

BRIGHT: LA SOLUZIONE TECNOLOGICA PER L'ISPEZIONE DEI PONTI

**DA AISICO, UNA PIATTAFORMA TECNOLOGICA INTELLIGENTE
PER IL CENSIMENTO, IL RILIEVO E LA DIAGNOSTICA AUTOMATIZZATA
DELLO STATO DI DEGRADO DEI PONTI**

Nel Dicembre del 2020, l'allora Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti Paola De Micheli, ha firmato il provvedimento che adotta le Linee Guida - elaborate e approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza e il

monitoraggio dei ponti esistenti con lo scopo di definire a livello nazionale delle metodologie uguali per tutti. Vengono così definite, in modo unitario e senza discrezionalità, le modalità di realizzazione, attuazione e gestione, di oltre un milione di ponti e viadotti stradali e ferroviari italiani, in termini

LIVELLO 0

Prevede il censimento di tutte le opere e delle loro caratteristiche principali mediante la raccolta delle informazioni e della documentazione disponibile.

LIVELLO 1

Esteso alle opere censite a Livello 0, prevede l'esecuzione di ispezioni visive dirette e il rilievo speditivo della struttura e delle caratteristiche geo-morfologiche ed idrauliche dell'area, tese a individuare lo stato di degrado e le principali caratteristiche strutturali e geometriche di tutte le opere, nonché potenziali condizioni di rischio associate a eventi franosi o ad azioni idrodinamiche.

LIVELLO 2

Consente di giungere alla Classe di Attenzione di ogni ponte, sulla base dei parametri di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinati elaborando i risultati ottenuti dai livelli precedenti. In funzione di tale classificazione, si procede quindi con uno dei livelli successivi

LIVELLO 3

Prevede l'esecuzione di valutazioni preliminari atte a comprendere, unitamente all'analisi della tipologia ed entità dei dissesti rilevati nelle ispezioni eseguite al Livello 1, se sia comunque necessario procedere ad approfondimenti mediante l'esecuzione di verifiche accurate di livello 4

LIVELLO 4

Prevede l'esecuzione di valutazioni accurate sulla base di quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti

LIVELLO 5

Si applica ai ponti considerati di significativa importanza all'interno della rete, opportunamente individuati. Per tali opere è utile svolgere analisi più sofisticate, quali quelle di resilienza del ramo della rete stradale e/o del sistema di trasporto di cui lo stesso è parte, valutando la rilevanza trasportistica, analizzando l'interazione tra la struttura e la rete stradale di appartenenza e le conseguenze di una possibile interruzione dell'esercizio del ponte sul contesto socio-economico in cui esso è inserito

1. Lo schema riassuntivo dell'approccio multilivello MIT

di acquisizione delle informazioni relative alla tipologia e allo stato delle opere utili alla definizione delle priorità di esecuzione delle attività di verifica, sorveglianza e monitoraggio e all'individuazione degli eventuali interventi di ripristino.

Il documento illustra come, attraverso un approccio multilivello, partendo dal censimento del ponte da analizzare, si arrivi alla determinazione di una Classe di Attenzione (CdA), sulla base della quale si perverrà, nei casi previsti dalla metodologia stessa, alla verifica di sicurezza, fino al raggiungimento di una eventuale valutazione dell'impatto trasportistico mediante un'analisi della resilienza della rete.

L'approccio si sviluppa su sei livelli differenti (dal livello 0 al livello 5), aventi grado di approfondimento e complessità crescenti, come sinteticamente riportato in Figura 1.

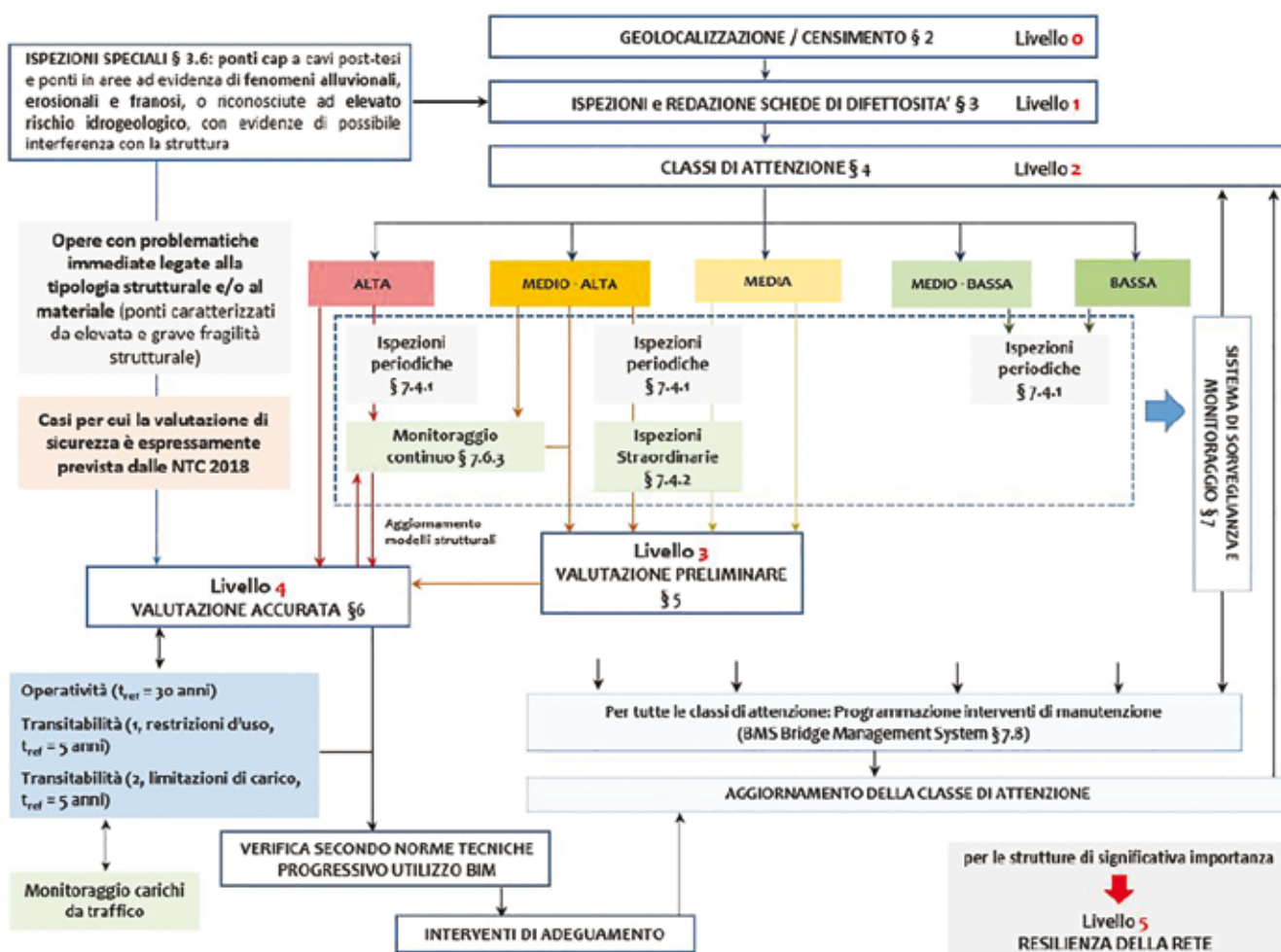
All'aumentare del livello aumenta il grado di complessità delle azioni previste, ma al contempo diminuisce il numero di infrastrutture su cui applicarle ed il grado di incertezza dei risultati ottenuti, fino alla determinazione, per ogni ponte, della Classe di Attenzione complessiva, che è il risultato della combinazione di quattro distinte Classi di Attenzione, legate ad altrettante tipologie di rischio: strutturale e fondazionale, sismico, di frane e idraulico. La determinazione di ciascuna CdA è il risultato della combinazione di fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposi-

zione, determinati attraverso una serie di valutazioni logiche, effettuate in base ai risultati ottenuti dalle azioni previste ai diversi livelli; pertanto anche la CdA complessiva rappresenta una stima approssimativa dei fattori di rischio, utile per la definizione di un ordine di priorità per l'approfondimento delle indagini/verifiche/controlli nonché per la programmazione degli interventi manutentivi e strutturali necessari.

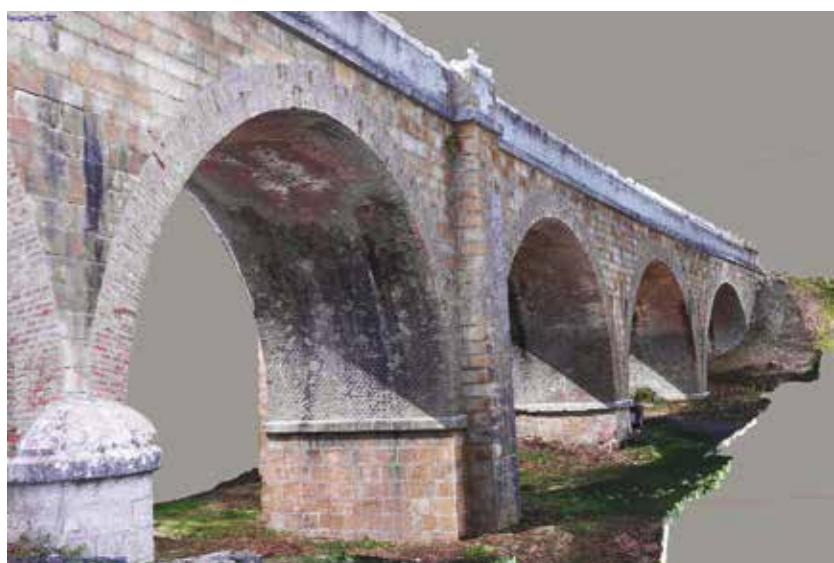
In quest'ottica e nel rispetto di tale metodologia standardizzata, AISICO - Società da sempre attenta alla verifica e al miglioramento della sicurezza stradale - ha messo a punto una piattaforma tecnologica intelligente basata su una metodologia innovativa e sull'integrazione sinergica di processi per il censimento, il rilievo e la classificazione automatica delle difettosità, la quantificazione del degrado e la determinazione della CdA della infrastruttura nel rispetto delle Linee guida dell'allora Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

LA VALUTAZIONE DELLO STATO DI DEGRADO DELLA STRUTTURA

AISICO, per la valutazione delle difettosità, della Classe di Attenzione e delle successive programmazioni delle manutenzioni dell'opera, basa la sua metodologia sull'unione di più tecniche tra loro interdipendenti: quelle più tradizionali di ispe-



2. L'approccio multilivello e relazioni tra i livelli di analisi



3A e 3B. Un esempio di ponte in muratura e modello digitale gemello3D

zione effettuate da parte di Personale specializzato (Ispettori di Ponti livello II), quelle legate all'utilizzo di APR (droni), quelle di modellazione manuale 3D di gemelli digitali dell'opera ispezionata, e le tecniche di processamento delle immagini basate sull'applicazione dei modelli di intelligenza artificiale, sia per l'identificazione automatica dei difetti e il calcolo della CdA, sia per la gestione dei risultati dell'ispezione in ambiente BIM. Il flusso logico che definisce le relazioni tra un livello e l'altro, di seguito riportato, è presente all'interno delle Linee guida. Come si evince in Figura 2, il punto focale della metodologia indicata nelle Linee Guida è la determinazione della CdA, che si ottiene grazie a una corretta esecuzione e gestione dei dati raccolti durante le attività previste nei primi tre livelli. La soluzione BRIGHT di AISICO integra le azioni dei suddetti livelli, attraverso un processo automatizzato.

In particolare, il censimento e le ispezioni visive, sono sempre eseguite da Ispettori di ponti qualificati con l'ausilio di mezzi APR, che permettono di realizzare ispezioni rapide e accurate, con costi e rischi inferiori e una maggiore frequenza e tempestività, rispetto alle metodologie tradizionali. L'utilizzo dei droni permette anche di raggiungere i punti più remoti o inac-

cessibili della infrastruttura, consentendo ai Tecnici incaricati dell'ispezione di rimanere in aree accessibili e sicure, ricevendo le immagini di dettaglio dello stato della struttura in tempo reale. Si possono inoltre ispezionare tutte le componenti strutturali di un viadotto senza la necessità di utilizzare complesse attrezzature che occupano parti della carreggiata o pongono limitazioni al traffico con conseguenti disagi per gli utenti.

I dati raccolti durante le ispezioni sono sempre elaborati in modo da realizzare un modello gemello digitale 3D del ponte, fedele in termini di dimensioni, forma e dettaglio all'opera ispezionata. A partire dal modello 3D si può, così, eseguire una "seconda ispezione visiva" direttamente dall'ufficio, estrapolando le foto di dettaglio delle diverse parti strutturali dell'opera e confrontandole durante le ispezioni successive.

Le immagini degli elementi strutturali del ponte, estratti dal modello gemello digitale 3D, sono sottoposte, in modo automatizzato, all'esame del software, studiato e messo a punto da AISICO, protetto da copyright ADD_B© (Automated Defect Detection_Bridge) per l'identificazione automatica dei difetti e per la valutazione della Vulnerabilità relativa alla CdA strutturale e fondazionale, come riportato nelle Linee Guida.

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

4. I parametri primari e secondari per la determinazione di fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione strutturale e fondazionale (tabella 4.1 dalle Linee Guida MIT)

ADD_B®, IL SOFTWARE PER IL RICONOSCIMENTO AUTOMATICO DEI DIFETTI

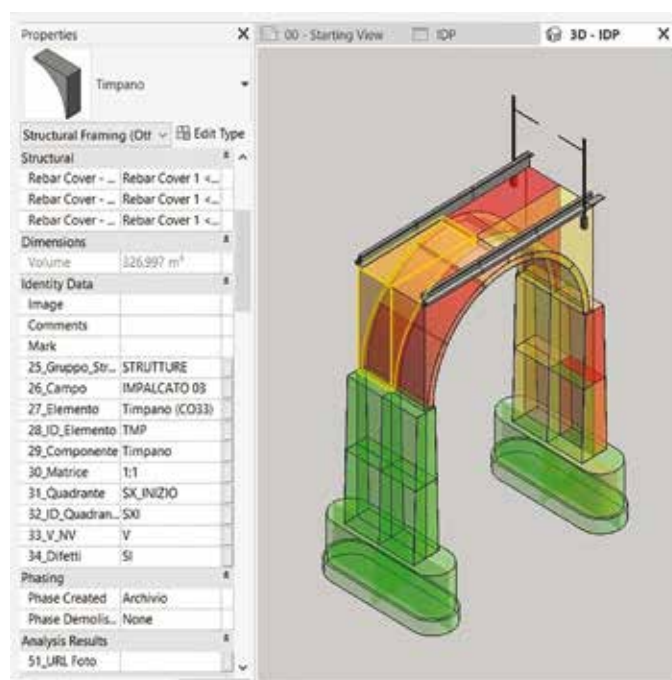
ADD_B® elabora le immagini degli elementi strutturali estratti dal modello gemello digitale 3D del ponte con tecniche di processamento avanzate, basate sui modelli di intelligenza artificiale per riconoscere, identificare e classificare in automatico i difetti con una accuratezza di rilievo superiore al 95%; è un utile strumento di supporto agli ingegneri esperti di difettosità. ADD_B® suddivide le immagini degli elementi strutturali secondo uno schema stabilito dai diversi manuali di ispezioni in uso per riconoscere l'eventuale presenza dei difetti in classi predefinite in funzione della tipologia di materiale quali fessurazioni, armature scoperte, dilavamenti, infiltrazioni di acqua, efflorescenze, ammaloramenti, presenza di vegetazione, elementi mancanti e difetti di esecuzione. Lo stesso principio di classificazione si applica anche alla identificazione dei difetti relativi ai ponti in ferro quali ad esempio, anomalie costruttive, ossidazione, deformazioni o fessurazioni.

Il processamento automatico di ADD_B® avviene in tempi estremamente rapidi: per esempio, per elaborare quattro immagini di 80 Megabyte che si riferiscono alle superfici di una pila di un ponte di altezza di 10 m e di larghezza di 5 m, occorrono meno di 15 minuti, compresa la generazione delle schede dei difetti.

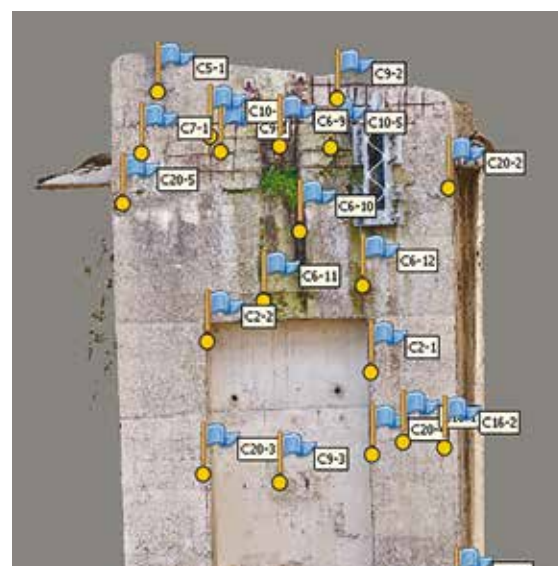
L'output del processo ADD_B® indica la posizione, la tipologia e l'estensione di ogni singolo difetto, viene validato dagli ingegneri, che verificano la classe, la posizione del difetto e integrano tali informazioni specificando la famiglia e l'intensità del difetto. Completata la validazione i difetti vengono inseriti nel modello 3D navigabile e scalabile e generato il report dei difetti. Tutti i risultati acquisiti dal censimento e dalla ispezione, compresi i dati geometrici, i dati strutturali, la localizzazione, la tipologia, i difetti, le azioni già intraprese e quanto altro ritenuto necessario ai fini del censimento, della ispezione, della valutazione della CdA e delle future azioni manutentive, sono gestiti interamente in ambiente BIM.

L'APPLICAZIONE DELLA ARCHIVIAZIONE BIM ALLA ISPEZIONE E CENSIMENTO DI PONTI

L'adozione della metodologia BIM nei processi di censimento, ispezione e diagnostica dei ponti nasce dall'esigenza di riuscire a centralizzare la grande mole di dati prodotta all'interno di un unico ambiente per poter essere facilmente usufruiti, grazie all'utilizzo dello standard IFC, dai software impiegati per la gestione delle fasi dell'intero ciclo di vita delle opere civili. Il modello informativo BIM in formato IFC prodotto da AISICO si basa su un database centralizzato e permette di archiviare e gestire il flusso di dati sia in input che in output acquisiti nelle



6. Un esempio di visualizzazione semplificata dei dati archiviati e gestiti in ambiente BIM



5A, 5B e 5C. Un esempio di identificazione delle difettosità in un quadrante di una pila attraverso ADD_B® e visualizzazione dei difetti nel modello 3D

fasi precedenti. Tale modello è utilizzato per diverse attività:

- gestione e pianificazione, per effettuare analisi statistiche e analisi sul comportamento di determinati indicatori nel tempo di un'opera, campata o elemento unitario;
- manutenzione, come punto di partenza per la progettazione di interventi;
- controllo, per accedere all'archivio dei modelli di ogni opera e reperire qualsiasi informazione registrata al momento dell'archiviazione e resa immutabile, dai dati sui difetti ai nomi dei responsabili delle attività o dei processi.

Il modello BIM può essere implementato per gestire e visualizzare i dati rilevati da sensori installati sulla struttura per monitorare il ponte, una facilità di accesso ai dati che supporta i gestori dei ponti ed i professionisti del settore che devono prendere decisioni sugli interventi di ispezione, controllo e manutenzione.

Stabilito il processo di archiviazione e gestione di dati, la possibilità di integrare tali informazioni con la possibilità di avere un modello digitale gemello 3D, la gestione dei dati in ambiente BIM si presenta come la soluzione ideale per la gestione dell'inventario dell'intero ponte. Il modello BIM - 3D del ponte opportunamente creato, permette agli operatori finali di accedere alle informazioni relative al censimento, quali ad esempio

la posizione, la geometria, la tipologia, allo stato di degrado, ai difetti riscontrati ed alle azioni manutentive eseguite o previste in una varietà di formati, semplicemente cliccando su un componente specifico all'interno della simulazione visiva. Dalla rappresentazione visiva è anche possibile evidenziare lo stato di degrado dell'intero ponte o dei singoli componenti valutando, secondo diverse colorazioni, le priorità di intervento in maniera del tutto intuitiva e semplificata.

L'IMPORTANZA DI UNA CORRETTA INTERFACCIA DI GESTIONE DATI

La soluzione tecnica proposta da AISICO permette in maniera del tutto automatizzata ed in tempi rapidi di giungere ad una valutazione del livello di difettosità del ponte preso in esame in accordo con quanto riportato nelle Linee Guida emanate dal MIT, con particolare riferimento al censimento dell'opera ed al calcolo del valore della CdA.

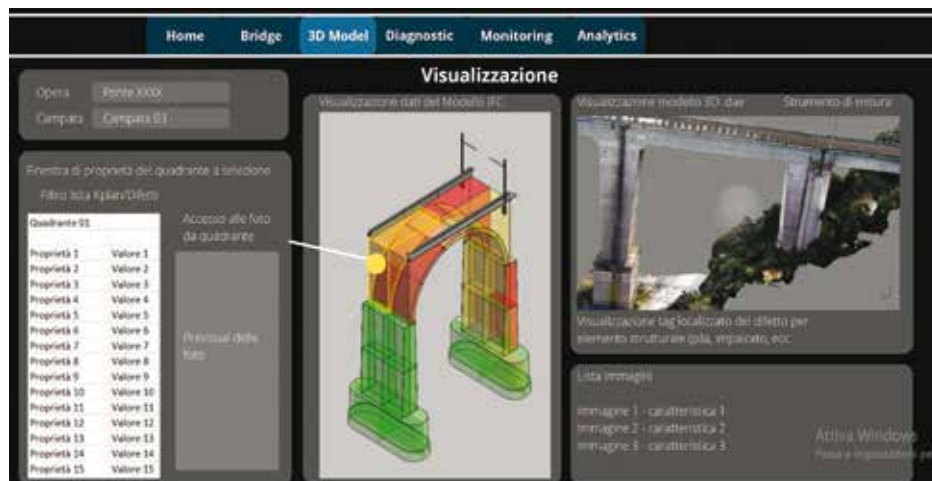
L'archiviazione dei dati e la realizzazione di modelli digitali 3D in ambiente BIM, in formato IFC, ai quali è possibile associare tutti i dati acquisiti durante il censimento e l'ispezione, consentono una facilità di consultazione e un'interoperabilità tra i diversi Tecnici coinvolti nella manutenzione a tutti i livelli, dai Tecnici incaricati della singola ispezione ai responsabili dei

processi manutentivi.

I dati raccolti confluiscono in una sorta di "passaporto digitale" dell'opera ispezionata, di volta in volta aggiornato con gli ultimi dati relativi alle ispezioni ed agli interventi di manutenzione, permettendo di gestire al meglio lo stato e l'evoluzione del degrado.

Consapevole che il punto cardine dell'intero processo è l'integrazione dei dati raccolti ai diversi livelli ispettivi al fine di consentire di visualizzare ed accedere a tutte le informazioni, AISICO ha predisposto una piattaforma BMS - Bridge Management System di base, operante su cloud per la gestione dei ponti censiti, adattabile alle esigenze del cliente e con un'interfaccia di facile utilizzo.

La piattaforma contiene dati relativi al posizionamento e alle caratteristiche geometriche e costruttive dell'opera, dati sull'ispezione, dati raccolti in ambiente BIM, permette la visualizzazione dei livelli delle CdA, del modello 3D e la possibilità di estrarre statistiche, fotografie di dettaglio e le schede difetti, per la definizione delle priorità circa i prossimi interventi.



7A e 7B. Un esempio semplificato di visualizzazione dei dati sulla piattaforma BMS customizzabile. Schermata 3D model

(1) Ingegnere Responsabile Ricerca & Sviluppo di AISICO Srl

(2) Ingegnere Project Manager Ispezioni ponti di AISICO Srl

(3) Architetto BIM Consultant