



ALEANDRI Project & Consulting S.r.l.

Viale Giuseppe Mazzini n.117 – 00195 – Roma

Phone +39 065818999 – Fax +39 0697747054

Website: www.aleandri.net – E-mail: info@aleandri.net



PROGETTISTI

Ing. Luciano Baccarelli

CONSULENTI ESTERNI

COLLABORATORI

Ing. Marco Paolocci

Geom. Alessandro Proietti

Geom. Fabrizio Biferni



PROVINCIA
DI AREZZO

Provincia di Arezzo

Via della Libertà n.3 – 52100 Arezzo (AR)

Ponte Valdarno

Strada Provinciale SP 59 – Km. 12+700

Valdarno Casentino

52029 – Castiglion Fibocchi (AR)

Progetto definitivo/esecutivo

02	17/09/2024	Aggiornamento elaborato
01	08/07/2024	Prima emissione
REV.	DATA	DESCRIZIONE

<u>FILE NAME</u>	22-038-Tx(Classe di Attenzione_SP59 Km. 12+700)-Rev02			<u>COD. PROG.</u>	22 – 038
<u>DISEGNATO</u>	-	<u>VERIFICATO</u>	MPA	<u>APPROVATO</u>	LBA
<u>DOCUMENTO</u>	Classe di Attenzione – Ponte SP 59 – km.12+700				
<u>N° TAVOLA</u>	Tx(Classe di Attenzione_SP59 Km. 12+700)-Rev02				

Sommario

CLASSIFICAZIONE PONTI SP.59 – Ponte km 12+700.....	3
1. Premessa.....	3
2. Documenti di riferimento.....	5
2.1 Documenti di gara	5
2.2 Documenti di progetto.....	5
2.3 Normativa di riferimento.....	5
3. FOTO	6
3.1 Ponte km 12+700	6
4. Classe di attenzione Strutturale e fondazionale	8
4.1 Stima del livello di pericolosità strutturale e fondazionale	8
4.2 Stima del livello di vulnerabilità strutturale e fondazionale.....	9
4.3 Stima del livello di esposizione strutturale e fondazionale.....	12
4.4 Stima della Classe di Attenzione strutturale e fondazionale.....	14
5. Classe di attenzione Sismica.....	15
5.1 Valutazione del livello di pericolosità sismica.....	15
5.2 Valutazione del livello di vulnerabilità sismica.....	18
5.3 Valutazione del livello di esposizione sismica.....	19
5.4 Stima della Classe di Attenzione sismica	20
6. Classe di attenzione Frane	21
6.1 Valutazione del livello di pericolosità/suscettibilità legato al rischio frane.....	21
7. Classe di attenzione associata al rischio idraulico	25
8. Analisi multi-rischio e definizione della classe di attenzione complessiva	26

CLASSIFICAZIONE PONTI SP.59 – Ponte km 12+700

1. Premessa

Il presente documento ha la funzione di giungere alla definizione della Classe di Attenzione (CdA) dei ponti ad arco in muratura, situati sulla Strada Provinciale SP 59 Valdarno Casentino, al km 12+240 – 12+300 – 12+700, in località Bivio per Gello Biscardo nel Comune di Castiglion Fibocchi, sulla base dei parametri di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinati elaborando i risultati ottenuti dal censimento e dalle ispezioni visive.

La definizione della Classe di Attenzione (CdA) – Livello 2 è realizzata ai sensi del D.M. 578 del 2020 e delle "Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti" allegate al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 88/2019, espresso in modalità "agile" a distanza dall'Assemblea Generale in data 17/04/2020 (in seguito "Linee guida").

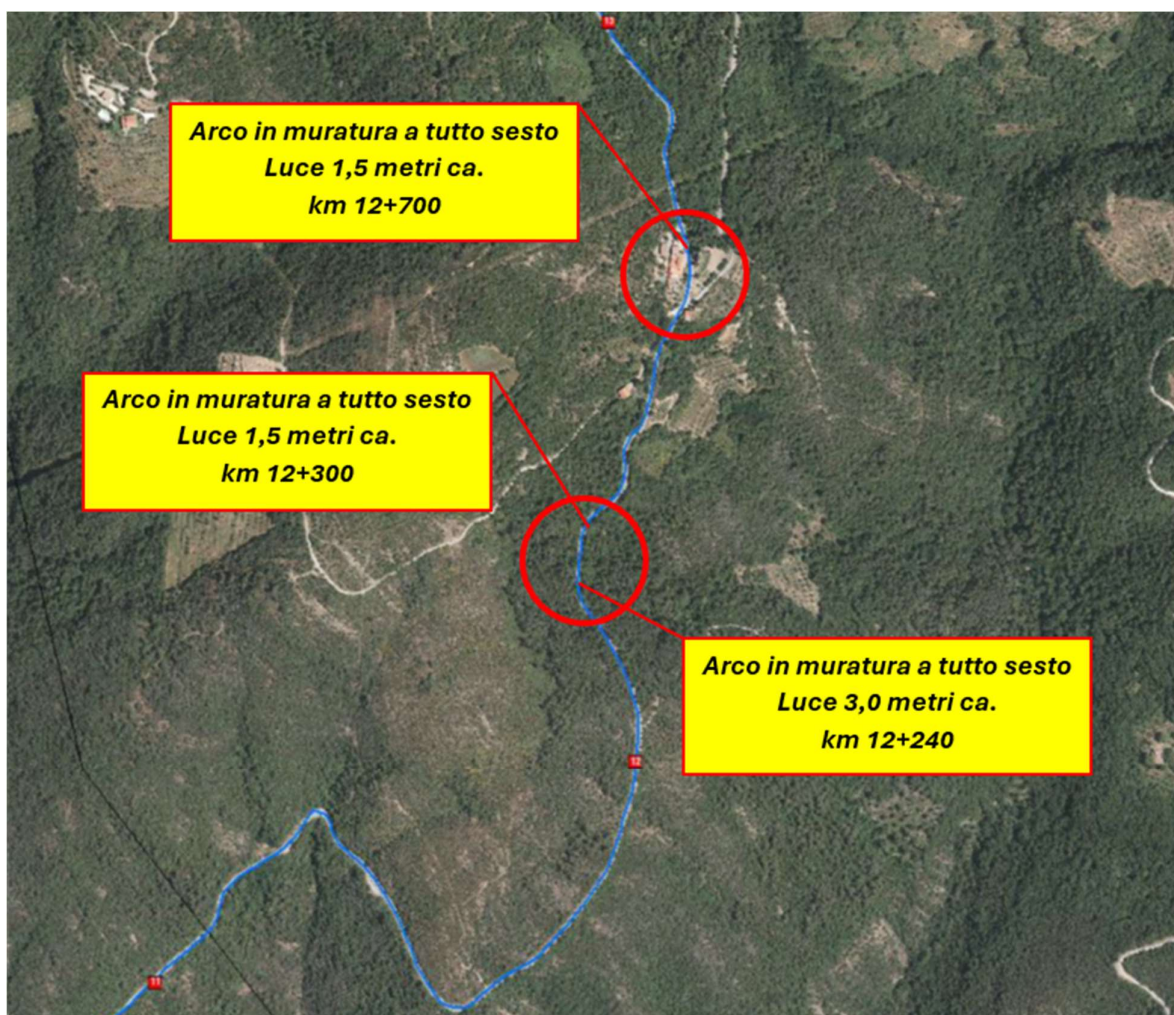


Figura 1 - ortofoto e localizzazione degli interventi

La datazione presunta della costruzione dei tre manufatti in argomento è antecedente al 1951. La larghezza della carreggiata della strada provinciale SP 59 Valdarno Casentino in corrispondenza dei tre manufatti ad arco in muratura di mattoni laterizi a tutto sesto ed a singola campata è di 6 metri ca.

Le spalle sono costituite da muri a gravità in pietrame.

Tutte e tre le opere in argomento risultano pienamente "agibili al traffico".

I dissesti ed i degradi individuati nei precedenti livelli di analisi (Livello 0 e Livello 1) sono riportati di seguito:

- *Le 3 volte presentano una fessura significativa lungo una direttrice con distacco di alcuni mattoni all'intradosso;*
- *Efflorescenza all'intradosso della volta;*
- *Allentamento della muratura dei muri di spalla;*
- *Pavimentazione stradale parzialmente dissestata;*
- *Degrado di cordoli in c.a., deterioramento del copriferro e corrosione delle barre di armatura.*

Si evidenzia in ogni caso che il giudizio complessivo espresso al Livello 1 è stato **sufficiente**.

2. Documenti di riferimento

2.1 Documenti di gara

Servizio tecnico di ingegneria ed architettura per progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione relativo all'intervento di **"Lavori di manutenzione straordinaria di ripristino del ponte sulla S.P.59 Valdarno Casentino, km. 12+240, 12+300 e 12+700, località Bivio per Gello Biscardo, Comune di Castiglion Fibocchi"** - CUP **I17H21005500001 – CIG 9258425601**

- Allegato 1 - Capitolato tecnico-prestazionale_SP59 - SP21
- Allegato 2 - REL_SP 59 Valdarno Casentino km 12+240, 12+300 e 12+700, Comune di Castiglion Fibocchi_v1

2.2 Documenti di progetto

- Verbale indagini in sito ai sensi del D.M. 17.01.2018, della Circolare 07/2019 e delle Norme di metodo utilizzate - settembre 2023;
- R_102_Rilievo architettonico ponte sulla S.P. 59, km 12+240 - settembre 2023;
- R_103_Rilievo architettonico ponte sulla S.P. 59, km 12+300 - settembre 2023;
- R_104_Rilievo architettonico ponte sulla S.P. 59, km 12+700 - settembre 2023;
- Relazione Geologica – dicembre 2023.

2.3 Normativa di riferimento

- D.M. 578 del 17.12.2020 - Adozione delle linee guida per la gestione del rischio dei ponti esistenti e per la definizione di requisiti ed indicazioni relativi al sistema di monitoraggio dinamico.
- Allegato A - Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

3. FOTO

3.1 Ponte km 12+700



foto 1 - Ponte km 12+700



foto 2 - Ponte km 12+700



foto 3- Ponte km 12+700



foto 4- Ponte km 12+700



foto 5- Ponte km 12+700



foto 6- Ponte km 12+700

4. Classe di attenzione Strutturale e fondazionale

La definizione della classe di attenzione strutturale e fondazionale considera i principali parametri influenti sul comportamento strutturale dell'opera nelle sue usuali condizioni di esercizio essa 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 "secondari".

	Parametri primari	Parametri secondari
Pericolosità	Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale	-
Vulnerabilità	Livello di difettosità Schema statico, luce, materiale e numero di campate	Rapidità di evoluzione del degrado Norma di progettazione
Esposizione	Livello di TGM e luce media della campata	Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose

Figura 2 - Tabella 4.1 - Parametri primari e secondari per la determinazione di fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione strutturale e fondazionale

Si tratta quindi di parametri relativi all'entità e alla frequenza dei carichi da traffico, nonché caratteristiche strutturali delle opere o corretto funzionamento e gestione della rete stradale di appartenenza combinati tra loro mediante flussi logici.

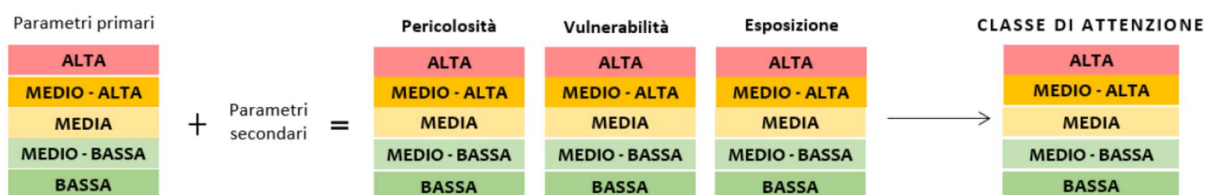


Figura 3 - flusso logico per la determinazione della Classe di Attenzione

4.1 Stima del livello di pericolosità strutturale e fondazionale

La pericolosità è legata alla probabilità che il ponte sia interessato dal passaggio di carichi di massa rilevante, tra cui i veicoli commerciali, ossia i veicoli la cui sagoma corrisponde a tipologie con portata superiore a 3,5t;

A parità di condizioni, un ponte su cui transitano frequentemente veicoli con rimorchio di massa rilevante risulta più a rischio di un ponte con le stesse caratteristiche strutturali interessato da flussi ordinari di traffico, costituiti per la maggior parte da veicoli leggeri.

Allo stato attuale non risultano limitazioni legate alla fruizione della SP 59 Valdarno Casentino in funzione delle caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali e della massima massa ammissibile.

Si associa di conseguenza alla Sp 59 Valdarno Casentino la **Classe A** – Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche.

Classe A	Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche
Classe B	Limitazione di carico a 44 t ($\approx 73\%$ dei carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche) (*)
Classe C	Limitazione di carico a 26 t ($\approx 43\%$ dei carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche) (*)
Classe D	Limitazione di carico a 8,0 t ($\approx 13\%$ dei carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche) (*)
Classe E	Limitazione di carico a 3,5 t ($\approx 6\%$ dei carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche) (*)

Figura 4 - Tabella 4.2 - Classificazione delle strade in funzione della massima massa ammissibile.

(*) le percentuali sono riferite ai carichi concentrati su due assi in tandem; complessivamente pari a 600 kN, previsti dallo schema di carico 1 delle Norme Tecniche

La Provincia di Arezzo ha messo a disposizione dati relativi al TGM rilevati alla progressiva km 12+600 evidenziati in rosso nella tabella di seguito riportata.

STRADA	CODICE STRADA	ANNO	LOCALITA'	PROGRESSIVA	TGM TOT	TGM L	TGM P
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	2006	Cippo Km 9.000 Fattoria Rubeschi (n°8)	9000	2722	2373	350
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	2004	Bivio SP01	10000	2752	2494	258
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1991	Pian di Nova - Gello	12600	483	393	90
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1995	Pian di Nova - Gello	12600	468	400	68
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1991	km 20+650 Fra Tallia e la Crocina	20650	460	374	86
S.P. N° 59 Vald. Casentinese	RT051SP059000	1995	km 20+650 Fra Tallia e la Crocina	20650	450	383	67

Figura 5 - SP 59 Vald. Casentinese - dati TGM - fonte Provincia di Arezzo

Con riferimento alle indicazioni delle Linee Guida, incrociando la classe della strada con la frequenza con cui è previsto il transito di carichi di massa significativa, si può individuare la classe di pericolosità del ponte, come indicato in Tabella 4.3. Tale parametro è definito sulla base del numero medio di veicoli commerciali previsti su una singola corsia di marcia nell'arco di un'intera giornata (24h), come indicato in Tabella 4.4.

Classe A Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
Classe B Limitazione di carico a 44 t	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIA
Classe C Limitazione di carico a 26 t	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
	MEDIO-ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA
Classe D Limitazione di carico a 8,0 t	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
Classe E Limitazione di carico a 3,5 t	BASSA		

Figura 6 - Tabella 4.3 - Classi di pericolosità in funzione della classe stradale e della frequenza del passaggio di veicoli commerciali

Alta	Media	Bassa
≥ 700 veicoli/giorno	300 < veicoli /giorno < 700	≤ 300 veicoli/giorno

Figura 7 - Tabella 4.4 - Frequenza del transito di veicoli commerciali per singola corsia di marcia

La Classe di pericolosità strutturale e fondazionale può essere considerata MEDIO ALTA.

4.2 Stima del livello di vulnerabilità strutturale e fondazionale

Il fattore vulnerabilità dipende da diversi parametri:

- Parametri principali: livello di difettosità, schema strutturale, luce, materiale e numero di campate;
- Parametri secondari: rapidità di evoluzione del degrado e norma di progettazione.

Esso è il risultato della combinazione dei vari parametri, secondo lo schema riportato di seguito:

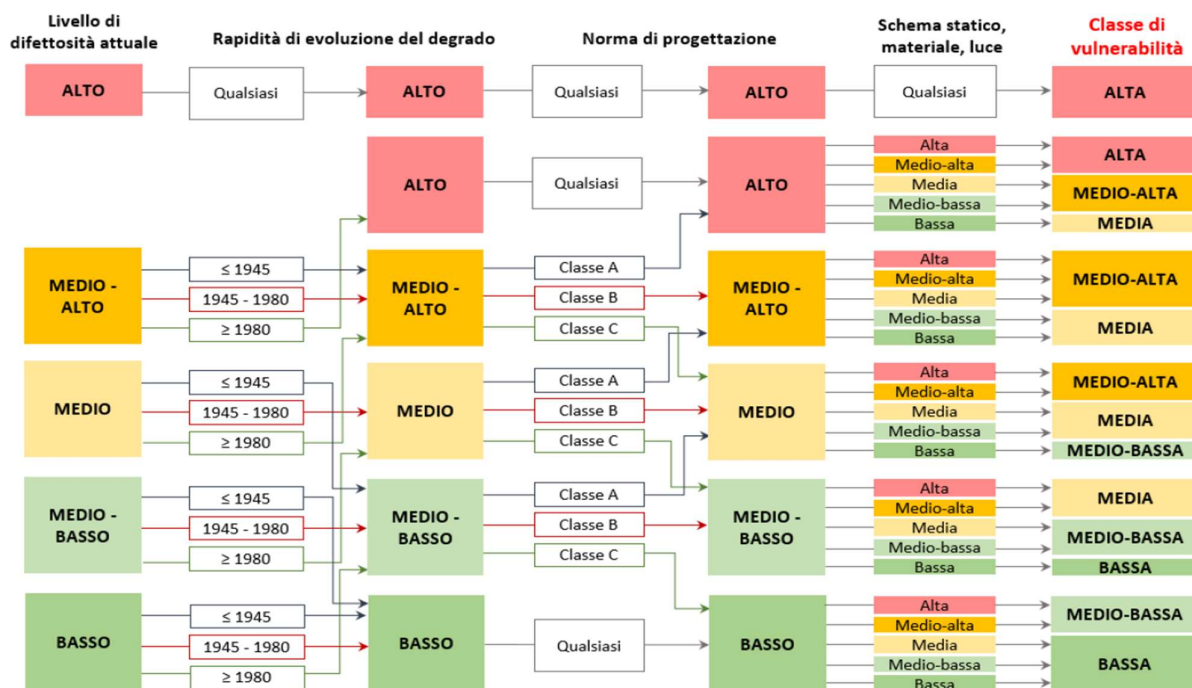


Figura 8 - Determinazione della classe di vulnerabilità strutturale e fondazionale

Il livello di difettosità è legato all'attuale stato di conservazione della struttura ed è valutabile dalle indagini speditive e del rilievo difettologico previsto dal Livello 1 e dall'approccio multilivello. Nel caso del ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700, essendo stati evidenziati difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$), il livello di difettosità può ritenersi MEDIO-BASSO.

ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di qualsiasi intensità su elementi critici (selle Gerber, appoggi, cavi di precompressione, fondazioni scalzate, si veda definizione del § 3.3) o presenza di condizioni critiche (quadri fessurativi molto estesi ed intensi, cinematismi in atto, incipiente perdita di appoggio)
MEDIO-ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi può compromettere la statica dell'opera, come segnalato nella scheda di rilievo all'Allegato B
MEDIO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi non può compromettere il comportamento statico globale dell'opera e difetti di gravità alta ($G=5$) e di intensità medio-bassa
MEDIO-BASSO	Difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
BASSO	Difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero esiguo

Figura 9 - Tabella 4.5 - Classificazione del livello di difettosità

Il livello di difettosità non è sufficiente per stimare la vulnerabilità del ponte in quanto essa dipende anche dalla rapidità con cui tale livello di difettosità è stato raggiunto. Infatti, mentre un determinato livello di difettosità su un ponte in opera da un tempo significativo si può considerare "fisiologico", lo stesso livello di difettosità rilevato su un ponte recentemente costruito richiede una maggiore attenzione, in quanto indica che si è sviluppato con una rapidità elevata e che, probabilmente, raggiungerà rapidamente livelli significativi.

Non avendo documenti che attestino eventuali inventi manutentivi effettuati sul ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700, il confronto viene fatto considerando il periodo presunto di costruzione del ponte stimato antecedente al 1951. La rapidità di evoluzione del degrado, tenendo conto delle indicazioni delle Linee Guida di cui alla Figura 8 soprariportata, risulta essere quindi MEDIO-BASSA.

Al fine di poter stimare il livello di vulnerabilità del ponte in argomento, oltre allo stato di conservazione che li contraddistingue, è importante la conoscenza delle ipotesi alla base della loro realizzazione e, tra queste, i carichi previsti nelle fasi di progettazione.

Non avendo a disposizione gli elaborati di progetto originari, sulla base del periodo presunto di costruzione, il ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700 può essere considerati di classe A.

Schema statico	Materiale	$L \leq 5 \text{ m}$	$5 \text{ m} < L < 15 \text{ m}$	$15 \text{ m} \leq L < 25 \text{ m}$	$L \geq 25 \text{ m}$
Travate appoggiate	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Acciaio	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Metallo (Ponti storici)	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Legno	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
	Misto*	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
Travate continue / Telaio	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	C.a.p.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA
	Acciaio	BASSA	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA
	Metallo (Ponti storici)	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Misto*	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Arco massiccio	Muratura	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA
	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA
Arco sottile	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Travate Gerber / Ponti a stampella con travi tampone	C.a.	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Acciaio	MEDIA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Metallo (Ponti storici)	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
	Misto*	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Soletta appoggiata	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
Soletta incastrata	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA

Figura 10 - Classi di vulnerabilità in funzione dello schema statico, del materiale e delle luci delle campate

Il ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700 presenta uno schema statico ad arco massiccio con luce ≤ 5 metri.

Sulla base delle indicazioni delle Linee Guida di cui al diagramma a blocchi rappresentato in Figura 11, tenendo conto di:

- livello di difettosità attuale MEDIO-BASSO;
- Rapidità di evoluzione del degrado MEDIO-BASSO;
- Norma di progettazione Classe A MEDIO;
- Schema statico, materiale, luce BASSA

La Classe di vulnerabilità strutturale e fondazionale può essere considerata MEDIO BASSA.

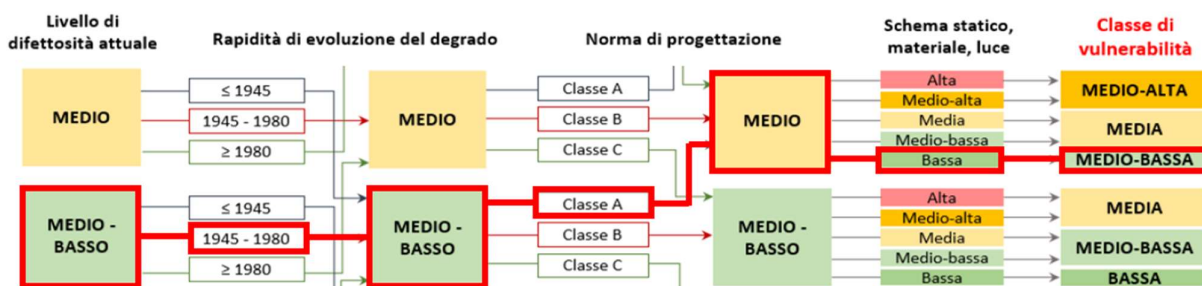


Figura 12 - Estratto schema di determinazione della classe di vulnerabilità strutturale e fondazionale

4.3 Stima del livello di esposizione strutturale e fondazionale

La stima del livello di esposizione è basata sui dati di traffico in termini di frequenza dei veicoli transitanti, oltre che su fattori legati alla capacità della rete di fronteggiare situazioni impreviste, ossia alla sua resilienza.

I parametri da considerare per la valutazione del fattore esposizione sono:

- parametri primari: Livello di Traffico Giornaliero Medio (TGM) e luce della campata;
- parametri secondari: presenza o meno di alternative stradali, tipologia di ente scavalcato, trasporto di merci pericolose.

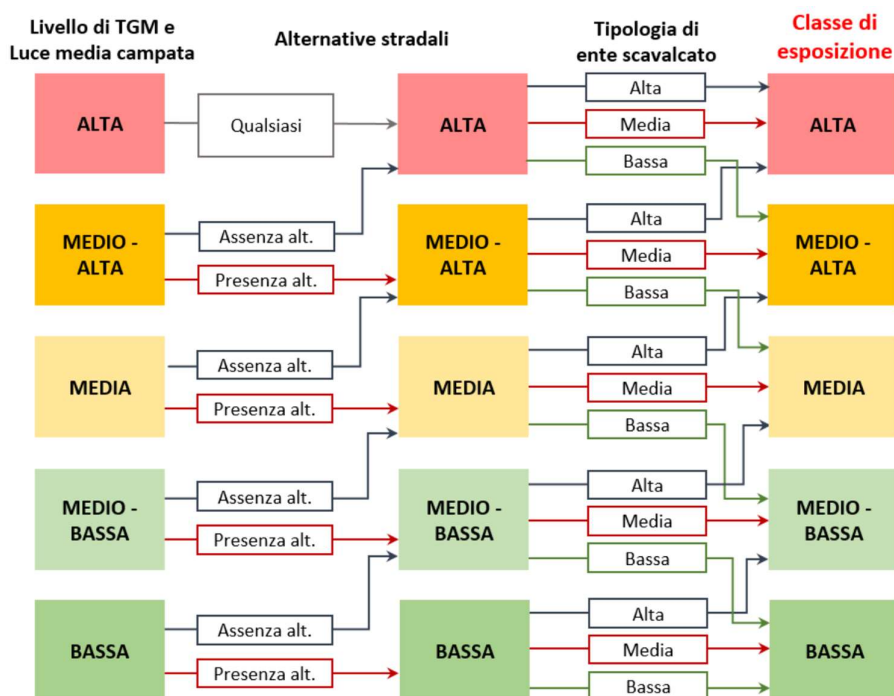


Figura 13 - Flusso logico per la determinazione della classe di esposizione strutturale e fondazionale

1.1.1.1 4.3.1 - TGM e luce della campata

Alta	Media	Bassa
≥ 25000 veicoli/giorno	$10000 < \text{veicoli/giorno} < 25000$	≤ 10000 veicoli/giorno

Figura 14 - Tabella 4.7 - Livello di Traffico Medio Giornaliero (veicoli/giorno sull'intera carreggiata)

Oltre che dal livello di TGM previsto sulla strada di interesse, il livello di esposizione, inteso come probabilità di subire perdite di vite umane a seguito di un evento quale il crollo di un ponte, dipende dalla luce media della campata della struttura, in quanto al suo aumentare, aumenta il rischio a cui l'utente della strada è esposto. Il livello di TGM individuato mediante la Tabella 4.7, pertanto, si

corregge in funzione della luce media della campata del ponte, secondo la Tabella 4.8, distinguendo:

- Grande luce: per ponti con campate di luce media maggiore di 50 m;
- Media luce: per ponti con campate di luce media maggiore di 20 m e non maggiore di 50 m;
- Piccola luce: per ponti con campate di luce media non maggiore di 20 m.

Luce media della campata	Livello di TGM		
	Alta	Media	Bassa
Grande luce	Alta	Medio-Alta	Media
Media luce	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa
Piccola luce	Media	Medio-Bassa	Bassa

Figura 15 - Tabella 4.8 - Livello di Traffico Medio Giornaliero e luce media della campata del ponte

1.1.1.2 4.3.2 - Alternative stradali, tipologia di ente scavalcato, trasporto di merci pericolose

La possibile chiusura o le limitazioni di traffico sul ponte causano inevitabili disagi alle economie locali. Tali disagi sono contenuti nel caso siano individuati itinerari stradali adeguati su cui eventualmente deviare i flussi di traffico. È pertanto considerata la presenza e l'adeguatezza, in termini di costi, tempo e distanze, delle alternative stradali percorribili in caso di chiusura del ponte. Nel caso specifico non sono disponibili studi trasportistici specifici, si considera quindi il caso di "assenza di alternative" per procedere in via cautelativa.

In relazione al livello di esposizione associato alla tipologia di ente scavalcato dipende dalle conseguenze, economiche e sociali che l'eventuale crollo del ponte avrebbe sull'ente stesso ed è messo in conto mediante la definizione di tre classi, descritte nella tabella di seguito riportata.

ALTA	Ente scavalcato il cui uso preveda affollamenti significativi e/o con funzioni pubbliche e sociali essenziali e/o la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e/o enti di elevato valore naturalistico, economico e sociale (Ferrovia, zona edificata/antropizzata, strade a viabilità primaria, etc.)
MEDIA	Ente scavalcato il cui uso preveda normali affollamenti, senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e/o enti con limitato valore naturalistico, economico e sociale (strade a viabilità secondaria, corsi d'acqua, laghi, specchi d'acqua marini, etc.)
BASSA	Ente scavalcato con presenza occasionale di persone e privi di valore naturalistico, economico e sociale (discontinuità naturali, depressioni del terreno, etc.)

Figura 16 - Tabella 4.9 - Tipologia di ente scavalcato

Nel caso specifico del ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700 si ritiene BASSA l'esposizione associata alla tipologia di ente scavalcato: depressioni del terreno, rii a carattere torrentizio.

In relazione, infine, al trasporto di merci pericolose, non avendo ricevuto informazioni specifiche dall'ente gestore, si considera tale necessità di natura meramente occasionale.

La Classe di esposizione strutturale e fondazionale può essere considerata BASSA.

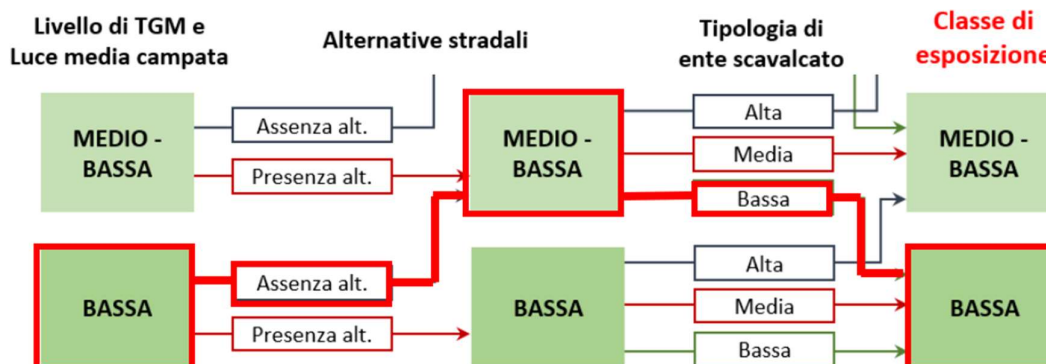


Figura 17 - Estratto schema di determinazione della classe di esposizione strutturale e fondazionale

4.4 Stima della Classe di Attenzione strutturale e fondazionale

Noti i parametri in gioco, combinando la classe di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione del ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700, si procede con la determinazione della classe di attenzione strutturale e fondazionale (CdA).

Sulla base delle indicazioni delle Linee Guida, tenendo conto di:

- classe di pericolosità MEDIO-ALTA;
- classe di vulnerabilità MEDIO-BASSA;
- classe di esposizione BASSA.

La Classe di attenzione strutturale e fondazionale può essere considerata MEDIO BASSA.

Classe di pericolosità MEDIO-ALTA						
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta	Medio-Alta			Media
	Media	Medio-Alta		Media		
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa		Bassa

5. Classe di attenzione Sismica

La definizione della classe di attenzione sismica tiene conto dei principali parametri che influenzano la risposta alle azioni sismiche dei ponti e delle reti stradali di appartenenza. Analogamente alla definizione della classe di attenzione strutturale e fondazionale, la classe di attenzione sismica dipende da fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinati mediante la combinazione di parametri primari e secondari.

	Parametri primari	Parametri secondari
Pericolosità	Accelerazione di picco al suolo e categoria topografica	Categoria di sottosuolo
Vulnerabilità	Schema strutturale, luce e materiale Livello di difettosità	Criteri di progettazione
Esposizione	Livello di TGM e luce media della campata	Alternative stradali Tipologia di ente scavalco Trasporto di merci pericolose Strategicità dell'opera

Figura 18 - Tabella 4.11 - Parametri primari e secondari per la determinazione di fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione sismica

L'approccio utilizzato per la determinazione della CdA sismica è, ancora una volta, un approccio per classi e operatori logici, per cui devono essere seguiti flussi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione e, infine, alla determinazione della Classe di Attenzione sismica.

5.1 Valutazione del livello di pericolosità sismica

La valutazione della pericolosità sismica fa riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti assumendo come parametri significativi l'accelerazione di picco al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi, la cui categoria topografica e l'amplificazione stratigrafica valutata attraverso l'approccio semplificato della categoria di sottosuolo.

Mentre i primi due parametri, accelerazione di picco al suolo e categoria topografica, si possono determinare in tutti i casi mediante i dati relativi alla localizzazione dei ponti raccolti nel censimento di Livello 0 e dalle ispezioni visive di Livello 1, la determinazione della categoria di sottosuolo necessita di informazioni specifiche sulla stratigrafia del sottosuolo, ricavabili dalla Relazione Geologica a firma del Dott. Norman Abballe del dicembre 2023. Per il ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700, l'elaborazione delle prove effettuate conduce alla Categoria di Sottosuolo B.

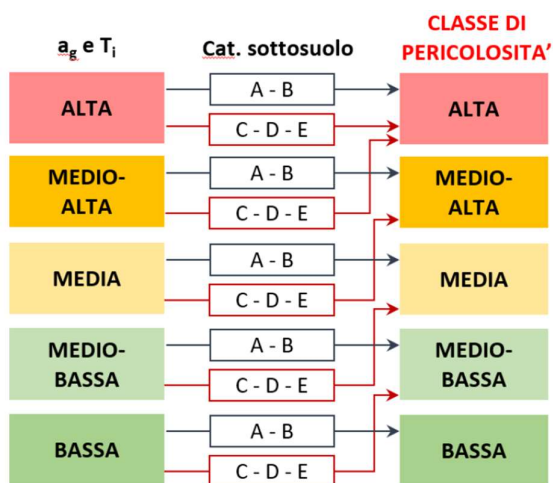


Figura 19 - flusso logico per la determinazione della classe di pericolosità sismica

Le aree prevalentemente montuose nelle quali è ubicato il ponte in argomento (Ponte al km 12+700), risultano ad una quota di 519 m.s.l.m. su di un versante con pendenze dell'ordine del 30% (17° ca.); ne deriva quindi una Categoria topografica T2: Pendii con inclinazione media $i < 15^\circ$.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 20 - NTC2018 - Tab. 3.2.III - Categorie Topografiche

1.1.1.3 Caratterizzazione sismica dei manufatti

Ponte km 12+700
 Classe d'Uso III
 Categoria di Sottosuolo B
 Categoria Topografica T2

Arezzo, Castiglion Fibocchi, Gello Biscardo
 Latitudine ED50 43.5603°
 Longitudine ED50 11.7403°
 Altitudine s.l.m. 516 metri

Parametri reticolo nazionale (Arezzo, Castiglion Fibocchi, Gello Biscardo):

Stato limite	Pvr (%)	Tr (anni)	Ag/g	Fo	Tc*
SLD	63	75	0.0706	2.562	0.281 s
SLV	10	712	0.1616	2.419	0.308 s

La classificazione sulla base dell'accelerazione di picco al suolo ed alla categoria topografica risulta essere MEDIO-ALTA.

	T1, T2, T3	T4
$a_g \geq 0,25 \text{ g}$	ALTA	ALTA
$0,15 \text{ g} \leq a_g < 0,25 \text{ g}$	MEDIO-ALTA	ALTA
$0,10 \text{ g} \leq a_g < 0,15 \text{ g}$	MEDIA	MEDIO-ALTA
$0,05 \text{ g} \leq a_g < 0,10 \text{ g}$	MEDIO-BASSA	MEDIA
$a_g < 0,05 \text{ g}$	BASSA	MEDIO-BASSA

Ne deriva una Classe di pericolosità sismica MEDIO-ALTA.

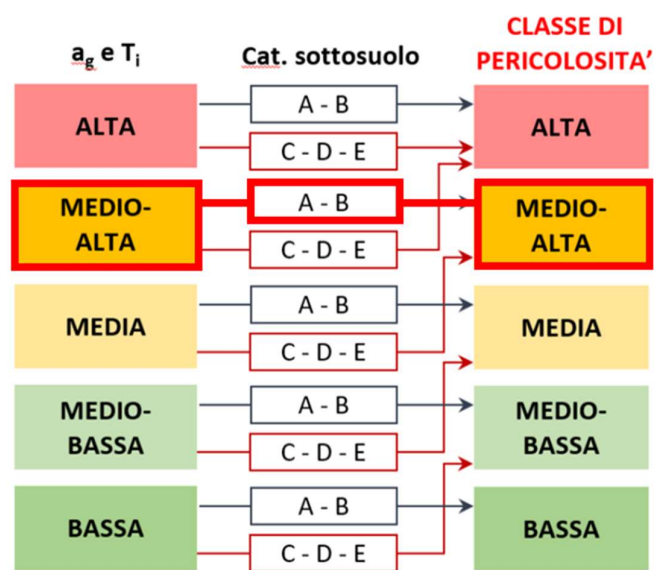


Figura 21- flusso logico per la determinazione della classe di pericolosità sismica - Ponte ad arco SP59

5.2 Valutazione del livello di vulnerabilità sismica

La vulnerabilità sismica come quella strutturale e fondazionale del Ponte sulla SP 59 Valdarno Casentino al km 12+700 dipende dalle caratteristiche strutturali influenti sul loro comportamento sismico, e da come esse rispondono alle richieste indotte dalle azioni sismiche.

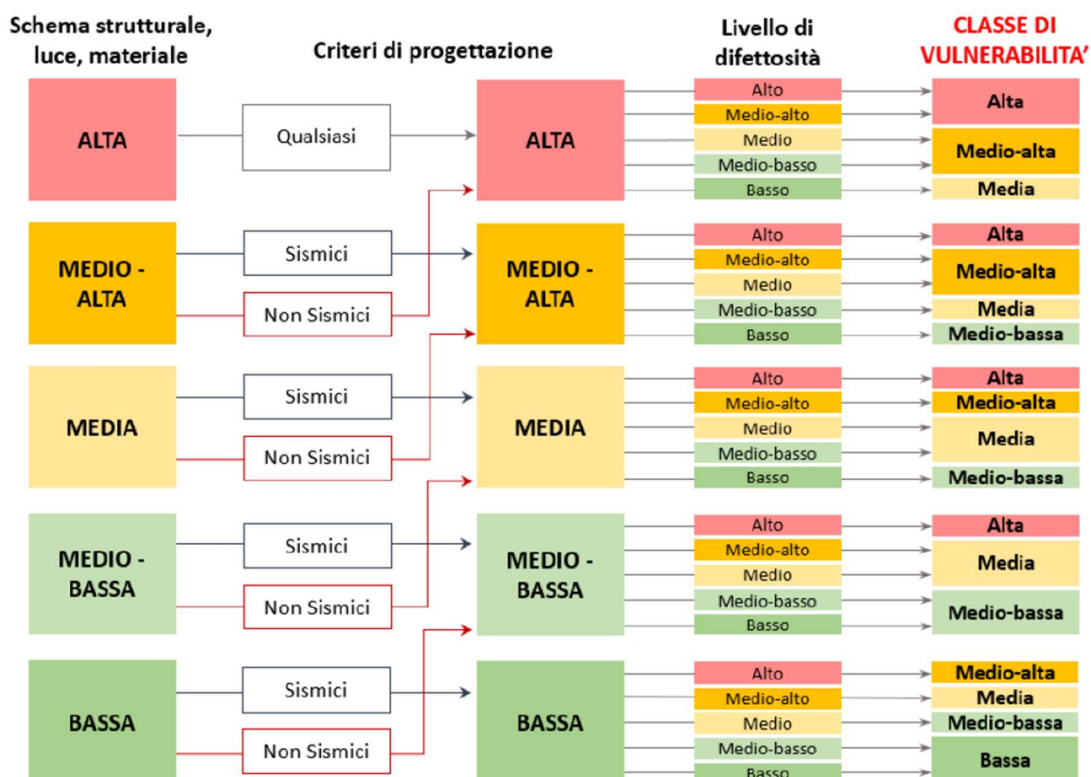


Figura 22 - flusso logico per la determinazione della classe di vulnerabilità sismica

È evidente che ponti caratterizzati da schemi statici, luci e materiali differenti hanno comportamenti diversi nei confronti delle azioni sismiche. Ciò dipende essenzialmente dalla ridondanza degli schemi statici e dal loro comportamento dinamico, dal numero di elementi vulnerabili soggetti all'azione sismica, quali pile ed apparecchi di appoggio, dalla massa delle strutture, dal livello di conservazione dei manufatti al momento dell'evento sismico e dalla presenza di eventuali altri elementi che contribuiscono ad incrementare la vulnerabilità del ponte alle azioni sismiche.

Per tener conto di tali differenze di comportamento, la prima classificazione che occorre fare dipende da schema statico, luce e materiale, secondo le indicazioni della tabella di seguito riportata.

		Schema isostatico		Schema iperstatico	
		L medio-piccola	L elevata	L medio-piccola	L elevata
C.A.	Singola campata	Media	Medio-alta	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
C.A.P.	Singola campata	Media	Medio-alta	-	-
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
Muratura	Singola campata	-	-	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	-	-	Medio-bassa	Media
Acciaio	Singola campata	Medio-bassa	Medio-bassa	Bassa	Bassa
	Multi-campata	Media	Media	Medio-bassa	Medio-bassa

Figura 23 - Classificazione sulla base di schema statico, luce e materiale

Il comportamento sismico è influenzato anche dalla modalità con cui il ponte è stato progettato, e in particolare l'impiego di criteri di progettazione sismica specifici.

Non avendo a disposizione informazioni relative ai progetti originali, si ritiene che la progettazione debba considerarsi, procedendo a vantaggio di sicurezza, non sismica. Il criterio di progettazione così ottenuto è di tipo MEDIO BASSA.

In relazione, infine, al livello di difettosità, si procede analogamente a quanto fatto per la definizione della classe di vulnerabilità strutturale e fondazionale. Nel caso del ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700, essendo stati evidenziati difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$), il livello di difettosità può ritenersi MEDIO-BASSO.

Applicando il flusso logico, considerando lo schema strutturale, luce e materiale (BASSA), i criteri di progettazione (non sismici quindi MEDIO BASSA) ed il livello di difettosità (MEDIO BASSO); la classe di vulnerabilità per il ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700 risulta essere MEDIO BASSA.

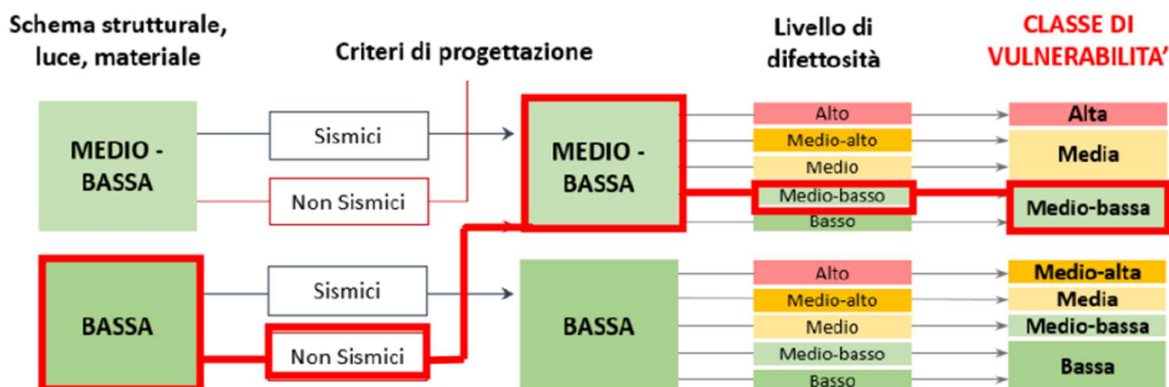


Figura 24 - Estratto - flusso logico per la determinazione della classe di vulnerabilità sismica - Ponte SP59

5.3 Valutazione del livello di esposizione sismica

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 fondazionale, ossia il livello di TGM e la luce media della campata, la presenza di alternative stradali, la tipologia di ente scavalcato e il trasporto di merci pericolose, oltre che un ulteriore parametro legato alla strategicità del ponte in caso di emergenza. La classe di esposizione sismica, pertanto, è determinata a partire dalla classe di esposizione strutturale e fondazionale, che per le opere in argomento risulta essere BASSA.

Tale classe di esposizione, può essere corretta in funzione della strategicità dell'opera. In particolare, nel caso in cui i ponti rientrino 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 rientrano nelle classi d'uso III o IV. Tali opere sono espressamente indicate dalla protezione civile o dall'ente amministrativo competente.

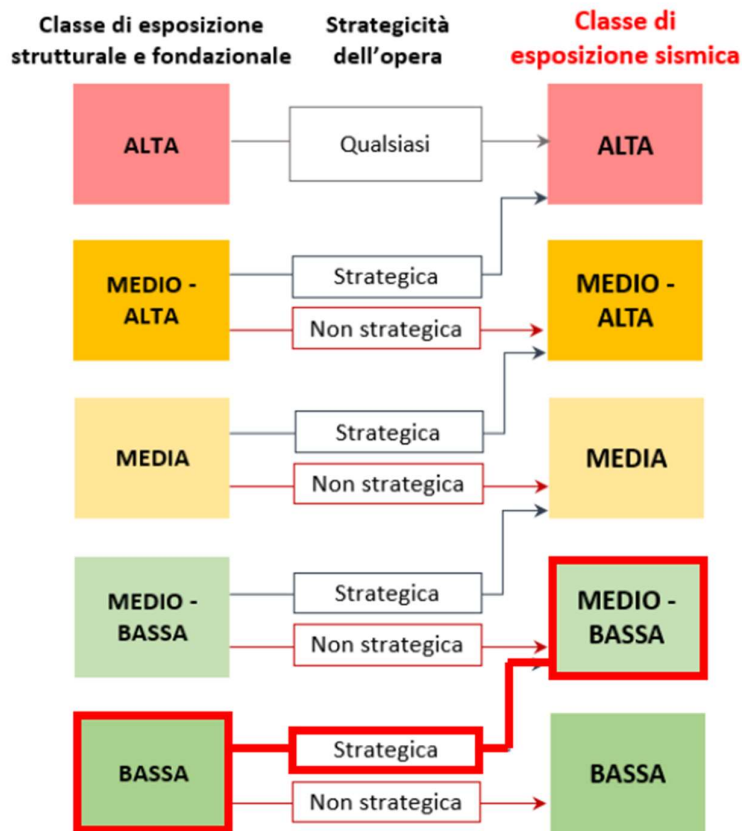


Figura 25 - flusso logico per la determinazione della classe di esposizione sismica

5.4 Stima della Classe di Attenzione sismica

Noti i parametri in gioco, combinando la classe di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione del ponte ad arco in muratura della SP 59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700, si procede con la determinazione della classe di attenzione sismica.

Sulla base delle indicazioni delle Linee Guida, tenendo conto di:

- classe di pericolosità MEDIO-ALTA;
- classe di vulnerabilità MEDIO-BASSA;
- classe di esposizione MEDIO-BASSA.

La Classe di attenzione sismica può essere considerata MEDIO BASSA.

Classe di pericolosità MEDIO-ALTA						
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta	Medio-Alta			Media
	Media	Medio-Alta		Media		
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa		Bassa

6. Classe di attenzione Frane

La definizione della classe di attenzione (CdA) associata al rischio frane tiene conto di alcuni specifici parametri che indicano il livello di coinvolgimento della struttura in eventuali fenomeni franosi, sia dal punto di vista spaziale che temporale.

Analogamente alla definizione della classe di attenzione strutturale e fondazionale e della classe di attenzione sismica, la classe di attenzione per rischio frane fa riferimento a fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinati mediante la combinazione di parametri primari e secondari.

L'approccio utilizzato per la determinazione della CdA frane è, ancora una volta, un approccio per classi e operatori logici. Ne consegue che devono essere seguiti flussi logici che permettano di passare dalla classificazione dei parametri primari e secondari, alla classificazione dei fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione e, infine, alla determinazione della Classe di Attenzione frane.

Si sottolinea che, a differenza dell'usuale nomenclatura impiegata per la definizione degli altri tipi di CdA analizzati, si adotta il termine di "suscettibilità" piuttosto che di pericolosità; in tal modo, viste le specifiche difficoltà intrinseche alla definizione della probabilità di accadimento dell'evento, si vuole far riferimento alla sola previsione spaziale, trascurando la previsione di tipo temporale. I parametri anche in questo caso sono suddivisi in primari e secondari e sono riportati nella tabella seguente.

	Parametri primari	Parametri secondari
Suscettibilità	Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, Stato di attività)	Incertezza di modello Misure di mitigazione
Vulnerabilità	Tipologia/robustezza del ponte e tipologia di fondazioni	Estensione dell'interferenza
Esposizione	Livello di TGM e luce della campata	Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Strategicità dell'opera

Figura 26 - Tabella 4.15 - Parametri primari e secondari per la definizione di fattori di suscettibilità, vulnerabilità ed esposizione associati al rischio frane

6.1 Valutazione del livello di pericolosità/suscettibilità legato al rischio frane

Il livello di pericolosità/suscettibilità legato al rischio frane dipende dall'ambito geomorfologico (aree/versanti) in cui è inserito il ponte.

Nel caso in esame, le aree prevalentemente montuose nelle quali è ubicato il ponte in argomento (Ponte al km 12+700), risulta ad una quota di 519 m.s.l.m. su di un versante con pendenze dell'ordine del 30% (17° ca.).

La valutazione della suscettibilità da frane è valutata mediante i consueti parametri di classificazione e la nomenclatura propria delle "instabilità di versante", quali la magnitudo, la velocità e lo stato di attività, i quali sono poi combinati con parametri secondari legati alle incertezze di modello e alla presenza o meno di misure di mitigazione come riportato nello schema sottostante.

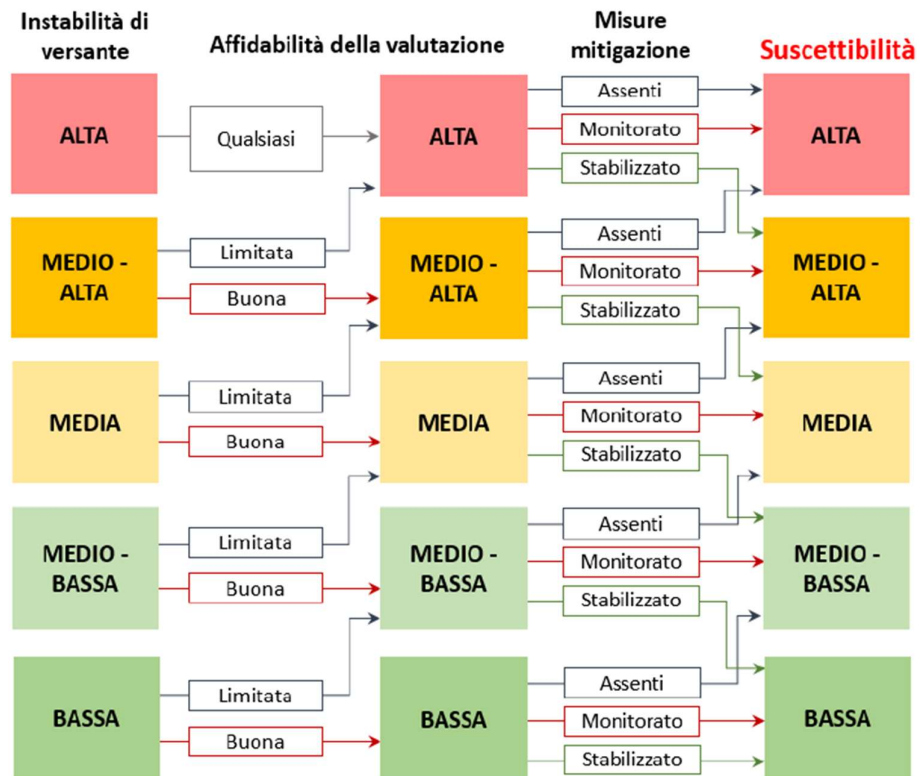


Figura 27 - flusso logico per la determinazione della classe di suscettibilità

Ribadita la complessità della previsione di accadimento, si è voluta valutare mediante la definizione di tre parametri ritenuti di specifica importanza nel caso di ponti e di viadotti, rilevabili o deducibili dalle documentazioni e dalle osservazioni in situ. Tali parametri sono:

- Parametro dello stato di attività per le frane riconosciute (PA), o di grado di criticità per le frane potenziali (PC);
- Parametro della massima velocità potenziale di spostamento in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale PV;
- Parametro della magnitudo, intesa come volume mobilizzabile PM.

Il livello di instabilità di versante è stato valutato mediante un sistema a punti, attribuendo valori numerici ai tre parametri principali considerati. La valutazione del livello di instabilità è quindi sviluppata sulla base della sommatoria dei valori associati ai tre parametri ovvero

$$P = PA + PM + PV \text{ (per le frane riconosciute)}$$

$$P = PC + PM + PV \text{ (per le frane potenziali)}$$

Dall'analisi della documentazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) messa a disposizione dall'ISPRA – Istituto Superiore Protezione e Ricerca ambientale, emerge per i ponti della SP 59 Valdarno Casentino al km 12+240 – 12+300 - km 12+700 la prossimità ad un fronte di frana stabilizzato.

Tale frana il cui tipo di movimento risulta di *scivolamento rotazionale/traslato* investe un'area calcolata di 154.409 m² e risulta in uno stato di attività *stabilizzato* (data osservazione 14/03/2012).

Le informazioni sopra descritte sono tratte dalla Scheda Frana di 1° livello ID 0511138200 messa a disposizione dall'ISPRA sul sito <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/>.

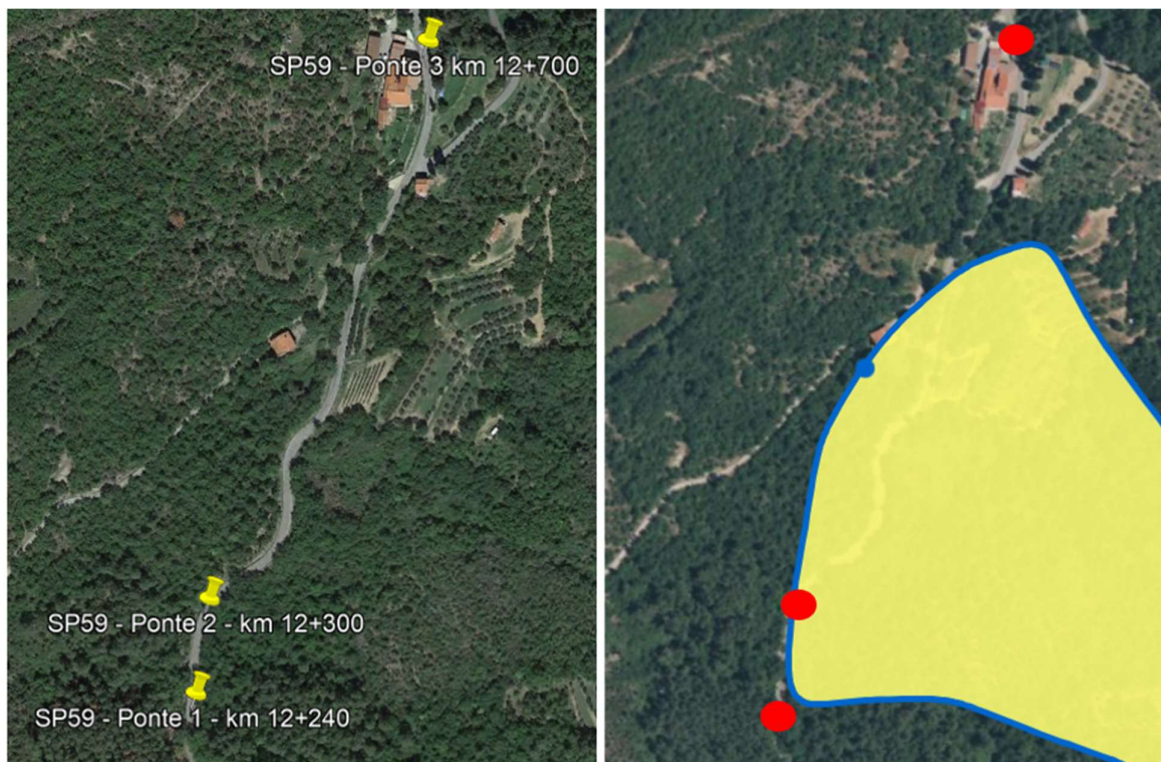


Figura 28 - ortofoto - posizionamento dei ponti rispetto alla frana ID 0511138200 - fonte <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/>

Come evidenziato nel confronto fotografico soprariporato, il ponte oggetto di classificazione si colloca all'esterno dell'area di frana.

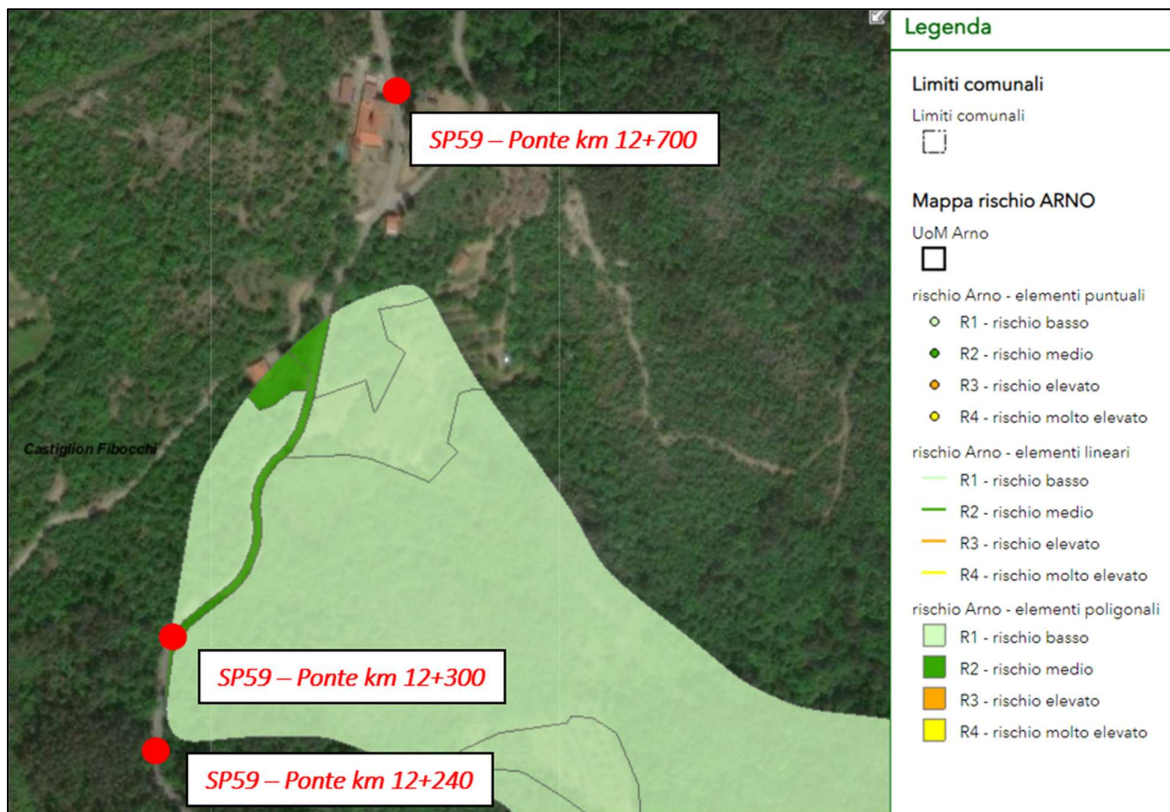


Figura 29 - Progetto PAI "Dissesti Geomorfologici" - Cartografia del Rischio

Volendo comunque definire una classe di attenzione frane, si tiene conto di una classe di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione BASSA per il ponte ad arco in muratura della SP59 ubicato al km 12+700.

Sulla base delle indicazioni delle Linee Guida, tenendo conto di:

- classe di pericolosità/suscettibilità BASSA;
- classe di vulnerabilità BASSA;
- classe di esposizione BASSA.

la Classe di attenzione frane può essere considerata BASSA.

Classe di suscettibilità BASSA						
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Media			Medio-Bassa	
	Medio-Alta	Media			Medio-Bassa	
	Media	Media	Medio-Bassa			
	Medio-Bassa	Medio-Bassa				Bassa
	Bassa	Medio-Bassa			Bassa	

7. Classe di attenzione associata al rischio idraulico

Per la preliminare valutazione spaziale, si può ritenere assente il rischio idraulico per strutture che non vadano ad interessare l'alveo (come definito dal § 5.1.2.3. della Circolare 21.01.2019 n.7 del CSLLPP) con le pile e/o con le spalle e sempre che l'impalcato garantisca il rispetto del franco libero così come prescritto nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018, § 5.1.2.3). Tali valutazioni possono essere suffragate o dall'evidenza dei luoghi o da idonea "relazione di compatibilità idraulica" (D.M. 17.01.2018). Pertanto, qualora si possa ritenere che il determinarsi di un evento di piena non possa coinvolgere la struttura in esame, non risulta necessario proseguire con la valutazione della CdA idraulica, in quanto non influente ai fini della determinazione della CdA complessiva associata al ponte.

D'altra parte, l'eventuale collocazione delle strutture in aree coinvolte da accadimenti pregressi (fenomeni di escavazione, allagamenti, modificazioni delle sezioni idriche, riduzione delle capacità idrovettrici dell'alveo, ecc.), inducono la necessità di proseguire con ispezioni speciali, con grado di approfondimento maggiore rispetto alle ispezioni iniziali previste per la valutazione della classe di attenzione.

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, adeguato ma certamente non esaustivo. A tal riguardo, particolarmente utili risultano quindi le ispezioni visive e la compilazione delle appropriate schede di rilievo di Livello 1.

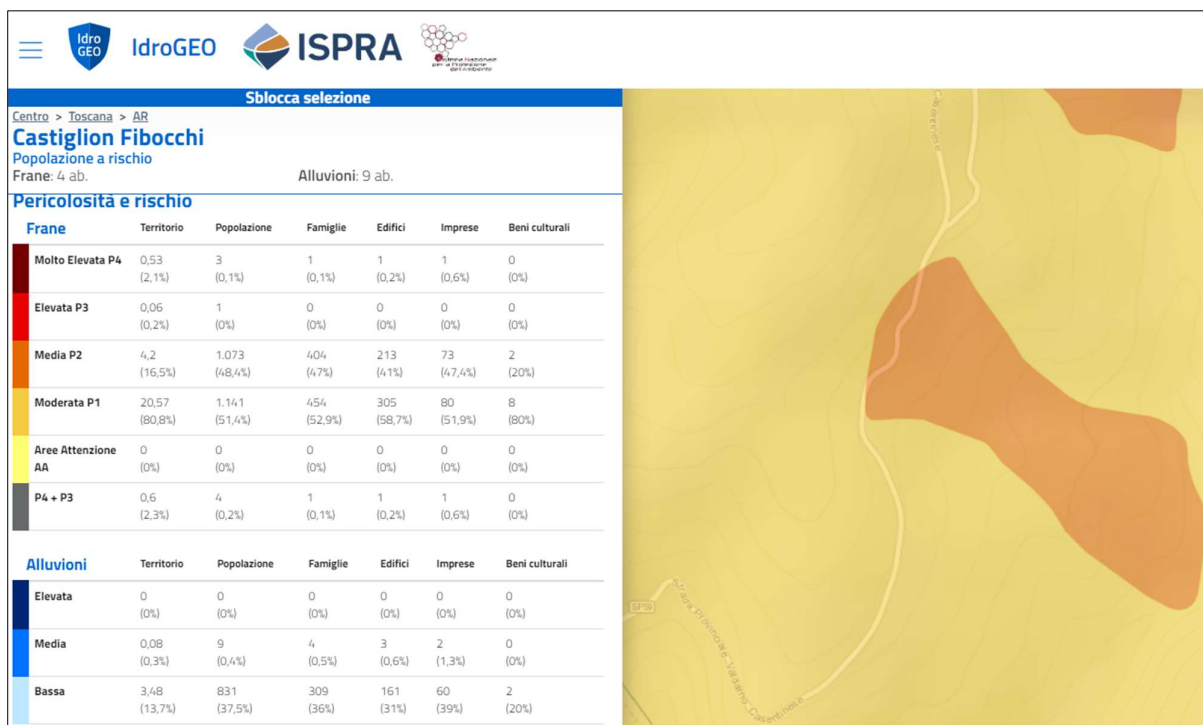


Figura 30 – ISPRA - carta di pericolosità e rischio – FONTE: <https://idrogeo.isprambiente.it/>

Il ponte ad arco in muratura della SP59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700 in base alla documentazione relative alla carta di pericolosità e rischio delle Autorità non ricade in zone di rischio idraulico; dai disegni e dalle ispezioni visive si evince che i ponti monocampata non presentano pile in alveo e dal punto di vista morfologico si può ritenere che il determinarsi di un evento di piena non possa coinvolgere la struttura in esame, quindi non risulta necessario proseguire con la valutazione della CdA idraulica, in quanto non influente ai fini della determinazione della CdA complessiva associata al ponte. Per tale motivo e al fine di valutare la CdA complessiva si considera classe di attenzione idraulica BASSA.

Classe di pericolosità MEDIO-ALTA						
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta	Medio-Alta			Media
	Media	Medio-Alta		Media		
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa		Bassa

- CdA sismica: MEDIO-BASSA

Classe di pericolosità <i>MEDIO-ALTA</i>						
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta	Medio-Alta			Media
	Media	Medio-Alta		Media		
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa		Bassa

- CdA frane: BASSA

Classe di suscettibilità BASSA						
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Media			Medio-Bassa	
	Medio-Alta	Media			Medio-Bassa	
	Media	Media	Medio-Bassa			
	Medio-Bassa	Medio-Bassa				Bassa
	Bassa	Medio-Bassa			Bassa	

- CdA idraulica: BASSA

		Classe di attenzione per erosione generalizzata				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di attenzione per erosione localizzata	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta			Medio-alta	
	Media	Alta		Medio-Alta	Media	
	Medio-Bassa	Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	
	Bassa	Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa

Per la determinazione della CdA complessiva, per comodità di esposizione, la classe di attenzione legata al rischio idraulico e la classe di attenzione legata al rischio frane sono accorpate in un unico indicatore "Classe di attenzione idraulica e frane" determinato sempre utilizzando l'approccio per classi e operatori logici. Ne consegue che tale CdA sia bassa.

		Classe di attenzione frane				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di attenzione idraulica	Alta	Alta		Medio-Alta		Media
	Medio-Alta	Alta	Medio-Alta		Media	
	Media	Medio-Alta		Media		Medio-Bassa
	Medio-Bassa	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa		Bassa
	Bassa	Media			Medio-Bassa	Bassa

Figura 32 - determinazione della Classe di Attenzione Idraulica e Frane

La Classe di attenzione complessiva del ponte ad arco in muratura della SP59 Valdarno Casentino ubicato al km 12+700 risulta essere MEDIO-BASSA e quindi **necessità di ISPEZIONI PERIODICHE.**

		Classe di attenzione idraulica e frane					
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa	
Classe di attenzione sismica	Alta	Medio-Alta	Media				
	Medio-Alta	Media			Medio-Bassa		
	Media	Media		Medio-Bassa			
	Medio-Bassa	Media		Medio-Bassa			
	Bassa	Media	Medio-Bassa				

Nota la CdA complessiva, si raccomanda, sì di basare le indagini, i controlli e le verifiche, previsti dai livelli successivi dell'approccio multilivello, sulla classe di attenzione complessiva, ma di tenere sempre conto delle classi di attenzione risultanti dalle valutazioni separate delle diverse tipologie di rischio, in modo da indirizzare e approfondire tali indagini, controlli e verifiche dove e come necessario. Questi devono servire alla valutazione accurata degli aspetti legati specialmente alle più gravose classi di attenzione ottenute, oltre che alla valutazione del comportamento globale dell'opera. Ciò implica che le banche dati istituzionali (es. AINOP) devono archiviare e rendere fruibili sia la CdA complessiva sia le singole CdA componenti.