



LA CAPACITÀ PORTANTE DEI PONTI DALL'ISPEZIONE ALL'ATTESTAZIONE DI TRANSITABILITÀ

R. Bruson, M. Bruson

Ispettori Ponti 3° Livello - 4 Emme Service Spa

Sommario

Le Linee Guida hanno finalmente indicato alle Amministrazioni e ai professionisti le procedure per il controllo dei ponti esistenti: l'approccio multilivello proposto consente la classificazione del rischio che partendo dal censimento delle opere d'arte, l'ispezione visiva per il controllo del degrado mediante un metodo numerico e scientifico, arriva alla determinazione di una classe di attenzione sulla base della quale si perverrà, nei casi previsti dalla metodologia stessa, alla verifica di sicurezza.

In questa memoria si vuole mettere in luce il momento in cui si devono risolvere gravi criticità emerse con l'ispezione visiva di Livello 1 e che devono essere analizzate e risolte prima della determinazione delle classi d'attenzione di Livello 2.

Potremmo definirlo come un Livello 1⁺, un momento in cui deve nascere un confronto ed una collaborazione tra il professionista, che ha eseguito l'ispezione, e l'Amministrazione che deve garantire il transito in sicurezza dei mezzi previsti dal codice della strada.

Introdurremo il concetto di Informativa e di Ispettore Validatore prima di evidenziare l'importanza delle prove di carico statiche a carichi crescenti per la determinazione di una portata limite temporanea di sicurezza, e successiva verifica di Livello 4 per la determinazione della reale capacità portante del ponte con il conclusivo Attestato di transitabilità.

1 INTRODUZIONE

L'avvento delle Linee Guida ^[1] sui ponti, dapprima solo per ANAS e autostrade attraverso il D.M. 17/12/2020, n. 578 e Allegato A e poi per tutti gli Enti con il D.M. 01/07/2022, n. 204 e Allegato A, ha portato sicuramente a coprire una lacuna normativa ed a definire finalmente una pianificazione che sia in grado di:

- ottenere il catasto italiano di tutte le nostre strutture, attraverso il contemporaneo caricamento dei dati sulla piattaforma AINOP, conoscendone la quantità delle campate, la tipologia di schema statico ed altre informazioni basilari attraverso il *Censimento -Livello 0*;
- individuare l'Indice di Degrado Relativo, D_R , adimensionale, che permetta di classificare tutte le opere in termini decrescenti e tempestivamente l'insorgere di danneggiamenti e di anomalie di funzionamento, attraverso l'*Ispezione visiva – Livello 1*;
- definire un ordine di priorità degli interventi manutentivi necessari mediante analisi dei fattori di rischio, *Classi di Attenzione – Livello 2*;
- stimare le risorse statiche derivanti dalle norme utilizzate all'epoca della progettazione dell'opera rispetto alla normativa in vigore, *Livello 3*;
- prolungare la vita utile delle opere e garantire costanti condizioni di sicurezza, *verifica accurata di Livello 4*.

Questo risultato è stato ottenuto in tempi rapidi grazie al *Manuale per la Valutazione dello Stato dei Ponti* ^[2], edito dal CIAS ancora nel 2001.

All'interno delle Linee Guida, che si concentrano sull'esecuzione delle operazioni di primaria importanza che prevenivano danni strutturali e cedimenti “improvvisi”, non si specifica, per diversi motivi:

- la procedura operativa per eseguire correttamente il Livello 0 e quanto sia importante scattare sempre le foto di prospetto, frontale e intradosso,
- la procedura per eseguire l'Ispezione Visiva di Livello 1, che DEVE essere un'operazione uguale per tutti gli ispettori, rigorosa, oggettiva e ripetibile, in quanto non esiste solo l'Ispezione Primaria ma tutte le successive che andranno fatte nell'arco dei prossimi anni, e per l'amministrazione il confronto sarà fondamentale,
- l'importanza di affidare il controllo ad ispettori qualificati, non tanto certificati, che si rendano conto che il lavoro dell'ispettore non è un passatempo ma una professione molto delicata ed etica, come specificheremo più avanti,
- la necessità di avere degli *Ispettori Validatori*, professionisti di comprovata esperienza che controllino, revisionino e validino l'ispezione eseguita ed evidenzino le *situazioni critiche o Non Conformità* che possono compromettere, se ignorate, la capacità portante,
- la gestione attraverso delle *Informative Urgenti – Livello 1+* della fase transitoria tra la definizione delle suddette Non Conformità e l'esecuzione delle prove di carico crescenti (par. 6.3.5.5 delle Linee Guida) con la successiva verifica accurata di Livello 4, in modo da tutelare cittadino ed Amministrazione per eventuali problemi,

- l'importanza della sorveglianza continua.

Un consiglio, infine, sulle cadenze ispettive restrittive indicate in tabella 7.1 delle Linee Guida.

A fronte di un lavoro ispettivo non rigoroso le cadenze rischierebbero solamente di confermare ciò che di non buono è stato fatto in precedenza oltretutto senza la possibilità di un confronto, viceversa un'ispezione ben fatta che riporta ogni singolo difetto rilevato, con la sua foto, la descrizione accurata ed i relativi coefficienti, non richiede sicuramente una visita successiva così vicina con il rischio di un conseguente copia-incolla. Queste tempistiche sarebbero corrette per tenere sotto controllo quelle *situazioni critiche o Non Conformità* nel caso non sia stato possibile intervenire con delle azioni correttive urgenti, manutenzioni o ripristini.

2 CRONOLOGIA NORMATIVA

Prima dell'uscita delle Linee Guida le normative riportavano già dei riferimenti al censimento, ispezione e sorveglianza.

Per conoscenza storica ne riportiamo sinteticamente le principali.

ANNO 1967: Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 19 luglio 1967 ^[3], n.6736/61/AI “*Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali*” che affronta in modo preciso ed adeguato proprio quello che in termini moderni si definisce gestione automatizzata, anche se all'epoca non esistevano mezzi hardware e software adeguati. Prevedeva delle ispezioni trimestrali eseguite da tecnici ed ispezioni annuali eseguite da ingegneri illustrando le modalità di esecuzione e prevedendo la compilazione di un rapporto d'ispezione e di una scheda riportante i dati del manufatto e le sue principali caratteristiche. Le normative estere seguono la Circolare del '67.

ANNO 1991: Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 25 febbraio 1991 ^[4], n.34233 “*Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali*” L'art. 9.3 cita testualmente: “*Gli Uffici Tecnici delle Amministrazioni devono predisporre un sistematico controllo delle condizioni statiche e di buona conservazione dei ponti. La frequenza delle ispezioni deve essere commisurata alle caratteristiche ed alla importanza dell'opera, nonché alle risultanze della vigilanza.*”

Introducendo il concetto di vigilanza, ispezione e manutenzione ordinaria e straordinaria.

ANNO 1992: Codice della Strada Art. 14. ^[5] descrive i poteri e compiti degli enti proprietari delle strade “*Gli enti proprietari delle strade, allo scopo di garantire sicurezza e fluidità della circolazione, provvedono alla manutenzione, GESTIONE e pulizia delle strade e delle loro PERTINENZE [...] ed all'efficienza delle strade e relative PERTINENZE [...]*” ricordando come i ponti siano pertinenze.

ANNO 2008: D.M. 14 gennaio 2008 ^[6] e successivo D.M. 17 gennaio 2018 ^[6]: si introduce il concetto di ispezionabilità ma senza precisare su come e quando eseguire le ispezioni; par. 5.1.7.5 Dispositivi per l'ispezionabilità [...] “*In sede di progettazione e di esecuzione devono essere previste opere di camminamento (piattaforme, scale, passi d'uomo, ecc.) commisurate all'importanza del ponte e tali da consentire l'accesso alle parti più importanti sia ai fini ispettivi, sia ai fini manutentivi*”, ed al par. 5.2.1.1 Ispezionabilità e manutenzione “*Fin dalla fase di progettazione deve essere posta la*

massima cura nella concezione generale dell'opera e nella definizione delle geometrie e dei particolari costruttivi in modo da rendere possibile l'accessibilità e l'ISPEZIONABILITÀ [...]".

Al par. 8.3 Valutazione della sicurezza dove si definisce *"Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando [...] riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), SIGNIFICATIVO DEGRADO E DECADIMENTO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI, [...]*

Al par. 8.5.2 Rilievo *"tenendo presente QUALITÀ E STATO CONSERVAZIONE MATERIALI E ELEMENTI COSTITUTIVI."*

ANNO 2011: Decreto del Presidente della Provincia di Bolzano del 28 novembre 2011 ^[7], n. 41 *"Disposizioni tecniche sul collaudo e sul controllo statico e periodico dei ponti stradali"* che definisce in modo chiaro la cadenza delle ispezioni dei ponti e definisce l'uso delle prove di carico statiche e dinamiche. Questo decreto, basato su una lunga e sostanziosa esperienza del personale dell'Amministrazione, è un riferimento importante da seguire e migliorare.

ANNO 2017: Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ^[8] del 15 giugno 2017 all'Art. 1 definisce *"Gli enti [...] DEVONO istituire e pubblicare il catasto stradale [...] attivano specifiche verifiche e controlli sulle infrastrutture"* ed all'Art. 2 *"Particolare attenzione a tal fine dovrà essere dedicata alle opere d'arte che [...] per vetustà o per condizioni di DEGRADO non consentono [...]; dà per scontato che le Amministrazioni conoscano lo stato di degrado dei ponti, implicitamente attraverso delle ispezioni.*

Altri riferimenti si possono trovare nelle normative ferroviarie, l'istruzione 44 C del 2014 ^[9] per i ponti di R.F.I. (Rete Ferroviaria Italiana) e le Linee Guide dell'ANSF (Agenzia Nazionale di Sicurezza Ferroviaria) del settembre 2018 ^[10] per la rete ferroviaria regionale. In entrambe le normative si parla di ispezione ordinaria almeno ogni 365 giorni seguendo specifiche procedure ed un catalogo dei difetti, non fornito, per arrivare a delle liste di priorità delle strutture.

ANNO 2018: Decreto-legge 28 settembre 2018, n. 109 ^[11] meglio noto come Decreto Genova, che all'Art. 12 comma 1 accorpa ANSF in ANSFISA. Precisa:

"È istituita, a decorrere dal 1° gennaio 2019, l'Agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie e delle infrastrutture stradali e autostradali (ANSFISA)" ed al comma 4a) dice *"[...] esercita (ANSFISA n.d.r.) l'attività ispettiva e di verifica a campione sulle infrastrutture, obbligando i gestori a mettere in atto le necessarie misure di controllo del rischio in quanto responsabili dell'utilizzo sicuro delle infrastrutture"* e prevede tra le altre cose:

- al comma 5, sanzioni per chi non le esegue,
- al comma 14 l'ausilio di tecnici amministrativi qualificati (si veda l'importanza dell'Ispettore Certificato al cap. 4 della presente memoria) *"In fase di prima attuazione e per garantire l'immediata operatività dell'ANSFISA, per lo svolgimento delle nuove competenze [...] provvede al reclutamento del personale di ruolo [...] mediante apposita selezione nell'ambito del personale dipendente da pubbliche amministrazioni"*,
- all'Art. 13 l'istituzione dell'archivio informatico nazionale delle opere pubbliche, (AINOP), formato da diverse sezioni tra cui i ponti, viadotti e cavalcavia stradali e ferroviari, nel quale ci dovranno essere tutte le informazioni di carattere

anagrafico, storico e di degrado accompagnati da, comma 2h) “*la documentazione fotografica aggiornata*”.

ANNO 2019: D.M. n. 430 del 8 ottobre 2019, Archivio Informatico Nazionale delle Opere Pubbliche (AINOP) ^[12] per la condivisione dei dati e delle informazioni relative alle opere pubbliche in Italia.

ANNO 2020: D.M. 17/12/2020, n. 578 e Allegato A (LG) ^[13] vigente per ANAS e autostrade, che parla di gestione automatizzata multilivello (LIV.0 censimento, LIV.1 ispezione, LIV.2 Classi di Attenzione, LIV.3 Valutazione preliminare e LIV. 4 Valutazione accurata) dove le ispezioni vanno fatte secondo schede di valutazione e difetti e seguendo il MVN indicato nel Manuale dei Ponti CIAS, che è riportato in bibliografia delle stesse.

ANNO 2022: il 1 luglio 2022 il Decreto Ministeriale n. 204 rende cogenti per tutti gli Enti locali l'utilizzo delle Linee Guida e da delle tempistiche per il completamento dei livelli 0-1-2, incorporandole nell'allegato A dello stesso decreto.

	Livello 0 - Censimento (§ 2)	Livello 2 - Analisi rischi rilevanti e attribuzione classe di attenzione (§ 4)
Concessionarie autostradali	-----	entro il 30.06.2023
ANAS S.p.A.	entro il 31.12.2022	entro il 31.12.2023
Regioni, Province, Città Metropolitane	entro il 31.12.2023	entro il 30.06.2025
Comuni con resid. > 15000	entro il 30.06.2024	entro il 30.06.2026
Comuni con resid. ≤ 15000	entro il 30.06.2024	entro il 31.12.2026

ANNO 2022: D.M. 28 luglio 2022, n. 242 Carichi Eccezionali ^[14], All. 2 Misure per manufatti/opere d'arte. L'autorizzazione è concessa previa apposita ispezione visiva di cui al “Livello 1” [...] va eseguita, prima del transito e comunque da non più di 6 mesi dal medesimo, da un professionista iscritto all'albo degli ingegneri (Sez. A) anche appartenente all'Ente Gestore. Il transito può essere autorizzato solo se non sussistano problematiche riconducibili a livelli di difettosità Alta o Medio Alta relativamente alla CdA strutturale-fondazionale.

3 LA METODOLOGIA

Per ottenere liste gerarchiche in termini di sicurezza e di degrado ed assumere decisioni fondamentali per la viabilità, i dati raccolti in campo devono essere oggettivi e confrontabili nel tempo.

Il Manuale per la Valutazione dello Stato dei Ponti, in abbinamento ai Corsi per Ispettori di Ponti con il patrocinio del CIAS, ha il pregio di seguire delle procedure standardizzate e oramai ampiamente diffuse e collaudate.

Le schede di Censimento e di Valutazione dei Difetti vengono impiegate ad oggi da 150 diverse amministrazioni italiane, e possono rappresentare un riferimento sul quale sviluppare le procedure a livello nazionale.

Per citare i principali ci sono le province di Alessandria, Ascoli Piceno, Asti, Bergamo, Bolzano, Cremona, Cuneo, Città Metropolitana Firenze, Città Metropolitana Genova, Città Metropolitana di Milano, Ferrara, Forlì-Cesena, Lecco, Livorno, Lodi, Mantova, Monza e Brianza, Nuoro, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Pisa, Pordenone, Rimini, Sassari, Savona, Siena, Treviso, Udine, Varese, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vi-abilita Vicenza, Regione Valle d'Aosta, ASTRAL, A24 Roma Aquila Teramo, A25 Roma Chieti Pescara, A.T.I.V.A. autostrade Torino Ivrea e Valle d'Aosta, A7, A51, A52, A53, A54 Milano – Serravalle, Trentino Trasporti, Gruppo Torinese Trasporti, Ferrovie Udine Cividale, Ferrotramviaria (Ferrovie del Nord Barese), Ferrovie Appulo Lucane, Ferrovie della Calabria, Ferrovie del Sud Est, Ferrovia Emilia Romagna, Mercitalia, EDISON e comuni sparsi in tutta Italia.



3.1 Il Censimento – Livello 0

Per una corretta esecuzione del censimento dobbiamo domandarci se eseguire il Livello 0 solo sulle strutture con luce maggiore di 6 m, come indicato al paragrafo 1.1 delle Linee Guida o anche per luci minori.

La risposta è affermativa in quanto non possiamo dimenticare che quelle di luce inferiore portano li stessi carichi e pertanto vanno **censite**. L'indicazione è riportata nello stesso paragrafo, dove.... *“Relativamente alle opere con luce minore di 6.0 m, sarà comunque cura del gestore dell'infrastruttura definire le modalità di sorveglianza e monitoraggio, anche in termini di cadenza temporale, in funzione delle specifiche peculiarità delle opere e delle caratteristiche territoriali.”*

Ci possiamo inoltre porre altre domande.

Quanti ponti sono i ponti in muratura? Quanti in acciaio e quanti in calcestruzzo armato? Quanti di questi sono in semplice appoggio piuttosto che ad arco o su selle Gerber? E a cavi post-tesi? Quanto vale il patrimonio dei ponti? Dove e come prendere luci, larghezza carreggiata, impalcato, ecc.?

Da questi interrogativi è comprensibile quanto sia fondamentale la precisa conoscenza dello stato delle opere per impostare una corretta pianificazione. La raccolta dei dati deve essere attuata in modo oggettivo e comune per tutti, perché solamente dati confrontabili tra loro permettono di essere ordinati e aggiornati da qualunque operatore.

La fase di Censimento prevista dal Manuale Ponti ^[2] descrive esattamente come acquisire le informazioni caratteristiche delle opere.

Completato il Censimento si possono ricavare facilmente dal *BMS-Bridge Management System* dei ponti, tutta una serie di dati d'insieme che permettono una precisa valutazione della consistenza tecnica e qualitativa.


Per garantire uniformità di linguaggio tecnico nell'inserimento dei dati, si impiega una terminologia ricavata dalle definizioni della scheda anagrafica di base di AINOP, della scheda di censimento delle Linee Guida e da un menu a tendina modificabile esclusivamente dall'Amministratore.

SCHEDA LIVELLO 0 Data censimento - 12/04/2021
GPS (WGS84): INIZIO-45.7330; 9.3150 388.51 m CENTRO-45.7320; 9.3159 388.65 m FINE-45.7320; 9.3159 388.15 m

Ponte Guglielmo
Linea di appartenenza: **A20**
Progressiva: km iniziale 3+390 km finale 3+621.84
Codice IOP
Id struttura 44857 - Codice interno 45gg_ada

DATI GENERALI

Struttura viadotto	Tipologia travi continue	Portata limite [kN] nessuna	Elementi critici no
Ostacolo oltrepassato corso d'acqua	Nome ostacolo fiume Talvera	Classificazione stradale strada locale urbana	Accessibilità si



DATI AMMINISTRATIVI

Provincia o Regione LC	Comune Villanova	Località Santa Lucia	Sismicità dell'area 0,253
Proprietario Provincia di XXX	Concessionario Mims	Ente vigilante ANAS	Ultima costruzione -
Fenomeni erosivi/alluvioni da verificare si	Fenomeni fransivi da verificare si	Morfologia Pendio dolce (0 - 10°)	Stato opera A) Pienamente agibile
Itinerario internazionale si	Reti TEN si	Reti emergenza si	N° carreggiate 1
N° corsie/carreggiata 3	TGM 5000	TGM commerc. carreggiata 3500	TGM commerc. corsia 1000
Presenza alternativa si	Durata deviazione 1	Categ. percorso alternativo Altra carreggiata autostrada no	Disp. studi trasportistici -
Progettista -	Inizio/Fine progetto -	Data approvazione -	Ente approvatore -
Norma progetto -	Cl. conseg. EN 1990/2002 -	Giustificazione in caso di classe inferiore a C3 -	-
Tutela ai sensi del D.L. 42 -	Autore progettazione DL42 -	Inserimento nell'ambito dei Piani Paesaggistici -	-

Copyright 4 EMME Service S.p.A.

1/3

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Lunghezza totale [m] 231,84	Larghezza carreggiata [m] 10	Larghezza impalcato [m] 11	Altezza utile [m] 6,73
N° corsie 3	Tracciato curvilineo	Marciapiede sx/monte [m] -	Marciapiede dx/valle [m] -
N° campate 7	Tipologia campate appoggio	Luci [m] 32,52; 33,11; 33,17; 33,09; 33,14; 33,17; 32,63	
Sezione pile colonna	Geometria pile circolare	Altezza pile [m] 10,25; 9; 10,2; 10,25; 10,25	

Descrizione
Viadotto a 7 campate ad arco con allargamento con 4 travi in c.a.p. e 4 traveri in c.a. per campata, soletta in c.a. su spalle e pile in c.a.

Note
-

Riferimenti
Monte/inizio levante

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

SPALLA INIZIALE Materiale c.a. / cls	Tipologia -	Tipo fondazio Indiretta	Fondazione Pali	Vie di attacco rilevato in terra
SPALLA FINALE Materiale c.a. / cls	Tipologia -	Tipo fondazio Indiretta	Fondazione Pali	Vie di attacco rilevato in terra
Fondazione pila -	Pile c.a. / cls	Impalcato c.a.		Soletta c.a.
Giunti gomma armata	Numero -	Lunghezza giunto spalla [m] 0		Lunghezza giunto pila [m] 0
Archi -	Spartitraffico -	Protezione laterali sx/monte guardrail e parapetto		Protezione laterali dx/valle guardrail e parapetto
Scarichi presenti	Pavimentazioni asfalto	Servizi -		Pali luce presenti



Copyright 4 EMME Service S.p.A.

2/3

Fig. 1: esempio di singola scheda di censimento riassuntiva: la carta di identità del ponte

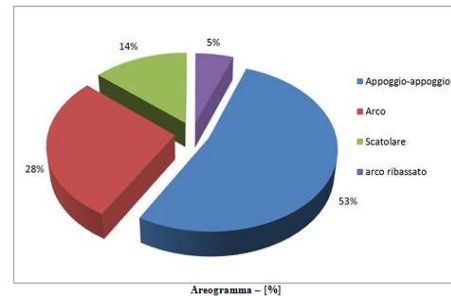
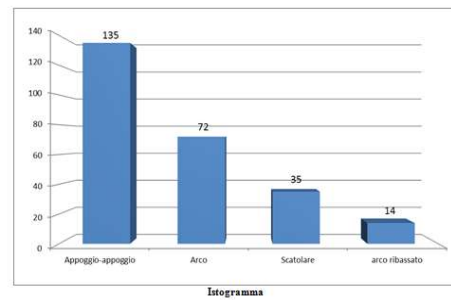
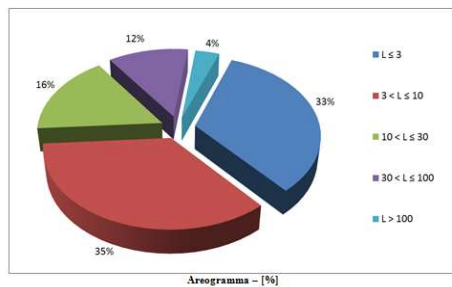
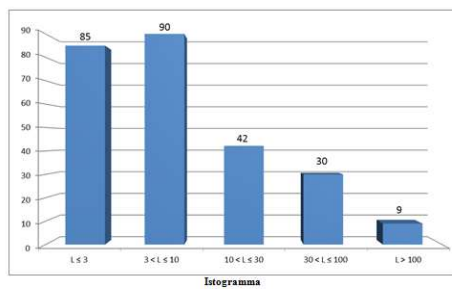


Fig. 2: suddivisione opere per luce, materiale, tipologia e schema statico

3.2 La Vigilanza e la Sorveglianza

Il controllo generale del piano viabile e delle principali parti che compongono il ponte deve essere eseguito attraverso il cosiddetto “giro di zona” dal personale periferico come capi cantonieri e tecnici di zona durante la normale attività di controllo della rete. Analogo controllo andrà ripetuto dopo ogni evento eccezionale. Solo nel caso in cui vengano riscontrate anomalie verrà comunicato per iscritto alla sede centrale la richiesta di un sopralluogo da parte di personale specializzato. La frequenza di tali operazioni può considerarsi quotidiana per quanto riguarda il piano viabile (Vigilanza) e trimestrale per quanto riguarda le principali parti che compongono il ponte (Sorveglianza).

La peculiarità di un applicativo informatico in grado di gestire il processo descritto mediante l'uso di smartphone è fondamentale purché offra anche la possibilità di lavorare off-line nel caso in cui la zona dove è ubicato il ponte non sia coperta. L'APP deve dapprima autenticare l'ispettore, indicare il ponte, proporre il questionario di ispezione, registrare sia le risposte dell'ispettore alle domande proposte dal questionario che eventuali altre piccole annotazioni utili ai fini manutentivi (ad esempio: sistemare il cartello stradale pericolo caduta massi, falciare erba a margine, sistemare buca, ecc....) e, poi, trasmettere il tutto alla piattaforma.

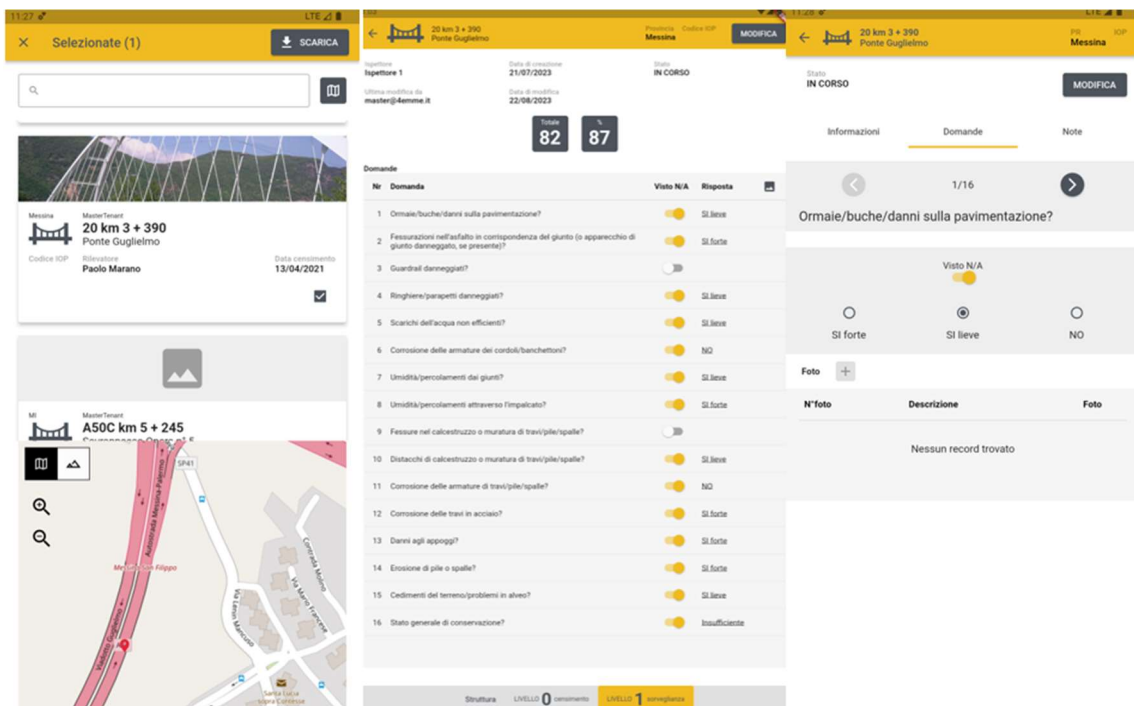


Figura 3: schermata “Funzionalità off-line APP cantonieri e gestori”.

3.3 L'Ispezione – Livello 1

L'ispezione visiva è una attività da effettuarsi in modo rigoroso ed a intervalli regolari. Va eseguita valutando tutti gli elementi di ciascun'opera e deve consentire l'individuazione delle cause di degrado.

La rigorosità dell'esecuzione dell'ispezione è garantita dal **Metodo della Valutazione Numerica (MVN)**, che consente di giungere alla classificazione numerica delle opere per gravità di degrado sulla base di dati oggettivi.

L'ispezione visiva deve rappresentare l'esatta fotografia della situazione delle strutture, dei materiali costituenti e dei fenomeni di dissesto in atto. La raccolta delle informazioni deve essere sistematica, ripetibile ed esaustiva. Per queste ragioni risulta fondamentale un sopralluogo iniziale molto accurato che permetta agli ispettori di valutare lo stato di fatto generale, dove scattare meglio le immagini fotografiche, qual è il difetto più ripetitivo, se ci sono *situazioni critiche o Non Conformità*, ecc.

I dati delle schede compilate in campo sono successivamente trasferiti nel software di gestione.

Scheda Ispezione Ponti												
3 Pile		N. 2		Posizione In alveo			Materiale: calcestruzzo					
Identificazione ponte SS12		Bressanone km: 74+112			Ispettore: Rossi F.		data: 17/06/2021					
N°	Descrizione difetto	Visto o NA	G	Estensione K ₁			Intensità K ₂			N° Foto	Note	AR*
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1			
1.1)	Macchie di umidità passiva	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1.2)	Macchie di umidità attiva	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1.3)	Cls dilavato / ammalorato	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	322	Alla base ed in sommità per il 60% della superficie	
1.4)	Vespai	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1.5)	Distacco del copriferro	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	323	In più punti di tutta la superficie,	
1.6)	Armatura ossidata / corrosa	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		soprattutto verso i bordi destro e sinistro	
1.7)	Armatura longitudinale deformata	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		di entrambe sulle facciate di valle	
1.8)	Staffe scoperte / corrose	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1.9)	Lesioni a ragnatela modeste	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1.11)	Lesioni attacco pilastri	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1.13)	Lesioni caratteristiche in zona d'app.	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2 fessure: una sulla pila di valle che	
1.14)	Fessure orizzontali	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		parte da 1 m dal bordo destro della	
1.15)	Fessure verticali	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		facciata di monte e da 3 m dalla	
1.16)	Fessure diagonali	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	324, 325	sommità e si sviluppa per 2,2 m con	AP
1.20)	Riprese successive deteriorate	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		una direzione a 45° verso il centro in	
1.21)	Danni da urto	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		alto ed è quella con con ampiezza	
5.1)	Fuori piombo	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		massima pari a 2,1 mm; l'altra sulla	
5.2)	Scalzamento	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		pila di monte che parte da 1,5 m dal	
5.4)	Ristagni d'acqua nei cassoni	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		bordo sinistro della facciata di monte e	
Eventuali note		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		da 3 m dalla sommità e si sviluppa per	
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1,4 m con una direzione a 45° verso il	
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		centro in basso	

NA (Non Applicabile), AR* (analisi del rischio) – compilare con: I (informativa urgente), NC (non conformità), AP (azione preventiva), R (raccomandazione).

Fig. 4: scheda di valutazione delle pile in calcestruzzo compilata

L'Ispezione Primaria rappresenta il riferimento delle ispezioni successive. È quindi una fase fondamentale e delicata e va eseguita da personale preparato adeguatamente attraverso i corsi specifici e relativa Certificazione di livello 2 [15].

Un'ispezione accurata e ben documentata offre diversi vantaggi che possono contribuire a un miglioramento sostenibile e a una maggiore efficienza nel lungo termine.

- **Miglioramento continuo:** un'ispezione dettagliata fornisce un quadro completo delle aree, ponti, elementi strutturali che richiedono miglioramento. Questo consente alle Amministrazioni di implementare azioni correttive mirate per affrontare specifici difetti o problemi, contribuendo al miglioramento continuo della qualità.
- **Responsabilità e trasparenza:** la documentazione dettagliata, comprese le foto e le valutazioni dei difetti, contribuisce a una maggiore trasparenza. Le parti interessate possono vedere in modo chiaro cosa è stato identificato durante l'ispezione, promuovendo la responsabilità e la consapevolezza delle questioni rilevanti.
- **Pianificazione strategica:** con una visione chiara dei difetti e delle relative priorità, le Amministrazioni possono pianificare le attività correttive in modo strategico. Ciò consente di allocare risorse in modo efficiente e di affrontare i problemi in ordine di importanza, evitando il rischio di trascurare questioni cruciali.
- **Riduzione del rischio di ripetizione degli errori:** un'ispezione dettagliata fornisce un'opportunità per affrontare le cause sottostanti dei difetti. Risolvere le radici dei problemi riduce il rischio che gli stessi errori si ripetano in futuro, migliorando la qualità complessiva del lavoro svolto.
- **Risparmio di tempo e risorse:** un'ispezione accurata riduce la necessità di visite successive ravvicinate. Una documentazione chiara e completa consente di evitare attività ridondanti e di concentrarsi dire

4 L'IMPORTANZA DEGLI ISPETTORI QUALIFICATI

4.1 Gli ispettori in sito e i Corsi specialistici

Avere ispettori qualificati è fondamentale per garantire qualità e affidabilità dei dati raccolti. La certificazione è certamente importante, ma è altrettanto cruciale che gli ispettori comprendano appieno la delicatezza del loro ruolo.

È consigliato eseguire l'ispezione abbinando due ispettori qualificati. Gli ispettori devono avere determinate caratteristiche.

- **Competenza tecnica:** devono essere ben addestrati e competenti. La loro qualificazione dovrebbe estendersi oltre la mera certificazione formale, conoscendo in modo approfondito i processi, le normative e tutti i possibili difetti. Devono soprattutto sapere come NON ESEGUIRE un'ispezione.
- **Consapevolezza dell'etica:** l'ispezione spesso coinvolge decisioni critiche che possono avere impatti significativi su amministrazioni, aziende e individui. Gli ispettori devono essere consapevoli dell'importanza di agire in modo etico, evitando conflitti di interesse e garantendo che le loro azioni siano basate su criteri oggettivi.
- **Sensibilità alle conseguenze:** gli ispettori dovrebbero essere consapevoli delle possibili conseguenze delle loro azioni. Questo include la comprensione delle implicazioni delle loro decisioni sulle persone coinvolte, sull'amministrazione e sulla società nel suo complesso.

- **Aggiornamento costante:** gli ispettori devono impegnarsi nell'aggiornare costantemente le proprie competenze per rimanere al passo con gli sviluppi nel loro settore e per garantire che le loro valutazioni siano sempre basate sulle informazioni più recenti.
- **Comunicazione efficace:** gli ispettori devono essere in grado di comunicare in modo chiaro ed efficace le loro osservazioni e le raccomandazioni. La comunicazione aperta e trasparente è essenziale per garantire che le parti interessate comprendano appieno le valutazioni fatte e possano agire di conseguenza.

In sintesi, la qualificazione degli ispettori dovrebbe andare oltre la mera certificazione formale, abbracciando la competenza tecnica e la consapevolezza delle conseguenze. Questi elementi sono fondamentali per assicurare che il lavoro degli ispettori sia accurato, equo e orientato al miglioramento continuo.

Per questi motivi i Corsi specialistici per Ispettori di Ponti si prefiggono di preparare il personale tecnico delle amministrazioni, responsabili della transitabilità delle opere d'arte stradale, all'attività di Censimento ed Ispezione che consenta di avere un quadro preciso dello stato funzionale delle opere, certificando l'idoneità e la preparazione del personale [15].

La preparazione converge nel trasmettere le procedure operative da svolgere in campo per le attività codificate nel Manuale per la Valutazione dello Stato dei Ponti [2], uniformando la metodologia di esecuzione.

La parte più importante è quella della revisione qualificata dei dati che deve essere eseguita da personale specificatamente specializzato, che conosca tutte le procedure operative, ma soprattutto che sia in grado valutare le *situazioni critiche o Non Conformità*. È sulla base di queste indicazioni che si decideranno gli interventi e le risorse economiche necessarie.

Durante la formazione viene trasmessa la procedura per una gestione automatizzata dei ponti seguendo con metodologia le indicazioni fornite dal Manuale per la Valutazione dello Stato dei Ponti [2]. L'ispettore imparerà ad operare seguendo una procedura sistematica.



Fig. 5: differenza tra formazione e certificazione

Sul territorio nazionale sono presenti ad oggi **660 Ispettori** di Ponti certificati secondo il Metodo della Valutazione Numerica del Manuale Ponti.

4.2 L'ispettore Validatore e l'Analisi del Rischio

L'ispettore Validatore è un professionista esperto che svolge il ruolo di supervisione, verifica e controllo della sicurezza e della conformità delle strutture. Spesso è specializzato in ingegneria delle infrastrutture.

Il suo compito, oltre ad essere quello di controllare difetto per difetto, foto per foto, coefficiente per coefficiente l'intera ispezione eseguita in campo dagli ispettori qualificati, è quello dell'*Analisi del Rischio*, costituita dalla valutazione dettagliata della pericolosità dei difetti riscontrati nel corso dell'ispezione: nello specifico, questa valutazione può portare a confermare o segnalare delle *situazioni critiche o Non Conformità*, delle *Azioni Preventive* o delle *Raccomandazioni*.

La *situazione critica o Non Conformità* è riferita a quel difetto che costituisce un reale pericolo per la sicurezza, sia statica della struttura (NC di tipo A) che degli utenti (NC di tipo B). Ad ogni Non Conformità va associata la relativa Azione Correttiva, atta a bloccare e/o risanare il problema riscontrato.

L'*Azione Preventiva* indica l'intervento da intraprendere per prevenire l'insorgenza di una Non Conformità.

La *Raccomandazione* è un consiglio dato al gestore delle opere per migliorare la conservazione di una struttura e/o prevenire l'instaurarsi nel tempo di difetti potenzialmente pericolosi.

Suo è anche il compito di valutare e gestire i casi in cui uno o più difetti, oltre a rappresentare delle Non Conformità, richiedono una gestione urgente della sicurezza e un confronto con l'amministrazione con la redazione di un'*Informativa con carattere di Urgenza*.



Foto 1 e 2: esempi di situazioni critiche o Non Conformità che richiedono un'Informativa Urgente



Foto 3 e 4: altri esempi (Porzioni di muratura mancante – G=3)

5 GESTIONE URGENTE DELLA SICUREZZA

Il paragrafo delle Linee Guida 3.5 *Casi in cui sono necessarie valutazioni accurate e di dettaglio: dal livello 1 al livello 4* spiega con chiarezza come si possano identificare i casi nei quali è richiesta l'esecuzione diretta di valutazioni approfondite e di dettaglio previste dal Livello 4 dell'approccio multilivello e che, quindi, non sono oggetto di classificazione di Livello 2.

Precisa, inoltre, al paragrafo 6.3.5.5 *Verifica in sito della sicurezza per transitabilità temporanea*, che, nelle more di una verifica di transitabilità ai sensi del 6.1.5.3 (verifica accurata di Livello 4), si può procedere all'esecuzione di una prova di carico a carichi crescenti come spiegato al capitolo successivo.

Ma che succede se nell'arco temporale che corre tra l'ispezione visiva e la prova di carico accadesse qualcosa di grave?

Questo nuovo fatto potrebbe comportare rischi significativi per la sicurezza.

- **Pericolo per la sicurezza pubblica:** se eventi imprevisti o danni significativi si verificassero tra l'ispezione visiva e la prova di carico, potrebbero emergere problemi critici che mettono a rischio la sicurezza pubblica. Questo potrebbe includere la possibilità di crolli o danni strutturali gravi.
- **Modifiche nei piani di manutenzione:** eventi imprevisti possono richiedere una revisione dei piani di manutenzione. Ciò potrebbe comportare l'accelerazione delle attività di manutenzione, la modifica delle priorità per affrontare i nuovi problemi emergenti, l'aumento delle spese previste.

È cruciale che gli enti responsabili della gestione e della manutenzione delle infrastrutture agiscano prontamente in questi casi. La sicurezza pubblica deve essere la priorità principale, e le azioni correttive devono essere adottate tempestivamente per affrontare i problemi emergenti.


In risposta a tali situazioni potrebbero essere necessarie chiusure temporanee della struttura o l'imposizione di limitazioni di carico e traffico.

Ecco perché DEVE essere immediatamente avvisata la Committenza attraverso una scheda ***Informativa Urgente*** comprensiva della descrizione delle pericolosità e delle immagini fotografiche, in modo da poter agire nel minor tempo possibile ad eventuali indagini successive o alla limitazione del transito.


Successivamente si potrà procedere secondo l'iter previsto conducendo le analisi necessarie in riferimento a verifiche di transitabilità temporanea propedeutiche al Livello 4 oppure a semplici interventi di ripristino.

Le analisi di transitabilità consentono di determinare mediante delle prove di carico una portata limite di sicurezza.

Le verifiche generali di livello 4 consentono di determinare la reale capacità portante della struttura.




4 EMME Service S.p.A.
 Centro Area Nazionale
 Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano Tel. 0471 543111 - Fax 543110
 info@4emme.it - www.4emme.it
 Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 644101/S



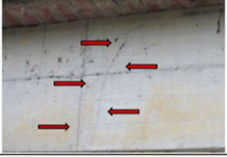

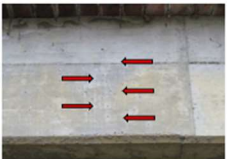

INFORMATIVA N. 05/2021

Riferimenti	M.I.T. - Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti - Aprile 2020 CIAS - Manuale per la Valutazione dello Stato dei Ponti
Committente	
Data ispezione	3 marzo 2021
Ispettori	certificati R.I.N.A. di LIVELLO 2

STRUTTURA

Denominazione		
Località		
Impalcato	Arco ribassato in muratura e travi in c.a.	
Nr. campate	1	
Luce campate	8,1 m	
Largezza carrabile	6,7 m	
Largezza impalcato	6,9 m	

ANOMALIE CRITICHE
 I riferimenti alle posizioni sono quelli che nascono posizionandosi nella direzione della corrente con le spalle al monte orografico: ci saranno quindi monte, valle, destra e sinistra.

- Sono presenti 6 fessure diagonali sulla trave in c.a. che costituisce l'allargamento di monte del ponte ad arco in muratura; si sono riscontrate sulla facciata di monte a partire dall'appoggio sinistro fino alla sezione di mezzeria con passo variabile da 50 cm ad 1 m ed ampiezza massima pari a circa 2 mm.
- Sono presenti 10 fessure trasversali di ampiezza capillare sulla trave in c.a. che costituisce l'allargamento di valle del ponte ad arco in muratura. Tutte le fessure sono visibili sulla facciata di valle della trave e sono disposte lungo l'intera luce con passo variabile 50-80 cm.

CLASSE DI ATTENZIONE CGA - LIVELLO 2 Linee Guida M.I.T. 2020

Livello di difettosità	ALTO
Classe di vulnerabilità	ALTA
CdA complessiva	ALTA

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La struttura ricade in Classe di Attenzione Complessiva ALTA che richiede una verifica accurata di LIVELLO 4 raggiungibile attraverso indagini sui materiali, prove di carico statiche e dinamiche, modellazione numerica calibrata e valutazione della sicurezza in riferimento agli Stati Limite Ultimi a meno che non vengano eliminate le anomalie critiche riscontrate.

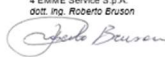
Allo stato attuale si danno le seguenti indicazioni:

LIMITAZIONE D'USO
 Restringimento della carrabile su entrambi i lati con barriera laterale provvisoria di sicurezza e delimitazione di una corsia obbligatoria di 3,5 m a centro carreggiata mediante opportuna segnaletica stradale.

LIMITAZIONE DI CARICO
 Determinazione di una portata limite di sicurezza mediante una verifica in sito per transitabilità temporanea come previsto al cap. 6.3.5.5 delle Linee Guida MIT 2020.

AZIONI DI CARATTERE GENERALE
 Nessuna.

A disposizione per ogni ulteriore chiarimento inviamo cordiali saluti.

4 EMME Service S.p.A.
 dott. Ing. Roberto Bruson


1

Fig. 6: esempio di Informativa Urgente

6 TRANSITABILITÀ E PORTATA LIMITE TEMPORANEA

Nel caso, per motivi di viabilità, sia necessario avere una transitabilità provvisoria, si può eseguire una prova di carico a carichi crescenti che attesti l'elasticità della struttura finché non si eseguano le indagini più approfondite, come previsto al cap. 6.3.5.5 delle Linee Guida.

I passaggi fondamentali sono i seguenti.

- prova di carico statica con carichi crescenti per determinare l'elasticità della struttura e la ripetibilità delle misure.
- analisi di transitabilità confrontando le sollecitazioni prodotte dai carichi utilizzati per la prova statica con quelle generate dai carichi previsti dal Codice della Strada.
- Attestato di transitabilità rilasciato da ingegnere abilitato.

La prova di carico deve restituire un aumento sostanzialmente lineare degli effetti all'aumentare dei carichi, un valore degli spostamenti residui trascurabile allo scarico, ossia minori del 5% dello spostamento massimo, e non deve mostrare alcun aumento della difettosità riscontrata.

I parametri di verifica dei valori rilevati durante la prova di carico sono basati sul comportamento elastico della struttura. L'elasticità è la caratteristica che individua il rispetto dei limiti di Ripetibilità, Linearità e Permanenza.

Ripetibilità: rapporto percentuale tra i valori della freccia (depurata dal residuo) di due cicli di carico uguali e ripetuti. Tale limite è posto > 95%. *Linearità*: è il rapporto

percentuale tra le tangenti della curva d'isteresi della prova di carico passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico. Tale limite è posto $> 85\%$. *Permanenza*: è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima. Tale limite è posto $< 5\%$.

Per verificare questi parametri si dovranno eseguire più configurazioni di carico. Si procede per step di carichi crescenti, possibilmente uno multiplo dell'altro, sfruttando il principio di sovrapposizione degli effetti.

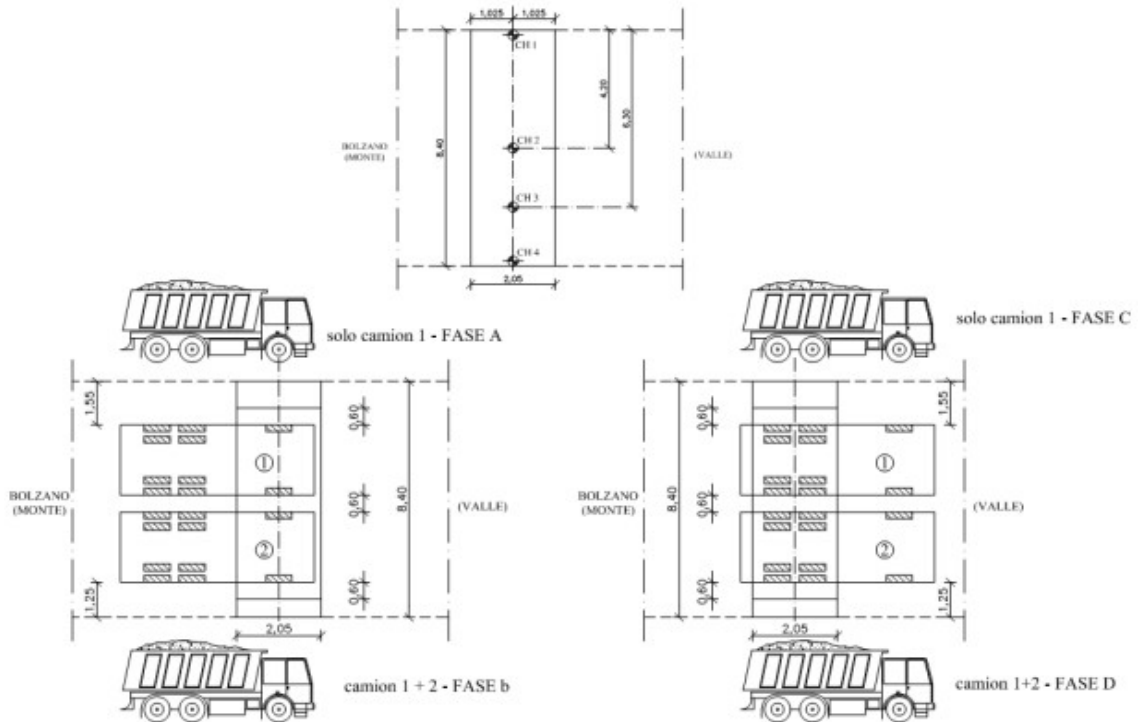


Fig. 7: esempio schemi di carico e posizione sensori

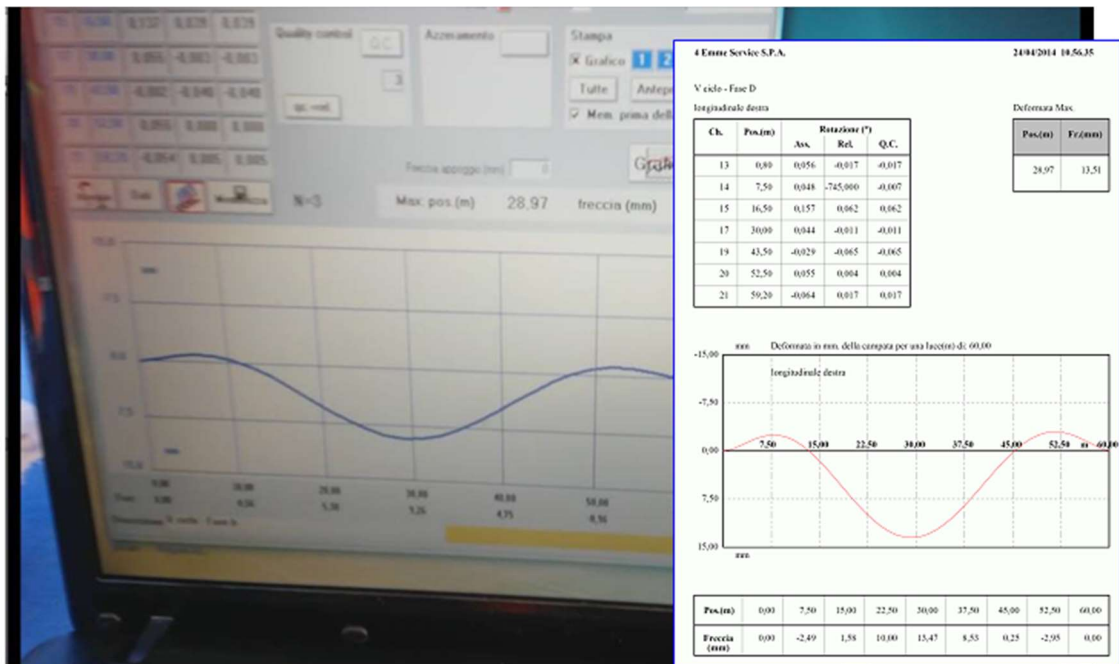


Fig. 8: esempio controllo degli abbassamenti in tempo reale e deformata

7 VERIFICA DI LIVELLO 4 E CAPACITÀ PORTANTE

La verifica accurata deve essere eseguita, come previsto dalle Linee Guida, per tutti quei ponti che ricadono in Classe di Attenzione ALTA o che hanno evidenziato dall'Ispezione delle criticità che necessitano di un approfondimento immediato.

La verifica consiste nell'analizzare la capacità portante dell'opera e verificarne l'adeguatezza alla Normativa vigente (NTC 2018).

Nei casi in cui ciò non si verifichi le scelte che si possono attuare sono:

- limitare i carichi consentiti;
- prevedere una restrizione all'uso del ponte;
- eseguire interventi volti ad aumentare la sicurezza.

Ai fini delle Linee Guida sono definiti tre livelli di analisi:

- 1) ADEGUATO, un ponte per cui siano soddisfatte le verifiche per i carichi e i fattori parziali definiti dalle NTC 2018;
- 2) OPERATIVO, un ponte per cui siano soddisfatte le verifiche per i carichi previsti dalle NTC 2018 ma con fattori parziali di sicurezza ad un tempo di riferimento ridotto ($t_{ref} = 30$ anni);
- 3) TRANSITABILE, un ponte per cui siano soddisfatte le verifiche su un orizzonte temporale ridotto ($t_{ref} = 5$ anni), entro il quale si andrà ad eseguire un intervento per renderlo Operativo o Adeguato, adottando nel frattempo dei provvedimenti:
 - (a) limitazione dei carichi;
 - (b) restrizione d'uso del ponte.

Le fasi principali sono descritte di seguito.

- Rilievo geometrico della struttura in campo tramite tecnologia laser Scanner 3D per la creazione del modello numerico FEM.
- Indagini sui materiali per la determinazione delle loro proprietà meccaniche.
- Costruzione geometrica del modello numerico agli elementi finiti sulla base dei punti precedenti.
- Caratterizzazione dinamica per la valutazione delle frequenze proprie e dei modi principali necessaria alla calibrazione del modello.
- Prova di carico statica di analisi con carichi ridotti.
- Calibrazione del modello numerico, precedentemente realizzato con le caratteristiche meccaniche rilevate attraverso le prove in sito, sulla base dei parametri dinamici sperimentali e determinazione della risposta statica.
- Valutazione della capacità portante con analisi FEM mediante linee d'influenza per la determinazione delle massime sollecitazioni indotte sugli elementi strutturali, verifiche di normativa ai carichi variabili da traffico previsti per i ponti stradali e valutazione della capacità portante.
- Prova di carico statica di verifica
- Attestato di transitabilità rilasciato da ingegnere abilitato.



Fig. 9: esempio posizione indagini sui materiali e risultati carbonatazione e pacometro

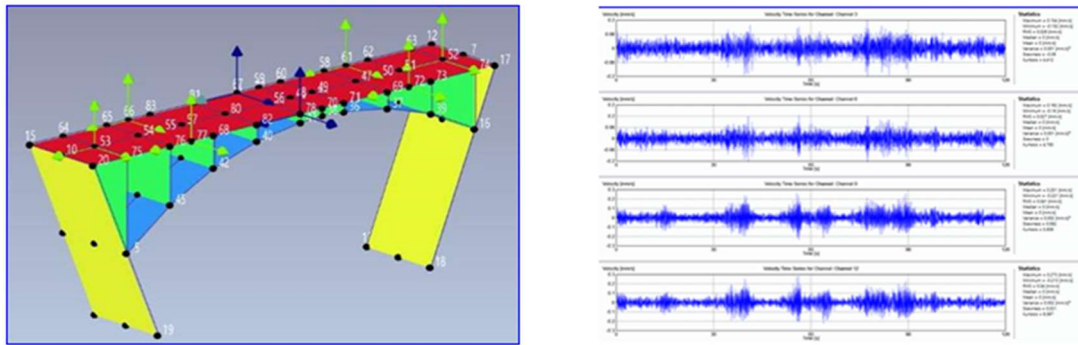
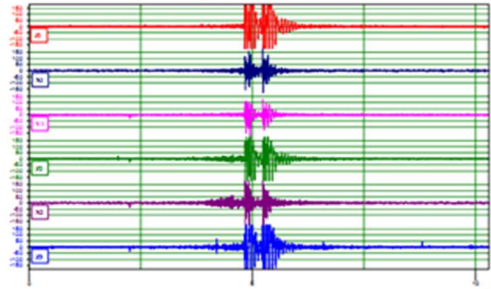


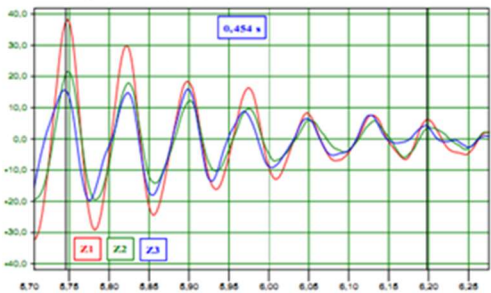
Fig. 10: esempio caratterizzazione dinamica sperimentale e modello dinamico

4.6 Analisi dei risultati

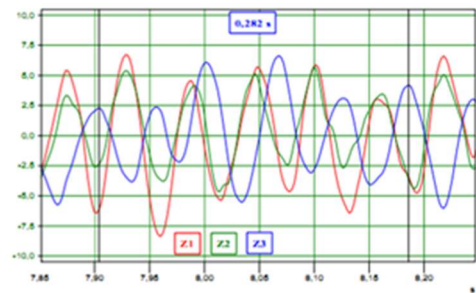
Nel grafico seguente si riporta l'oscillogramma dei 6 sensori nell'acquisizione 1 per lo schema 1. In ascissa è espresso il tempo in secondi ed in ordinata l'accelerazione in mm/s².



Di seguito è evidenziata una finestra temporale del segnale acquisito, filtrato attraverso un passa basso tipo Butterworth di 15 Hz. In direzione Z₁, in fase con Z₂ e Z₃ si possono contare 6 oscillazioni in un intervallo di 0,454 secondi, pari ad una frequenza $f = 6 / 0,454 = 13,2$ Hz.



Nel grafico successivo si evidenzia una finestra temporale del segnale nell'acquisizione 3, filtrato attraverso un passa basso tipo Butterworth di 20 Hz. In direzione Z₁, in fase con Z₂ ed in controfase con Z₃ si possono contare 5 oscillazioni in un intervallo di 0,284 secondi, pari ad una frequenza $f = 5 / 0,282 = 17,7$ Hz.



L'elaborazione nel dominio delle frequenze delle stesse acquisizioni, ottenuta con la trasformata di Fourier, ci fornisce gli spettri sottostanti, che confermano le frequenze rilevate nel dominio del tempo.

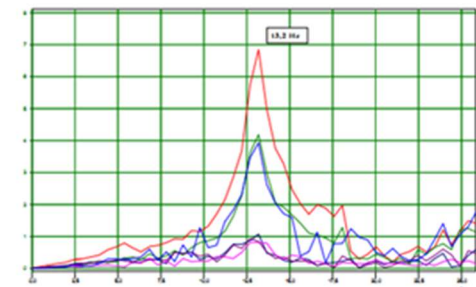


Fig. 11: esempio analisi delle frequenze e forme modali

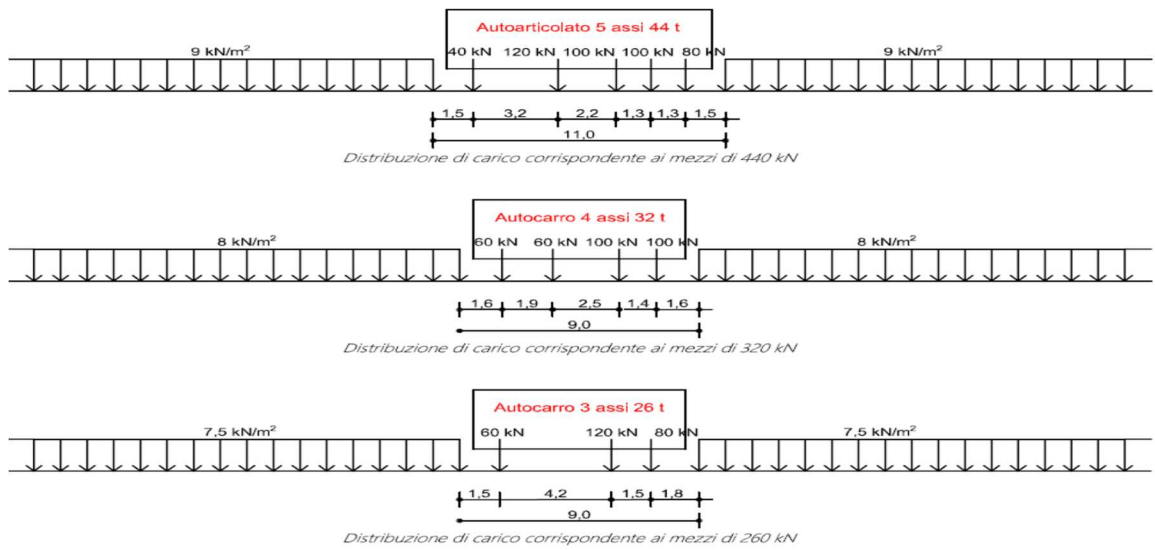
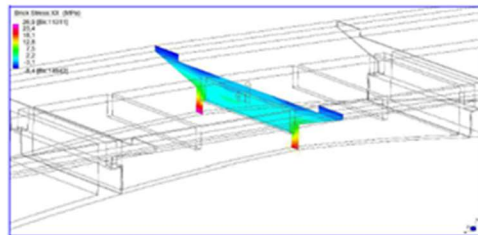


Fig. 12: esempio schemi di carico dei carichi del CdS previsti dalle Linee Guida

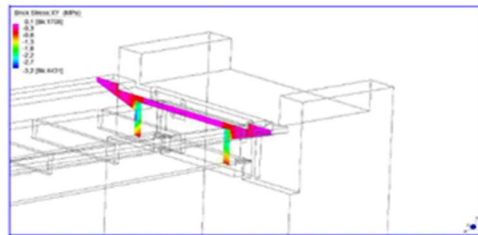
3.6 Risultati e verifiche

Nei paragrafi successivi si riportano i valori massimi di sollecitazioni ricavati dal modello per la combinazione fondamentale e per quella sismica con le rispettive verifiche degli elementi strutturali maggiormente sollecitati suddivisi per tipologia di sezione.

Per le verifiche delle sezioni in c.a. delle sollecitazioni di presso-tensionamento si è utilizzato il programma VcaSku, software di libera distribuzione che consente di eseguire verifiche con il metodo degli stati limite; il calcolo è condotto nell'ipotesi che le sezioni rimangano piane fino a rottura, di modo che il diagramma delle deformazioni specifiche nella sezione si conservi rettilineo.



La verifica a taglio si conduce con riferimento alle NTC 2008 – cap. 4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio.



Proprietà materiali

Calcestruzzo – C25/30		Acciaio – FeB38k	
E	f _{ck}	E _s	f _{yk}
29.000	25	210.000	375



Armatura

Sezione	Elemento	Longitudinale		Trasversale
		Principale	Secondaria	
Mezzera	Trave	6+6 ø 24	2 ø 8	Mezzera: St ø 8 / 30
	Soletta	6+6 ø 24/mi	-	Appoggi: St ø 8 / 20

Verifiche a flessione

Info: Campata laterale: 1,27

N°	x [cm]	y [cm]	N°	Area [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	3	27,14	482,5	2
2	0	190	4	27,14	482,5	5
3	190	190	5	1,01	12,5	60
4	190	190	6	1,01	482,5	60
5	190	170	7	329,72	219	140
6	190	190				

Calcoli: f_{yk} 375, E_s 210.000, f_{ck} 25, E 29.000, f_{td} 14,17, f_{td} 325,3, f_{td} 3,5, f_{td} 19,83, f_{td} 168, f_{td} 1,633, f_{td} 0,6, f_{td} 1,629, f_{td} 26,1, μ 0,1593, μ 0,7

Fig. 13: esempio modellazione numerica e verifiche

8 IL SOFTWARE WEBRIDGE

La grande massa di dati che una Amministrazione deve gestire può e deve essere controllata da una piattaforma informatica.

Sono così superate le difficoltà di conservare tutte le informazioni derivanti dal Censimento, dalle Ispezioni, dai disegni progettuali, dagli interventi manutentivi, che rappresentano il bagaglio informativo indispensabile per una corretta gestione del patrimonio.

Va sottolineata la possibilità di condividere le informazioni con tutti gli uffici, rendendo ognuno partecipe dello sviluppo del sistema di controllo.

Per comprendere l'importanza di un'archiviazione automatizzata delle opere d'arte è bene mettere a fuoco gli obiettivi che si vogliono raggiungere:

- ordinare in modo chiaro e durevole i dati esistenti e quelli in arrivo;
- ottenere in qualunque momento, e da una sola fonte, tutta la serie di dati necessaria per avere un'idea precisa dello stato generale;
- gestire con precisione e sistematicità le ispezioni, in rispetto delle norme e confrontandole nel tempo;
- valutare con un criterio omogeneo lo stato di conservazione derivante dalle ispezioni, definendone i valori medi e la loro variazione nel tempo;
- ricavare delle liste gerarchiche sullo stato conservativo consentendo una valutazione economica di massima per la programmazione degli interventi.

Il sistema informatico è uno strumento utile che non risolve i problemi di gestione, ma permette una sistematica azione di sorveglianza e programmazione.

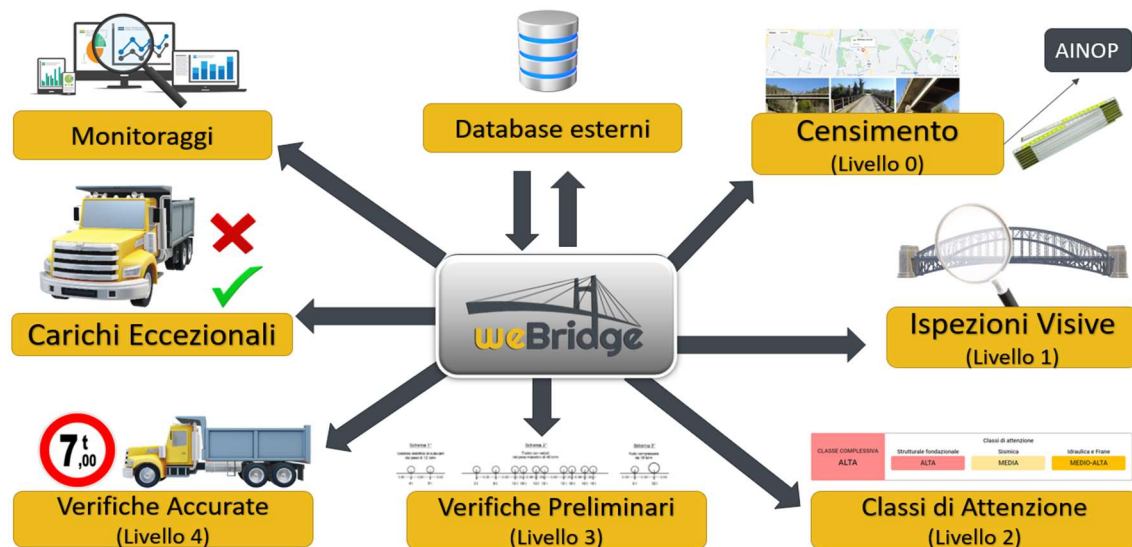


Fig. 14: esempio gestione integrata con software weBridge

Il software ^[19] ^[20] è utilizzabile direttamente accedendo da web con le credenziali fornite dall'Amministratore del sistema, il quale ha la possibilità di definire diverse funzionalità e potenzialità (accesso BASIC PROFESSIONAL o ENTERPRISE) e diversi ruoli degli utenti (Amministratore, Ispettore, Validatore, Commissione Tecnica, Solo lettura).

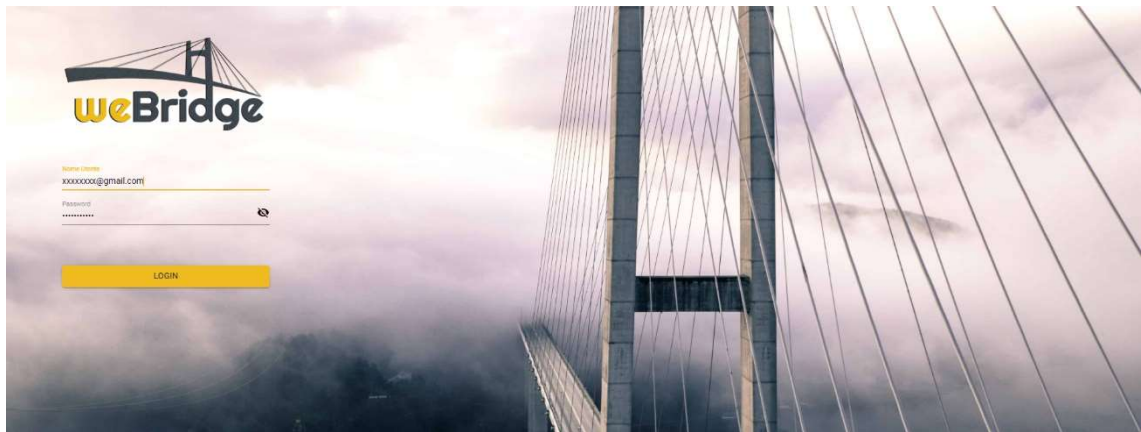


Fig. 15: esempio pagina accesso/login software weBridge

Il software presenta un menu principale che fornisce la possibilità di interagire con il database della piattaforma weBridge, oppure con database esterni, o con altre applicazioni come: i moduli della Valutazione dei Costi, dei Carichi Eccezionali o dei Monitoraggi.

Il menù posto verticalmente è multilivello, così come richiesto dalle Linee Guida, e fornisce la possibilità di inserire dati storici, di progetto, di censimento, di ispezione, calcolare le Classi di Attenzione, eseguire le verifiche preliminari di livello 3 e accurate di livello 4.

La piattaforma è collegata direttamente ad AINOP con una comunicazione di tipo web service.

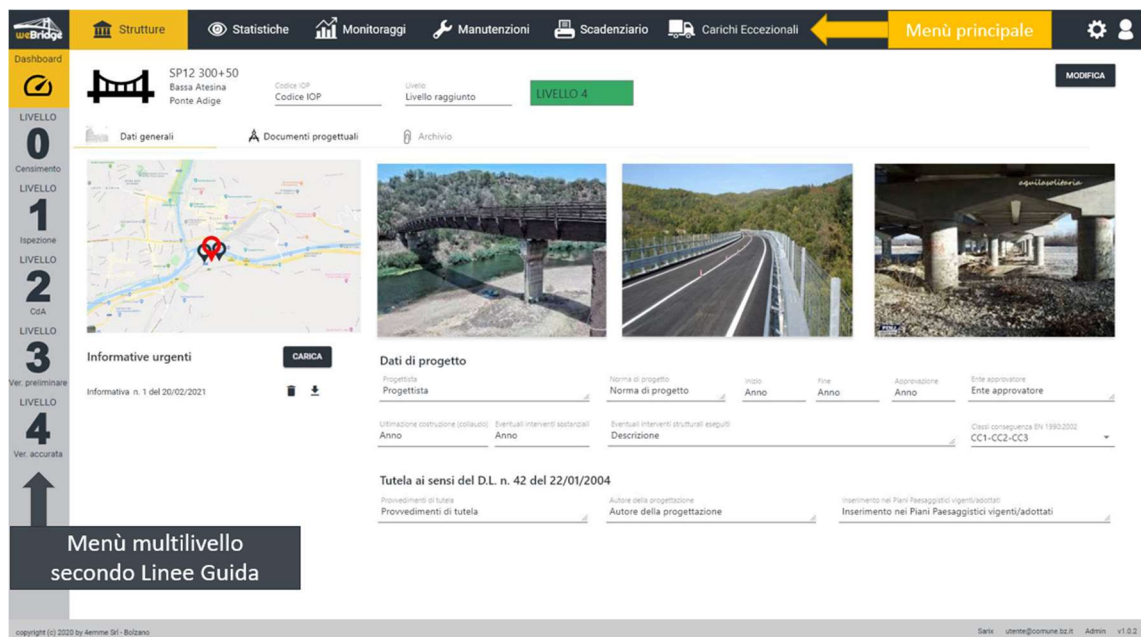


Fig. 16: esempio menù multilivello software weBridge

9 CONCLUSIONI

L'obiettivo dell'intervento è quello di fornire ai responsabili del servizio le tecniche e gli strumenti che permettono decidere in base alle oggettive condizioni di degrado dell'opera, con particolare attenzione alle criticità emerse che devono essere analizzate e risolte prima della determinazione delle CdA.

Abbiamo evidenziato quanto sia importante che l'ispezione visiva sia eseguita da Ispettori qualificati, quanto questo sia un lavoro delicato che va affrontato con la giusta sensibilità.

Abbiamo introdotto il concetto dell'Ispettore Validatore che è il supervisore a garanzia della qualità dell'ispezione.

Introdotta il concetto delle Informative Urgenti che permettono di tutelare Amministrazione e il cittadino da eventi imprevisti.

Alla fine abbiamo visto l'importanza delle prove di carico statiche a carichi crescenti per la determinazione di una portata limite temporanea di sicurezza necessaria all'eventuale e successiva verifica di Livello 4 per la determinazione della reale capacità portante del ponte con il rilascio dell'attestato di transitabilità.

Con il software presentato gli addetti dell'amministrazione hanno uno strumento affidabile, e facilmente consultabile dagli utenti autorizzati, che permette di gestire e soprattutto classificare tutte le opere.

Questa metodologia ed il relativo software sono a tutt'oggi utilizzati in Italia da oltre 150 amministrazioni che gestiscono in complesso più di 50.000 strutture.

Il progresso in questo settore, attraverso ad esempio la realtà aumentata e l'intelligenza artificiale, può portare a una maggiore coerenza e uniformità nelle procedure di valutazione e ispezione, facilitando la comunicazione tra diverse amministrazioni e garantendo standard elevati di sicurezza e qualità delle infrastrutture. Questa evoluzione può anche contribuire a migliorare la trasparenza e la tracciabilità delle valutazioni effettuate sullo stato delle infrastrutture.

Se nel 2001 con l'ideazione del Manuale per la Valutazione dello Stato dei Ponti e del software questa prospettiva era solo un sogno per gli autori, il fatto che possa essere diventata una realtà ed un riferimento per un Decreto Ministeriale e per tante Amministrazioni evidenzia come gli sforzi e l'innovazione nel campo delle infrastrutture possano portare a cambiamenti sostanziali e positivi nel modo in cui vengono valutate, gestite e mantenute nel corso del tempo grazie alla volontà ed all'impegno di tutti gli attori.

10 BIBLIOGRAFIA

- [1] D.M. 1 luglio 2022, n. 204. - *Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti*
- [2] AA.VV. - *Manuale per la Valutazione dello stato dei Ponti* – Sesta edizione, Edizione CIAS, aprile 2022
- [3] Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 19 luglio 1967, n.6736/61/AI “*Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali*”
- [4] Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 25 febbraio 1991, n.34233 “*Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali*”
- [5] Nuovo Codice della Strada' (Decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni)
- [6] D.M. 14 Gennaio 2008 e DM 17 gennaio 2018“*Norme tecniche per le costruzioni*”
- [7] Decreto del Presidente della Provincia di Bolzano del 28 novembre 2011, n. 41 , n. 41 “*Technische Bestimmungen über die Abnahme und die statische sowie periodische Kontrolle von Straßenbrücken - Disposizioni tecniche sul collaudo e sul controllo statico e periodico dei ponti stradali*”
- [8] Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 15 giugno 2017 “*Direttiva in materia di autorizzazioni alla circolazione dei veicoli eccezionali e dei trasporti in condizioni di eccezionalità*”
- [9] istruzione 44C Rete Ferroviaria Italiana del 7 febbraio 2014 “*Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d’arte dell’infrastruttura ferroviaria*”
- [10] Linee Guide ANSF (Agenzia Nazionale di Sicurezza Ferroviaria) del settembre 2018 per la rete ferroviaria regionale “*Gestione in sicurezza delle opere civili della rete ferroviaria*”
- [11] Decreto Legge 28 settembre 2018, n. 109 del 28 settembre 2018 “*Disposizioni urgenti per la città' di Genova, la sicurezza della rete nazionale delle infrastrutture e dei trasporti, gli eventi sismici del 2016 e 2017, il lavoro e le altre emergenze.*”
- [12] D.M. n. 430 del 8 ottobre 2019, Archivio Informatico Nazionale delle Opere Pubbliche (AINOP)
- [13] D.M. 17/12/2020, n. 578 e Allegato A (LG) - *Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti* vigente per ANAS e autostrade
- [14] D.M. 28 luglio 2022, n. 242 Carichi Eccezionali
- [15] Regolamento R.I.N.A. per la certificazione degli Ispettori di Ponti e Viadotti – I e II Livello – www.ispezioneponti.it
- [16] C. Bertoluzza – *Valutazione Numerica dei Degradi* – Rivista Le Strade, Edizione CIAS, 1-2/2005, pagg. 1-7
- [17] R. Bruson – *Ponti e viadotti: ispezioni visive e tecniche di ripristino - Le ispezioni visive dei ponti* – Dispense CIAS, Bolzano 10-11-12.12.2008
- [18] S. Martinello - *Ponti. Sorveglianza manutenzione e interventi* – *Il software Bridge* – Dispense CIAS, Alessandria 5.11.2004
- [19] Il software weBridge – www.ispezioneponti.it
- [20] S. Martinello – *Valutazione del transito dei carichi eccezionali attraverso una procedura di calcolo automatico* – Dispense CIAS