



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 ReLUIS
attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022**

**Roma
24 e 25 ottobre 2023**

I DISPOSITIVI DI APPOGGIO
Angelo Masi

Accordo tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIS attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022

WP 4 SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI

TASK 4.2 - DISPOSITIVI DI APPOGGIO

(Coordinatore: Angelo MASI, Università della Basilicata)



**Università di Pavia
(con collab. IUSS)**

Albero Pavese
Simone Reale
Ricardo Monteiro
Mattia Calò



Università della Basilicata

Angelo Masi
Giuseppe Santarsiero
Valentina Picciano
Antonio Musano



Politecnico di Torino

Giuseppe C. Marano
Bernardino Chiaia
Paolo Castaldo
Diego Gino
Rebecca Asso



Chiara Casarotti
Marco Furinghetti
Miriam Bazzini
Cristina Curti



Università di Napoli «Federico II»

Giorgio Serino
Daniele Losanno
Mariacristina Spizzuoco



- Ponte con impalcato in c.a.p.
- Lunghezza: 1200m con 36 campate da 32.5m
- Epoca di costruzione: 1985

Dissesto (2013)

- Scivolamento impalcati a causa della rottura degli appoggi a disco elastomerico confinato
- Danneggiamento delle testate delle travi e dei monaci



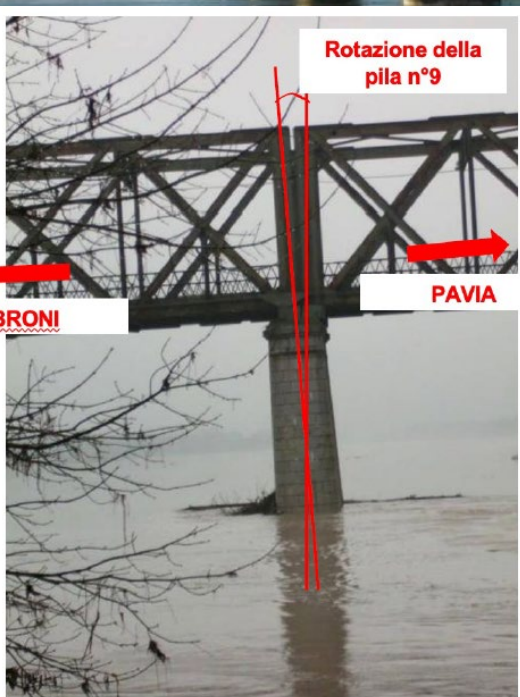
* fonte: ANAS Basilicata



- Ponte con impalcato metallico e pile in muratura
- Lunghezza: 1040m con 13 campate
- Epoca di costruzione: 1912

Dissesto (2010)

- Rotazione pila n.9 per problemi fondazionali e idraulici
- Fuori sede cerniera metallica e cedimento del baggio



* fonte: Prof. Alberto Pavese (Università di Pavia)

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						
6	Appoggi N _____	Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____		Tecnico rilevatore: _____		Data ispezione: __/__/____							
App_1	Piastra di base deformata	<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"/>		
App_2	Ossidazione	<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"/>		
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
App_4	Preregolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
App_5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
App_6	Schiacciamento/Fuoriuscita lastre piombo	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Difetti d'appoggio in neoprene															
App_7	Invecchiamento neoprene	<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"/>		
App_8	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
App_9	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Difetti pendoli															
App_10	Ammoloramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
App_11	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Difetti carrelli (metallici)															
App_12	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
App_13	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Difetti di appoggio generici															
App_14	Deterioramento Teflon	<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"/>		
Eventuali note															

G = gravità del difetto su una scala da 1 a 5 (previsto max=4 per gli appoggi)

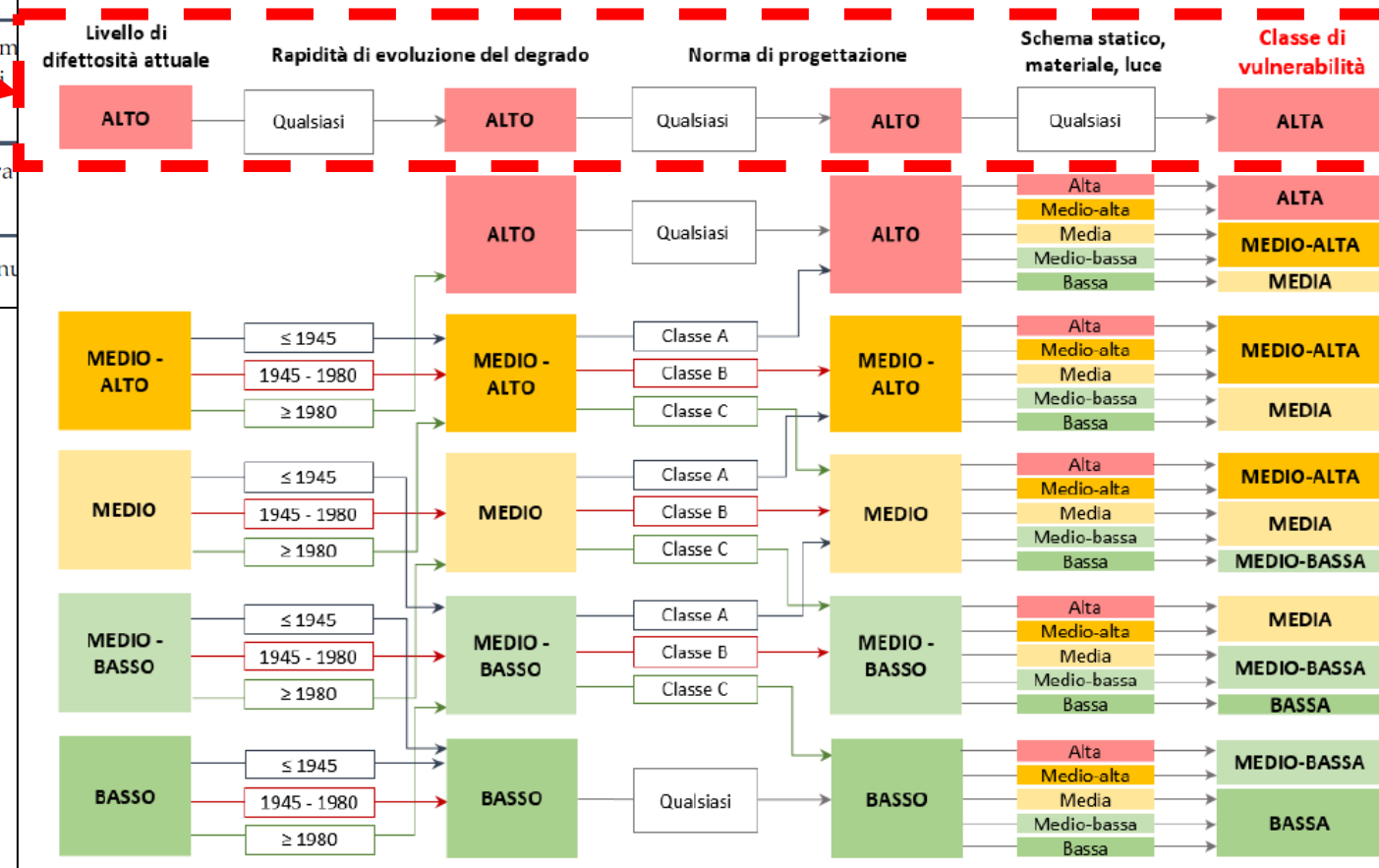
Impatto della difettosità degli appoggi sulla vulnerabilità strutturale-fondazionale

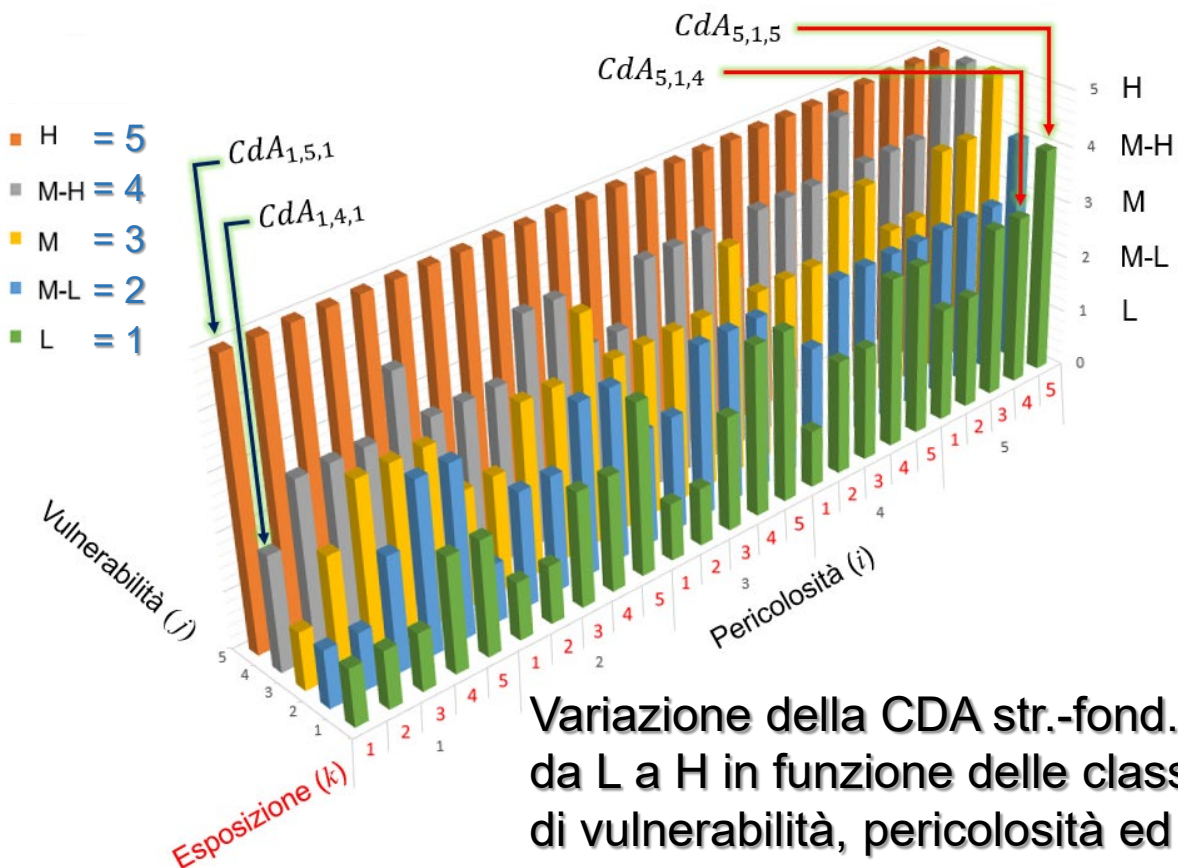
Tabella 4.5. – Classificazione del livello di difettosità

ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di qualsiasi intensità su elementi critici (selle Gerber, appoggi, cavi di precompressione, fondazioni scalzate, si veda definizione del § 3.3) o presenza di condizioni critiche (quadri fessurativi molto estesi ed intensi, cinematismi in atto, incipiente perdita di appoggio)
MEDIO-ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi può compromettere la statica dell'opera, come segnalato nella scheda di rilievo all'Allegato B
MEDIO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi che possono compromettere il comportamento statico globale dell'opera e difetti di gravità medio-alta ($G=4$) di intensità medio-bassa
MEDIO-BASSO	Difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità medio-bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
BASSO	Difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato

Gli appoggi sono considerati elementi «critici» rispetto alla vulnerabilità strutturale-fondazionale

In presenza di difetti agli appoggi di gravità $G = 4$, a cui si associa un livello di difettosità **ALTO**, la classe di vulnerabilità risulta sempre **ALTA**





Variazione della CDA str.-fond. da L a H in funzione delle classi di vulnerabilità, pericolosità ed esposizione

Indice di sensibilità I

$$I = \frac{\text{Somma incrementi di CDA}}{\text{Numero tot. di combinazioni}}$$

Pericolosità $I_H = \frac{\sum_{i=2}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^5 (CoA_{i,j,k} - CoA_{i-1,j,k})}{100} = 0.27$

Vulnerabilità $I_V = \frac{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=2}^5 \sum_{k=1}^5 (CoA_{i,j,k} - CoA_{i,j-1,k})}{100} = 0.74$

Esposizione $I_E = \frac{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=2}^5 (CoA_{i,j,k} - CoA_{i,j,k-1})}{100} = 0.31$

La sensibilità della **CDA strutturale-fondazionale** rispetto alla classe di vulnerabilità ($I_V=0.74$) è pari a circa **2.5** volte quella relativi agli parametri (pericolosità $I_H=0.27$, esposizione $I_E=0.31$)

Articolazione del TASK 4.2

Il Task 4.2 è articolato in tre sub-task:

4.2.1 Stato dell'arte, catalogazione e classificazione

4.2.2 Modellazione

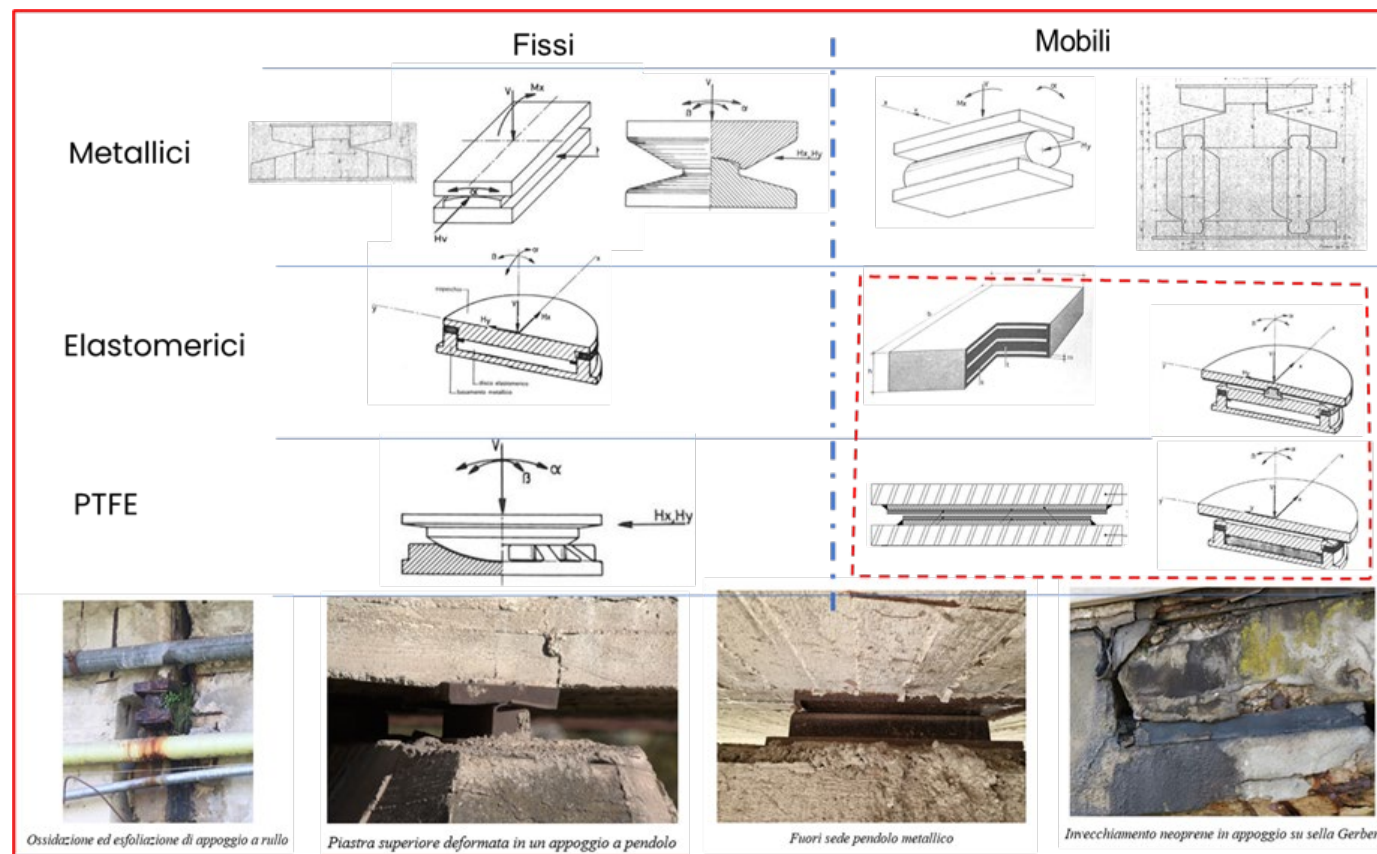
4.2.3 Sperimentazione

OBIETTIVI ed ATTIVITA'

- *Definizione di adeguati **criteri di valutazione della difettosità**, soprattutto per appoggi con degrado non facilmente rilevabile*
- *Eventuale **aggiornamento/integrazione delle schede difettologica e/o di valutazione dei difetti** incluse nelle Linee Guida*
- *Definizione di **valori «realistici» delle azioni** (soprattutto orizzontali da vento/frenatura) per la verifica degli appoggi*
- *Valutazione sperimentale e numerica delle **prestazioni di appoggi degradati***
- *Valutazione del **ruolo degli appoggi sul comportamento globale**, attraverso analisi di ponti casi studio e definizione di curve di fragilità per componenti*

TASK 4.2.1 - Stato dell'arte, catalogazione e classificazione

- **Raccolta delle tipologie** di appoggi presenti nei ponti esistenti, in particolare oggetto delle valutazioni ai sensi delle Linee Guida (WP2)
- **Analisi dei metodi tipici di progettazione**, sulla base delle normative, della manualistica, e della documentazione progettuale del periodo



Collaborazione con gli enti gestori delle infrastrutture stradali al fine di ottenere:

- informazioni sulla presenza e **distribuzione statistica dei dispositivi installati** nelle strutture da ponte esistenti
- **archivi storici delle difettosità** rilevate in riferimento alla tipologia ed età degli appoggi, ed alle condizioni ambientali e di traffico

Raccolta dati sugli appoggi derivanti da ispezioni secondo le LLGG (WP2)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	Scheda appoggi V1																				
2	redazione a cura di Prof. Angelo Masi																				
3	Dott. Giuseppe Santarsiero																				
4	Prof. Alberto Pavese																				
5	Ing. Antonio Musano																				
6	per informazioni e segnalazioni scrivere a giuseppe.santarsiero@unibas.it																				
8	NOTE PER LA COMPILAZIONE DEL DATABASE																				
9	<ul style="list-style-type: none"> La compilazione del "foglio dati" richiede la redazione di una riga per ogni appoggio di cui sia disponibile la scheda di difettosità "6 Appoggi" ai sensi delle Linee Guida. Nel caso di assenza di difetti si lasceranno vuote le colonne Cod. difetto i - Est. dif. i - Int. dif. i. Nel campo "materiale" selezionare "elastomero" se non è nota con certezza la presenza/assenza di lamine metalliche all'interno È possibile allegare foto sottoforma di file jpeg o altro formato (oppure altri documenti pdf, word, ecc.) nominando i files nel seguente modo "ID.App-n.foto". Es.: 1-1.jpeg è la foto 1 dell'appoggio 1, 1-2.jpeg è la foto 2 dell'appoggio 1 (in cui ID.App è l'identificativo dell'appoggio, ossia il valore riportato nella prima colonna del foglio dati) Per i dati di localizzazione del ponte fare riferimento alla scheda di livello ai sensi delle Linee Guida Si raccomanda di non apportare modifiche al foglio "tabelle" 																				
18	UR	Sigla unità di ricerca																			
19	Codice opera	Codice univoco AINOP																			
20	a	dimensione trasversale dell'appoggio																			
21	b	dimensione longitudinale dell'appoggio																			
22	h	dimensione verticale dell'appoggio																			
23	Cod. difetto /	codice difetto presente sulla scheda "6" dell'appoggio																			
24	Int. dif. /	Intensità difetto																			
25	Est. dif. /	Estensione difetto																			
30	Scheda Ispezione Ponti di Livello 1																				
31	6	Appoggi N	Strada di appartenenza:	Progressiva km:																	
32			Tecnico rilevatore:	Data ispezione: / /																	
33																					
34																					
35																					
36																					
37	N°	Descrizione difetto	visio	G	Estensione K1		Intensità K2		N° foto	PS	NA	NR	NP	Note							
38					0,2	0,5	1	0,2	0,5	1											
39	App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2																	
40	App_2	Ossidazione	<input type="checkbox"/>	2																	
41	App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4																	
42	App_4	Prerogolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4																	
43	App_5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2																	
44	App_6	Schiacciamento/Fuoriuscita lastre piombo	<input type="checkbox"/>	4																	
45	Difetti d'appoggio in neoprene																				
46	App_7	Invecchiamento neoprene	<input type="checkbox"/>	3																	
47	App_8	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4																	
48	App_9	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4																	
49	Difetti pendoli																				
50	App_10	Ammolioramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4																	
51	App_11	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4																	

Scheda Livello 0 (LLGG)

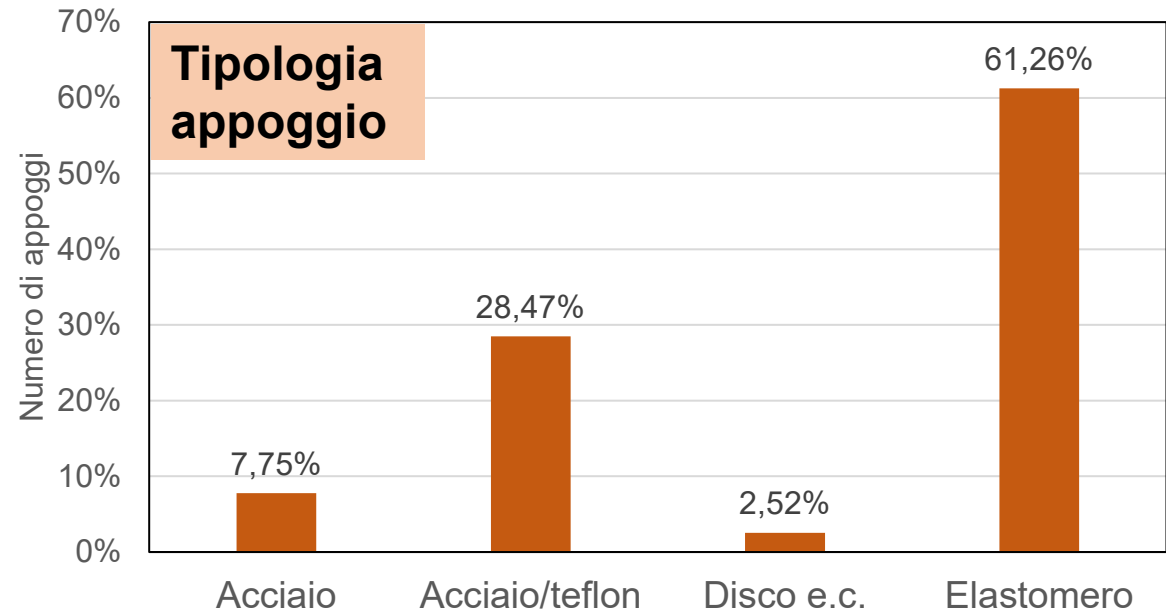
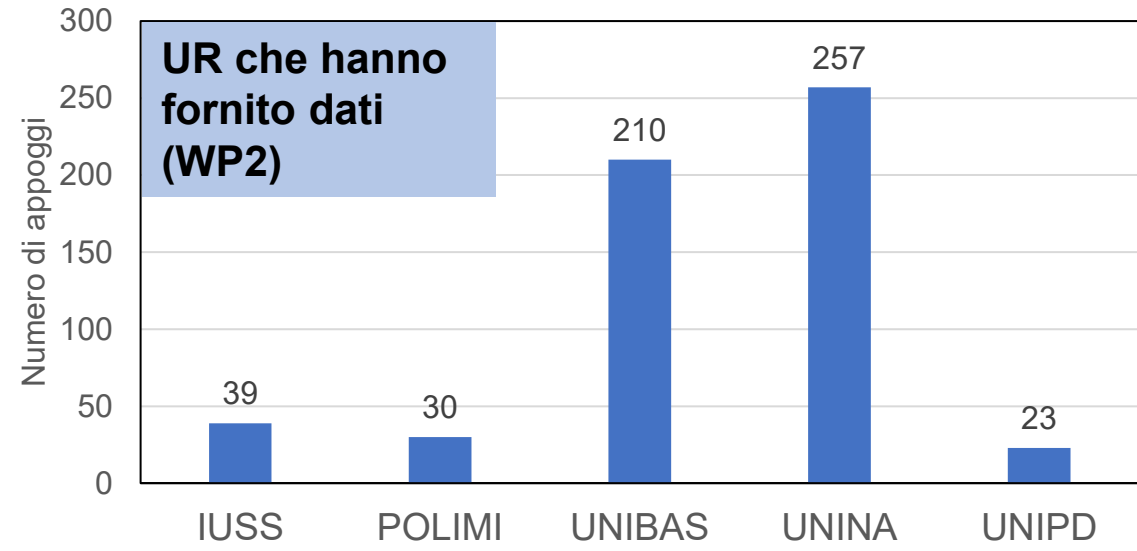
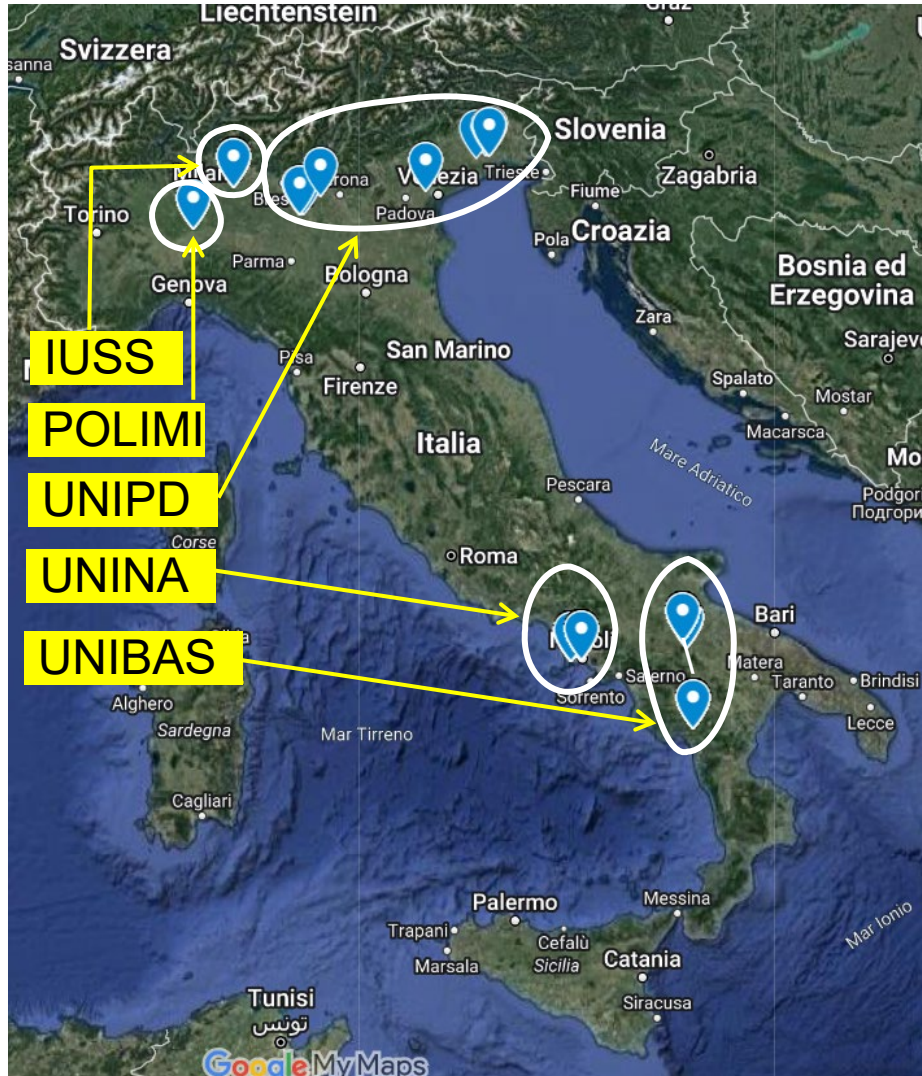
Eventuali documenti di progetto o rilievo

Scheda Livello 1 (LLGG)

Dati richiesti

	ID
	Codice Appoggio
Dati generali	UR
	Codice Opera
	Nome opera
	Periodo di costruzione
	Strada/autostrada
	Data ispezione
Localizzazione	Latitudine
	Longitudine
	Quota slm
Dati di progetto	Norma progett. appoggio
	Norma progett. ponte
	Carico vert. di progetto (kN)
Dati geometrici	a (mm)
	b(mm)
	h (mm)
Dati tipologici	Fisso/mobile
	Materiale
	Principio di funzionamento
	Descrizione
Difetti riscontrati	Cod difetto 1
	Cod difetto 2
	Cod difetto 3
	Cod difetto 4
	Cod difetto 5
	Cod difetto 6
Estensione difetti riscontrati	Est. Dif 1
	Est. Dif 2
	Est. Dif 3
	Est. Dif 4
	Est. Dif 5
	Est. Dif 6
Intensità difetti riscontrati	Int. Dif. 1
	Int. Dif. 2
	Int. Dif. 3
	Int. Dif. 4
	Int. Dif. 5
	Int. Dif. 6
	PS (pregiudica statica)
	Note

ANALISI PRELIMINARI DEL DATABASE (559 APPOGGI da 35 OPERE)

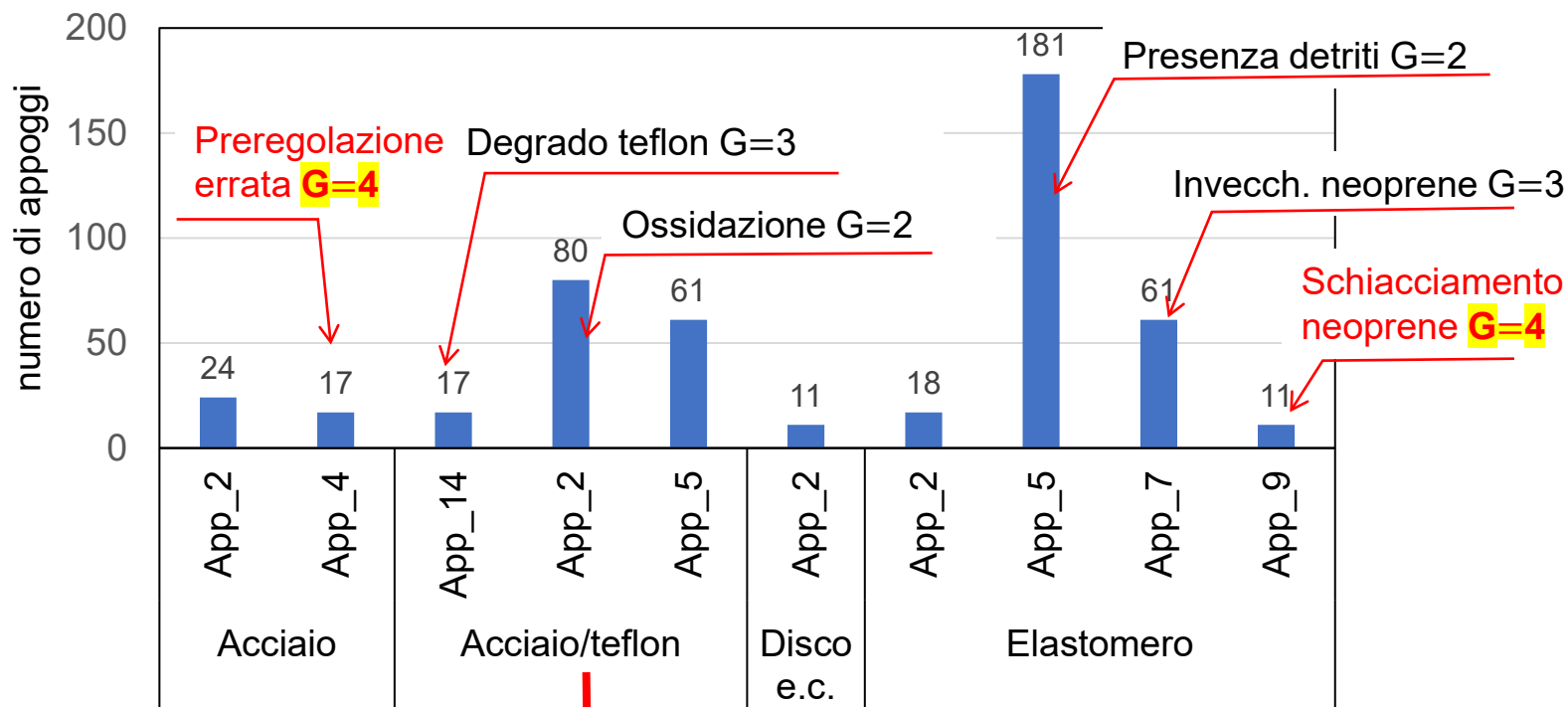


ANALISI PRELIMINARI DEL DATABASE (559 APPOGGI da 35 OPERE)

Attività sub-task 4.2.1

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

6		Appoggi N _____	Strada di appartenenza: Tecnico rilevatore:	
N°	Descrizione difetto	visto	G	
App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2	
App_2	Ossidazione	<input type="checkbox"/>	2	
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4	
App_4	Preregolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4	
App_5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2	
App_6	Schiacciamento/Fuoriuscita lastre piombo	<input type="checkbox"/>	4	
Difetti d'appoggio in neoprene				
App_7	Invecchiamento neoprene	<input type="checkbox"/>	3	
App_8	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4	
App_9	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4	
Difetti pendoli				
App_10	Ammoloramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4	
App_11	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4	
Difetti carrelli (metallici)				
App_12	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4	
App_13	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4	
Difetti di appoggio generici				
App_14	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3	
Eventuali note				



Ulteriori difetti riscontrabili in appoggi acciaio-teflon

- estrusione del polimero per carico eccessivo o sfaldamento
- rigatura e/o deformazione delle piastre di scorrimento
- montaggio errato
- eccessiva rotazione del dispositivo
- rottura delle protezioni antipolvere
- tranciamento perni di ancoraggio

Considerare altri valori di G

Task 4.2.2 Modellazione

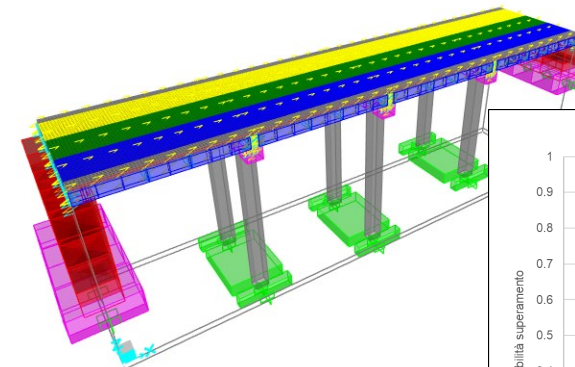
- Ricognizione della letteratura riguardante **le azioni di progetto** dei dispositivi di appoggio in base alla normativa vigente all'epoca di progettazione. In particolare:
 - *Analisi delle azioni **statiche verticali** indotte sui dispositivi confrontando le diverse **normative nazionali** durante la loro evoluzione, e parallelamente valutando le stesse azioni sulla base di altri **codici tecnici internazionali**.*
 - *Azioni orizzontali di **frenamento** condizionanti il dimensionamento dei dispositivi di appoggio (nei ponti non progettati per sopportare azioni sismiche).*
- **Analisi di ponti casi studio** sulla base di **modelli di comportamento di appoggi degradati** (anche basati sulle sperimentazioni svolte nel sub-task 4.2.3) per valutarne l'effetto sulle prestazioni globali (fragilità)

Analisi di casi studio (esempio UR UniPV)



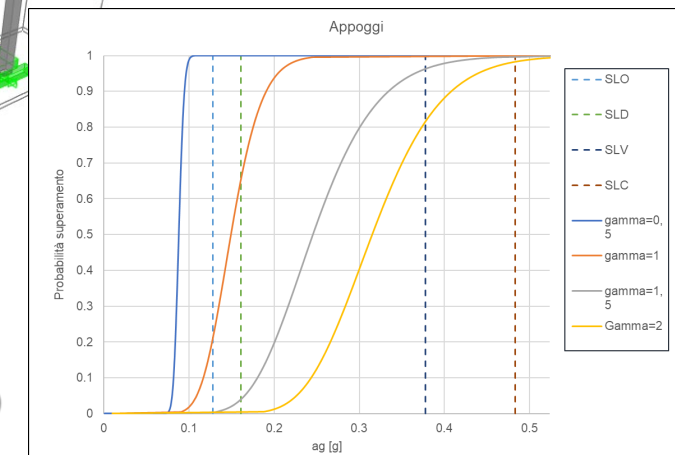
Ponte ubicato in zona sismica 1

- **4 campate semplicemente appoggiate** di lunghezza **12,5 m**.
- Travi dell'impalcato realizzate in CA.
- **Pile** realizzate in CA con **struttura a telaio** caratterizzate da pilastri di sezione rettangolare **120 x 100 cm**.
- Gli appoggi sono **cuscinetti in neoprene** con lamierino metallico



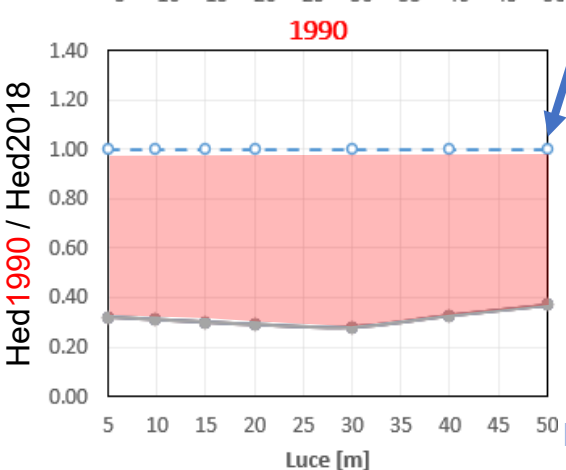
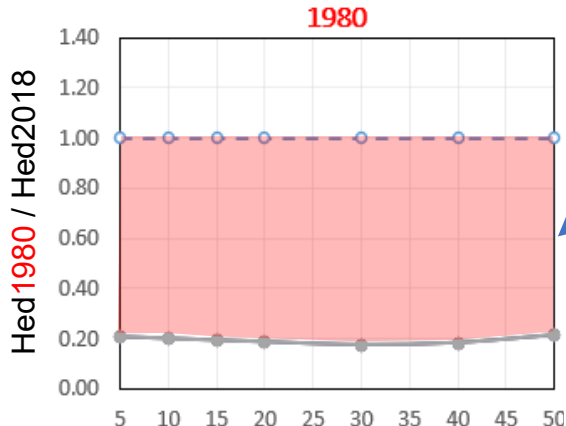
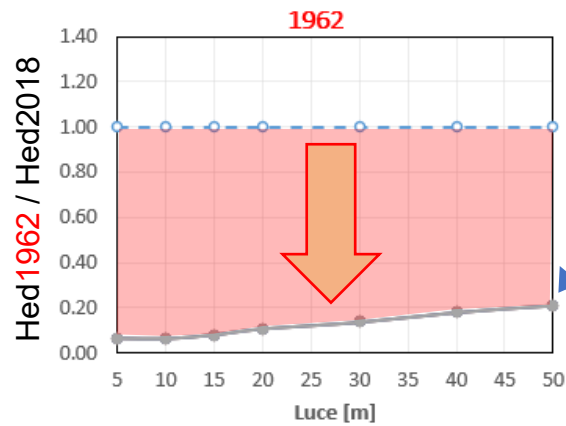
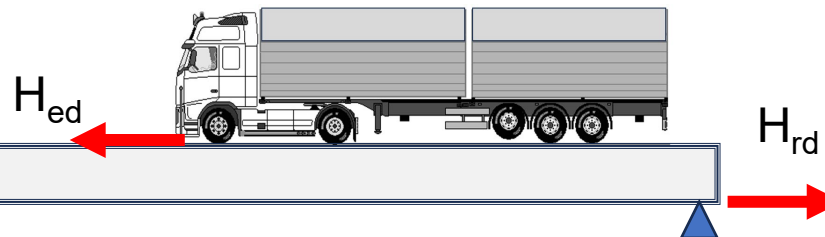
Modello SAP2000

Curve di fragilità (appoggi)



Modellazione delle azioni: forza orizzontale di frenamento

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

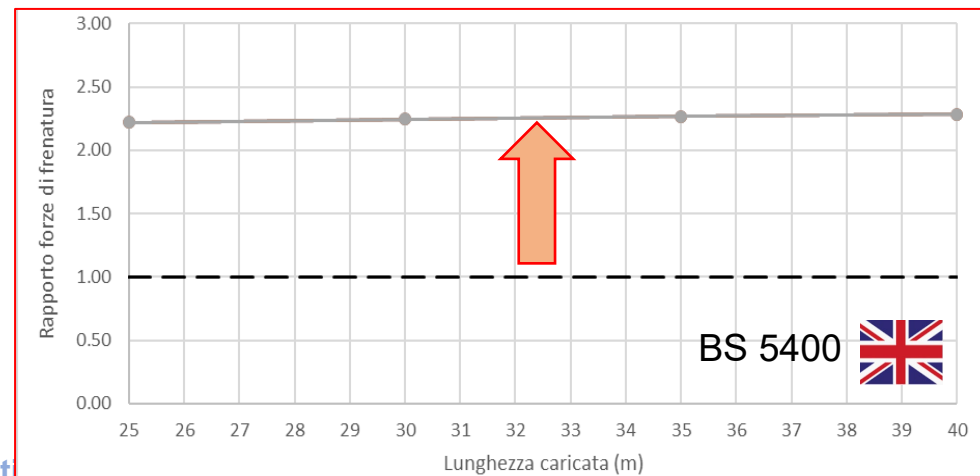
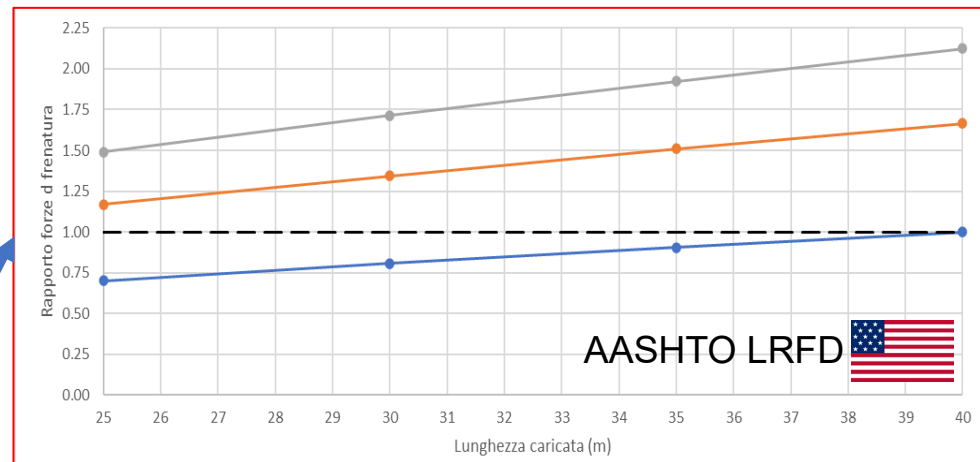


Norme italiane
passate vs attuali

$$\frac{H_{old\ code,IT}}{H_{2018,IT}} < 1$$

Norme italiane
vs
Norme internazionali

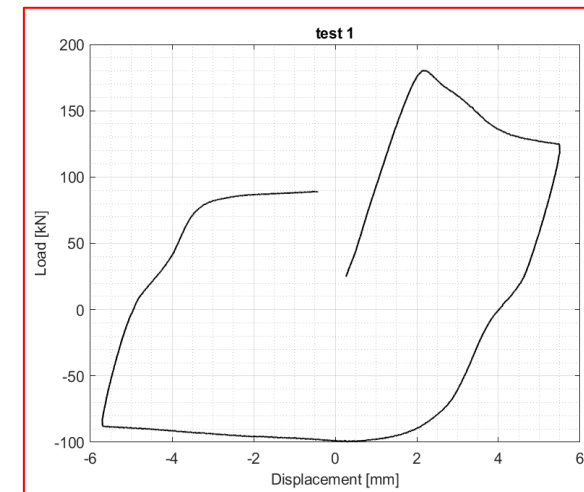
$$\frac{H_{code\ US,UK}}{H_{2018,IT}} > 1$$



Task 4.2.3 Sperimentazione

- Raccolta ed accurato esame visivo per identificare le problematiche tipiche che interessano gli **appoggi estratti da ponti reali**
- **Test sperimentali** su dispositivi degradati (anche artificialmente) e non degradati per **valutare le prestazioni in presenza di degrado**, e trarre indicazioni per la modellazione, mediante:
 - Esecuzione di **test su appoggi degradati** estratti da ponti esistenti al fine di esaminarne il comportamento e la capacità portante residua
 - Esecuzione di **test su appoggi nuovi**, da sottoporre successivamente ad invecchiamento artificiale
 - Esecuzione di test su **appoggi invecchiati artificialmente**, al fine di confrontare le prestazione con gli stessi appoggi nuovi

Appoggio acciaio-PTFE (test UR PoliTO)



Dati prova: Carico verticale 1700 kN, Attrito statico: **10.6%**

Prove eseguite o programmate

- 11 appoggi estratti da ponti esistenti (7 acciaio-teflon + 4 neoprene, circa 50 anni di vita) ed esecuzione di 4 test
- 4 test su dispositivi POT nuovi (da ritestare dopo invecchiamento artificiale)
- 4 test su dispositivi in neoprene (da ritestare dopo invecchiamento artificiale)
- Reperimento di ulteriori 7 dispositivi da ponti esistenti (2 in acciaio, 3 in neoprene, 2 acciaio-teflon)



CONSIDERAZIONI FINALI

- Il Task 4.2 ha l'obiettivo di approfondire caratteristiche, prestazioni e ruolo dei dispositivi di appoggio presenti nei ponti italiani, attraverso attività di: (i) raccolta dati, (ii) classificazione tipologica e dei difetti, (iii) modellazione e sperimentazione dei dispositivi, (iv) modellazione ed analisi di casi studio rappresentativi di strutture reali
- Il flusso logico di assegnazione della Classe di Attenzione appare condizionato in maniera fortemente cautelativa dalla presenza di alcuni difetti negli appoggi
- I risultati dei test sperimentali e delle analisi di casi studio potrebbero fornire elementi utili riguardo il livello di gravità G assegnato ad alcuni difetti
- Confrontando le attuali norme italiane con quelle del passato, nonché con quelle internazionali, emergono differenze significative nei valori di progetto delle azioni da frenatura
- Con riferimento alla tipologia molto diffusa di appoggi in acciaio-teflon, la scheda di ispezione (Livello 1) potrebbe essere integrata considerando ulteriori tipologie di difetto e relativi livelli di gravità G
- Le schede difettologiche (Livello 1) in alcuni casi potrebbero essere rese più esplicative, rispetto all'assegnazione di estensione ed intensità del difetto, fornendo una rassegna di esempi di assegnazione