



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno



La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti

**Accordo tra il CSLP ed il Consorzio ReLUIIS
attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022**

**Roma
24 e 25 ottobre 2023**

L'APPLICAZIONE PER LE INFRASTRUTTURE E SVILUPPI FUTURI

Prof. ssa MARIA ANTONIETTA AIELLO

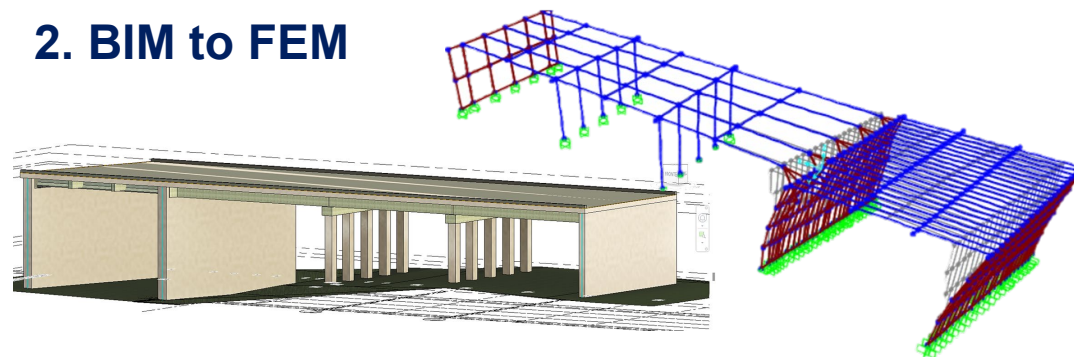
Il BIM per le infrastrutture

Le principali tematiche di ricerca in merito all'impiego del BIM per le infrastrutture

1. Gestione e Manutenzione delle infrastrutture



2. BIM to FEM



3. Rilievo del patrimonio infrastrutturale



2. Monitoraggio



VALUTAZIONE CdA: Implementazione su modello informativo

Informazioni generali



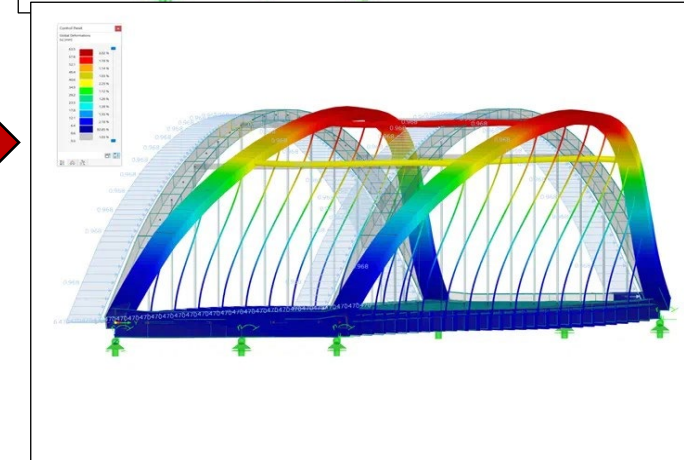
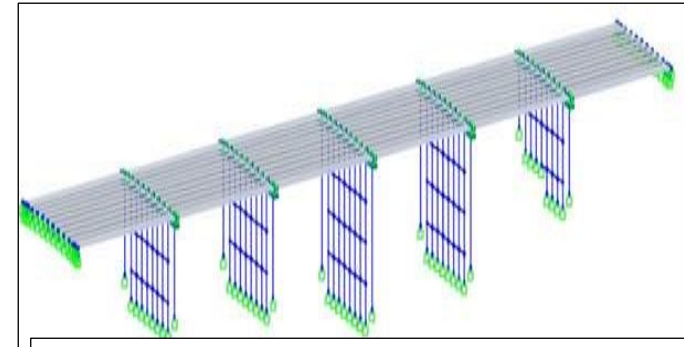
**Informazioni di
progetto/rilievo**



Ispezione/monitoraggio



Modelli di degrado



Il BIM per le infrastrutture

WP 5



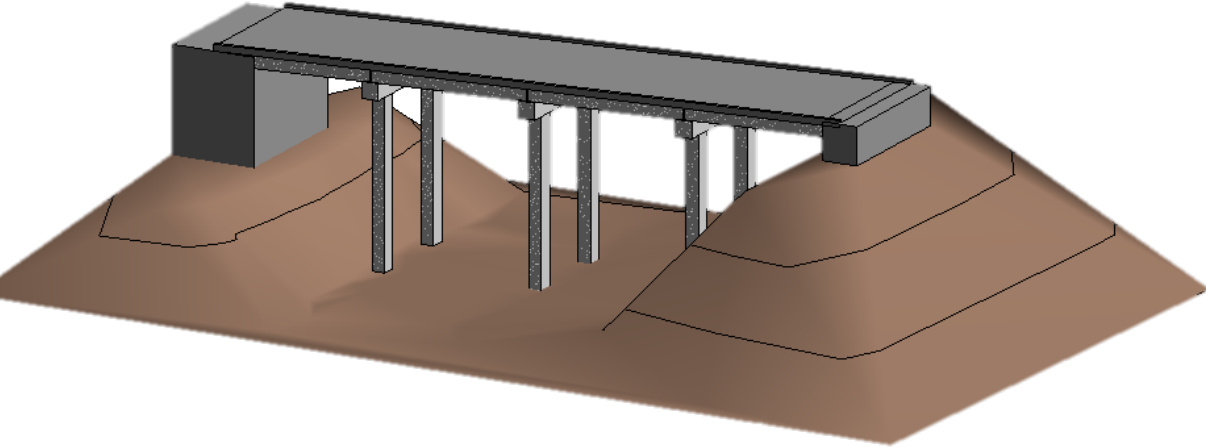
UniSalento

IUSS



Il **Viadotto Antrodoco** è ubicato nel comune di Antrodoco nella regione Lazio, sulla S.S. 17 dell'Appennino Abruzzese, nei pressi della località Castello di Corno e precisamente nel tratto dal Km 8+121 al Km 8+171., estendendosi per 50 m in rettilineo.





La fase di modellazione ha permesso la realizzazione di un **modello parametrico tridimensionale** in cui è possibile aggiungere nuove informazioni, quali quelle derivanti dalle **schede di difettosità**.

Il **workflow** **specificamente sviluppato** permette l'aggiunta di proprietà alle diverse famiglie corrispondenti ai differenti elementi costituenti il ponte (es. Pile, Spalle ecc).

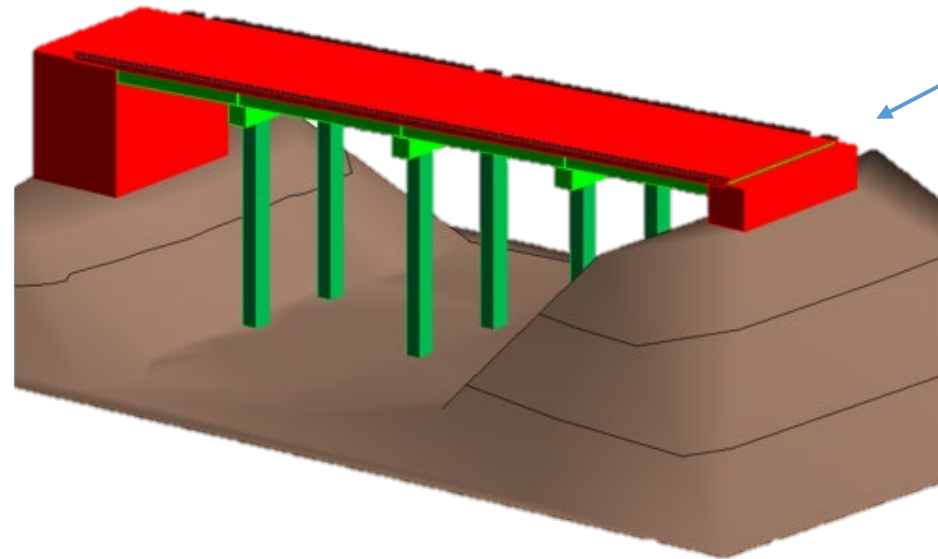
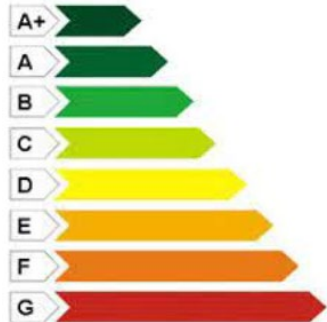
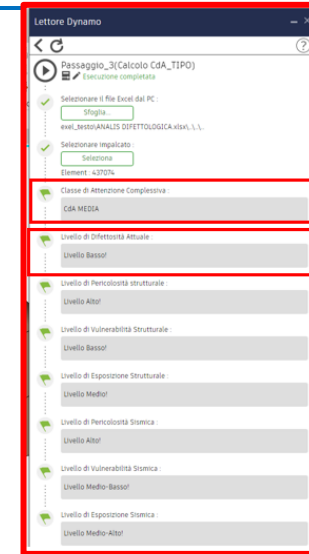
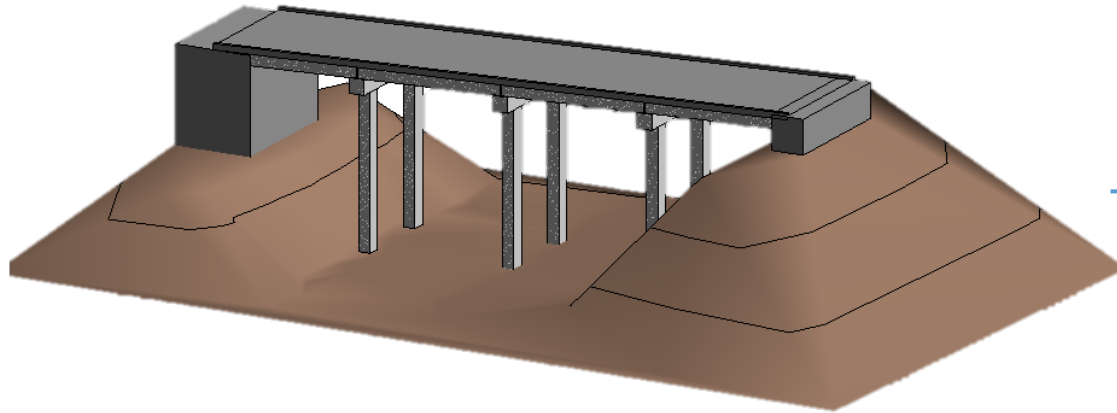
In questo modo è possibile associare ad ogni elemento del ponte, i difetti riscontrati e riportati nelle schede di difettosità



Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

N°	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K1			Intensità K2			N° foto	PS	NA	NR	NP	Note
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1						
18	Soletta														
	C.a.														
c.a./c.a.p._1	Macchie di umidità passiva	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._2	Macchie di umidità attiva	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dif. Gen_1	Tracce di scolo	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._3	Clis dilatato / ammalorato	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._4	Vespai	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._5	Distacco del copriferro	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._6	Armatura ossidata / corrosa	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._7	Lesioni a ragnatela modeste	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._10	Fessure diagonali	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._18	Fessure longitudinali	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._19	Fessure trasversali	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._25	Lesioni attacco trave-soletta	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._12	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"/>	<input type="checkbox"/>	
Eventuali note															





Il **wokflow** creato permette la **colorazione** dei differenti elementi costituenti il ponte, **in base al livello di difettosità rilevato**.

Inoltre, viene restituita la **classe di attenzione complessiva** del ponte analizzato

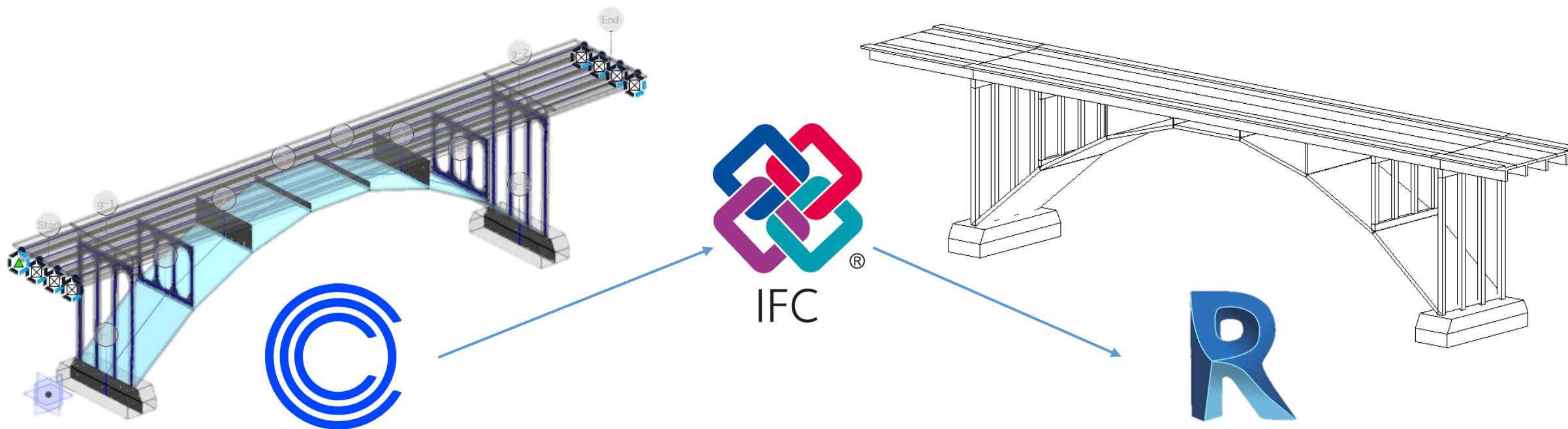
Caso studio 2



Il **Ponte Ciolo E** è ubicato nel comune di Santa Maria di Leuca, in provincia di Lecce, Puglia. Si estende per 60m e ha un'altezza di 40m circa. È caratterizzato da una geometria ad arco.

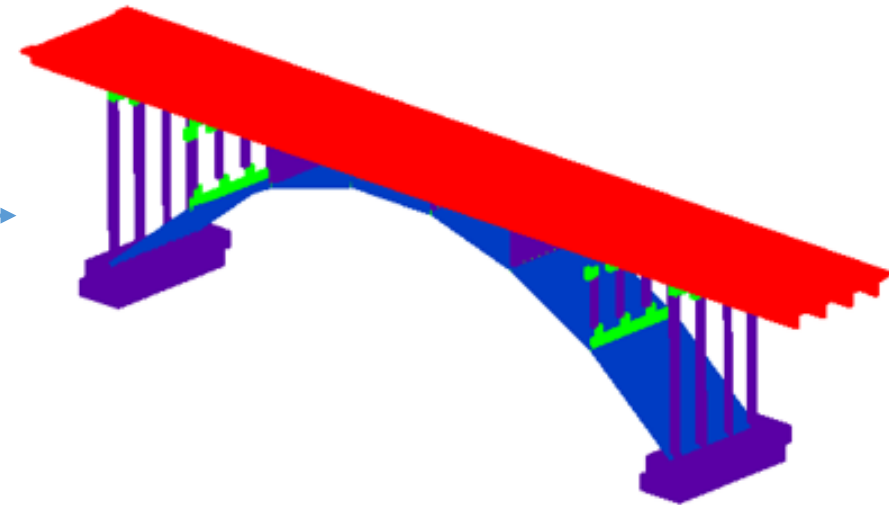
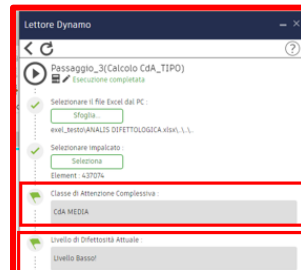
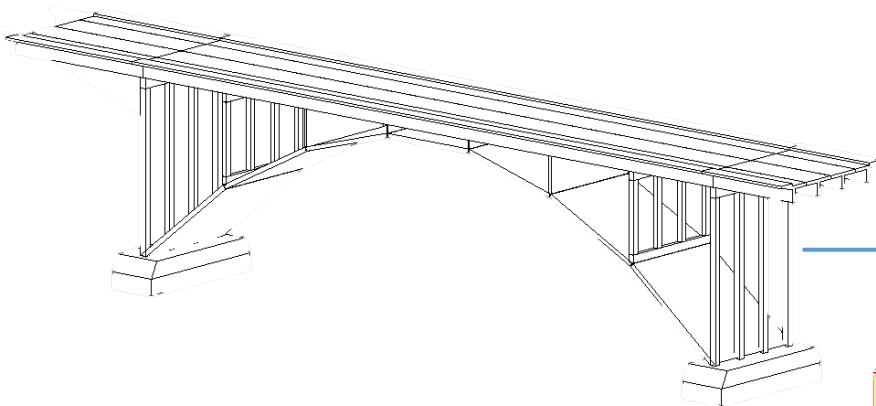


Caso studio 2



È stata effettuata una modellazione BIM prima tramite l'utilizzo del software **Midas CIM**, poi esportato in **formato aperto (IFC)** per essere, infine, aperto anche in **Revit**.

Si è verificata in tal modo anche l'interoperabilità del formato standard IFC



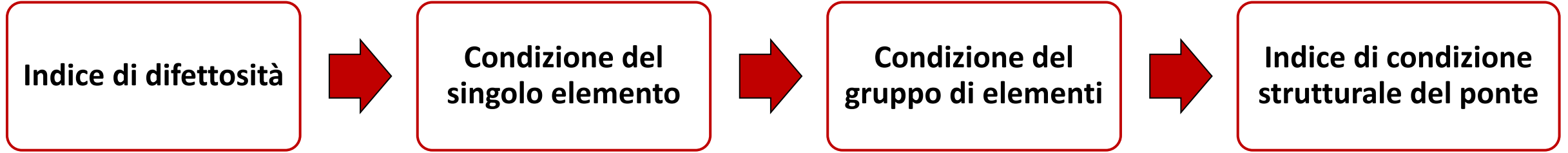
Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

18 Soletta N _____ Strada di appartenenza: _____ Progressiva km: _____
 C.a. Tecnico rilevatore: _____ Data ispezione: ___/___/___

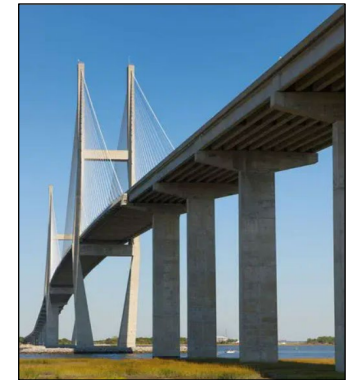
N°	Descrizione difetto	v	G	Estensione K1		Intensità K2		N° foto	PS	NA	NR	NP	Note
				0,2	0,5	1	0,2						
c.a./c.a.p._1	Macchie di umidità passiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._2	Macchie di umidità attiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dif. Gen_1	Tracce di scolo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._3	Cfs dilavato / ammalorato	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._4	Vespai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._5	Distacco del copriferro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._6	Armatura ossidata / corrosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._7	Lesioni a ragnatela modeste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._10	Fessure diagonali	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._18	Fessure longitudinali	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._19	Fessure trasversali	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._25	Lesioni attacco trave-soletta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.a./c.a.p._12	Riprese successive deteriorate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Eventuali note													

È stato quindi possibile applicare il Workflow creato in Dynamo, rimanendo in ambiente Revit, per calcolare la classe di attenzione del ponte

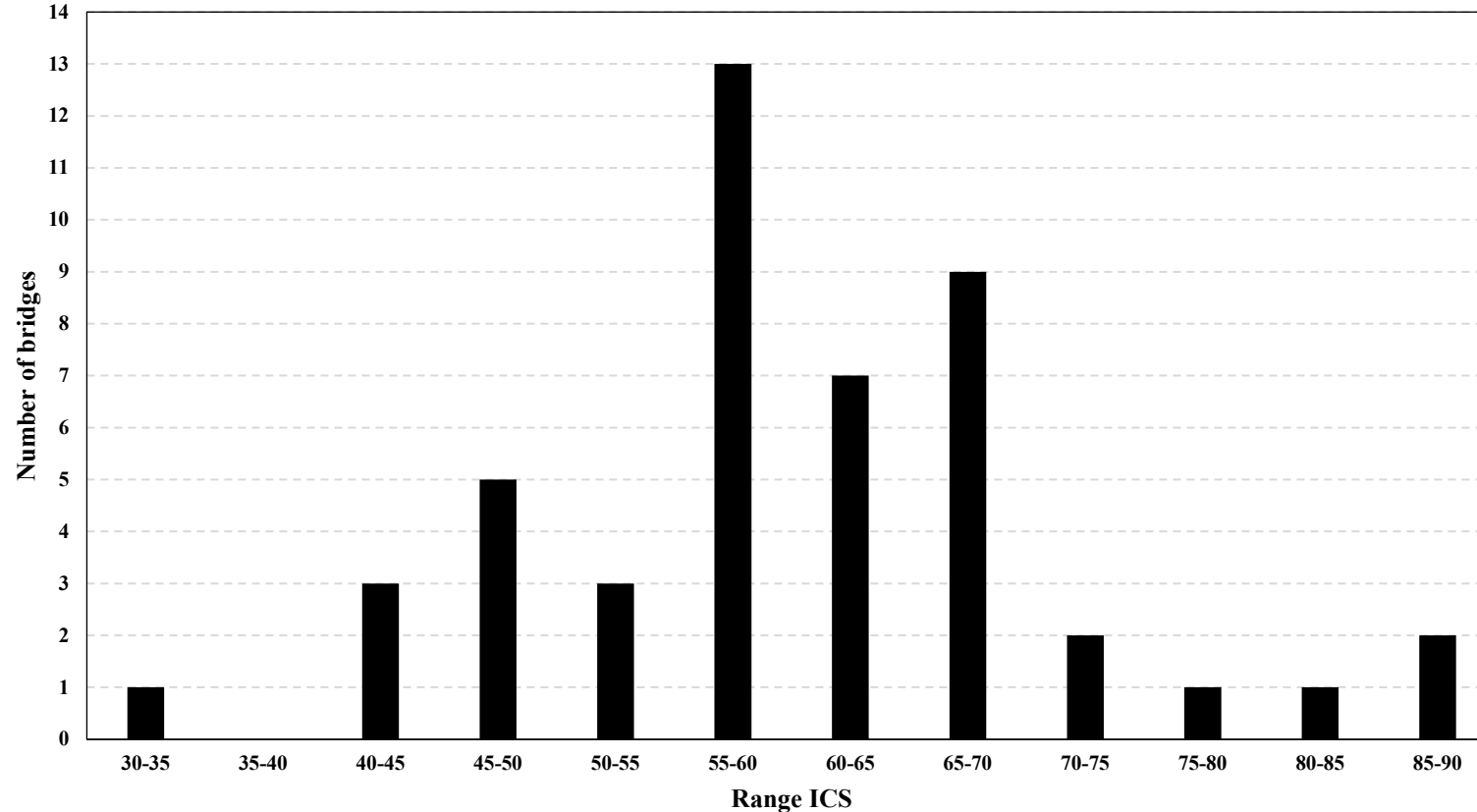
Indice di condizione strutturale



$$I_{d_{ij}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{G \cdot (E \cdot I)^\alpha}{5} \right) \rightarrow I_{c_{ij}} = k \cdot \overline{I d}_{i,min} \rightarrow I C_i = \frac{\sum_{j=1}^m I c_{ij} \cdot w_j}{\sum_{j=1}^m w_j} \rightarrow I C S = \frac{\sum_{i=1}^n I C_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$



Indice di condizione strutturale



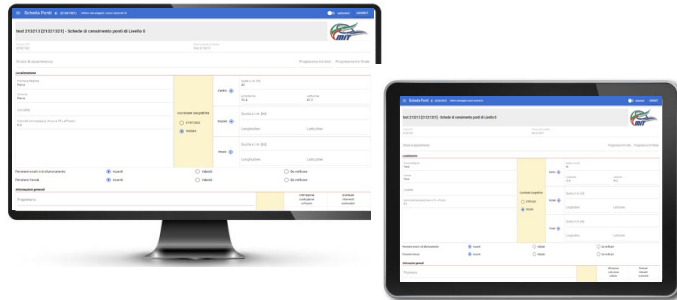
L'indice ICS varia tra 35 e 85 e permette di prioritizzare le valutazioni e gli interventi successivi

DPC/ReLUIS 2022-2024

WP 5



Unità di ricerca Eucentre



Applicazione funzionante su pc e tablet

Schede di valutazione dei difetti

Scheda Ponte < (21321321) Ultimo salvataggio: alcuni secondi fa

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

1 Spalle Strada di appartenenza

N°	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K1			Intensità K2			N° foto	PS	NA	NR	NP	Critico	Note
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1							
c.a./c.a.p._1	Macchie di umidità passiva	<input type="checkbox"/>	1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._2	Macchie di umidità attiva	<input type="checkbox"/>	3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
Dif. Gen_1	Tracce di scolo	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._3	Tracce Cfs dilavato / ammalorato	<input type="checkbox"/>	3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
Dif. Gen_2	Ristagni d'acqua	<input type="checkbox"/>	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._4	Vespali	<input type="checkbox"/>	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._5	Distacco del copriferro	<input type="checkbox"/>	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._6	Armatura ossidata/corrosa	<input type="checkbox"/>	5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._7	Lesioni a ragnatela modeste	<input type="checkbox"/>	1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._8	Fessure orizzontali	<input type="checkbox"/>	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._9	Fessure verticali	<input type="checkbox"/>	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._10	Fessure diagonali	<input type="checkbox"/>	5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._11	Lesioni attacco pilastri (spalle e telaio)	<input type="checkbox"/>	3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
c.a./c.a.p._12	Riprese successive deteriorate	<input type="checkbox"/>	1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
Dif. Gen_3	Danni da urto	<input type="checkbox"/>	4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		

Schede di censimento ponti (Livello 0)

Scheda Ponte < (21321321) Ultimo salvataggio: invalid date

test 213213 [21321321] - Schede di censimento ponti di Livello 0

Nome ponte/viadotto: ponte test

Codice OP: 21321321

Nome ponte/viadotto: test 213213

Schede: Strada di appartenenza

Progressiva km inizi... Progressiva km finale

+ Schede A: censimento ponti

+ Schede B: descrittive di ispez

+ Schede di ispezione speciale

+ Schede fenomeni di frana e f

Schede di Valutazione dei Difetti

CALCOLA CLASSE D'ATTENZIONE

SALVA

Localizzazione

Provincia/Regione: Pavia

Comune: Pavia

Località

Stamicità dell'area [aggi (Suolo A, TR = 475 anni): 0,2

Coordinate Geografiche

ETRF2000

WGS84

Centro

Quota s.l.m. [m]: 40

Longitudine: 12.4

Latitudine: 41.2

Iniziale

Quota s.l.m. [m]:

Longitudine:

Latitudine:

Finale

Quota s.l.m. [m]:

Longitudine:

Latitudine:

Definizione della classe di attenzione del ponte

Scheda Ponte < (778851) Ultimo salvataggio: invalid date

ponte test 2 [778851] - Risultati calcolo classe di attenzione

Classe di attenzione totale

Medio - Alta

Classe di attenzione strutturale e fondazionale

Media

Classe di attenzione sismica

Medio - Alta

Classe di attenzione frane

Medio - Alta

Classe di attenzione idraulica

Alta



Il **Viadotto Cannete-Vinchiaturo** è situato sulla S.S. 17 dell'Appennino Abruzzese e Appulo-Sannitico, nei pressi dello svincolo per Vinchiaturo, interessa il tratto dal km 218+295 al km 218+340, estendendosi per 45 m in rettilineo.



BIM to FEM: Un caso studio

È stata effettuata una modellazione BIM tramite l'utilizzo del software Autodesk Revit

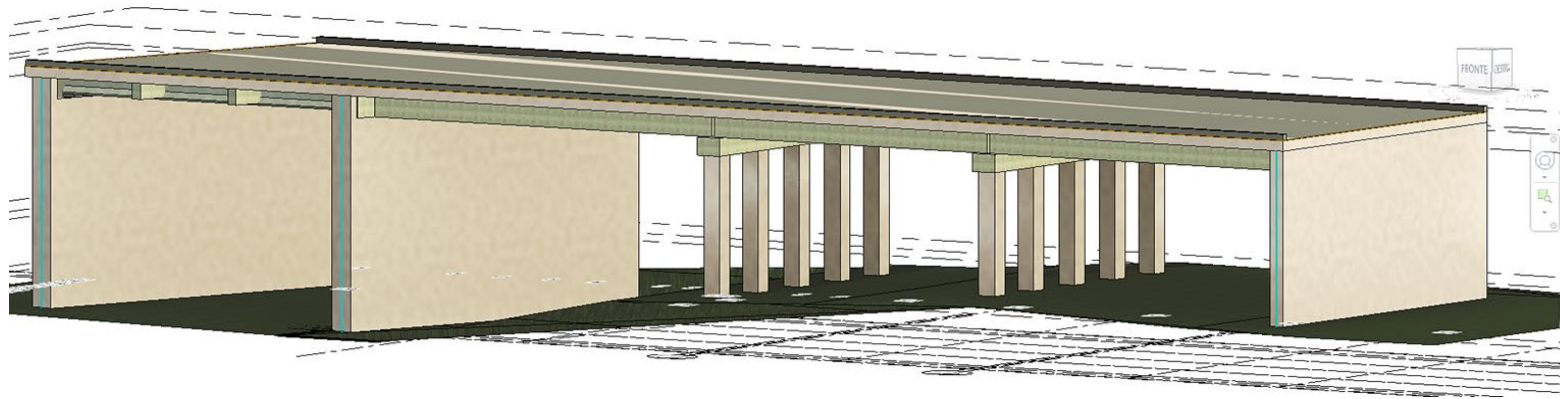
Nella modellazione BIM sono stati adottati differenti approcci nell'ottica delle successive analisi strutturali

Si è provveduto all'estrapolazione dei dati mediante il formato dati aperto IFC per valutare le possibili problematiche in fase di modellazione analitico-strutturale

In prima istanza le analisi strutturali sono state condotte in SAP2000 v.23

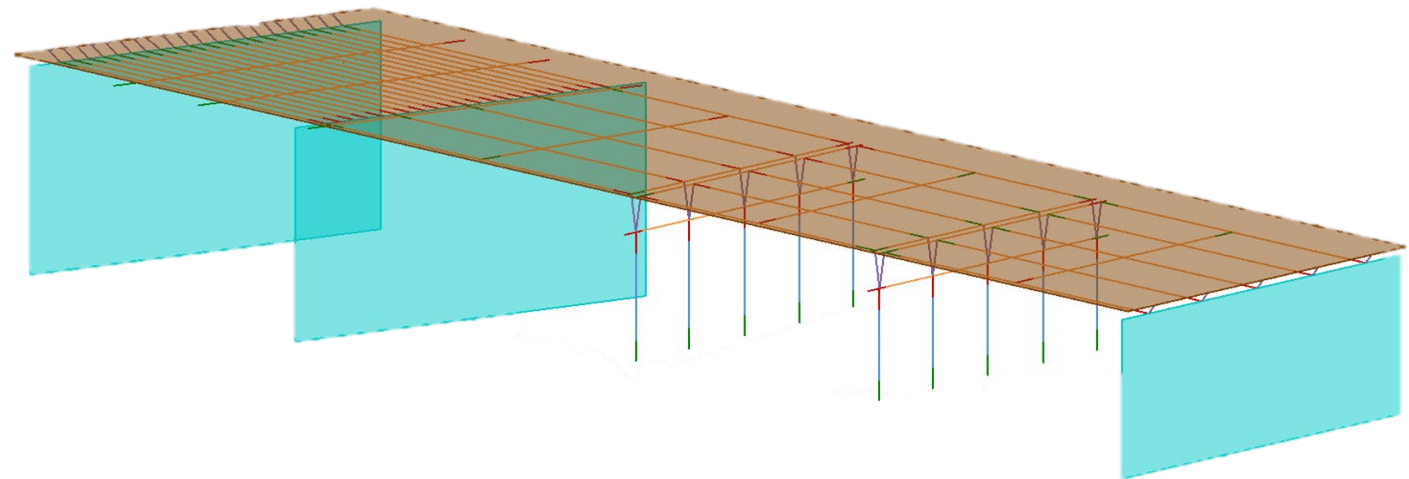
Sono stati fatti dei confronti al fine di fornire considerazioni per una corretta modellazione

Approccio avanzato: Caso studio 1



La fase di modellazione ha permesso la realizzazione di un **modello parametrico tridimensionale** contenente tutte le informazioni pervenute dalla documentazione tecnica a disposizione.

Revit Structure restituisce il modello analitico della struttura modellata, contenente tutti i dati inseriti.

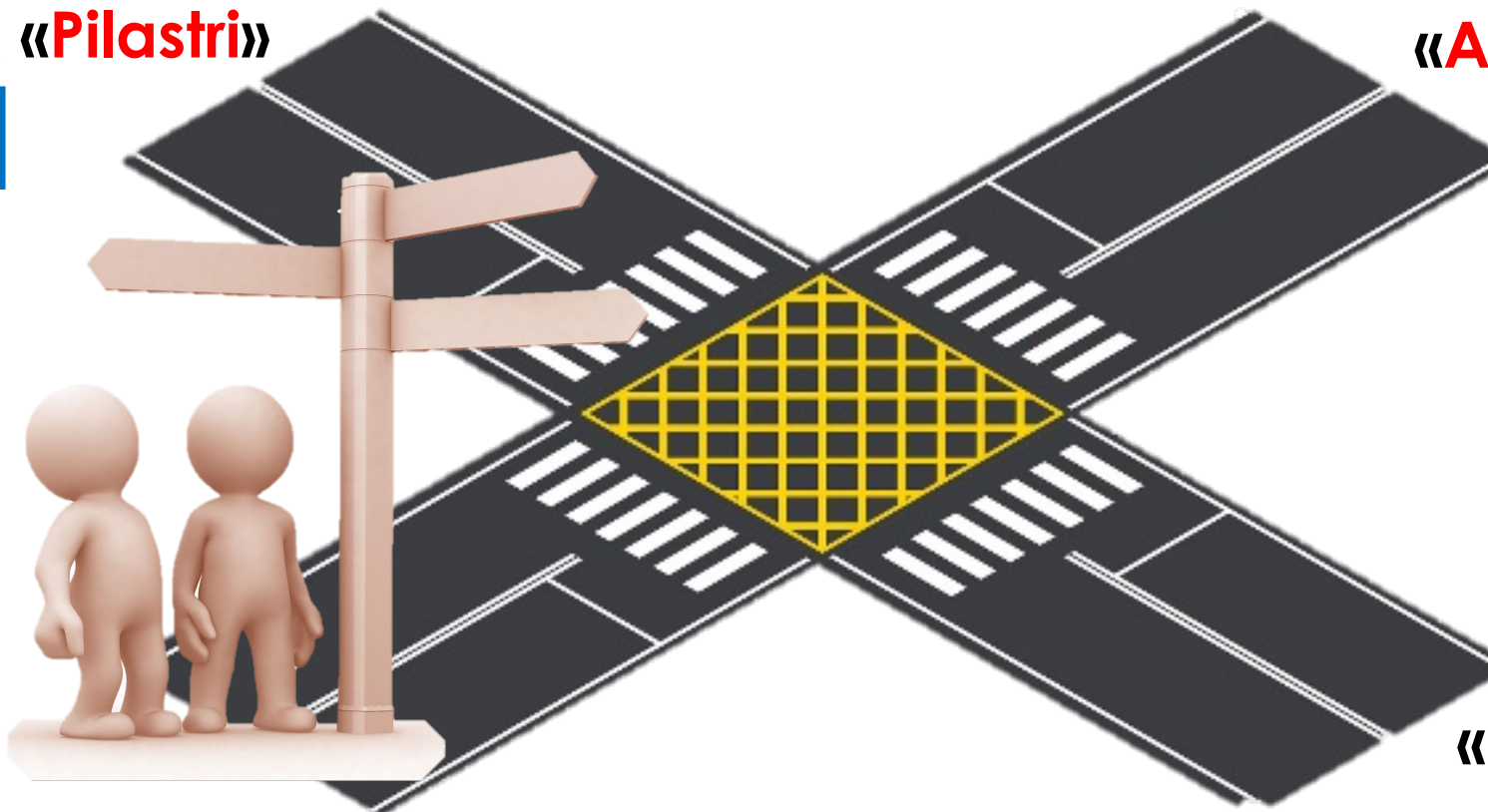


1. Approccio di modellazione

PILE DEL PONTE

«Travi» & «Pilastrini»

1



«Assieme Pila»

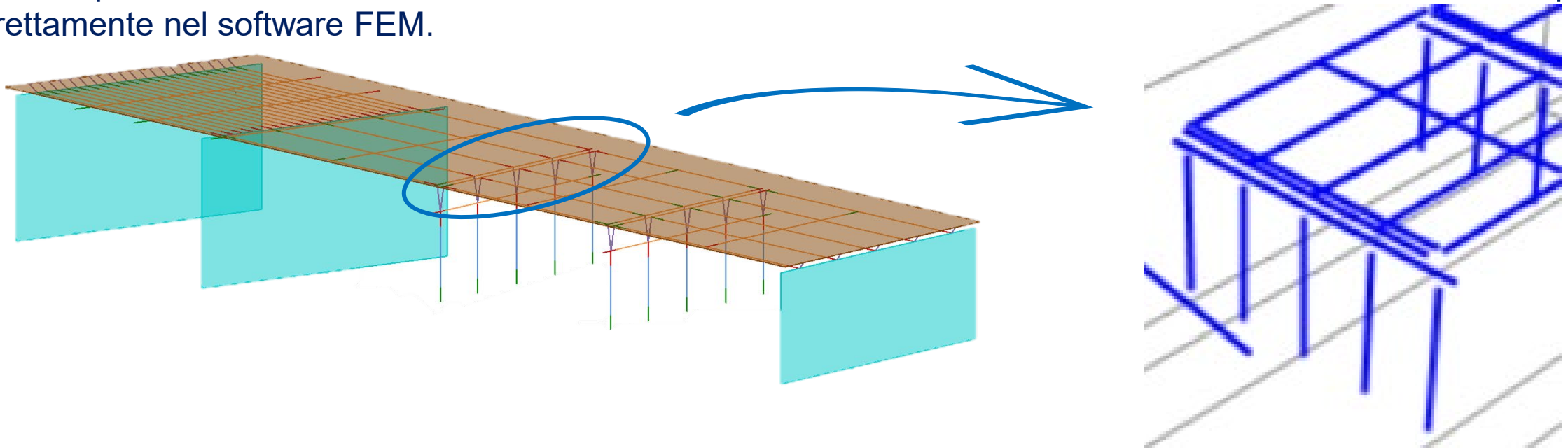
2

«Famiglia Pila»

3

Sono stati seguiti **tre criteri di modellazione** diversi, evidenziando i corrispondenti aspetti e confrontandoli, ai fini della ricerca della modellazione più vantaggiosa.

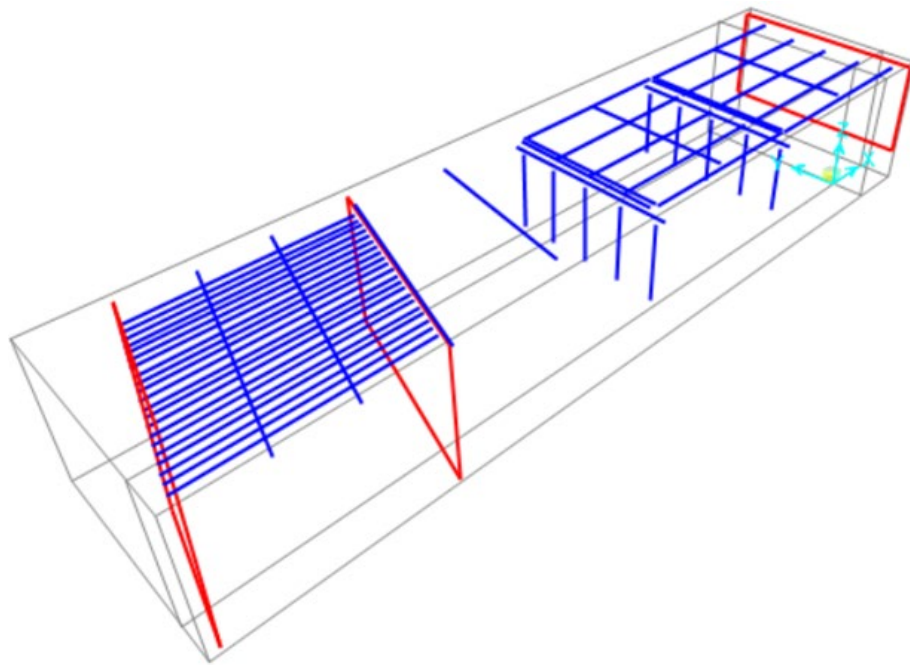
Sono state riscontrate alcune criticità riguardanti l'esportazione del modello analitico dal modello BIM sviluppato in Revit. In particolare, le **connessioni tra i nodi**, le **coordinate di alcuni nodi**, alcuni **vincoli** non sono riportate correttamente nel software FEM.



2. Formato del file di esportazione



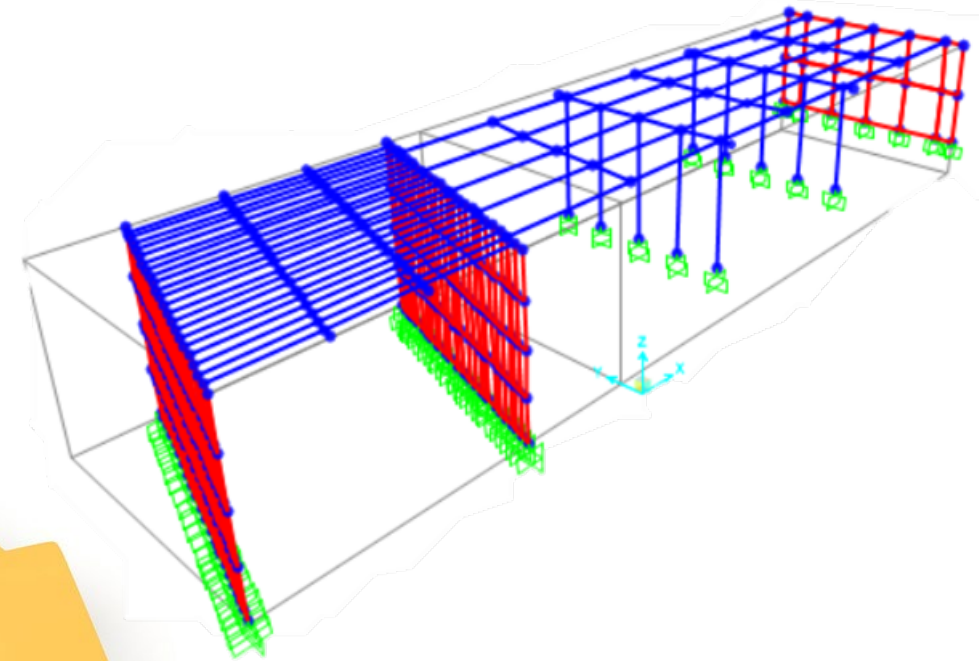
2. Formato del file di esportazione



IFC

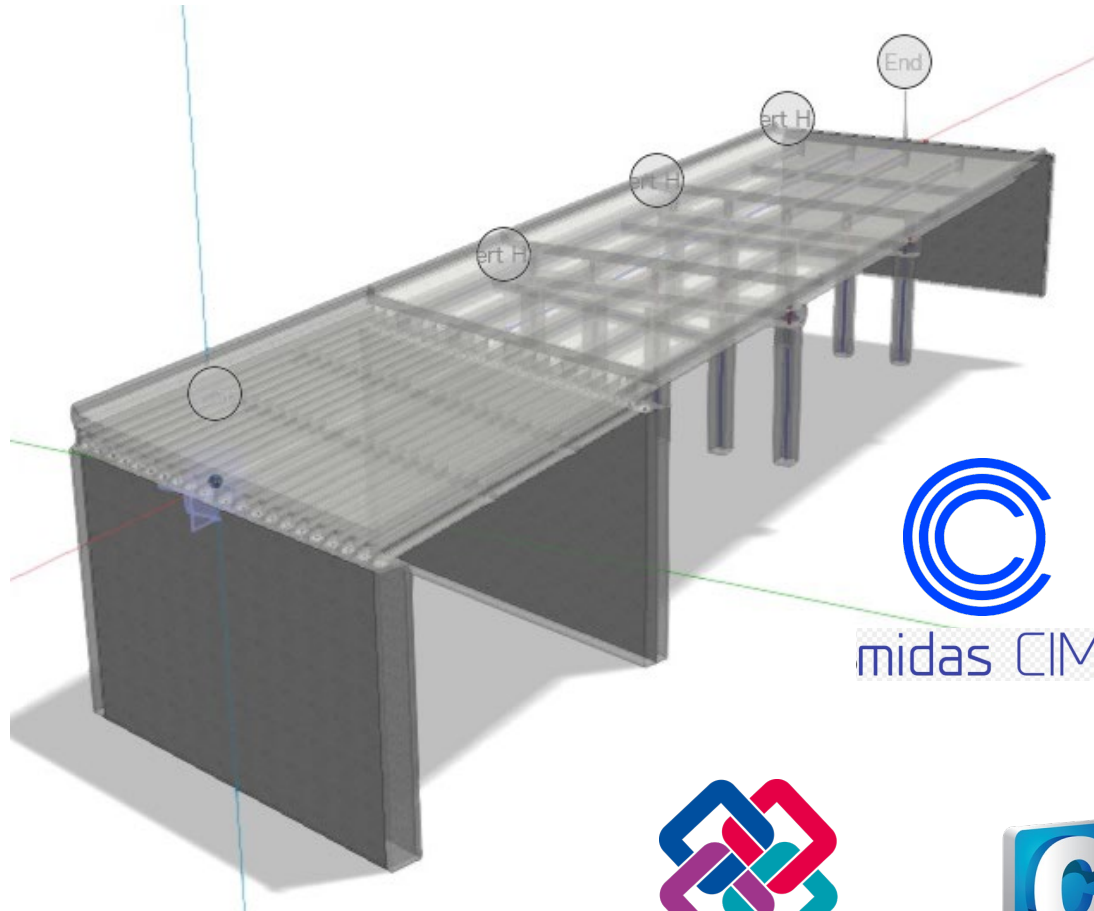


EXR



Il formato **IFC** richiede di **definire manualmente** le **connessioni** tra gli elementi, **nodo per nodo**

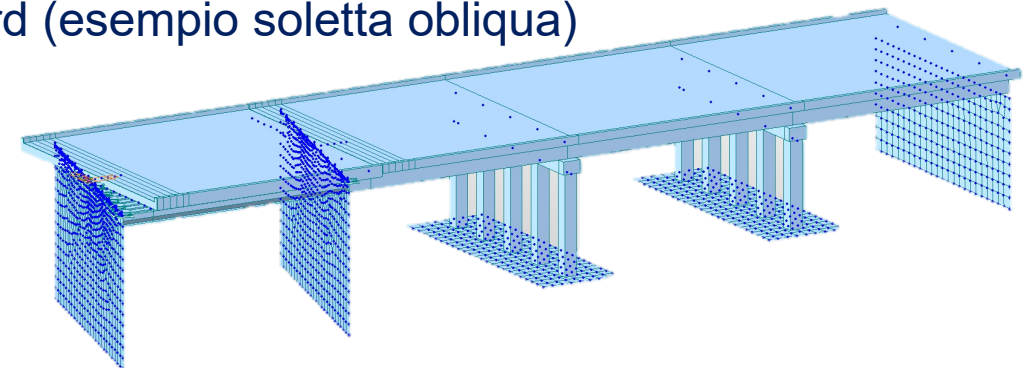
Il formato **EXR** richiede di **intervenire su alcuni vincoli**



Un'ulteriore analisi è stata condotta mediante un altro software di Authoring BIM. Si è scelto di sviluppare il modello informativo usando il software BIM Midas CIM.

Anche in questo caso l'utilizzo di un formato IFC ha evidenziato significative criticità per le successive analisi strutturali.

Midas CIM restituisce il modello analitico apribile con il software **Midas Civil** collegato. In tal caso le sole criticità riscontrate sono relative agli elementi di geometria non standard (esempio soletta obliqua)



DPC/ReLUIS 2022-2024

WP 5

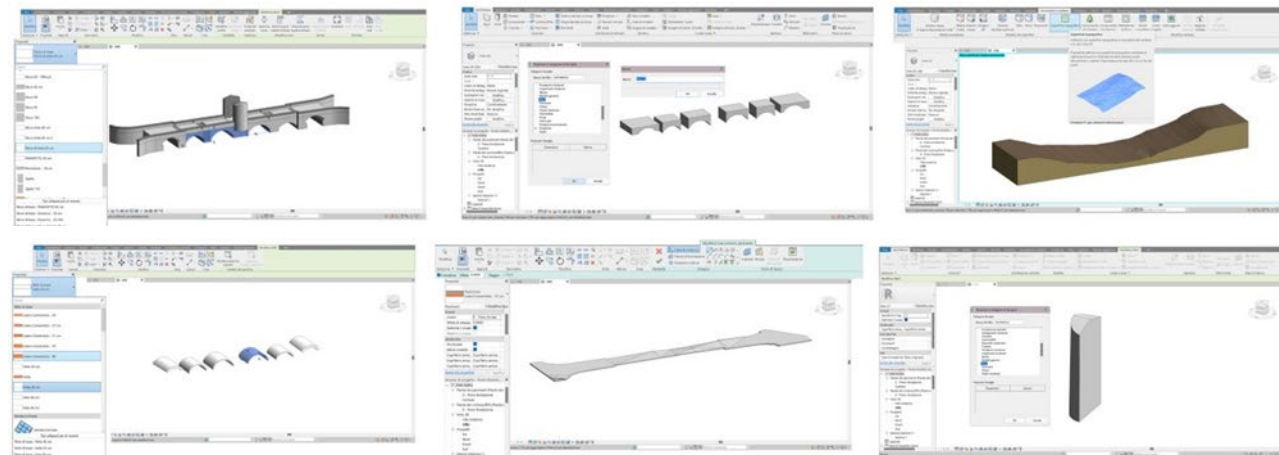


Unimol

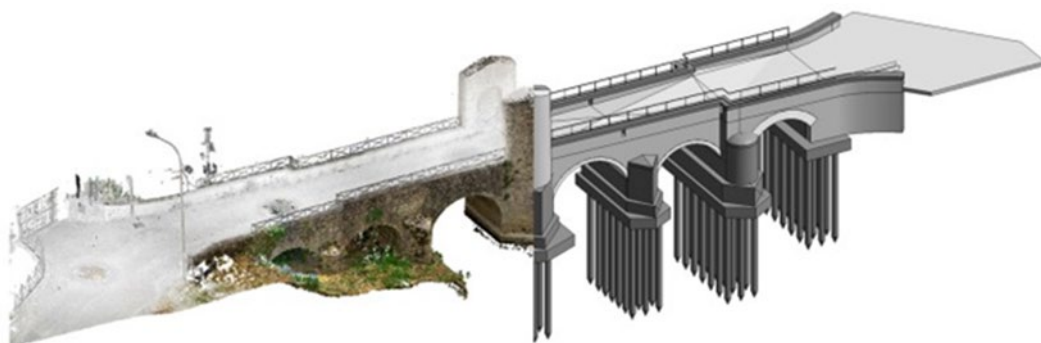
ITC-CNR AQ



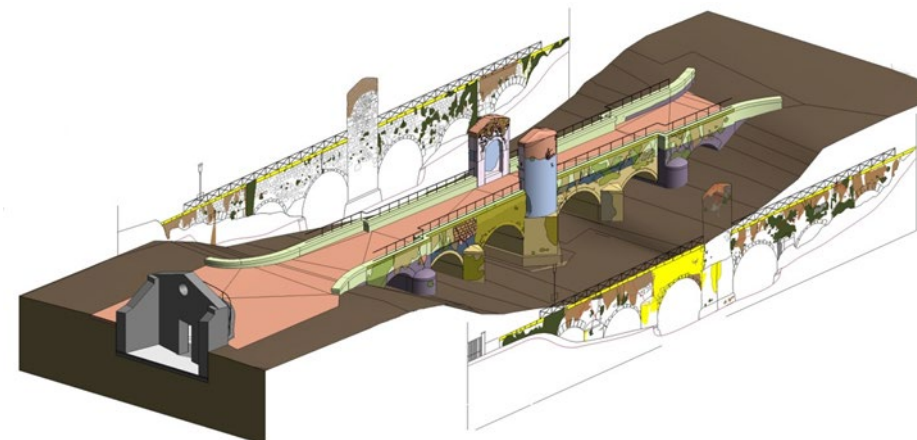
1. Nuvola di punti da laser scanner terrestre (TLS)



2. Fase di parametrizzazione degli elementi costruttivi



3. Modello parametrico a partire dalla procedura scan-to-BIM

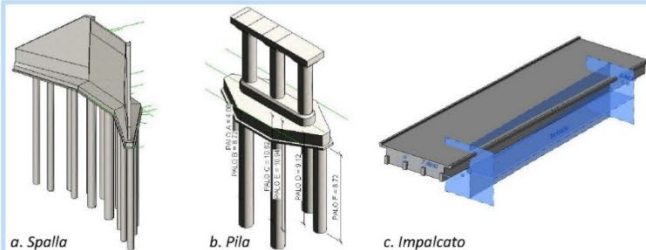


4. Modello parametrico del ponte e visualizzazione in ambiente parametrico delle forme di degrado riscontrate

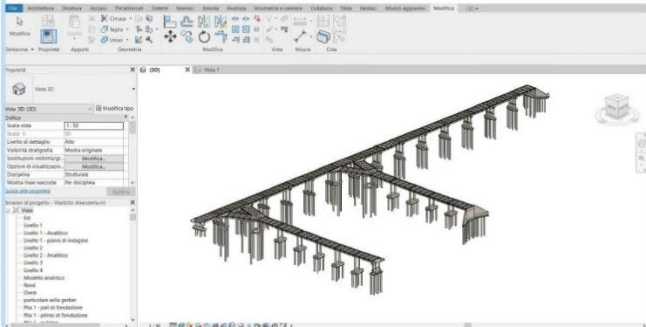


LA MODELLAZIONE PARAMETRICA

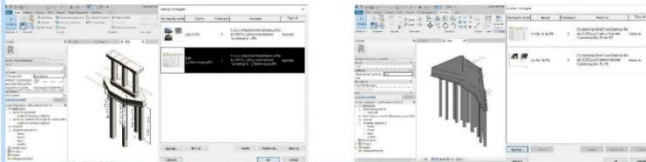
1. Modellazione degli ELEMENTI.



2. Realizzazione del MODELLO.

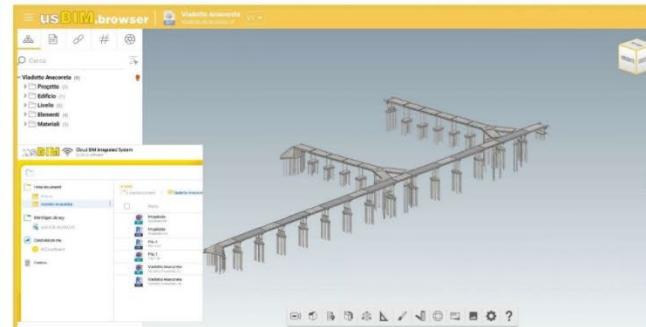


3. Associazione delle INFORMAZIONI.



LA CONDIVISIONE E LA GESTIONE DEL PROGETTO

4. IMPORTAZIONE del modello.

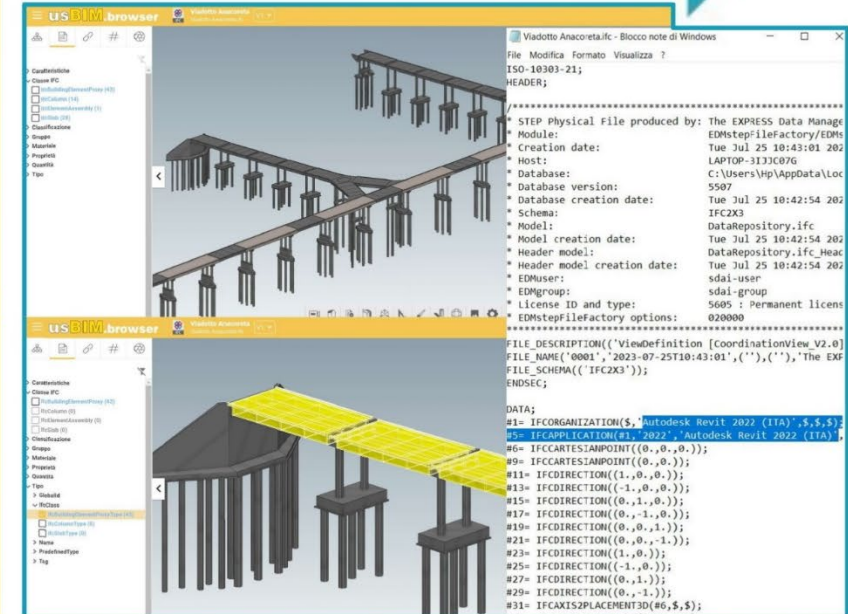


5. LETTURA delle informazioni importate.



IFC VIEWER

6. Visualizzazione degli IFC.



Attività di Ricerca e Sviluppi Futuri

Sviluppo di piattaforme di condivisione dei dati e loro associazione ai modelli informativi, al fine di definire la CdA, programmare gli interventi di manutenzione e le fasi di valutazione successive. Acquisizione dei dati da ispezioni automatizzate, valutazioni predittive, classi/indici di resilienza

Interoperabilità tra software BIM e software FEM per l'analisi Strutturale

Realizzazione del modello BIM sulla base di rilievi ottenuti mediante tecniche avanzate (Scan to BIM), anche in relazione a forme geometriche complesse, stati di degrado e danneggiamento

Ambienti di condivisione dei dati derivanti dal monitoraggio e fruibilità degli stessi. Trasferimento dei dati nei modelli informativi (Digital Twin)