riferito alla singola corsia superi il valore relativo alle classi V e X è necessario effettuare l'Analisi di Rischio.

Qualora un sistema galleria sia caratterizzato da valori di lunghezza e/o di volume di traffico prossimi ai valori estremi caratterizzanti i vari gruppi si può:

- effettuare l'analisi di rischio per stabilire se il sistema galleria debba essere considerato appartenente al gruppo precedente o successivo e dotato dei requisiti minimi di sicurezza pertinenti al gruppo attribuito;
- dotare il sistema galleria dei requisiti minimi di sicurezza propri del gruppo superiore al gruppo di appartenenza del sistema galleria in esame.

La galleria Castellavazzo appartiene al gruppo di requisiti minimi di sicurezza IX come definito dalle Linee Guida.

<b>Gallerie unidirezionali</b>	500<L<1000	L>1000	500<L<1000	1000<L<3000	L>3000
VT < 2.000 v/g cor	I	II			
VT > 2.000 v/g cor			III	IV	V
<b>Gallerie bidirezionali</b>	500<L<1000	L>1000	500<L<1000	1000<L<3000	L>3000
VT < 2.000 v/g cor	VI	VII			
2.000 < VT < 10.000 v/g cor			VIII	IX	X

Tabella 2 : Identificazione gruppi di requisiti minimi di sicurezza

La tabella successiva sintetizza l'indice di ordinalità della galleria analizzata.

<b>Galleria</b>	<b>Lunghezza [km]</b>	<b>VT [veicoli/giorno corsia]</b>	<b>Indice di ordinalità</b>
Castellavazzo	1,545	6230 (anno 2036 nella direzione più trafficata)	9625

Tabella 3 : Indice di ordinalità – galleria Castellavazzo

L'indice di ordinalità proprio della galleria Castellavazzo è inferiore al limite fissato per il gruppo di appartenenza della galleria (30'000), dunque non presuppone l'effettuazione di un'analisi di rischio.

### **3.3 PARAMETRI DI SICUREZZA CARATTERISTICI**

I parametri di sicurezza caratteristici sono identificati con:

- il numero di corsie per senso di marcia,

- la larghezza delle corsie,
- la pendenza del profilo piano-altimetrico del tracciato,
- il raggio di curvatura,
- la composizione del traffico (frazione di veicoli pesanti, trasporto ADR),
- la congestione del traffico (durata, velocità dei veicoli),
- la stagionalità del traffico,
- le condizioni meteo-climatiche ai portali (nebbia, precipitazioni).

L'applicazione di idonei modelli di inferenza statistica a serie storiche di dati relativi all'incidentalità stradale, utilizzando i parametri di sicurezza caratteristici come variabili di interpolazione, ha consentito agli estensori del metodo di progetto della sicurezza di:

- stimare le variazioni del tasso di accadimento degli eventi incidentali per un sistema galleria in funzione di valori limite dei parametri di sicurezza caratteristici e pesi statistici attribuiti alle caratteristiche dei fattori di pericolo,
- costruire una scala del pericolo per i sistemi galleria, in termini di un insieme di fattori di pericolo, definiti utilizzando come grandezze di rappresentazione le caratteristiche dei fattori di pericolo, identificate a partire dai parametri di sicurezza caratteristici.

Il tasso di accadimento degli eventi incidentali in un sistema galleria può essere stimato in funzione dei parametri di sicurezza caratteristici. La dipendenza del tasso di accadimento degli eventi incidentali dai parametri di sicurezza caratteristici è determinata applicando un modello binomiale negativo a serie storiche di eventi incidentali rilevati su base annua e per tratti omogenei della rete stradale nazionale (dati AISCAT).

L'applicazione del modello di inferenza statistica ha consentito di:

- stabilire valori limite dei parametri di sicurezza caratteristici per i quali il tasso di accadimento degli eventi incidentali non subisce variazioni significative dal punto di vista statistico,
- quantificare le variazioni del tasso di accadimento degli eventi incidentali in funzione dei pesi statistici attribuiti alle caratteristiche dei fattori di pericolo.

I valori limite dei parametri di sicurezza caratteristici per i quali non si verificano variazioni significative nel tasso di accadimento degli eventi incidentali sono riportati nella successiva tabella.

Parametro di Sicurezza Caratteristico	Unidirezionale	Bidirezionale
Numero di corsie per senso di marcia	3	2
Larghezza corsie [m]	3,5	3,5
Pendenza [%]	5	3
Raggio di Curvatura [m]	1000	100
Frazione Veicoli Pesanti [%]	15	15
Congestione Traffico [min/giorno]	30	30
Stagionalità traffico	2	2

Nebbia [% annua]	20	20
Precipitazioni [% annua]	20	20

**Tabella 4 : Valori limite dei parametri di sicurezza caratteristici**

Le variazioni del tasso di accadimento degli eventi incidentali sono valutate come media aritmetica dei pesi statistici attribuiti alle caratteristiche dei fattori di pericolo:

$$\Delta T = \frac{\sum_{i=1}^N PS_i}{N}$$

dove PS sono i pesi statistici delle caratteristiche dei fattori di pericolo.

Il tasso di accadimento effettivo degli eventi incidentali è valutato attraverso la relazione:

$$T_{EFF} = T_{MS} \cdot \Delta T$$

dove  $T_{EFF}$  è il tasso di accadimento effettivo e  $T_{MS}$  è il tasso di accadimento medio statistico.

La successiva tabella mette a confronto i valori limite individuati nelle Linee Guida ANAS con i valori dei parametri di sicurezza caratteristici della galleria Castellavazzo.

Parametro di Sicurezza Caratteristico	bidirezionale	Castellavazzo
Numero di corsie per senso di marcia	2	<b>1</b>
Larghezza corsie [m]	3,5	3,75
Pendenza [%]	3	1,01
Raggio di Curvatura [m]	100	1050
Frazione Veicoli Pesanti [%]	15	5,24
Congestione Traffico [min/giorno]	30	> 30
Stagionalità traffico	2	nd
Nebbia [% annua]	20	nd
Precipitazioni [% annua]	20	nd

**Tabella 5 : parametri di sicurezza caratteristici – galleria Castellavazzo**

### **3.4 FATTORI DI PERICOLO**

L'insieme dei fattori di pericolo e le caratteristiche dei fattori di pericolo di una galleria, in accordo alle Linee Guida ANAS, sono sintetizzati nella successiva tabella:

Fattori di pericolo	Caratteristiche dei fattori di pericolo
Struttura	tipologia costruttiva area della sezione trasversale numero e larghezza delle corsie geometria del tracciato
Traffico	Composizione Velocità Congestione Stagionalità
Condizioni meteo-climatiche	Vento Precipitazioni Nebbia
Accessibilità	Imbocchi Galleria di emergenza Viabilità alternativa

**Tabella 6 : Fattori di pericolo**

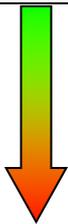
### **3.4.1 Scala del Pericolo**

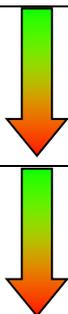
La scala del pericolo, adottata nel metodo di progetto della sicurezza, è definita in termini di importanza dei fattori di pericolo e di pesi delle caratteristiche dei fattori di pericolo desunti applicando un modello binomiale negativo a:

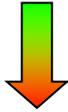
- serie storiche di eventi incidentali rilevati su base annua e per tratti omogenei della rete stradale nazionale (dati AISCAT);
- serie storiche di eventi incidentali rilevati su tracciati stradali dei paesi europei reperite nella letteratura libera.

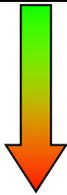
Le tabelle successive sintetizzano le modalità di ordinamento dei fattori di pericolo ed i valori dei pesi statistici attribuiti alle caratteristiche dei fattori di pericolo.

I	Struttura-Tipologia costruttiva			
1	Unidirezionale + corsia di emergenza		0.5	
2	Unidirezionale		1	
3	Bidirezionale		2	

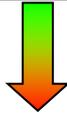
II	Struttura-Corsie			
1	Numero Corsie	Larghezza		
2	>2	L >3.5 m	0.5	
3		3.5 <L<3 m	0.75	
4		L<3 m	1	
5	1-2	L >3.5 m	1.25	
6		3.5 <L<3 m	1.5	
7		L<3 m	2	

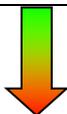
III	Struttura-Tracciato			
	Pendenza	Disegno		
1	< 3%	Dritta	0.5	
2		Curva – Imbocchi dritti	0.75	
3		Dritta – Imbocchi curvi	1	
4		Curva – Imbocchi curvi	1.5	
5	> 3%	Dritta	1.25	
6		Curva – Imbocchi dritti	1.5	
7		Dritta – Imbocchi curvi	1.75	
8		Curva – Imbocchi curvi	2	

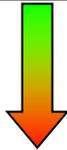
IV	Traffico-Composizione			
	%Veicoli pesanti			
1	< 15%		0.5	
2	>15%<30%		1	
3	>30%		2	
	Veicoli ADR			
4	<3%		+1	
5	>3%		+1.5	

<b>V</b>	<b>Traffico-Velocità</b>		
	<b>Limiti di velocità</b>		
1	50 km/h	0.5	
2	70 km/h	0.75	
3	90 km/h	1	
4	100 km/h	1.5	
5	>=110 km/h	2	

<b>VI</b>	<b>Traffico-Congestione</b>		
	<b>Durata (min/giorno) Vel Media &lt;20 km/h</b>		
1	0	0.5	
2	>15 min	1	
3	>30 min	1.5	
4	>60 min	2	

<b>VII</b>	<b>Traffico-Stagionalità</b>		
	<b>TGM (Medio mensile max) / TGM (Medio annuo)</b>		
1	< 1,25	0.5	
2	1,25 ÷ 2	1	
3	>2	2	

<b>VIII</b>	<b>Ambiente-Condizioni meteorologiche</b>			
	<b>Condizione</b>	<b>Frequenza</b>		
1	Vento	Bassa	0.5	
2		Stagionale	1	
3		Elevata	2	
1	Precipitazioni	Bassa	0.5	
2		Stagionale	1	
3		Elevata	2	
1	Nebbia	Bassa	0.5	
2		Stagionale	1	
3		Elevata	2	

<b>IX</b>	<b>Ambiente-Accessibilità</b>			
1	Imbocchi, Galleria di emergenza, Viabilità alternativa		0.5	
2	Imbocchi ,Viabilità alternativa		1	
3	Imbocchi		1.5	
4	Singolo imbocco		2	

I fattori di pericolo della galleria Castellavazzo sono sintetizzati nella successiva tabella.

Fattori di pericolo		Castellavazzo
<b>Struttura - tipologia costruttiva</b>		
Unidirezionale + corsia di emergenza		
Unidirezionale		
Bidirezionale		<b>x</b>
<b>Struttura - corsie</b>		
<b>Numero corsie</b>	<b>Larghezza</b>	
1-2	$L > 3.5 \text{ m}$	<b>x</b>
1-2	$3.5 \text{ m} \leq L < 3 \text{ m}$	
1-2	$L \leq 3 \text{ m}$	
>2	$L > 3.5 \text{ m}$	
>2	$3.5 \text{ m} \leq L < 3 \text{ m}$	
>2	$L \leq 3 \text{ m}$	
<b>Struttura - tracciato</b>		
<b>Pendenza</b>	<b>Disegno</b>	
$\leq 3 \%$	Dritta	
$\leq 3 \%$	Curva - imbocchi dritti	
$\leq 3 \%$	Dritta - imbocchi curvi	<b>x</b>
$\leq 3 \%$	Curva - imbocchi curvi	
$> 3 \%$	Dritta	
$> 3 \%$	Curva - imbocchi dritti	
$> 3 \%$	Dritta - imbocchi curvi	
$> 3 \%$	Curva - imbocchi curvi	
<b>Traffico - composizione</b>		
<b>% veicoli pesanti</b>		
VP < 15 %		<b>x</b>
$15 \% \leq \text{VP} < 30 \%$		
$\geq 30 \%$		
<b>Veicoli ADR</b>		
$\leq 3 \%$ veicoli pesanti		
$> 3 \%$ veicoli pesanti		<b>x</b>
no		

Traffico - velocità	
Limiti di velocità	
≤ 50 km/h	
≤ 70 km/h	
≤ 90 km/h	<b>x</b>
≤ 110 km/h	
> 110 km/h	

Traffico - congestione	
Durata (minuti/giorno) velocità media < 20 km/h	
0 ≤ x < 15 min	
15 ≤ x < 30 min	
30 ≤ x < 60 min	<b>x</b>
x ≥ 60 min	

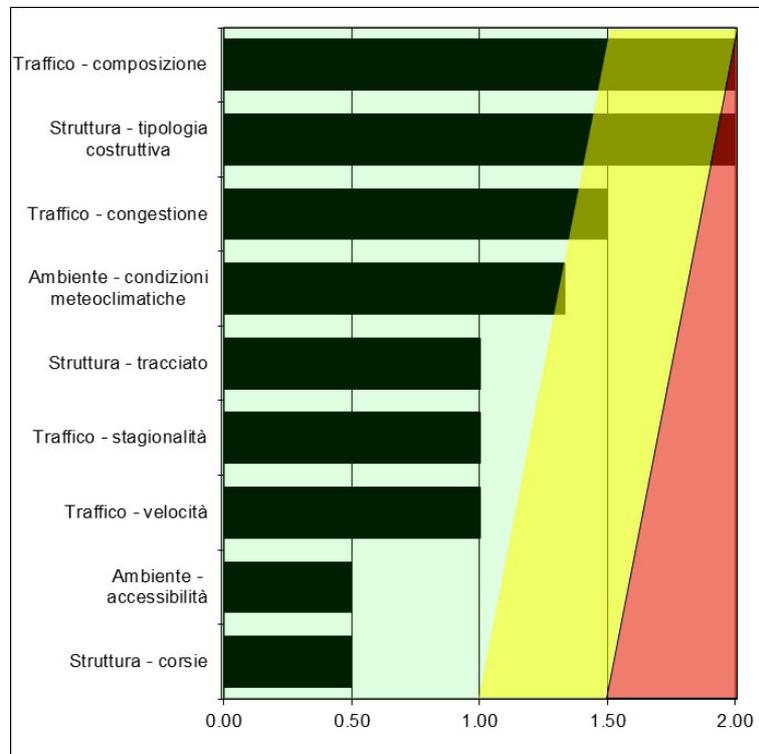
Traffico - stagionalità	
TGM (medio mensile massimo) / TGM (annuo)	
x < 1.25	
1.25 ≤ x < 2	<b>x</b>
x ≥ 2	

Ambiente - condizioni meteorologiche		
Condizione	Frequenza	
Vento	bassa	
Vento	stagionale	<b>x</b>
Vento	elevata	
Precipitazioni	bassa	
Precipitazioni	stagionale	
Precipitazioni	elevata	<b>x</b>
Nebbia	bassa	
Nebbia	stagionale	<b>x</b>
Nebbia	elevata	

Ambiente - accessibilità	
Imbocchi , galleria di emergenza, viabilità alternativa	<b>x</b>
Imbocchi, viabilità alternativa	
Imbocchi	
Singolo imbocco	

Tabella 7 : Fattori di pericolo – galleria Castellavazzo

I fattori di pericolo sopra riportati e pesati con la scala di pericolo permettono la valutazione della vulnerabilità della galleria rappresentata nel grafico seguente.



**Figura 2. Vulnerabilità della galleria Castellavazzo**

La metodologia di analisi prevede l'adozione di una fascia di pericolo elevato indicata in colore rosso nel grafico, una fascia di attenzione indicata in colore giallo nel grafico ed una fascia di colore verde relativa al pericolo ridotto.

I parametri sono ordinati secondo la scala del pericolo dal più influente al meno influente per la specifica galleria, l'inclinazione della fascia fa sì che sia cumulato il pericolo connesso a tutti i parametri, considerando quindi sia l'effetto di ogni singolo parametro sia il contributo di tutti i parametri.

Nel caso specifico si evidenzia che i maggiori fattori di pericolo pertinenti la galleria Castellavazzo sono individuabili in:

- la tipologia della struttura ad unico fornice con traffico bidirezionale,
- il libero transito di veicoli trasportanti merci pericolose.

Rientrano in fascia di attenzione i seguenti aspetti:

- le condizioni meteorologiche,
- la congestione del traffico.

### 3.5 RISULTATI

L'analisi condotta con riferimento alla metodologia che segue le indicazioni delle Linee Guida ANAS ha prodotto i seguenti risultati:

- l'indice di ordinalità della galleria Castellavazzo è inferiore al limite fissato per il gruppo di appartenenza della galleria, dunque non presuppone l'effettuazione di un'analisi di rischio;
- le anomalie nei parametri di sicurezza caratteristici individuate sono relative a:
  - numero delle corsie,
- l'analisi di vulnerabilità ha mostrato come i parametri più influenti nella valutazione della pericolosità del sistema sono:
  - la tipologia della struttura ad unico fornice con traffico bidirezionale,
  - il libero transito di veicoli trasportanti merci pericolose,
- l'analisi di vulnerabilità ha mostrato inoltre come il fenomeno di congestione del traffico e le condizioni meteorologiche rientrino in fascia di attenzione.

Relativamente al fattore “congestione del traffico” ed al livello di prestazione della tratta in oggetto si riporta un estratto delle conclusioni dello studio trasportistico di riferimento “ELABORATI GENERALI – Studio trasportistico, codice elaborato: T00EG00GENRE02 rev A, gennaio 2021”:

*“Per le tratte più cariche sono stati stimati i livelli di servizio in base alla metodologia HCM 2000. In base ai valori della velocità media del viaggio e della percentuale del tempo speso in coda, risulta che il livello di servizio della tratta più carica (tratta G – tra Longarone e l'imbocco della galleria termine) nell'ora di punta del pomeriggio (intervallo 17:00-18:00) è pari a LOS D (pur con una velocità media pari a 84 km/h - 84% della velocità base).”*

*Per quanto riguarda il calcolo del LOS occorre sottolineare che in Italia non esiste una norma tecnica che specifichi le modalità di calcolo del LOS, pertanto si adotta generalmente il metodo HCM. Tale metodologia però presenta alcuni limiti, tra cui la mancata calibrazione del calcolo alle strade italiane. Ciò comporta inevitabilmente delle valutazioni che sovrastimano la criticità delle strade italiane rispetto a quanto accade realmente. In altre parole, ad un LOS basso (cui corrispondono situazioni di congestione) corrisponde, in realtà, una situazione di deflusso più scorrevole.*

*Per tale motivo si è ritenuto opportuno analizzare il livello di servizio della stessa strada in tratte differenti e in orari differenti.*

*È risultato che, sempre nella tratta G, con un flusso di traffico pari al 6.4% del flusso di traffico giornaliero (fenomeno che si verifica nel 75% degli intervalli orari del giorno feriale tipo) il livello di servizio passa a LOS C (sempre con una velocità media all'87% della velocità di base).”*

## **4 METODO ASTRA 19004**

Nel presente capitolo viene applicata la metodologia presentata nella Direttiva ASTRA 19004 “analisi di rischio per le gallerie delle strade nazionali”.

La Direttiva propone una procedura per l’individuazione di una caratteristica particolare che prende in considerazione i seguenti fattori di influenza specifici per l’opera e il traffico.

### Opera

- lunghezza galleria;
- utilizzo canne galleria;
- ingressi e uscite;
- numero di corsie di marcia;
- larghezza delle corsie di marcia;
- pendenza trasversale;
- pendenza longitudinale.

### Traffico

- volume di traffico per canna di galleria (compresa distribuzione temporale);
- pericolo di formazione di code giornaliere o stagionali;
- presenza e percentuale di traffico pesante;
- presenza, percentuale e tipo di traffico merci pericolose;
- aspetti inerenti alla velocità.

Ogni parametro deve essere analizzato, valutando se sussistano caratteristiche particolari. La valutazione va effettuata con l’ausilio della checklist di cui all’Allegato I.

### **4.1 CHECKLIST PER L’IDENTIFICAZIONE DI CARATTERISTICHE PARTICOLARI**

Viene di seguito riportata la checklist di cui all’Allegato I della Direttiva ASTRA 19004.

La risposta affermativa ad almeno una delle seguenti domande significa che la galleria presenta una caratteristica particolare:

Opera	La lunghezza della galleria è > 5 km?	
	Utilizzo alternato delle canne della galleria, es. senso di marcia alternato in caso di traffico unidirezionale o temporaneamente bidirezionale?	
	Entrate / uscite nella galleria?	
	Variazione del numero di corsie di marcia in una canna della galleria?	
	Ci sono 4 o più corsie di marcia in una canna della galleria?	
	La larghezza della corsia di marcia destra è < 3,50 m?	
	La pendenza trasversale è > 5,0% o < 2,5%?	
	La pendenza longitudinale in un punto della galleria è > 3%?	
Traffico	In caso di galleria con traffico bidirezionale il volume di traffico è > 13 300 veicoli/(corsia,24h)?	
	In caso di galleria con traffico unidirezionale il volume di traffico è > 14 200 veicoli/(corsia,24h)?	
	In caso di galleria con traffico bidirezionale il volume di traffico all'ora di punta è > 1600 veicoli/(corsia,h)?	
	In caso di galleria con traffico unidirezionale il volume di traffico all'ora di punta è > 1900 veicoli/(corsia,h)?	
	Si registrano oltre 75 h di coda all'anno?	
	La percentuale di traffico pesante è > 15%?	
	La percentuale di traffico con merci pericolose è > 6% di quella del traffico pesante?	✓
	In caso di galleria con traffico unidirezionale il limite di velocità segnalato è > 100 km/h?	
	In caso di galleria con traffico bidirezionale il limite di velocità segnalato è > 80 km/h?	✓
	Il limite di velocità segnalato lungo la galleria non è costante (cambio di segnaletica)?	

**Tabella 8 : Checklist n. 1 per l'identificazione di caratteristiche particolari**

La risposta affermativa ad almeno tre delle seguenti domande significa che la galleria presenta una caratteristica particolare:

Opera	La lunghezza della galleria è > 3 km?	
	Ci sono 3 o più corsie di marcia in una canna della galleria?	
Traffico	In caso di galleria con traffico bidirezionale il volume di traffico è > 12 300 veicoli/(corsia,24h)?	
	In caso di galleria con traffico unidirezionale il volume di traffico è > 13 300 veicoli/(corsia,24h)?	
	In caso di galleria con traffico bidirezionale il volume di traffico all'ora di punta è > 1400 veicoli/(corsia, h)?	
	In caso di galleria con traffico unidirezionale il volume di traffico all'ora di punta è > 1700 veicoli/(corsia,h)?	
	Si registrano oltre 50 h di coda in galleria all'anno?	
	La percentuale di traffico con merci pericolose è > 4% di quella del traffico pesante?	<b>V</b>

Tabella 9 : Checklist n. 2 per l'identificazione di caratteristiche particolari

## 4.2 RISULTATI

L'analisi condotta con riferimento alle checklist di cui all'Allegato I Direttiva ASTRA 19004 “analisi di rischio per le gallerie delle strade nazionali” ha evidenziato come la galleria Castellavazzo sia identificata come galleria con caratteristiche particolari.

Nella checklist n.1 si hanno n.2 risposte affermative. Nello specifico:

- percentuale di traffico con merci pericolose > 6% di quella del traffico pesante (ipotesi del progettista della sicurezza),
- limite di velocità maggiore di 80 km/h.

Nella checklist n.2 si hanno n.1 risposte affermative, inferiore al limite delle n.3 permesse.

## **5 CONCLUSIONI**

A causa dell'appartenenza della galleria Castellavazzo al gruppo delle gallerie con caratteristiche speciali, ai sensi del comma 3 dell'articolo 13 del D.Lgs 264/2006, è obbligatorio svolgere un'analisi di rischio che:

- stabilisca se siano necessarie misure di sicurezza alternative o integrative,
- rappresenti graficamente il rischio della galleria reale come distribuzione cumulata complementare sul piano F–N da confrontare con il limite di rischio tollerabile rappresentato in figura al punto 4 dell'Allegato 4 del D. Lgs 264/2006.

Le misure di sicurezza integrative sono individuate nel documento “PS04 – Analisi di conformità”.

L'analisi di rischio è presentata nel documento “PS05 – Analisi di rischio”.