



Convegno Gestione del rischio e rischio residuo
Tagung Risikomanagement und Restrisiko

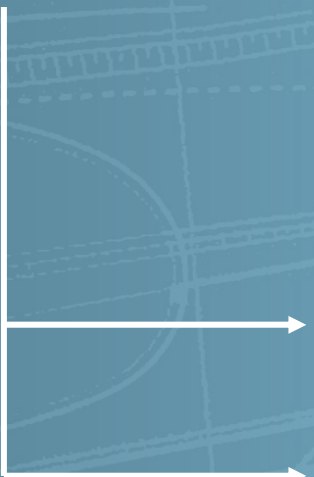
EURAC
23.05.2012



Quale é il RISCHIO ACCETTABILE?

Claudio CARRARO

„....chiarisca il CTU se l'evento che ha provocato l'incidente/il danno fosse o meno prevedibile.“



prevedibile = vorhersehbar

prevenibile = verhinderbar





AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Risikomanagement und Restrisiko 2012, dr. Claudio Carraro



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Gestione del rischio e rischio residuo 2012, dr. Claudio Carraro



AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Risikomanagement und Restrisiko 2012, dr. Claudio Carraro



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Gestione del rischio e rischio residuo 2012, dr. Claudio Carraro

Ciò che cambia é la probabilità di accadimento

Valutazione del rischio:

Processo complessivo che comprende sia un'analisi
sia una **ponderazione** del rischio



2 possibili approcci:

probabilistico

deterministico



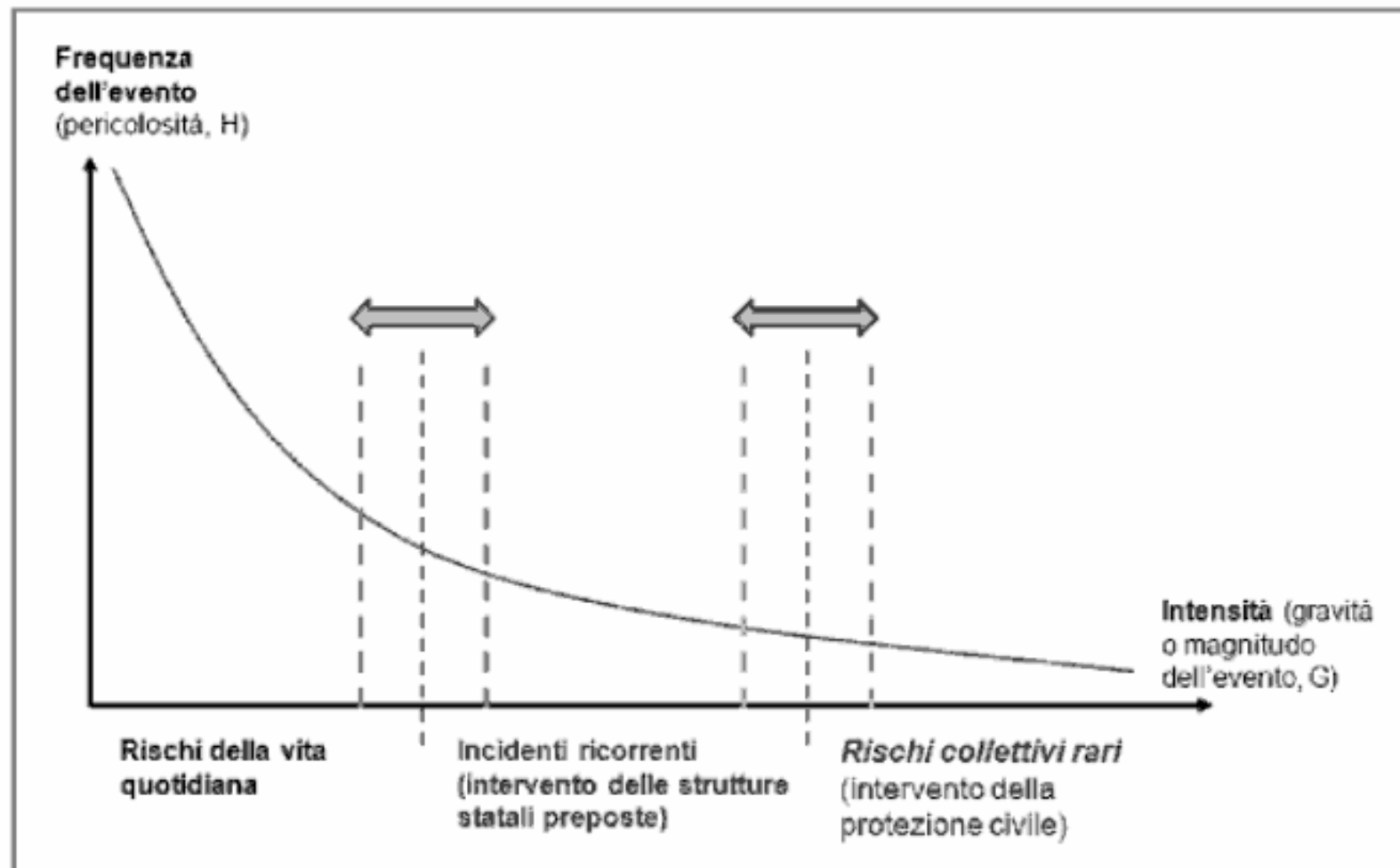
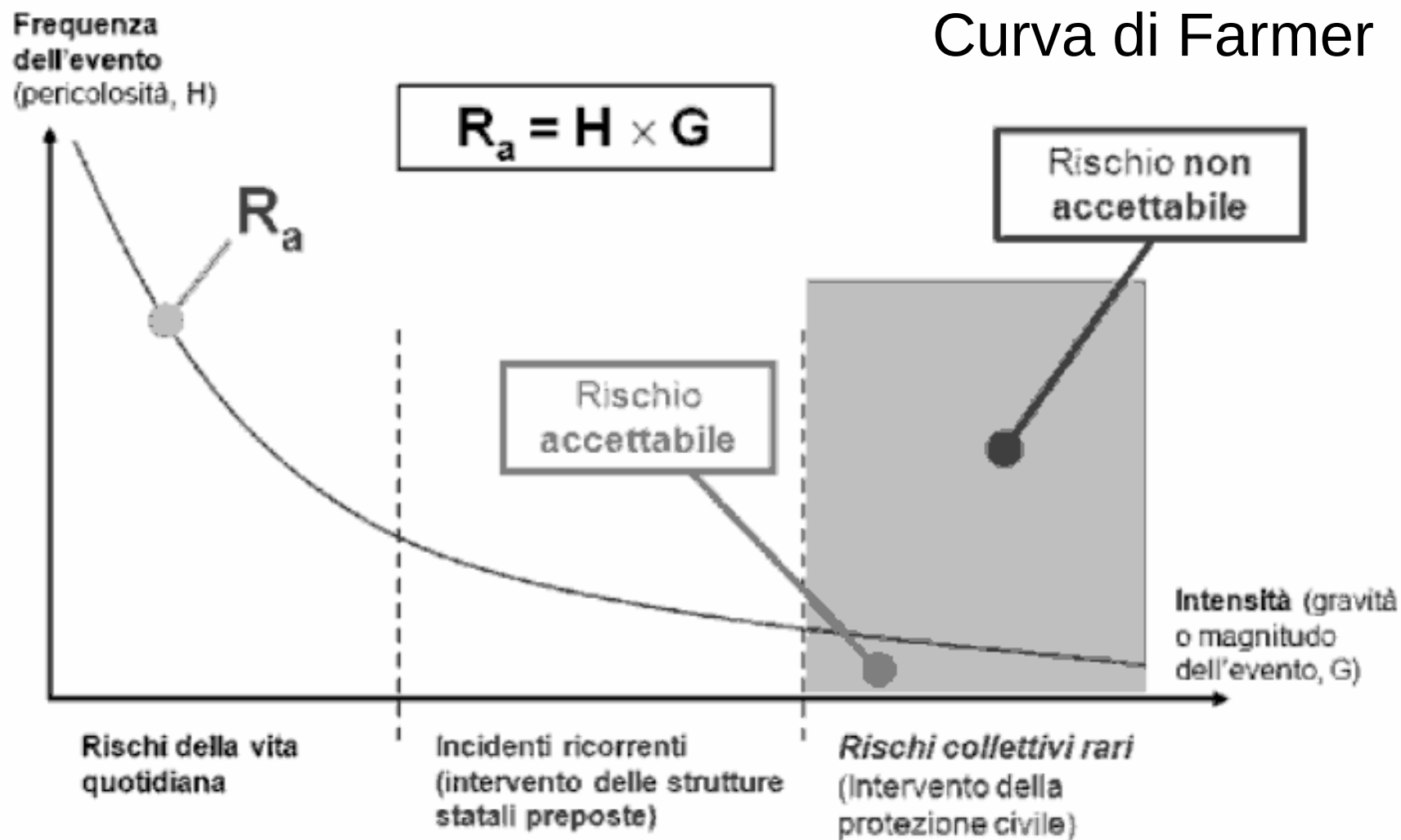


Fig. 1.7 - Schema illustrativo dell'indeterminazione delle soglie di intensità del rischio.

Curva di Farmer



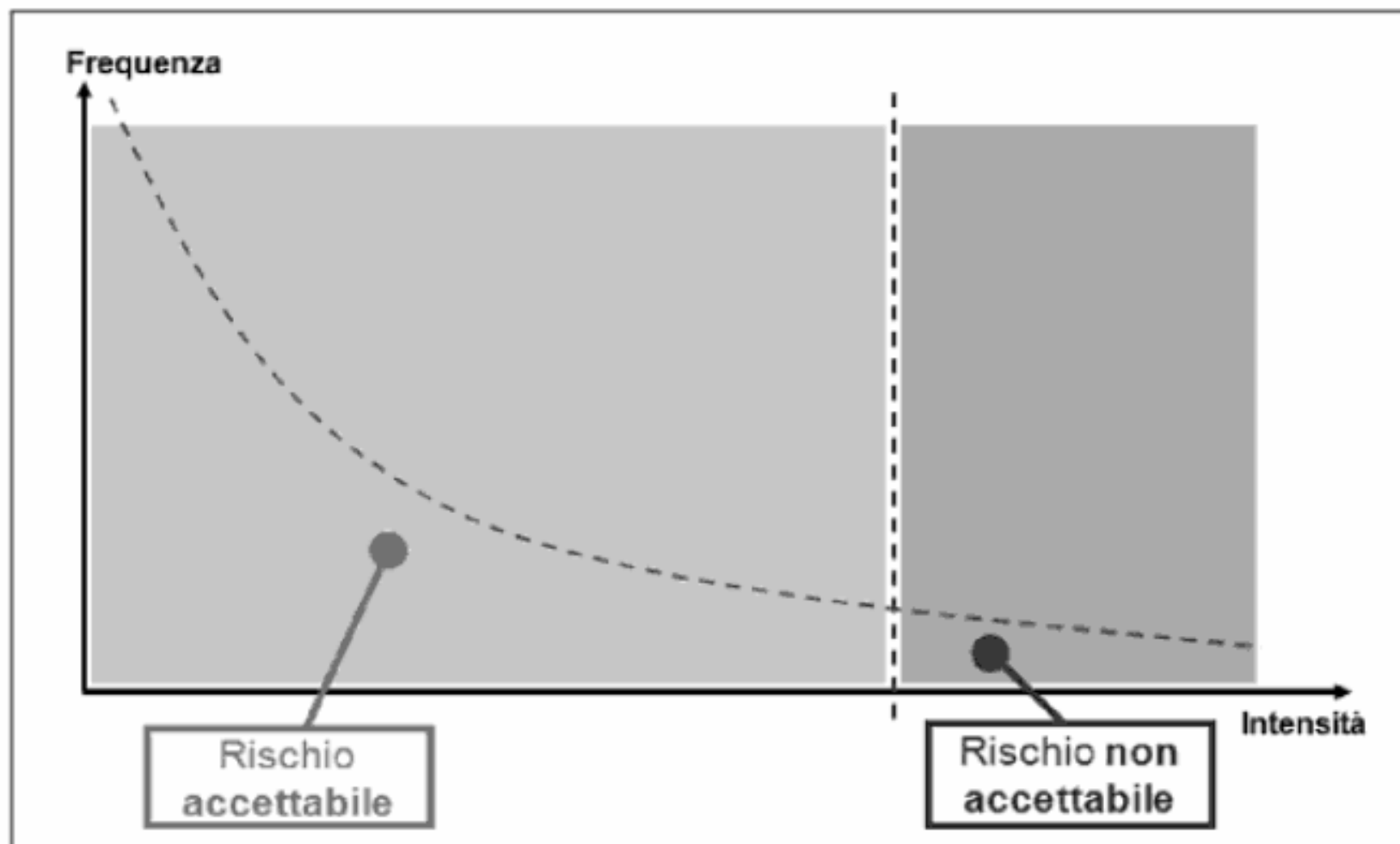


Fig. 1.9 – L'approccio di non accettabilità del **rischio** secondo il principio di precauzione rappresentato sul piano della curva di Farmer.

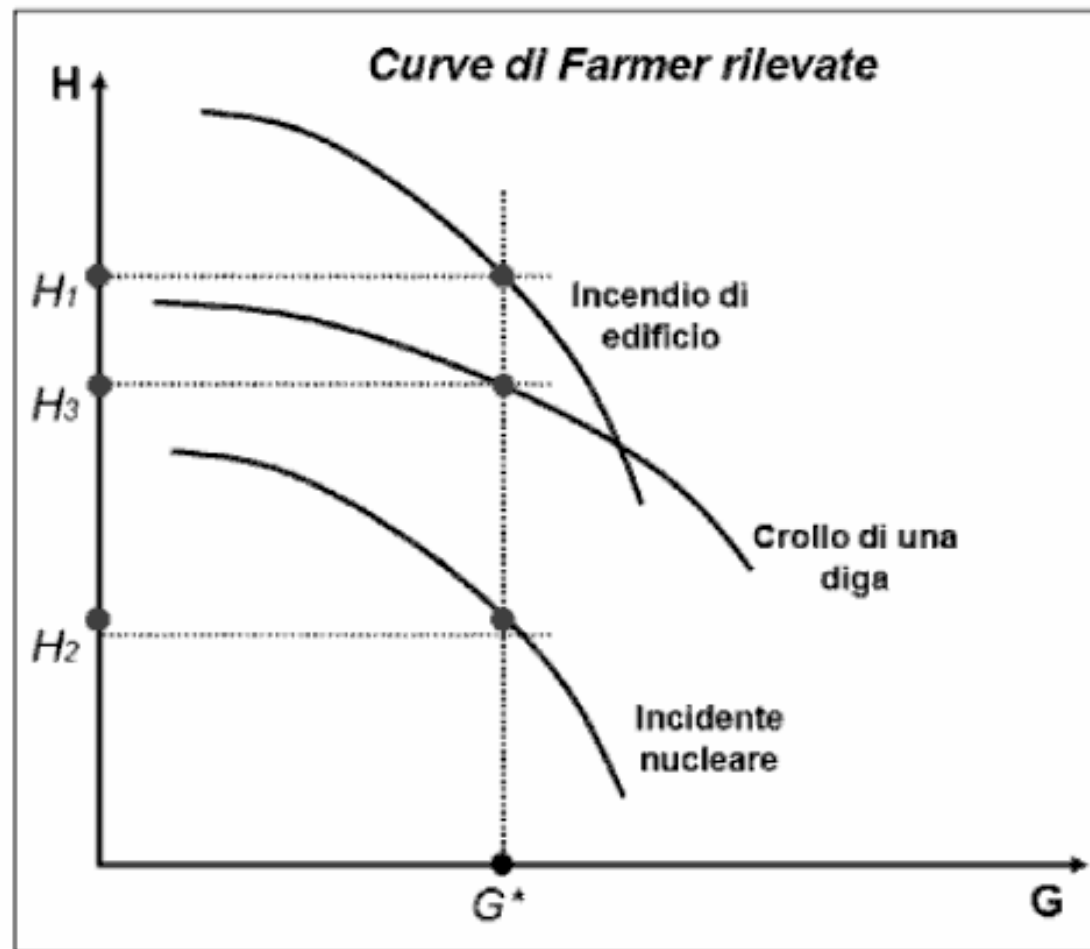


Fig. 1.13 - Rilevazione delle curve di Farmer per comparazione di diversi rischi.

Definizione di Rischio residuo:

La scienza della sicurezza è la disciplina che studia il rischio nelle sue varie forme.

L'eliminazione completa del rischio è matematicamente impossibile perché le variabili del rischio sono infinite ed imponderabili; è per questa ragione che si parla di 'riduzione' del rischio.



Affermazione discutibile:

„....il rischio residuo? É il rischio che permane dopo aver attuato **tutte le misure di protezione possibili“**

Rischio residuo: Rischio che rimane dopo aver applicato le misure tecniche di protezione.



AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Risikomanagement und Restrisiko 2012, dr. Claudio Carraro



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Gestione del rischio e rischio residuo 2012, dr. Claudio Carraro



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

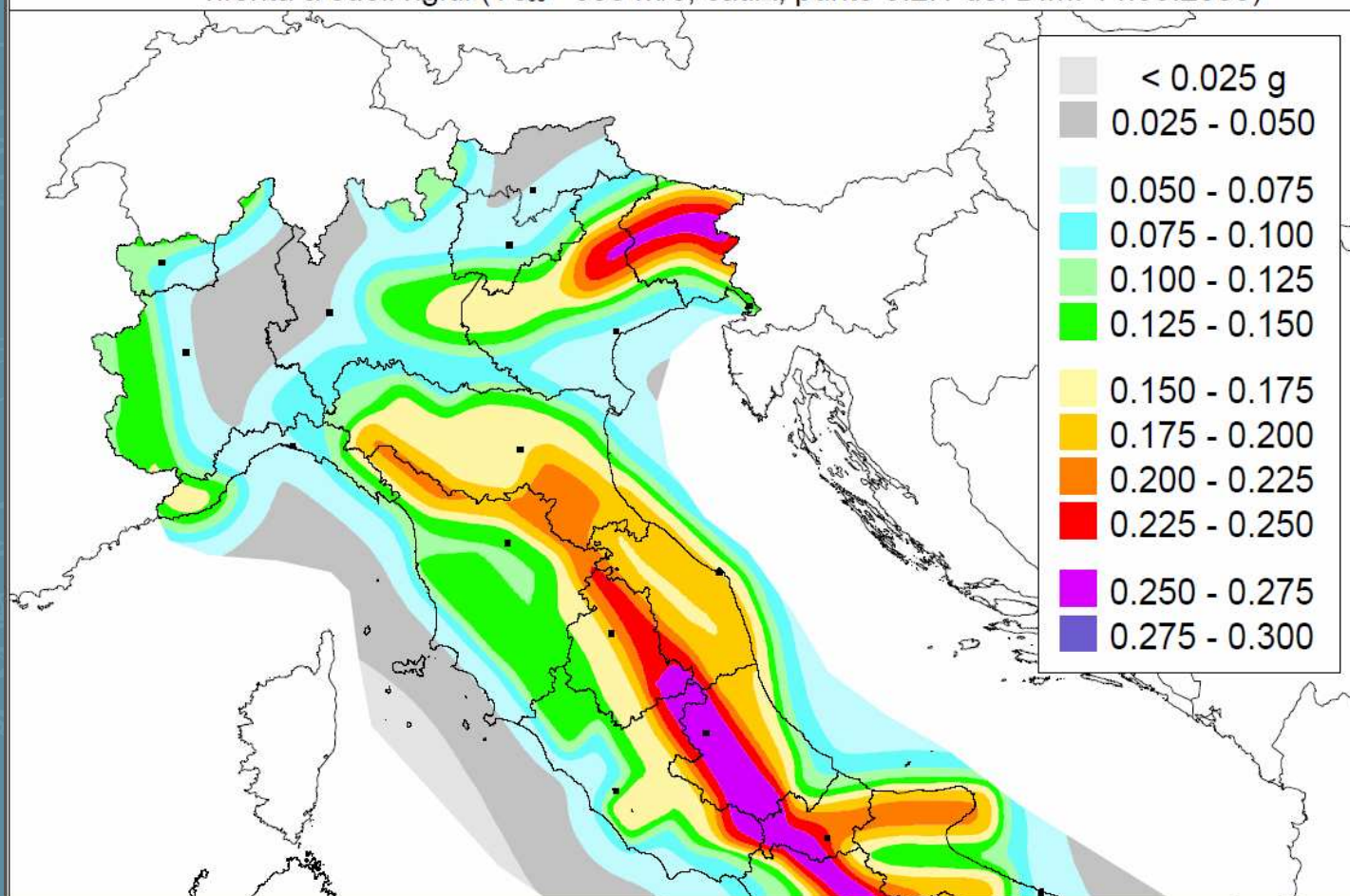
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Risikomanagement und Restrisiko 2012, dr. Claudio Carraro



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Gestione del rischio e rischio residuo 2012, dr. Claudio Carraro

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%



$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U \cdot V_N / \ln(1 - P_{V_R}) \quad (\text{C.3.2.1})$$

ottenendo, per i vari stati limite, le espressioni di T_R in funzione di V_R riportate nella tabella C.3.2.I.

Tabella C.3.2.I.- Valori di T_R espressi in funzione di V_R

Stati Limite	Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
--------------	---

Aggiornamento al 07/03/2008

- 12 -

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Bozza di Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le Costruzioni

Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(^2) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni } (^1)$



La Direttiva macchine richiede su ogni macchina una valutazione del rischio ed eventualmente una sua riduzione fino a che il rischio residuo non sia inferiore al rischio tollerabile

secondo le seguenti norme:

EN 292: "Concetti fondamentali e principi generali di progettazione per la sicurezza delle macchine"

EN 1050: "Sicurezza delle macchine, principi per la valutazione dei rischi"

DIRETTIVA MACCHINE:

stima dei rischi secondo la norma UNI EN ISO 14121-1

$$\mathbf{R = G \cdot (F \cdot P \cdot A)}$$

G (gravità del danno): 1 (leggero e reversibile), 2 (serio e reversibile), 4 (mortale);

F (frequenza di esposizione): 1 (rara o infrequente), 2 (frequente o continua);

P (probabilità che si verifichi l'evento): 1 (bassa), 2 (media), 4 (alta);

A (possibilità di evitare il danno): 1 (sì), 2 (no).



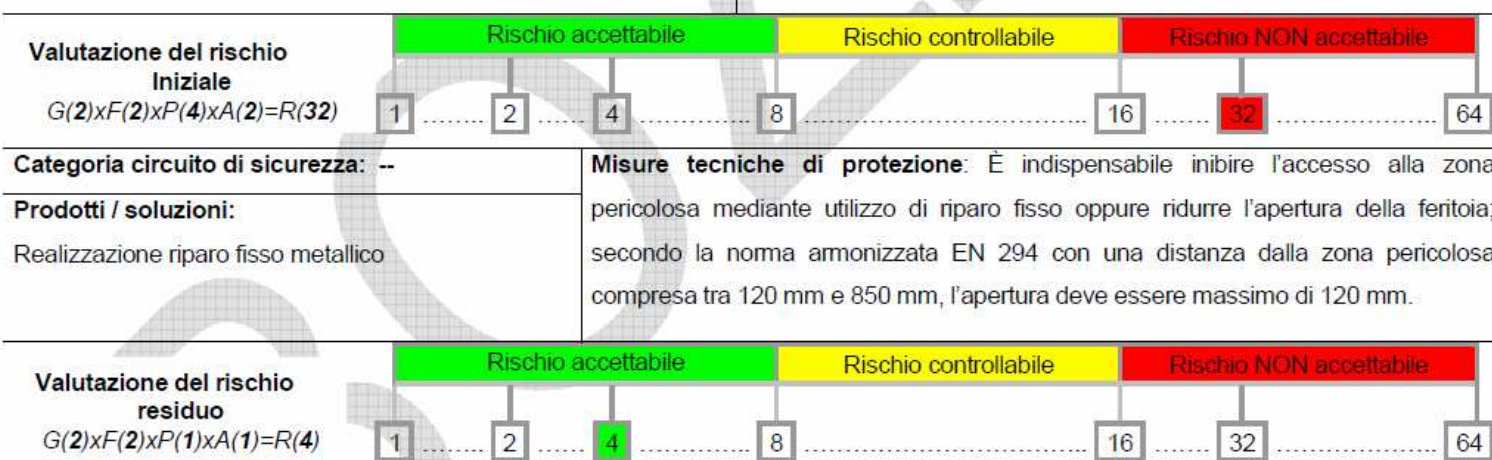


Riferimenti normativi:

- D.Lgs. n°17/2010, allegato I.
- Altri riferimenti:
- Norma UNI EN 294

Pericoli / rischi rilevati:

Pericolo di natura meccanica che può determinare il rischio di schiacciamento degli arti superiori.



Un buon tecnico o amministratore dovrebbe riuscire a dimostrare, possibilmente utilizzando una metodologia riconosciuta quantitativa, di quanto sia riuscito ad abbassare il rischio residuo

e

qualora le condizioni lo consentano di essere riuscito a soddisfare la seguente relazione:

$$R_s \leq R_a$$



Almeno per l'esistente occorrerebbe passare

- dal concetto di prevedibilità dell'evento
- al concetto di probabilità di accadimento e di valutazione del rischio, tenendo conto delle risorse economiche a disposizione

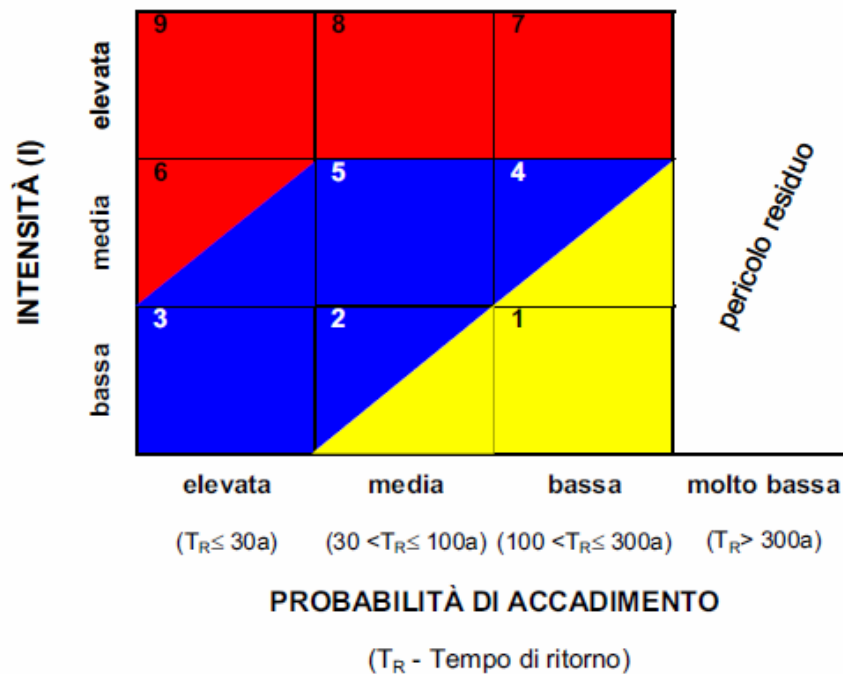
~~„Intervento di messa in sicurezza delle pareti rocciose al km..... „~~

~~„Sicherung der Felswände bei Km.....“~~

Intervento di mitigazione del pericolo da caduta massi al km.....

LIVELLO DI PERICOLOSITÀ - PERICOLO (H)

a) FRANE, PERICOLI IDRAULICI:



Legenda (H):		
	H4	molto elevato
	H3	elevato
	H2	medio

Fig. 3a: Matrice di definizione dei livelli di pericolo, modificata secondo BUWAL (1998), per frane e pericoli idraulici



Prof. Robin Fell

University of New South
Wales, Sydney
(AUSTRALIA)



Concetto di Rischio accettabile

- Rischio volontario / involontario
- Rischio consapevole / inconsapevole
- Rischio accettabile / inaccettabile

-1 evento (molte vittime) < tanti eventi (poche vittime)



La soglia di rischio accettabile cambia tra la
popolazione:

Valle d'Aosta (I) – Rhone Alps (F) – Vallese (CH)

Città – valli

Paese industrializzati - in via di sviluppo

*Fell afferma che una soglia di rischio specifico accettabile da popolazioni **non consapevoli** é comunemente assunta pari a $10^{-5} - 10^{-6}$ per anno, mentre quella per popolazioni **consapevoli** é di gran lunga superiore, tollerabile sino a 10^{-3} per anno*

(Australian Geomechanics Society)



Table 1.5 Comparison of individual **risk** of death from hazards in New Zealand (population ~3.5 million). Annual average between 1840 and 1990 (Tephra, 1994)

Hazard	Deaths per year	Probability of death per person per year
Smoking	4 000	1.1×10^{-3}
Road accident	600	1.7×10^{-4}
Suicide	380	1.1×10^{-4}
Falls	300	8.6×10^{-5}
Drowning	120	3.5×10^{-5}
Homicide	50	1.4×10^{-5}
Fire	32	9.0×10^{-6}
Natural hazards	6	1.6×10^{-6}

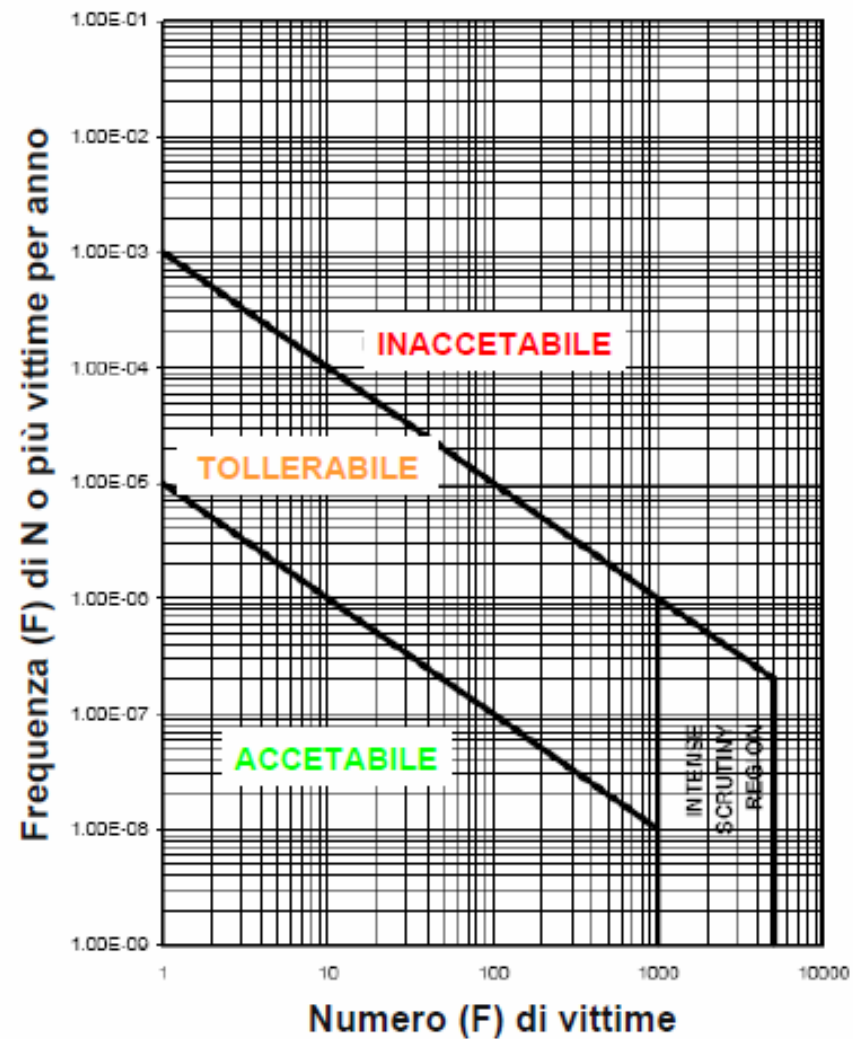
Table 1.2 *Qualitative measures of likelihood (Australian Geomechanics Society, 2000)*

Level	Descriptor	Description	Indicative annual probability
A	Almost certain	The event is expected to occur	$\geq 10^{-1}$
B	Likely	The event will probably occur under adverse conditions	$= 10^{-2}$
C	Possible	The event could occur under adverse conditions	$= 10^{-3}$
D	Unlikely	The event might occur under very adverse circumstances	$= 10^{-4}$
E	Rare	The event is conceivable but only under very exceptional circumstances	$= 10^{-5}$
F	Not credible	The event is inconceivable or fanciful	$\leq 10^{-6}$

Table 1.3 *Qualitative measures of consequences to property (Australian Geomechanics*

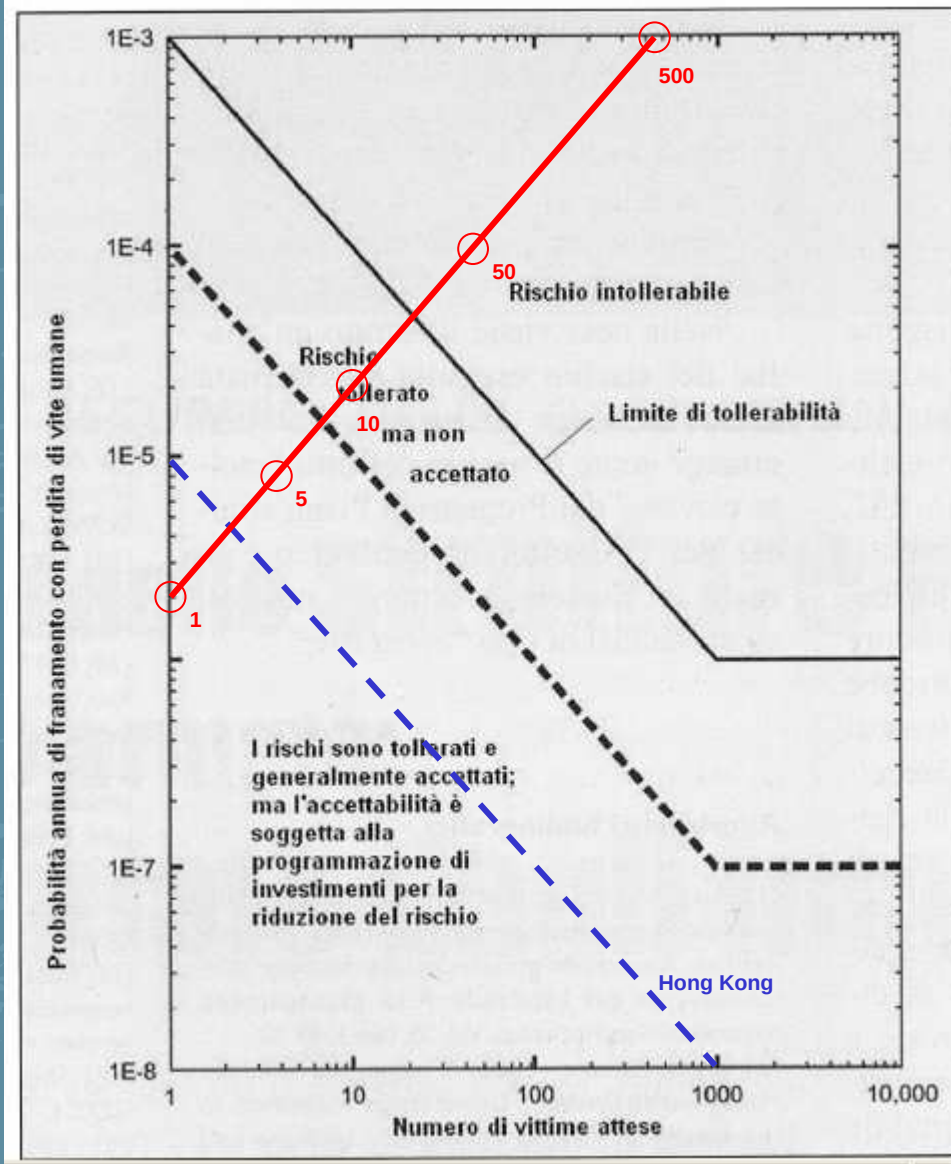


VAUTAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA



Criteri di **accettabilità e tollerabilità** del Rischio adottati nel territorio di Hong Kong (GEO).





Abitanti Provincia di Bolzano = 500.000
(5E+5)

1 evento mortale/anno: $1 / 5E+5 = 2E-6$

5 eventi mortali/anno: $5 / 5E+5 = 1E-5$

10 eventi mortali/anno: $10 / 5E+5 = 2E-5$

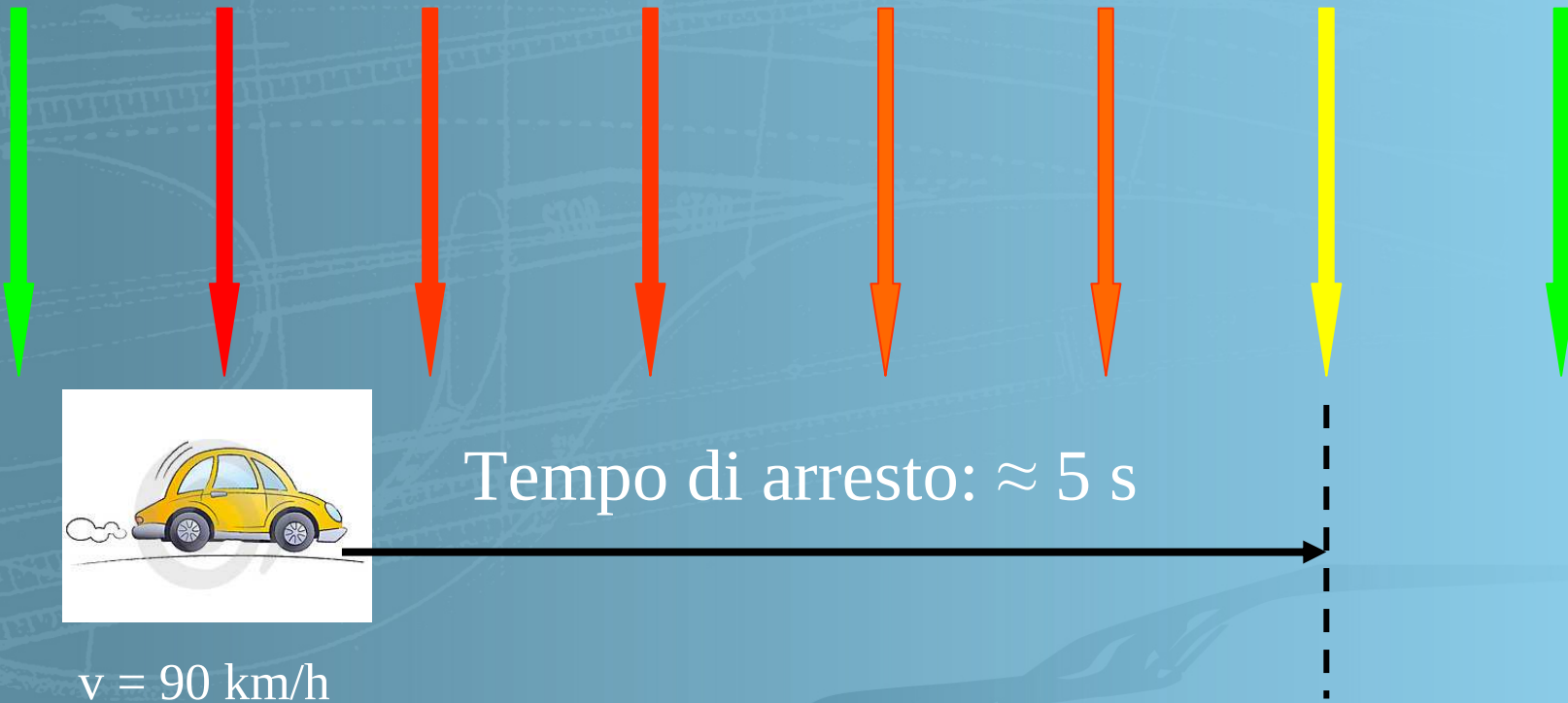
50 eventi mortali/anno: $50 / 5E+5 = 1E-4$

500 eventi mortali/anno: $500 / 5E+5 = 1E-3$

Condizioni:

Strada provinciale con limite di velocità = 90 km /h

Ipotesi: 1 evento di crollo all'anno su base statistica in un determinato tratto



Rischio per l'ente gestore

TGM	esposizione in secondi/ 1 anno	secondi in un anno	Probabilità di accadimento		2 anni	5 anni	10 anni
100	182.500	31.536.000	5,8E-03	0,58%	2,9E-03	1,2E-03	5,8E-04
1.000	1.825.000	31.536.000	5,8E-02	5,79%	2,9E-02	1,2E-02	5,8E-03
10.000	18.250.000	31.536.000	5,8E-01	57,87%	2,9E-01	1,2E-01	5,8E-02

Rischio individuale

TGM	esposizione in secondi/ 1 anno	secondi in un anno	Probabilità di accadimento	
	5	31.536.000	1,6E-07	0,000016%
	(200x2)x5 = 2000	31.536.000	6,3E-05	0,006%



Kanton Bern

Arbeitsgruppe Naturgefahren

Schutzziele bei gravitativen Naturgefahren

8. September 2010

1. Idee und Adressaten

1.1. Erläuterung der Risikostrategie des Kantons Bern vom 2005

In der Risikostrategie des Kantons Bern hat der Regierungsrat am 24. August 2005 Folgendes verabschiedet:

- Das individuelle Todesfallrisiko durch gravitative Naturgefahrenprozesse darf nicht grösser als 10^{-5} bis 10^{-6} pro Jahr sein.
- Wenn die Verhinderung eines Todesfalls durch Schutzmassnahmen weniger als 5 Mio. Fr. kostet, so sollte die Massnahme umgesetzt werden.



2.3. Welche Schutzziele gibt es?

Im Schutzziel-Modell der PLANAT werden drei verschiedene Schutzziele beschrieben:

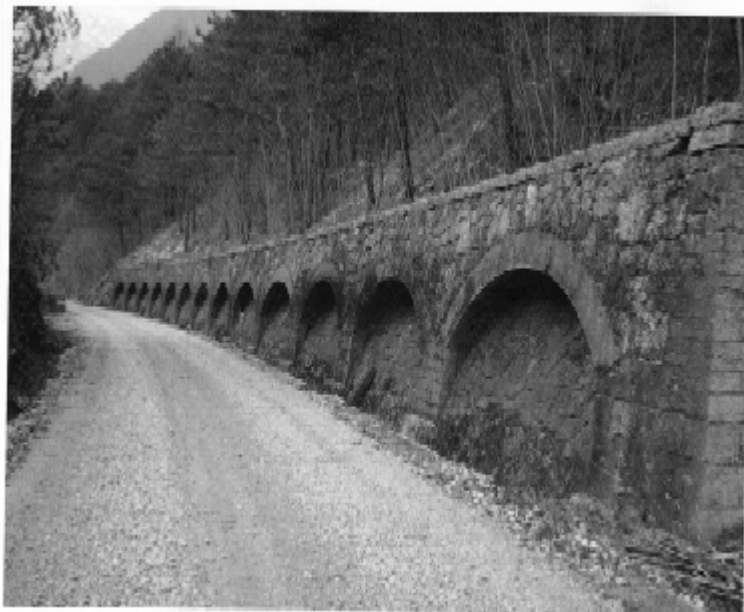
Gültigkeit	Schutzziel
Menschen	max. toleriertes individuelles Todesfallrisiko 10^{-5} pro Jahr
Sachwerte	max. toleriertes Sachrisiko in Fr./Jahr, kein konkreter Grenzwert und somit kein allgemein gültiges Schutzziel bestimmt, Verpflichtung zu ökonomischer Optimierung
Gebäude	Häufigkeit eines schweren Schadens am Gebäude kleiner als $5 \cdot 10^{-3}$ pro Jahr

Der Schutz von Menschen hat klar erste Priorität vor den beiden anderen Schutzzielen. Es sind auch weitere Schutzziele denkbar wie z.B. die Verfügbarkeiten von Verkehrswegen oder Infrastrukturanlagen. Dazu liegen jedoch keine allgemein anerkannten Werte vor.

Die oben aufgeführten Schutzziele stammen aus einem Berichtsentwurf der PLANAT von Ende 2009 und sind bis anhin noch nicht konsolidiert. Einzig beim max. individuellen Todesfallrisiko dürfen sich keine Änderungen mehr ergeben, da dieser Wert bereits weit verbreitet ist und seit längerem angewendet wird (BUWAL Risikoanalyse 1999, Risikostrategie Kanton Bern 2005, PLANAT RIKO 2009, BAFU EconoMe).

Der Wert von 10^{-5} pro Jahr lässt sich so erklären: Ausgegangen wird vom normalen Sterberisiko. Laut Bundesstatistik sterben von 100'000 fünfzehnjährigen Schweizerinnen und Schweizern in einem Jahr ca. zehn bis zwanzig. Das "totale und durchschnittliche Sterberisiko" (alle Todesursachen berücksichtigt) liegt also ca. bei einem Zehntausendstel oder 0.0001 pro Jahr (10^{-4} / Jahr). Der bezüglich Naturgefahren festgelegte Standard, das Schutzziel "individuelle Todesfallwahrscheinlichkeit kleiner 10^{-5} pro Jahr" sagt nun, dass durch eine Naturgefahr dieses Ausgangsrisiko um nicht mehr als 10% erhöht werden darf.





Il rischio per la viabilità in ambiente montano

Il trasferimento alla pubblica Amministrazione dei costi sociali delle opere per eliminare i rischi naturali e per garantire la sicurezza degli abitati non elimina la responsabilità per il danno da "rischio consentito" a carico del progettista e dell'appaltatore.

**Alessandro Coccolo
Gabriele Peressi**

L'evoluzione della società e la maggior difficoltà ad accettare la

special modo di "rischio specifico" e dei vari parametri che concorrono alla sua individuazione si rimanda, per approfondimenti, alla letteratura scientifica riportata in bibliografia.

Il rischio specifico, espresso in ter-

UN PROBLEMA TECNICO CON CONDIZIONAMENTI SOCIO-ECONOMICI

La nozione di rischio naturale e, a maggior ragione di rischio accettabile, non è percepita nello stesso modo fra i diversi soggetti che si occupano di gestione e pianificazione del territorio il che, oltre sul quadro giuridico, ha forti incidenze sulle politiche di gestione dello stesso. Nella valutazione del rischio naturale lungo un'infrastruttura viaria è, però necessario variare, lungo il tracciato, i valori dei fattori di rischio considerati.

La stima del danno per problemi di questo tipo deve fare riferimento ai seguenti aspetti:

- importanza della viabilità;
- frequenza e durata dei passaggi ed intensità del traffico, anche in relazione alla funzione svolta nell'ambito del territorio attraversato;
- tipo di mezzi (passeggeri, lunghezza, velocità, ecc.);
- individuazione condizioni peggiori: direzione di percorrenza, angolo visuale, dimensione blocchi e loro visibilità, tempo di reazione e di arresto del mezzo, spazio di scarto;
- limiti imposti di velocità;
- impatto con il mezzo o arresto lungo la linea.

In ogni caso, la scelta degli interventi di sistemazione dei versanti e di protezione della sede stradale è fortemente condizionata dalla tipologia e dalla dimensione dei dissesti riscontrati lungo il tracciato.

È bene ricordare che qualsiasi intervento di sistemazione, per quanto imponente, non sarà mai in grado di annullare il rischio, ma potrà esclusivamente consentire di mitigarlo. Il problema si trasforma quindi da tecnico a politico, in quanto diventa necessario definire una soglia di rischio accettabile, in relazione a criteri socio-economici che includono un'analisi dei costi, dei danni e della probabilità di accadimento dell'evento calamitoso.

fenomeni franosi che interessano la viabilità è un'attività molto complessa che richiede una dettagliata conoscenza dei parametri e dei processi fisici che li governano, della vulnerabilità e del grado di esposizione del bene.

Nella presente trattazione si fa riferimento, in particolare, al rischio connesso con la perdita di vite umane.

Il rischio di perdita della vita umana si può definire come la probabilità annuale che un fenomeno franoso causi la morte di uno o più occupanti un veicolo.

Tale rischio $P(D)$ è dato dal prodotto tra la probabilità annuale di franamento, la probabilità che il veicolo si trovi spazialmente e temporaneamente nella zona ove l'evento avviene, la probabilità che uno o più occupanti il veicolo muoiano a seguito dell'impatto.

Matematicamente $P(D)$ è calcolato da:

$$P(D) = P(f) \cdot P(s) \cdot P(i) \cdot P(d)$$

dove:

$P(f)$ è la probabilità annuale di franamento su una data sezione di viabilità; $P(s)$ è la probabilità che il percorso del fenomeno intersechi la posizione dove si trova il veicolo (probabilità spaziale dell'impatto);

$P(i)$ è la probabilità che il veicolo si trovi nel settore di viabilità durante il franamento (probabilità temporale di impatto);

$P(d)$ è la probabilità di morte di uno o più occupanti per impatto della frana con il veicolo.

Gli approcci statistici all'analisi del rischio sono molto elaborati e richiedono una grande quantità di dati

al fine di ricavare il tempo di ritorno del fenomeno franoso che, solitamente, non è conosciuto. La ragione di questo risiede nel fatto che le frane sono fenomeni piuttosto rari in una data porzione di territorio, reporti dettagliati di eventi franosi vengono compilati solo nel caso si registrino danni urgenti a persone o cose. Ne consegue che calcoli sofisticati per l'analisi del rischio sono inadeguati, se confrontati con la qualità dei dati di input [3].

Per la viabilità un approccio compatibile con la qualità dei dati a disposizione è l'analisi ad albero (event tree). In questo tipo di analisi una probabilità di accadimento è assegnata a ciascun evento della sequenza che porta all'incidente [4].

Tale tipo di approccio è ormai consolidato in altri campi ingegneristici quali il rischio di incidente rilevante nell'industria o la valutazione del rischio sismico.

Il concetto di "rischio accettabile"

Nella definizione del rischio specifico accettabile per perdita di vita umana è necessario trattare l'argomento distinguendo tra vari gradi di rischio, precisamente:

- rischio volontario/involontario;
- rischio consapevole/inconsapevole;
- rischio accettabile/inaccettabile.

Da parte della popolazione vi è infatti maggior propensione ad accettare livelli di rischio "volontario" più elevati rispetto a quelli di rischio "involontario" (imposto) e, d'altra parte, l'accettabilità di un solo evento con molte vittime è minore di quella di un numero maggiore di eventi con una o poche vittime. Fell [11] afferma che una soglia di rischio specifico accettabile da popolazioni non consapevoli è comunemente assunta pari a 10^{-3} - 10^{-4} per anno, mentre quella per popolazioni consapevoli è di gran lunga superiore, tollerabile sino a 10^{-1} per anno. L'Australian Geomechanics Society rappresenta bene questo concetto attraverso un diagramma che rapporta magnitudo (rappresentata dal numero di morti per un dato evento) a frequenza (v. diagramma a pag. 17).

È evidente che tali valori sono soggettivi e influenzati dal contesto sociale di appartenenza.

Quanto sopra è stato evidenziato anche in recenti progetti europei (Lessloss, Riskydrogeo) [14][18]; ad esempio nel progetto Riskydrogeo si è visto che la nozione di rischio accettabile



La nozione di rischio accettabile non viene poi contemplata dai magistrati italiani; il forte aumento dei ricorsi in giustizia, con la messa sotto accusa dei responsabili amministrativi, ha portato ad una politica che privilegia la realizzazione di lavori di protezione, a qualsiasi costo (la cosiddetta “messa in sicurezza”....).



$P(D)$: rischio di perdita di vita umana annuale

$$P(D) = P(l) \cdot [P(s) \cdot P(t)] \cdot P(d)$$

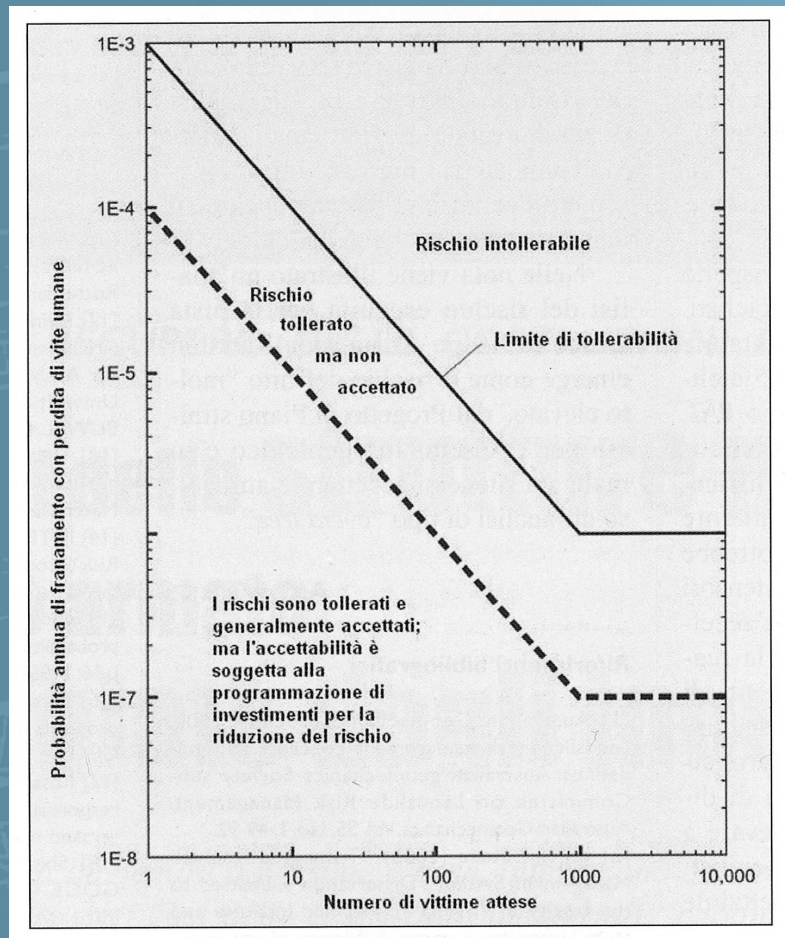
dove:

$P(l)$ è la probabilità annuale di franamento su una data sezione di viabilità;
 $P(s)$ è la probabilità che il percorso del fenomeno intersechi la posizione dove si trova il veicolo (probabilità spaziale dell'impatto);

$P(t)$ è la probabilità che il veicolo si trovi nel settore di viabilità durante il franamento (probabilità temporale di impatto);

$P(d)$ è la probabilità di morte di uno o più occupanti per impatto della frana con il veicolo.





Il rischio caduta massi

La probabilità di impatto di un masso su di un veicolo può essere descritta mediante un processo spazio-temporale Possoniano del tipo [2]:

$$P(X = x) = \frac{\lambda \cdot s \cdot t^x}{x!} \cdot e^{-\lambda \cdot s \cdot t}$$

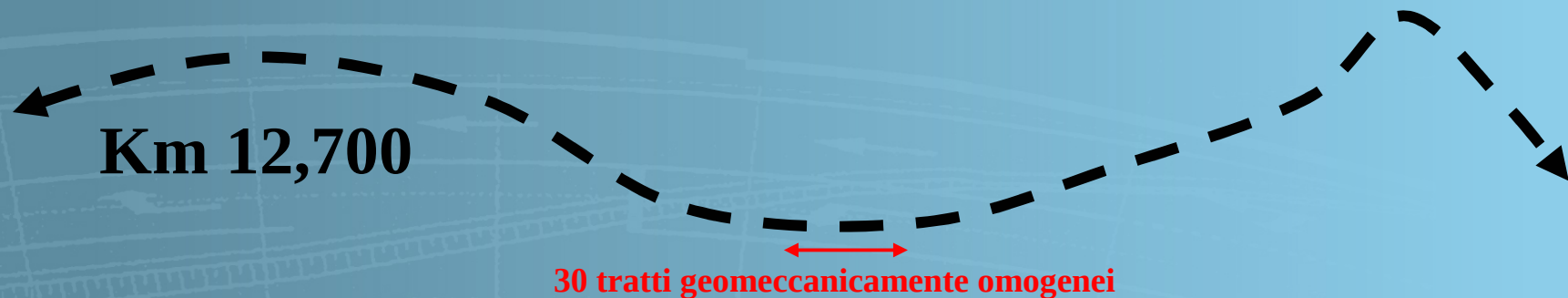
in cui X indica la variabile casuale “numero di crolli accaduti all’interno dell’intervallo spazio-temporale “ $s \cdot t$ ”,

e, conseguentemente, la probabilità di avere almeno 1 crollo nell' intervallo spazio-temporale “s·t” è pari a:

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0) = 1 - e^{-\lambda \cdot s \cdot t}$$

λ rappresenta la frequenza spazio-temporale che dipende dal numero di eventi annuali che si verificano in una zona pericolosa di lunghezza “L”.

Ex linea ferroviaria Pontebbana – ciclabile Alpe Adria



- 1) BUWAL: ogni tratto é statisticamente indipendente –
ipotesi 1 crollo anno/tratto = 30 crolli
- 1) REALISTICO: ho contato ca. 13 eventi su tutta la strada in 13 anni –
1 blocco/anno sull'intera strada = $1/30 = 0,033$ blocchi/anno per tratto
cautelativamente adottano 0,08 pari a 2,4 blocchi/anno sull'intera strada
- 1) DI PROGETTO: tengo conto delle opere in progetto e riduco la
probabilità di frana del 75% (25% rappresenta l'inefficacia delle opere):
 $0,08 \times 0,25 = 0,02$ (cioé $\frac{1}{4}$)



Scenario	Situazione di rischio		Rischio calcolato	
			Approccio Poissoniano	Approccio Bernoulliano
PAI	Ciclista fermo		$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
PAI	Ciclista in corsa		$5,1 \cdot 10^{-5}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
PAI	N° ciclisti in corsa (anno)	730-1.095 TGM 2,7	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
REALISTICO	Ciclista fermo		$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
REALISTICO	Ciclista in corsa		$4,1 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-8}$
REALISTICO	N° ciclisti in corsa (anno)	12.045 TGM 33	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
PROGETTO	Ciclista fermo		$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
PROGETTO	Ciclista in corsa		$2,7 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$
PROGETTO	N° ciclisti in corsa (anno)	18.615 TGM 51	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$

assuntiva delle analisi condotte.

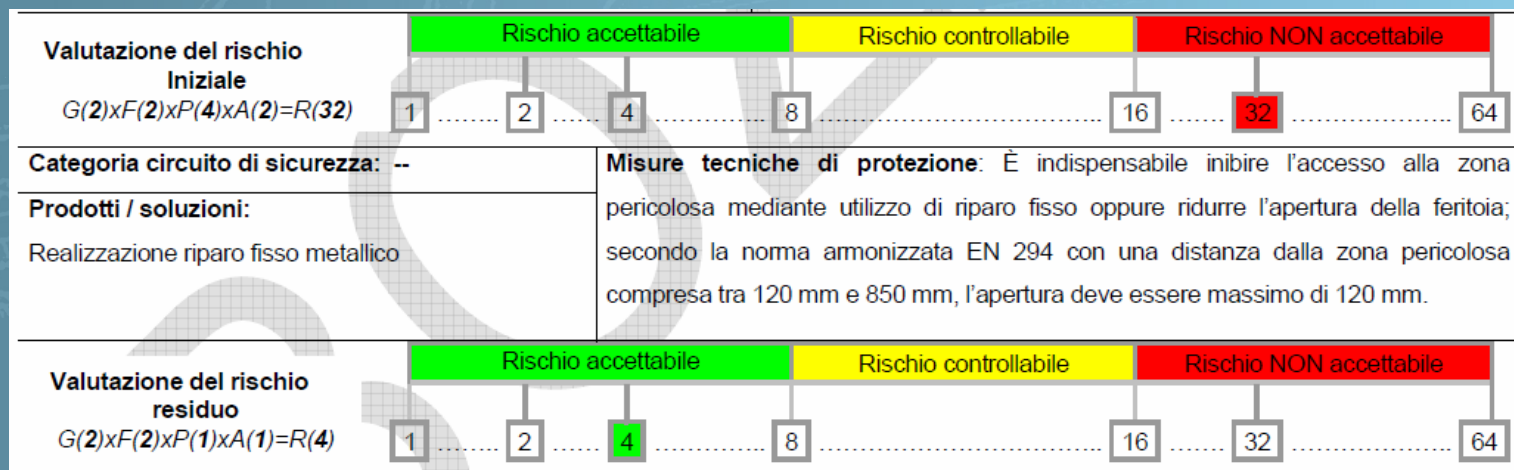
rassegna 5/2008 tecnica

18



Rischio per l'ente gestore

TGM	esposizione in secondi/ 1 anno	secondi in un anno	Probabilità di accadimento		2 anni	5 anni	10 anni
100	182.500	31.536.000	5,8E-03	0,58%	2,9E-03	1,2E-03	5,8E-04
1.000	1.825.000	31.536.000	5,8E-02	5,79%	2,9E-02	1,2E-02	5,8E-03
10.000	18.250.000	31.536.000	5,8E-01	57,87%	2,9E-01	1,2E-01	5,8E-02



1) Le leggi sono pronte a recepire il concetto di rischio accettabile?

2) Noi tecnici siamo in grado di produrre delle procedure chiare per arrivare a definire delle soglie di accettabilità?

