

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

METODOLOGIE DI ANALISI DI RISCHIO

Ing. Michele Di Vito

7 Settembre 2015

Approfondimenti svolti nell'ambito delle Attività di
Assistenza tecnica con la supervisione
dell'Ing. Ruggero Renzi



Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi della Direttiva 2004/54/CE

Articolo 13

- 1 L'**analisi dei rischi viene effettuata, se necessario**, da un organismo funzionalmente indipendente dal gestore della galleria. Il contenuto e i risultati delle analisi dei rischi sono inseriti nella documentazione di sicurezza trasmessa all'autorità amministrativa. L'analisi di cui trattasi è un'analisi dei rischi di una galleria determinata che tiene conto di tutti gli elementi inerenti alle sue caratteristiche progettuali e delle condizioni del traffico che incidono sulla sicurezza, e segnatamente le caratteristiche ed il tipo di traffico, la lunghezza e la geometria della galleria, nonché il numero previsto di veicoli pesanti in transito giornaliero.
- 2 Gli Stati membri provvedono affinché, a livello nazionale, venga utilizzata una metodologia analitica e ben definita, corrispondente alle migliori pratiche disponibili e informano della metodologia applicata la Commissione, che mette tali informazioni a disposizione degli altri Stati membri in forma elettronica.
- 3 Entro cinque anni dall'entrata in vigore della presente direttiva la Commissione pubblica una relazione sulle pratiche seguite negli Stati membri. Se necessario, la Commissione presenta proposte ai fini dell'adozione di una metodologia dell'analisi dei rischi comune ed armonizzata, secondo la procedura di cui all'articolo 17, paragrafo 2.

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Articolo 13

1. L'analisi di rischio viene effettuata da un soggetto terzo o funzionalmente indipendente dal gestore della galleria, con oneri a carico del gestore stesso.
2. L'analisi di cui al comma 1 riferita ad una determinata galleria tiene conto di tutti gli elementi inerenti alle sue caratteristiche progettuali e delle condizioni del traffico che incidono sulla sicurezza e segnatamente le caratteristiche ed il tipo di traffico, la lunghezza e la geometria della galleria, nonché il numero previsto di veicoli pesanti in transito giornaliero.

Equivalenti al c. 1 dell'art.13 Direttiva 2004/54/CE

3. L'analisi di rischio deve essere svolta, secondo le [modalità previste nell'allegato 3](#), per le gallerie esistenti che presentano carenze rispetto ai requisiti di sicurezza di tipo strutturale di cui all'allegato 2, ovvero per quelle gallerie che presentano caratteristiche speciali di cui all'articolo 4, comma 8.

L'analisi di rischio deve dimostrare che opportune misure di sicurezza alternative o integrative, rispetto a quelle previste dall'allegato 2, siano tali da realizzare condizioni con livello di protezione equivalente o accresciuta rispetto agli obiettivi di sicurezza definiti dall'articolo 3, con particolare riferimento alla sicurezza degli utenti, del personale addetto, dei servizi di soccorso in genere e dei servizi resi dal Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.

4. Il contenuto ed [i risultati dell'analisi di rischio devono essere inseriti nella documentazione di sicurezza trasmessa alla Commissione.](#)

...omissis...

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

1. Premessa

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...

...omissis...

L'**Analisi di Rischio Quantitativa** è la metodologia analitica e ben definita **identificata come idonea per determinare il livello di rischio proprio delle gallerie** presenti sulla rete stradale italiana recependo le raccomandazioni contenute nella Direttiva 2004/54/CE inerente i Requisiti Minimi di Sicurezza per le gallerie presenti sulla rete stradale trans-europea (Rete TERN).

...omissis...

Il **livello di dettaglio** da adottare nell'applicazione della metodologia di Analisi di Rischio Quantitativa al sistema galleria stradale **deve consentire la determinazione della salvabilità degli utenti** per scenari derivanti dagli eventi incidentali considerati critici nello specifico ambiente "Galleria"

...omissis...

L'Analisi di Rischio deve essere mirata ad **ottenere una misura quantitativa del rischio** associato alla singola galleria su un fissato lasso temporale e con riferimento a ben definiti indicatori quantitativi.

...omissis...

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

2. Scopo

L'Analisi di Rischio ha lo scopo di **misurare, nell'ambito di applicazione del presente decreto, il livello di rischio di una galleria stradale** in termini di opportuni indicatori quantitativi.

Un'analisi di rischio quantitativa di tipo **comparativo** è richiesta per una galleria esistente che presenti un qualche deficit nei requisiti minimi ascritti al gruppo di appartenenza.

La **galleria virtuale** è la galleria identificata dagli stessi parametri di sicurezza della galleria in esame e che possiede tutti i requisiti minimi obbligatori del gruppo di appartenenza caratterizzati da specifiche prestazioni in assenza di malfunzionamento.

La comparazione, in termini di analisi di rischio, è condotta tra la galleria virtuale e la galleria reale con un adeguamento progettuale realizzato introducendo requisiti alternativi e le misure di sicurezza compensative a parità di condizioni di funzionamento.

Le condizioni prestazionali sono definite in termini di **affidabilità ed efficienza dei dispositivi** e dei sottosistemi che realizzano le misure di sicurezza.

...omissis...

L'**analisi di rischio**, in questo caso, **deve dimostrare** che l'insieme delle misure di prevenzione, protezione, mitigazione o inibizione del potenziale incremento di pericolosità dell'evento iniziatore, nonché di facilitazione delle azioni di auto-soccorso e di soccorso, sia tale da assicurare **che il livello di rischio della struttura ricada al di sotto del livello di rischio tollerabile** considerando il malfunzionamento dei singoli sottosistemi.

...omissis...

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

3. Metodologia

La metodologia di Analisi di Rischio Quantitativa si deve riferire ad una galleria determinata e deve tener conto di:

- **incidentalità** caratteristica della galleria, rilevata o di progetto;
- tutti gli elementi inerenti alle **caratteristiche progettuali** della stessa, come la lunghezza, la geometria e la pendenza;
- **caratteristiche prestazionali** dei requisiti di sicurezza di cui la galleria stessa è dotata;
- **condizioni di traffico** che incidono sulla sicurezza, quali il volume, la composizione ed il tipo di traffico, in particolare la percentuale di veicoli pesanti in transito giornaliero.

La metodologia considera una galleria con le sue specifiche caratteristiche localizzata sul territorio ed in interazione con l'ambiente circostante.

I sottosistemi di sicurezza determinano la risposta del sistema alle condizioni di emergenza e conseguentemente definiscono le condizioni di pericolo per la **popolazione esposta** agli eventi critici possibili.

Gli scenari incidentali e la loro evoluzione in galleria in termini di pericolosità sono rappresentati mediante modelli che includano come elementi costitutivi **l'albero delle cause, l'evento critico iniziatore** e **l'albero degli eventi**.

L'evento critico iniziatore è caratterizzato in termini di **probabilità di accadimento** e **pericolosità** potenziale sulla base di evidenze statistiche per i sistemi galleria in generale, eventualmente integrate da dati disponibili per la singola galleria con riferimento ai tassi di incidentalità rilevati ed alle specificità progettuali della stessa.

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

3. Metodologia

L'albero degli eventi è caratterizzato in termini di **probabilità di accadimento** degli eventi critici iniziatori e di probabilità condizionate di evoluzione lungo i singoli specifici rami, come espressione dell'**affidabilità** e dell'**efficienza** delle misure di sicurezza installate o previste.

Gli eventi terminali dei rami dell'albero degli eventi, determinati in **numero dalle combinazioni mutuamente esclusive** delle azioni di condizionamento esercitate dalle misure mitigative previste, individuano gli scenari di fine emergenza possibili.

La salvabilità degli utenti in una specifica galleria è determinata attraverso la quantificazione e la **zonizzazione del flusso del pericolo** all'interno della struttura.

Le diverse zone del flusso del pericolo individuano le condizioni nelle quali si realizza il processo di esodo degli utenti dalla galleria.

La caratterizzazione del flusso del pericolo è ottenuta modellando l'evoluzione condizionata dai vincoli posti dalle misure di mitigazione previste dei **fenomeni chimici e fisici** che si instaurano in conseguenza dell'accadimento di eventi critici iniziatori.

La modellazione del flusso del pericolo è attuata con **livelli di dettaglio diversi a seconda delle necessità** ed utilizzando le migliori tecniche note e disponibili.

I risultati della modellazione del flusso del pericolo costituiscono i dati di ingresso per la simulazione del processo di esodo degli utenti dalla struttura.

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

3. Metodologia

Il **numero degli utenti** coinvolti nel processo di esodo è determinato attraverso la formulazione e la soluzione di idonei modelli di **formazione delle code** nella galleria analizzata.

I risultati dell'analisi di rischio sono utilizzati per costruire diversi indicatori quantitativi del rischio, a seconda delle necessità.

Il rischio connesso ad una galleria è definito come valore atteso del danno ovvero come distribuzione delle probabilità di superamento di predeterminate soglie di danno (Distribuzioni Cumulate Complementari riportate sul cosiddetto piano F - N).

- Il rischio come **valore atteso del danno** si ottiene come somma dei prodotti tra le probabilità dei singoli eventi critici iniziatori e le corrispondenti sommatorie delle probabilità degli eventi terminali dei singoli rami dell'albero degli eventi moltiplicate per i corrispondenti indicatori di danno espressi in numero di vittime normalizzato all'anno.

- **Il rischio** come distribuzione delle probabilità di superamento di predeterminate soglie di danno è **rappresentato graficamente sul piano F - N** (dove F indica la probabilità di superamento della soglia e N il numero di fatalità) dalla distribuzione cumulata complementare (probabilità di superamento delle soglie di danno) ottenuta in corrispondenza dei valori degli indicatori di danno (soglie di danno) associati agli eventi terminali dei singoli rami dell'albero degli eventi.

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

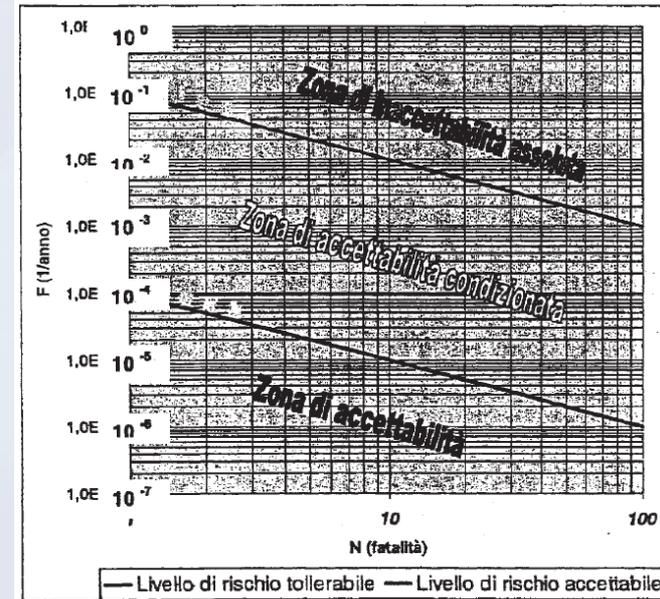
4. Obiettivi di Sicurezza e Criteri di Accettabilità

Gli obiettivi di sicurezza ed i criteri di accettabilità del rischio per le gallerie stradali, da **applicare ad ogni singola canna nel caso di gallerie a più forni indipendenti**, sono rappresentati dalle **linee soglia** riportate nella figura seguente.

Il livello di rischio accettabile rappresenta un riferimento utile per la Commissione permanente delle gallerie per la valutazione dei risultati dell'Analisi di Rischio effettuata secondo il criterio ALARP.

In tutti i casi previsti dal decreto, incluso il caso in cui si debba verificare il livello di rischio di una galleria con caratteristiche speciali, si deve direttamente confrontare la distribuzione cumulata complementare della galleria reale con il limite di rischio tollerabile.

Quando viene richiesta **l'analisi di rischio quantitativa con criterio comparativo per la dimostrazione dell'equivalenza garantita da misure compensative**, tale analisi deve essere condotta sulla galleria reale dotata di requisiti integrativi verificando che il valore atteso del danno della galleria in esame sia uguale o inferiore a quello della galleria virtuale a parità di condizioni di funzionamento dei sottosistemi.



...omissis...

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

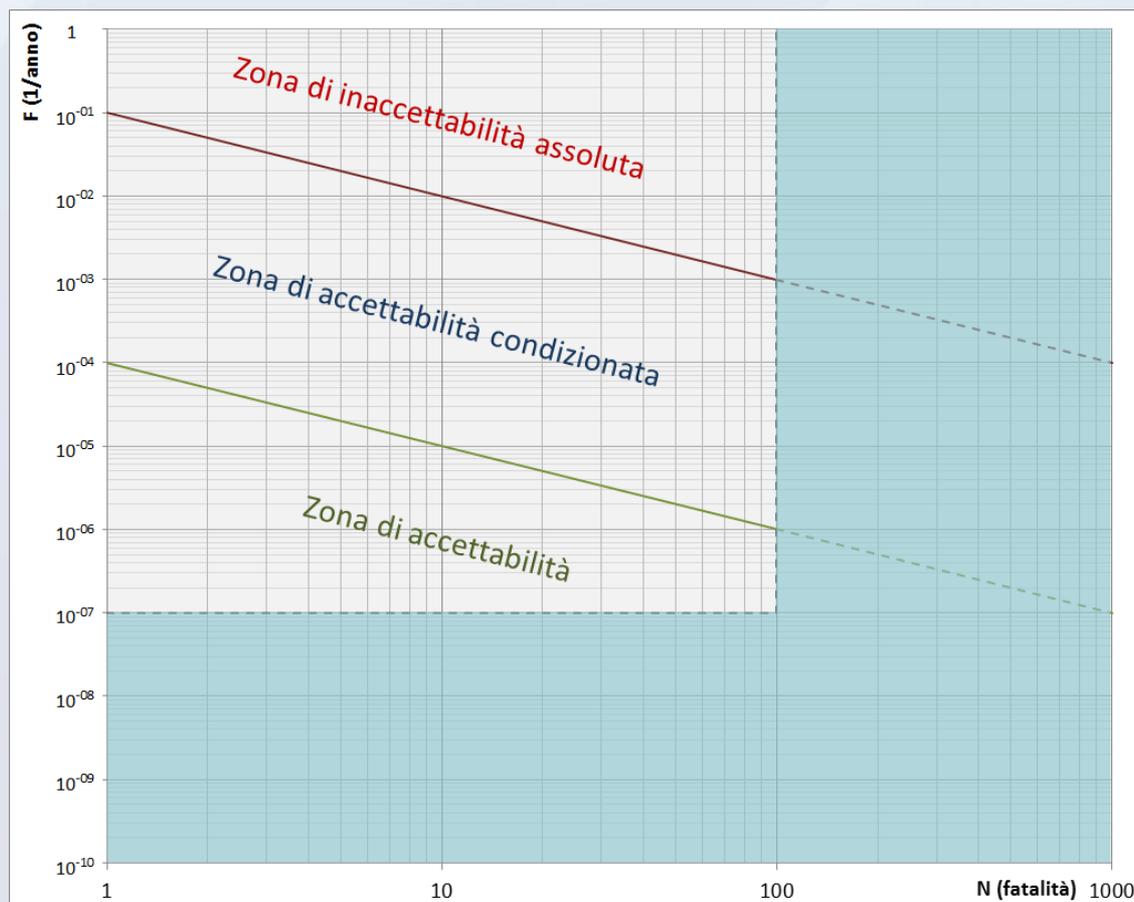
Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 264/2006

Allegato 3

4. Obiettivi di Sicurezza e Criteri di Accettabilità



Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

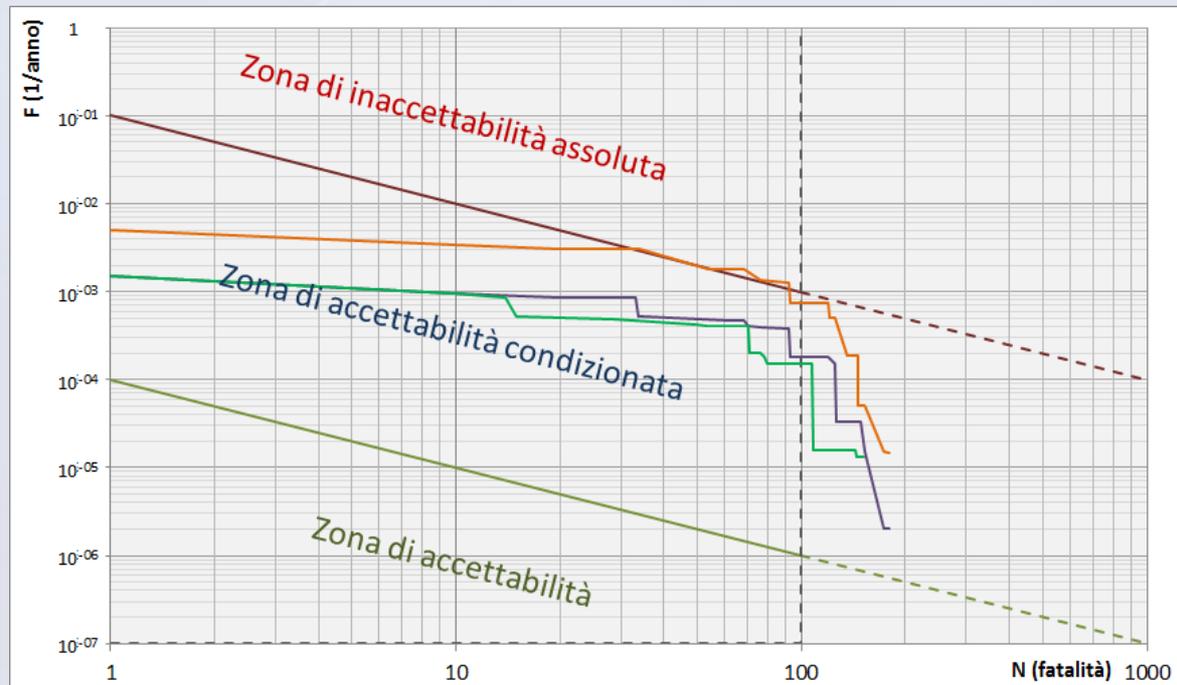
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio – Criterio A.L.A.R.P. di accettazione del rischio

La valutazione del livello di rischio è effettuata secondo il principio **A.L.A.R.P.** (*As Low As Reasonably Practicable*), vale a dire l'applicazione delle misure di sicurezza il cui livello di rischio conseguente è quello più basso ragionevolmente raggiungibile.

Per un rischio sia ALARP deve essere possibile dimostrare che il costo coinvolto nel ridurre ulteriormente il rischio sarebbe gravemente sproporzionato rispetto al beneficio ottenuto.

Il principio ALARP evita che tempo e denaro siano impegnati in quantità indefinite sul tentativo di ridurre il rischio a zero.



Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

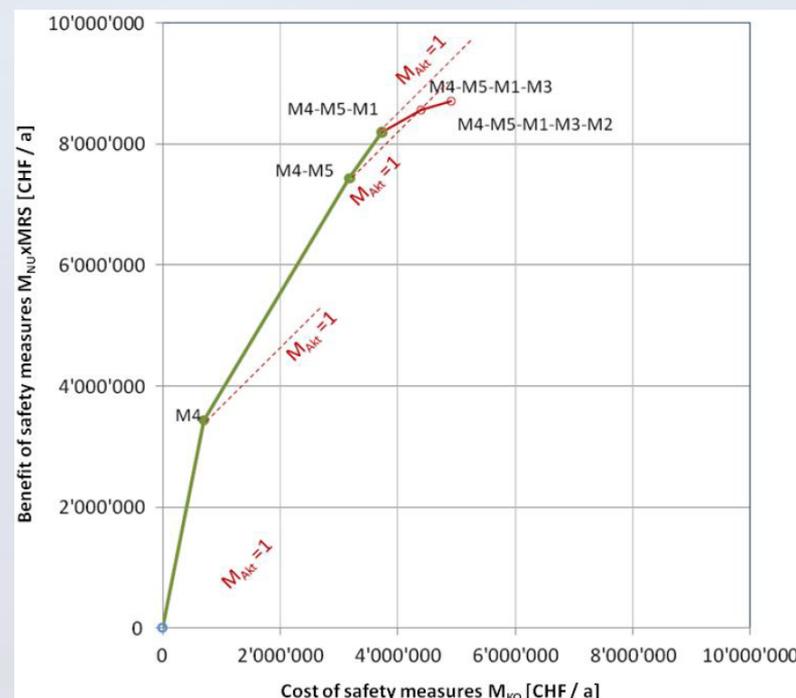
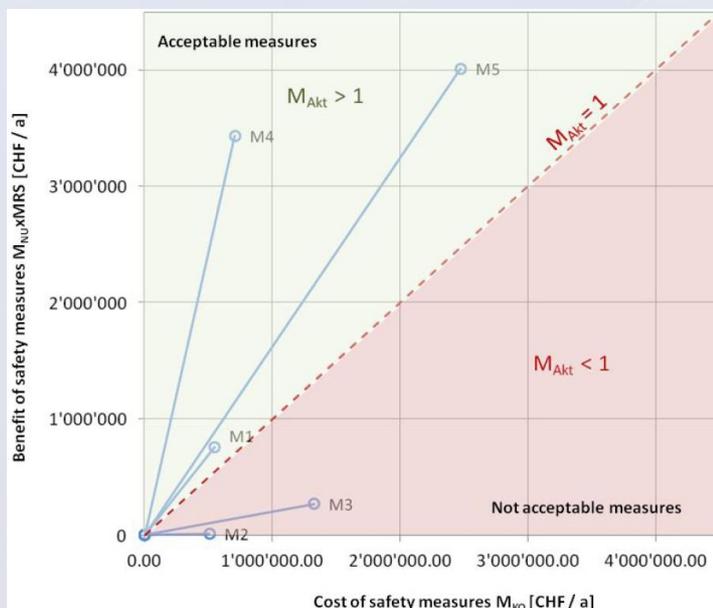
Rif. Bibliografici

Analisi di rischio – Criterio A.L.A.R.P. di accettazione del rischio

La scelta degli interventi di sicurezza da effettuare dovrebbe affidarsi alle valutazioni dei risultati dell'analisi di rischio in termini di vite umane salvabili da ciascun i-esimo intervento, nonché dei costi di realizzazione degli interventi.

L'applicazione successiva di interventi migliorativi andrà ad interrompersi allorquando agli investimenti di sicurezza non conseguono dei coerenti benefici in termini di salvabilità degli utenti.

Questo criterio così rappresentato nell'esperienza Svizzera.



Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Calcolo del rischio in galleria

Il calcolo del rischio utilizza, tra gli altri, i seguenti parametri e modelli:

- Caratteristiche della galleria;
- Modello della galleria;
- Modello aeraulico della galleria;
- Modelli di traffico e coefficienti di riempimento dei veicoli;
- Merci pericolose in transito
- Tassi di incidentalità;
- Curve di probabilità di efficacia/efficienza/affidabilità dei dispositivi di sicurezza presenti;
- Modello di localizzazione dell'evento internamente alla galleria;
- Modello dei guasti;
- Modello di accadimento, albero degli eventi e di scenario;
- Modello termofluidodinamico;
- Modello di rilascio termico;
- Modello di diffusione dei fumi e dei gas tossici;
- Modello di evacuazione degli utenti;
- ...

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

AdR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

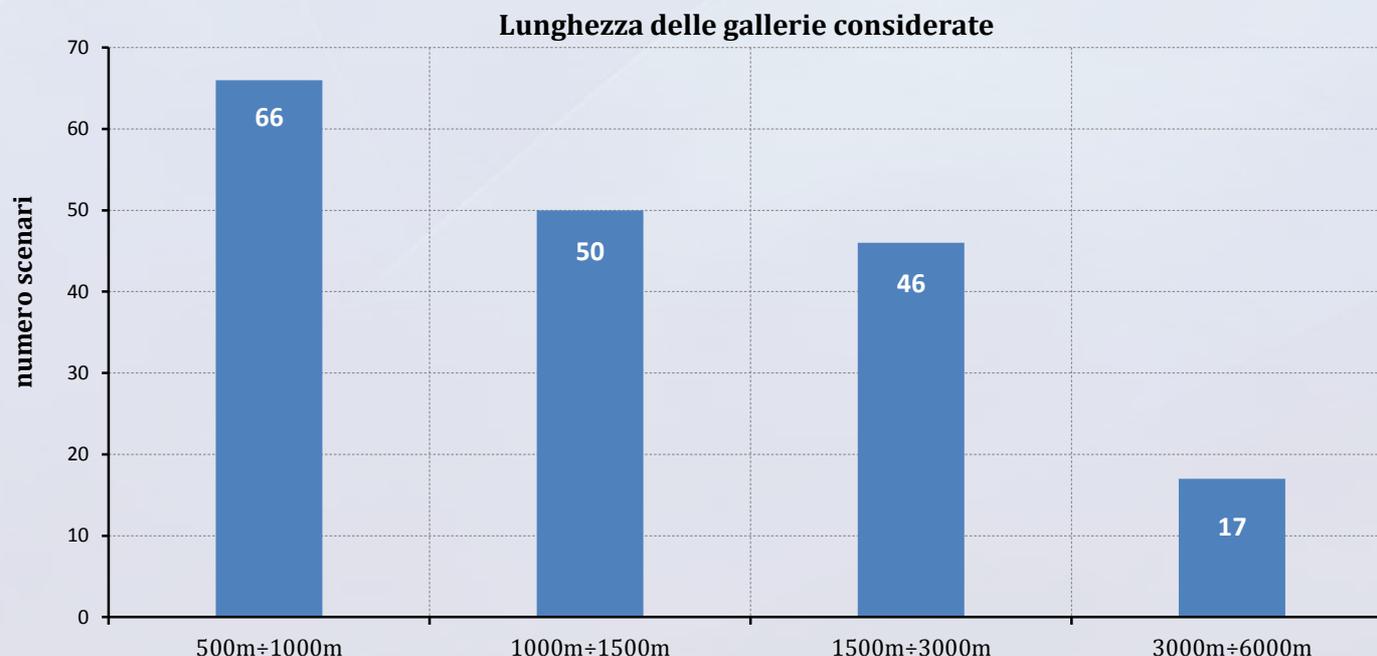
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

I procedimenti di approvazione dei progetti di sicurezza delle gallerie oggetto di adeguamento, autorizzazione alla messa in esercizio o di verifica di conformità a seguito di visita ispettiva ha consentito di analizzare le **analisi di rischio di 100 gallerie** per un totale di **179 scenari di rischio**.



SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

Adr@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

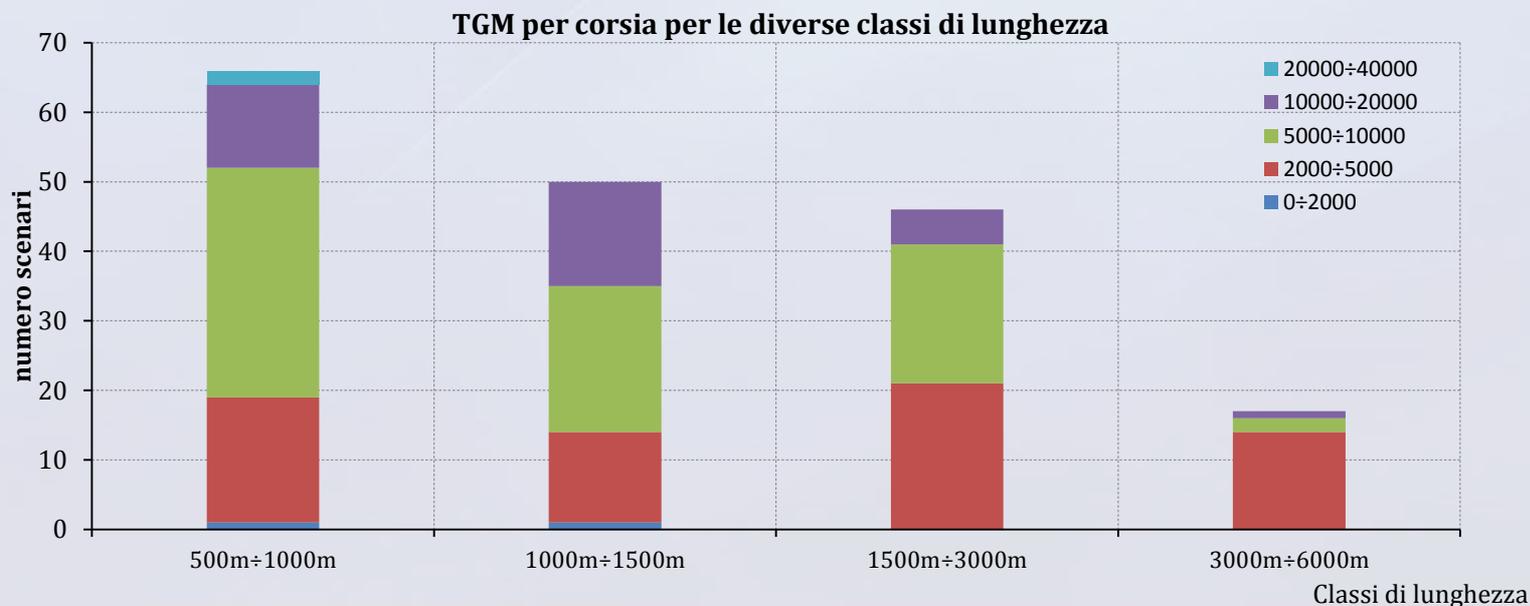
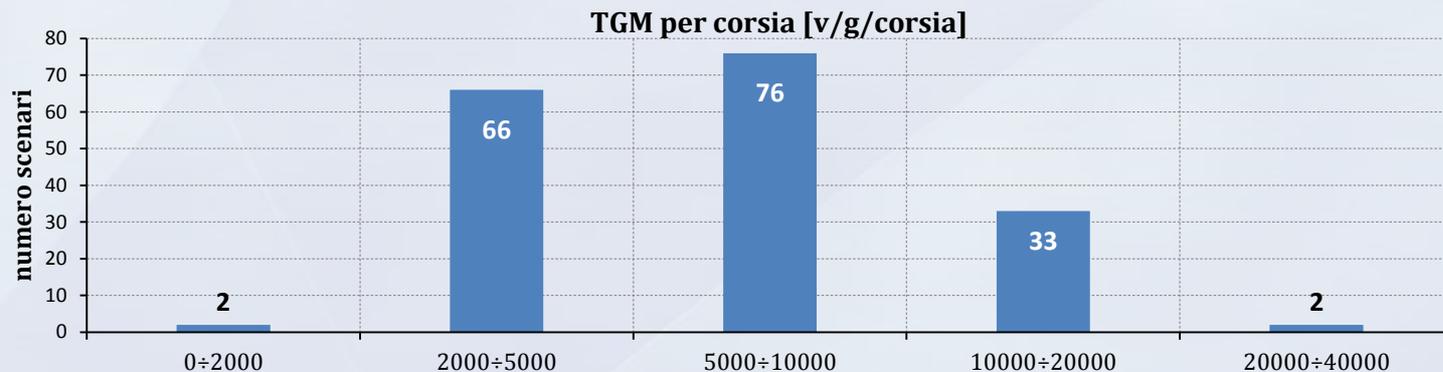
Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie



SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

Adr@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

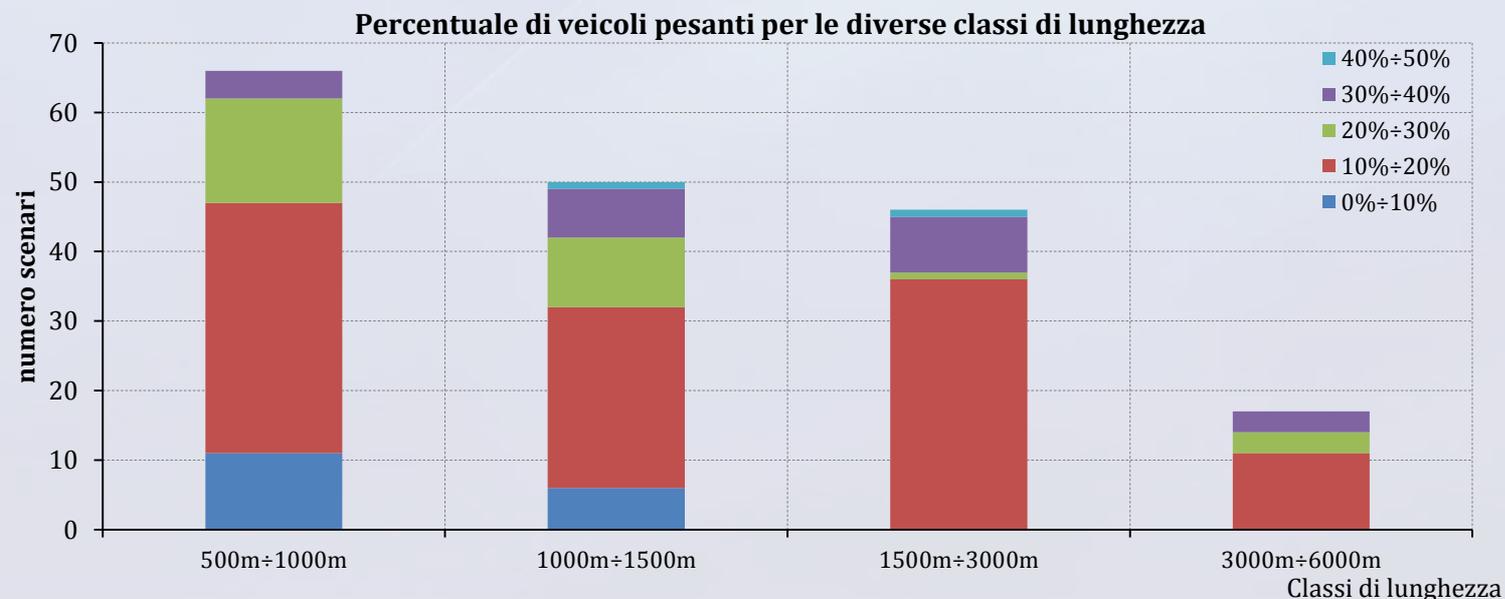
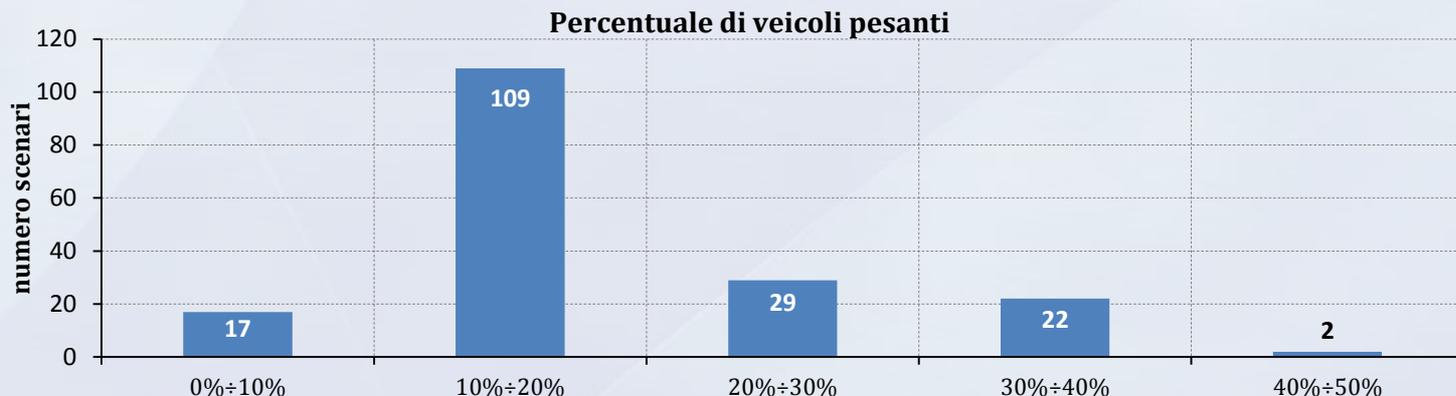
Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie



SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

AdR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

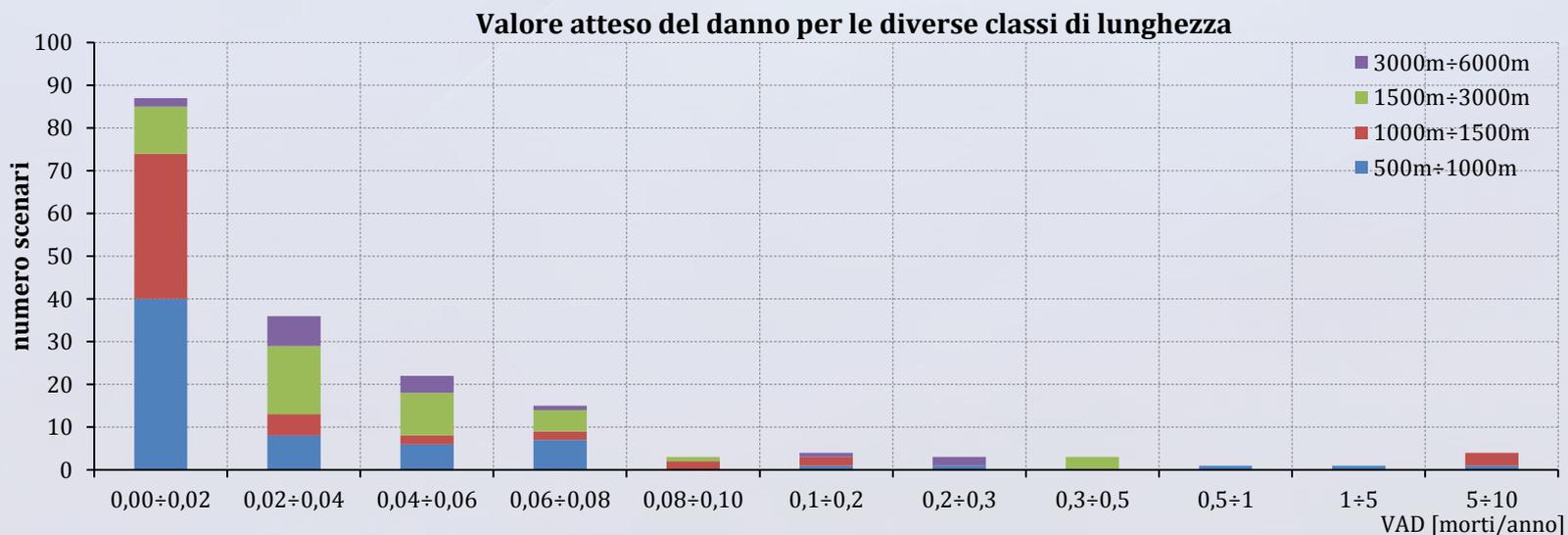
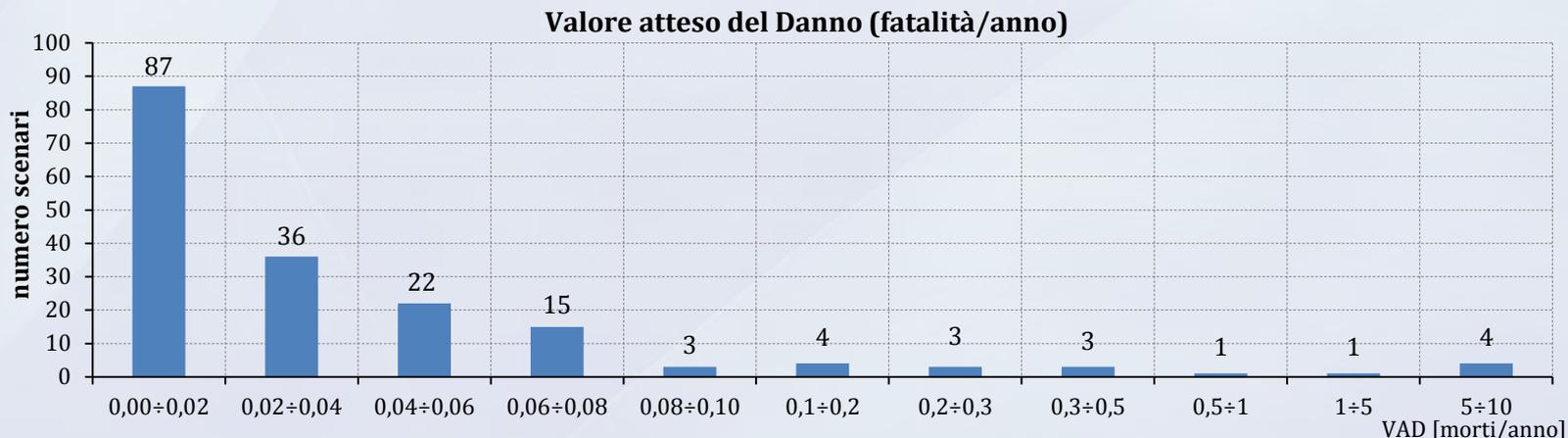
Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie



SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

Adr@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

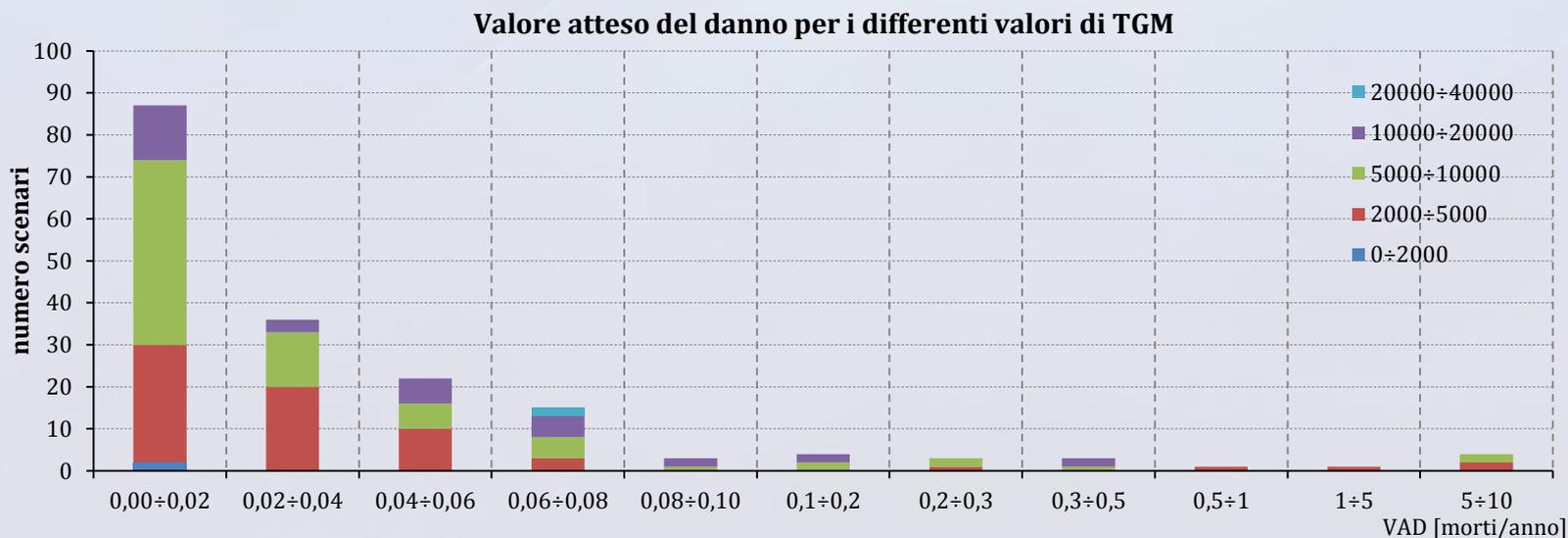
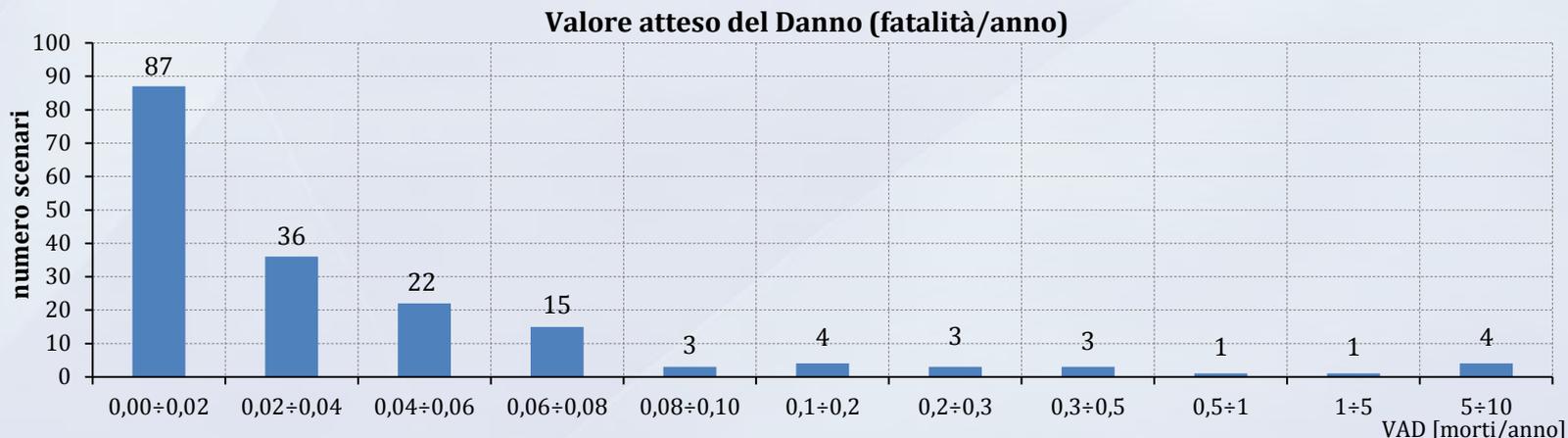
Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie



SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

AdR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

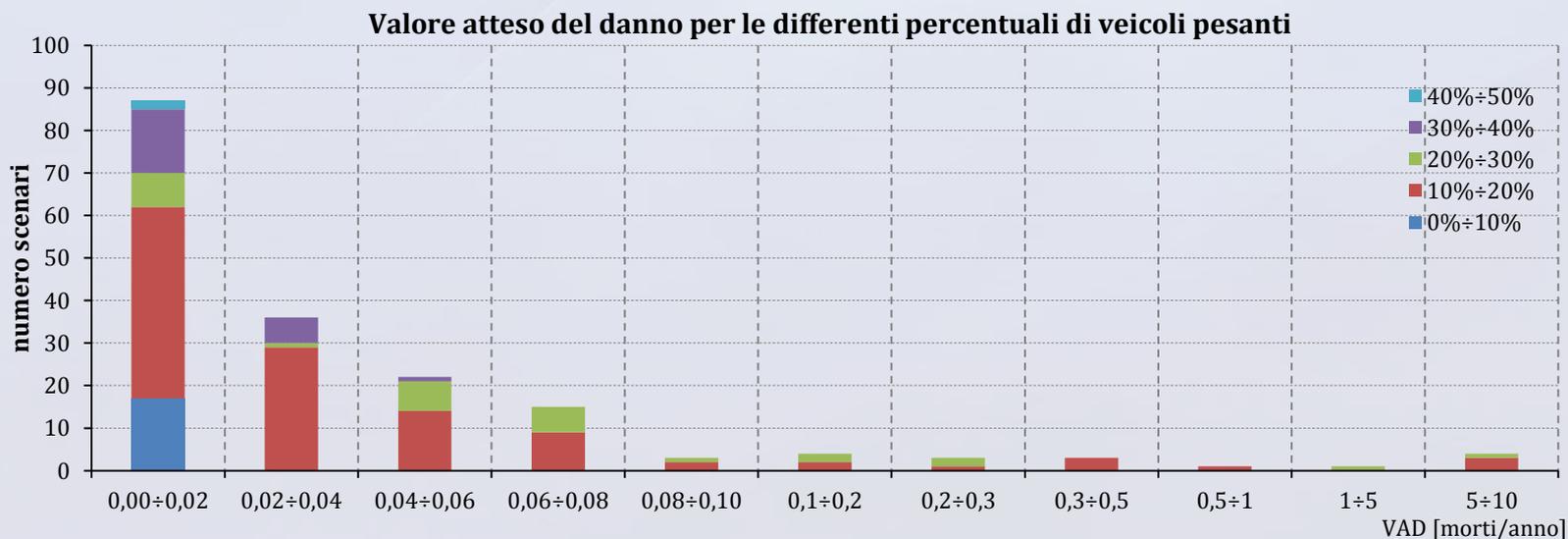
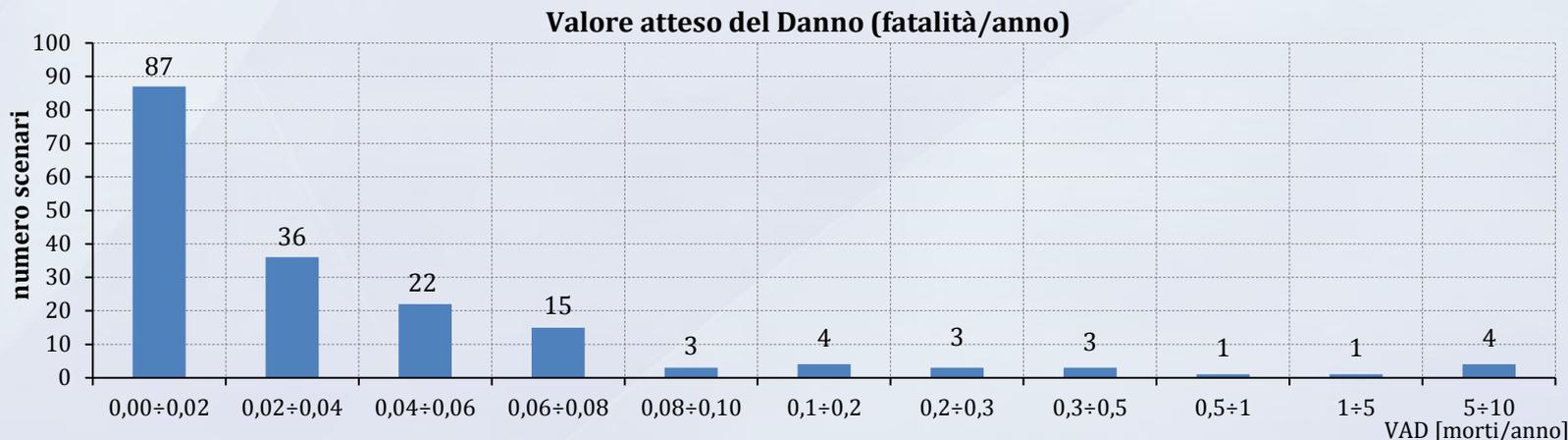
Confronto F/N 3

Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie



SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

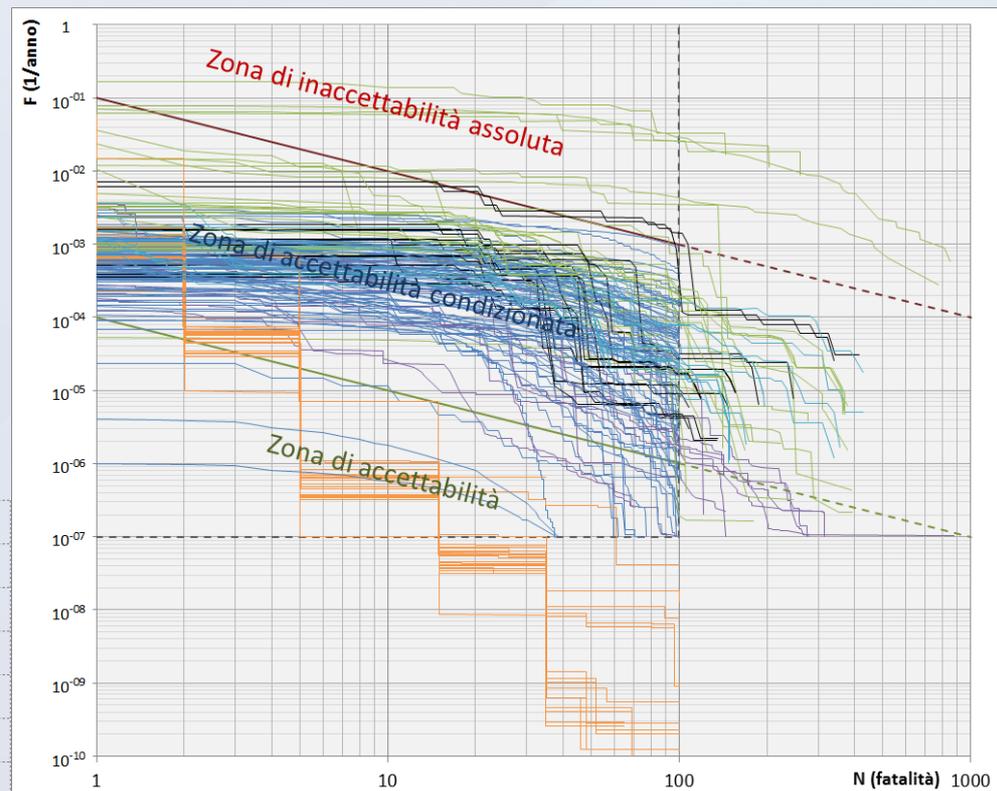
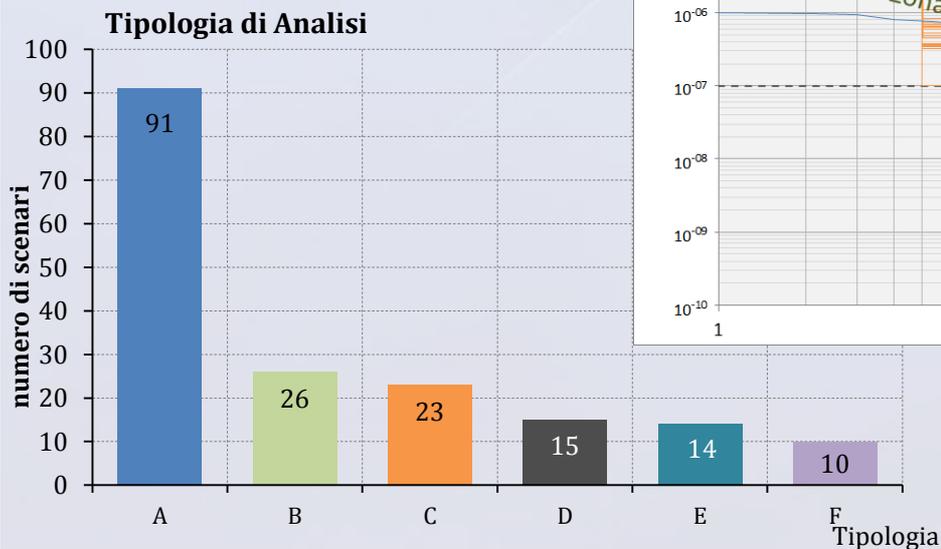
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Suddivisione degli scenari in base alla tipologia di Analisi del rischio



METODOLOGIE DI ANALISI DI RISCHIO

Ing. Michele Di Vito

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

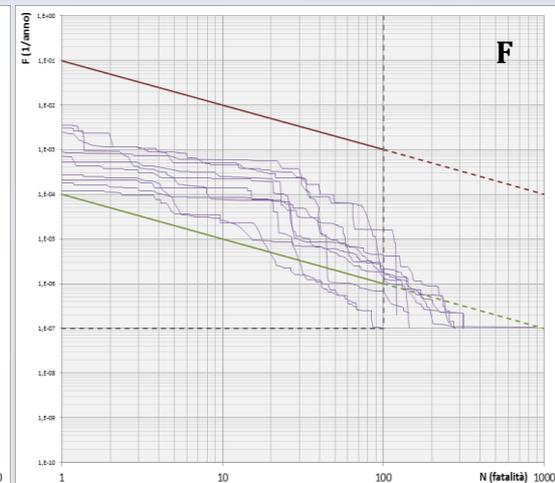
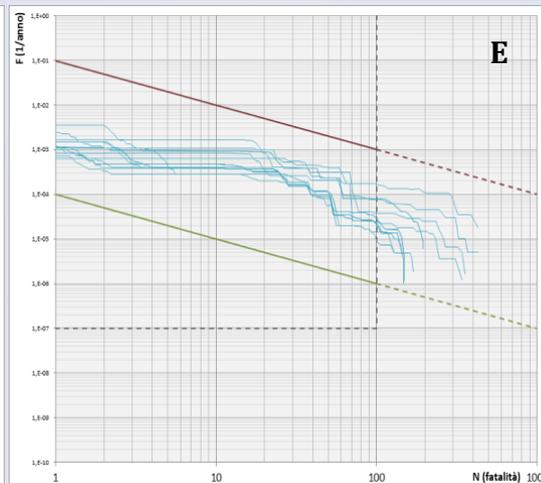
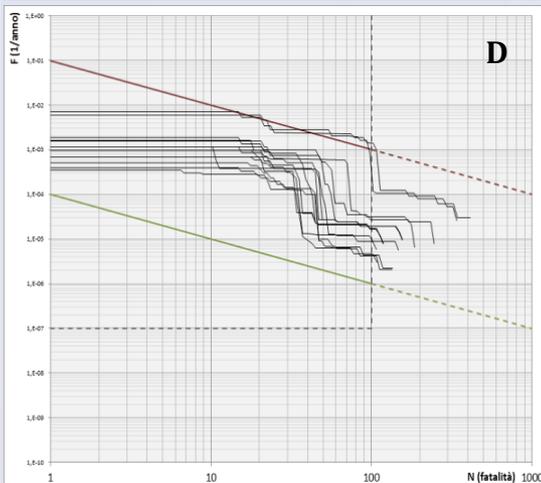
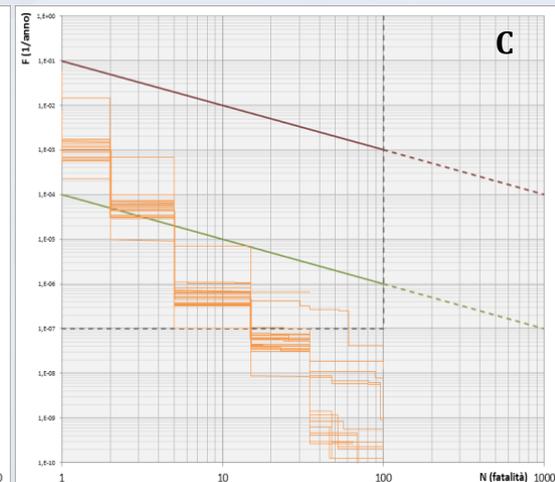
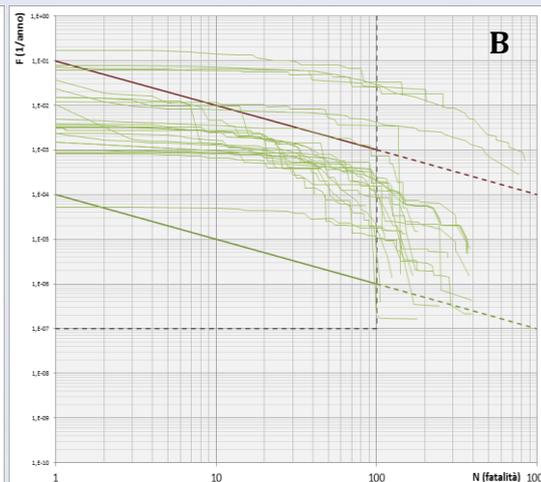
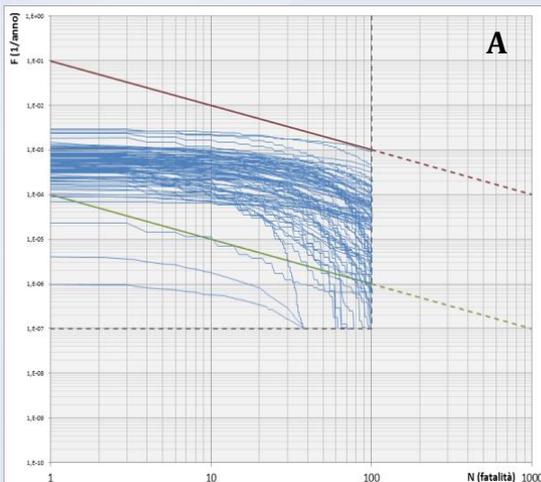
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Suddivisione degli scenari in base all'Analista del rischio



METODOLOGIE DI ANALISI DI RISCHIO

Ing. Michele Di Vito

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE	Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie I parametri significativi che complessivamente ricorrono in tutti i metodi analizzati sono:
D.Lgs. 264/2006	
Piano F/N	<u>Caratteristiche geometriche:</u> lunghezza; pendenza media; corsia di emergenza.
Criterio A.L.A.R.P.	
Calcolo del rischio	<u>Caratteristiche di traffico:</u>
ADR@CPG	anno apertura al traffico; traffico giornaliero medio;
ADR@CPG Dati	percentuale di veicoli pesanti;
ADR@CPG VAD	percentuale di veicoli trasportanti merci pericolose.
Tipologia di Analisi	<u>Caratteristiche incidentali:</u>
Parametri esposti	tasso di accadimento degli incidenti; efficacia del dispositivo di sicurezza (ove indicato); affidabilità del dispositivo di sicurezza (ove indicato); efficienza del dispositivo di sicurezza (ove indicato).
Confronto F/N 1	
Confronto F/N 2	<u>Alcune delle principali dotazioni di sicurezza presenti nella galleria:</u>
Confronto F/N 3	by-pass; erogazione idrica;
Confronto F/N 4	illuminazione; ventilazione;
Valutazioni finali	drenaggio antifiamma;
Rif. Bibliografici	centro di controllo.

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

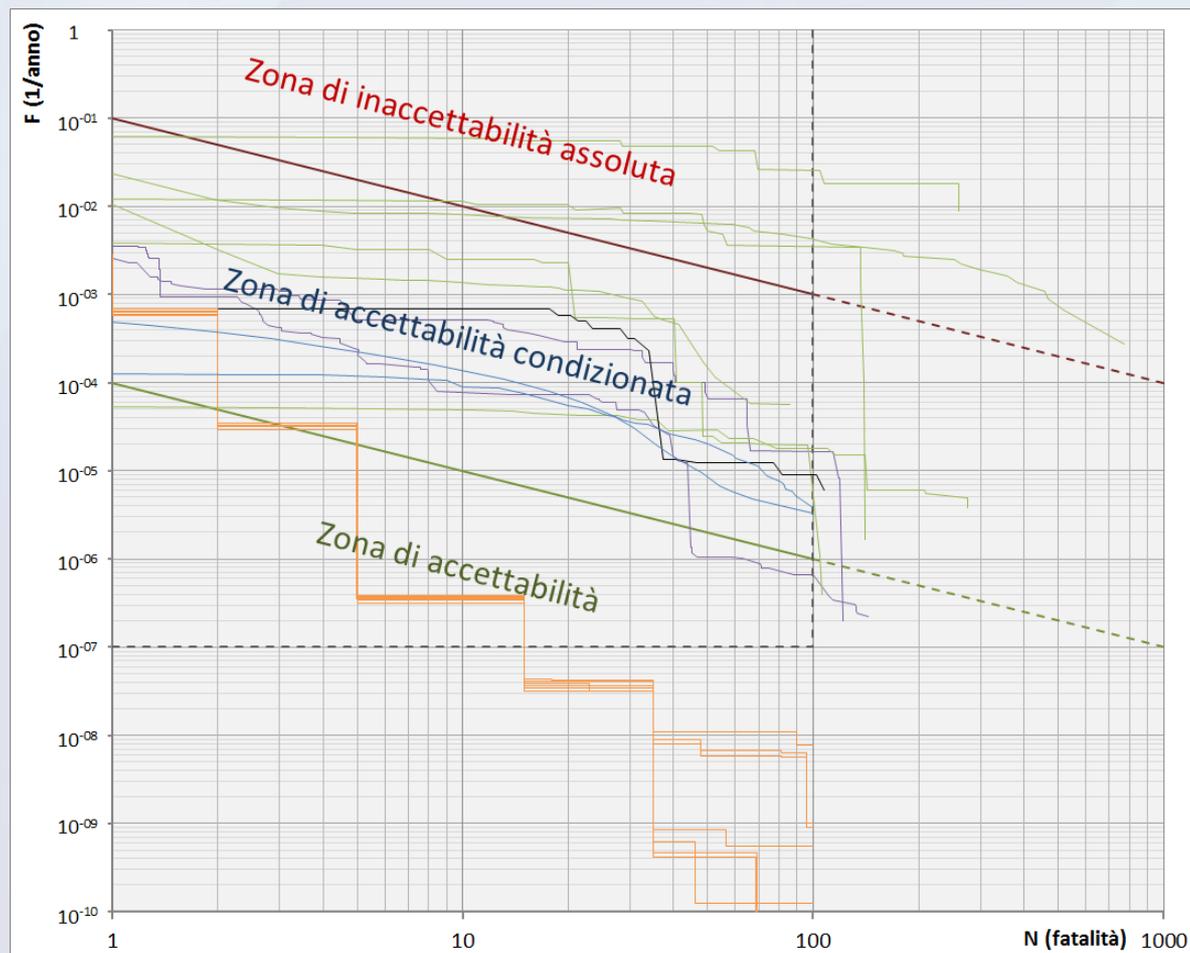
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 18/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[500m ÷ 1.000m]

Traffico Giornaliero Medio

[2.000v/c/g ÷ 5.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti 3,9E-2 ÷ 8,9E+0

Incendi 2,8E-3 ÷ 2,4E-1

Incendi Veicoli Pesanti 5,5E-4 ÷ 1,9E-2

Incendi rilevanti 1,0E-3 ÷ 2,8E-3

Incidenti merci pericolose 8,4E-5 ÷ 7,9E-4

Nube tossica 2,8E-8 ÷ 9,5E-6

BLEVE 4,7E-7 ÷ 4,5E-6

Pool fire 8,3E-7 ÷ 2,6E-4

Flash fire 1,7E-6 ÷ 1,6E-5

Jet fire 7,2E-7 ÷ 6,8E-6

VCE 2,8E-6 ÷ 2,1E-5

Caratteristiche geometriche

Pendenza media -1,3% ÷ 4,4%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 1,3% ÷ 36,7%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica 0 ÷ 1

Illuminazione 0 ÷ 1

Drenaggio antifiamma 0 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

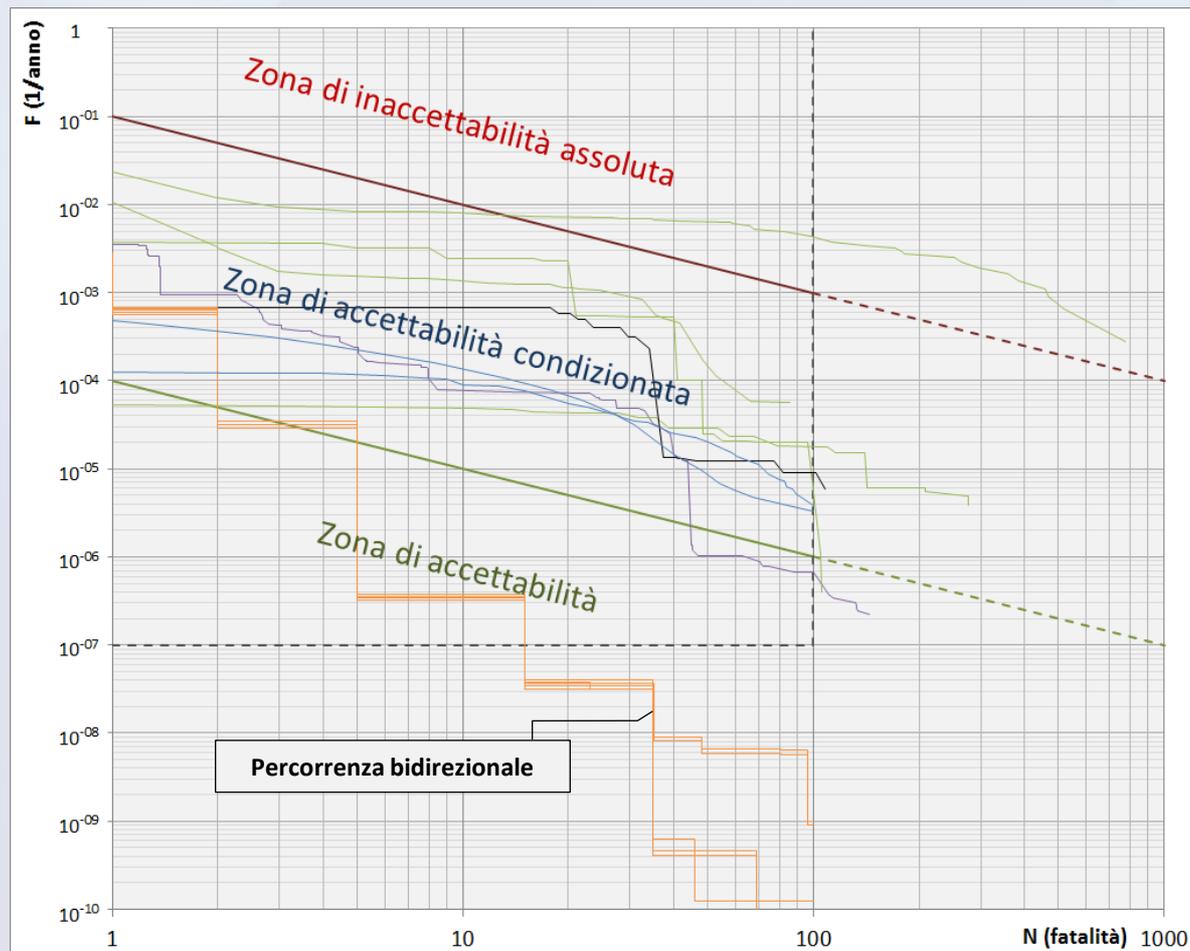
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 13/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[500m ÷ 1.000m]

Traffico Giornaliero Medio

[2.000v/c/g ÷ 5.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	3,9E-2 ÷ 8,9E+0
Incendi	2,8E-3 ÷ 2,4E-1
Incendi Veicoli Pesanti	5,5E-4 ÷ 1,9E-2
Incendi rilevanti	1,0E-3 ÷ 2,8E-3
Incidenti merci pericolose	8,4E-5 ÷ 7,9E-4
Nube tossica	2,8E-8 ÷ 9,5E-6
BLEVE	4,7E-7 ÷ 4,5E-6
Pool fire	8,3E-7 ÷ 2,6E-4
Flash fire	1,7E-6 ÷ 1,6E-5
Jet fire	7,2E-7 ÷ 6,8E-6
VCE	2,8E-6 ÷ 2,1E-5

Caratteristiche geometriche

Pendenza media -1,3% ÷ 4,4%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 1,3% ÷ 36,7%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica	1 ÷ 1
Illuminazione	1 ÷ 1
Drenaggio antifiamma	1 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

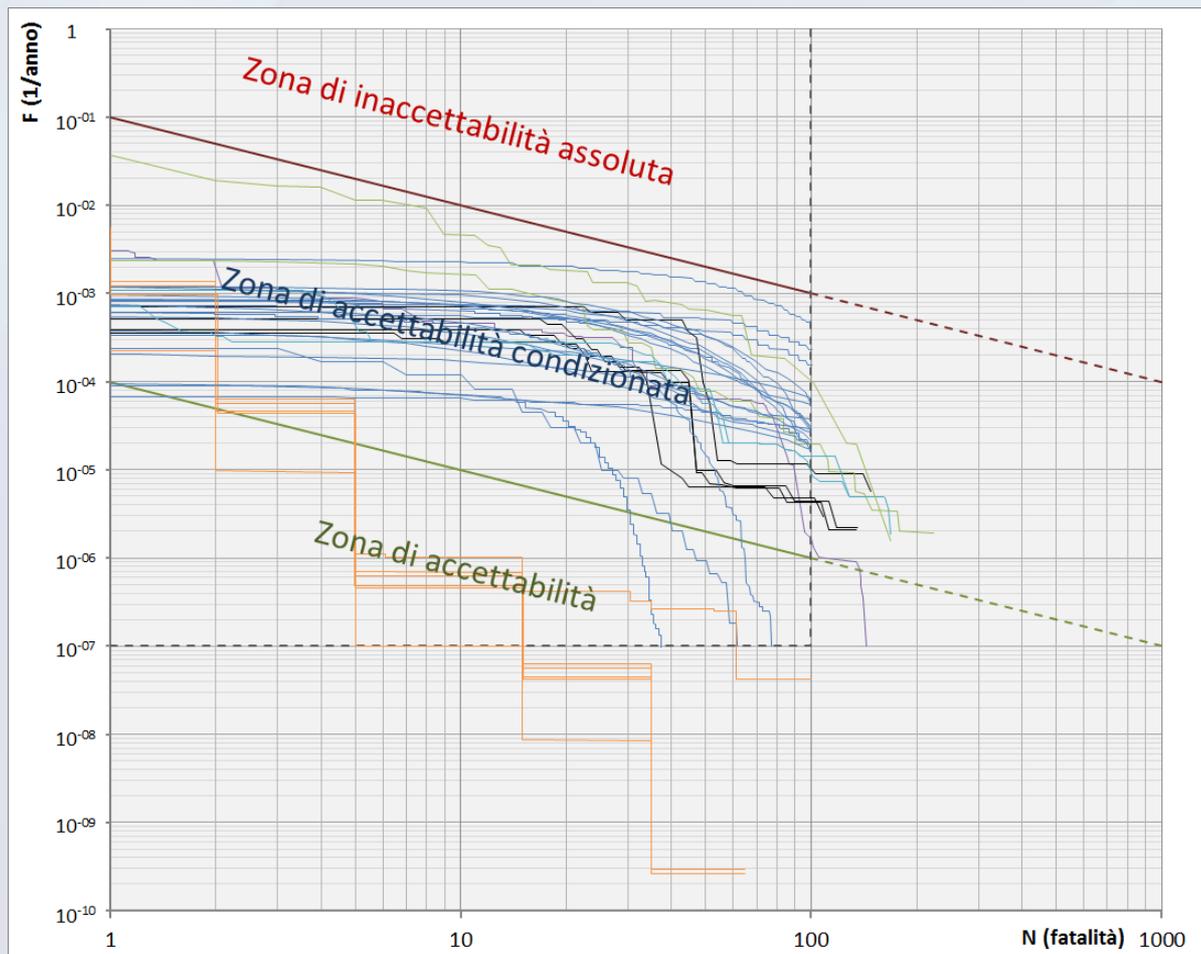
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 35/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[500m ÷ 1.000m]

Traffico Giornaliero Medio

[5.000v/c/g ÷ 10.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	4,3E-2 ÷ 5,0E+0
Incendi	1,6E-3 ÷ 1,9E-1
Incendi Veicoli Pesanti	3,2E-4 ÷ 4,7E-2
Incendi rilevanti	3,0E-4 ÷ 7,0E-3
Incidenti merci pericolose	1,1E-5 ÷ 1,8E-3
Nube tossica	4,4E-7 ÷ 1,8E-4
BLEVE	7,4E-8 ÷ 8,3E-5
Pool fire	1,3E-7 ÷ 2,8E-4
Flash fire	2,7E-7 ÷ 3,1E-4
Jet fire	1,1E-7 ÷ 1,3E-4
VCE	4,4E-7 ÷ 5,0E-4

Caratteristiche geometriche

Pendenza media 0,0% ÷ 4,0%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 6,6% ÷ 31,0%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica 0 ÷ 1

Illuminazione 0 ÷ 1

Drenaggio antifiamma 0 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

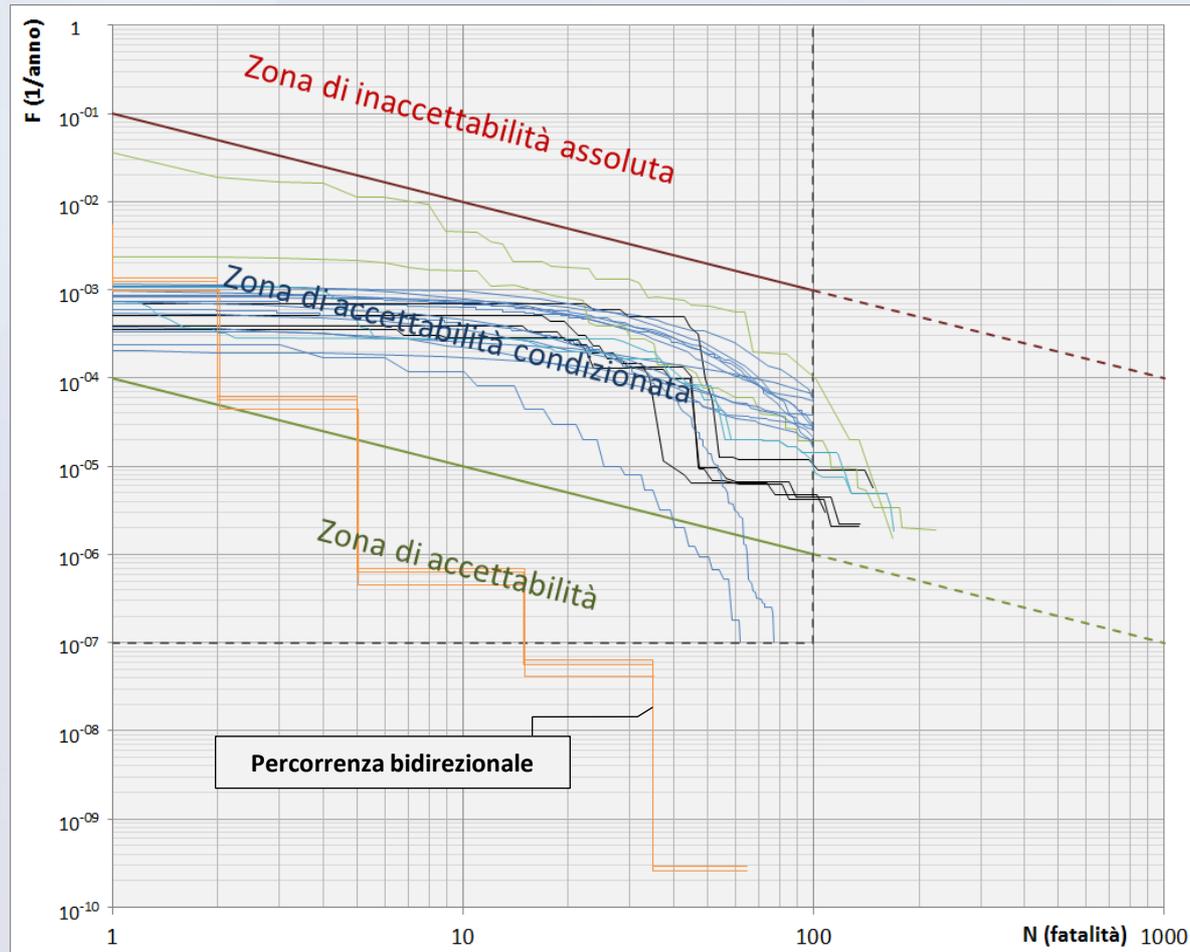
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 24/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[500m ÷ 1.000m]

Traffico Giornaliero Medio

[5.000v/c/g ÷ 10.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	4,3E-2 ÷ 5,0E+0
Incendi	1,6E-3 ÷ 1,9E-1
Incendi Veicoli Pesanti	3,2E-4 ÷ 4,7E-2
Incendi rilevanti	3,0E-4 ÷ 7,0E-3
Incidenti merci pericolose	1,1E-5 ÷ 1,8E-3
Nube tossica	4,4E-7 ÷ 1,8E-4
BLEVE	7,4E-8 ÷ 8,3E-5
Pool fire	1,3E-7 ÷ 2,8E-4
Flash fire	2,7E-7 ÷ 3,1E-4
Jet fire	1,1E-7 ÷ 1,3E-4
VCE	4,4E-7 ÷ 5,0E-4

Caratteristiche geometriche

Pendenza media 0,0% ÷ 4,0%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 6,6% ÷ 31,0%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica	1 ÷ 1
Illuminazione	1 ÷ 1
Drenaggio antifiamma	1 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

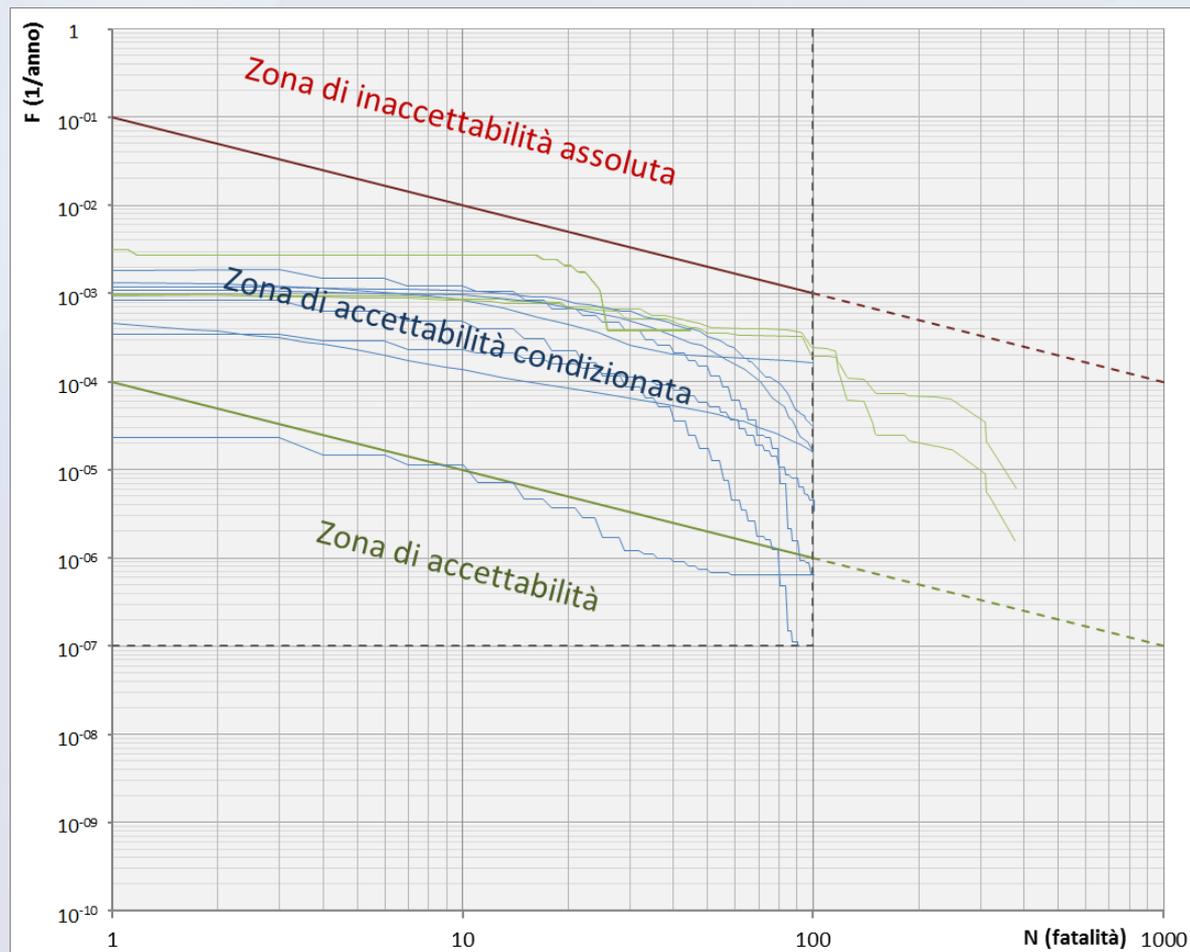
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 12/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[500m ÷ 1.000m]

Traffico Giornaliero Medio

[10.000v/c/g ÷ 20.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	1,4E+0 ÷ 5,2E+0
Incendi	7,3E-3 ÷ 2,4E-1
Incendi Veicoli Pesanti	1,1E-2 ÷ 1,3E+1
Incendi rilevanti	1,6E-3 ÷ 6,5E-3
Incidenti merci pericolose	4,2E-5 ÷ 2,2E-3
Nube tossica	1,2E-5 ÷ 7,0E-4
BLEVE	5,8E-6 ÷ 5,4E-5
Pool fire	1,0E-5 ÷ 9,4E-5
Flash fire	2,1E-5 ÷ 2,0E-4
Jet fire	8,9E-6 ÷ 8,2E-5
VCE	2,7E-5 ÷ 2,5E-4

Caratteristiche geometriche

Pendenza media 0,3% ÷ 3,9%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 14,2% ÷ 26,0%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica	0 ÷ 1
Illuminazione	0 ÷ 1
Drenaggio antifiamma	0 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

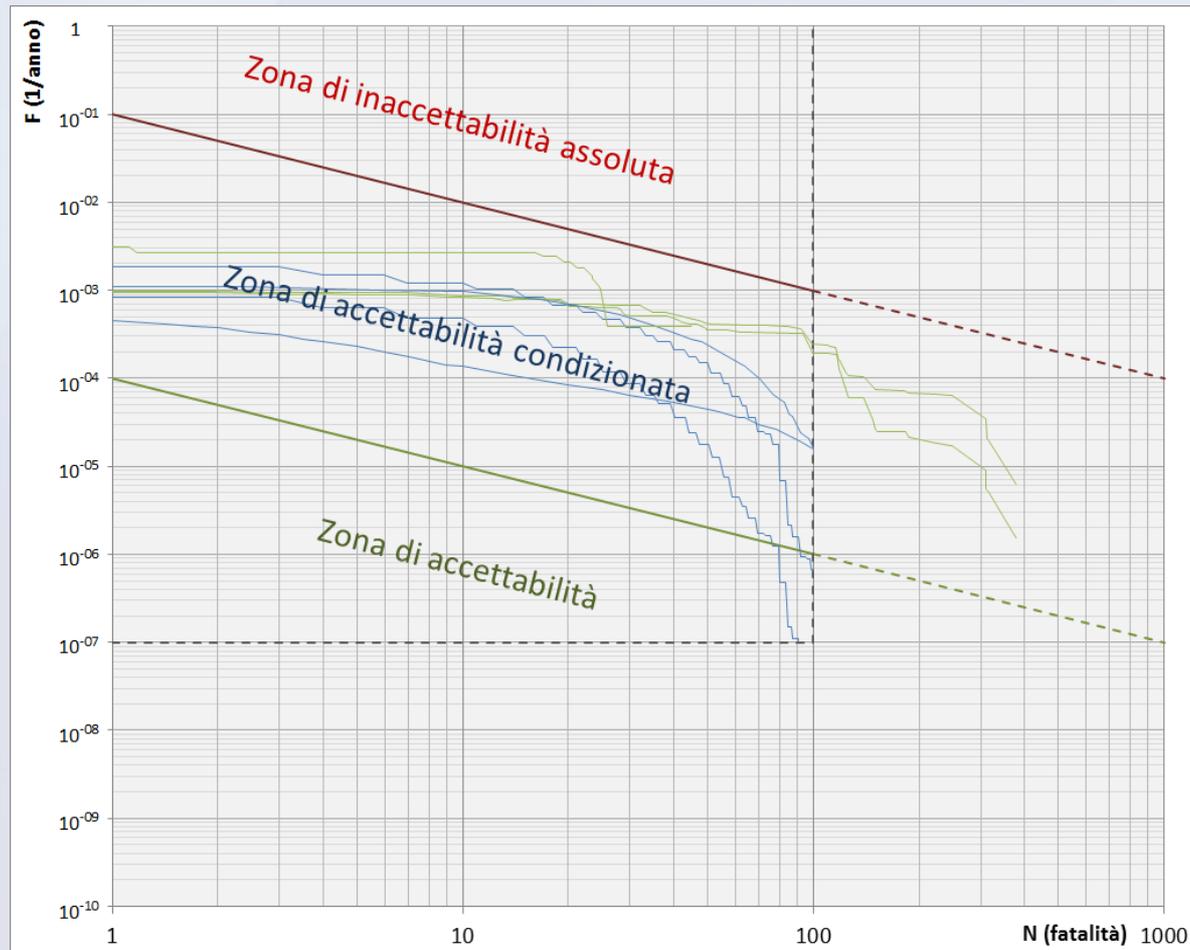
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 7/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[500m ÷ 1.000m]

Traffico Giornaliero Medio

[10.000v/c/g ÷ 20.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	1,4E+0 ÷ 5,2E+0
Incendi	7,3E-3 ÷ 2,4E-1
Incendi Veicoli Pesanti	1,1E-2 ÷ 1,3E+1
Incendi rilevanti	1,6E-3 ÷ 6,5E-3
Incidenti merci pericolose	4,2E-5 ÷ 2,2E-3
Nube tossica	1,2E-5 ÷ 7,0E-4
BLEVE	5,8E-6 ÷ 5,4E-5
Pool fire	1,0E-5 ÷ 9,4E-5
Flash fire	2,1E-5 ÷ 2,0E-4
Jet fire	8,9E-6 ÷ 8,2E-5
VCE	2,7E-5 ÷ 2,5E-4

Caratteristiche geometriche

Pendenza media 0,3% ÷ 3,9%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 14,2% ÷ 26,0%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica	1 ÷ 1
Illuminazione	1 ÷ 1
Drenaggio antifiamma	1 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

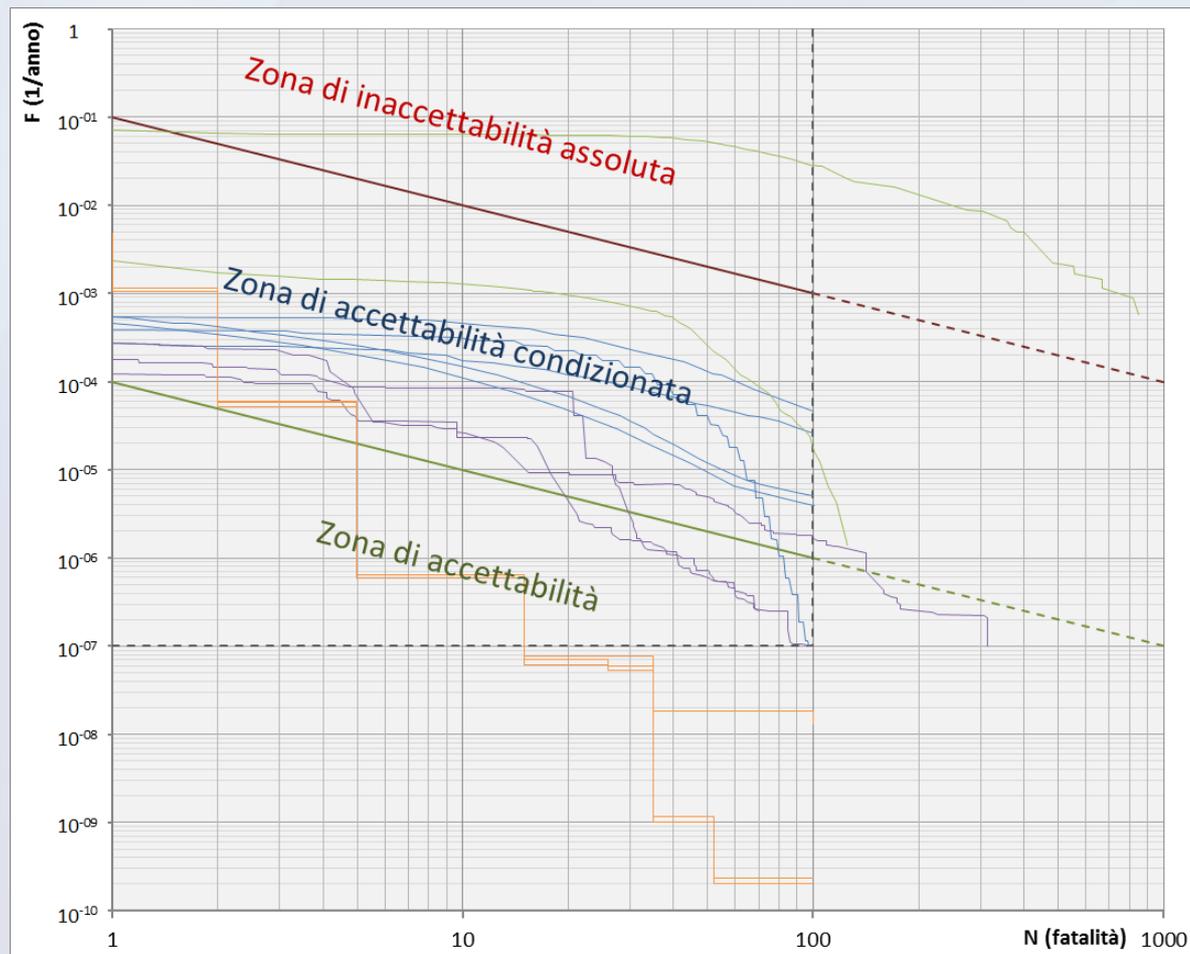
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 13/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[1.000m ÷ 1.500m]

Traffico Giornaliero Medio

[2.000v/c/g ÷ 5.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	3,9E-2 ÷ 1,1E+1
Incendi	2,6E-2 ÷ 3,1E-1
Incendi Veicoli Pesanti	8,8E-3 ÷ 2,0E-2
Incendi rilevanti	1,3E-3 ÷ 2,4E-3
Incidenti merci pericolose	1,1E-4 ÷ 1,3E-3
Nube tossica	3,7E-6 ÷ 1,5E-5
BLEVE	6,2E-7 ÷ 7,2E-6
Pool fire	1,1E-6 ÷ 1,3E-5
Flash fire	2,3E-6 ÷ 2,6E-5
Jet fire	9,5E-7 ÷ 1,1E-5
VCE	3,7E-6 ÷ 3,3E-5

Caratteristiche geometriche

Pendenza media 0,5% ÷ 3,9%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 1,3% ÷ 30,0%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica	0 ÷ 1
Illuminazione	0 ÷ 1
Drenaggio antifiamma	0 ÷ 1

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE

D.Lgs. 264/2006

Piano F/N

Criterio A.L.A.R.P.

Calcolo del rischio

ADR@CPG

ADR@CPG Dati

ADR@CPG VAD

Tipologia di Analisi

Parametri esposti

Confronto F/N 1

Confronto F/N 2

Confronto F/N 3

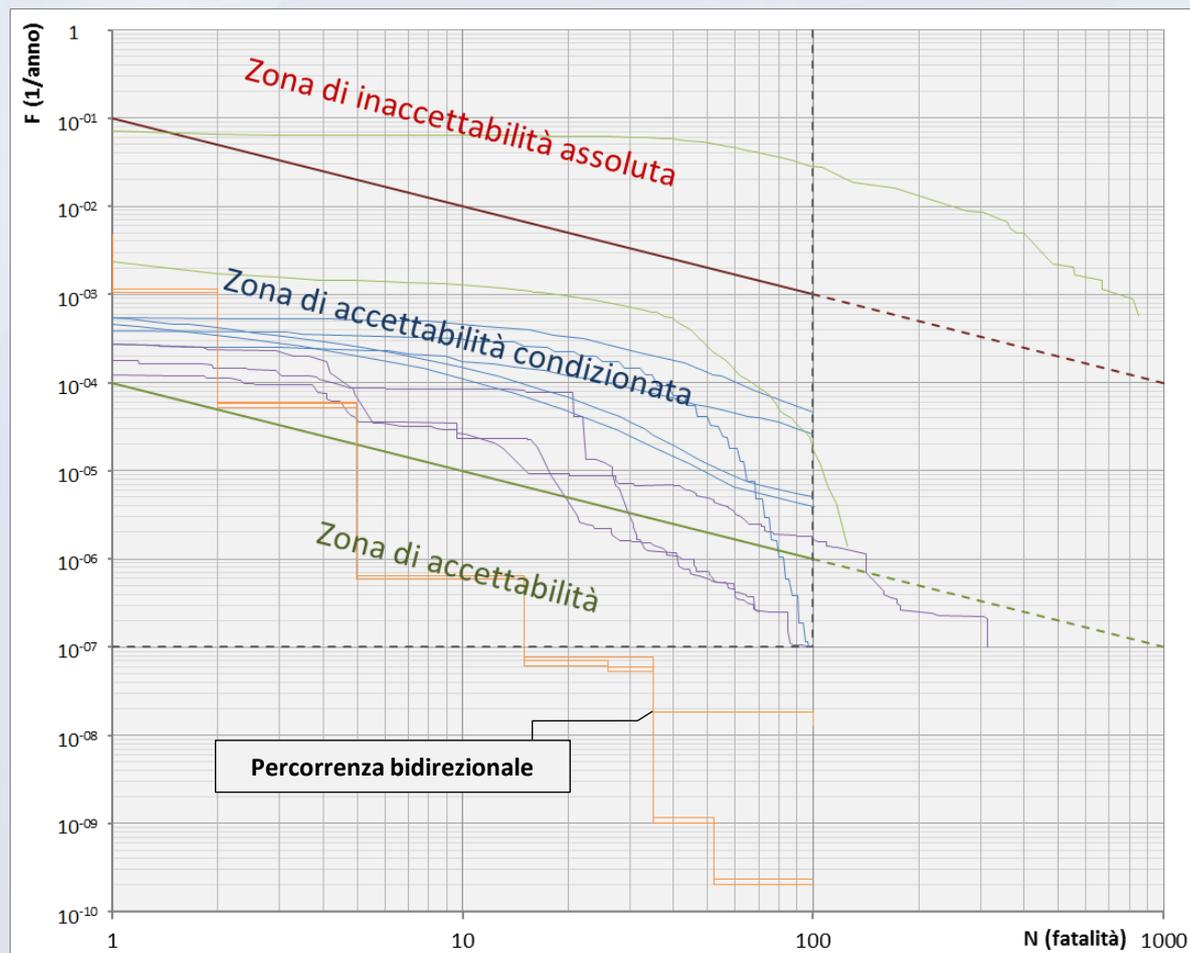
Confronto F/N 4

Valutazioni finali

Rif. Bibliografici

Analisi di rischio pervenute alla Commissione permanente per le Gallerie

Confronto scenari di rischio - 12/179



Parametri filtrati

Lunghezza

[1.000m ÷ 1.500m]

Traffico Giornaliero Medio

[2.000v/c/g ÷ 5.000v/c/g]

Variabilità parametri

Tassi incidentali

Incidenti	3,9E-2 ÷ 1,1E+1
Incendi	2,6E-2 ÷ 3,1E-1
Incendi Veicoli Pesanti	8,8E-3 ÷ 2,0E-2
Incendi rilevanti	1,3E-3 ÷ 2,4E-3
Incidenti merci pericolose	1,1E-4 ÷ 1,3E-3
Nube tossica	3,7E-6 ÷ 1,5E-5
BLEVE	6,2E-7 ÷ 7,2E-6
Pool fire	1,1E-6 ÷ 1,3E-5
Flash fire	2,3E-6 ÷ 2,6E-5
Jet fire	9,5E-7 ÷ 1,1E-5
VCE	3,7E-6 ÷ 3,3E-5

Caratteristiche geometriche

Pendenza media 0,5% ÷ 3,9%

Caratteristiche traffico

Veicoli Pesanti 1,3% ÷ 30,0%

Dotazioni di sicurezza

Erogazione idrica	1 ÷ 1
Illuminazione	1 ÷ 1
Drenaggio antifiamma	1 ÷ 1

Dir. 2004/54/CE
D.Lgs. 264/2006
Piano F/N
Criterio A.L.A.R.P.
Calcolo del rischio
ADR@CPG
ADR@CPG Dati
ADR@CPG VAD
Tipologia di Analisi
Parametri esposti
Confronto F/N 1
Confronto F/N 2
Confronto F/N 3
Confronto F/N 4
Valutazioni finali
Rif. Bibliografici

Valutazioni conclusive

La determinazione del rischio in galleria è effettuato con uno **strumento di carattere probabilistico**, quindi per definizione descrive una situazione tramite dei parametri noti in termini stocastici.

La variabilità di questi parametri e del peso che essi hanno nella determinazione del *Valore Atteso del Danno* è determinante ai fini della valutazione della sicurezza nella galleria.

Ciascuna tipologia di calcolo utilizza specifiche esperienze e fonti bibliografiche per la stima dei parametri di input, pertanto i risultati in termini di rischio sono affetti da differenze più o meno marcate in relazione al peso che questi parametri hanno nel calcolo del rischio.

Tale variabilità deve essere oggetto di attenzione da parte degli utenti finali dell'analisi di rischio, quali Gestore, Responsabile della sicurezza e Autorità amministrativa.

L'analisi di rischio è di fatto solo uno degli strumenti utili alla determinazione dei livelli di rischio, ad essi si affiancano i PGE, i PM e tutti gli elaborati costituenti la documentazione di sicurezza, nonché i ritorni di esperienza ottenibili a seguito di eventi incidentali.

SICUREZZA DELLE GALLERIE E DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ ISPETTIVE

Dir. 2004/54/CE	Riferimenti Bibliografici
D.Lgs. 264/2006	1. Metodologia Analisi di Rischio - Servizi di Consulenza per Studi sulla Sicurezza in galleria con utilizzo di Analisi di Rischio in accordo alle Linee Guida ANAS del Novembre 2006, riferite alle Gallerie ANAS della Rete Stradale Transeuropea;
Piano F/N	2. <i>Comparative Assessment of Road Tunnel Risk Analyses – MOVE/D3/2011-305. - Task 2: Case Studies</i> - European Commission DG-MOVE Brussels, Belgium. 12/2012;
Criterio A.L.A.R.P.	3. <i>La valutazione del rischio: Le metodologie adottate in Svizzera, Norvegia e Spagna</i> – F. Marangon e A. Poggioli. Convegno sulla sicurezza antincendio nelle gallerie della rete stradale e autostradale italiana e le nuove tecnologie. ISA 10/2013;
Calcolo del rischio	4. <i>Safety in Tunnels - Transport of dangerous goods through road tunnels</i> - OECD 2001;
ADR@CPG	5. <i>Progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali e ferroviarie</i> . A. Focaracci – Strade e Autostrade n. 1-2007;
ADR@CPG Dati	6. <i>Progettare la sicurezza: Italian Risk Method</i> . A. Focaracci – Le strade n. 4/2007;
ADR@CPG VAD	7. <i>L'applicazione del D.Lgs. 26472006 alle gallerie ASPI</i> . A. Focaracci e G. Tozzi – Le strade n.11/2007;
Tipologia di Analisi	8. <i>“Sicurezza in galleria”</i> – L. Domenichini , F. J. Caputo - EGAF, 2015.
Parametri esposti	9. <i>Rischio di incidente nelle gallerie stradali: applicazioni della probabilistic risk analysis</i> - M. L. De Guglielmo - UniNa 2007;
Confronto F/N 1	10. <i>An Integrated Risk Assessment Model for Road Tunnels</i> – L. Domenichini - Road tunnel safety committee - Bruxelles – 04.03.2008;
Confronto F/N 2	11. <i>Risk analysis for road tunnels</i> - PIARC Technical Committee C3.3 Road tunnel operation. 2008R02;
Confronto F/N 3	12. <i>Current practice for risk evaluation for road tunnels</i> . - Report prepared by the Working Group No. 2 “Road Tunnel Safety” of the Technical Committee C.4 “Road Tunnel Operation” of the World Road Association PIARC. 2009;
Confronto F/N 4	13. <i>Lo studio del livello di rischio di una galleria</i> . A. Focaracci e E. Cafaro - Strade & autostrade n. 1/2009;
Valutazioni finali	14. <i>L'analisi di rischio nella progettazione delle gallerie stradali</i> – D. Panzavolta - Alma Mater Studiorum UniBo 2009;
Rif. Bibliografici	15. <i>La via italiana al progetto di sicurezza in galleria</i> . A. Focaracci - Le strade n. 6/2010;
	16. <i>IRAM Italian Risk Analysis Method</i> – Presentation by A. Focaracci - Prometeo Engineering 2011;
	17. <i>Comparative Assessment of Road Tunnel Risk Analyses – MOVE/D3/2011-305. - Task 1: Analysis and Comparison of European Methodologies</i> - European Commission DG-MOVE Brussels, Belgium. 12/2012;
	18. <i>Betreff: Richtlinie 2004/54/EG: Österreichischer Bericht über Brände und Unfälle gemäß Artikel 15 Paragraph 1; Österreichische Methodik für die Risikoanalyse gemäß Artikel 13 Paragraph 2</i> - Working Group “Tunnel Construction”, working committee “Operation and Safety Facilities, Ventilation Study Group”.