

Convegno finale

Sperimentazione delle Linee Guida per i Ponti Esistenti

19, 20 e 21 Novembre 2025

Aula Magna «Adalberto Libera»

Dipartimento di Architettura

Università degli Studi Roma Tre

Largo Giovanni Battista Marzi, 10, Roma

IMPALCATI IN ACCIAIO

Raffaele Landolfo

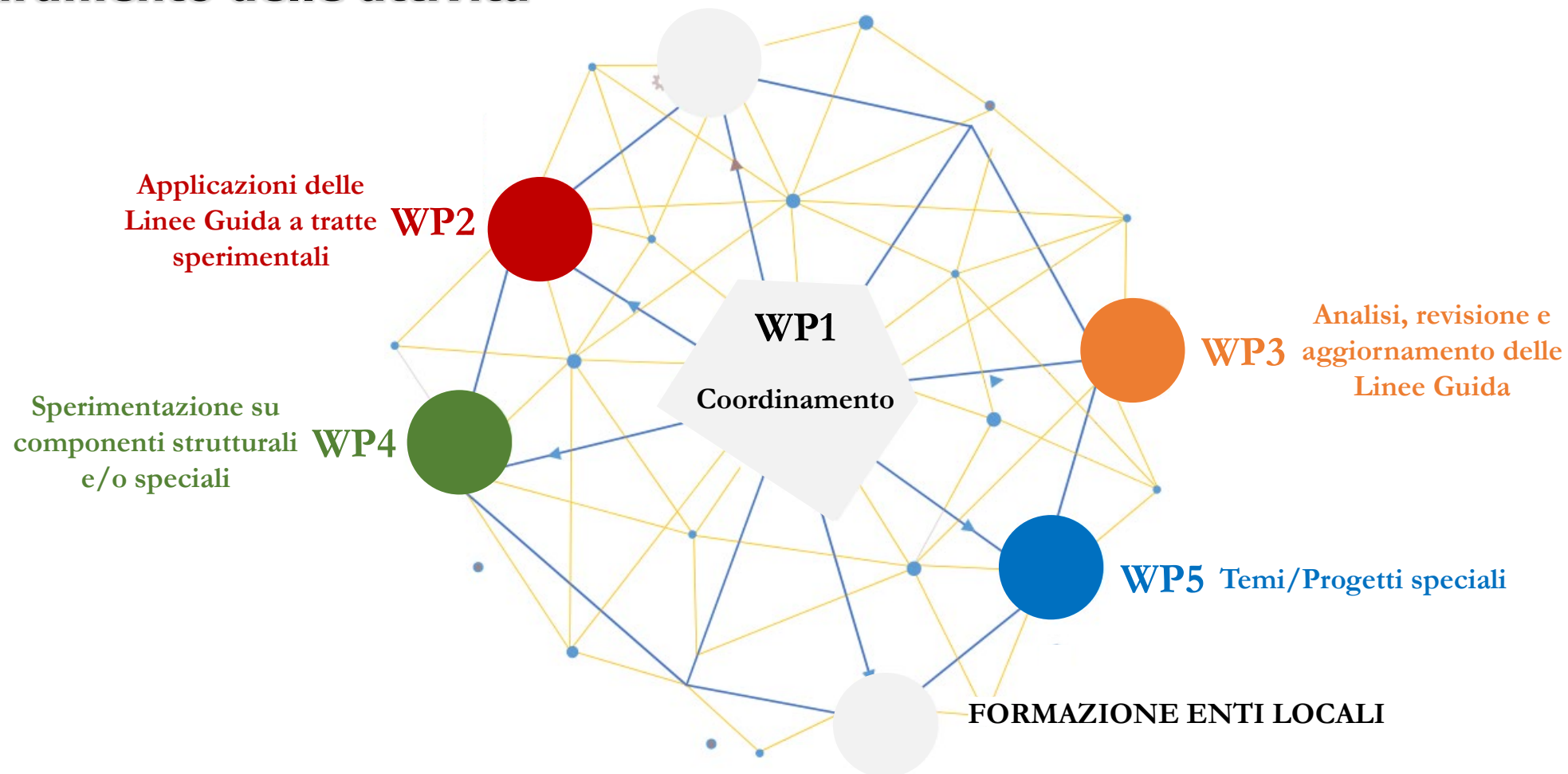
Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Unità coinvolte

UR01		UNINA/1 – R. Landolfo
UR02		UNINA/2 – E. Nigro
UR03		UNINA/3 – M. Pecce
UR04		UNISA/1 – G. Rizzano/M. Latour
UR05		UNISA/2 – E. Martinelli/C. Lima
UR06		UNITN – O.S. Bursi
UR07		UNIGE – M.P. Repetto

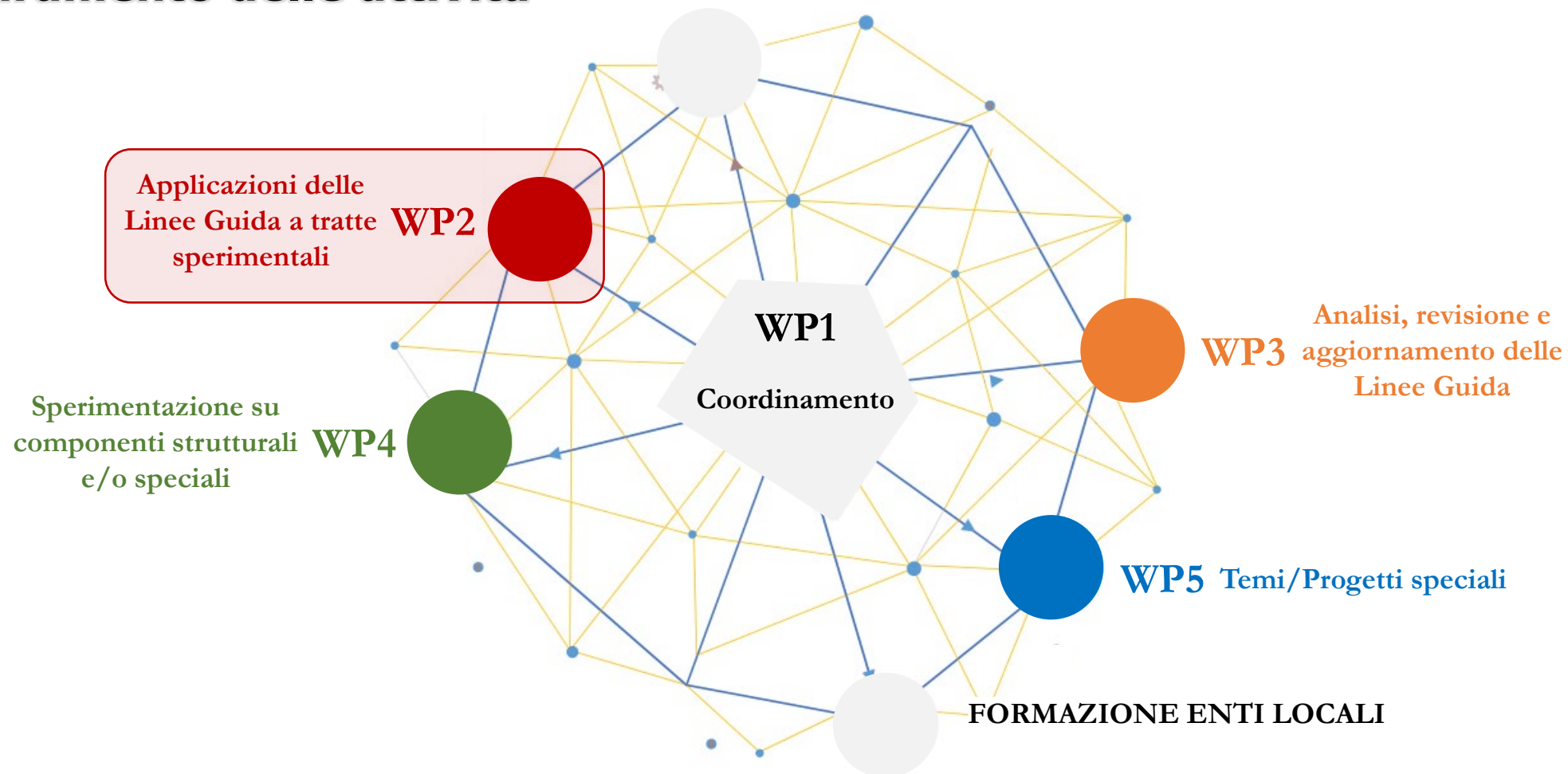
Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Inquadramento delle attività



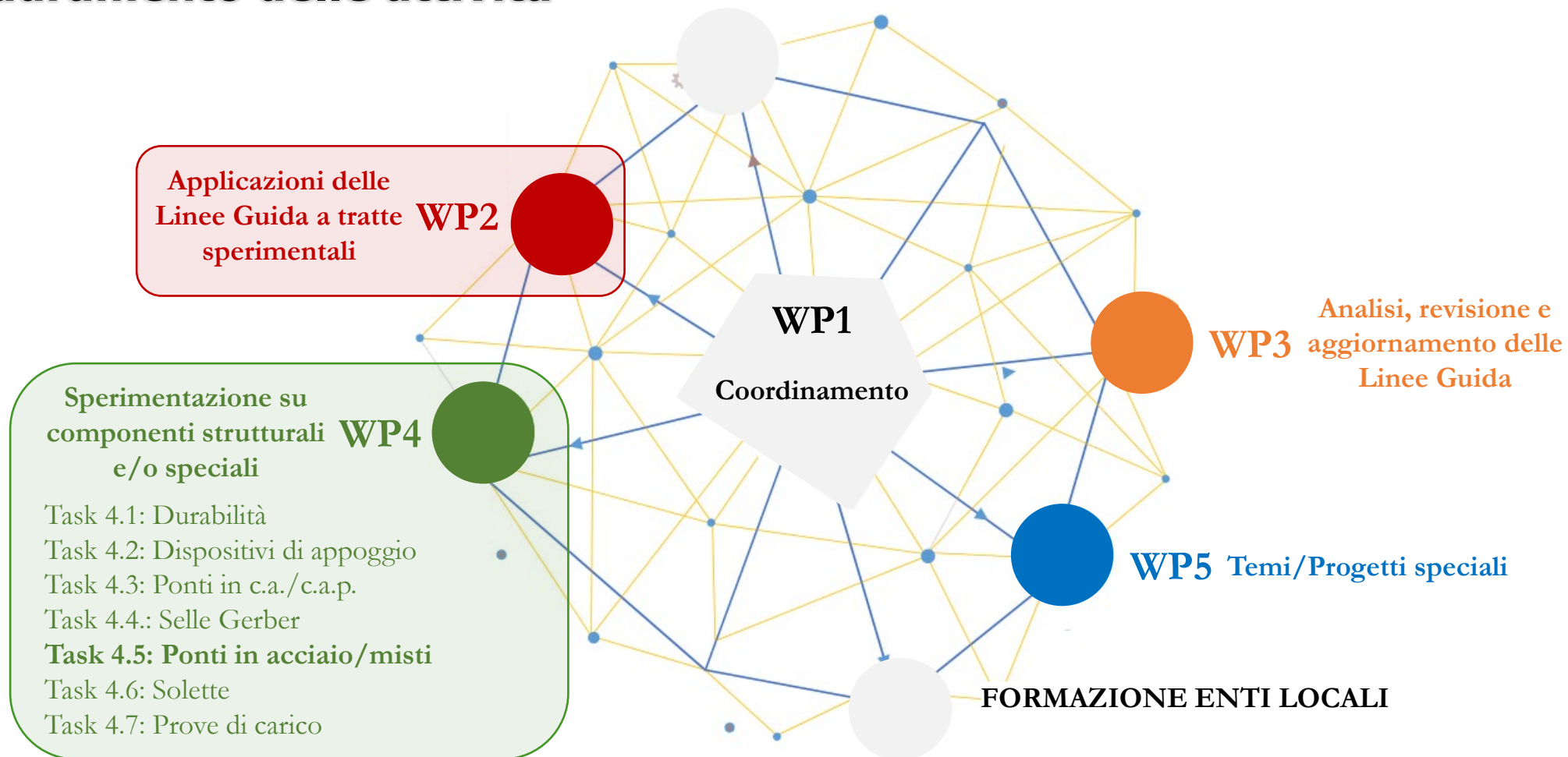
Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Inquadramento delle attività



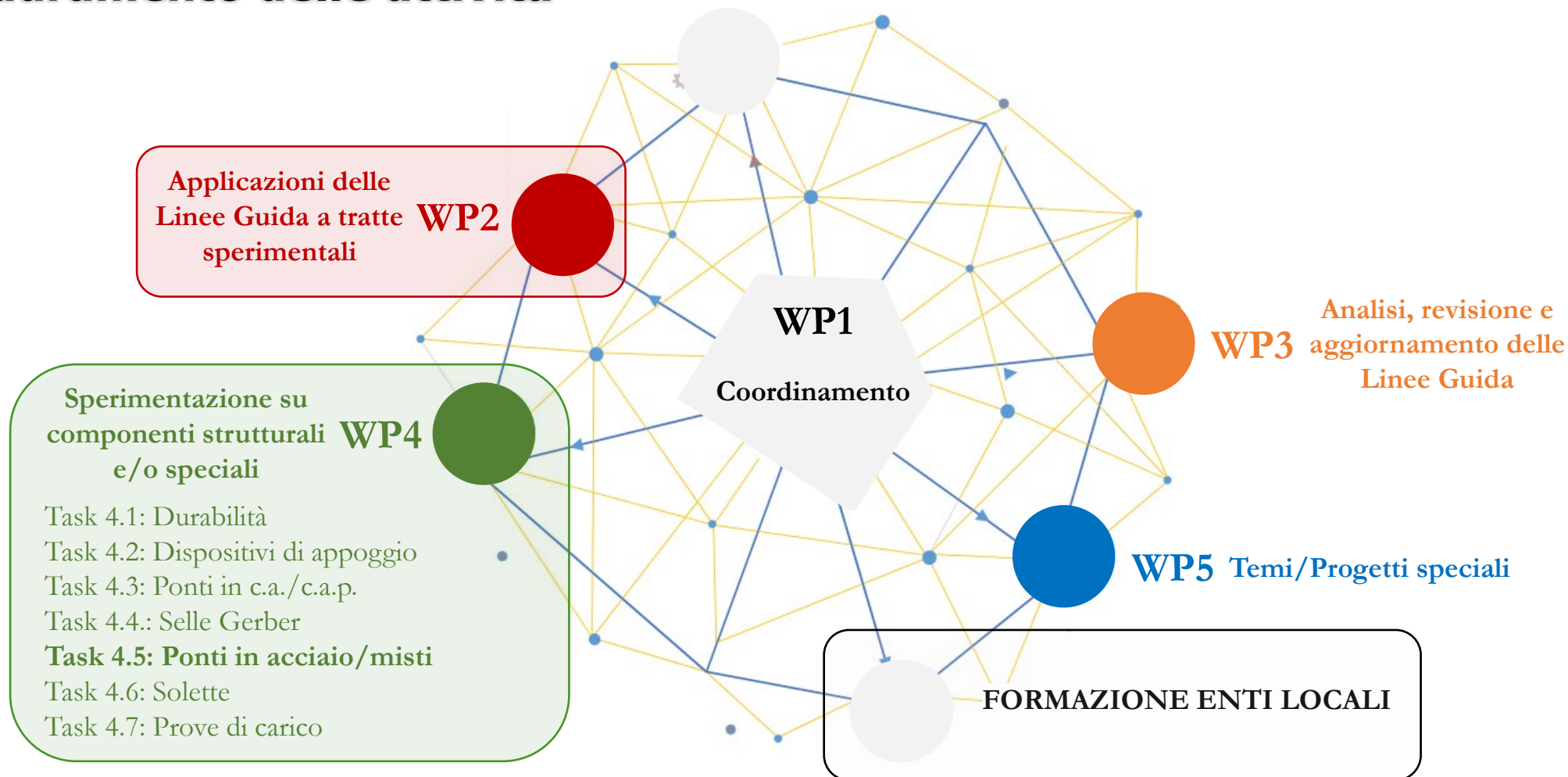
Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Inquadramento delle attività



Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Inquadramento delle attività



I ponti in acciaio e misti acciaio/cls: classificazione per tipologia strutturale

Struttura a cassone



Viadotto Capodichino, Napoli

Struttura strallata



Ponte Garigliano, Minturno (LT)

— 30 m — *Luce* — > 300 m →

Immissione C.so Malta, Napoli



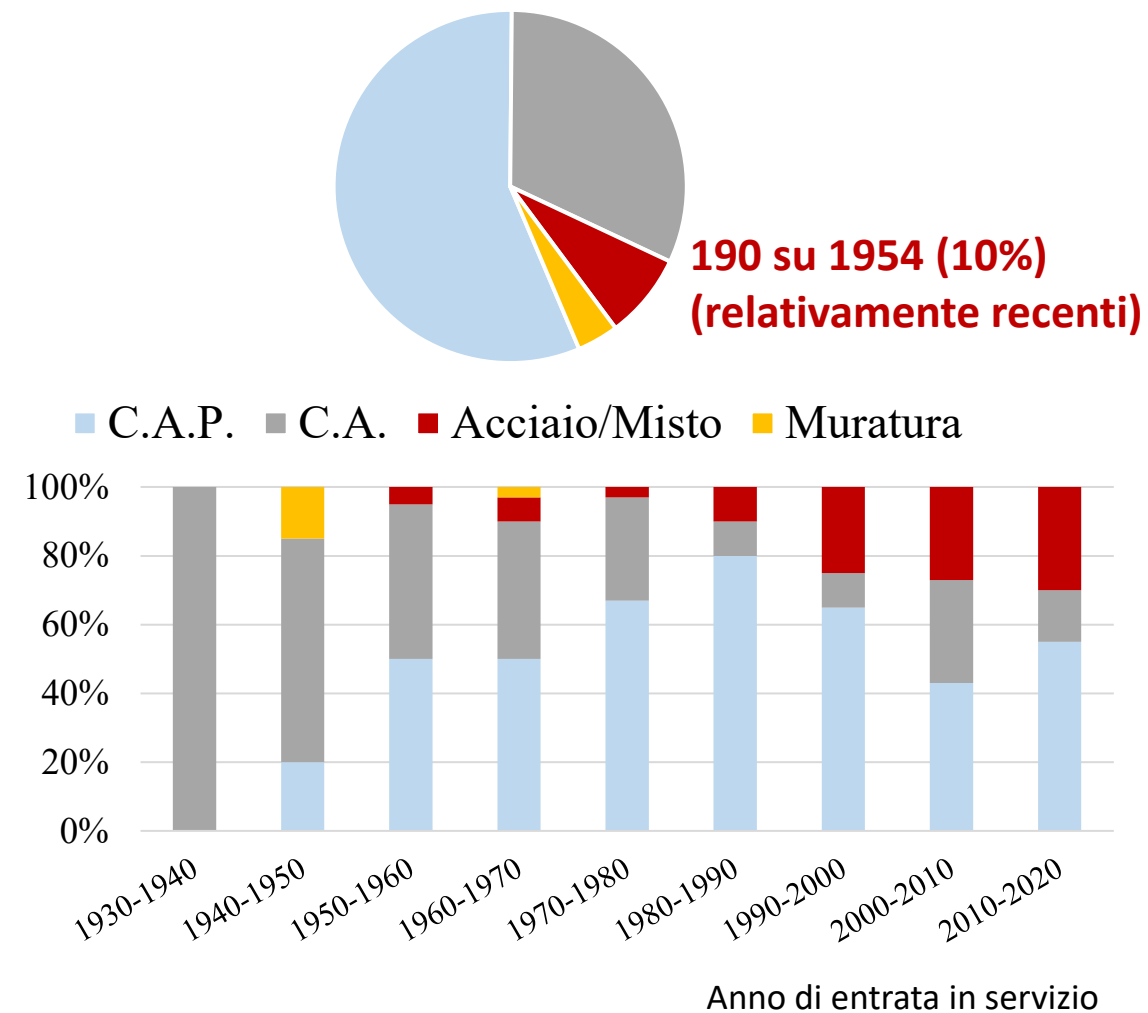
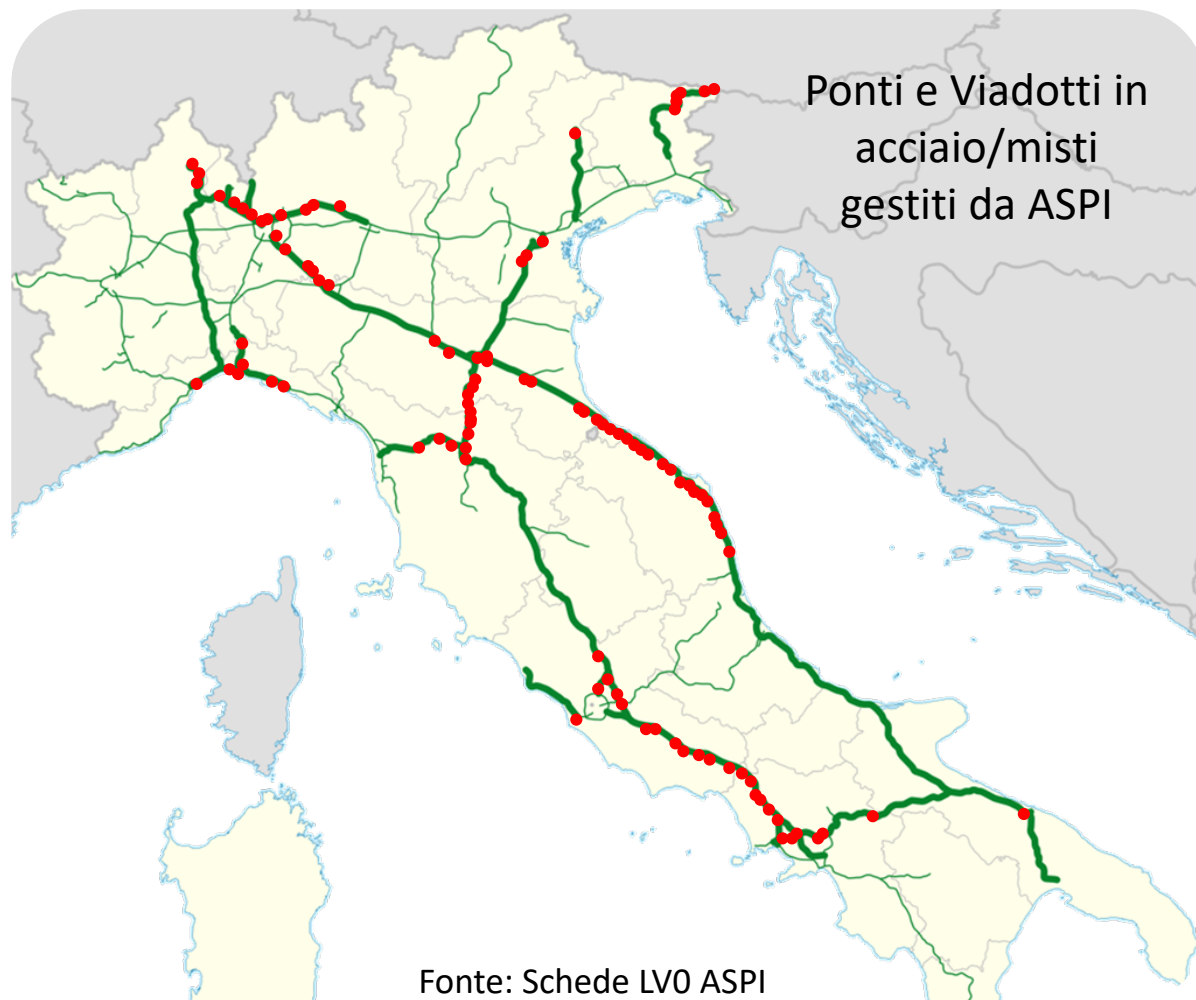
Struttura a travata

Cavalcavia Cavallera, Castegnato (BS)



Struttura ad arco

Numerosità e vita di servizio – Ponti e viadotti esistenti in acciaio e misti



Numerosità e vita di servizio – Cavalcavia esistenti in acciaio e misti



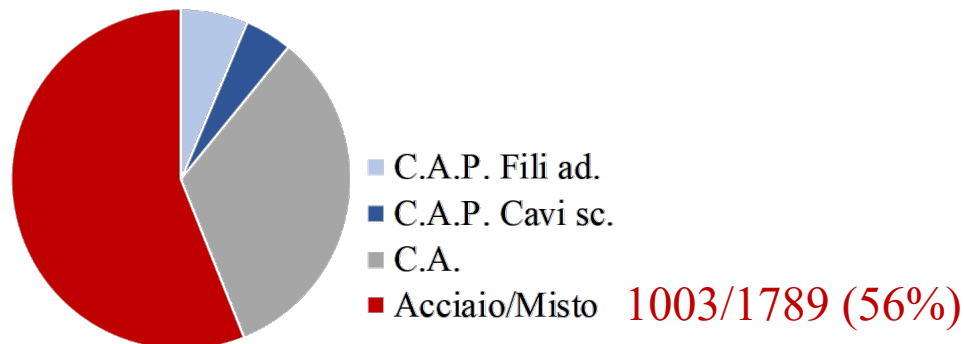
La maggior parte dei cavalcavia gestiti da ASPI è in acciaio/misto,

Luce: moderata (20-40 m)

Vita di servizio: compresa tra i 30 e i 40 anni

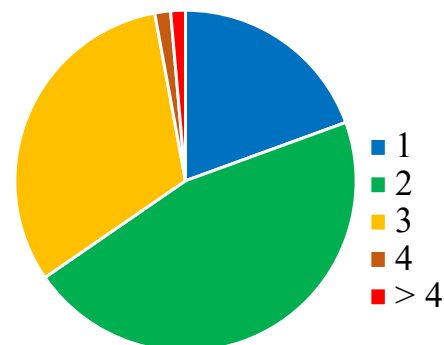
Fonte: Schede LVO ASPI

Cavalcavia gestiti da ASPI (1798)

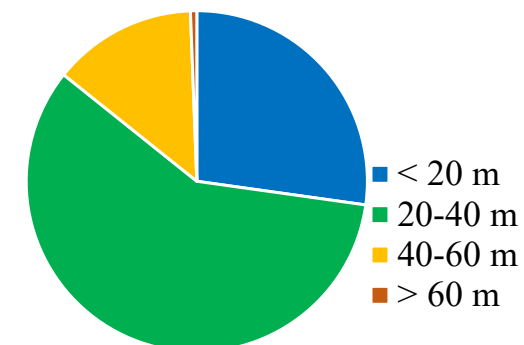


Cavalcavia ASPI in acciaio/misti

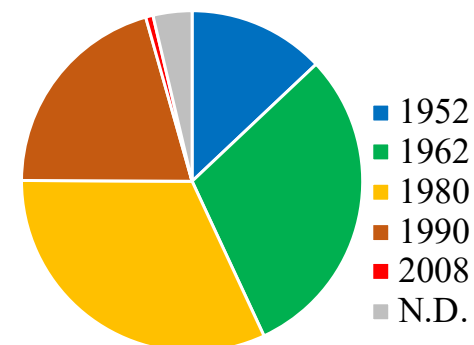
Numero di campate



Luce media delle campate

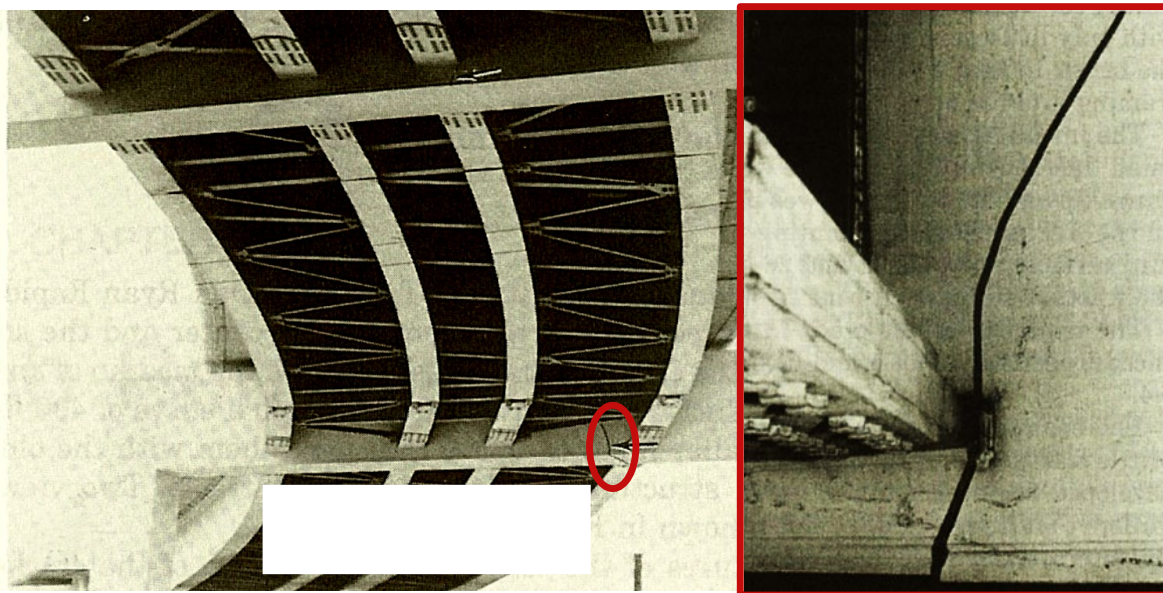


Norma di progettazione



Problematiche tipiche dei ponti metallici e misti

Fatica e criticità dei collegamenti



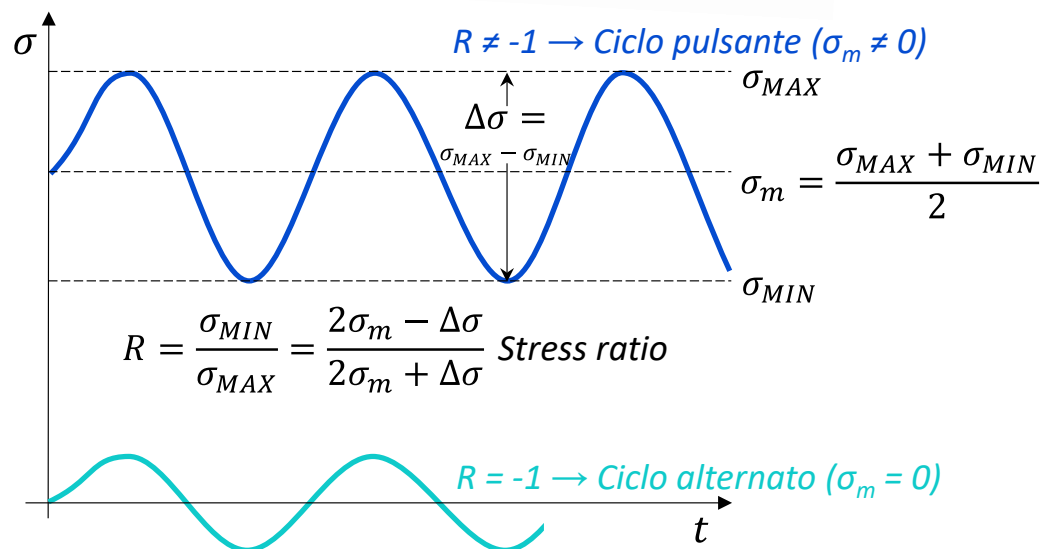
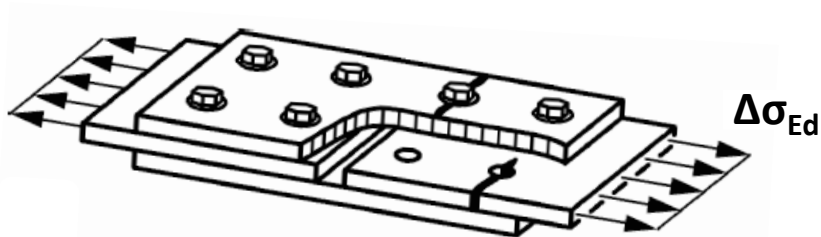
Virginia, USA

acciaio/cl.
ruschi cambi di sezione e
irricati.

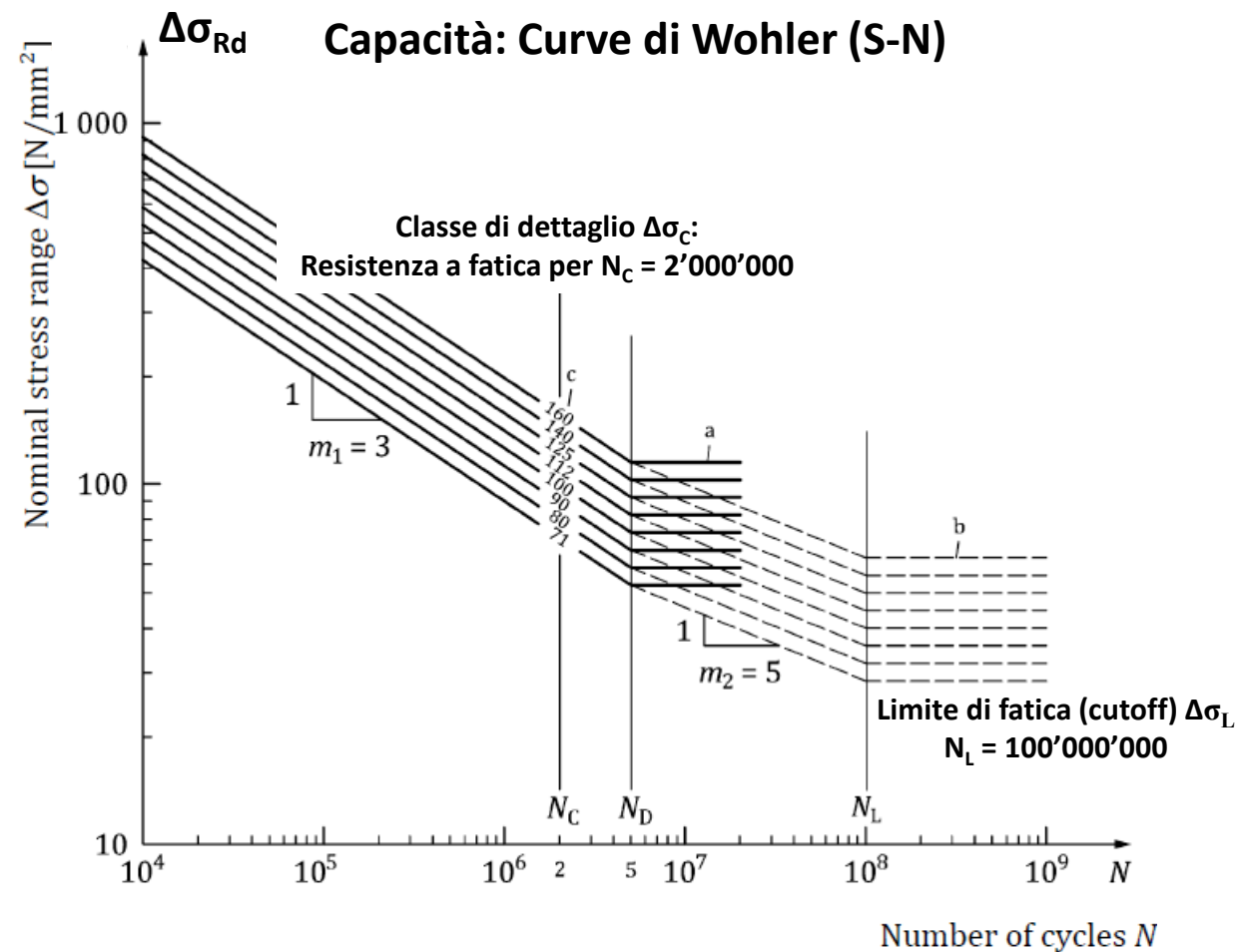
Problematiche tipiche dei ponti metallici e misti

Stima della domanda e della capacità a fatica

Domanda: Stress range $\Delta\sigma$



Capacità: Curve di Wohler (S-N)



Problematiche tipiche dei ponti metallici e misti

Degrado dei materiali e corrosione



I-19 Highway Bridge, New York, USA

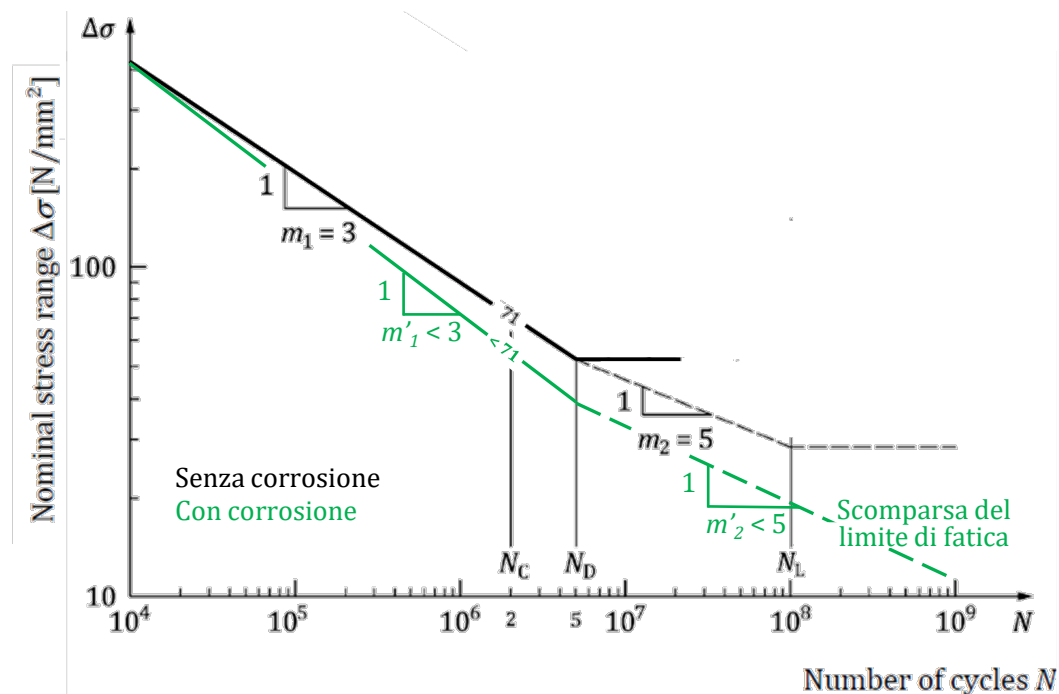


Albany Railway Bridge, New York, USA

Il degrado dei materiali rappresenta un'altra fondamentale criticità per i ponti metallici e misti, in particolare sotto forma di corrosione (spesso fortemente localizzata). L'interazione di degrado e fatica può ulteriormente peggiorare la performance di ponti esistenti conducendo ad un loro rapido deterioramento. Tale problematica è ulteriormente critica in caso di strutture difficilmente ispezionabili.

Problematiche tipiche dei ponti metallici e misti

Interazione tra le problematiche di fatica e degrado



La presenza contemporanea di problematiche di fatica e di degrado dei materiali può esacerbare i danni e mettere a repentaglio la sicurezza strutturale. Difatti: *i*) le cricche da fatica possono penetrare eventuali strati protettivi (es. zinco), *ii*) la corrosione, se disuniforme (pitting) può comportare delle amplificazioni locali degli sforzi con conseguente propagazione accelerata delle cricche

Problematiche tipiche dei ponti metallici e misti

Sistemi di connessione in impalcati misti



Connettori a taglio a T



Connettori a piolo tipo Nelson

L'efficienza dei sistemi di connessione rappresenta una evidente criticità per i ponti a struttura mista acciaio/cls. Prima dell'avvento delle correnti disposizioni normative, sono state impiegate diffusamente *numerosa tipologie di connettori* la cui identificazione e valutazione rappresentano una complessa problematica per le strutture esistenti.

SINTESI DELLE ATTIVITA' SCIENTIFICHE E DEI PRINCIPALI RISULTATI DEL TASK 4.5

Task 4.5 – Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Finalità

Nel **Task 4.5** vengono analizzate le **peculiarità di infrastrutture o componenti di ponti a struttura metallica o mista acciaio-CLS**. In particolare, diverse criticità a livello locale e/o globale vengono affrontate sia tramite modellazione numerica sia tramite dedicati studi sperimentali. L'analisi della criticità consente una gestione della manutenzione infrastrutturale basata sul rischio.

SubTasks

4.5.1 - Comportamento delle unioni e dei collegamenti sia sotto carichi monotoni che ciclici


4.5.2 - Comportamento dei connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

4.5.3 - Vulnerabilità e analisi del rischio all'azione dell'incendio dei ponti in acciaio e acciaio-calcestruzzo

4.5.4 – Pianificazione e gestione della manutenzione delle infrastrutture basata sul rischio

Task 4.5 – Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

Unità coinvolte

SubTask	Unità
4.5.1 – Unioni e collegamenti	 UR Rizzano  UR Landolfo  UR Repetto  UR Bursi
4.5.2 – Sistemi di connessione	 UR Pecce  UR Nigro  UR Lima/Martinelli
4.5.3 – Rischio da incendio	 UR Nigro  UR Bursi
4.5.4 – Manutenzione risk-based	 UR Repetto

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR01-UNINA/1



Responsabile UR: Raffaele Landolfo

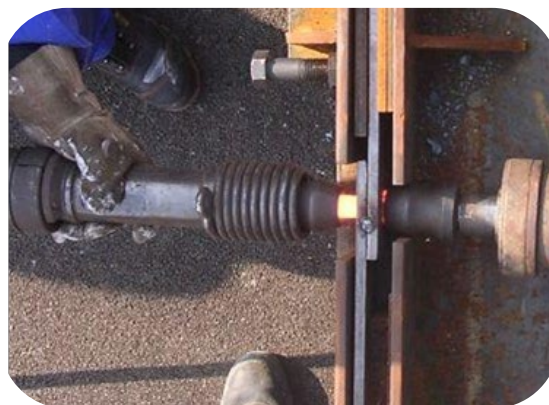
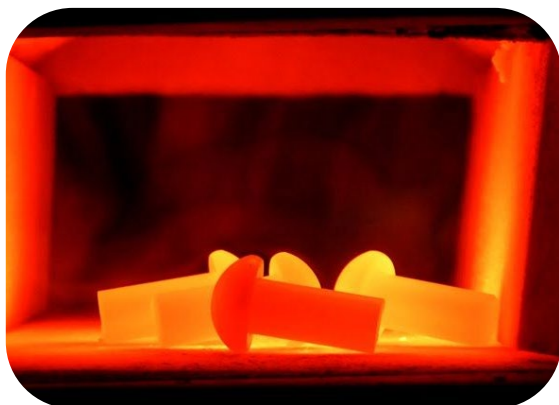
Componenti UR: Mario D'Aniello, Aldo Milone

Titolo/tema della Ricerca

Analisi della performance strutturale di unioni chiodate e bullonate

Obiettivi della Ricerca

Studio della **risposta statica e a fatica di unioni chiodate e bullonate rappresentative di dettagli tipici di ponti metallici e misti**. Impiego di metodi numerici avanzati per l'analisi basati su **formulazioni energetiche**. Analisi dell'influenza delle del **degrado strutturale** sulla risposta dei dettagli. Sviluppo di Linee Guida per l'analisi e la **mitigazione della vulnerabilità** di tali dettagli.



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR01-UNINA/1

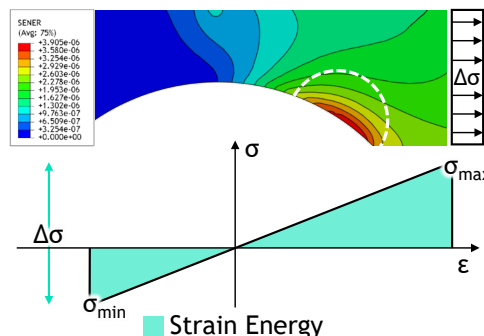
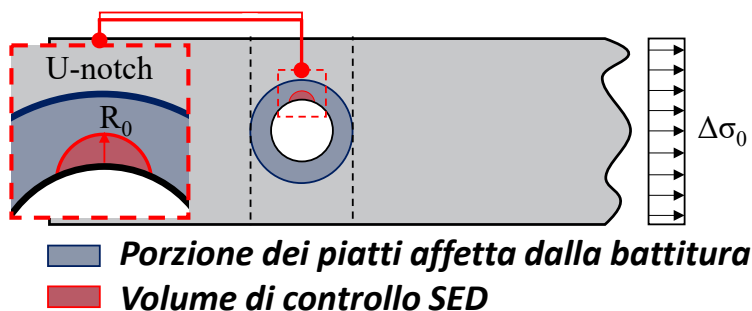
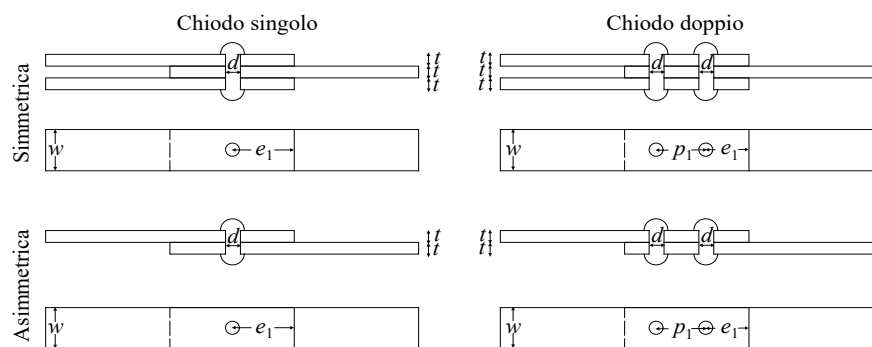


Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Componenti UR: Mario D'Aniello, Aldo Milone

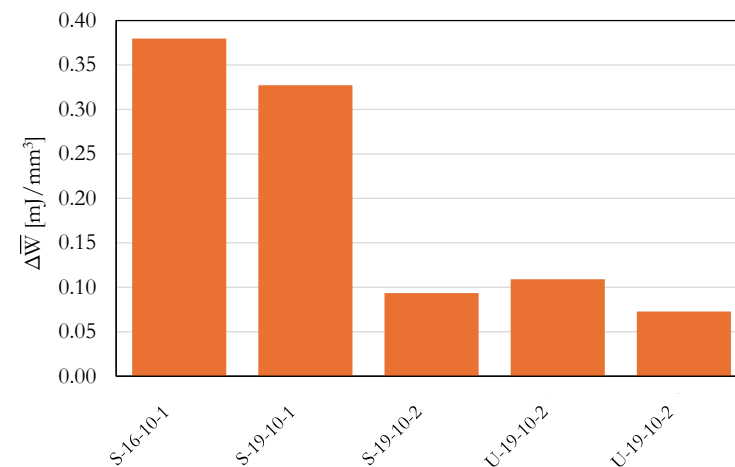
Approccio metodologico e principali risultati

Analisi della performance a fatica di unioni chiodate a caldo via FEM. Assessment avanzato a fatica basato su formulazioni energetiche (Metodo «Strain Energy Density»). Studio dei parametri maggiormente influenti sulla risposta.



Hp. di base del Metodo Strain Energy Density:

La crisi a fatica di un componente forato è governata dalla variazione ΔW di densità di energia di deformazione mediata in un volume di controllo di raggio R_0 (proprietà del materiale) centrato in prossimità dell'apice del foro



Parametri maggiormente influenti

Configurazione (Asimm. U < Simm. S)

Numero di chiodi ($n_r \uparrow \rightarrow \Delta\sigma_{Rd} \uparrow$)

Bearing ratio larghezza/diametro ($BR \uparrow \rightarrow \Delta\sigma_{Rd} \downarrow$)

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR01-UNINA/1

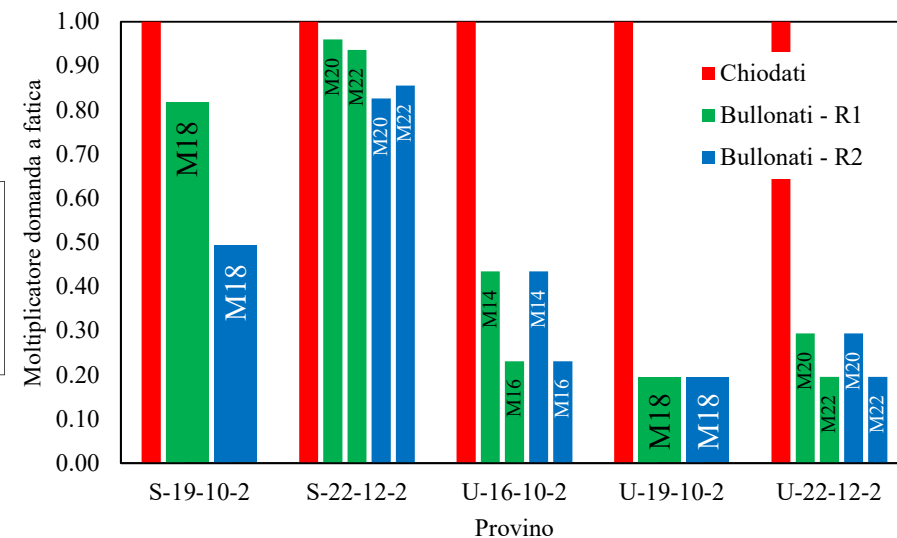
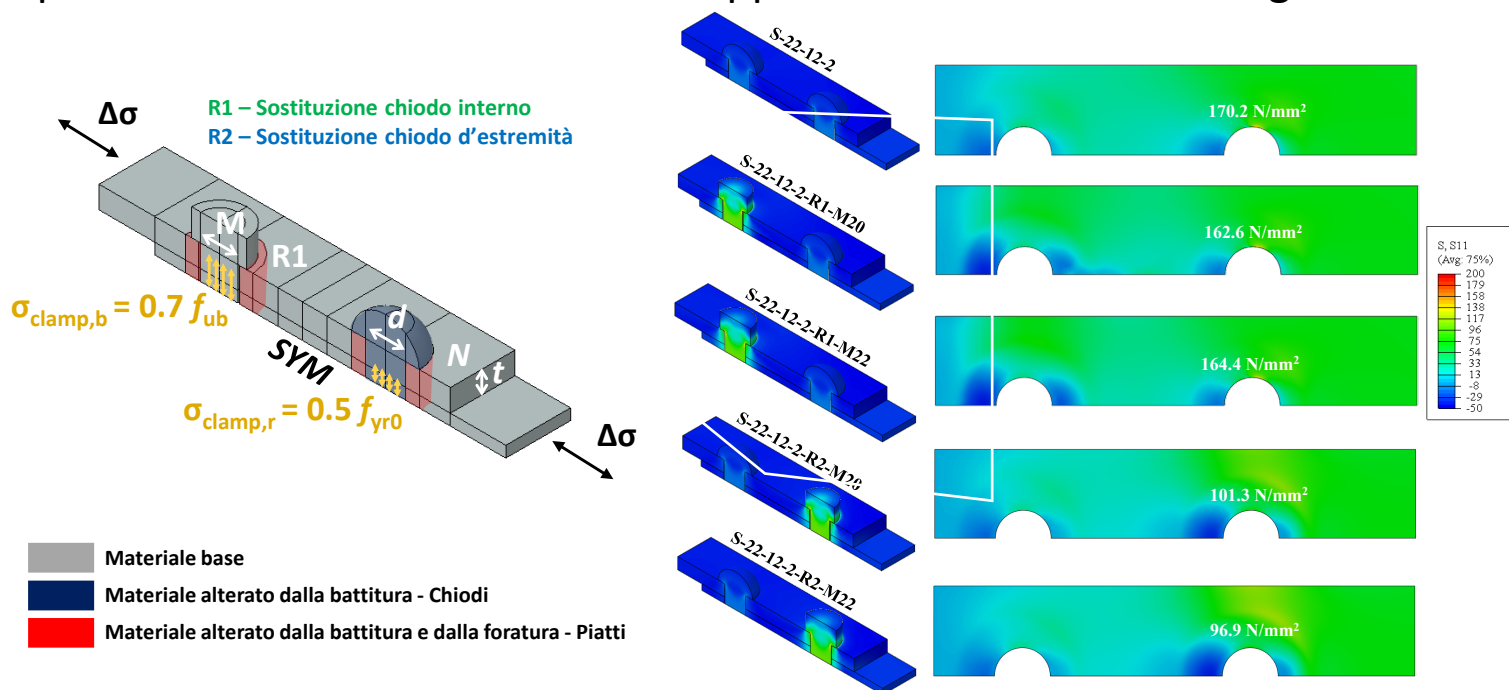


Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Componenti UR: Mario D'Aniello, Aldo Milone

Approccio metodologico e principali risultati

Studio dell'efficacia degli interventi di riparazione delle unioni chiodate tramite installazione di bulloni ad alta resistenza precaricati: analisi numeriche con applicazione dei metodi energetici.



Potenziale decremento di ~80% della domanda a fatica.
Incremento della vita a fatica di 0.1-1 ordini di grandezza

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR01-UNINA/1



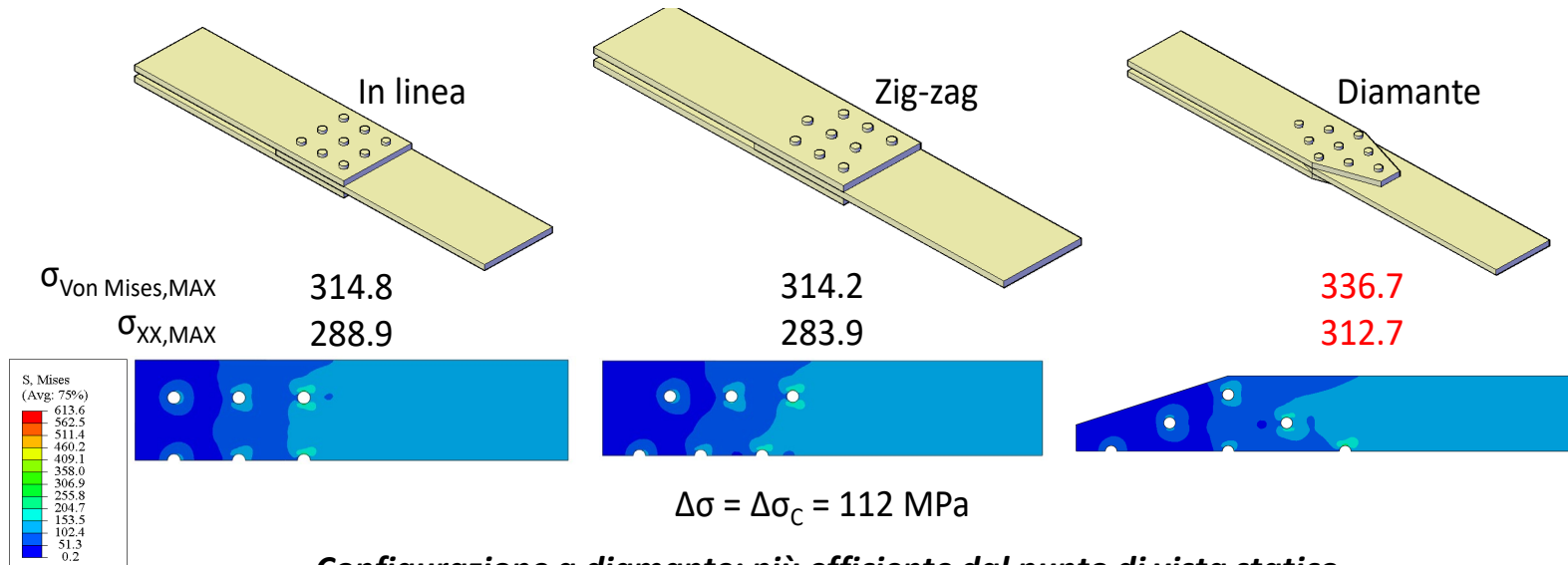
Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Componenti UR: Mario D'Aniello, Aldo Milone

Approccio metodologico e principali risultati

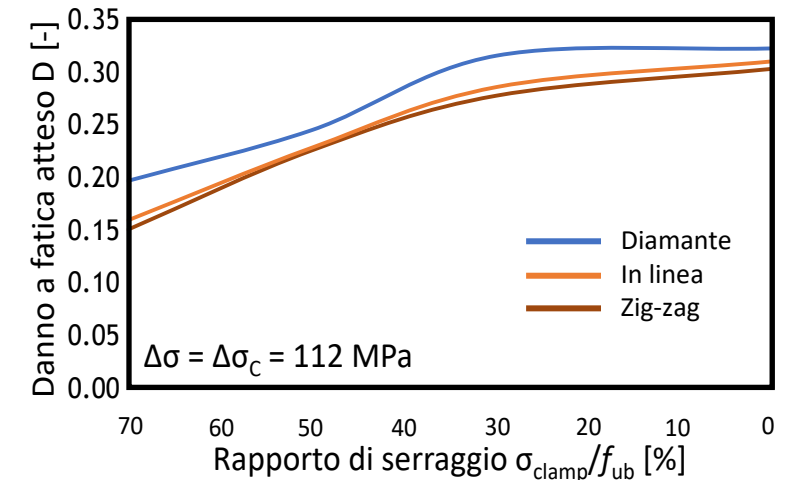
Analisi della performance a fatica di collegamenti bullonati via FEM. Assessment avanzato a fatica basato su formulazioni energetiche (Metodo «Strain Energy Density»). Studio dell'influenza della perdita di precarico sulla risposta a fatica.

Influenza della configurazione del collegamento a parità di resistenza nominale (statica e a fatica)



**Configurazione a diamante: più efficiente dal punto di vista statico.
Critica nei confronti della fatica (amplificazioni tensionali al foro d'attacco)**

Influenza della perdita di precarico



**Effetto determinante della perdita di precarico (+64%)
in termini di danno atteso per tutte le configurazioni.
Potenziale riduzione di ~70% della vita a fatica attesa**

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR01-UNINA/1

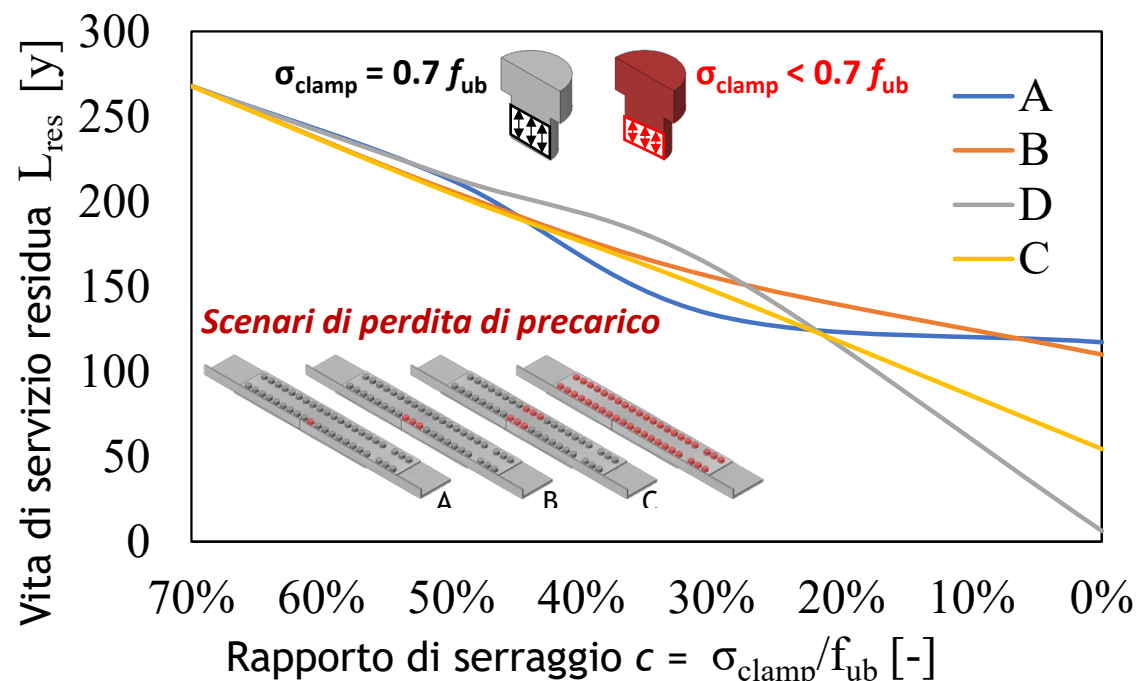
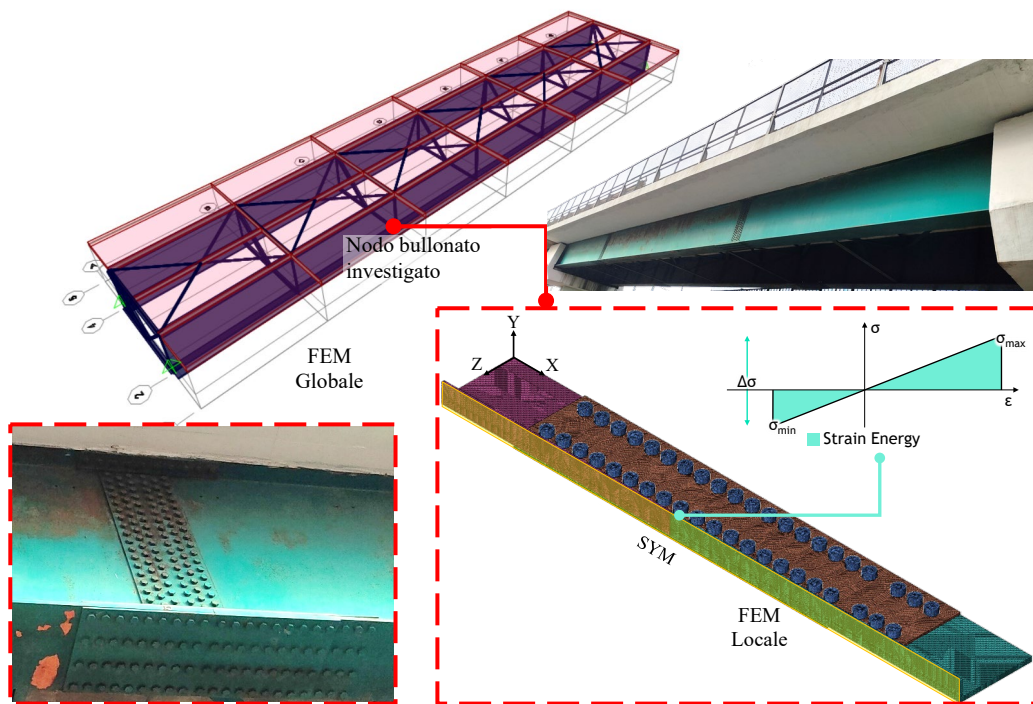


Responsabile UR: Raffaele Landolfo

Componenti UR: Mario D'Aniello, Aldo Milone

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi FEM multiscala di un caso reale: influenza della perdita di precarico in un collegamento bullonato sulla vita residua di un ponte misto esistente situato in territorio italiano.



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR04-UNISA/1



Responsabili UR: Gianvittorio Rizzano, Massimo Latour

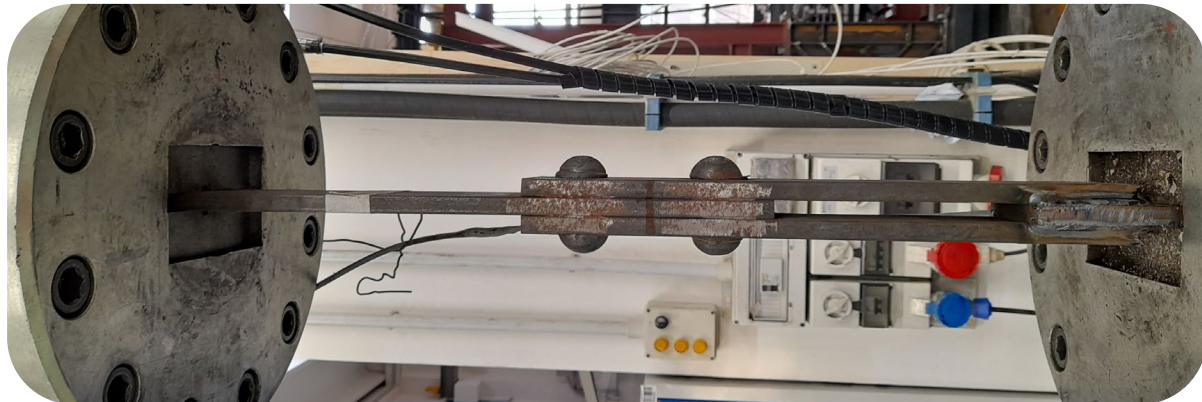
Componenti UR: Sabatino Di Benedetto, Annarosa Lettieri

Titolo/tema della Ricerca

Analisi della performance a fatica di unioni chiodate a caldo

Obiettivi della Ricerca

Studio della **risposta a fatica di unioni chiodate a caldo rappresentative di dettagli tipici di ponti metallici ferroviari**. Esecuzione di **campagna sperimentale su provini chiodati**. Calibrazione di **modelli numerici e studio parametrico** sulla performance a fatica. Sviluppo di linee guida per l'analisi e la mitigazione della vulnerabilità a fatica di tali dettagli.



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR04-UNISA/1



Responsabili UR: Gianvittorio Rizzano, Massimo Latour

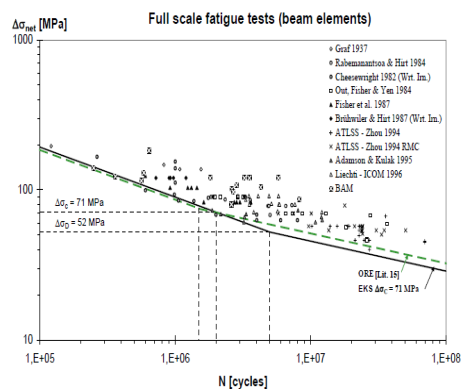
Componenti UR: Sabatino Di Benedetto, Annarosa Lettieri

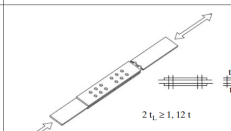
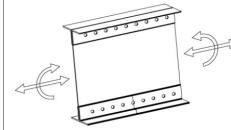
Approccio metodologico e principali risultati

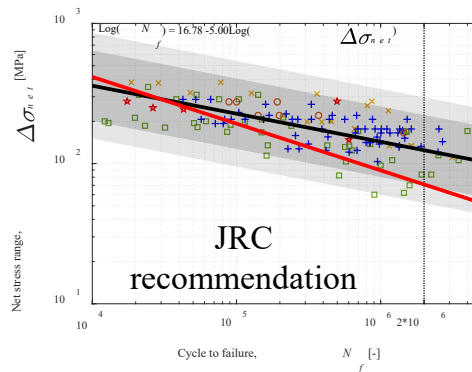
Analisi della letteratura scientifica affrontante il tema della fatica in unioni chiodate a caldo: studio delle proposte di classe di dettaglio e confronto con i dataset derivanti da campagne pregresse di test a fatica su unioni chiodate.

Fatica in dettagli chiodati: proposte di letteratura

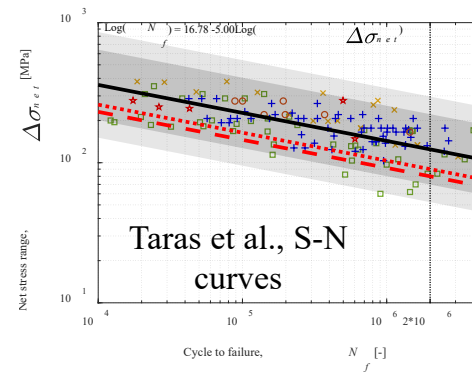
Confronto tra le proposte di letteratura per i dettagli chiodati e i dati sperimentali a fatica derivanti da campagne sperimentali pregresse



Fatigue strength (MPa)	Constructional detail
$\Delta\sigma_c = 90$ (80) $m = 5$	
$\Delta\sigma_c = 85$, $m = 5$	

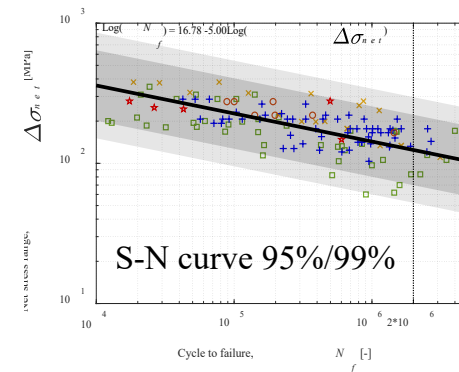


— $\Delta\sigma_c = 71$ MPa, $m = 3$



..... $\Delta\sigma_c = 90$ MPa, $m = 5$

— $\Delta\sigma_c = 80$ MPa, $m = 5$



N.B. NON esistono indicazioni normative per la verifica a fatica di dettagli chiodati in EN1993-1-9

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR04-UNISA/1

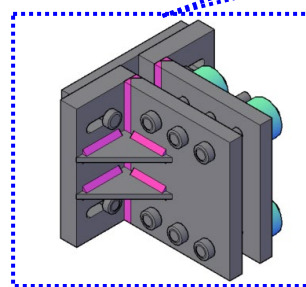
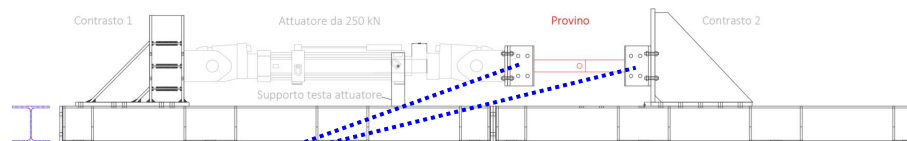
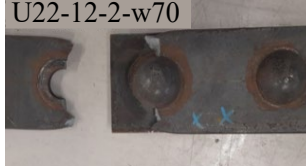


Responsabili UR: Gianvittorio Rizzano, Massimo Latour

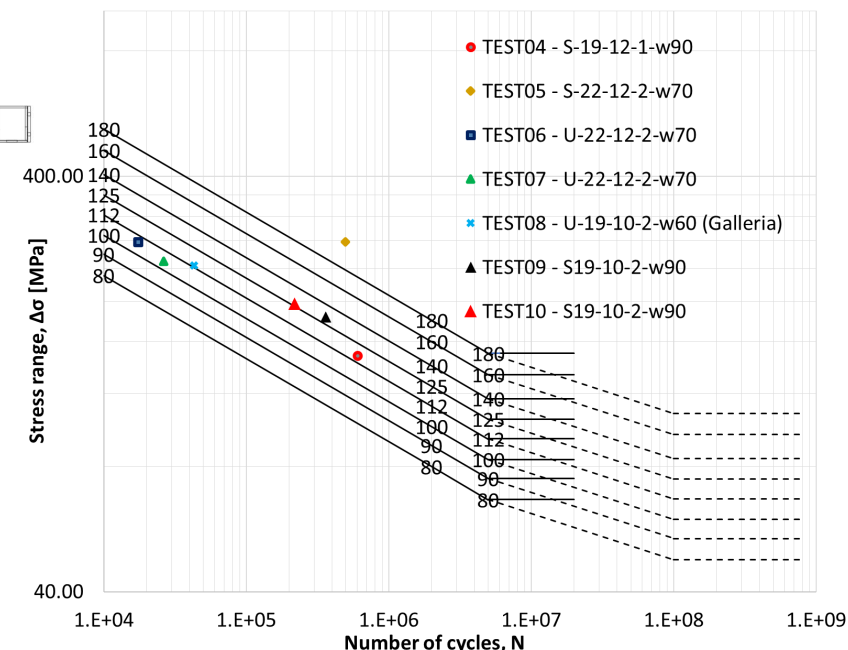
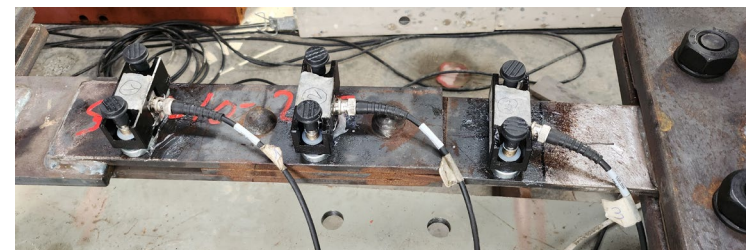
Componenti UR: Sabatino Di Benedetto, Annarosa Lettieri

Approccio metodologico e principali risultati

Esecuzione di prove sperimentali integrative a fatica su provini chiodati a caldo di tipo lap-shear aventi differente configurazione e caratteristiche geometriche. Interpretazione statistica dei risultati ottenuti.



Sviluppo di un setup sperimentale dedicato per lavorare ad elevate frequenze di prova



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR04-UNISA/1



Responsabili UR: Gianvittorio Rizzano, Massimo Latour

Componenti UR: Sabatino Di Benedetto, Annarosa Lettieri

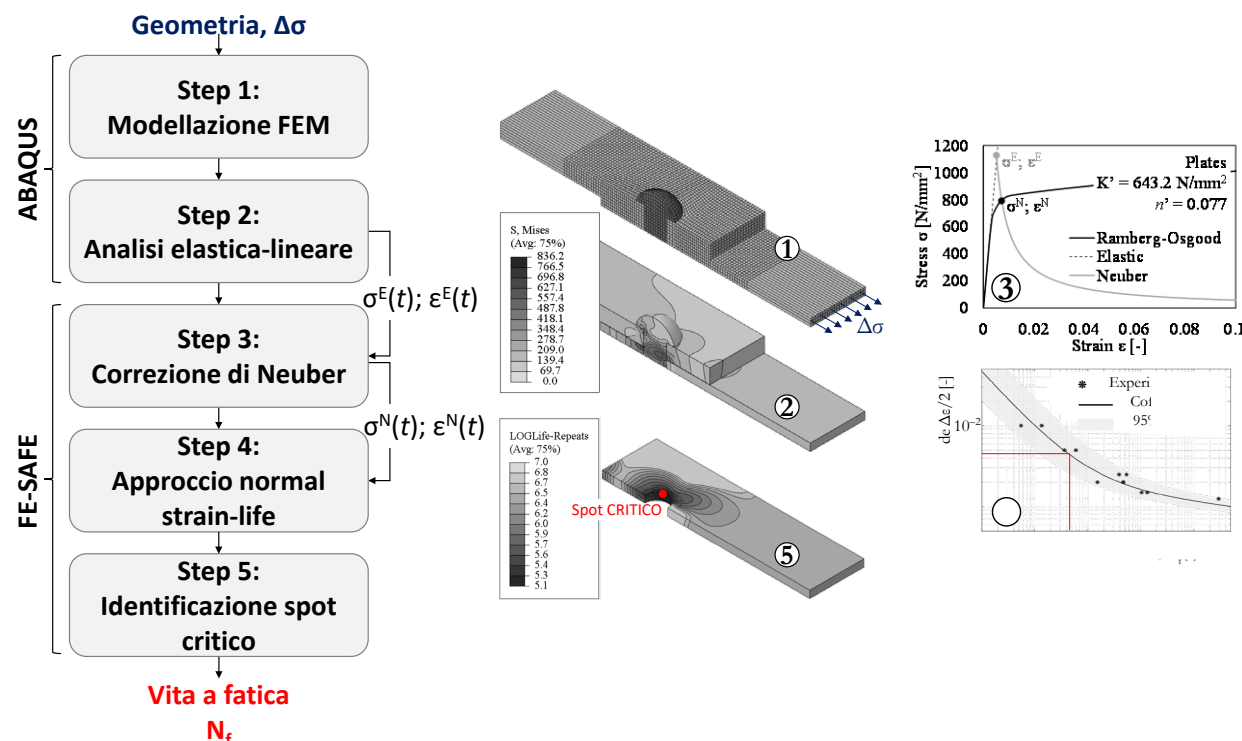
Approccio metodologico e principali risultati

Sviluppo di un algoritmo basato su analisi numeriche parametriche per comprendere l'influenza dei diversi parametri geometrici e di carico sulla resistenza a fatica di unioni chiodate a caldo di tipo lap-shear.

Codice	Diametro, Φ [mm]	Larghezza piatto, w [mm]	Spessore piatto, t [mm]	Distanza dal bordo, a [mm]	Interasse chiodi, p [mm]	p/d	R
R2-13-8-2.95	13	34.22	8	17.11	38.30	2.95	{0; 0.5}
R2-13-8-3.50	13	34.22	8	17.11	45.50	3.50	{0; 0.5}
R2-13-8-4.50	13	34.22	8	17.11	58.50	4.50	{0; 0.5}
R2-13-12-2.95	13	34.22	12	17.11	38.30	2.95	{0; 0.5}
R2-13-12-3.50	13	34.22	12	17.11	45.50	3.50	{0; 0.5}
R2-13-12-4.50	13	34.22	12	17.11	58.50	4.50	{0; 0.5}
R2-19-8-3.50	19	50.00	8	30.00	66.50	3.50	{0; 0.5}
R2-19-8-4.50	19	50.00	8	30.00	85.50	4.50	{0; 0.5}
R2-19-12-2.95	19	50.00	12	30.00	56.00	2.95	{0; 0.5}
R2-19-12-3.50	19	50.00	12	30.00	66.50	3.50	{0; 0.5}
R2-19-12-4.50	19	50.00	12	30.00	85.50	4.50	{0; 0.5}
R2-25-8-2.95	25	65.80	8	39.50	73.70	2.95	{0; 0.5}
R2-25-8-3.50	25	65.80	8	39.50	87.50	3.50	{0; 0.5}
R2-25-8-4.50	25	65.80	8	39.50	112.50	4.50	{0; 0.5}
R2-25-12-2.95	25	65.80	12	39.48	73.70	2.95	{0; 0.5}
R2-25-12-3.50	25	65.80	12	39.48	87.50	3.50	{0; 0.5}
R2-25-12-4.50	25	65.80	12	39.48	112.50	4.50	{0; 0.5}

Parametri variati:

- Diametro dei chiodi, $\phi = \{13; 19; 25\}$;
- Spessore dei piatti, $t = \{8; 12\}$;
- Rapporto passo-diametro, $p/\phi = \{2.95; 3.50; 4.50\}$;
- Rapporto di carico, $R = \sigma_{min}/\sigma_{max} = \{0; 0.5\}$.



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR04-UNISA/1

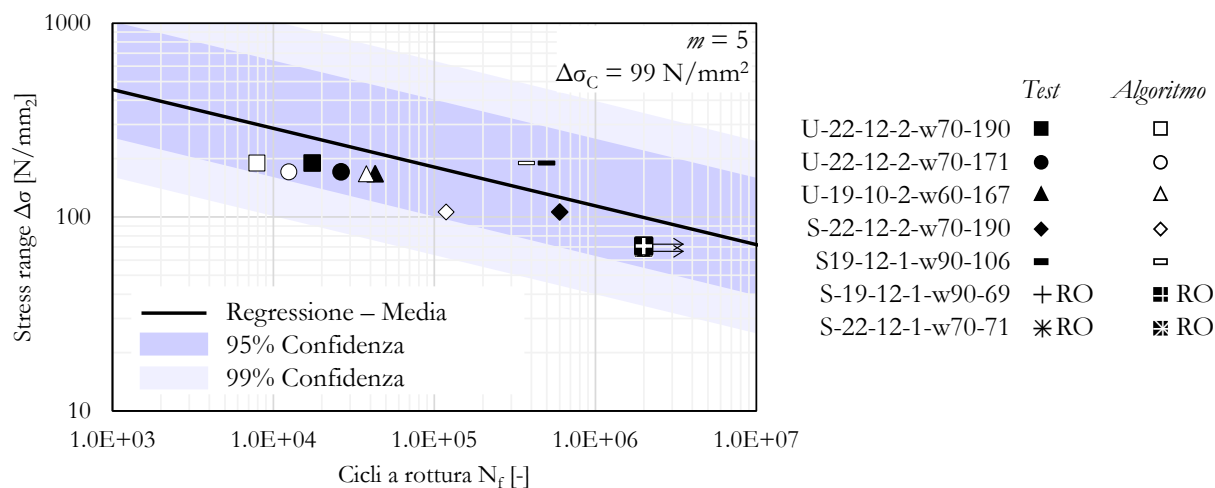


Responsabili UR: Gianvittorio Rizzano, Massimo Latour

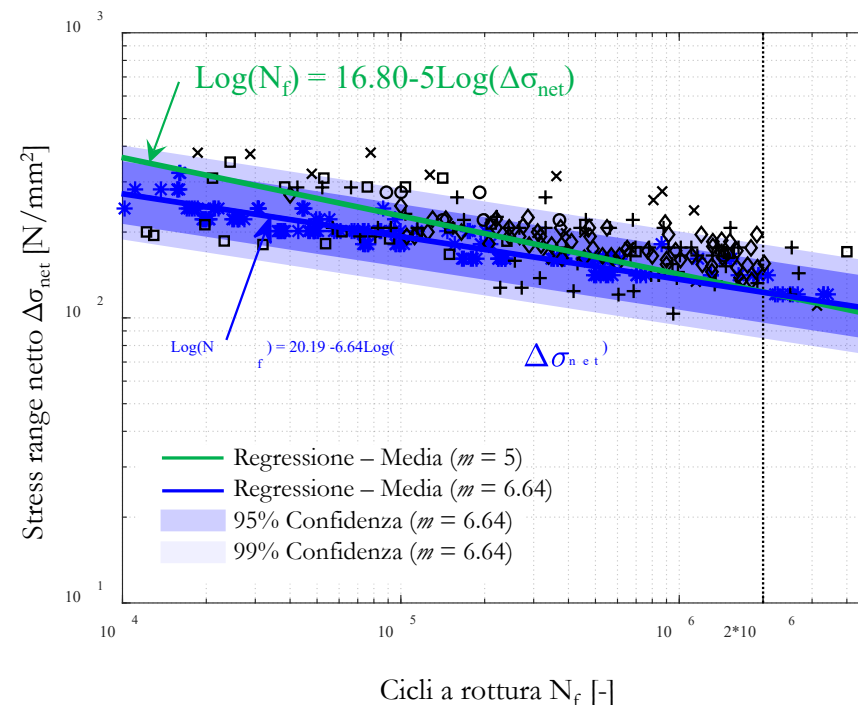
Componenti UR: Sabatino Di Benedetto, Annarosa Lettieri

Approccio metodologico e principali risultati

Sviluppo di un algoritmo basato su analisi numeriche parametriche per comprendere l'influenza dei diversi parametri geometrici e di carico sulla resistenza a fatica di unioni chiodate a caldo di tipo lap-shear.



Materiale	Parametri ingegneristici		Ramberg-Osgood		Coffin-Manson			
	f_y [MPa]	f_u [MPa]	K' [MPa]	n' [-]	σ'_f [MPa]	ϵ'_f [-]	b [-]	c [-]
Piatti	291	433	643	0.08	849	3.25	-0.08	-0.74
Chiodi	394	515	677	0.06	772	0.59	-0.09	-0.57



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR06-UNITN



Responsabile UR: Oreste S. Bursi

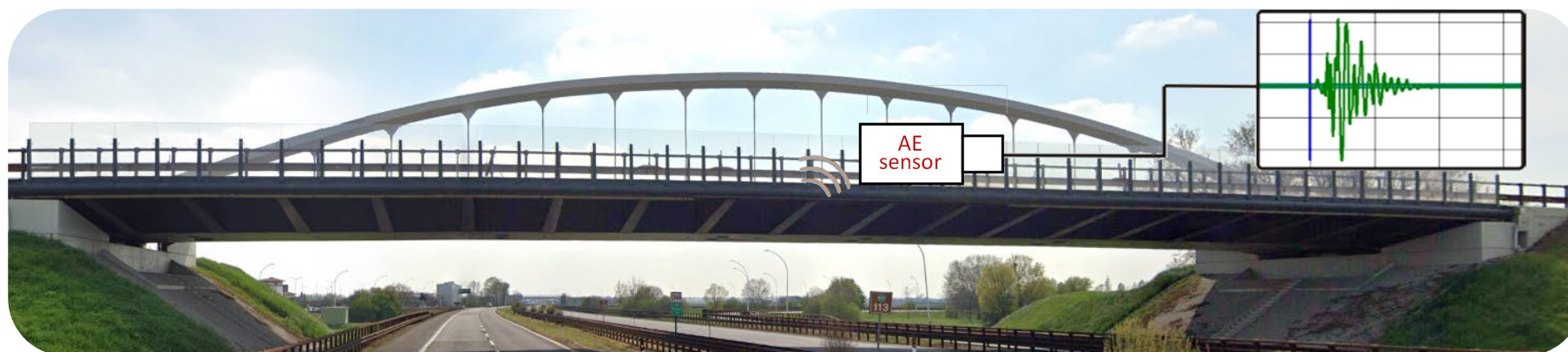
Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Titolo/tema della Ricerca

Analisi a fatica in dettagli critici di ponti metallici e misti tramite monitoraggio AE

Obiettivi della Ricerca

Sviluppo di una **metodologia per il monitoraggio tramite emissioni acustiche (AE)** di ponti metallici e misti. Interpretazione dei dati di monitoraggio tramite **tecniche di machine learning (reti neurali)**. Analisi a fatica dei dettagli identificati come critici. Sviluppo di Linee guida su «Tecniche di indagine e diagnostica con Emissioni Acustiche».



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR06-UNITN

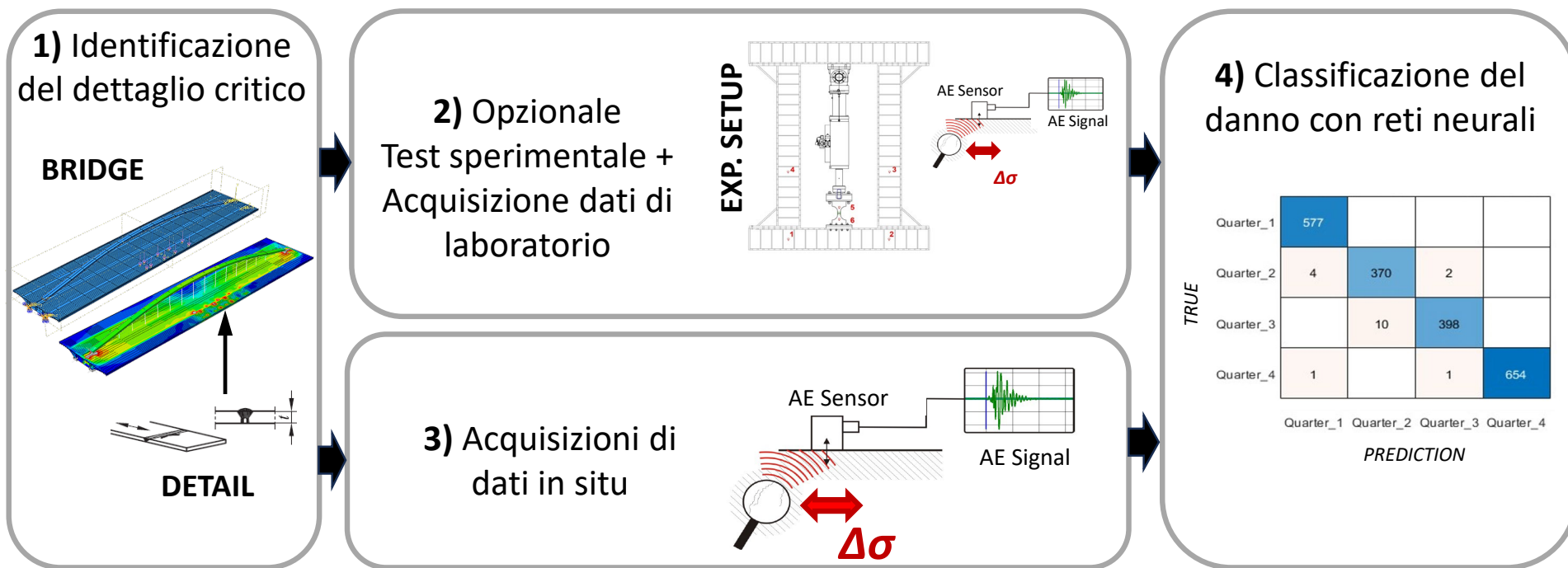


Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Identificazione del danno in dettagli critici di ponti in acciaio in termini di vita residua a fatica ad alto numero di cicli. Localizzazione di eventuali dettagli danneggiati tramite analisi delle Emissioni Acustiche (AE).



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR06-UNITN

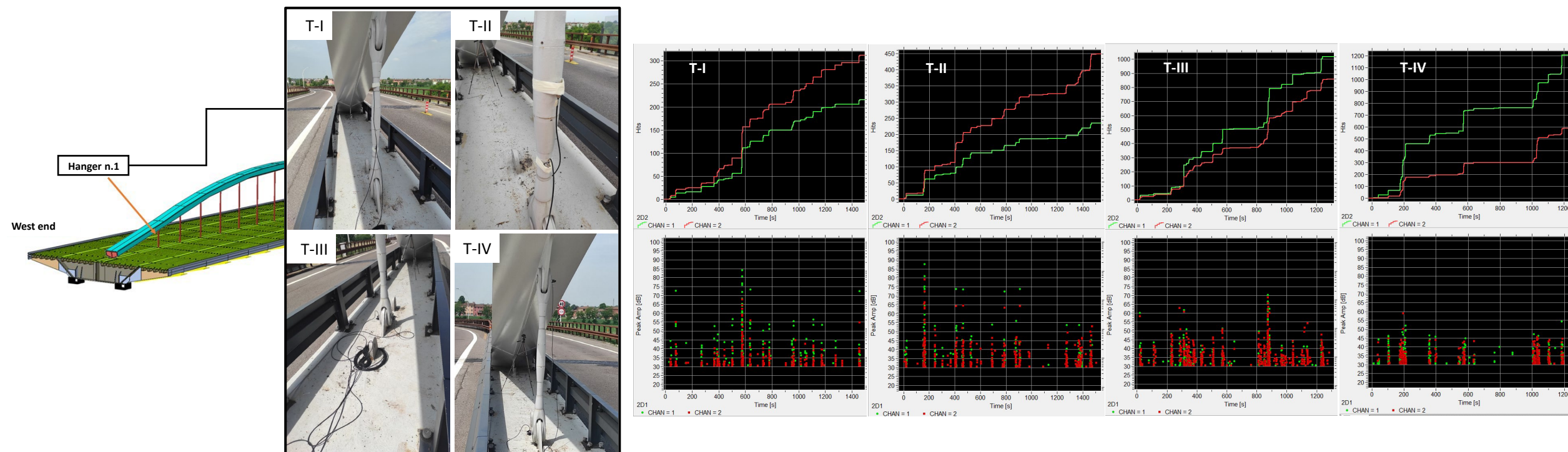


Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Identificazione del danno in dettagli critici di ponti in acciaio in termini di vita residua a fatica ad alto numero di cicli.
Localizzazione di eventuali dettagli danneggiati tramite analisi delle Emissioni Acustiche (AE).



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR06-UNITN



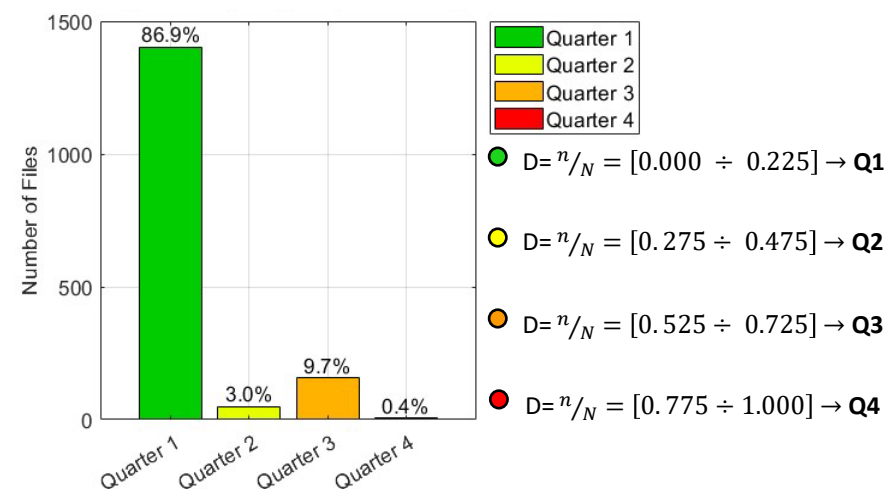
Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Allenamento con dati di laboratorio AE dei modelli predittivi basati su reti neurali. Predizione dello stato di danno in dettagli strutturali tramite suddetti modelli predittivi alimentati con dati AE ottenuti in situ.

Configurazione	Numero di segnali per sensori 1/2 e durata dell'acquisizione	Segnali con ampiezza di picco > 90dB e durata > 30 ms
T-I	≈ 320/210 1501 sec	Non significativo
T-II	≈ 450/220 1517 sec	Non significativo
T-III	≈ 1000/870 1321 sec	Non significativo
T-IV	≈ 1200/600 1201 sec	Non significativo



Risultato atteso:
dettaglio in buona salute



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR06-UNITN

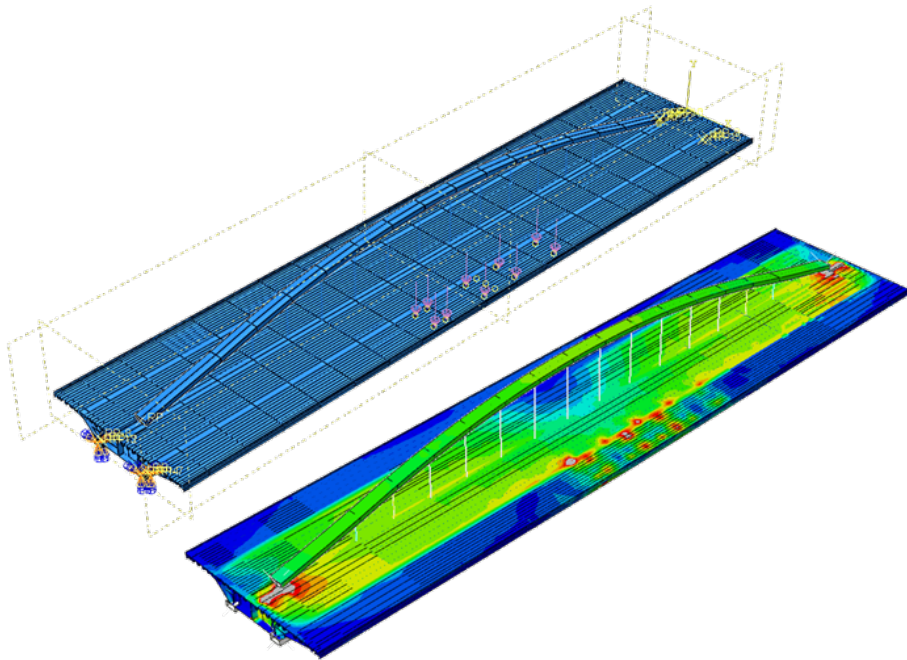







Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Integrazione delle verifiche eseguite tramite approccio AE+AI con analisi FEM del caso studio e verifica dei dettagli ai sensi dell'EN1993-1-9 tramite modello di carico di fatica FLM4.



Caso di carico	Sagoma del veicolo	$\Delta\sigma$ (MPa)	Abbassamento (mm)
CASE 1		4.92	5.51
CASE 2		9.07	9.97
CASE 3		12.19	14.25
CASE 4		9.76	11.80
CASE 5		8.86	9.96

$$< \Delta\sigma_L = 23.5 \text{ Mpa}$$

→ Verifica ampiamente soddisfatta

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR07-UNIGE



Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Titolo/tema della Ricerca

Studio della fatica oligociclica in componenti saldati in ponti a struttura metallica

Obiettivi della Ricerca

Studio della risposta a **fatica a basso numero di cicli (LCF)** in **dettagli saldati tipici di ponti a struttura metallica con impalcato a lastra ortotropa**. Analisi della performance LCF in caso di **deformazioni cicliche indotte dall'effetto di variazioni termiche**. Sviluppo di linee guida per l'analisi a fatica LCF di dettagli saldati.



Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR07-UNIGE



Responsabile UR: Maria Pia Repetto

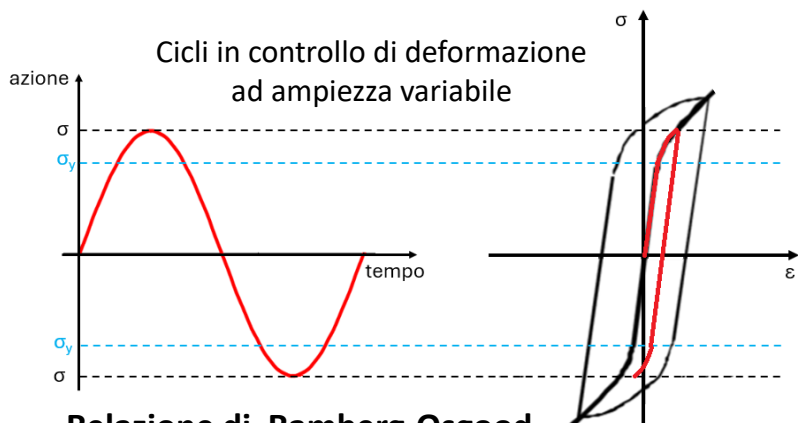
Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi di letteratura e confronto tra normative europee e americane volta a identificare metodologie consolidate per l'analisi a fatica oligociclica di dettagli saldati in ponti metallici e misti.

Fenomenologia della fatica a basso numero di cicli (LCF) Approcci normativi per l'analisi a fatica LCF

Cicli tensione/deformazione in campo elasto-plastico



Relazione di Ramberg-Osgood

$$\frac{\Delta \epsilon}{2} = \frac{\Delta \epsilon_e}{2} + \frac{\Delta \epsilon_p}{2} = \frac{\Delta \sigma}{2E} + \left(\frac{\Delta \sigma}{2K'} \right)^{1/n'}$$

K' coefficiente ciclico di resistenza
n' esponente di incrudimento ciclico

- Modellazione elasto-plastica incrudente



DNV-RP-C208: calcolo deformazione plastica da confrontare con **curva ε-N**

- Modellazione elastica infinitamente lineare



DNV-RP-C203 con Norsok Standard N-006



ASME BPVC Section VIII Division 2

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR07-UNIGE



Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

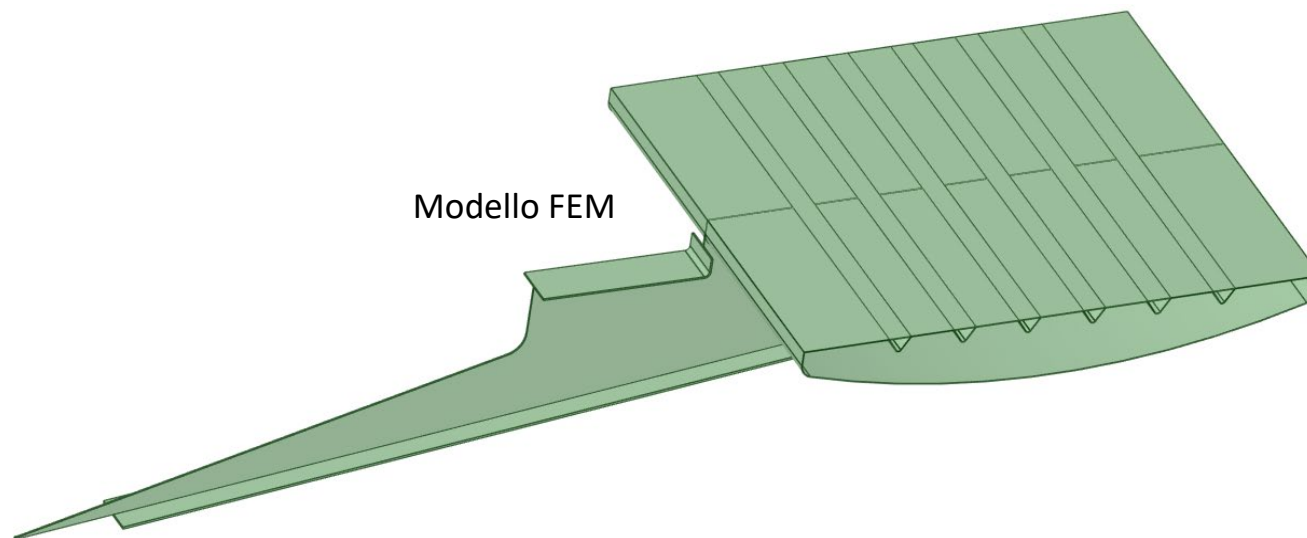
Identificazione delle cricche a fatica dovute a deformazioni termiche differenziali su un ponte metallico a lastra ortotropa. Sviluppo di un modello FEM per l'analisi a fatica LCF del caso studio.

Fatica oligociclica per deformazioni termiche differenziali su un caso studio reale

- Impalcato principale in struttura mista acciaio – cls
- Impalcati laterali in acciaio



Cricche identificate sul caso studio



Modello FEM

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR07-UNIGE

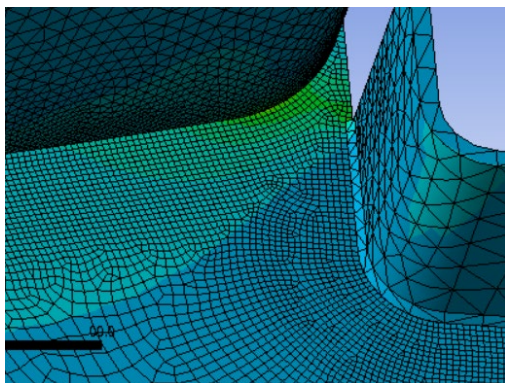


Responsabile UR: Maria Pia Repetto

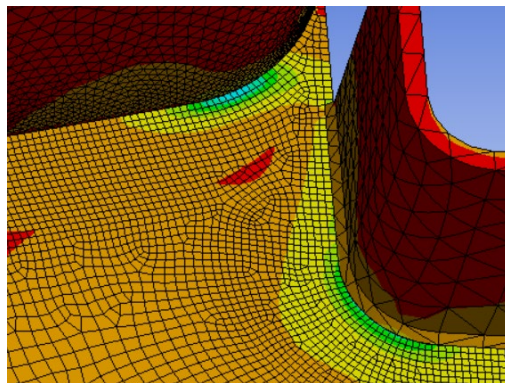
Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

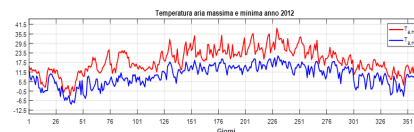
Identificazione delle cricche a fatica dovute a deformazioni termiche differenziali su un ponte metallico a lastra ortotropa. Sviluppo di un modello FEM per l'analisi a fatica LCF del caso studio.



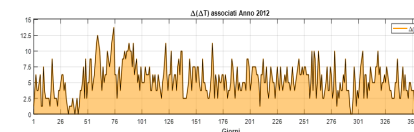
Tensione principale massima
Modello lineare



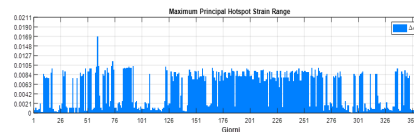
Deformazione principale massima
Modello NON lineare



Temperatura T



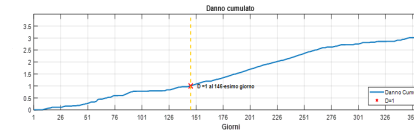
Variazioni di temperatura ΔT



Strain range $\Delta \epsilon$



Incremento di danno d_i



Danno cumulato D

Task 4.5.1 – Unioni e collegamenti sotto carichi monotoni e ciclici

UR07-UNIGE

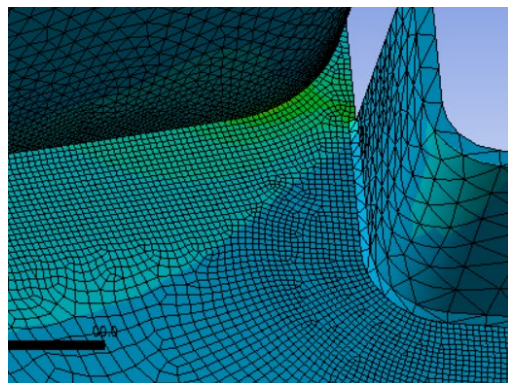


Responsabile UR: Maria Pia Repetto

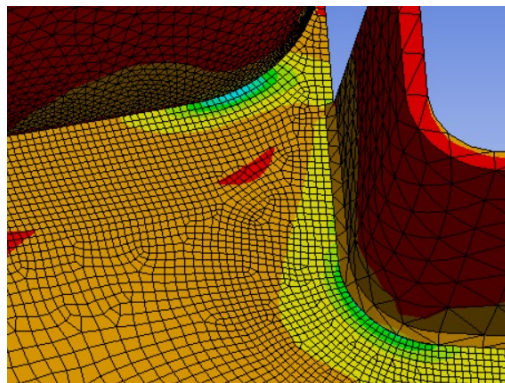
Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi a fatica LCF del caso studio basate su analisi numeriche di dettaglio ed applicazione delle diverse metodologie di verifica rinvenute in normativa e letteratura.



Tensione principale massima
Modello lineare



Deformazione principale massima
Modello NON lineare

Percorso PB: Previsioni di vita a fatica oligociclica da carico termico

Metodo di analisi	Parametro	Vita a fatica T_f [anni]
DNV-RP-C203 combinato con Norsok N-006	$\Delta\sigma_{ps}$	10
ASME BPVC Sec.8 Div.2	ΔS_{ess}	18
ASME BPVC Sec.8 Div.2 - parametri Alencar et al.	ΔS_{ess}	27
DNV-RP-C208	$\frac{\Delta\epsilon_{HS}}{2}$	19

- **Modellazione elastoplastica estremamente complessa**
- **Metodi pseudo-elastici generalmente più semplici ma più cautelativi**
- **Localizzazione corretta dei punti critici e capacità di cogliere qualitativamente la problematica**
- **Stime della vita a fatica superiori rispetto al tempo di formazione delle cricche in situ**

Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR03-UNINA/3



Responsabile UR: Marisa Pecce

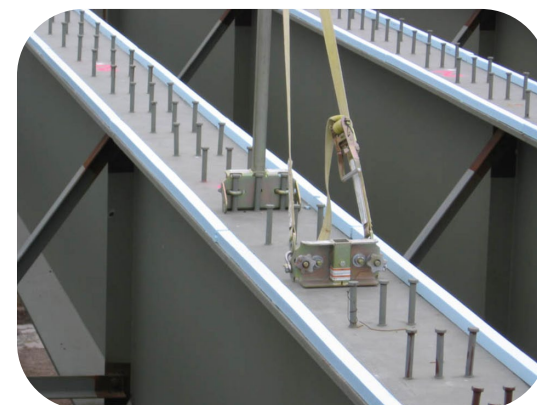
Componenti UR: Antonio Bilotta

Titolo/tema della Ricerca

Analisi della performance strutturale di connettori a taglio in ponti esistenti acciaio-clc

Obiettivi della Ricerca

Analisi della letteratura e della pratica tecnica in merito alla tecnologia dei **connettori a taglio per ponti misti**. Studio della risposta di ponti misti **esistenti** con **connettori a piolo con e senza testa**. Sviluppo di Linee Guida per l'analisi di ponti misti esistenti con connettori di diversa tipologia.



Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR01-UNINA/3



Responsabile UR: Marisa Pecce

Componenti UR: Antonio Bilotta

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi di letteratura e normativa su diversi tipi di connettori. Identificazione delle principali tecnologie adottate prima dell'avvento delle correnti normative italiane ed europee e delle relative metodologie di calcolo.

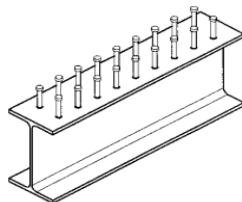
Analisi di letteratura e normativa per diversi tipi di connettori a taglio



Connettore a C



Connettore a L



Connettore a piolo senza testa

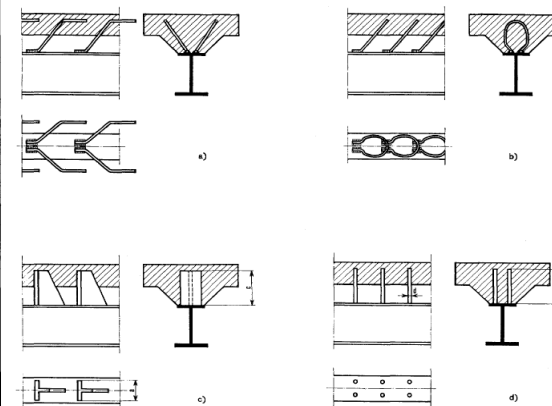
Normative italiane utilizzate per i ponti esistenti

Unificazione italiana		2 ^a Ed. - Marzo 1972
Travi composte di acciaio e calcestruzzo Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione		CNR - UNI 10016-72
Composite beams of steel and concrete - Instructions for design and construction		
Le presenti istruzioni del CNR sono state elaborate dalla Commissione per lo studio delle norme sulle costruzioni di acciaio.		

I dispositivi di collegamento sono destinati ad assorbire gli sforzi tendenti ad indurre scorrimenti tra soletta e trave; non è ammesso far assegnamento sull'aderenza naturale né sull'effetto ancorante offerto dalla presenza di eventuali teste di chiodi o bulloni. A titolo indicativo si riportano, nella figura 3-5, alcuni dispositivi di uso corrente.

Tali dispositivi devono consentire la corretta trasmissione degli sforzi dalle travi alla soletta; ciò si consegue o per aderenza di apposite armature (figura 3-6 a, b) o per pressione frontale (figura 3-6 c) oppure con dispositivi a funzionamento misto (figura 3-6 d, e, f).

I dispositivi stessi devono inoltre poter consentire un'agevole esecuzione del getto della soletta senza interrompere la continuità; sono in ogni caso da evitare schemi che possano dar luogo ad effetto cusce con conseguente pericolo di rottura del calcestruzzo.



NON vi sono indicazioni sulla resistenza della connessione ma solo formule per il calcolo della sollecitazione sui connettori in regime lineare

Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR01-UNINA/3



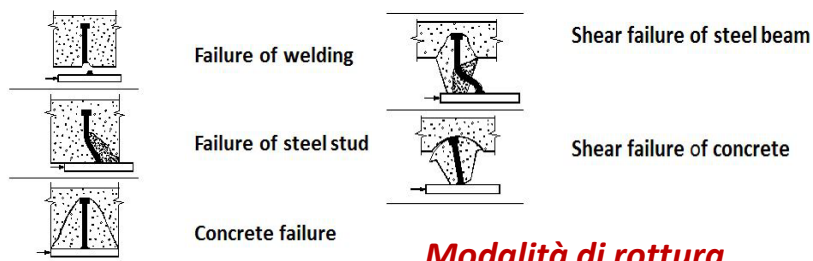
Responsabile UR: Marisa Pecce

Componenti UR: Antonio Bilotta

Approccio metodologico e principali risultati

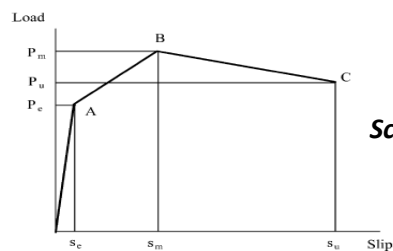
Analisi di letteratura e normativa su diversi tipi di connettori. Identificazione delle principali tecnologie adottate prima dell'avvento delle correnti normative italiane ed europee e delle relative metodologie di calcolo.

Analisi parametriche sulla performance di connettori a piolo con e senza testa

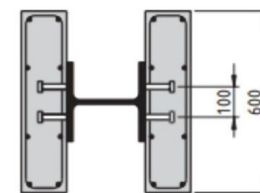
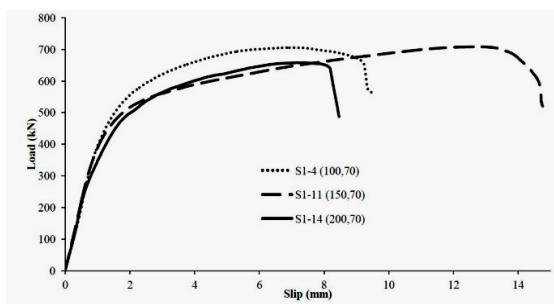


Modalità di rottura

I connettori a piolo utilizzati in molti ponti esistenti sono costituiti da barre senza testa

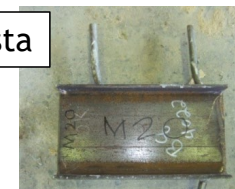
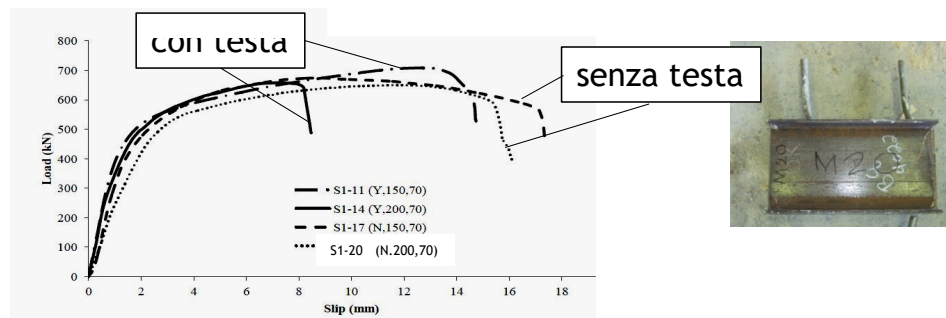


Schematizzazione legame taglio-scorrimento



Analisi parametriche

La resistenza varia poco per effetto della testa ma si ha una variazione della duttilità



Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR01-UNINA/3

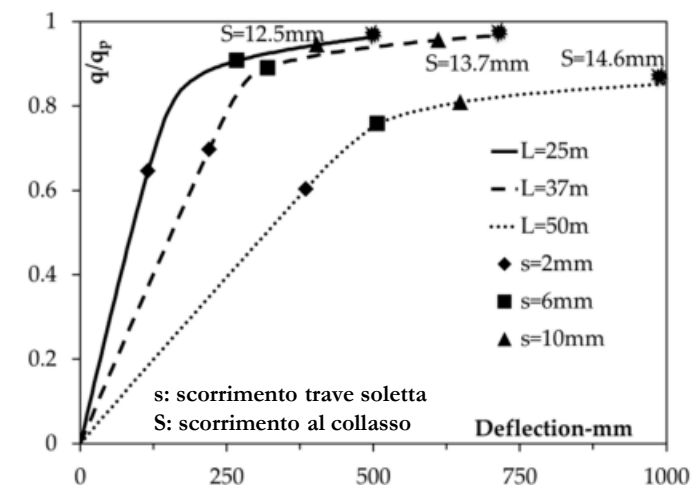
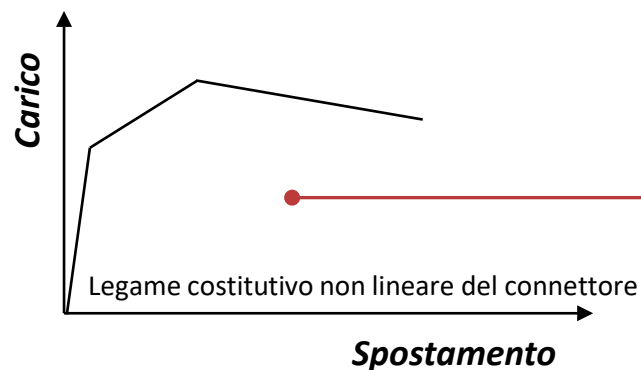
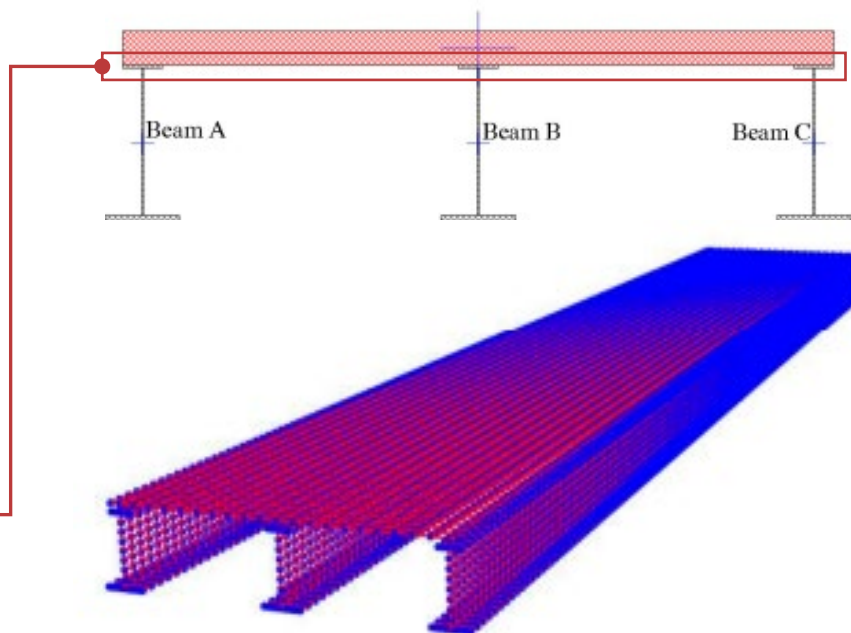


Responsabile UR: Marisa Pecce

Componenti UR: Antonio Bilotta

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi parametriche a scala globale di ponti misti acciaio-clt con l'introduzione di legami costitutivi non lineari per modellare il comportamento dei connettori e comprenderne l'influenza sulla performance strutturale.



Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR02-UNINA/2 & UR05-UNISA/2



Responsabile UR: Emidio Nigro

Componenti UR: Donatella De Silva



Responsabili UR: Enzo Martinelli, Carmine Lima

Componenti UR: -

Titolo/tema della Ricerca

Analisi della performance strutturale di travi composte con solette realizzate in calcestruzzi ad alte prestazioni

Obiettivi della Ricerca

Studio della performance sperimentale di **travi composte acciaio-clt con connettori a taglio e solette realizzate tramite calcestruzzi a normali, medie ed alte (UHPC) prestazioni**. Calibrazione di modelli numerici basati sulle prove sperimentali. Confronto con le formulazioni normative e sviluppo di leggi comportamentali per la risposta dei connettori. Sviluppo di Linee Guida relative ai sistemi di connessione in solette composte con calcestruzzi UHPC.



Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR02-UNINA/2 & UR05-UNISA/2

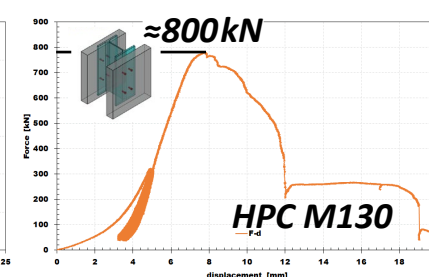
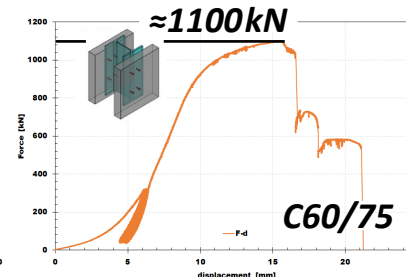
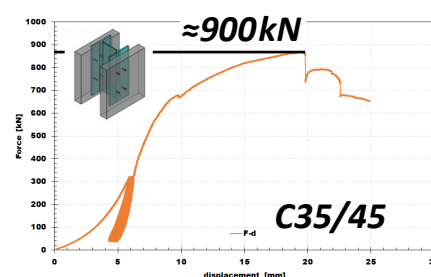
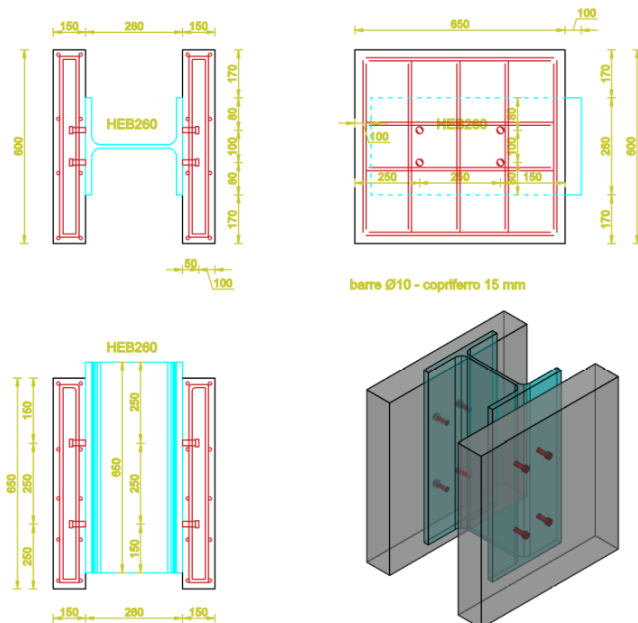
 **Responsabile UR: Emidio Nigro**
Componenti UR: Donatella De Silva

 **Responsabili UR: Enzo Martinelli, Carmine Lima**
Componenti UR: -

Approccio metodologico e principali risultati

Esecuzione di campagne sperimentali di push-out su travi composte acciaio-clt con connettori a piolo e solette in clt a normali, medie ed alte prestazioni. Analisi della risposta statica e dei meccanismi di collasso.

C35/45, C60/75, HPC M130



Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

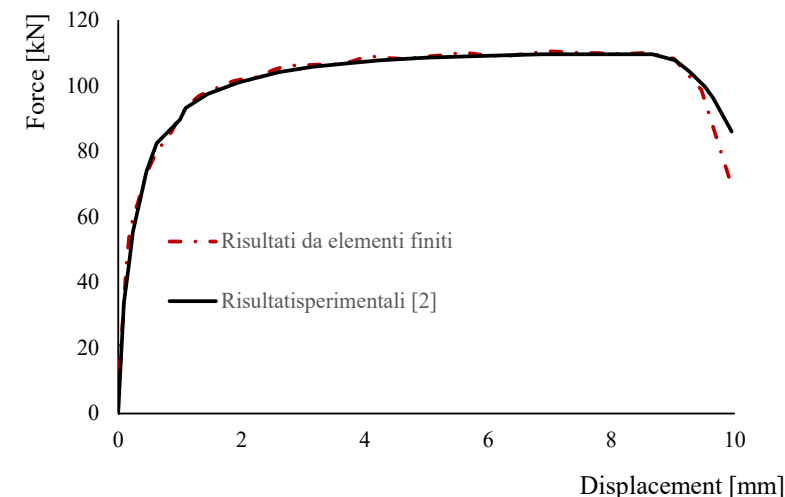
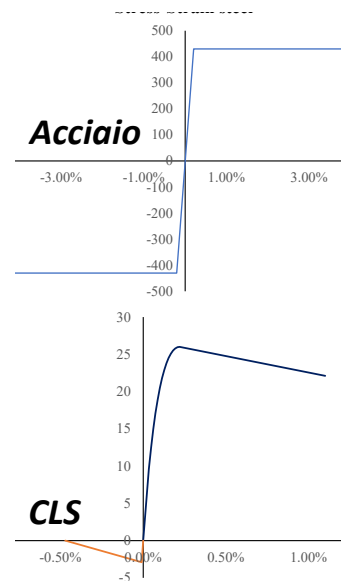
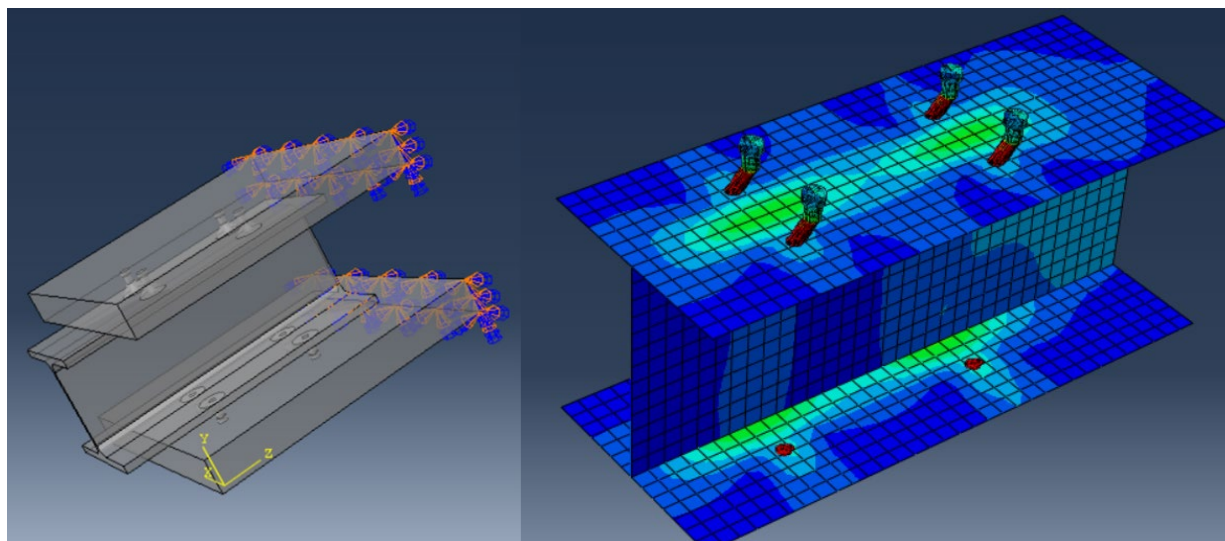
UR02-UNINA/2 & UR05-UNISA/2

 **Responsabile UR: Emidio Nigro**
 Componenti UR: Donatella De Silva

 **Responsabili UR: Enzo Martinelli, Carmine Lima**
 Componenti UR: -

Approccio metodologico e principali risultati

Sviluppo e calibrazione di modelli FEM per la comprensione dei meccanismi di plasticità e rottura in travi composte con solette in calcestruzzi a normali, medie ed alte prestazioni.



Task 4.5.2 – Connettori a taglio nei ponti misti acciaio-calcestruzzo

UR02-UNINA/2 & UR05-UNISA/2

 **Responsabile UR: Emidio Nigro**
Componenti UR: Donatella De Silva

 **Responsabili UR: Enzo Martinelli, Carmine Lima**
Componenti UR: -

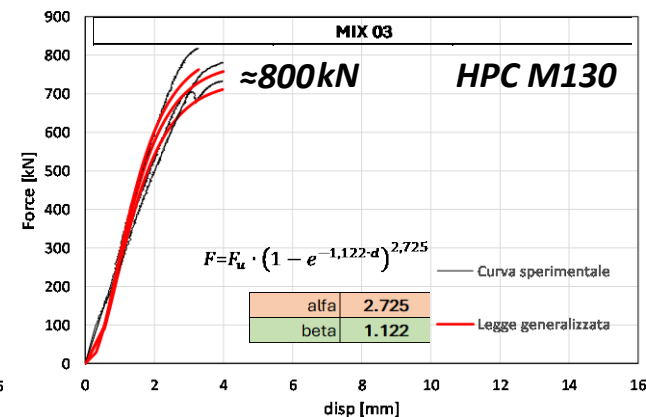
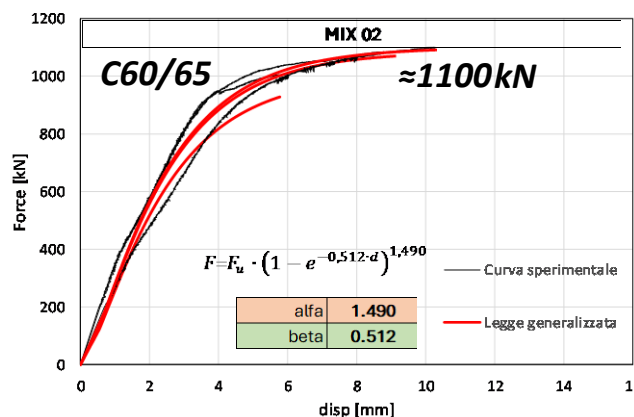
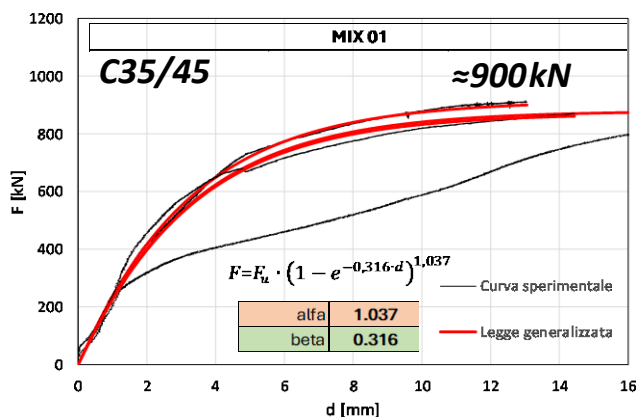
Approccio metodologico e principali risultati

Sviluppo e calibrazione di formule analitiche per l'interpretazione delle curve di push-out ottenute dai test su travi composte con solette in calcestruzzi a normali, medie ed alte prestazioni.



Interpretazione delle
curve di push-out

$$F = F_u (1 - e^{-\beta d})^\alpha$$



Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR02-UNINA/2



Responsabile UR: Emidio Nigro

Componenti UR: Donatella De Silva

Titolo/tema della Ricerca

Analisi della fragilità strutturale a incendio di ponti a struttura metallica e mista acciaio-clt

Obiettivi della Ricerca

Definizione di una metodologia statistica per l'analisi della **fragilità a incendio di ponti a struttura metallica e mista**. Definizione di **livelli prestazionali per i ponti in scenari d'incendio**. Progettazione e studio dell'**efficacia degli interventi di mitigazione del rischio da incendio**. Sviluppo di Linee Guida per l'analisi e la conseguente mitigazione della fragilità da incendio in ponti metallici e misti.



Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR02-UNINA/2



Responsabile UR: Emidio Nigro

Componenti UR: Donatella De Silva

Approccio metodologico e principali risultati

Sviluppo di una metodologia per la definizione della fragilità dei ponti in condizioni di incendio. Definizione dei livelli di prestazione a fuoco d'interesse. Selezione di un caso studio rappresentativo.

METODOLOGIA PER LA DEFINIZIONE DELLA FRAGILITÀ DEI PONTI IN CONDIZIONI DI INCENDIO

- Selezione della struttura tipologica;
- Definizione dei livelli di prestazione.

- Selezione degli scenari di incendio

- Esecuzione delle analisi termo-meccaniche

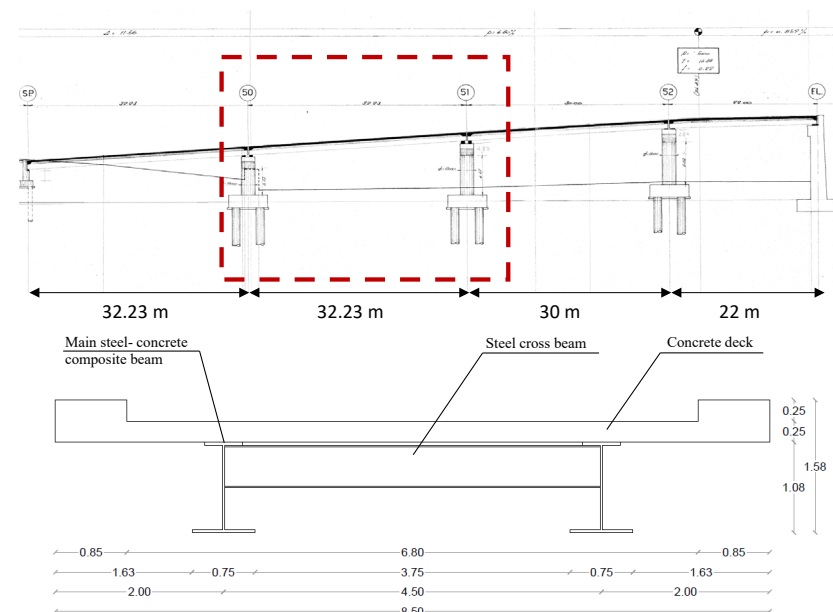
- Determinazione dello spostamento verticale massimo e residuo

- Creazione di un grafico a dispersione
- Derivazione delle curve di fragilità

Definizione dei livelli di prestazione

PL	Description
I	The bridge must hold for the time required for evacuation
II	The bridge must withstand the duration of the fire
III	Max displacement should be limited to $L/100$ for the duration of the fire and residual displacement should be limited to $50\% \Delta_{in}$
IV	Max displacement should be limited to $L/250$ for the duration of the fire and residual displacement should be limited to $20\% \Delta_{in}$

Selezione di un caso studio rappresentativo



Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR02-UNINA/2

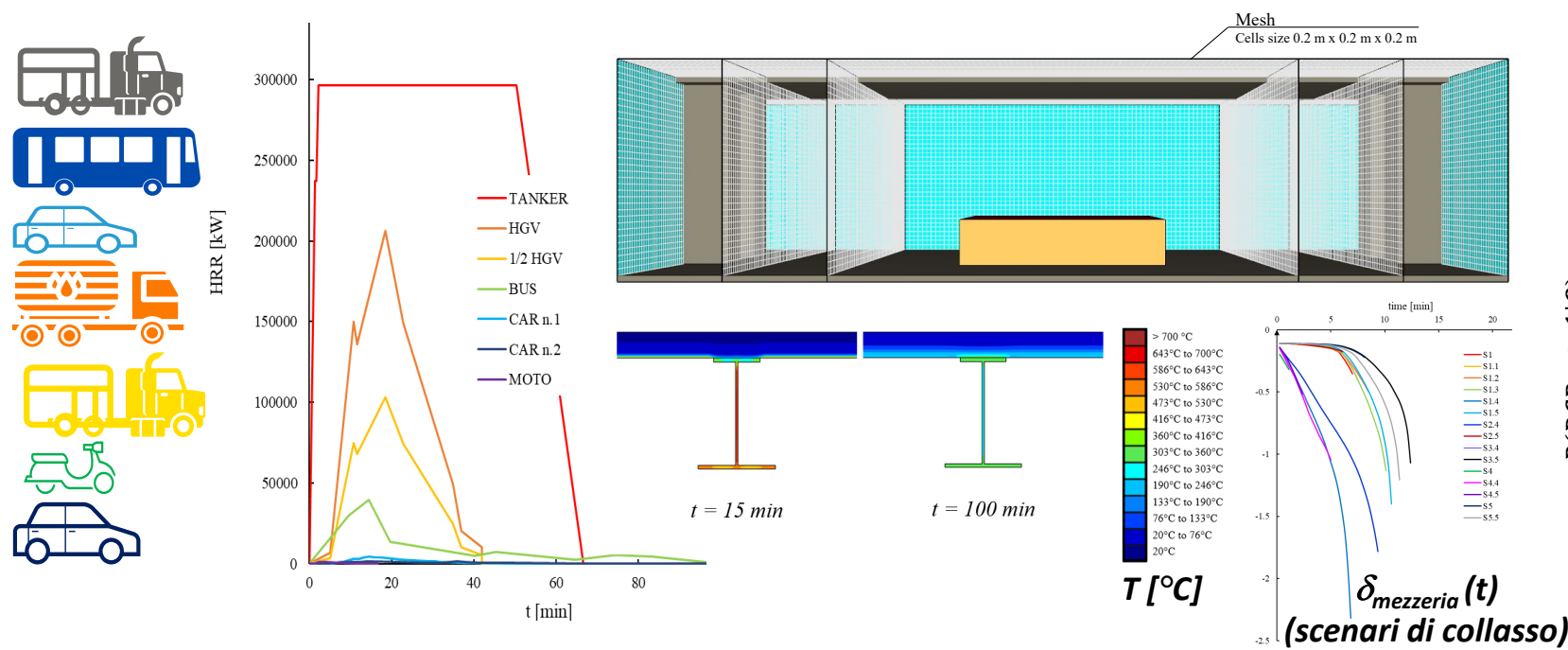


Responsabile UR: Emidio Nigro

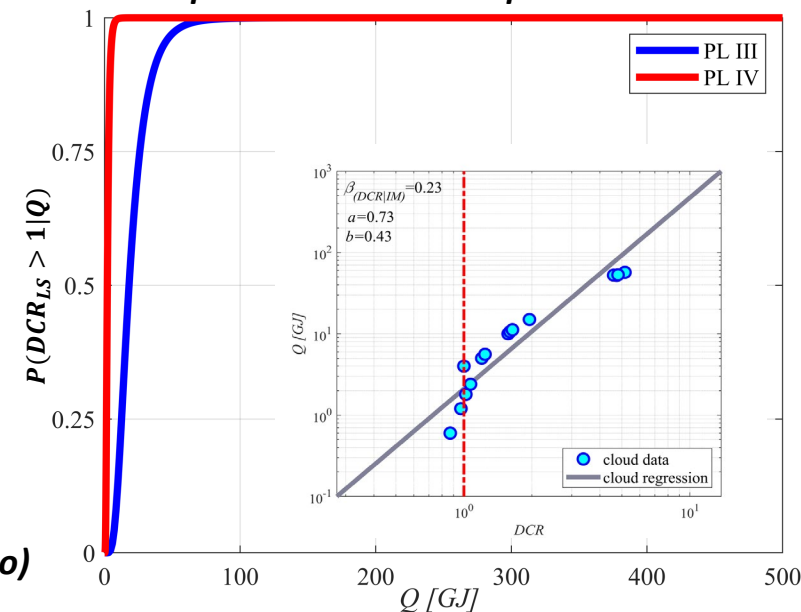
Componenti UR: Donatella De Silva

Approccio metodologico e principali risultati

Definizione di scenari d'incendio rappresentativi di eventi reali. Esecuzione di analisi CFD/meccaniche per lo studio della performance a fuoco. Derivazione delle curve di fragilità per ogni livello di prestazione con approccio cloud regression.



Cloud regression e curve di fragilità per i diversi livelli di prestazione



Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR02-UNINA/2

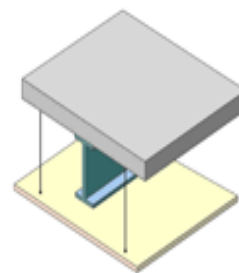
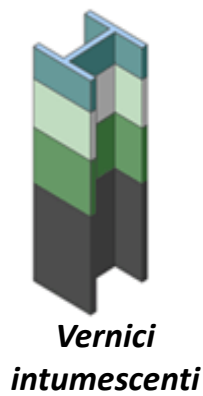
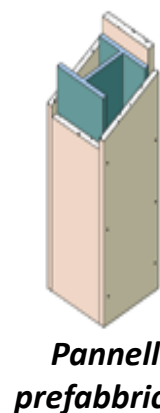
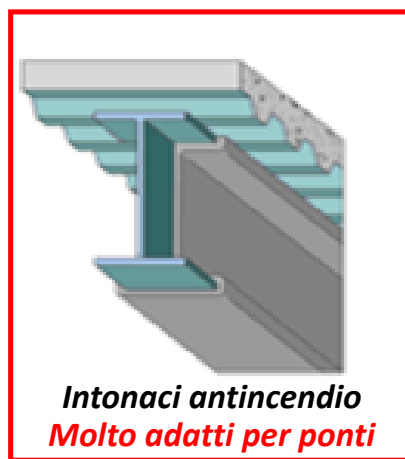


Responsabile UR: Emidio Nigro

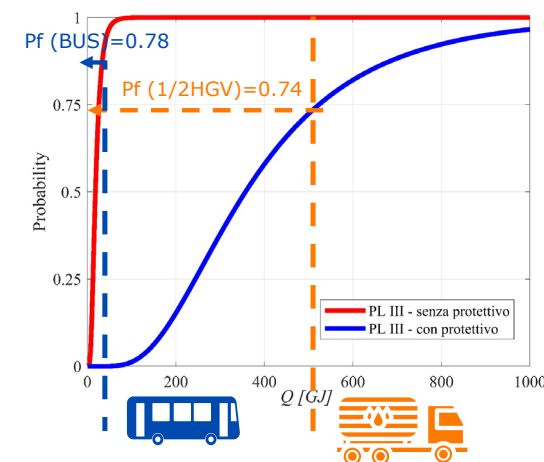
Componenti UR: Donatella De Silva

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi delle diverse tecniche di mitigazione del rischio da incendio in ponti metallici e misti. Confronto in termini di fragilità a fuoco delle infrastrutture in presenza o assenza di sistemi di protezione.



Schermi



- Tra i **sistemi protettivi per la mitigazione della vulnerabilità all'incendio di strutture in acciaio**, quelli più adatti ai ponti sono sicuramente **gli intonaci a spruzzo**;
- Considerando tale protezione, si evince una **riduzione della fragilità del ponte considerato**.

Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR06-UNITN



Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Titolo/tema della Ricerca

Vulnerabilità a incendio e relativa mitigazione in ponti a struttura metallica e mista acciaio-clt

Obiettivi della Ricerca

Individuazione degli **scenari plausibili di incendio naturale** ed impiego di modelli di fluidodinamica computazionale (CFD). **Analisi termomeccaniche per investigare la modalità e il tempo di collasso.** Analisi delle **conseguenze di incendi per comuni tipologie di sovrappassi.** Sviluppo di Linee guida per l'analisi della vulnerabilità a incendio e la relativa mitigazione in ponti a struttura metallica e mista acciaio-clt.



Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR06-UNITN

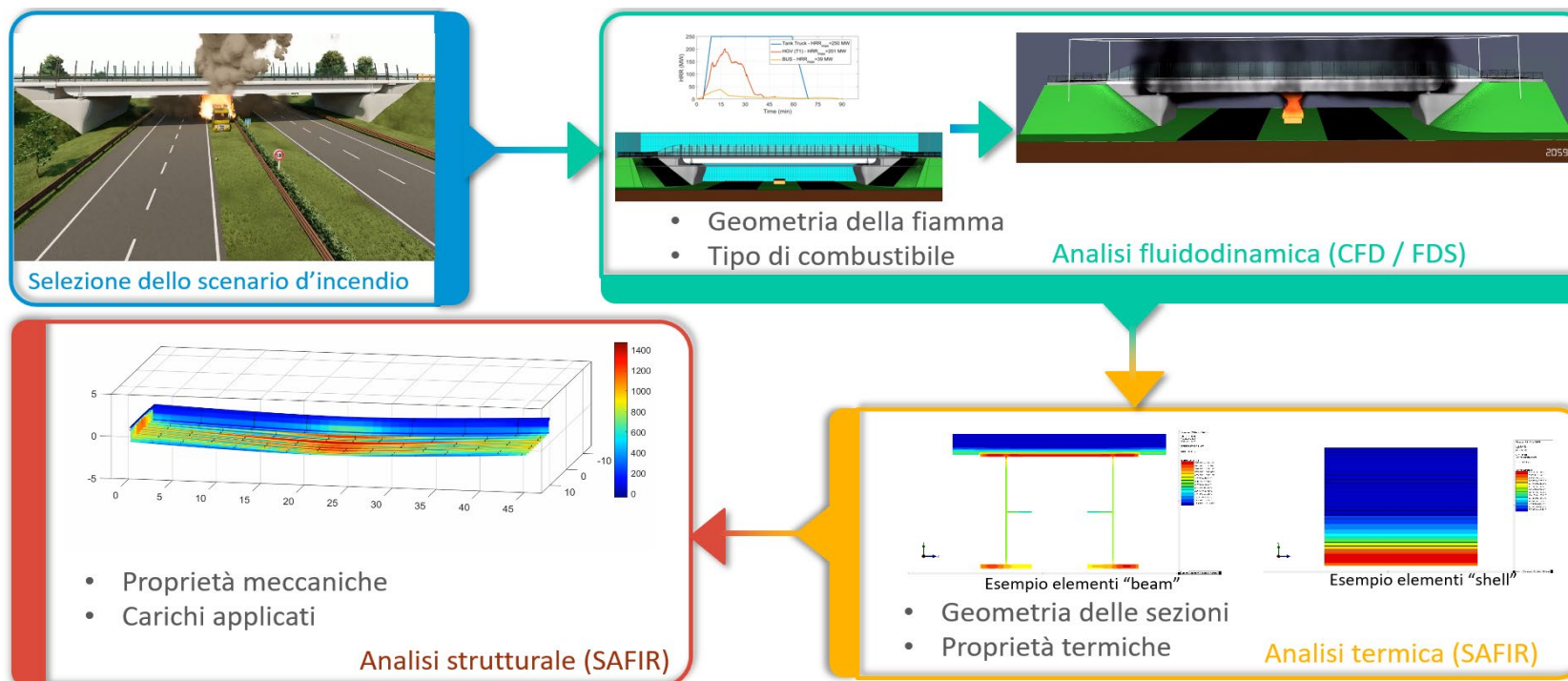


Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Definizione di scenari d'incendio realistici e modellazione dei casi studio. Analisi CFD e conseguente analisi termomeccanica. Studio della prestazione tramite monitoraggio di parametri di riferimento (e.g. spostamenti verticali).



Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR06-UNITN

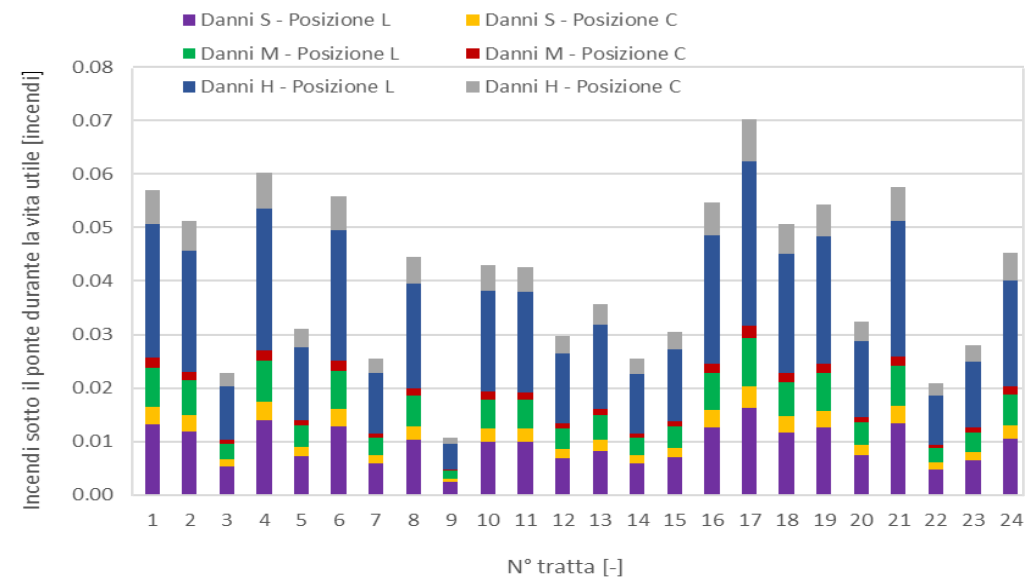
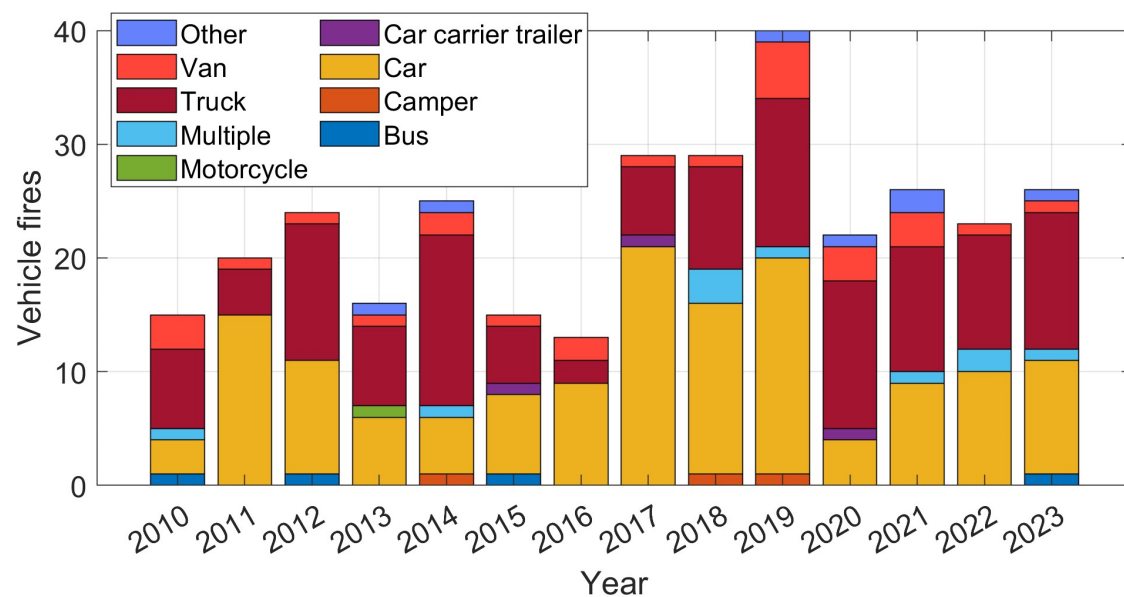


Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Raccolta ed analisi di dati statistici di incendi di veicoli in territorio italiano. Sviluppo di un modello per la previsione del rischio di incendio di ponti autostradali ed applicazione ad un'arteria autostradale italiana.



Dati riferiti agli ultimi 13 anni lungo un'arteria autostradale italiana. Informazioni reperite: posizione, intensità del danno, tempo, tipo di veicolo, presenza di un cavalcavia o di un ponte, distanza da una stazione dei Vigili del Fuoco, tipo di carico di incendio, cause di innesco, evidenze foto e video dell'evento.

Task 4.5.3 – Vulnerabilità a incendio di ponti in acciaio e acciaio-clt

UR06-UNITN

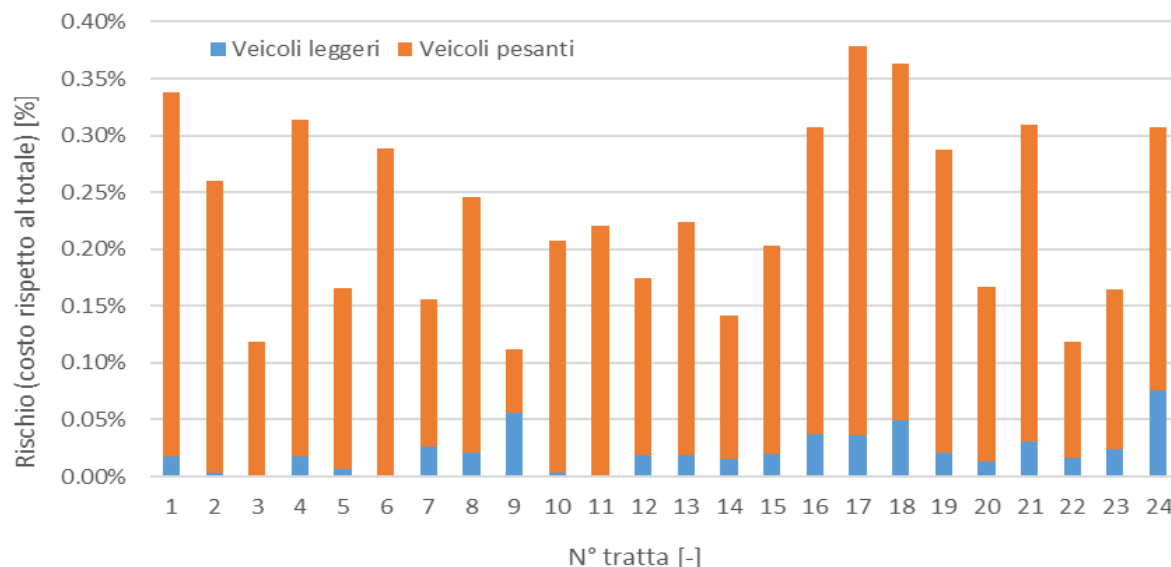


Responsabile UR: Oreste S. Bursi

Componenti UR: Nicola Tondini, Roberto Andreotti, Patrick Covi

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi di rischio sulla base delle analisi di pericolosità e vulnerabilità condotte. Studio dell'efficacia delle strategie di mitigazione del rischio fuoco per ponti a travata e ad arco a via superiore.



Contributo al rischio da incendio per le singole tratte
dei **veicoli leggeri** e dei **veicoli pesanti**

ALTRI ASPETTI INVESTIGATI

Tra le strategie di mitigazione, si è suggerita l'**applicazione di vernice intumescente** sui ponti di importanza strategica.

L'analisi costi-benefici ha rivelato che la **protezione dei ponti ad arco non offre benefici sostanziali**, poiché l'incendio è localizzato al di sotto del sovrappasso e l'arco non è soggetto all'azione termica.

Viceversa, l'effetto della **protezione dei ponti a travata risulta più rilevante**, data la maggiore gravità delle conseguenze in caso di incendio e gli elevati costi indiretti per gli utenti che transitano sul ponte.

Task 4.5.4 – Manutenzione risk-based delle infrastrutture da ponte

UR07-UNIGE



Responsabile UR: Maria Pia Repetto

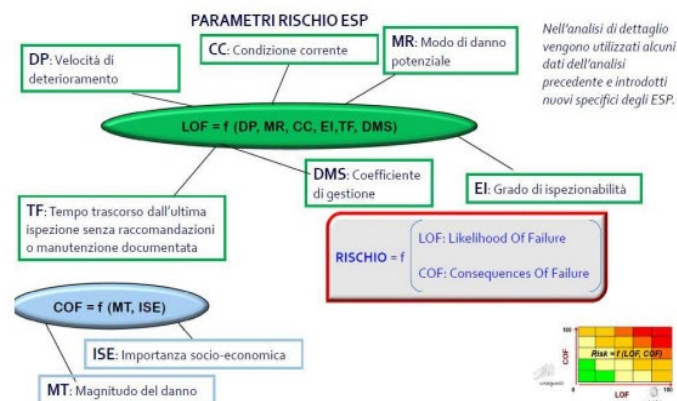
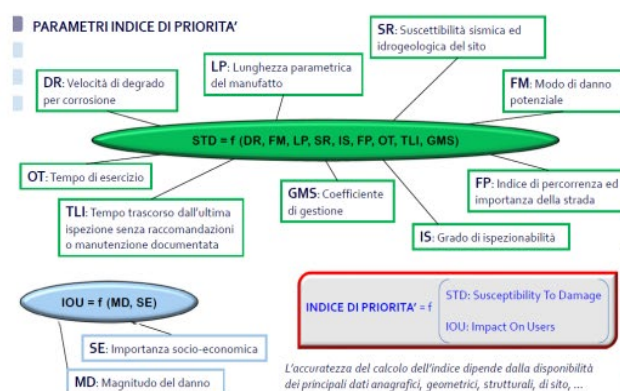
Componenti UR: Andrea Orlando

Titolo/tema della Ricerca

Pianificazione e gestione della manutenzione basata sul rischio in infrastrutture da ponte

Obiettivi della Ricerca

Approfondimento e applicazione di **metodi di gestione della manutenzione risk-based per infrastrutture da ponte: metodo IPSE Risk-Based Inspection** (in collaborazione con IIS), **metodo RBI – LoBEG**. **Confronto tra l'applicazione di metodi risk-based ed approccio delle LLGG** per un parco di ponti esistenti in territorio italiano.



Task 4.5.4 – Manutenzione risk-based delle infrastrutture da ponte

UR07-UNIGE



Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Analisi preliminare di rischio per uno stock di 24 ponti in territorio italiano (database WP2) tramite approccio LLGG. Identificazione delle principali criticità dell'approccio LLGG.

- 23 ponti su **A10 Savona-Ventimiglia (c.a.p.)**, non particolarmente danneggiati
- 1 ponte su **SP56 (GE) (misto c.a.-acciaio)**, significativamente danneggiato



[Ispezioni eseguite da SINA nel 2021-2022]



CdA strutturale secondo LLGG

Denominazione	Strutturale fondazionale			
	Pericolosità	Vulnerabilità	Esposizione	Classe di attenzione
Cavalcavia Della Colla - Rif. 86	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Viadotto Artallo Via Francia	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Viadotto Caramagna Via Francia	ALTA	MEDIA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
Viadotto Costa Ravotto Via Francia	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Viadotto Delle Valli Via Italia	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Viadotto Imperia Est. - Rampa Da Xxm Via Francia	ALTA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA
Viadotto Impero Via Francia	ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA
Viadotto Oliveto 1 Via Francia	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Viadotto Oliveto 2 Via Francia	ALTA	MEDIA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
Montebruno	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA

A fronte di ispezioni accurate e un calcolo elaborato, la maggior parte dei ponti sono ricaduti in una stessa classe di attenzione piuttosto penalizzante:

- **indice di rischio non sufficientemente differenziato per poter indirizzare strategicamente le risorse sui ponti che ne hanno maggiormente bisogno**
- **conseguenza operativa: programma di ispezioni molto fitto, difficilmente realizzabile da parte del gestore, anche per ponti che presentano una difettosità modesta**

Task 4.5.4 – Manutenzione risk-based delle infrastrutture da ponte

UR07-UNIGE

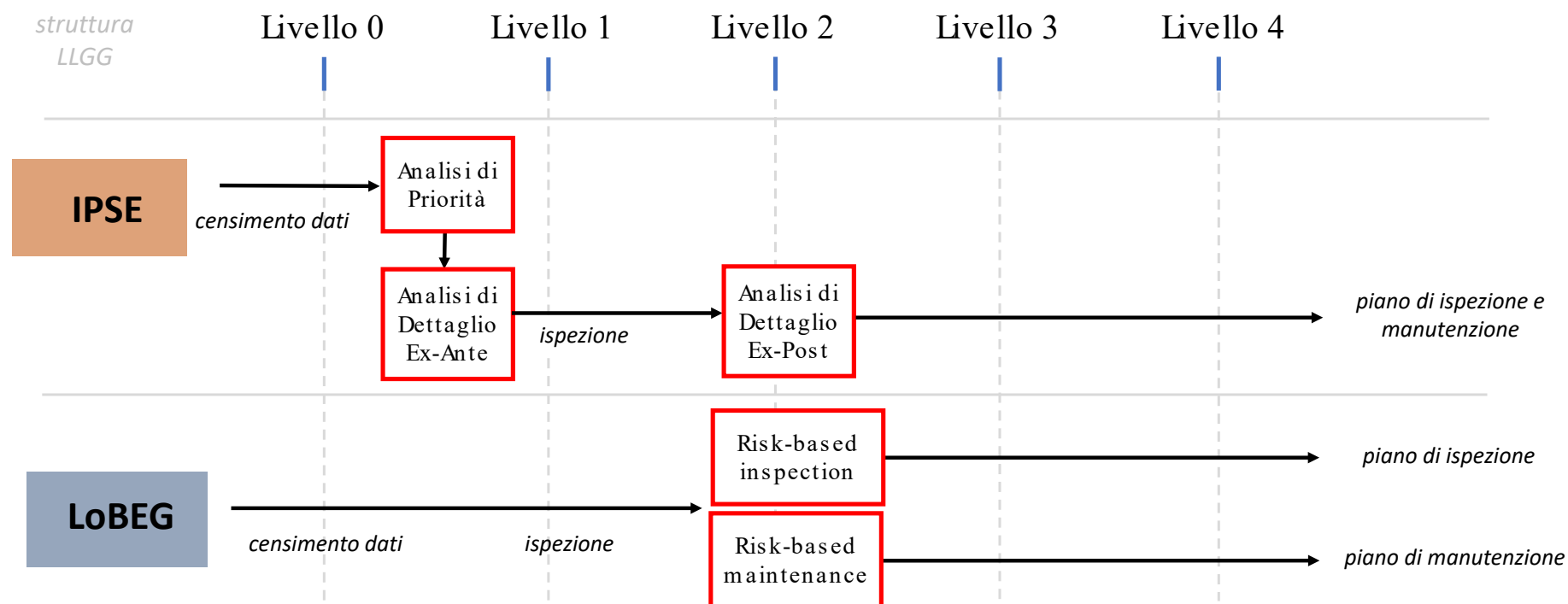


Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Studio e applicazione di approcci multilivello di manutenzione risk-based: Approccio IPSE (collaborazione con Istituto Italiano di Saldatura), Approccio RBI sviluppato da LoBEG. Confronto e integrazione con i livelli di analisi delle LLGG.



Task 4.5.4 – Manutenzione risk-based delle infrastrutture da ponte

UR07-UNIGE

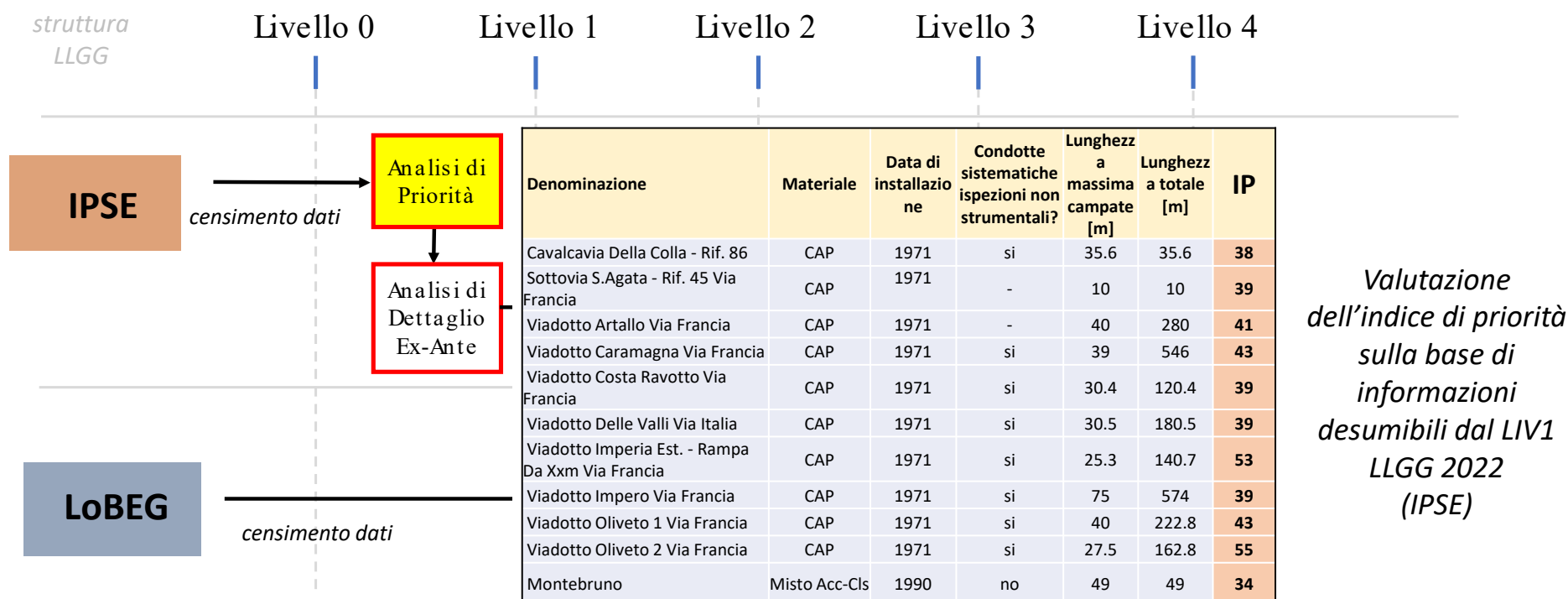


Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Studio e applicazione di approcci multilivello di manutenzione risk-based: Approccio IPSE (collaborazione con Istituto Italiano di Saldatura), Approccio RBI sviluppato da LoBEG. Confronto e integrazione con i livelli di analisi delle LLGG.



Task 4.5.4 – Manutenzione risk-based delle infrastrutture da ponte

UR07-UNIGE

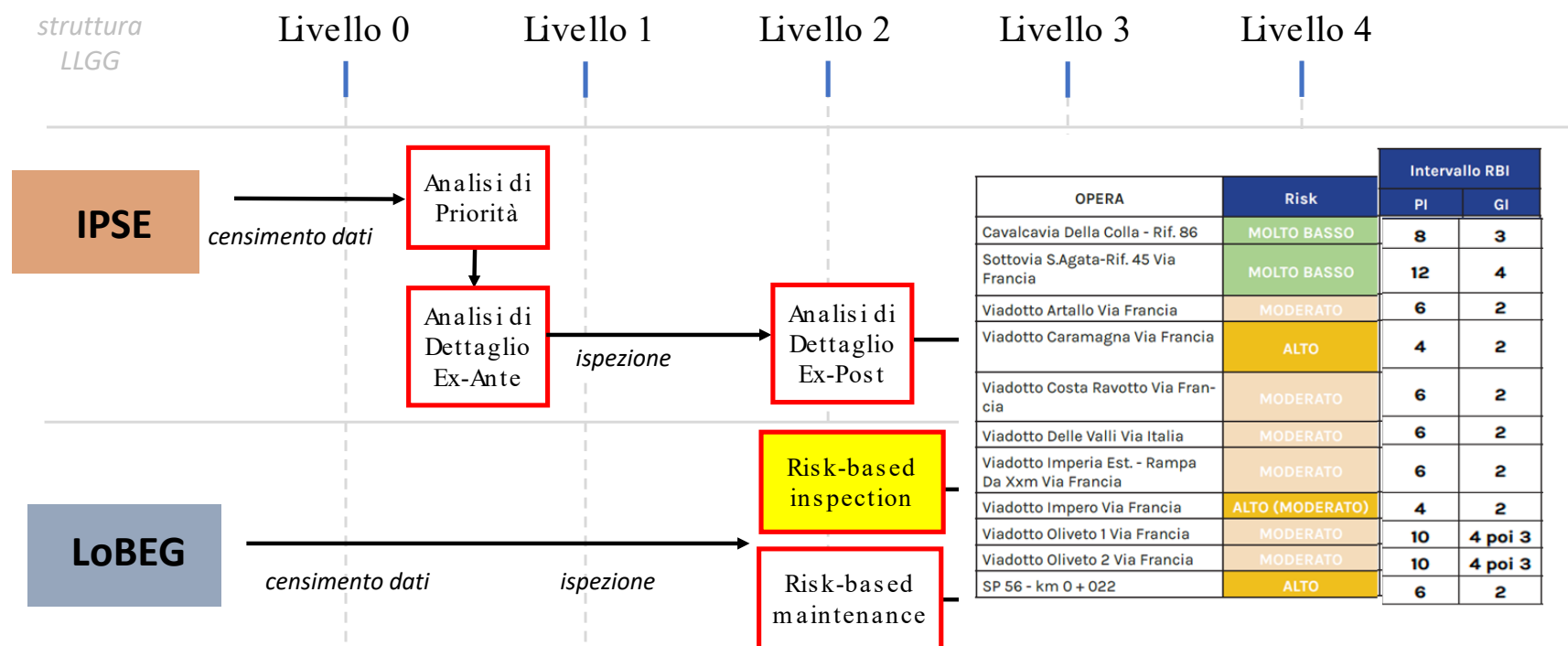


Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Studio e applicazione di approcci multilivello di manutenzione risk-based: Approccio IPSE (collaborazione con Istituto Italiano di Saldatura), Approccio RBI sviluppato da LoBEG. Confronto e integrazione con i livelli di analisi delle LLGG.



Per le opere a IP maggiore:
Calcolo dell'indice di rischio (da MOLTO BASSO a ALTO) e conseguente adozione della frequenza di ispezione raccomandata (RBI)

Task 4.5.4 – Manutenzione risk-based delle infrastrutture da ponte

UR07-UNIGE

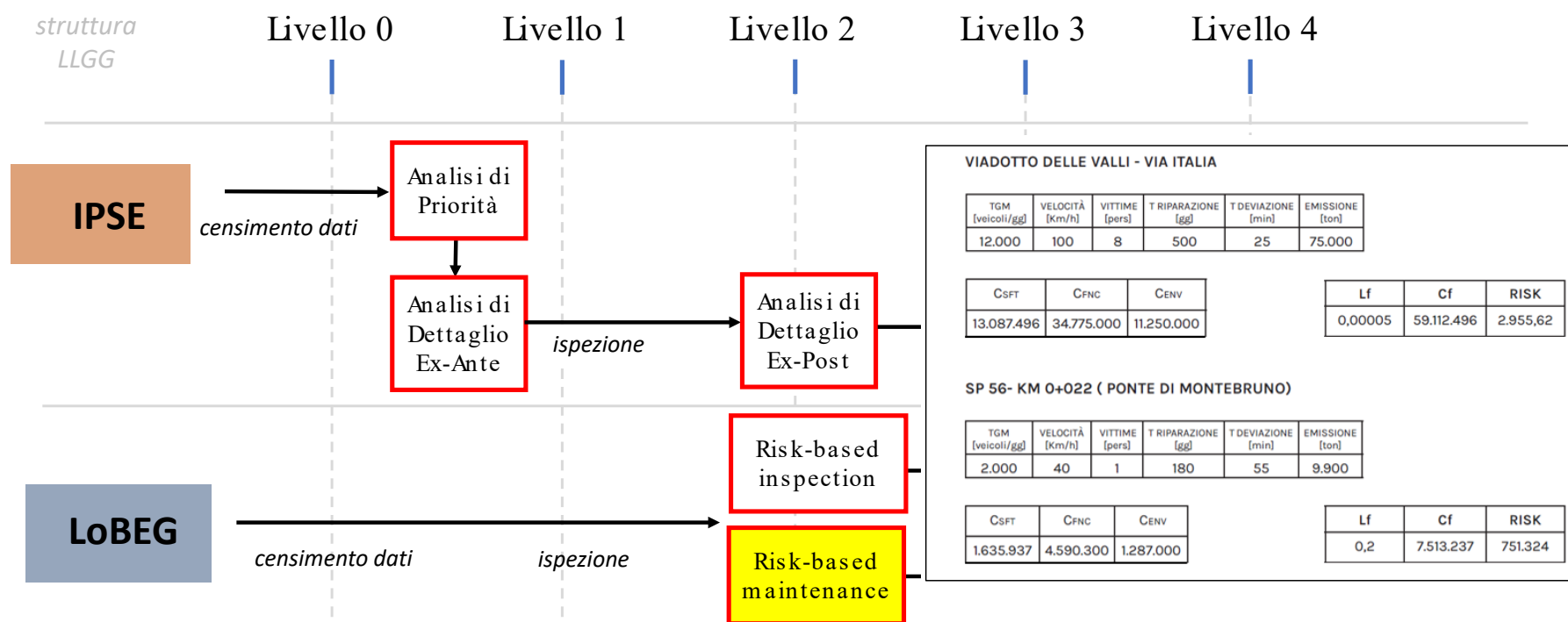


Responsabile UR: Maria Pia Repetto

Componenti UR: Andrea Orlando

Approccio metodologico e principali risultati

Studio e applicazione di approcci multilivello di manutenzione risk-based: Approccio IPSE (collaborazione con Istituto Italiano di Saldatura), Approccio RBI sviluppato da LoBEG. Confronto e integrazione con i livelli di analisi delle LLGG.



Stima quantitativa del rischio (perdita in €/anno) tramite convoluzione di pericolosità, vulnerabilità e esposizione. (RBI)

Scelta delle opere su cui intervenire prioritariamente.

PRODOTTI DI SINTESI DEL TASK 4.5

Prodotti di sintesi del Task 4.5

Armonizzazione dei prodotti in documenti di sintesi – 1/3

Macrotema 1: Fatica in dettagli saldati, bullonati e chiodati di ponti metallici e misti



UR01 UNINA/1 Landolfo, UR04 UNISA/1 Rizzano, UR06 UNITN Bursi, UR07 UNIGE Repetto



Accordo Tecnico tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIS

Sperimentazione delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

WP4: SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.5: Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

REPORT

Analisi della vulnerabilità e relativa mitigazione in dettagli strutturali metallici bullonati, saldati e chiodati

AUTORI

R. Andreotti, O. S. Bursi, S. Di Benedetto, R. Landolfo,
M. Latour, A. Lettieri, A. Milone, A. Orlando,
M. P. Repetto, G. Rizzano

Prodotti di sintesi del Task 4.5

Armonizzazione dei prodotti in documenti di sintesi – 1/3

Macrotema 1: Fatica in dettagli saldati, bullonati e chiodati di ponti metallici e misti



UR01 UNINA/1 Landolfo, UR04 UNISA/1 Rizzano, UR06 UNITN Bursi, UR07 UNIGE Repetto



Accordo Tecnico tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIS

Sperimentazione delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

WP4: SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.5: Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

REPORT

Analisi della vulnerabilità e relativa mitigazione in dettagli strutturali metallici bullonati, saldati e chiodati

AUTORI

R. Andreotti, O. S. Bursi, S. Di Benedetto, R. Landolfo,
M. Latour, A. Lettieri, A. Milone, A. Orlando,
M. P. Repetto, G. Rizzano

INDICE

1. Introduzione
2. Fatica nelle strutture da ponte metalliche e miste
3. Fatica in unioni e collegamenti saldati di ponti metallici e misti
4. Fatica in unioni e collegamenti bullonati di ponti metallici e misti
5. Fatica in unioni e collegamenti chiodati di ponti metallici
6. Conclusioni
7. Bibliografia



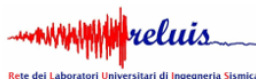
Prodotti di sintesi del Task 4.5

Armonizzazione dei prodotti in documenti di sintesi – 2/3

Macrotema 2: Sistemi di connessione a taglio in ponti misti acciaio-calcestruzzo



UR02 UNINA/2 Nigro, UR03 UNINA/3 Pecce, UR05 UNISA/2 Martinelli



Accordo Tecnico tra il CSLPP ed il Consorzio ReLUIS

Sperimentazione delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

WP4: SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.5: Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

REPORT

Sistemi di connessione meccanica acciaio-calcestruzzo

AUTORI

E. Martinelli, E. Nigro, M. Pecce

Prodotti di sintesi del Task 4.5

Armonizzazione dei prodotti in documenti di sintesi – 2/3

Macrotema 2: Sistemi di connessione a taglio in ponti misti acciaio-calcestruzzo



UR02 UNINA/2 Nigro, UR03 UNINA/3 Pecce, UR05 UNISA/2 Martinelli



Accordo Tecnico tra il CSLPP ed il Consorzio ReLUIIS
Sperimentazione delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

WP4: SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.5: Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

REPORT

***Sistemi di connessione meccanica
acciaio-calcestruzzo***

AUTORI

E. Martinelli, E. Nigro, M. Pecce

INDICE

1. Introduzione
2. Connessioni acciaio-calcestruzzo in ponti misti esistenti
3. Interventi di sostituzione delle solette in ponti misti esistenti
4. Conclusioni
5. Bibliografia



Prodotti di sintesi del Task 4.5

Armonizzazione dei prodotti in documenti di sintesi – 3/3

Macrotema 3: Vulnerabilità da incendio e relativa mitigazione in ponti metallici e misti



UR02 UNINA/2 Nigro, UR06 UNITN Bursi



Accordo Tecnico tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIS

Sperimentazione delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

WP4: SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.5: Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

REPORT

Vulnerabilità e analisi di rischio da incendio in ponti in acciaio e misti e relativi criteri di mitigazione della vulnerabilità

AUTORI

G. De Rosa, D. De Silva, F. Di Meglio, A. Miano,
E. Nigro, N. Tondini, P. Covi

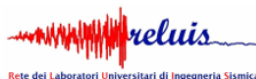
Prodotti di sintesi del Task 4.5

Armonizzazione dei prodotti in documenti di sintesi – 3/3

Macrotema 3: Vulnerabilità da incendio e relativa mitigazione in ponti metallici e misti



UR02 UNINA/2 Nigro, UR06 UNITN Bursi



Accordo Tecnico tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIIS
Sperimentazione delle linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

WP4: SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.5: Ponti con struttura di acciaio e mista acciaio-calcestruzzo

REPORT

Vulnerabilità e analisi di rischio da incendio in ponti in acciaio e misti e relativi criteri di mitigazione della vulnerabilità

AUTORI

G. De Rosa, D. De Silva, F. Di Meglio, A. Miano,
E. Nigro, N. Tondini, P. Covi

INDICE

1. Introduzione
2. Metodologia di analisi di fragilità di ponti in scenari di incendio
3. Individuazione dei casi studio
4. Selezione degli scenari d'incendio
5. Modellazione agli elementi finiti
6. Risultati e discussione
7. Conclusioni
8. Bibliografia



PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO DELLE SCHEDE DIFETTOLOGICHE E DI DIFETTOSITA'

Proposta di aggiornamento delle schede difettologiche

Schede difettologiche

N° difetto: Acc_2

Rottura di saldature

Peso del difetto

Pos. 1	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
Pos. 2	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5

Descrizione

Il difetto si presenta con estese e profonde fessurazioni, generalmente passanti, nel cordone di saldatura o nelle sue immediate vicinanze. È un fenomeno particolarmente pericoloso perché interessa l'intera sezione resistente della saldatura e/o degli elementi collegati e comporta lesioni che tendono a propagarsi rapidamente per fatica.

Cause

Le rotture delle saldature è dovuta a:

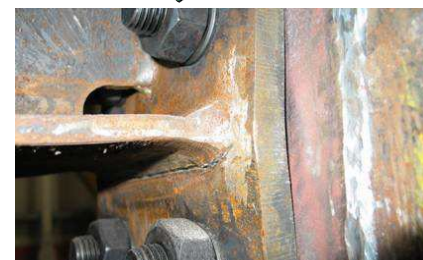
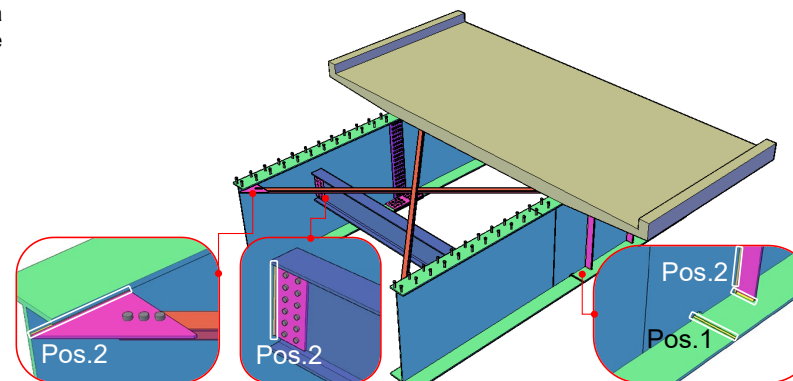
- difetti di esecuzione della saldatura (cricche a caldo, chicche a freddo, strappi lamellari);
- cicli di carico ripetuti nel tempo (fenomeni di fatica);
- eccessiva sollecitazione.

Fenomeni di degrado correlati e conseguenti

La rottura delle saldature può essere conseguenza dei **difetti di saldatura** precedentemente descritti, ma può manifestarsi anche indipendentemente da essi. Spesso sono presenti qualora si riscontrano **lesioni ai nodi**.

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 ($\approx 50\%$ della superficie)	1 (tutta la superficie)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Pos. 1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)
Pos. 2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Proposta di aggiornamento delle schede difettologiche

Schede difettologiche

N° difetto: Acc_6

Bulloni tranciati

Peso del difetto

Pos. 1	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
Pos. 2	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5

Descrizione

Il difetto si riferisce alla rottura del gambo dei bulloni a seguito di deformazione plastica. Nei casi più gravi si possono riscontrare anche rifollamento dei fori e/o lacerazioni degli elementi collegati.

Cause

La deformazione plastica e il conseguente tranciamento dei bulloni può avere origine da:

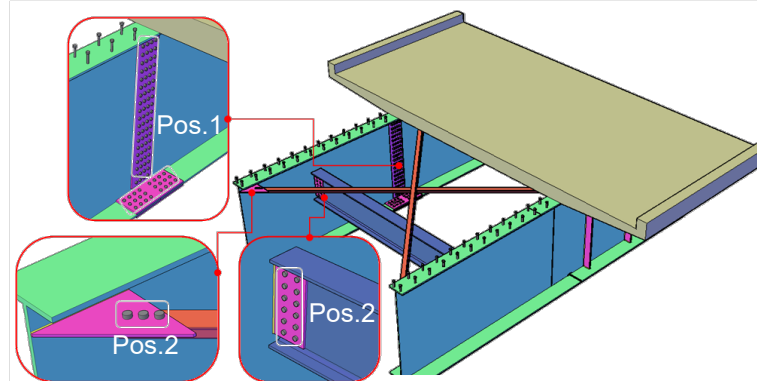
- conformazione e dimensionamento non corretti del giunto bullonato;
- carichi superiori a quelli di progetto;
- serraggio insufficiente;
- corrosione, nel caso di giunzioni non protette;
- fenomeni di fatica o eccessive vibrazioni;
- urto di automezzi.

Fenomeni di degrado correlati e conseguenti

Il difetto può essere conseguenza di coppie di serraggio insufficienti, per cui è possibile rilevare la presenza di **bulloni allentati**. Nei casi più gravi si riscontra la contemporanea presenza di **deformazione delle anime/piattabande** e **corrosione**.

Estensione k_1	0,2 (un bullone)	0,5 (più bulloni su un elemento)	1 (più bulloni su più elementi)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Pos. 1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)
Pos. 2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)



Fonte: Structural Engineering International

Proposta di aggiornamento delle schede difettologiche

Schede difettologiche

N° difetto: Acc_10

Corrosione

Peso del difetto

Pos. 1	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
Pos. 2	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5

Descrizione

Gli acciai comuni reagiscono con l'ambiente formando una superficie contenente ossido di ferro. Questa superficie è estremamente porosa e consente al processo elettrochimico di ossidazione di evolversi, penetrando nell'acciaio e corrodendone la superficie, riducendo progressivamente la sezione fino alla perforazione del metallo stesso. I tipi di corrosione più pericolosi sono solitamente quelli localizzati, in quanto possono creare cricche, fori, fessurazioni.

Cause

Questo tipo di problematica ha molteplici cause; le principali sono:

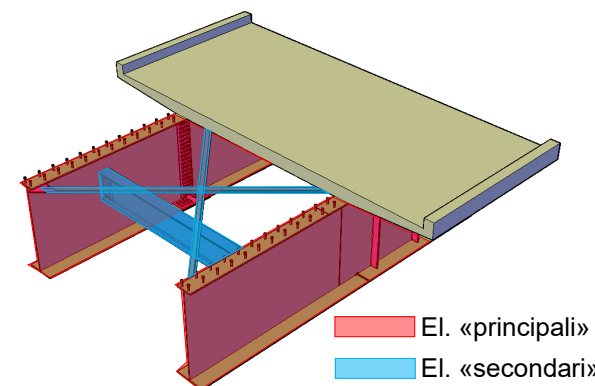
- deterioramento della protezione del metallo (verniciatura/zincatura);
- presenza di umidità o ristagni d'acqua;
- scarsa manutenzione;
- presenza di correnti vaganti o soluzioni saline (ambiente marino, soluzioni antigelo, ambiente industriale).

Fenomeni di degrado correlati e conseguenti

La corrosione è dovuta al contatto del materiale con l'acqua e l'umidità, per cui è spesso correlata all'assenza di un adeguato sistema di convogliamento delle acque, alla presenza di **ristagni d'acqua** e all'esposizione del materiale a seguito di **sfogliamento della vernice**. Essa è la fase successiva del fenomeno di ossidazione, che si limita agli strati più superficiali degli elementi.

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 ($\approx 50\%$ della lunghezza)	1 (tutta la lunghezza)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Pos. 1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)
Pos. 2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti - Roma, 19, 20 e 21 Novembre 2025

Proposta di aggiornamento delle schede di difettosità (Ispezione LIV1)

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

5	Pile	N _____	Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____	
	Metallo o Acciaio		Tecnico rilevatore: _____		Data ispezione: __ / __ / __	

Codice difetto	Descrizione difetto	visto	NA	NR	NP	POS	G	Estensione K1			Intensità K2			
								##	##	1	##	##	1	
Acc_1	Difetti di saldature					1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)	4						
						2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)	3						
Acc_2	Rottura di saldature					1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)	5						
						2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)	4						
Acc_3	Sfogliamento vernice					-		2						
Acc_4	Difetti di chiodatura					-		5						
Acc_5	Bulloni allentati					1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)	4						
						2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)	3						
Acc_6	Bulloni tranciati					1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)	5						
						2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)	4						
Acc_7	Deformazioni anime / piattabande					-		3						
Acc_8	Deformazioni pareti travi scatolari					-		3						
Dif. Gen_2	Ristagni d'acqua					-		2						
Acc_9	Lesioni ai nodi					1	Nodi in cui confluiscono le strutture «principali» longitudinali	5						
						2	Nodi colleganti le strutture «secondarie» trasversali	4						
Acc_10	Corrosione					1	Elementi «principali» (travi, cassoni e relativi collegamenti)	4						
						2	Elementi «secondari» (traversi, controventi, irrigidimenti, elementi di ausilio al montaggio)	3						
Acc_11	Ossidazione					-		2						
Dif. Gen_3	Danni da urto					-		4						
Dif. Gen_6	Fuori piombo					-		5						
Ril/Fond_1	Scalzamento					-		5						
Ril/Fond_5	Movimenti di fondazione					-								
Eventuali note														

Difetti modificati in congruenza con All. C

Convegno finale

Sperimentazione delle Linee Guida per i Ponti Esistenti

19, 20 e 21 Novembre 2025

Aula Magna «Adalberto Libera»

Dipartimento di Architettura

Università degli Studi Roma Tre

Largo Giovanni Battista Marzi, 10, Roma

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Raffaele Landolfo