



In collaborazione con



**autostrade** per l'italia  
La passione di muovere il Paese



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

# **Seminario**

## **La sicurezza nelle gallerie autostradali e nuove tecnologie**

**16 marzo 2015**

**Sala Corsi**

**Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma**

# **La sicurezza della circolazione stradale in galleria**

**Prof. Ing. Lorenzo DOMENICHINI**

**Università di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale**

**lorenzo.domenichini@unifi.it**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



# SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

La sicurezza è una qualità dell'infrastruttura che si costruisce mediante un approccio sistemico e che evolve nel tempo.

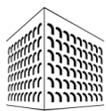
Per costruire e mantenere nel tempo la sicurezza occorre :

- utilizzare in modo sinergico competenze diversificate (e in galleria questo aspetto è particolarmente importante)
- mettere in atto un monitoraggio continuo dell'infrastruttura in esercizio

Per ottenere i risultati attesi in termini di miglioramento occorre

**COSTRUIRE LA CAPACITÀ DI GESTIONE DELLA SICUREZZA**

**a ciò contribuiscono il *D.Lgs. 264/06* ed il *D.Lgs. 35/11***



# Obiettivo: SAFE SYSTEM

Per raggiungere questo obiettivo occorre:

- **costruire (o riqualificare) le strade a “misura d’uomo”, tenendo conto del Fattore Umano (“Self Explaining Roads)**
- **perdonare gli errori che l’uomo commette alla guida involontariamente o volontariamente o per effetto dell’alterazione delle sue capacità percettive (“Forgiving Roads and Vehicles”)**
- **formare ed informare gli utenti perché adottino comportamenti di guida rispettosi delle regole e non aggressivi e punire le trasgressioni**

In galleria si aggiunge:

- **consentire un esodo sicuro degli utenti dalla galleria**
- **facilitare l’accesso dei soccorsi**





# SICUREZZA IN GALLERIA

## Quadro di riferimento normativo

Ambito di applicazione		Ente Competente	Strumenti di gestione della sicurezza				
			Verifiche di sicurezza in fase di progetto (Road Safety Audit - RSA)		Verifiche di sicurezza della rete in esercizio (Road Safety Inspection - RSI)		Analisi di Rischio (Risk Analysis)
			Incidentalità ordinaria	Incidentalità ordinaria	Eventi critici in galleria	Eventi critici in galleria	
Rete TERN	Gallerie L ≥ 500 m	Commissione Permanente Gallerie			D.Lgs. 264/06	D.Lgs. 264/06	
Rete TERN	Gallerie L < 500 m	Ministero Infrastrutture e Trasporti	D.Lgs. 35/11	D.Lgs. 35/11			
Rete di interesse nazionale	Gallerie Lungh. qualsiasi	Ministero Infrastrutture e Trasporti	D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2016, prorogabile fino al 1 gen 2021)	D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2016, prorogabile fino al 1 gen 2021)			
Rete stradale di competenza delle Regioni, delle province autonome e degli enti locali	Gallerie Lungh. qualsiasi	Ministero Infrastrutture e Trasporti	D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2021)	D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2021)			

Scopo principale:  
prevenire

Scopo principale:  
mitigare le  
conseguenze





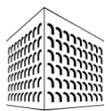
# SICUREZZA IN GALLERIA

## Quadro di riferimento normativo

### (estensione auspicabile)

Ambito di applicazione		Ente Competente	Strumenti di gestione della sicurezza				
			Verifiche di sicurezza in fase di progetto (Road Safety Audit - RSA)		Verifiche di sicurezza della rete in esercizio (Road Safety Inspection - RSI)		Analisi di Rischio (Risk Analysis)
			Incidentalità ordinaria	Eventi critici in galleria	Incidentalità ordinaria	Eventi critici in galleria	Eventi critici in galleria
Rete TERN	Gallerie L ≥ 500 m	Commissione Permanente Gallerie				D.Lgs. 264/06	D.Lgs. 264/06
Rete TERN	Gallerie L < 500 m	Ministero Infrastrutture e Trasporti	D.Lgs. 35/11		D.Lgs. 35/11		
Rete di interesse nazionale	Gallerie L qualsiasi	Ministero Infrastrutture e Trasporti	D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2016, prorogabile fino al 1 gen 2021)		D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2016, prorogabile fino al 1 gen 2021)		
Rete stradale di competenza delle Regioni, delle province autonome e degli enti locali	Gallerie L qualsiasi	Ministero Infrastrutture e Trasporti	D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2021)		D.Lgs. 35/11 (dal 1 gen 2021)		





# SICUREZZA IN GALLERIA

È una questione di ottimizzazione del rapporto tra

**DOMANDA DI SICUREZZA ⇔ OFFERTA DI SICUREZZA**



# DOMANDA DI SICUREZZA ⇔ OFFERTA DI SICUREZZA

## Funzioni e sottofunzioni da garantire

Funzione principale		Sottofunzioni	
F1	Prevenire i guasti e gli incidenti	F1.a	Consentire una guida sicura
		F1.b	Tenere gli utenti informati delle condizioni di circolazione
		F1.c	Sorvegliare l'opera e lo stato di funzionamento dei suoi impianti
F2	limitare le conseguenze di guasti o incidenti	F2.a	Rilevare i guasti o gli incidenti
		F2.b	Trasmettere l'allarme ai servizi di soccorso e agli utenti
		F2.c	Limitare le conseguenze dei guasti o degli incidenti
F3	Facilitare l'evacuazione della galleria e mettere al riparo gli utenti	F3.a	Segnalare le vie di fuga e facilitare l'evacuazione degli utenti
		F3.b	Consentire l'evacuazione in condizioni di sicurezza
F4	Consentire ed agevolare l'intervento dei soccorsi	F4.a	Garantire l'accesso al luogo del sinistro
		F4.b	Rendere agibile il teatro dell'incidente
		F4.c	Garantire le comunicazioni tra i soccorsi in galleria ed il centro di controllo esterno





	F1 Prevenire gli incidenti	F2 Limitare le conseguenze	F3 Evacuare e mettere al riparo	F4 Permettere l'intervento dei soccorsi
<p><b>Galleria a singolo fornice bidirezionale</b></p>	Yellow circle	Red circle	Yellow circle	Green circle
<p><b>Galleria a doppio fornice monodirezionale</b></p>	Green circle	Green circle	Green circle	Yellow circle
<p><b>Galleria a singolo fornice monodirezionale</b></p>	Green circle	Green circle	Red circle	Red circle

(\*) Si assume a riferimento una condizione tipica per le gallerie esistenti, priva di corsia di emergenza in galleria e priva di uscite di sicurezza nelle gallerie a singolo fornice.





# DOMANDA DI SICUREZZA

## A quali funzioni di sicurezza sono riferiti i due D.Lgs. 264/06 e 35/11

Funzioni di sicurezza controllate	
D.Lgs. 35/11	F1 Prevenire i guasti e gli incidenti (Self Explaining Roads or User Frenldy Roads)
	F2 Limitare le conseguenze di guasti o incidenti (Forgiving Roads)
D.Lgs. 264/06	(F1) (Prevenire i guasti e gli incidenti <sup>(1)</sup> )
	F2 Limitare le conseguenze di guasti o incidenti
	F3 Facilitare l'evacuazione della galleria e mettere al riparo gli utenti
	F4 Consentire ed agevolare l'intervento dei soccorsi
<sup>(1)</sup> (Illuminazione, Segnaletica, Controllo Traffico)	



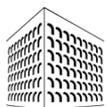


# DOMANDA DI SICUREZZA ↔ OFFERTA DI SICUREZZA

Insieme delle misure di sicurezza che, in parte o in toto, possono costituire l' "offerta di sicurezza" di una galleria

DOTAZIONI E IMPIANTI	
M1	Ingegneria civile
M2	Illuminazione
M3	Ventilazione
M4	Mezzi antincendio
M5	Rilevamento traffico, guasti e incendio
M6	Sistemi di comunicazione e di allarme
M7	Segnaletica
M8	Gestione tecnica centralizzata
M9	Impianti di alimentazione esterni
M10	Sorveglianza interna
M11	Sorveglianza esterna





DOTAZIONI E IMPIANTI			DI SICUREZZA										
			F1			F2			F3		F4		
			Prevenire gli incidenti			Limitare le conseguenze			Evacuare e mettere a riparo		Permettere l'intervento dei soccorsi		
			F1a	F1b	F1c	F2a	F2b	F2c	F3a	F3b	F4a	F4b	F4c
			Garantire una guida sicura	Tenere gli utenti informati delle condizioni di circolazione	Sorvegliare l'opera e lo stato dei suoi impianti	Rilevare un guasto / incidente	Trasmettere l'allarme ai servizi di soccorso e agli utenti	Limitare le conseguenze di un guasto / incidente	Segnalare e garantire l'evacuazione degli utenti	Garantire la sicurezza del percorso di evacuazione degli utenti	Garantire l'accesso al luogo del sinistro	Facilitare l'agibilità del teatro dell'incidente	Garantire la comunicazione con e a partire dall'esterno
M1 Ingegneria civile	M1.1	Tracciato stradale in galleria e agli imbocchi											
	M1.2	Organizzazione della piattaforma (corsie, corsia di emergenza, margini laterali)											
	M1.3	Franchi verticali											
	M1.4	Marciapiedi e banchine pedonabili											
	M1.5	Profili re-direttivi e protezione spigoli all'interno e agli imbocchi											
	M1.6	Pavimentazione											
	M1.7	Drenaggio acque di piattaforma di tipo tagliafiamma											
	M1.8	Nicchie di sicurezza / antincendio											
	M1.9	Uscite di sicurezza / luoghi sicuri temporanei / BPP											
	M1.10	By Pass Carrabili (BPC)											
	M1.11	Varchi agli imbocchi											
	M1.12	Piazzole di sosta											
	M1.13	Predisposizione per l'evacuazione di persone con mobilità ridotta e disabili											
M2 Illuminazione	M2.1	Illuminazione permanente e di rinforzo											
	M2.2	Illuminazione di sicurezza											
	M2.3	Illuminazione di evacuazione											
	M2.4	Led d'interdistanza											
	M2.5	Illuminazione delle aree esterne agli imbocchi											
M3 Ventilazione	M3.1	Ventilazione longitudinale											
	M3.2	Ventilazione semitrasversale o trasversale											
	M3.3	Estrazione fumi											
	M3.4	Ventilazione sanitaria luoghi sicuri, vie di fuga e locali tecnici											
	M3.5	Pressurizzazione luoghi sicuri, vie di fuga e locali tecnici											





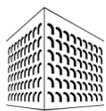
DOTAZIONI E IMPIANTI			DI SICUREZZA											
			F1			F2			F3		F4			
			Prevenire gli incidenti			Limitare le conseguenze			Evacuare e mettere a riparo		Permettere l'intervento dei soccorsi			
			F1a	F1b	F1c	F2a	F2b	F2c	F3a	F3b	F4a	F4b	F4c	
			Garantire una guida sicura	Tenere gli utenti informati delle condizioni di circolazione	Sorvegliare l'opera e lo stato dei suoi impianti	Rilevare un guasto / incidente	Trasmettere l'allarme ai servizi di soccorso e agli utenti	Limitare le conseguenze di un guasto / incidente	Segnalare e garantire l'evacuazione degli utenti	Garantire la sicurezza del percorso di evacuazione degli utenti	Garantire l'accesso al luogo del sinistro	Facilitare l'agibilità del teatro dell'incidente	Garantire la comunicazione con e a partire dall'esterno	
M4 Mezzi antincendio	M4.1	Estintori												
	M4.2	Condotta antincendio e idranti												
	M4.3	Serbatoi accumulo acqua												
	M4.4	Impianto di pressurizzazione condotta antincendio												
M5 Rilevamento traffico, guasti e incendio	M5.1	Sistema di videosorveglianza (TVCC)												
	M5.2	Sistema di identificazione automatica di incidente												
	M5.3	Opacimetri e analizzatori di CO												
	M5.4	Anemometri												
	M5.5	Cavo termosensibile per rilevamento incendio												
	M5.6	Rilevatori di fumo nei locali tecnici												
	M5.7	Apertura porta di nicchia SOS												
	M5.8	Sgancio estintore												
	M5.9	Allarme SOS												
	M5.10	Allarme apertura porte BPP												
	M5.11	Allarme apertura porte BPC												
	M5.12	Rilevamento velocità												
	M5.13	Spire di conteggio traffico												
	M5.14	Centro di Controllo (CC)												
M6 Sistemi di comunicazione e di allarme	M6.1	Rete di chiamata d'emergenza (SOS)												
	M6.2	Ritrasmissione radio gestore / soccorsi												
	M6.3	Ritrasmissione radio utenti												
	M6.4	Ritrasmissione telefonia cellulare												
	M6.5	Pannelli a messaggio variabile (PMV)												
	M6.6	Altoparlanti in galleria												
	M6.7	Altoparlanti nei BPP												





DOTAZIONI E IMPIANTI			I DI SICUR										
			F1			F2			F3		F4		
			Prevenire gli incidenti			Limitare le conseguenze			Evacuare e mettere a riparo		Permettere l'intervento dei soccorsi		
			F1a	F1b	F1c	F2a	F2b	F2c	F3a	F3b	F4a	F4b	F4c
			Garantire una guida sicura	Tenere gli utenti informati delle condizioni di circolazione	Sorvegliare l'opera e lo stato dei suoi impianti	Rilevare un guasto / incidente	Trasmettere l'allarme ai servizi di soccorso e agli utenti	Limitare le conseguenze di un guasto / incidente	Segnalare e garantire l'evacuazione degli utenti	Garantire la sicurezza del percorso di evacuazione degli utenti	Garantire l'accesso al luogo del sinistro	Facilitare l'agibilità del teatro dell'incidente	Garantire la comunicazione con e a partire dall'esterno
M7 Segnaletica	M7.1	Segnaletica verticale stradale											
	M7.2	Segnaletica orizzontale stradale											
	M7.3	Segnaletica di sicurezza											
	M7.4	Segnaletica di evacuazione											
	M7.5	Semafori agli imbocchi											
	M7.6	Barriere di chiusura											
	M7.7	Semafori di assegnazione della corsia											
	M7.8	Chilometriche											
M8 Gestione tecnica centralizzata	M8.1	Sensori di stato e attuatori											
	M8.2	Rete di connessione al PLC											
	M8.3	PLC											
	M8.4	Rete di trasmissione dei dati											
	M8.5	Centro di monitoraggio (CM)											
M9 Impianti di alimentazione esterni	M9.1	Alimentazione elettrica generale											
	M9.2	Cabina di trasformazione											
	M9.3	Cabina Elettrica Generale											
	M9.4	UPS - Inverter											
	M9.5	Gruppo Elettrogeno											
	M9.6	Alimentazione idrica											
	M9.7	Alimentazione aria											
M10 Sorveglianza interna	M10.1	Operatore traffico / allarmi tecnici											
	M10.2	Operatore gestione degli allarmi											
	M10.3	Manutenzione impianti											
	M10.4	Manutenzione stradale											
	M10.5	Pattuglie											
M11 Sorveglianza esterna	M11.1	Stazione Vigili del Fuoco agli imbocchi											
	M11.2	Servizi di pronto intervento agli imbocchi											
	M11.3	Stazione di Polizia Stradale agli imbocchi											
	M11.4	Piazzola eliporto											





# F1: prevenire guasti o incidenti

## ANALISI PROBABILISTICA DELLA POSSIBILITÀ DI ACCADIMENTO DI EVENTI CRITICI

### Esempio: INCENDI IN GALLERIA

**Agli scopi del D.Lgs. 264/06  
gli eventi critici in galleria con sviluppo di incendio  
possono essere generati da 2 cause:**

- **guasti (incendi self)**
- **incidenti con sviluppo di un incendio**

**La proporzione degli incendi self in galleria in Italia è indicata pari a 53% (altri fonti di letteratura forniscono % variabili dal 72% al 97%).**





# Analisi previsionale di guasti o incidenti in galleria

**Nell'analisi previsionale degli incidenti in galleria occorre distinguere:**

- ***gallerie esistenti che mantengono nel futuro la loro configurazione attuale e per le quali non si attende un significativo incremento del traffico***
- ***gallerie esistenti per le quali è prevista una modifica delle condizioni di traffico***
- ***gallerie esistenti in cui è prevista la realizzazione di interventi per migliorare gli standard di sicurezza***
- ***gallerie di nuova realizzazione***



## Analisi previsionale degli incidenti mediante Approccio Empirico Baiesiano

$$T_{\text{atteso}} = w \cdot T_{\text{predetto}} + (1-w) \cdot T_{\text{osservato}}$$

$$w = \frac{1}{1 + k \cdot T_{\text{predetto}}}$$

$$T_{\text{predetto}} = C T_{\text{base}} \pi \text{CMF}_i$$

$$T_{\text{base}} = N / 365 \times \text{TGM} \times L$$

### Modelli previsionali : esempio

$$N = e^{(-19,51 + (0,77 \times \ln(L)) + (0,59 \times \ln(\text{fornici})) + (1,61 \times \ln(\text{TGMbidir})) + (0,12 \times \ln(\%VP)) + (-0,82 \times \ln(\text{Larghbranch}))}$$

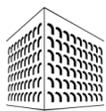




# VERIFICHE DI SICUREZZA

- *in fase di progettazione (RSA)*
- *in fase di esercizio (RSI)*





# CHECK LIST PER LE VERIFICHE DI SICUREZZA IN GALLERIA

- AG:** Ambiente naturale ed antropico in cui si sviluppa la galleria;
- G1:** Apprestamenti di ingegneria civile;
- G2:** Illuminazione;
- G3:** Ventilazione;
- G4:** Mezzi antincendio;
- G5:** Rilevamento traffico, guasti e incendi;
- G6:** Sistemi di comunicazione ed allarme;
- G7:** Segnaletica;
- G8:** Gestione tecnica centralizzata;
- G9:** Impianti di alimentazione esterni;
- G10:** Sorveglianza interna;
- G11:** Sorveglianza esterna;
- HF:** Aspetti legati al fattore umano (in condizioni di circolazione normale) in galleria.



## Per ciascuna scheda sono indicate:

- le funzioni e sottofunzioni di sicurezza interessate dall'elemento oggetto della verifica o direttamente svolte dal medesimo
- le principali caratteristiche tecniche che occorre verificare quando si svolge una verifica di sicurezza in fase di progettazione o una ispezione di sicurezza.

Le check list precisano quali sono gli elementi da controllare nelle diverse fasi in cui può essere sviluppata la verifica:

PP	=	Progetto Preliminare
PD	=	Progetto Definitivo
PE	=	Progetto Esecutivo
C	=	Costruzione dell'opera
P A	=	Apertura al traffico
1AE	=	Dopo un anno d'esercizio
E	=	Esercizio definitivo



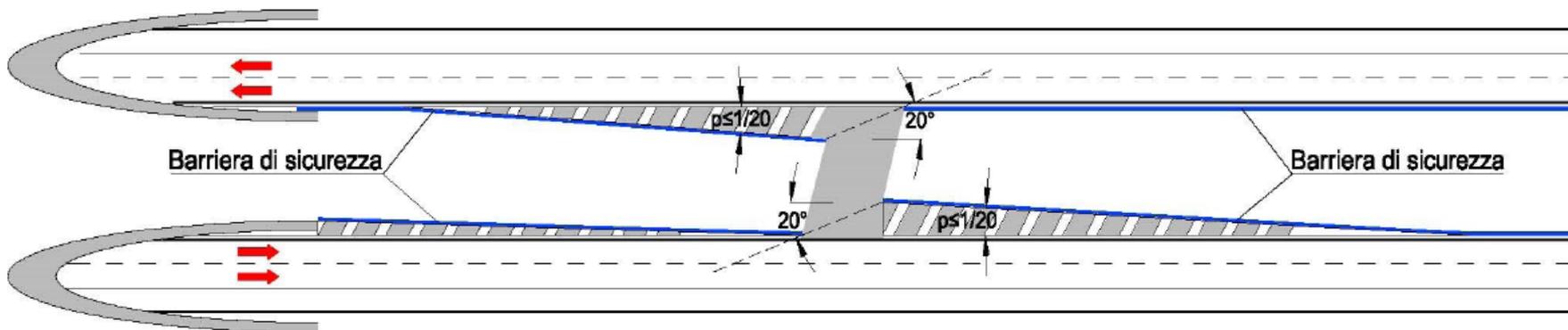
# ESEMPIO DI CHECK LIST

## Scheda G1: Apprestamenti di ingegneria civile

### Elemento G1.1b: imbocco e sbocco

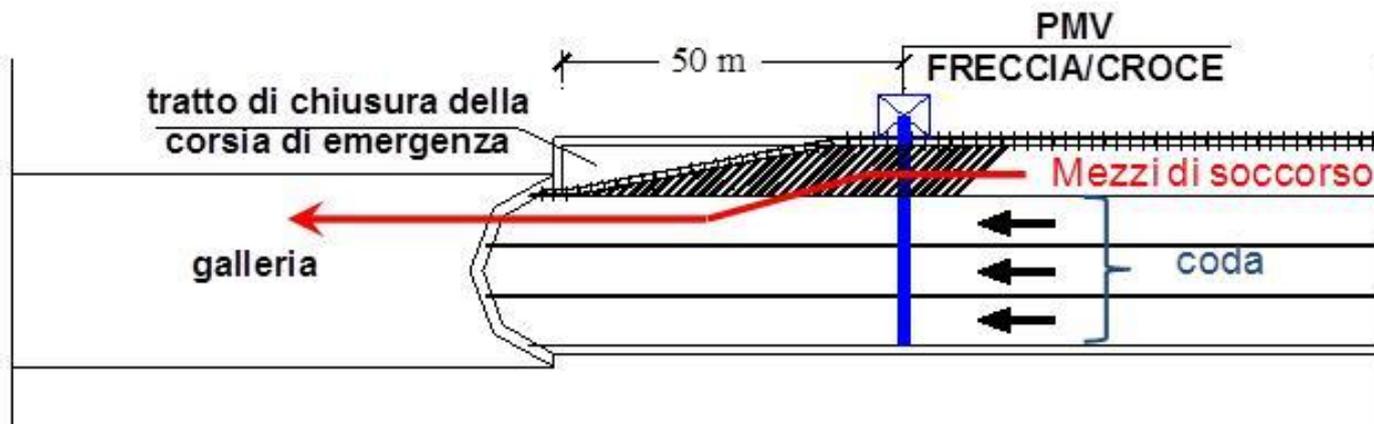
Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata							
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E	
G1.1b	Imbocchi e sbocchi della galleria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prevenire gli incidenti</li> <li>Agevolare l'accesso ai soccorsi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accessibilità carrabile della galleria da parte dei mezzi di soccorso</li> <li>Ubicazione centrali tecnologiche di imbocco e relativa accessibilità</li> <li>Attrezzature e predisposizioni per l'uscita all'aperto delle vie di fuga</li> <li>Protezione del portale di imbocco rispetto agli urti frontali</li> <li>Soggezione dei tratti di imbocco-sbocco a potenziali fenomeni di acquaplaning</li> <li>Possibilità di completo sgombero della neve (ove necessario)</li> <li>Possibilità di fenomeni di abbagliamento in relazione all'esposizione dell'imbocco e dello sbocco all'alba ed al tramonto</li> <li>Presenza di un sistema che impedisca l'ingresso dei fumi dalla galleria incidentata alla via di fuga (cunicolo o seconda canna della galleria)</li> <li>continuità dei dispositivi di ritenuta rispetto ai tratti stradali limitrofi all'aperto.</li> </ul>		X	X		X			X
		(F1)			X	X	X				X
		(F4)				X	X			X	X
						X			X	X	X
						X	X	X	X		X
						X	X	X	X		X





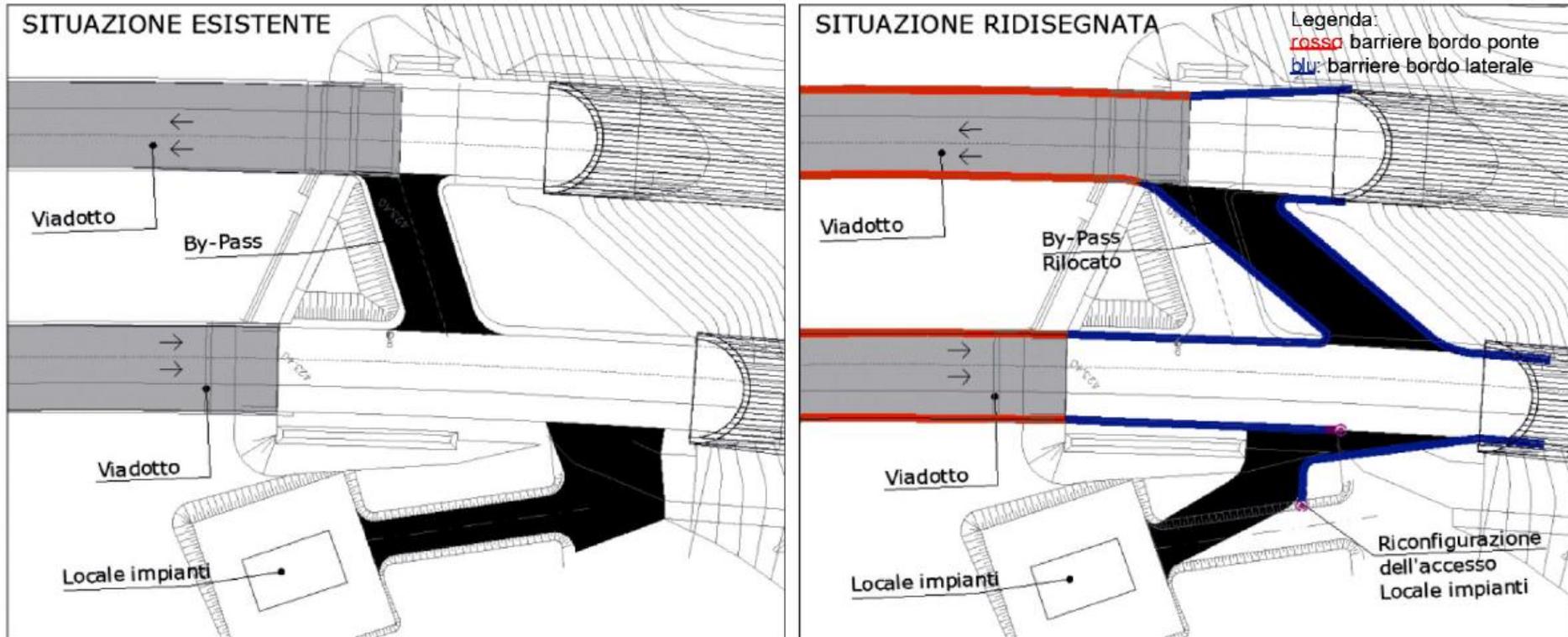
Ricerca del miglior compromesso tra due esigenze opposte:

- chiudere i varchi per evitare inversioni di marcia
- Tener aperti i varchi in corrispondenza degli imbocchi per l'accesso dei soccorsi



Disposizione planimetrica del PMV freccia/croce all'imbocco della galleria al fine di agevolare l'ingresso dei soccorsi in galleria in caso di assenza della corsia di emergenza in galleria





**Situazione frequente: la galleria segue a breve distanza un viadotto**

**Esigenze:**

- garantire l'ancoraggio delle barriere sul bordo del viadotto ("ali")
  - Consentire l'accesso ai locali tecnici
- Evitare urto frontale con i piedritti del rivestimento della galleria
- realizzare il varco aperto (ma non troppo aperto) per l'accesso dei soccorsi in emergenza





In collaborazione con Atlantia



autostrade per l'italia  
La passione di muovere il Paese

ADR Aeroporti di Roma

Ordine degli Ingegneri



Prof. Ing. Lorenzo Domenichini - LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE IN GALLERIA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
DICEA  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



In collaborazione con

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

## Scheda G1: Apprestamenti di ingegneria civile

Elemento G1.8 : nicchie SOS

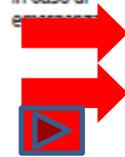
Elemento G1.1b: uscite di sicurezza

Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata								
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E		
G1.8	Nicchie SOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agevolare l'intervento dei soccorsi sul teatro dell'incidente</li> <li>- Agevolare la comunicazione di allarme ai servizi di soccorso e agli utenti</li> <li>- Consentire di tenere informati gli utenti per indirizzare il loro comportamento in caso di emergenza</li> </ul>	- Interdistanza tra le nicchie all'interno della galleria		X	X	X				X	
			- Equipaggiamento delle nicchie all'interno della galleria			X	X	X				X
			- Capacità di comunicazioni bidirezionali (vedi anche G5.9 e G6.1)			X		X				X
			- Presenza di cartello segnalatico "Attenzione: questo non è un luogo sicuro in caso di incendio"			X		X				X
			- Colore della porta di accesso (ove presente)			X		X				X
			- Presenza di spigoli esposti a urti frontali (vedi anche G1.5)			X	X	X				X
			- Presenza di una stazione SOS all'imbocco e allo sbocco della galleria			X	X	X				X
			- Equipaggiamento della stazione SOS all'imbocco-sbocco			X		X				X
			- Presenza di un sistema di allarme della porta di accesso, se presente (vedi anche G6.7).			X		X	X	X		X
			G1.9a	Uscite di sicurezza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agevolare il processo di evacuazione degli utenti in caso di emergenza</li> <li>- Agevolare l'evacuazione dei portatori di handicap</li> <li>- Garantire la sicurezza del percorso di evacuazione</li> <li>- Agevolare l'accesso in galleria dei soccorsi</li> </ul>	- Interdistanza tra le uscite di sicurezza	X	X	X	X		
- Colore delle porte di uscita e loro individuabilità						X		X				X
- Senso di apertura						X		X				X
- Dimensioni delle porte, anche per passaggio di sedie a ruote		X				X	X	X				X
- Caratteristiche di resistenza al fuoco delle porte						X						X
- Attrezzatura antipanic delle porte						X		X	X	X		X
- Presenza di un sistema di allarme di apertura (vedi anche G6.10)						X		X	X	X		X
- Facilità di apertura della porta con sistema di pressurizzazione attivo (vedi anche G3.5).						X		X	X	X		X

F4

F4

F1



F3

F3

F3

F4





Nicchia SOS

## Uscita di sicurezza





In collaborazione con



**autostrade** per l'italia  
La passione di muovere il Paese

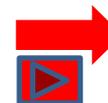


Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma





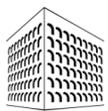
Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata						
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E
G1.10	By Pass Carrabili (BPC)	- Agevolare l'accesso alla galleria dei soccorsi <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">F4</span>	- Adeguatezza delle dimensioni per l'accesso dei soccorsi	X	X	X	X			X
			- Resistenza al fuoco del portone			X				X
			- Colore del portone			X	X			X
			- Presenza di un sistema di allarme di apertura (vedi anche G5.11)			X	X	X	X	X
			- Rapidità di apertura del portone da parte dei soccorsi			X	X	X	X	X
			- Possibilità che gli utenti in fuga scambino il portone per una uscita di sicurezza			X	X	X	X	X
			- Presenza di spazi di manovra per i mezzi di soccorso		X	X				X
			- Presenza di spigoli esposti a urti frontali (vedi anche G1.5)			X	X	X		X



### Scheda G1: Apprestamenti di ingegneria civile

#### Elemento G1.10 : By Pass Carrabili (BPC)





## BPC: PROTEZIONE SPIGOLI DA URTI FRONTALI

Muro e portone resistenti all'urto, realizzati a filo del rivestimento alla quota del centro dei cerchi

Protezione dello spigolo con attenuatori d'urto

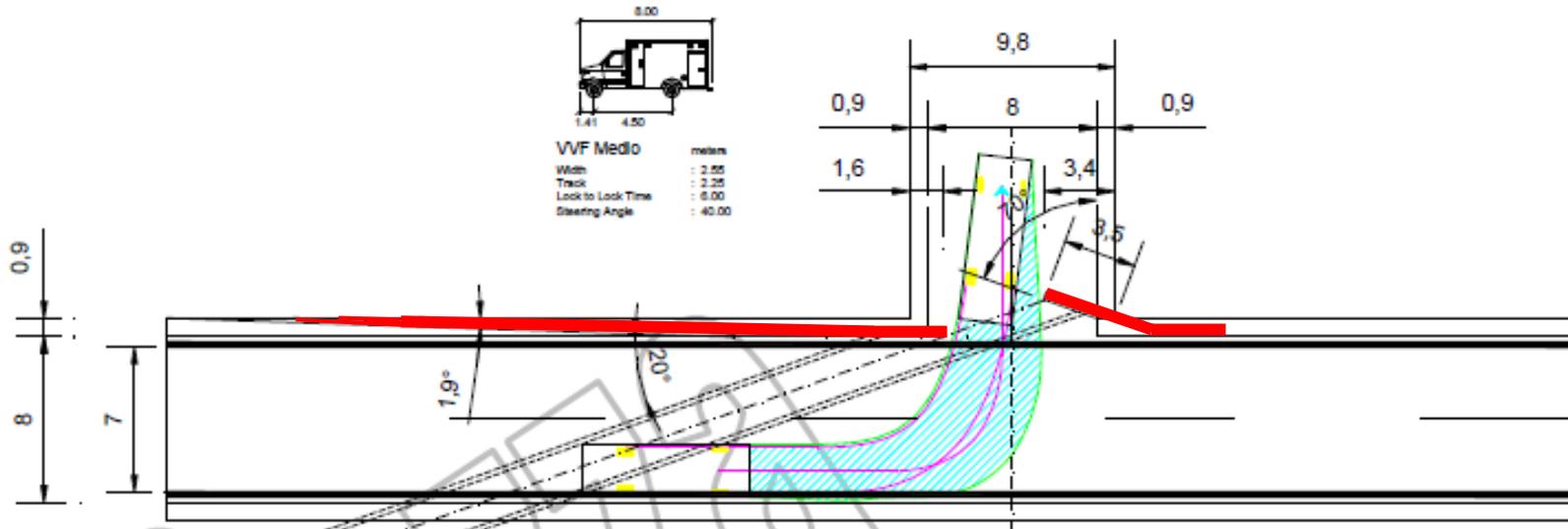




## BPC: PROTEZIONE SPIGOLI DA URTI FRONTALI (cont)

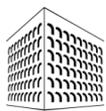
### Autopompa media

INGRESSO NEL BP



**Muro sagomato h=2,0 m resistente all'urto, con verifica della manovrabilità dei mezzi di soccorso**



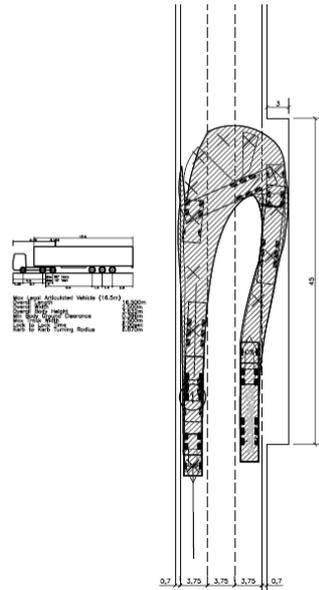
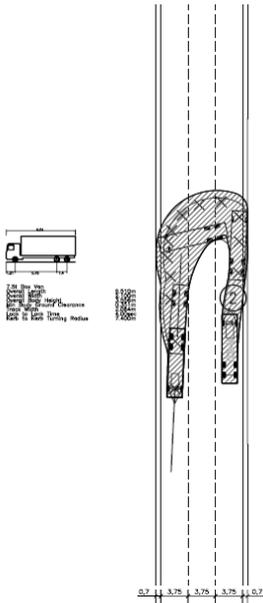


# Scheda G1: Apprestamenti di ingegneria civile

## Elemento G1.12 : Piazzole di sosta

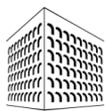
CASO 1: AUTOCARRO DI LUNGHEZZA 9.50m

CASO 2: AUTOARTICOLATO DI LUNGHEZZA 16.50m



Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata							
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E	
G1.12	Piazzole di sosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenire gli incidenti garantendo una guida sicura</li> <li>- Limitare le conseguenze di incidenti o eventi in galleria, riducendone la gravità</li> <li>- Agevolare l'accesso in galleria dei soccorsi</li> <li>- Facilitare l'invertimento di marcia dei veicoli pesanti in coda per lo svuotamento della galleria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interdistanza tra le piazzole</li> <li>- Lunghezza e larghezza della piazzola</li> <li>- Franco minimo verticale (vedi anche G1.3)</li> <li>- Presenza di segnaletica di preavviso e di indicazione (vedi anche G7.1)</li> <li>- Presenza di nicchia SOS e sua ubicazione</li> <li>- Presenza di spigoli esposti a urto frontale (vedi anche G1.5).</li> </ul>	X	X	X	X			X	
		F1			X	X	X				
		F2					X		X		X
		F4					X		X		X
		F1					X	X	X		X





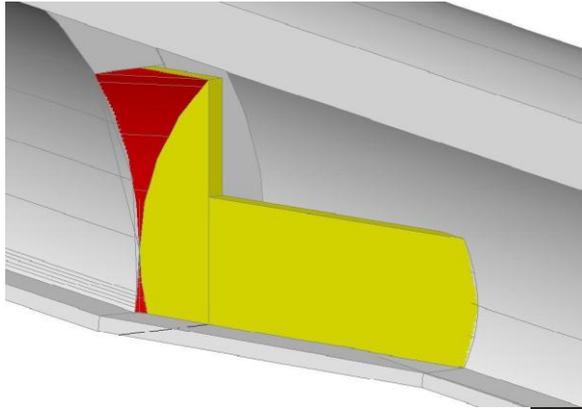
In collaborazione con



**autostrade** per l'italia  
La passione di muovere il Paese



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

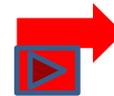


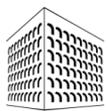


## Scheda G7: Segnaletica

### Elemento G7.1 : Segnaletica verticale

Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata						
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E
G7.1	Segnaletica verticale stradale  	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenire gli incidenti garantendo una guida sicura</li> <li>- Consentire di tenere informati gli utenti per indirizzare il loro comportamento in esercizio ed in caso di emergenza</li> </ul>	- Visibilità della segnaletica in presenza di illuminazione e con la sola illuminazione di sicurezza					X	X	X
			- Ubicazione all'esterno dell'imbocco della galleria del pannello informativo sullo stato di funzionamento dell'impianto di illuminazione in galleria			X				X
			- Presenza e tipo dei delineatori della piattaforma in galleria			X		X		X
			- Ripetizione prima dell'imbocco della segnaletica di indicazione di situazioni infrastrutturali (svincoli o intersezioni) poste allo sbocco della galleria			X				X
			- Modalità di indicazione di un eventuale cambiamento in galleria dell'organizzazione della sezione trasversale stradale.			X		X	X	X







### Scheda G7: Segnaletica

### Elemento G7.3 : Segnaletica di evacuazione

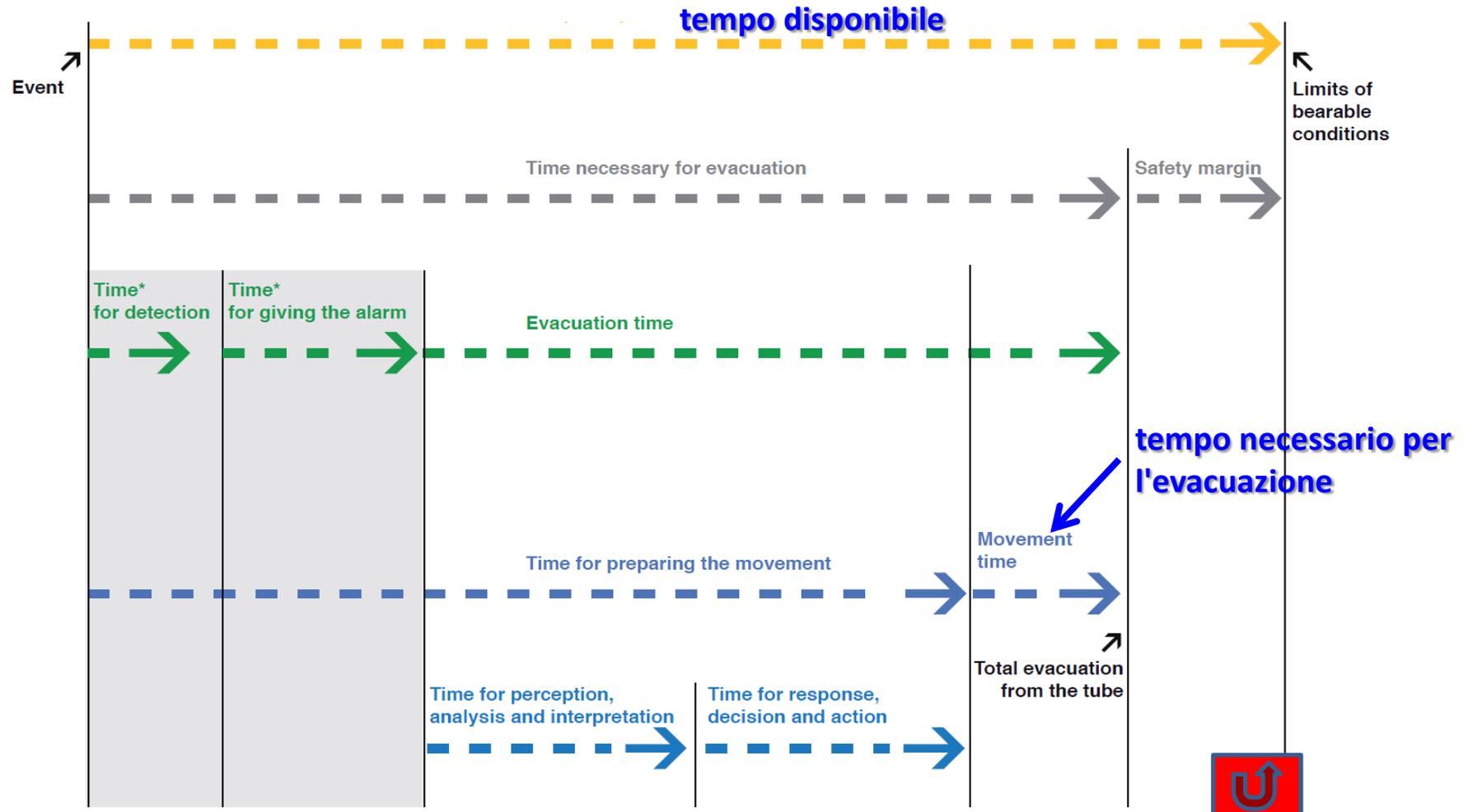
Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata							
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E	
G7.3	Segnaletica di evacuazione  F4  F3  F3  F3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agevolare l'intervento dei soccorsi sul teatro dell'incidente</li> <li>- Agevolare il processo di evacuazione degli utenti in caso di emergenza</li> <li>- Agevolare l'evacuazione dei portatori di handicap</li> <li>- Garantire la sicurezza del percorso di evacuazione</li> </ul>	- Presenza, interdistanza ed altezza del piano viabile dei cartelli segnaletici in galleria			X					X
			- Contenuto informativo dei cartelli in galleria			X		X			X
			- Presenza, interdistanza, altezza di installazione e contenuto informativo dei cartelli nei luoghi sicuri temporanei e nelle vie di fuga			X		X			X
			- Modalità di identificazione delle uscite di emergenza			X		X	X		X
			- Presenza di indicazioni di sicurezza sulle porte che si aprono in galleria			X		X			X
			- Segnaletica orizzontale nelle vie di fuga			X					X
			- Presenza di pannelli indicanti l'ubicazione dei luoghi calmi			X					X

Agevolare il processo di esodo





# Processo di esodo: tempo necessario per l'evacuazione Vs tempo disponibile





In collaborazione con

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

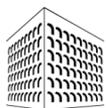


## Scheda HF: aspetti legati al Fattore Umano in galleria

### Elemento G7.3 : Segnaletica di evacuazione

Cod.	Elemento oggetto della verifica	Funzione svolta	Principali caratteristiche da verificare	Fase in cui la verifica può essere effettuata						
				PP	PD	PE	C	PA	1AE	E
HF1	Avvistabilità dei punti critici 	- Prevenire gli incidenti garantendo una guida sicura	- Avvistabilità dell'imbocco, dello sbocco e di diramazione interna alla galleria da una distanza pari a quella percorsa in 4-8 sec.			X			X	X
			- Design accattivante dell'imbocco			X				X
			- L'imbocco da la sensazione di essere stretto?					X		X
			- All'ingresso della galleria è visibile lo sbocco?					X		X
HF2	Segnaletica di indicazione 	- Prevenire gli incidenti garantendo una guida sicura	- Segnalazione della presenza di tunnel a monte dell'ultima intersezione			X				X
			- Presenza di segnaletica di indicazione lungo i 150 m precedenti l'imbocco e lo sbocco			X				X
			- Segnalazione in galleria della lunghezza residua del tunnel			X		X	X	
HF3	Segnaletica di allerta 	- Prevenire gli incidenti garantendo una guida sicura	- Segnalazioni condizioni meteo avverse (pioggia, nebbia, neve, gelo) allo sbocco			X		X	X	
HF4	Illuminazione 	- Prevenire gli incidenti garantendo una guida sicura	- L'imbocco da la sensazione di essere "scuro"?					X	X	
			- le pareti sono dipinte di colore chiaro fino a h = 2 m			X		X	X	
			- l'illuminazione dopo la soglia consente l'adattamento della vista?					X	X	
			- Se la galleria è più lunga di 12 km, sono inseriti tratti di discontinuità visiva e di illuminazione?			X		X		
			- I punti luce sono posti in asse delle corsie con disposizione simmetrica rispetto alla carreggiata?			X		X	X	X





In collaborazione con



**autostrade** per l'italia  
La passione di muovere il Paese



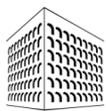
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



## Segnaletica distanziometrica in galleria (Nuovo Tunnel dei Tauri)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



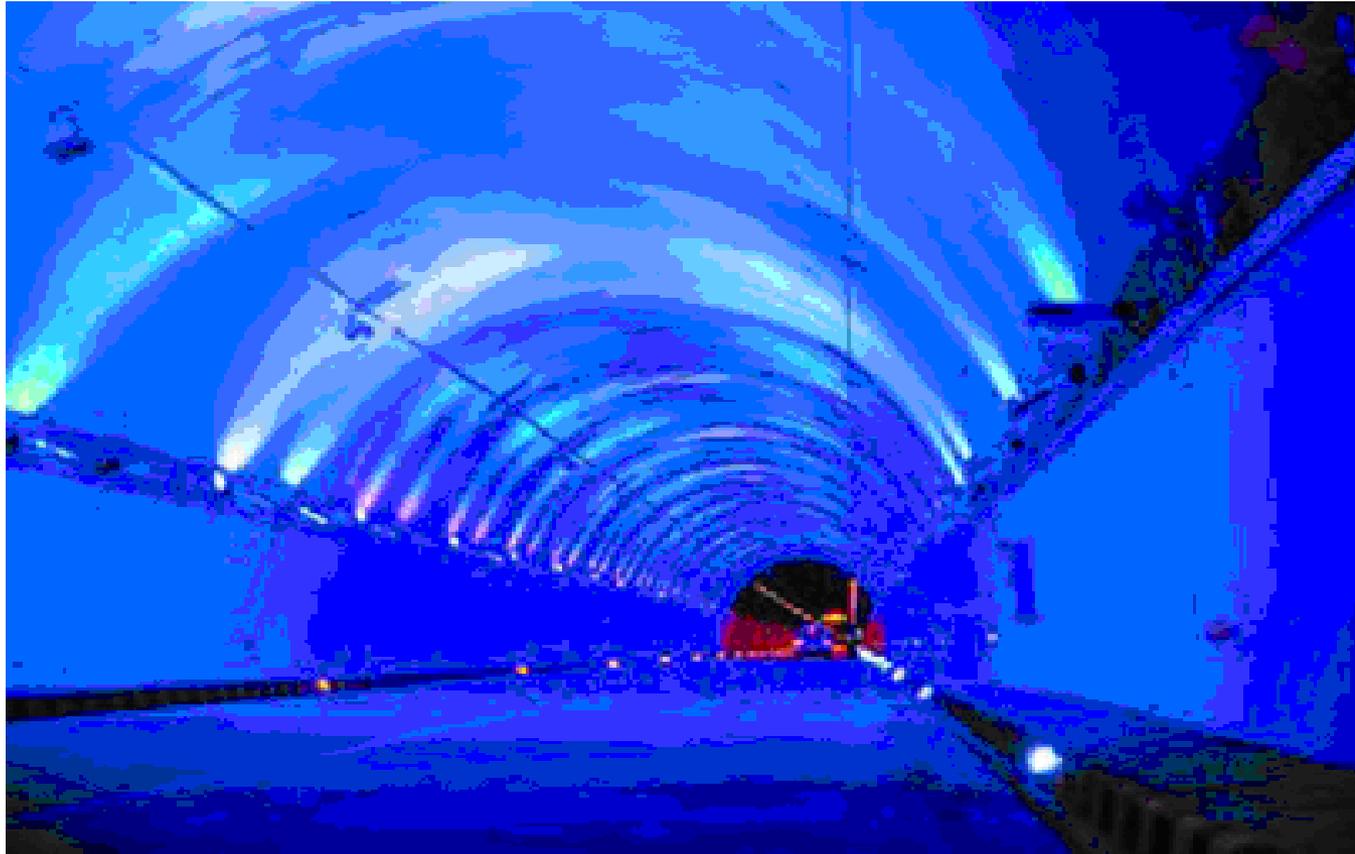
In collaborazione con



**autostrade** per l'italia  
La passione di muovere il Paese



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

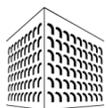


## Tunnel Xuefeng Mountain Cina, Provincia Hunan) aperto nel 2007 (L = 6,95 km)

L'illuminazione della parte interna del tunnel richiama il cielo blu con nuvole, per ridurre l'affaticamento della vista dei guidatori (fonte: Traffic Technology Today)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



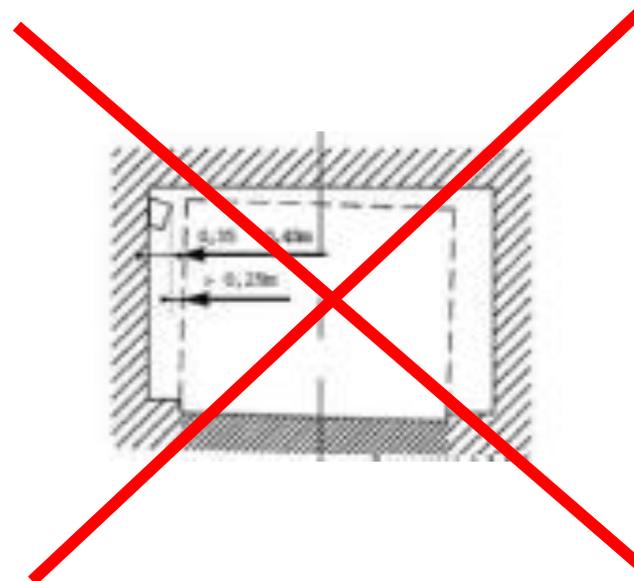
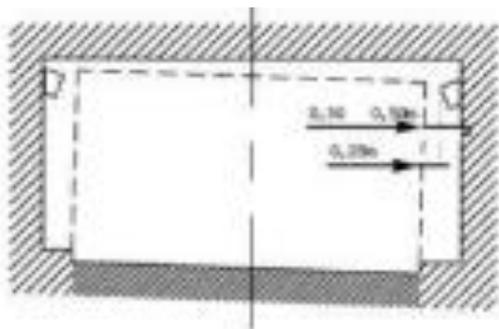
In collaborazione con



**autostrade** per l'italia  
La passione di muovere il Paese



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma





In collaborazione con

Atlantia

autostrade per l'italia  
La passione di muovere il Paese

ADR Aeroporti di Roma

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

# Sicurezza in galleria

**Analisi, progetto e verifica della sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali**

Autori:

Domenichini prof. ing. Lorenzo

Caputo ing. J. Flavio

Presentazione:

Podestà prof. ing. Claudio



Ed. EGAF  
Marzo 2015  
[www.egaf.it](http://www.egaf.it)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
DICEA  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Prof. Ing. Lorenzo Domenichini

Department of Civil and Environmental Engineering  
University of Firenze (Italy)

[lorenzo.domenichini@unifi.it](mailto:lorenzo.domenichini@unifi.it)

