

Rischio geologico nelle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio delle gallerie esistenti



Prof. Ing. Vincenzo Simeone – Politecnico di Bari

Argomenti della chiacchierata

Rischio geologico nell'ambito delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio delle gallerie esistenti

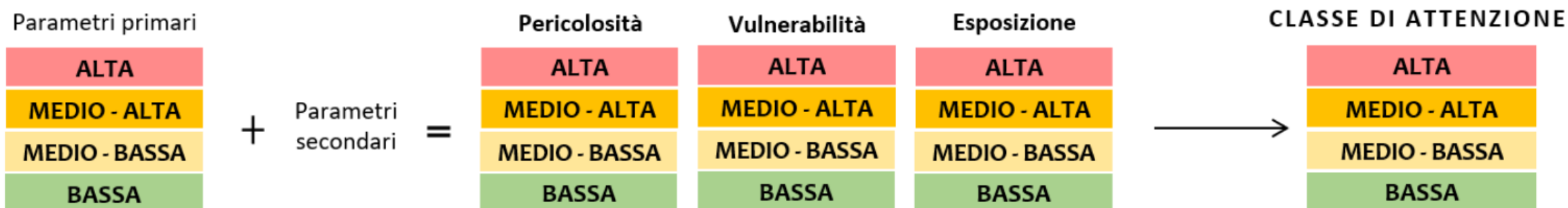


Metodo di classificazione della classe di attenzione

La definizione di classe di attenzione proposta è ispirata al noto schema di definizione di rischio, ossia è il risultato della combinazione di tre fattori principali: pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.

Tali fattori sono a loro volta determinati considerando i principali parametri che li influenzano. Questi ultimi sono distinti in “parametri primari” e “parametri secondari”, includendo tra i primi quelli con maggiore importanza ai fini della classificazione.

Si individuano, quindi, le classi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, tra le 4 previste - bassa, medio-bassa, medio-alta, alta – combinando le classi dei parametri primari e secondari relativi, seguendo il percorso logico sintetizzato nella figura seguente.



Classe di attenzione geologica

L’approccio per la definizione della classe di attenzione geologica è per classi e operatori logici.

A differenza della nomenclatura usata per la definizione di altri tipi di classe di attenzione, si adotta il termine di suscettibilità anziché di pericolosità; in tal modo, viste le specifiche difficoltà intrinseche alla definizione della probabilità di accadimento dell’evento, si vuol far riferimento alla sola previsione spaziale, trascurando la previsione di tipo temporale.

	Parametri primari	Parametri secondari
Suscettibilità	Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, stato di attività)	Misure di mitigazione o monitoraggio
Vulnerabilità	Rapporti tra galleria e condizioni morfologiche: instabilità profonde lungo lo sviluppo o agli imbocchi Incertezza del modello/affidabilità della valutazione	-
Esposizione	Livello del TGM Lunghezza della galleria	Veicoli pesanti (massa ≥ 3.5 t) Veicoli che trasportano merci pericolose Velocità massima di progetto. Itinerari alternativi Interferenza con edifici ed infrastrutture



Stima del livello di suscettività

Il livello di suscettibilità legato al rischio frane in relazione all'opera galleria dipende dall'ambito geomorfologico (aree di pianure/versanti) in cui la galleria è inserita. Tale informazione si può acquisire attraverso i dati di censimento e del quadro delle conoscenze del Livello 0 e confermare mediante l'esecuzione di ispezioni di Livello 1.

Qualora si possa ritenere che sia assente la possibilità di accadimento di un evento franoso o una instabilità nelle zone di imbocco coinvolgente l'opera in esame, non occorre proseguire con la valutazione della CdA frane, in quanto non influente ai fini della determinazione della CdA complessiva associata.





Stima del livello di suscettività

Similmente, la collocazione delle gallerie in aree coinvolte da accadimenti pregressi o in atto comporta la necessità di sviluppare valutazioni più approfondite di Livello 4, superando, quindi, la valutazione della classe di attenzione e la conseguente classificazione.

Documentazioni quali le carte di pericolosità e rischio delle Autorità distrettuali territorialmente competenti, così come quelle di altri processi pianificatori o derivanti da analisi tecnico-scientifiche, costituiscono solo un primo riferimento, utile ma certamente non esaustivo.





Instabilità di versante

Ribadita la complessità della previsione di accadimento anche funzione delle intrinseche differenziazioni in termini di modalità esplicative degli eventi di frana, si è valutata fondamentale la definizione di tre parametri ritenuti di specifica importanza nel caso di opere in sotterraneo, rilevabili o deducibili dalle documentazioni e osservazioni in situ. Tali parametri sono:

- stato di attività;
- magnitudo, intesa come volume mobilizzabile;
- velocità attesa in relazione a possibili risentimenti sulla galleria e in corrispondenza delle zone di imbocco.





Instabilità di versante

Attiva al momento dell’esame o con segni di movimento in atto	Sospesa (Attivo nell’ultimo ciclo stagionale)	Quiescente (Non attivo da più di un ciclo stagionale ma riattivabile)	Inattiva (Non attivo da diversi cicli stagionali) o Stabilizzata
ALTO	MEDIO-ALTO	MEDIO-BASSO	BASSO

Stato di attività

$> 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6 \div 3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4 \div 1 \cdot 10^3$	$< 1 \cdot 10^3$
Estremamente/molto grande	Grande	Media	Piccola- Molto piccola
ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

Magnitudo

$> 50\text{mm/anno}$	$50\text{mm/anno} \div 10\text{mm/anno}$	$< 10 \text{ mm /anno}$
ALTA	MEDIA	BASSA

Velocità attesa





Instabilità di versante

Classe di attività FRANA ATTIVA O SOSPESA

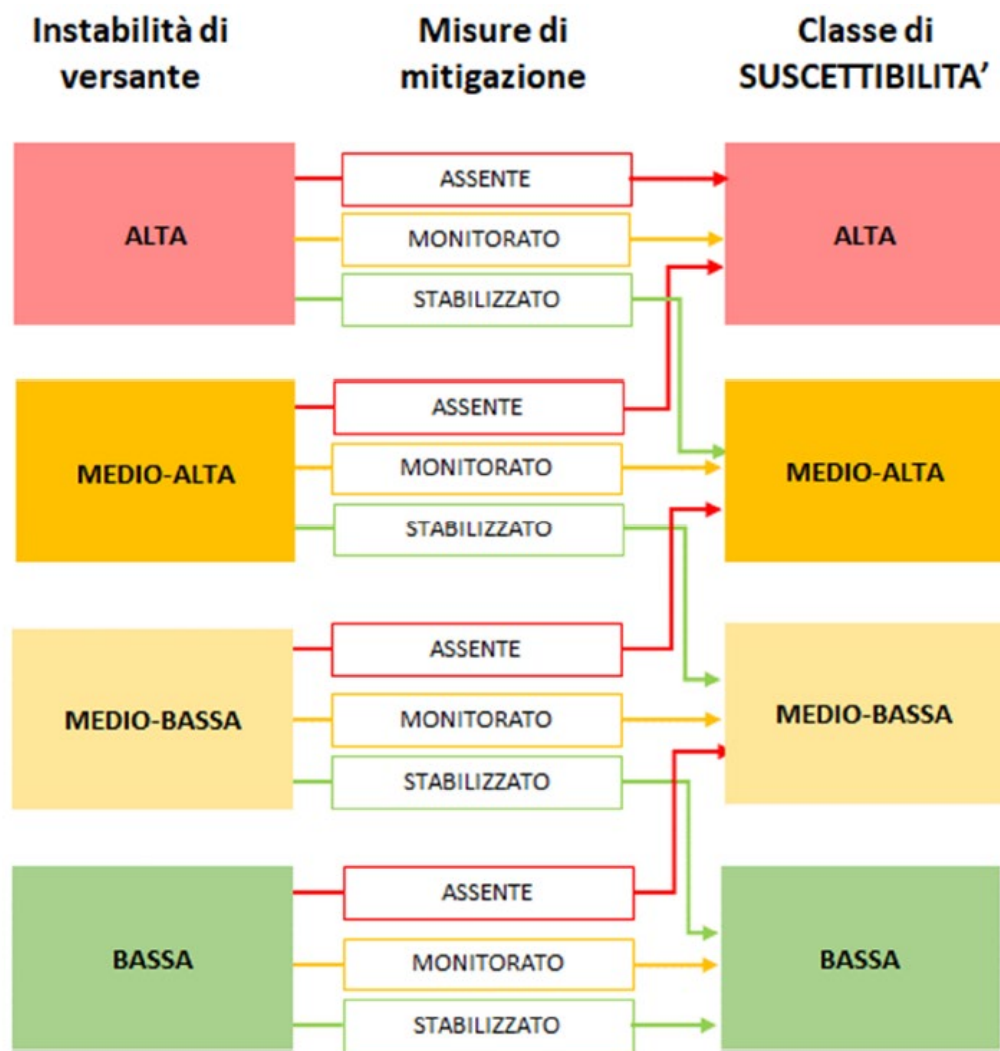
		Classe di Magnitudo			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
classe di velocità	Alta	ALTA			
	Media	ALTA		MEDIO-ALTA	
	Bassa	MEDIO-ALTA		BASSA	

Classe di attività QUIESCENTE

		Classe di Magnitudo			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
classe di velocità	Alta	ALTA		MEDIO-ALTA	
	Media	ALTA		MEDIO-BASSA	
	Bassa	BASSA			



Stima della classe di suscettibilità



Il parametro secondario che concorre a determinare la classe di suscettibilità della galleria è la presenza o meno di sistemi di stabilizzazione del versante instabile o delle zone di imbocco, oltre che sistemi di monitoraggio, e il loro attuale stato di conservazione.

L'assenza di sistemi finalizzati alla mitigazione del rischio frane induce l'innalzamento della classe di suscettibilità e quindi della classe di attenzione mentre la presenza di interventi di stabilizzazione porta a una condizione di indice di suscettibilità basso

Stima della vulnerabilità

Per la valutazione della vulnerabilità geologica relativa agli eventi franosi, il parametro principale è la posizione reciproca fra galleria e condizioni morfologiche, ulteriormente qualificato in relazione al livello delle conoscenze disponibili.

Il livello delle conoscenze disponibili determina il grado di affidabilità e di incertezza nella previsione dei potenziali effetti sulla galleria e qualifica ulteriormente la vulnerabilità

	Livello di conoscenza	
	Limitata	Buona
grande copertura (>50) m	MEDIO-BASSA	BASSA
Media copertura (20-50m) e gallerie parietali	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
Bassa copertura (<20m) e zone di imbocco	ALTA	MEDIO-ALTA



Stima del livello di esposizione

La stima del livello di esposizione è basata sui dati di traffico relativi alla rete stradale di interesse, in termini di frequenza dei veicoli transitanti, oltre che su fattori legati alla capacità della rete di fronteggiare situazioni impreviste, ossia alla sua resilienza nonché alle caratteristiche del traffico e alla presenza di edifici e infrastrutture potenzialmente danneggiabili in superficie a seguito di un dissesto in galleria. I parametri da considerare per la valutazione del fattore esposizione si dividono in:

parametri primari: Livello di Traffico Giornaliero Medio (TGM), lunghezza della galleria;

parametri secondari: veicoli pesanti (massa ≥ 3.5 t), velocità massima di progetto, itinerari alternativi ed interferenza con edifici ed infrastrutture.



Parametri primari

Livello di Traffico Medio Giornaliero (veicoli/giorno sull'intera carreggiata)

ALTA	≥ 40000 veicoli/giorno
MEDIO-ALTA	$25000 \leq \text{veicoli/giorno} < 40000$
MEDIO-BASSA	$10000 \leq \text{veicoli/giorno} < 25000$
BASSA	< 10000 veicoli/giorno

Lunghezza della galleria

Classe A	$L \geq 3000$ m
Classe B	$1000\text{m} \leq L < 3000\text{m}$
Classe C	$500\text{m} \leq L < 1000\text{m}$
Classe D	$L < 500$ m



Combinazione dei parametri primari

	L < 500 m	500m ≤ L < 1000m	1000m ≤ L < 3000m	L ≥ 3000 m
≥ 40000 veicoli/giorno	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
25000 ≤ veicoli/giorno < 40000	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
10000 ≤ veicoli/giorno < 25000	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
< 10000 veicoli/giorno	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA



Parametri secondari

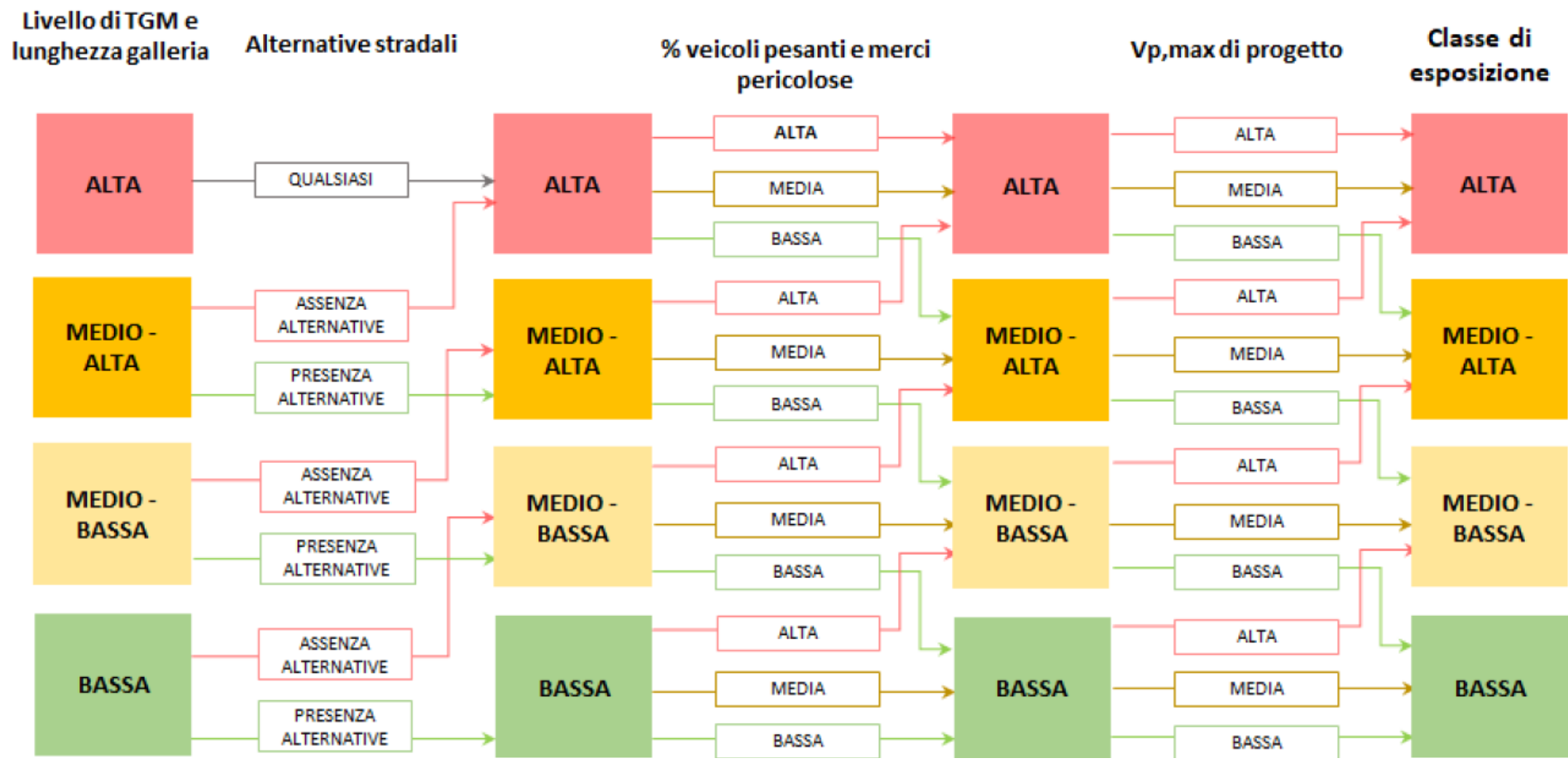
Percentuale di veicoli pesanti (massa >3,5 t)

Alta	Media	Bassa
<i>veicoli pesanti > 15%</i>	<i>5% < veicoli pesanti ≤15%</i>	<i>veicoli pesanti ≤ 5%</i>

Velocità massima (Vmax) di progetto

Alta	Media	Bassa
<i>120 ≤ Vmax ≤ 140 km/h</i>	<i>80 ≤ Vmax < 120 km/h</i>	<i>Vmax < 80 km/h</i>

Stima del parametro di esposizione





Classe di attenzione geologica finale

Classe di pericolosità/suscettibilità ALTA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta			
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Bassa	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Bassa	Medio-Bassa		Bassa	

Classe di pericolosità/suscettibilità MEDIO-BASSA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Alta	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Medio-Bassa		Bassa	
	Bassa	Bassa			

Classe di pericolosità/suscettibilità MEDIO-ALTA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta			
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Bassa	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Bassa	Medio-Bassa		Bassa	

Classe di pericolosità/suscettibilità BASSA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Alta	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Medio-Bassa		Bassa	
	Bassa	Bassa			





Classe di attenzione sismica

Nella definizione della classe di attenzione sismica si è tenuto in considerazione che un’opera in sotterraneo, ad eccezione che per le zone di imbocco e in caso di interferenza con faglie attive, non è particolarmente sensibile a fenomeni sismici. In ogni caso si è ritenuto di seguire l’approccio generale facendo dipendere la classe di attenzione sismica da fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione

	Parametri primari	Parametri secondari
Pericolosità	Presenza di faglie capaci, franosità, condizioni geologiche sfavorevoli Accelerazione sismica	Potenziali fenomeni di amplificazione locale
Vulnerabilità	Posizione morfologica Copertura	-
Esposizione	Livello di TGM e lunghezza della galleria	Alternative stradali Traffico pesante Strategicità dell’opera





Stima del parametro di pericolosità

Per la valutazione della pericolosità sismica si fa riferimento all'attraversamento di faglie capaci o a presenza di faglie capaci prossime alla galleria nonché alla interazione della galleria con frane suscettibili di riattivazione per effetto di azioni sismiche. Si fa altresì riferimento alla complessità geologico-strutturale dei litotipi attraversati dalla galleria che, in corrispondenza di zone ad elevata fratturazione e di passaggi fra ammassi più rigidi a ammassi più deformabili, potrebbe potenzialmente danneggiarsi per gli effetti del contrasto di impedenza sismica determinato da differenti caratteristiche litologiche, strutturali e geomeccaniche.





Stima del parametro di pericolosità

Al fine di giungere ad una gerarchizzazione del livello di pericolosità sismica è qui proposto un sistema a punti, attribuendo valori numerici sia al parametro principale P_g sia al parametro secondario P_a . La valutazione del livello di pericolosità è quindi sviluppata sulla base della somma P dei punteggi associati ai due parametri.





Parametri per la determinazione della pericolosità sismica

Assetto geologico				
	Attraversamento o prossimità a faglie capaci	Assetti geologici estremamente complessi: Intenso grado di fratturazione e significativi contrasti di rigidezza dei litotipi attraversati	Assetti geologici complessi: litotipi fratturati e contrasti di rigidezza dei litotipi attraversati	Assetti geologici semplice (formazione attraversata omogenea a comportamento duttile)
P _g	8	6	4	2
Accelerazione in superficie con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a _g)				
	>0,25	0.15 <a _g ≤ 0.25	0.05 <a _g ≤ 0.15	a _g ≤ 0.05
P _a	4	3	2	1
P _s = P _g + P _a			Pericolosità Sismica	
10 – 12			ALTA	
8 - 9			MEDIO – ALTA	
5 - 7			MEDIO-BASSA	
3 - 4			BASSA	

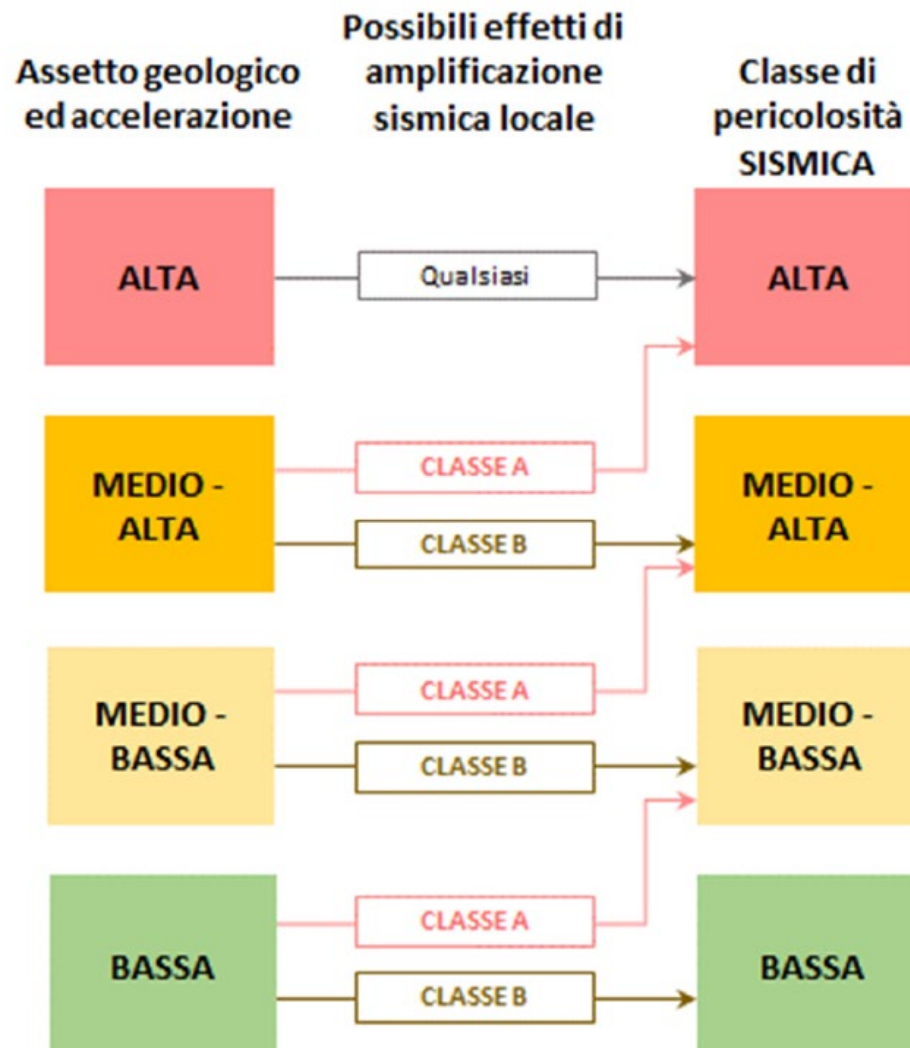


Potenziali effetti di amplificazione sismica locale

Come parametro secondario che influenza la classe di pericolosità si considera la possibilità che si verifichino fenomeni di amplificazione locale quando un tratto di galleria attraversa terreni particolarmente scadenti.

Categoria di sottosuolo in classe C o D	Classe A
Assenza di potenziali fenomeni di amplificazione	Classe B

Definizione della classe di pericolosità





Stima della vulnerabilità

Attesa la grande complessità e i numerosi aspetti che possono concorrere alla definizione del contributo della vulnerabilità al rischio sismico, si è valutata come fondamentale la classificazione della posizione della galleria in relazione ai due parametri “morfologia superficiale” (galleria parietale e imbocchi su versanti) e “copertura”, da valutare per segmenti di lunghezza pari alla distanza fra i giunti di getto ovvero per tratti di 20 m

Posizione morfologica					
	Tratti di galleria parietali con imbocchi su versanti con pendenza $\geq 25^\circ$	Tratti di galleria parietali con imbocchi su versanti con pendenza $< 25^\circ$	Tratti di galleria con ricoprimento inferiore a 50 m e gallerie superficiali	Tratti di galleria profonda ($>$ di 50 m)	Tratti di galleria artificiale di pianura e sottopassi
CdV	ALTA	MEDIO ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA





Stima del livello di esposizione

La stima del livello di esposizione è basata sui dati di traffico relativi alla rete stradale di interesse, in termini di frequenza dei veicoli transitanti, oltre che su fattori legati alla capacità della rete di fronteggiare situazioni impreviste, ossia alla sua resilienza nonché alle caratteristiche del traffico e alla presenza di edifici e infrastrutture potenzialmente danneggiabili in superficie a seguito di un dissesto in galleria. I parametri da considerare per la valutazione del fattore esposizione si dividono in:

- parametri primari: Livello di Traffico Giornaliero Medio (TGM), lunghezza della galleria;
- parametri secondari: veicoli pesanti (massa ≥ 3.5 t), velocità massima di progetto, itinerari alternativi ed interferenza con edifici ed infrastrutture.





Parametri primari

Livello di Traffico Medio Giornaliero (veicoli/giorno sull’intera carreggiata)

ALTA	≥ 40000 veicoli/giorno
MEDIO-ALTA	$25000 \leq \text{veicoli/giorno} < 40000$
MEDIO-BASSA	$10000 \leq \text{veicoli/giorno} < 25000$
BASSA	< 10000 veicoli/giorno

Lunghezza della galleria

Classe A	$L \geq 3000$ m
Classe B	$1000\text{m} \leq L < 3000\text{m}$
Classe C	$500\text{m} \leq L < 1000\text{m}$
Classe D	$L < 500$ m





Combinazione dei parametri primari

	L < 500 m	500m ≤ L < 1000m	1000m ≤ L < 3000m	L ≥ 3000 m
≥ 40000 veicoli/giorno	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
25000 ≤ veicoli/giorno < 40000	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
10000 ≤ veicoli/giorno < 25000	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
< 10000 veicoli/giorno	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA



Parametri secondari

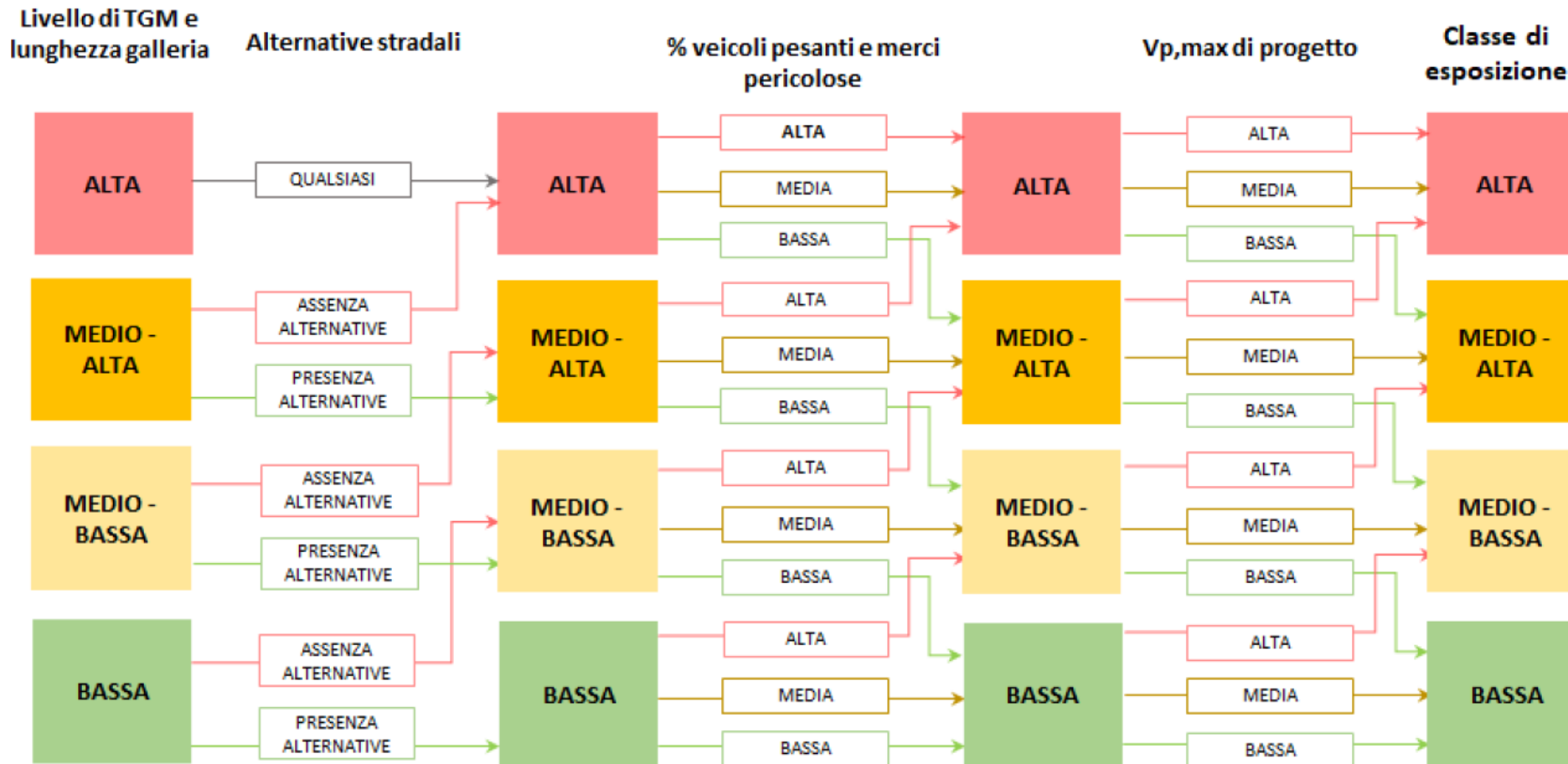
Percentuale di veicoli pesanti (massa >3,5 t)

Alta	Media	Bassa
<i>veicoli pesanti > 15%</i>	<i>5% < veicoli pesanti ≤ 15%</i>	<i>veicoli pesanti ≤ 5%</i>

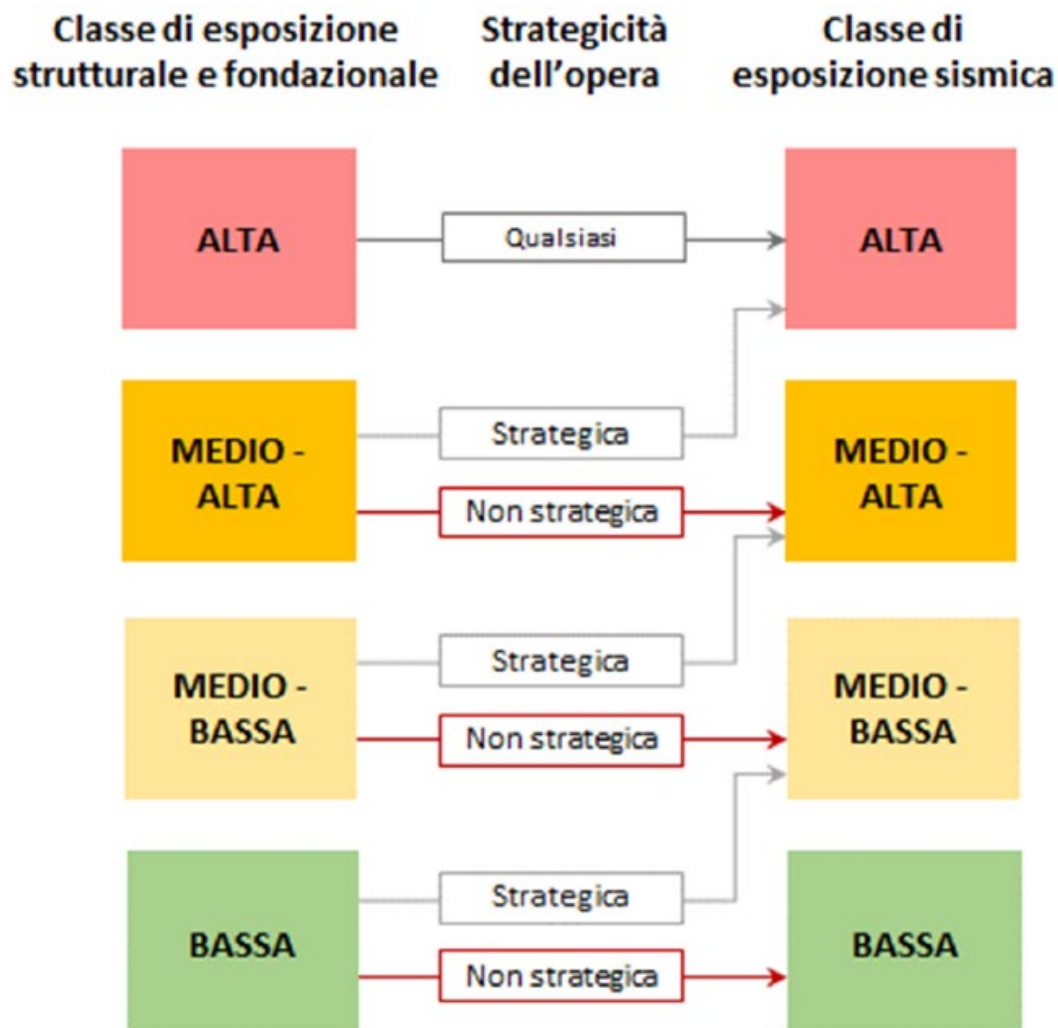
Velocità massima (V_{max}) di progetto

Alta	Media	Bassa
$120 \leq V_{max} \leq 140 \text{ km/h}$	$80 \leq V_{max} < 120 \text{ km/h}$	$V_{max} < 80 \text{ km/h}$

Stima del parametro di esposizione



Stima del parametro di esposizione



La definizione del livello di esposizione sismica segue gli stessi criteri e considera gli stessi parametri impiegati per la stima della classe di esposizione strutturale e geotecnica, ossia il livello di TGM, la lunghezza della galleria, la presenza di alternative stradali, traffico veicoli pesanti e la strategicità dell'opera, anche in funzione di condizioni di emergenza. La classe di esposizione sismica, pertanto, è determinata a partire dalla classe di esposizione strutturale e geotecnica corretta in funzione della strategicità dell'opera.

Le opere considerate di interesse strategico, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, devono avere una più elevata priorità, in quanto è necessario garantirne l'efficienza in caso di emergenza.

Nel caso in cui la galleria rientri tra le opere ritenute di interesse strategico per le emergenze a seguito di un evento sismico (con riferimento alle Condizioni Limite di Emergenza) o, in altre parole, se rientra nelle classi d'uso III o IV. Tali opere sono espressamente indicate dalla protezione civile o dall'ente amministrativo competente.



Classe di attenzione sismica finale

Classe di pericolosità/suscettibilità ALTA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta			
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Bassa	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Bassa	Medio-Bassa		Bassa	

Classe di pericolosità/suscettibilità MEDIO-BASSA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Alta	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Medio-Bassa		Bassa	
	Bassa	Bassa			

Classe di pericolosità/suscettibilità MEDIO-ALTA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta			
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Bassa	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Bassa	Medio-Bassa		Bassa	

Classe di pericolosità/suscettibilità BASSA

		Classe di esposizione			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta		Medio-Alta	
	Medio-Alta	Medio-Alta		Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Medio-Bassa		Bassa	
	Bassa	Bassa			

