



Rischio strutturale di ponti esistenti: considerazioni preliminari sullo scenario in provincia di Caserta

Gianfranco De Matteis^a, Pasquale Bencivenga^a, Mattia Zizi^a, Antonino Del Prete^b

^a Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università della Campania "Luigi Vanvitelli, Via San Lorenzo, 81031 Aversa, Italia

^b Dirigente Settore Viabilità della Provincia di Caserta, Via Lubich, 6, 81100 Caserta, Italia

Keywords: Ponti, Infrastrutture, Degrado strutturale, Rischio strutturale, Vulnerabilità sismica.

ABSTRACT

Per effetto degli ultimi eventi (ad es. crollo del viadotto sul Polcevera), il mondo dell'ingegneria civile sta ponendo particolare attenzione al fatto che molte infrastrutture esistenti versino in condizioni particolarmente critiche. La presente memoria intende fornire un contributo in relazione a tale aspetto, fornendo indicazioni e metodologie di valutazione per la classificazione dello stato di conservazione del patrimonio di ponti e viadotti esistenti. In particolare, lo studio, che ha riguardato circa 400 ponti, si inquadra nell'ambito di una collaborazione tra la Provincia di Caserta e il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" e mira a definire una metodologia speditiva per il censimento e la valutazione del rischio strutturale dei ponti esistenti su base meramente tipologica. Inoltre, sulla scorta delle valutazioni preliminari effettuate, finalizzate alla sola classificazione dei manufatti, sono state eseguite visite ispettive su alcuni ponti opportunamente selezionati, con il fine di valutare lo stato di conservazione e criticità presenti. Nell'insieme, lo studio svolto consente di definire un primo scenario dello stato di rischio e di conservazione dei manufatti della Provincia di Caserta.

1 INTRODUZIONE

1.1 Lo scenario in Italia

Il patrimonio infrastrutturale italiano versa, generalmente, in condizioni di precaria sicurezza. Il crollo del viadotto sul Polcevera, occorso lo scorso Agosto a Genova causando più di 40 vittime, è solo uno degli ultimi tragici eventi che hanno interessato, in tempi più o meno recenti, tali strutture. Da un'analisi qualitativa di tali dissesti, si è desunto che, nell'ultimo quinquennio, seppur con minor enfasi mediatica, si sono verificati sul territorio italiano una decina di crolli di ponti esistenti.

L'analisi di tali eventi ha messo in evidenza che le cause principali di tali dissesti sono da riferirsi principalmente a fattori ambientali (principalmente deterioramento dei materiali e inondazioni) e a fattori antropologici (eccesso di carichi verticali, errori in fase di esecuzione dei lavori, scarsa manutenzione). Altro aspetto di notevole importanza è che, tra i casi analizzati, il

sisma non rappresenti una causa predominante per il crollo dei ponti.

Nel panorama nazionale attuale inoltre, a differenza di quanto accade in altri Paesi (per esempio Stati Uniti e Germania), una problematica rilevante è rappresentata dall'assenza di un preciso e dettagliato censimento delle opere d'arte esistenti.

I ponti presenti sul nostro territorio, sono gestiti da vari Enti amministrativi e Società private, quali Aiscat, ANAS, Rete Ferroviaria Italiana (R.F.I.), Province e Comuni. Per quanto attiene il numero di manufatti si è accertato che (ANAS 2019, Rapporto U.P.I. 2018, Aiscat 2018):

- l'Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori (Aiscat) gestisce 1626 opere tra ponti e viadotti (dato mancante di cavalcavia);
- la società Autostrade per l'Italia (la più rappresentativa del consorzio Aiscat) si occupa di circa 1.800 manufatti tra ponti, viadotti e cavalcavia;
- la società ANAS gestisce 14.644 opere tra ponti e viadotti;

- il gruppo R.F.I. detiene la gestione di circa 19.000 opere tra ponti, viadotti e sottovia;
- le Province italiane, escludendo le isole ed il Trentino Alto-Adige gestiscono non meno di 30.000 manufatti.

Un dato allarmante dello scenario italiano è che, alla data di febbraio 2019, vi siano circa 950 ponti di cui non è nota la proprietà (ANAS 2019).

Attesa la scala del problema, risulta dunque necessaria l'attuazione di precise politiche di gestione a larga scala tese a preservare un così ampio patrimonio infrastrutturale.

1.2 *Lo stato dell'arte*

Il tema riguardante la gestione e la valutazione della vulnerabilità e del rischio strutturale dei ponti esistenti, da attuarsi con metodologie di tipo speditivo e a scala territoriale, è risultato essere, oltre che oggetto di studio e di applicazione da parte di alcuni enti gestori, anche di interesse della ricerca scientifica. Nel panorama nazionale, la situazione risulta essere abbastanza eterogenea, considerando che i vari gestori utilizzano differenti metodologie di gestione.

Nello specifico, il gruppo R.F.I. utilizza la procedura interna sviluppata autonomamente (Diagnostica Opere d'arte Manutenzione Unificata Standard - DOMUS) per la programmazione di ispezioni visive e successiva valutazione dei difetti dei ponti di propria competenza (Treglia et al. 2005).

Analogamente, l'ente ANAS, almeno fino allo scorso anno, ovvero precedentemente all'assorbimento da parte del gruppo R.F.I., utilizzava il metodo Road Asset Management (RAM), attraverso il quale è possibile fornire indicatori sintetici in grado di rappresentare lo stato di conservazione e l'effettiva funzionalità dei manufatti di propria gestione (ANAS 2018).

Inoltre, altre procedure sono state implementate e applicate in contesti internazionali. In particolare, merita di essere menzionata la metodologia HazUS utilizzata negli Stati Uniti, la quale prevede la definizione di curve di fragilità per 28 tipologie di ponti, attraverso le quali è possibile stimare il danno atteso in caso di evento sismico (Mander e Basoz 1999, R.M.S.I. 1999). Sulla scorta di tale procedimento è stato implementato anche un metodo simile per la valutazione della vulnerabilità sismica di ponti in Taiwan, denominato Haz-Taiwan (Liao and Loh 2004).

Altre metodologie sono state sviluppate nel contesto nazionale, attraverso le quali è possibile, tramite indicatori sintetici rappresentativi dello

stato di conservazione dell'opera, programmare le azioni di intervento (CIAS 2001), (Montepara et al. 2008), (Valenzuela et al. 2009), (Castorani et al. 2011). Tutti i metodi menzionati prevedono, generalmente, una procedura comune basata su ispezioni visive tese a valutare lo stato di conservazione delle strutture e la definizione dunque di opportune strategie di manutenzione ed intervento.

1.3 *Motivazioni e finalità*

Il presente studio si inquadra in una collaborazione tra l'ente Provincia di Caserta e il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", finalizzata alle attività di censimento connesse e propedeutiche alla valutazione della sicurezza dei ponti stradali insistenti sulla viabilità di competenza provinciale (di proprietà ed in gestione).

La Provincia di Caserta, su strade di propria competenza, ad oggi gestisce un patrimonio di 879 ponti. Atteso l'elevato numero di strutture in gestione, nonché il presumibile precario stato di conservazione in cui esse versano, risulta evidente la necessità di disporre di un efficace sistema di censimento e classificazione che, sulla base di un approccio a larga scala, renda in qualche modo possibile l'adozione di politiche di gestione del rischio strutturale di tali manufatti.

Con tale obiettivo generale, la presente memoria illustra l'implementazione e l'applicazione a 400 manufatti di luce maggiore di 4,5 metri di proprietà ed in gestione dell'Ente Provincia di Caserta di uno strumento schedografico finalizzato al censimento e alla valutazione preliminare del rischio strutturale dei ponti esistenti su base meramente tipologica. Inoltre, sulla scorta di visite ispettive eseguite su alcuni ponti opportunamente selezionati, vengono fornite indicazioni ed informazioni sullo stato di conservazione e sulle principali criticità tipicamente presenti sui manufatti insistenti sulla rete viaria provinciale. Nel suo insieme, lo studio svolto consente di definire un primo scenario dello stato di rischio e di conservazione dei manufatti della Provincia di Caserta.

2 IL PATRIMONIO INFRASTRUTTURALE DELLA PROVINCIA DI CASERTA

2.1 *Il campione della provincia di Caserta*

Ad oggi, la Provincia di Caserta è responsabile della sicurezza di 879 manufatti tra ponti,

viadotti, sottovia e sovrappassi dislocati sull'intero territorio provinciale (Figura 1). In particolare, tra i manufatti di proprietà ed in gestione da parte dell'Ente vi sono 773 opere tra ponti, viadotti e sottovia, mentre risultano essere 106 i sovrappassi.

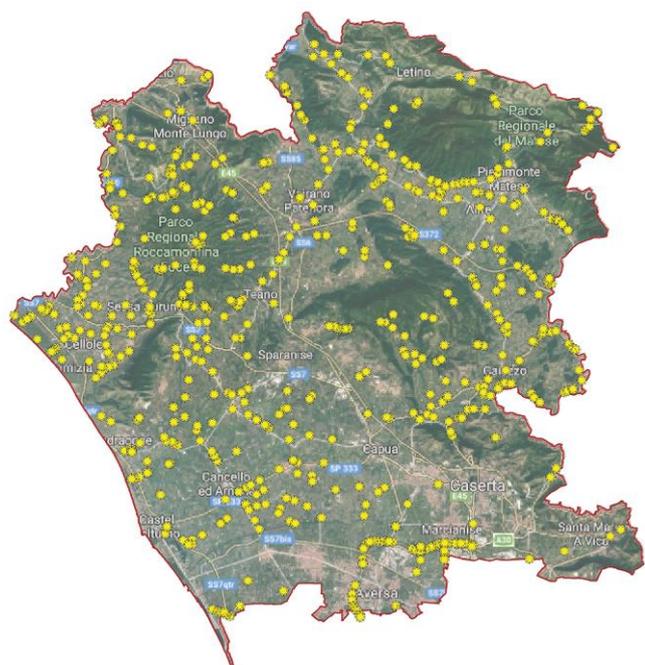


Figura 1. Localizzazione dei ponti di competenza della Provincia di Caserta

Negli ultimi anni, attesa l'importanza della questione ampiamente esposta in premessa, già prima del tragico evento di Genova, l'Ente si era adoperato per effettuare un primo censimento delle strutture di propria competenza, raccogliendo dati cartografici e fotografici necessari per l'inquadramento territoriale di ciascun manufatto, nonché per il concepimento delle rispettive caratteristiche tipologiche. Per completare il quadro della conoscenza del patrimonio delle opere d'arte in gestione da parte dell'Ente, per gran parte di tali manufatti, in particolare per le 773 opere definite come ponti, viadotti o sottovia, sono stati raccolti ulteriori dati geometrici e tipologici, quali: la lunghezza complessiva, il numero di campate, il materiale costruttivo e la tipologia di schema statico.

2.2 Caratteristiche geometriche del campione

I ponti di competenza della Provincia di Caserta, con riferimento alla lunghezza complessiva (Figura 2), risultano essere per quasi una metà (47%) caratterizzati da una lunghezza inferiore ai 5 metri, mentre un'altra consistente porzione, pari a circa un quarto del numero totale, presenta una lunghezza compresa tra 5 e 10 metri.

La restante parte del campione, escludendo il 10% per il quale il dato è risultato mancante, risulta quasi egualmente distribuita per le due fasce superiori (10-20 m e 20-50 m), mentre sono presenti solo pochi casi di strutture aventi lunghezza superiore.

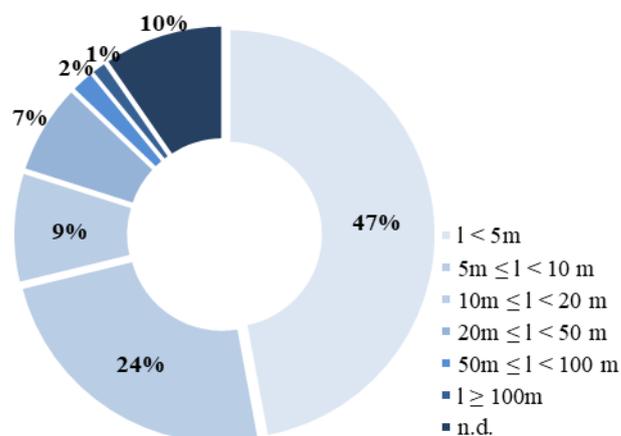


Figura 2. Distribuzione della lunghezza totale dei ponti di competenza della Provincia di Caserta.

Per quanto attiene invece al numero di campate (Figura 3), è stata valutata un'importante prevalenza di strutture monocampate (79%) e, una piccolissima percentuale di ponti aventi un numero di campate superiore a 5 (circa 2%).

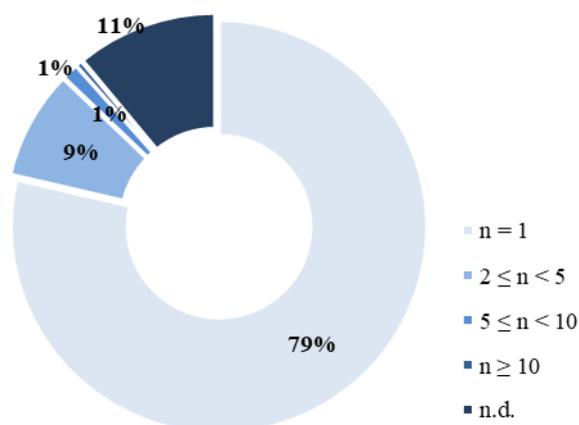


Figura 3. Distribuzione del numero di campate dei ponti di competenza della Provincia di Caserta.

2.3 Caratteristiche tipologiche del campione

Relativamente al materiale costruttivo costituente l'impalcato (Figura 4), dai dati raccolti dall'Ente attraverso le operazioni di censimento preliminare, è emerso che circa la metà del campione (51%) è caratterizzato da una struttura portante in cemento armato, mentre circa un quarto (24%) presenta struttura in muratura. Per il 16% dei manufatti tale informazione non è risultata disponibile, mentre il 3% ed il 4% rappresentano rispettivamente ponti con impalcato in calcestruzzo armato precompresso

(c.a.p.) e mista c.a.–c.a.p.. Risultano invece quasi totalmente assenti ponti con impalcato in acciaio, essendo presente una piccolissima percentuale (1%) di impalcati con struttura mista acciaio-c.a..

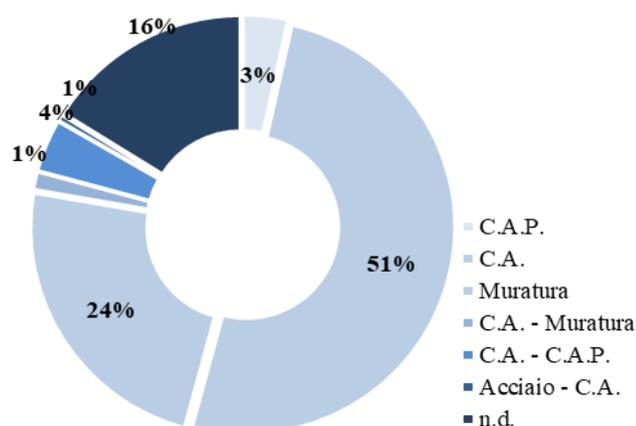


Figura 4. Distribuzione del materiale costruttivo dei ponti di competenza della Provincia di Caserta

Infine, per quanto attiene allo schema statico, si è osservato che circa la metà del campione (53%) presenta uno schema statico costituito da travi in semplice appoggio, il 32% è caratterizzato, invece, da una struttura ad arco, mentre la tipologia a trave continua è presente solo per l'1% dei casi. Anche in questo caso, inoltre, per una percentuale del 14% del campione totale, tale dato non risulta disponibile.

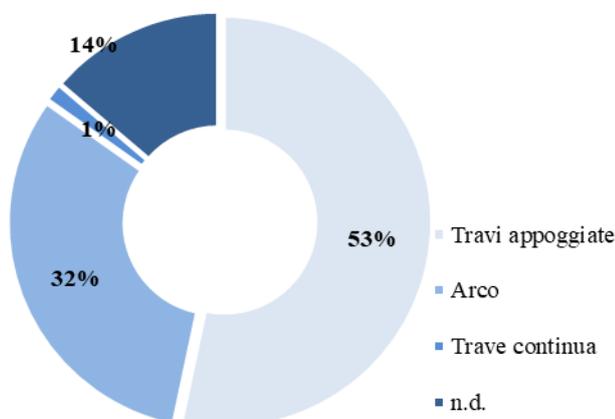


Figura 5. Distribuzione della tipologia di schema statico dei ponti di competenza della Provincia di Caserta.

3 LO STRUMENTO SCHEDOGRAFICO PROPOSTO

3.1 Introduzione

Lo strumento schedografico messo a punto si colloca all'interno di una ben più complessa procedura finalizzata alla valutazione di sicurezza speditiva dei ponti esistenti, che l'Università della Campania "Luigi Vanvitelli" sta sviluppando

insieme con l'Università di Pisa, L'Università "La Sapienza" di Roma, il Politecnico di Bari e l'Università di Camerino.

Si è definita pertanto una metodologia finalizzata al censimento dei ponti insistenti sulla intera rete di viabilità di competenza della Provincia di Caserta, sulla base di fattori relativi ad aspetti territoriali, tipologici ed oggettivi, resi disponibili dallo stesso Ente.

La prima fase dello studio ha previsto la definizione dello strumento di classificazione (*Scheda di valutazione di livello zero (censimento) del rischio strutturale dei ponti basata su soli parametri oggettivi - in assenza di sopralluogo*) e quindi la sua applicazione ad un campione comprendente tutti i ponti di competenza provinciale aventi lunghezza complessiva superiore o uguale a 4,5 metri.

Lo strumento schedografico in oggetto, attraverso la valutazione preliminare e semplificata del potenziale rischio strutturale di ciascun manufatto, sintetizzata mediante un indicatore di rischio strutturale (I_{rs}) valutato su base esclusivamente tipologica, si pone l'obiettivo di facilitare la gestione del patrimonio infrastrutturale. La procedura è finalizzata infatti alla definizione di una scala di priorità, attraverso la quale programmare e sviluppare le successive attività di sopralluogo (previste dalla procedura complessiva) necessarie a verificare l'effettivo stato manutentivo e di conservazione e, quindi le eventuali specifiche criticità che caratterizzano ciascun manufatto.

3.2 La scheda di valutazione e classificazione

La "Scheda di valutazione di livello zero (censimento) del rischio strutturale dei ponti basata su soli parametri oggettivi - in assenza di sopralluogo", implementata in formato .xls si articola in quattro sezioni principali:

1. Ubicazione;
2. Esposizione;
3. Vulnerabilità;
4. Indicatore di rischio strutturale (I_{rs}).

Per l'implementazione e la successiva compilazione per ciascun manufatto, si è fatto dunque riferimento ai soli parametri forniti dall'Ente, eventualmente arricchiti, ove necessario, da altre informazioni oggettive facilmente reperibili attraverso l'utilizzo di semplici applicativi quali Google Earth e ArcGIS.

La scheda proposta, attraverso l'utilizzo dei parametri presenti nelle tre sezioni, fornisce come output un indicatore sintetico (I_{rs}), che determina una prima indicazione sulla presenza di potenziali fattori di rischio strutturale (statici e sismici).

Tale indicazione quantitativa non può comunque intendersi come effettivamente rappresentativa della sicurezza strutturale del manufatto preso in esame, in quanto non tiene in alcun modo conto dello stato manutentivo e di conservazione della struttura.

3.3 Sezione 1: Ubicazione

Nella prima sezione della Scheda sono raccolte le informazioni anagrafiche dell'opera in oggetto, comprendenti:

- nome del manufatto;
- codice identificativo;
- strada di appartenenza;
- progressiva chilometrica;
- coordinate geografiche (espresse in gradi decimali);
- comune di appartenenza;
- anno di costruzione.

In particolare, considerando che il territorio della provincia di Caserta, in accordo con l'attuale normativa tecnica vigente (D.M. 19/01/2018), risulta essere contraddistinto dalla presenza di differenti livelli di sismicità, il parametro di pericolosità sismica si è convenzionalmente valutato in funzione dell'accelerazione di picco al suolo (PGA) attesa per il sito di ubicazione di ciascuna opera. Tale valore è stato riferito ad un periodo di ritorno T_R pari a 475 anni (vita nominale $V_N=50$ anni, coefficiente d'uso $C_U=1$ e probabilità di eccedenza $P_{VR}=10\%$) con lo scopo di non considerare, in questa fase, l'influenza dell'esposizione della struttura, la quale viene invece valutata nella sezione successiva.

L'anno di costruzione del manufatto, non essendo tale dato disponibile per tutte le strutture analizzate, è stato espresso in termini di fascia temporale. Pertanto, in assenza di precisa informazione sull'epoca di costruzione, l'anno di costruzione, in via preliminare, è stato correlato al materiale e alla tecnica costruttiva utilizzati.

3.4 Sezione 2: Esposizione

Nella seconda sezione della Scheda sono raccolti parametri utili alla valutazione dell'esposizione dell'opera, intesa come indicativa di una stima qualitativa dei possibili danni economici diretti ed indiretti, disagi arrecati all'utenza servita ed perdita di vite umane che potrebbero verificarsi a seguito di un eventuale crollo e/o inoperatività della struttura considerata. Le informazioni utilizzate in questa sezione sono dunque:

- tipologia di strada (funzione del traffico su di essa potenzialmente presente);
- lunghezza dell'opera;

- tipologia di struttura (in funzione dell'ostacolo superato);
- presenza di strade alternative;
- eventuali limitazioni al traffico dei veicoli pesanti o di sensi unici alternati.

Il valore di esposizione restituito dalla scheda risulta influenzato dalla tipologia della struttura, definita in funzione dell'ostacolo superato (Petrangeli 1996). In particolare, sono stati assegnati valori di esposizione maggiori alle strutture che permettono il superamento di un ostacolo antropizzato (strade, ferrovie, autostrade o centri abitati), definite come "cavalcavia", piuttosto che naturale (valle, fiume, canale); in questo ultimo caso, è stata prevista una distinzione tra l'opera indicata quale "ponte", nei casi in cui essa oltrepassa un ostacolo idraulico (fiume, canale, bracci di mare), e l'opera indicata come viadotto, laddove si è in presenza invece di depressioni o vallate. Analogamente, il parametro di esposizione risulta influenzato dalla strategicità dell'opera, in relazione alla presenza e/o lunghezza di percorsi stradali alternativi presenti nelle vicinanze di ciascuna opera. Si è inoltre tenuto conto della sussistenza, su ciascuna opera considerata, di eventuali limitazioni al traffico a veicoli pesanti o di sensi unici alternati.

3.5 Sezione 3: Vulnerabilità

La terza sezione della scheda mira a definire l'aliquota del rischio strutturale legata alla vulnerabilità del manufatto, determinata sulla base di aspetti tipologici e strutturali; a tale scopo, si è tenuto conto dello schema statico del manufatto, nonché del materiale costruttivo dell'impalcato. Le altre informazioni utilizzate riguardano il numero di pile e la lunghezza media della campata.

La logica con cui si tiene conto di tali aspetti risulta sostanzialmente definita in funzione della complessità dell'opera e della probabilità che gli elementi portanti del manufatto possano dar luogo a situazioni di criticità strutturali.

3.6 Sezione 4: Indicatore di rischio strutturale

La quarta ed ultima sezione della scheda fornisce l'indicatore di rischio strutturale (I_{rs}), determinato attraverso la combinazione dei punteggi assegnati a ciascun parametro inserito nelle sezioni precedenti.

L'indicatore di rischio strutturale fornito in output risulta essere dunque determinato sulla scorta di una rielaborazione di tipo additivo dei fattori (vulnerabilità, pericolosità ed esposizione); tale approccio, infatti, attesa la sostanziale omogeneità del campione considerato, consente

di evitare una concentrazione di valori nelle fasce basse di rischio, che si otterrebbe qualora si operasse moltiplicando ciascuno dei parametri considerati. L'indicatore I_{rs} ottenuto intende definire una misura della probabilità che il manufatto in oggetto possa trovarsi in condizioni di inadeguatezza strutturale, ciò in funzione anche dell'importanza strategica dell'opera, del contesto stradale in cui è essa è inserita e della zona sismica di appartenenza, fornendo in tal modo un indice di priorità in base al quale porre progressivamente l'attenzione su di essa.

4 LO SCENARIO DELLA PROVINCIA DI CASERTA

4.1 Le fasce di rischio

La procedura di schedatura proposta è stata inizialmente applicata su un campione di 400 manufatti di competenza della Provincia di Caserta, ovvero tutti quelli aventi una luce maggiore o uguale a 4,5 metri.

Si è proceduto dunque a definire delle fasce di rischio come di seguito indicate:

- Fascia di rischio Bassa ($I_{rs} < 0.33$);
- Fascia di rischio Medio-Bassa ($0.33 \leq I_{rs} < 0.44$);
- Fascia di rischio Media ($0.44 \leq I_{rs} < 0.55$);
- Fascia di rischio Medio-Alta ($0.55 \leq I_{rs} < 0.66$);
- Fascia di rischio Alta ($I_{rs} \geq 0.66$).

4.2 I risultati ottenuti

L'applicazione della scheda implementata ha evidenziato come, difatti, considerando una certa omogeneità del campione, la maggior parte delle strutture analizzate si colloca nelle fasce di rischio centrali (Figura 6). In particolare si è evidenziato che il 51% del campione ha restituito $0.33 \leq I_{rs} < 0.44$ (fascia Medio-Bassa), per il 37% si è ottenuto $0.44 \leq I_{rs} < 0.55$ (fascia Media), mentre il 10% rientra nella fascia di rischio Medio-Alta ($0.55 \leq I_{rs} < 0.66$). Inoltre solo per una struttura si è ottenuto un $I_{rs} < 0.33$, mentre circa il 2% è caratterizzato da un rischio strutturale Alto.

Si specifica che i risultati ottenuti in questa fase di studio non tengono conto di eventuali situazioni patologiche di ciascun specifico manufatto, ovvero di quadri fessurativi, stati di degrado e altre carenze intrinseche, le quali sono determinabili solo mediante dettagliate ispezioni dei manufatti e quindi a valle di specifici sopralluoghi.

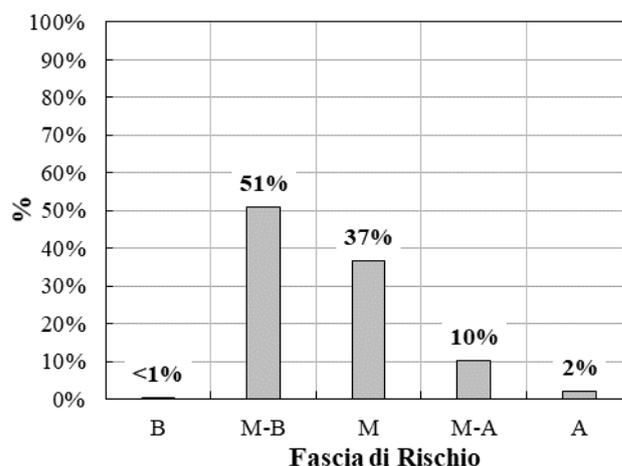


Figura 6. Risultati ottenuti in termini di indicatore di rischio strutturale (I_{rs}).

4.3 Le ispezioni

Attraverso l'applicazione della procedura implementata è stato possibile programmare le successive attività ed in particolare pianificare le ispezioni valutative.

La principale finalità delle ispezioni condotte è stata quella di valutare lo stato di conservazione delle strutture e segnalare eventuali provvedimenti da adottarsi in caso di presenza di situazioni di particolare criticità.

Ad oggi, risultano essere state condotte 23 ispezioni, che permettono, almeno qualitativamente, di offrire uno scenario delle condizioni in cui versano le infrastrutture presenti sul territorio Casertano.

In particolare, è stato osservato che una significativa problematica comune rinvenuta è quella relativa ai sistemi di convogliamento delle acque meteoriche. Sono stati difatti riscontrati, su gran parte dei ponti ispezionati, a causa di percolazioni dalle strutture sovrastanti, segni di umidità e fenomeni di dilavamento delle superfici di spalle e pile e all'intradosso degli elementi strutturali dell'impalcato.

Il cattivo smaltimento delle acque, in generale, è legato sia alla presenza di infiltrazioni in corrispondenza dei giunti trasversali dell'impalcato, sia per una non idonea percolazione lungo i bordi della carreggiata per mezzo di scarichi assenti o inadeguati in relazione alle dimensioni del manufatto.

Inoltre, con riferimento alle strutture in c.a., come diretta conseguenza di tali problematiche, sono state rinvenute diffusamente importanti espulsioni di porzioni di copriferro, con conseguente esposizione e ossidazione delle armature, le quali, in qualche situazione

particolarmente critica, sono risultate essere addirittura discontinue (Figura 7, Figura 8).



Figura 7. Tipici fenomeni di dilavamento, espulsione del copriferro ed ossidazione delle armature esposte (trave di bordo).



Figura 8. Tipici fenomeni di distacco del copriferro ed ossidazione delle armature esposte (pila).

Nel corso delle ispezioni, sono state inoltre rinvenute frequentemente lesioni di varia entità, concentrate in particolar modo in corrispondenza delle spalle, spesso per questioni legate ad aspetti di carattere geotecnico (Figura 9).

Per le strutture in muratura, seppur con minore frequenza, si sono rilevate altre situazioni di degrado legate soprattutto alla vetustà dei manufatti (ad es. assenza di porzioni di muratura e patine biologiche). Altra tipica problematica riscontrata è risultata essere presenza di

vegetazione che, in molti casi, penetrando all'interno del paramento murario, ha innescato l'insorgenza di veri e propri quadri fessurativi (Figura 10).

Le criticità riscontrate interessano anche gli elementi accessori, quali la pavimentazione stradale, talvolta caratterizzata da fessure e anomalie, la presenza di guardrail e di parapetti degradati e di sottoservizi ancorati in maniera non idonea agli elementi della struttura.



Figura 9. Lesione strutturale in corrispondenza di una spalla.



Figura 10. Presenza di vegetazione all'interno delle strutture in muratura con insorgenza di fenomeni di dissesto

Pertanto, a seguito delle ispezioni effettuate, con il fine di preservare le strutture ed evitare l'aggravamento delle situazioni di degrado riscontrate, sono stati prescritti specifici

provvedimenti di risanamento e interventi di manutenzione. In alcuni casi particolarmente critici, inoltre, si è ritenuto opportuno suggerire di intraprendere misure cautelative di limitazione dei carichi da traffico e/o restringimenti della carreggiata, nonché di procedere all'esecuzione di verifiche analitiche della sicurezza e della vulnerabilità sismica per quantificare l'effettiva capacità resistente di tali strutture.

5 CONSIDERAZIONI FINALI E SVILUPPI FUTURI

Il patrimonio infrastrutturale italiano, per questioni legate principalmente alla vetustà e alla mancata applicazione nel corso del tempo di mirate azioni manutentive, versa in condizioni che spesso risultano critiche. Molte strutture, specialmente quelle in c.a., costruite nel secondo dopoguerra (che rappresentano sicuramente una larga fetta del patrimonio infrastrutturale italiano), hanno di fatto superato la loro vita utile, anche tenuto conto dell'alta esposizione legata a fenomeni ambientali.

Con il fine di censire i ponti presenti nel territorio della provincia di Caserta e promuovere strategie di analisi volte a determinare lo stato di sicurezza e definire strategie di intervento per il risanamento strutturale, è stata implementata una prima procedura di schedatura per la classificazione del potenziale rischio strutturale dei manufatti.

La Scheda proposta, in funzione esclusivamente delle caratteristiche tipologiche, geometriche, ubicative ed espositive del manufatto, costituisce, infatti, un primo risultato di un lavoro più ampio, che ha come obiettivo quello di predisporre un approccio multicriterio fondato su più aspetti (stato di conservazione, evoluzione delle normative, qualità dei materiali, etc.) e finalizzato a restituire un indice di rischio strutturale mediante procedure di tipo speditivo, quale alternativa alla esecuzione di più complesse valutazioni della sicurezza strutturale di tipo analitico. Sulla base dei risultati dell'applicazione della procedura proposta, è stato intrapreso, inoltre, in un programma di ispezione finalizzato a verificare lo stato manutentivo di alcuni tipici manufatti; lo studio svolto, nel suo insieme, ha consentito di definire un primo scenario dello stato di rischio e di conservazione dei manufatti della Provincia di Caserta.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori intendono ringraziare il Presidente della Provincia di Caserta, Avv. Giorgio Magliocca, per la sensibilità dimostrata. Ringraziano, inoltre, il geom. Carmine Sparano per la fattiva e proficua collaborazione fornita durante l'intero svolgimento delle attività.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ANAS, 2018. Focus sistema Anas di gestione e sorveglianza di ponti e viadotti, https://www.stradeanas.it/sites/default/files/Focus%20Ponti%20e%20Viadotti_ottobre%202018.pdf.
- ANAS, 2019. Anas, censimento e ispezioni dei cavalcavia sulla rete stradale, <https://www.stradeanas.it/it/cavalcavia-senza-documentazione-di-proprietà>.
- Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori, 2018. Aiscat in cifre 2018. <http://www.aiscat.it/publicazioni/downloads/aiscat-in-cifre-2018.pdf>
- Castorani, A. et al., 2011. Methodological approach to evaluate multihazard risk on bridges and viaducts, *Italian Journal of Engineering Geology and Environment, Special Issue 1*. DOI: 10.4408/IJEGE.2011-01.S-02
- CIAS - Centro Internazionale di Aggiornamento Sperimentale-Scientifico, 2001. *Manuale valutazione dello stato dei ponti*. 4Emme.
- Liao, W., Loh, C.H., 2004. Preliminary study on the fragility curves for highway bridges in Taiwan. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 27 (3), 367-75.
- Mander J., Basoz N., 1999. Seismic fragility curve theory for highway bridges. *5th U.S. Conference on Lifeline Earthquake Engineering*. August 12-14, Seattle, Washington, USA.
- D.M. 21/01/2018. Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.
- Montepara A., Merusi F., Giuliani F., 2008. Sviluppo di una nuova metodologia per la valutazione delle priorità di intervento di manutenzione di ponti e viadotti. *17° Convegno Nazionale della Società Italiana Infrastrutture Viarie*. September 10-12, Enna, IT.
- Petrangeli, M., 1996. *Progettazione e costruzione di ponti con cenni di patologia e diagnostica delle opere esistenti*, Casa Editrice Ambrosiana.
- Risk Management Solutions, Inc, 1999. *Earthquake Loss Estimation Methodology – HAZUS99 Technical Manual*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- Triglia, M., Maffei, G., Mari, D., 2005. Innovazione nella manutenzione dell'infrastruttura in RFI, *Quadrimestrale di Rete Ferroviaria Italiana*. <http://www.rfi.it/cms-file/allegati/rfi/argomento numero6.pdf>
- UPI - Unione Province d'Italia, 2018. Conferenza stampa Ponti: i risultati del monitoraggio delle Province, <https://www.provinceditalia.it/monitoraggio-ponti-upi-censite-5-931-opere-servono-3-miliardi-per-intervenire-su-sicurezza>.
- Valenzuela, S., de Solminihac, H., Echaveguren T., 2009. Proposal of an Integrated Index for Prioritization of Bridge Maintenance. *Journal of Bridge Engineering* 15(3): 337-43