

Valutazione del rischio dei ponti della rete stradale ANAS nel nord-est d'Italia

Tobia Zordan^a, Alessandra Romano^a, Cheng Lan^a, Alessandro Esposito^a,
Renan Cunha^a, Ettore de La Grennelais^b, Antonio Nicolò^b

^aBOLINA Ingegneria S.r.l. - Via del Gazzato 20, 30173 Venezia – Mestre (VE), Italy

^bANAS S.p.A. Struttura Territoriale Veneto e Friuli Venezia Giulia - Via Millosevich 49, 30173 Venezia – Mestre (VE), Italy

Abstract

La sicurezza e la funzionalità dei ponti sono fondamentali per la rete stradale. In Italia, le ultime "Linee guida per la classificazione del rischio e la gestione, la valutazione della sicurezza e il monitoraggio dei ponti esistenti" richiedono una valutazione di "Livello 4" (verifica accurata) per i ponti che possono presentare problemi critici. Questo articolo presenta una campagna completa di verifica di Livello 4 e valutazione della transitabilità di 53 ponti sotto la responsabilità di ANAS S.p.A. (Azienda Nazionale Autonoma delle Strade) - Struttura Territoriale Veneto e Friuli Venezia Giulia. Questa campagna è una delle più estese mai realizzate nella regione. Per ciascun ponte, viene effettuata una ricerca per determinare il contesto storico e il progetto originale, così come le informazioni sugli interventi, ove disponibili. Viene eseguito un sopralluogo preliminare per inquadrare le caratteristiche strutturali dei ponti e le caratteristiche geomorfologiche delle aree circostanti. Successivamente viene eseguito un rilievo con drone per produrre una nuvola di punti di ogni struttura. Viene quindi condotta una serie di test sulla sovrastruttura e sulla sottostruttura per determinare le caratteristiche meccaniche e i dettagli costruttivi, e sulla geologia per fornire i parametri sismici e geotecnici rilevanti. I ponti vengono quindi rappresentati graficamente utilizzando la metodologia BIM. E viene eseguita la modellazione FEM con i carichi di traffico richiesti dalle linee guida e secondo i veicoli considerati per la funzionalità. Come risultato, si ottiene una classificazione di tutti i ponti in esame con l'identificazione delle possibili criticità della rete stradale, che verranno eventualmente seguite da interventi di riparazione/miglioramento/adattamento. Questo lavoro contribuisce all'avanzamento della conoscenza e delle pratiche nei campi dell'ispezione, valutazione e gestione dei ponti, facendo riferimento agli ultimi sviluppi scientifici, tecnici, tecnologici e regolamentari a livello nazionale e internazionale.

1. Introduzione

La gestione della sicurezza dei ponti rappresenta un elemento cruciale nella salvaguardia dell'infrastruttura stradale, garantendo la sicurezza degli utenti e preservando la durabilità delle strutture (Ryall, 2010; Dayan et al, 2022). In questo contesto, l'accordo quadro tra ANAS S.p.A. (Azienda Nazionale Autonoma delle Strade) e BOLINA Ingegneria gioca un ruolo significativo, concentrando i propri sforzi sulla rete stradale nel nord-est dell'Italia. L'importanza di questo accordo risiede nella necessità di adottare pratiche avanzate in conformità con le normative attuali per garantire la sicurezza di numerosi ponti all'interno della rete ANAS (vedi Fig.1).

Le linee guida (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2022) forniscono un solido quadro normativo per la gestione della sicurezza dei ponti, proponendo un approccio stratificato adattato alla criticità delle singole strutture. In questo contesto, BOLINA Ingegneria, partner strategico di ANAS, si impegna attivamente in attività di ingegneria attraverso tutti e quattro i livelli di verifica. All'interno del mandato ricevuto, BOLINA opera nei primi quattro livelli delineati dalle Linee Guida, attenendosi alle modalità operative tipiche di ciascun livello.

- Livello 0: Coinvolge la raccolta di tutte le informazioni di progettazione e la documentazione delle caratteristiche strutturali di tutte le opere infrastrutturali attraverso la compilazione di una carta di identità.
- Livello 1: Comprende ispezioni visive dirette e rilevamenti rapidi della struttura, insieme a caratteristiche geomorfologiche e idrauliche. Questo livello caratterizza il degrado esistente, le proprietà geometriche e strutturali e i rischi potenziali associati a frane o eventi idraulici per i ponti identificati al Livello 0.
- Livello 2: Basato sulla valutazione dei parametri di pericolo, esposizione e vulnerabilità derivati da indagini precedenti, assegna una classe di attenzione a ciascun ponte. In base a questa classe, vengono prese decisioni sul numero di livelli di indagine successivi necessari per approfondire la sicurezza della struttura.
- Livello 3: Coinvolge valutazioni semplificate per determinare la necessità di ulteriori indagini tramite verifiche al Livello 4.
- Livello 4: Comprende valutazioni di sicurezza in conformità con i regolamenti NTC2018 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2018).

Questa sinergia tra ANAS e BOLINA riflette un impegno congiunto per la sicurezza e la durabilità delle strutture, con particolare attenzione alle esigenze della rete stradale nel nord-est dell'Italia. L'obiettivo è fornire un modello esemplare di gestione delle infrastrutture integrando le migliori pratiche ingegneristiche con disposizioni normative per garantire la sicurezza degli utenti e preservare l'integrità delle strutture stradali nel lungo periodo. Successivamente, verrà presentata una panoramica delle attività in corso, seguita dalla presentazione di un caso specifico rappresentativo del lavoro svolto su ciascun ponte all'interno dell'asset esaminato.



Fig. 1. Esempi di diverse tipologie di ponti della rete stradale ANAS nel nord-est Italia.

2. Considerazioni preliminari

La rete stradale oggetto dell'esame nella partnership tra ANAS e BOLINA Ingegneria si distingue per la sua straordinaria diversità in termini di ponti, che variano significativamente per anno di costruzione, materiali utilizzati, schemi statici e stato di conservazione. Questa eterogeneità richiede un approccio completo e multidimensionale alla valutazione della sicurezza, poiché la caratterizzazione diversificata delle strutture artistiche costituisce una sfida significativa per la gestione e la manutenzione.

In primo luogo, un'analisi dettagliata a livello individuale dei singoli ponti risulta essenziale per comprendere le peculiarità e le sfide specifiche di ciascuna struttura. La varietà negli anni di costruzione riflette l'evoluzione delle tecniche di costruzione nel tempo, con diversi ponti che si trovano ad affrontare condizioni ambientali e carichi strutturali variabili. L'eterogeneità nei materiali utilizzati, che vanno dall'acciaio al calcestruzzo armato, introduce ulteriore complessità alla valutazione, poiché ciascun materiale reagisce in modo unico agli agenti atmosferici e si deteriora nel tempo.

La varietà di schemi statici e configurazioni strutturali aggiunge un ulteriore livello di complessità. I ponti con geometrie e schemi statici diversi richiedono un'analisi specifica per comprendere il comportamento strutturale sotto diversi carichi. Questa eterogeneità non solo influisce sulle metodologie di verifica, ma rende anche necessaria la personalizzazione delle strategie di manutenzione in base alle caratteristiche intrinseche di ciascuna opera.

Un altro elemento chiave da considerare è lo stato variegato di conservazione dei ponti. L'usura dovuta a fattori come l'invecchiamento strutturale, il traffico pesante, gli agenti atmosferici e la mancanza di manutenzione può variare significativamente da un ponte all'altro. Diventa quindi cruciale adottare interventi di manutenzione mirati, con l'obiettivo di preservare ed estendere la vita operativa di ciascuna struttura.

La descritta eterogeneità rende necessario un approccio statistico alla valutazione della sicurezza. Non è sufficiente analizzare ogni ponte singolarmente; invece, è necessario considerare il contesto più ampio delle sezioni stradali in cui sono concentrati questi manufatti. Un giudizio esperto sulla sicurezza deve tener conto delle variabili di stato, considerando non solo le singole strutture ma anche il loro impatto cumulativo sulla sicurezza complessiva della rete stradale.

In sintesi, la gestione della sicurezza dei ponti sulla rete stradale ANAS nel nord-est dell'Italia richiede un approccio integrato e avanzato. La diversità delle opere rende cruciale un'analisi approfondita a livello individuale dei singoli ponti, sottolineando l'importanza di un approccio statistico per valutare con competenza la sicurezza delle sezioni stradali. La partnership tra ANAS e BOLINA Ingegneria, operante su tutti i livelli di verifica, riflette un impegno per affrontare questa sfida complessa e garantire la sicurezza e la durabilità dell'infrastruttura su larga scala.

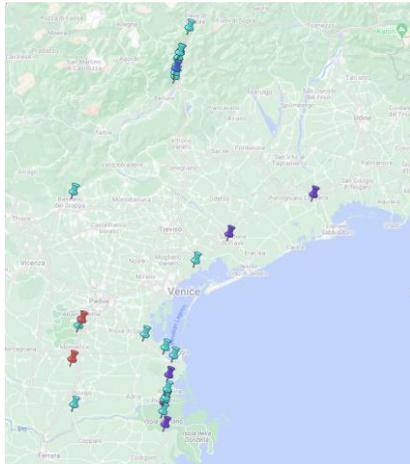
Come mostrato in Fig.2, l'attività è organizzata in un programma biennale con la divisione dell'intero patrimonio di ponti in due grandi categorie, riassunte come segue.

3. Riepilogo dell'attività svolta

L'attività in corso su ciascuna struttura individuale è organizzata nelle seguenti fasi:

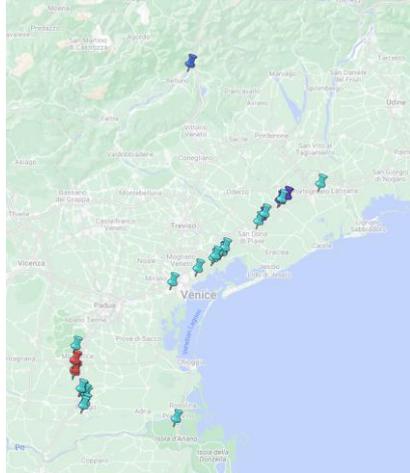
- a) Analisi storico-critica:
 - Analisi storica della documentazione disponibile nell'archivio ANAS.
 - Valutazione dei difetti identificati all'interno delle schede di ispezione presenti nel sistema ANAS-RAM-BMS.
- b) Preparazione del Piano di Indagine Diagnostica e Rilevamento Strutturale:
 - Redazione di un piano per l'indagine diagnostica e il rilevamento strutturale basato sui risultati ottenuti nel passaggio precedente.
- c) Esecuzione del Rilevamento Geometrico Strutturale:
 - Esecuzione di un rilevamento geometrico strutturale della struttura in situ.
- d) Esecuzione del Rilevamento delle lesioni/fessurazioni:
 - Esecuzione di un rilevamento e mappatura delle crepe della struttura e dei suoi componenti.
- e) Indagini Diagnostiche per la Caratterizzazione:
 - Esecuzione di indagini diagnostiche mirate a caratterizzare dettagli costruttivi e materiali.
 - Conduzione di test in situ su elementi strutturali.
 - Esecuzione di test non distruttivi e distruttivi in loco per campionamento, da analizzare all'interno di un laboratorio certificato secondo l'articolo 59 del DPR 380/2001, seguendo le disposizioni del NTC2018.
- f) Analisi del degrado strutturale:
 - Analisi dello stato di deterioramento della struttura e degli elementi strutturali individuali.
- g) Valutazione della Sicurezza e Redazione di Report:
 - Valutazione della sicurezza locale e/o globale della struttura in conformità alle attuali Linee Guida per i Ponti.
 - Argomentazione con un rapporto dettagliato, determinando i livelli di sicurezza raggiunti dalla struttura.
 - Considerazione di scenari di utilizzo potenziali, come declassificazione, imposizione di restrizioni di carico, ecc.

1st Excerpt for the Year of 2023



Road Sect.	Name of Bridge	Year of Construction	Material	Structural Scheme	PRIORITY
SS.51	Ponte ad Arco Castellavazzo	prima del 1961	C.A.	Arco CA/ACCIAIO	1
	Ponte su Rio Frari	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Travate appoggiate	1
	Ponte su Torrente Desedan	dal 1981 al 2000	C.A.	Arco CA/ACCIAIO	1
	Ponte su Torrente Maè	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Gerber	1
	Ponte sul Rio Salere	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	2
	Viadotto Castellavazzo	dal 1961 al 1980	C.A.	Travate appoggiate	2
SS.51	Cavalca Ferrovia Longarone	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	2
	Ponte su Rio Fortogna	dal 1981 al 2000	C.A.P./Muratura	Muratura	2
	Viadotto Italia	dal 1961 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	2
SS.309	Cavalcaferrovia	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Travate appoggiate	1
	Cavalcavia di Innesto con la S5516	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	1
	Cavalcavia su S.P. 37	dal 1961 al 1980	C.A.	Travate appoggiate	2
	Ponte su Canale Veneto	dal 1981 al 2000	C.A.	Travate appoggiate	2
	Ponte sul Canale Stecche	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	2
	Ponte sul Collettore Padano Polesano	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	2
	Ponte sul Fiume Adige	dal 1961 al 1980	Acciaio	Travata continua	2
	Ponte sul Fiume Po	dal 1961 al 1980	Acciaio	Travata continua	2
	Ponte sul Po di Goro	dal 1961 al 1980	Acciaio	Travata continua	2
	Ponte sul Po di Levante	dal 1961 al 1980	C.A.	Gerber	2
SS.16	Ponte Conca di Battaglia Terme	prima del 1961	C.A.	Travate appoggiate	1
	Ponte sul Canal Bianco	dal 1961 al 1980	C.A.	Gerber	1
	Ponte su Scolo Scaranella	prima del 1961	Muratura	Muratura	2
SS.14	Ponte su Derivazione Molini di Mezzavia	prima del 1961	Muratura	Muratura	2
	Ponte dei Bersaglieri	1921	Acciaio	Ponte Grande Luce	1
SS.47	Ponte sul Fiume Dese	dal 1961 al 1980	C.A.	Gerber	1
	Ponte sul Fiume Tagliamento	1949	Acciaio - cls	Gerber	1
SS.47	Ponte su Via Velo Romano d'Ezzelino	1978	C.A.P.	Travate appoggiate	1

2nd Excerpt for the Year of 2024



Road Sect.	Name of Bridge	Year of Construction	Material	Structural Scheme	PRIORITY
SS.51	Ponte Località Criol	1927	Muratura	Muratura	4
SS.309	Cavalcavia Svincolo per Taglio di Po	dal 1961 al 1980	C.A.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Menegon	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	4
SS.16	Ponte Ceresolo	dal 1981 al 2000	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte Scolo della Cesta	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Bagnarolo	dal 1981 al 2000	C.A.	Travata continua	3
	Ponte su Scolo Navegale	prima del 1961	Muratura	Muratura	4
	Ponte su Scolo Rotella	prima del 1961	Muratura	Muratura	4
	Ponte su Scolo Valesina	prima del 1961	Muratura	Muratura	4
	Ponte sul Canale Fossa Monselesana	prima del 1961	Muratura	Muratura	4
	Sottopasso Boara Polesine Via Curtatone	dal 1981 al 2000	C.A.	Ponte scatolare	4
	Sottopasso Via E. Fermi	dal 1981 al 2000	C.A.	Ponte scatolare	4
	Sottopasso via Marconi	dal 1981 al 2000	C.A.	Travate appoggiate	4
SS.14	Viadotto Borsea	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Travate appoggiate	4
	Ponte Canale Nuovo Mais	prima del 1961	Misto	Travate appoggiate	3
	Ponte su S.P. 41	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Fosson	prima del 1961	Misto	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Grassaga	dal 1961 al 1980	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Santa Maria	prima del 1961	C.A.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Scolmatore	dal 1961 al 1980	C.A.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale Vela	prima del 1961	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Fiume Lison	prima del 1961	Acciaio - cls	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Fiume Loncon	prima del 1961	Misto	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Piavon	prima del 1961	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Sile	prima del 1961	Misto	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Siloncello	prima del 1961	C.A.P.	Travate appoggiate	3
	Ponte sul Canale La Vecchia	prima del 1961	C.A.	Travate appoggiate	4
Ponte sul Canale Melonetto	prima del 1961	C.A.	Travate appoggiate	4	

Fig. 2. Programma biennale sulle attività suoi ponti.

4. Analisi storico-documentale

L'analisi storico-documentale costituisce un pilastro fondamentale nella valutazione del livello residuale di sicurezza di un ponte, rappresentando uno strumento prezioso per comprendere la sua evoluzione nel tempo. La raccolta documentale, parte integrante dell'approccio analitico di BOLINA Ingegneria, si sviluppa attraverso una ricerca meticolosa negli archivi ANAS e l'acquisizione di specifica bibliografia. Questa operazione fornisce non solo una panoramica dettagliata delle fasi di progettazione e costruzione, ma consente anche di monitorare le operazioni di manutenzione nel corso degli anni. Attraverso la documentazione storica, è possibile identificare eventuali modifiche strutturali, condizioni ambientali e carichi applicati nel tempo, fornendo così un quadro completo per valutare il livello residuale di sicurezza di ciascun ponte. Questo approccio storico si rivela cruciale per adottare strategie di manutenzione preventive e personalizzate, garantendo la sicurezza e la longevità delle infrastrutture stradali.

Come mostrato nella Figura 3 qui sotto, si tratta di un esempio di estratto dalla documentazione storica acquistata online durante la ricerca bibliografica.

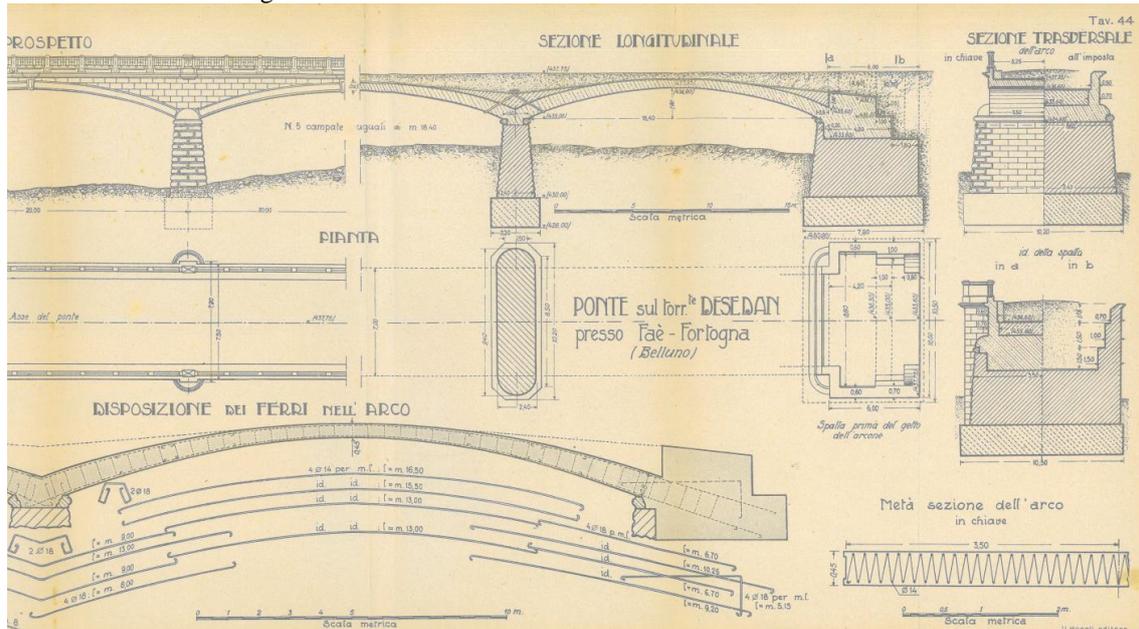


Fig. 3. Esempio di documentazione storica.

5. Preparazione del piano di indagine diagnostica e rilievo strutturale

Per ciascun ponte all'interno della rete stradale esaminata, BOLINA Ingegneria ha sviluppato piani di indagine dettagliati, concentrati sull'implementazione di test in loco non distruttivi e micro-invasivi. Questi test mirano a determinare sperimentalmente le caratteristiche meccaniche dei materiali strutturali nel loro attuale stato di conservazione. I criteri di pianificazione dell'indagine in loco sono finalizzati ad elevare il livello di conoscenza della struttura esistente al massimo grado possibile (LC "livello di conoscenza" secondo il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2018 e 2022). Ciò comporta test completi dei principali elementi e componenti strutturali, con l'obiettivo di minimizzare le incertezze per un'analisi strutturale avanzata. L'approccio meticoloso garantisce una comprensione approfondita dello stato della struttura, migliorando l'affidabilità e l'accuratezza delle analisi di livello superiore successive. Con tecniche avanzate come il testing ultrasonico, la tomografia, il carotaggio, e così via, come specificato dalle normative (Commissione Europea, 2001, 2013a, 2013b, 2016, 2019 e 2021), l'obiettivo è ottenere una comprensione precisa delle proprietà fisiche dei materiali utilizzati nella costruzione del ponte. Questa analisi dettagliata in loco non solo consente la valutazione della salute strutturale attuale, ma fornisce anche dati essenziali per definire strategie di manutenzione mirate adattate alle specifiche esigenze di ciascuna opera d'arte. Un piano di test tipico è mostrato nella Figura 4 come esempio.

L'approccio adottato si traduce in un dettagliato rilievo strutturale, rappresentando un componente fondamentale per la gestione proattiva della sicurezza e la manutenzione a lungo termine della durabilità delle infrastrutture stradali.

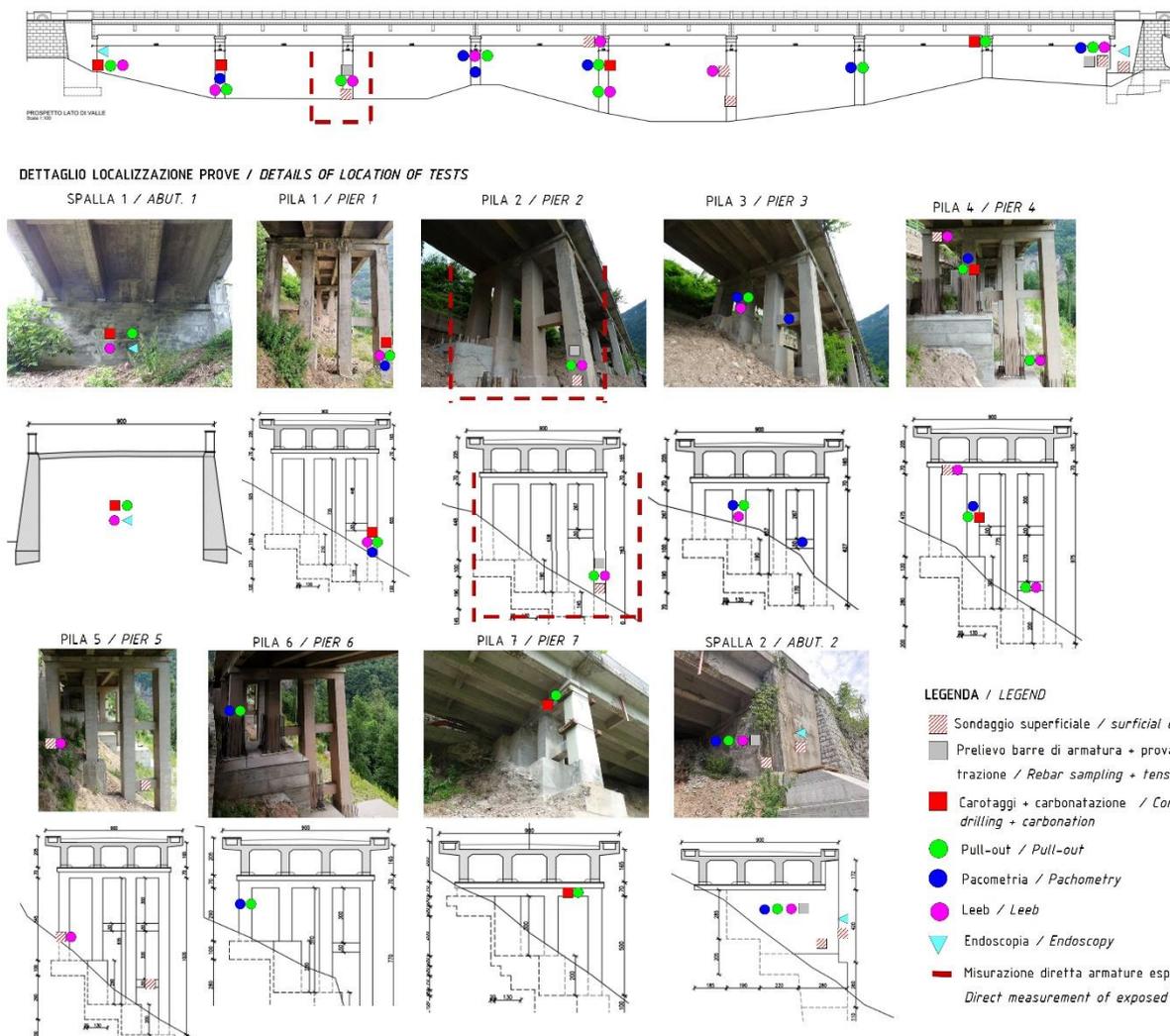


Fig. 4. Esempio di piano prove tipico.

6. Rilievo geometrico e mappatura delle crepe

Il rilevamento geometrico emerge come un aspetto cruciale nella valutazione delle condizioni strutturali dei ponti e, in questo contesto, BOLINA Ingegneria ha svolto un ruolo chiave. L'uso della fotogrammetria basata su droni ha rappresentato una strategia avanzata per acquisire dati geometrici dettagliati e precisi. Attraverso questa tecnologia, sono stati generati nuvole di punti tridimensionali, consentendo la creazione di modelli strutturali 3D precisi dei ponti (vedi Fig.5 per un esempio di risultato del rilevamento).

Questo approccio non solo ha fornito una rappresentazione visiva dettagliata delle strutture, ma sarà anche utilizzato in futuro nella gestione della sicurezza della rete per identificare variazioni geometriche e deformazioni strutturali che potrebbero non essere immediatamente visibili. La precisione raggiunta attraverso la fotogrammetria contribuisce a una valutazione completa delle condizioni geometriche dei ponti, consentendo a BOLINA o a qualsiasi entità futura di adottare misure preventive e correttive mirate. Il rilievo geometrico condotto nel modo presentato e con il livello di accuratezza adottato dagli autori è un elemento indispensabile per garantire una gestione infrastrutturale precisa e informata, contribuendo in modo significativo alla sicurezza e alla durabilità dei ponti nella rete stradale esaminata.



Fig. 5. Esempio di nuvola di punti 3D di un rilievo geometrico.

7. Campagna di indagini sperimentali e analisi del degrado

I risultati della campagna sperimentale condotta sui ponti della rete stradale hanno rappresentato un contributo fondamentale alla comprensione delle condizioni strutturali. La metodologia adottata da BOLINA Ingegneria include test in loco sugli elementi strutturali e l'esecuzione di test non distruttivi e distruttivi. Questi test forniscono dati fondamentali sulla resistenza strutturale, sull'integrità dei materiali e sulla presenza di eventuali difetti. La campagna di test è stata pianificata dagli autori e condotta da un laboratorio certificato, in conformità con l'articolo 59 del DPR 380/2001 (Decreto del Presidente della Repubblica e aggiornamenti) e le normative NTC2018. Vedi Fig.6 un esempio della prova con martinetti piatti su componenti strutturali in muratura. Questa attività è cruciale per identificare potenziali vulnerabilità strutturali, verificare la conformità agli standard normativi e definire strategie di manutenzione personalizzate.

L'interazione sinergica tra le indagini in loco e le analisi in laboratorio rappresenta un approccio completo per ottenere una visione dettagliata dello stato dell'infrastruttura. I rapporti di test derivanti da questa metodologia forniscono una base solida per definire interventi mirati e monitorare continuamente le condizioni dei ponti. In definitiva, questa approfondita campagna sperimentale costituisce un passo significativo verso la sicurezza e la durabilità a lungo termine della rete stradale esaminata.

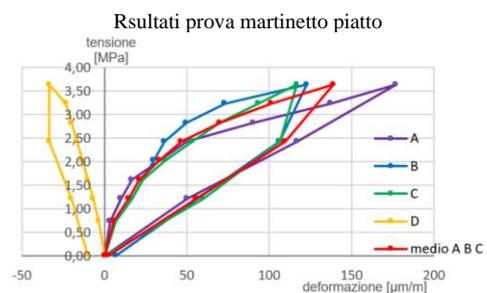


Fig. 6. Esempio di test sperimentale e risultati.

8. Analisi strutturali di Livello 4

Le verifiche di Livello 4, conformi alle normative NTC2018, svolgono un ruolo cruciale nel garantire la sicurezza a lungo termine dei ponti, basandosi sui risultati dei livelli precedenti e su modelli di analisi agli elementi finiti meticolosamente calibrati da BOLINA Ingegneria. La rilevanza di questo approccio risiede nella necessità di consolidare e interpretare in modo completo le prove raccolte durante la campagna sperimentale su strutture e materiali

La fase iniziale, rappresentata dai Livelli 1, 2 e 3, ha fornito il quadro iniziale riguardo alle condizioni strutturali e dei materiali. L'analisi qualitativa e quantitativa, unita alle indagini diagnostiche e ai test in loco, ha contribuito a stabilire una base informativa completa e ha facilitato l'implementazione e l'uso di modelli analitici calibrati sperimentalmente

Le verifiche di Livello 4, alimentate da modelli accurati e calibrati, hanno consentito una valutazione approfondita del comportamento strutturale sotto carichi reali, anticipando potenziali criticità future. Ciò, a sua volta, ha permesso la

definizione di scenari affidabili di mitigazione e prevenzione del rischio, delineando interventi per raggiungere i livelli di sicurezza desiderati e garantire una gestione ottimizzata della sicurezza e della durabilità per le strutture artistiche della rete stradale analizzata

Come mostrato nella Figura 7, si tratta di un dettagliato modello di analisi agli elementi finiti di uno dei ponti analizzati e di un riassunto dei risultati della verifica per lo stesso ponte

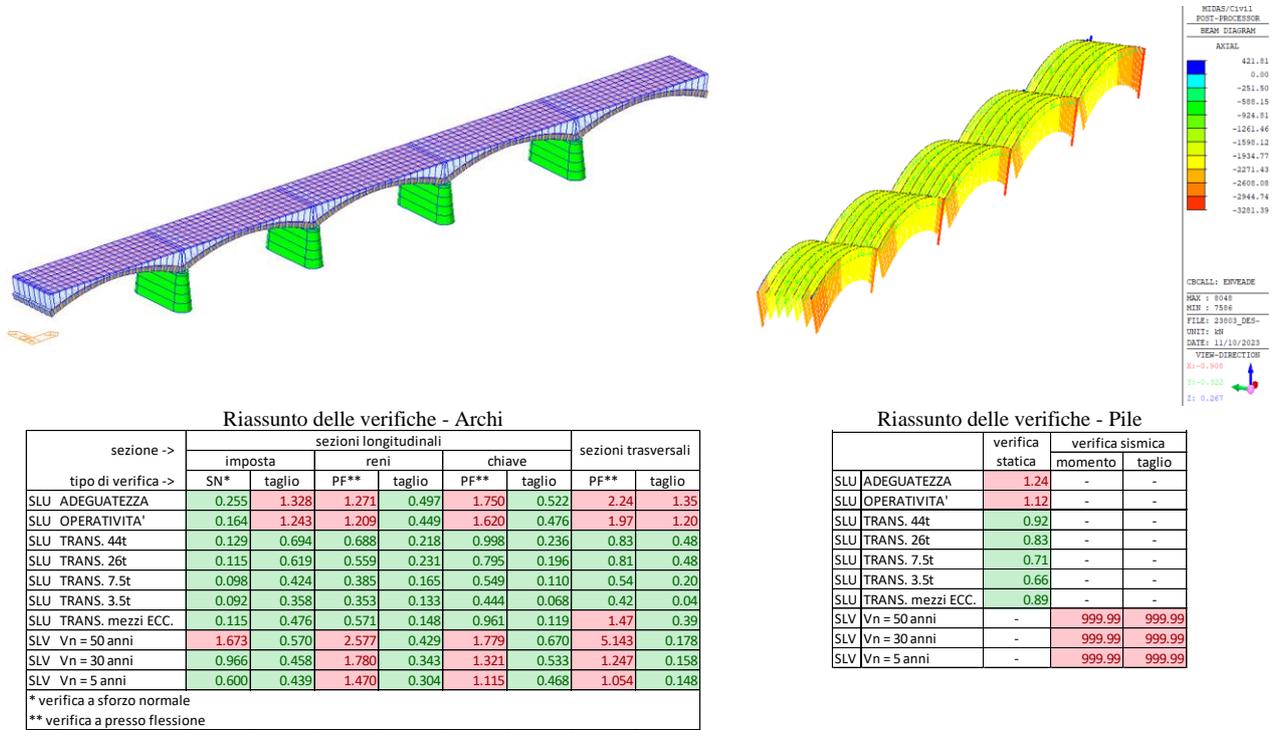


Fig. 7. Esempio di analisi dettagliata agli elementi finiti e risultati di verifica.

9. Conclusioni

Questo articolo presenta una campagna meticolosa ed estesa che coinvolge la verifica di Livello 4 e la valutazione della transitabilità di 53 ponti sotto la giurisdizione di ANAS S.p.A. nelle regioni del Veneto e del Friuli Venezia Giulia in Italia. La ricerca incorpora contesto storico, dettagli originali di progettazione, informazioni sull'intervento e caratteristiche strutturali, utilizzando tecniche avanzate come rilievi con droni, generazione di nuvole di punti e modellazione FEM. L'approccio completo consente l'identificazione di eventuali punti deboli nella rete stradale, aprendo la strada per interventi successivi di riparazione, miglioramento o adattamento. Questo studio contribuisce in modo significativo non solo al contesto specifico dell'ispezione, valutazione e gestione dei ponti, ma anche ad arricchire la conoscenza e le pratiche più ampie in questi campi, allineandosi agli ultimi sviluppi a livello nazionale e internazionale. I risultati presentati in questo articolo segnano un passo non trascurabile nel garantire la sicurezza e la funzionalità dell'infrastruttura critica all'interno della rete stradale.

Riferimenti

- Dayan, V., Chileshe, N. and Hassani, R., 2022. A Scoping Review of Information-Modeling Development in Bridge Management Systems. *Journal of Construction Engineering and Management*. 148 (9).
- European Commission, 2001. EN 13068-1: Non-destructive testing - Radioscopic testing - Part 1: Quantitative measurement of imaging properties.
- European Commission, 2013a. EN 444: Non-destructive testing - General principles for radiographic examination of metallic materials by X- and gamma-rays.
- European Commission, 2013b. EN 571-1: Non destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles.
- European Commission, 2016. EN 1052: Methods of test for masonry (5 parts).
- European Commission, 2019. EN 13791: Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components.
- European Commission, 2021. EN 12504: Testing concrete in structures (4 parts).
- Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». DM 17/01/2018, GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n.8.
- Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2022. Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti. DM n.204 del 01/07/2022, GU n.196 del 23/08/2022.
- Ryall, M. J., 2010. *Bridge Management*, Elsevier Ltd, Oxford, UK. ISBN-13: 978-0-7506-8511-5.