



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale



CONSIGLIO SUPERIORE  
DEI LAVORI PUBBLICI

## 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**

**19, 20 e 21 novembre 2025**

## **I DISPOSITIVI DI APPOGGIO**

**Angelo MASI, Giuseppe SANTARSIERO**

**Università della Basilicata**



# Accordo tra il CSLP ed il Consorzio ReLUIIS attuativo dei DM 578/2020, DM 204/2022 e DM 304/2024

## WP 4 SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O SPECIALI **TASK 4.2 - DISPOSITIVI DI APPOGGIO** (Coordinatore: Angelo MASI, Università della Basilicata)



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

Albero Pavese  
Simone Reale  
Ricardo Monteiro  
Mattia Calò



**Università della Basilicata**

(coordinatore)

Angelo Masi  
Giuseppe Santarsiero  
Giuseppe Ventura  
Valentina Picciano  
Antonio Musano



**Politecnico di Torino**

Giuseppe C. Marano  
Bernardino Chiaia  
Paolo Castaldo  
Fabrizio Palmisano



Chiara Casarotti  
Marco Furinghetti  
Miriam Bazzini  
Cristina Curti

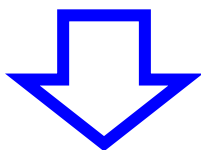


**Università di Napoli «Federico II»**

Giorgio Serino  
Daniele Losanno  
Mariacristina Spizzuoco

**WP4: Sperimentazione su componenti strutturali e/o speciali**

**Task 4.2 Dispositivi di appoggio**



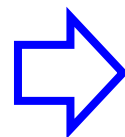
### Articolazione del TASK

Il Task 4.2 è articolato in tre sub-task:

4.2.1 Stato dell'arte, catalogazione e classificazione

4.2.2 Modellazione

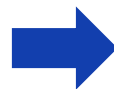
4.2.3 Sperimentazione



### 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

**Parte 1 – Angelo MASI**



Classificazione, Catalogazione, Ispezioni

**Parte 2 – Giuseppe SANTARSIERO**



Sperimentazione, Modellazione

## Contenuti Parte 1

- Aspetti introduttivi
- Ruolo degli appoggi su Vulnerabilità e Classe di Attenzione
- Catalogazione e classificazione di tipologie e difetti tipici
- Attività ispettive (degrado, criticità)
- Proposta nuove schede di ispezione/difettologiche (esempi)



## Task 4.2.1 Stato dell'arte, catalogazione e classificazione

- **Raccolta completa delle tipologie** di appoggi presenti nei ponti oggetto delle valutazioni ai sensi delle LL.GG.
- Analisi dei metodi di progettazione, sulla base delle **normative** e della **manualistica**, oltre che della **documentazione progettuale** che si renderà disponibile durante le attività della Convenzione
- **Valutazione della diffusione e distribuzione statistica dei dispositivi installati nelle strutture da ponte esistenti**
- **Archivi storici delle difettosità** rilevate in relazione all'età ed alla tipologia degli appoggi, ed alle condizioni ambientali e di traffico



*Invecchiamento neoprene in appoggio su sella Gerber*



*Ossidazione ed esfoliazione di appoggio a rullo*



*infrastructures*

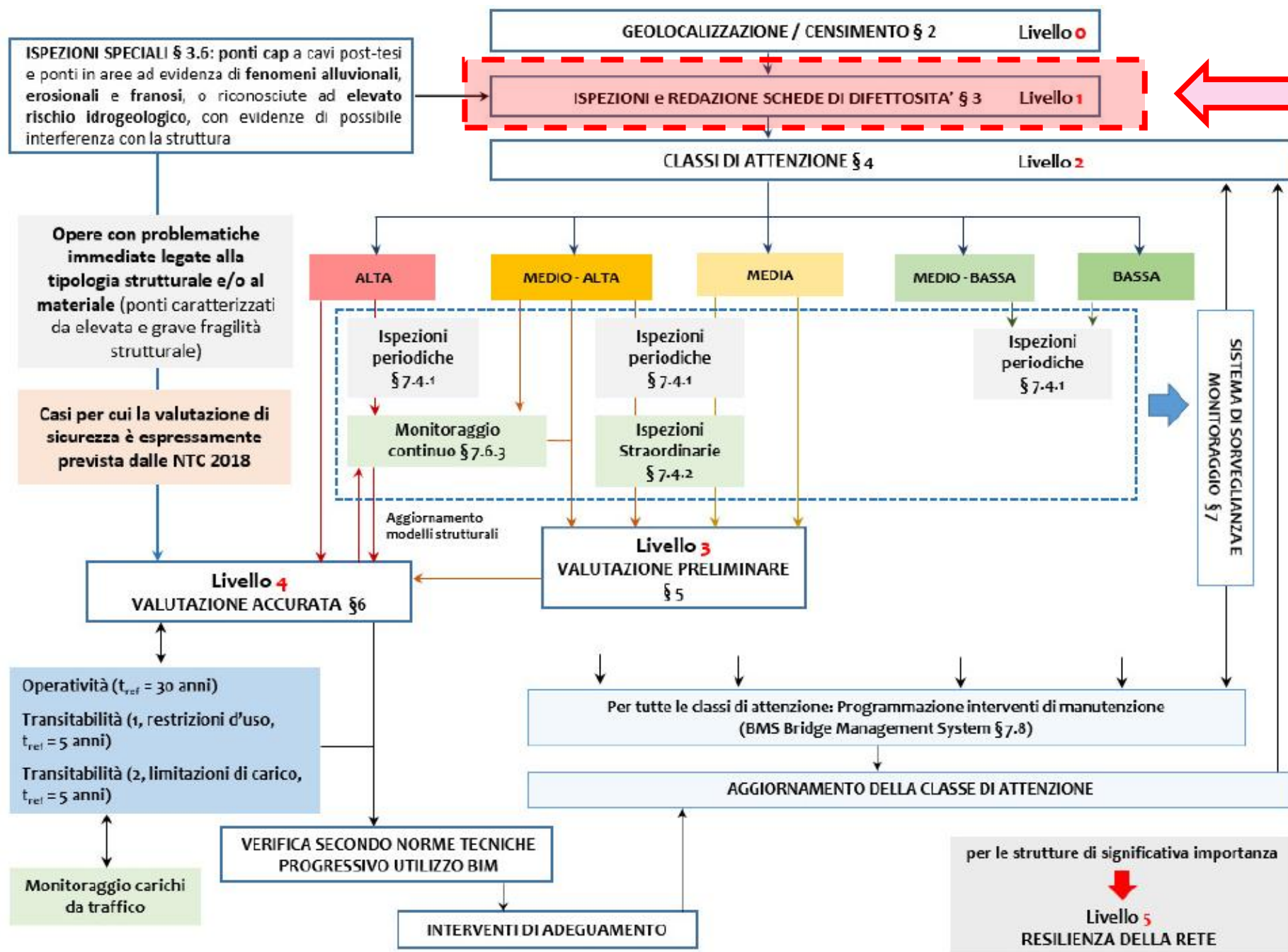
Article

## Development of a Large Database of Italian Bridge Bearings: Preliminary Analysis of Collected Data and Typical Defects

Angelo Masi <sup>1</sup>, Giuseppe Santarsiero <sup>1,\*</sup>, Marco Savoia <sup>2</sup>, Enrico Cardillo <sup>2</sup>, Beatrice Belletti <sup>3</sup>, Ruggero Macaluso <sup>3</sup>, Maurizio Orlando <sup>4</sup>, Giovanni Menichini <sup>4</sup>, Giacomo Morano <sup>4</sup>, Giuseppe Carlo Marano <sup>5</sup>, Fabrizio Palmisano <sup>5</sup>, Anna Saetta <sup>6</sup>, Luisa Berto <sup>6</sup>, Maria Rosaria Pecce <sup>7</sup>, Antonio Bilotta <sup>7</sup>, Pier Paolo Rossi <sup>8</sup>, Andrea Floridia <sup>8</sup>, Mauro Sassu <sup>9</sup>, Marco Zucca <sup>9</sup>, Eugenio Chioccarelli <sup>10</sup>, Alberto Meda <sup>11</sup>, Daniele Losanno <sup>7</sup>, Marco Di Prisco <sup>12</sup>, Giorgio Serino <sup>7</sup>, Paolo Riva <sup>13</sup>, Nicola Nisticò <sup>14</sup>, Sergio Lagomarsino <sup>15</sup>, Stefania Degli Abbatì <sup>15</sup>, Giuseppe Maddaloni <sup>16</sup>, Gennaro Magliulo <sup>7</sup>, Mattia Calò <sup>17</sup>, Fabio Biondini <sup>12</sup>, Francesca da Porto <sup>18</sup>, Daniele Zonta <sup>19</sup> and Maria Pina Limongelli <sup>20</sup>

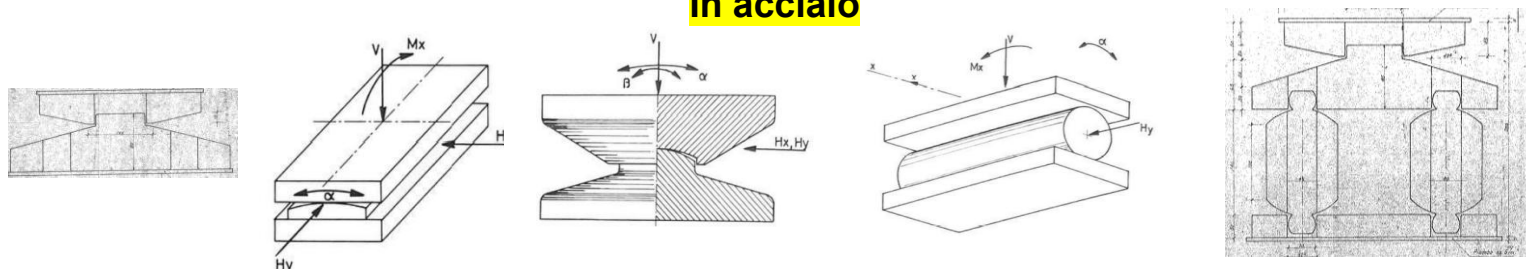
- **12000 appoggi su 255 opere**
- hanno contribuito **24 UR** (su 38) operanti in **18 atenei** (su 31 coinvolti)

# Valutazione del rischio secondo le Linee Guida sui ponti esistenti

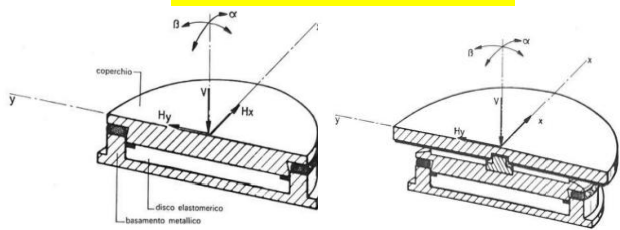




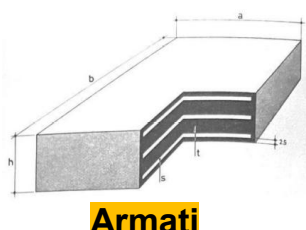
## In acciaio



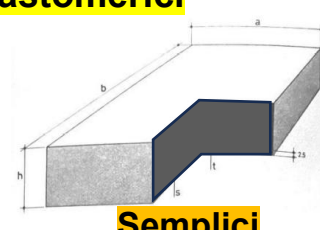
## Disco elastomerico



## Elastomerici

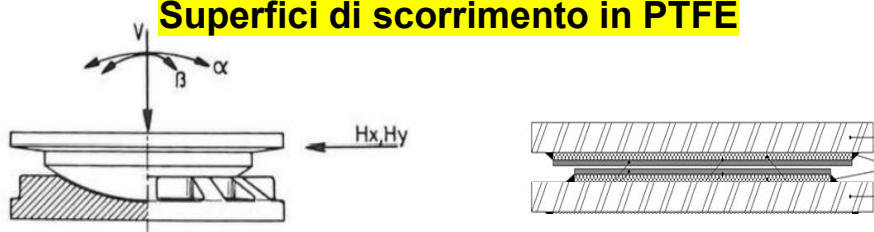


## Armati

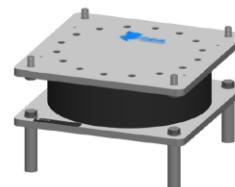


## Semplici

## Superfici di scorrimento in PTFE

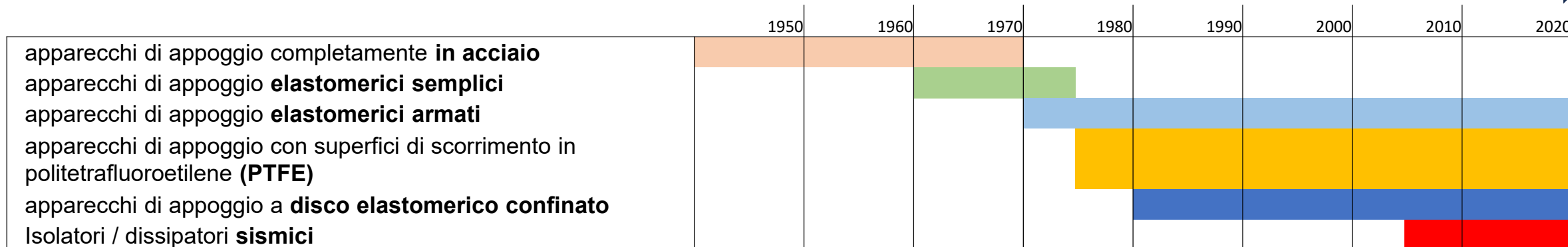


## Isolatori sismici



- Fino al 1960 gli appoggi erano comunemente realizzati in **acciaio**.
- Successivamente furono introdotti gli appoggi **elastomerici**, prima **semplici** e poi **armati**.
- Dalla seconda metà degli anni '70 sono stati introdotti appoggi con superfici di scorrimento in **PTFE** e poi a **disco elastomerico confinato**, che sono quelli maggiormente utilizzati attualmente per ponti nuovi e per la sostituzione in ponti esistenti
- Nelle zone sismiche, man mano che viene introdotta la classificazione, vengono utilizzati **isolatori sismici**.

## EVOLUZIONE STORICA



# Esempi di appoggi in ponti esistenti



**Elastomerico**



**Disco elastomerico confinato**



**Doppio pendolo in acciaio**



**Superfici in acciaio-Teflon**



## DIFETTI **GENERICI**, APPOGGI IN **ACCIAIO** (ossidazione, detriti, bloccaggio)



Ossidazione ed esfoliazione



Errore di preregolazione



Bloccaggio



Presenza di detriti

## APPOGGI IN **ELASTOMERO** (invecchiamento, errori dimensionamento)



Eccessiva deformazione  
orizzontale



Schiacciamento neoprene



Invecchiamento neoprene  
(appoggio su sella Gerber)



# IL RUOLO DEGLI APPOGGI

## La scheda di ISPEZIONE: valutazione dei difetti

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

6		Appoggi N _____		Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____		Tecnico rilevatore: _____		Data ispezione: __/__/__		Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili			
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						
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															

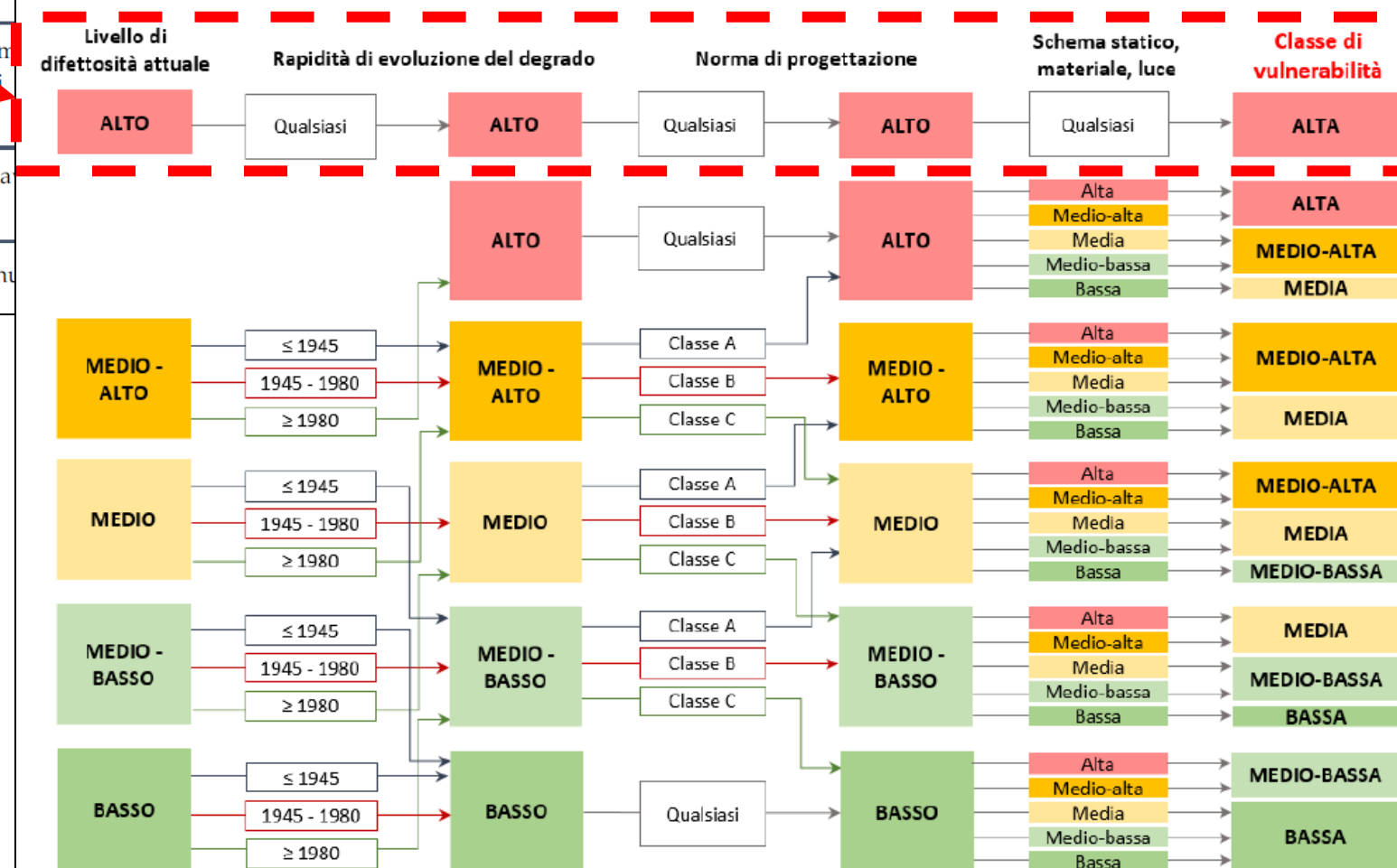
G = gravità del difetto su una scala da 1 a 5  
(previsto max=4 per gli appoggi)

Tabella 4.5. – Classificazione del livello di difettosità

<b>ALTO</b>	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)
<b>MEDIO-ALTO</b>	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
<b>MEDIO</b>	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 intensità medio-bassa
<b>MEDIO-BASSO</b>	Difetti di gravità medio-alta ( $G=4$ ) con intensità medio-bassa e difetti di gravità $G=2$ , $G=1$ e di qualsiasi intensità, in numero elevato
<b>BASSO</b>	Difetti di gravità media e bassa ( $G=3$ , $G=2$ , $G=1$ ) e di qualsiasi intensità, in numero elevato

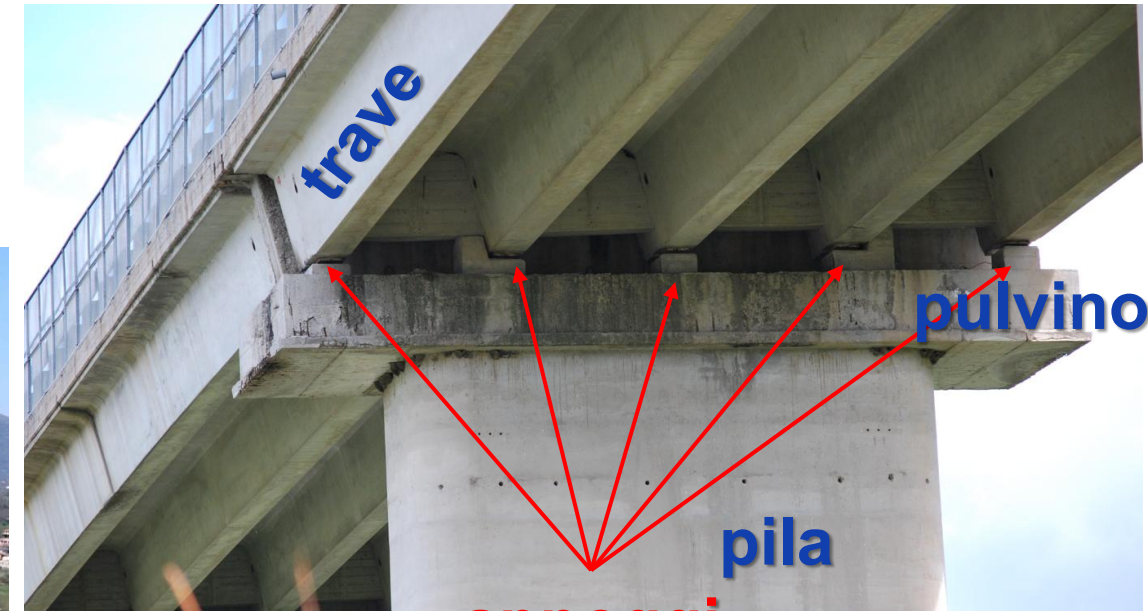
Gli appoggi sono considerati elementi «critici» rispetto alla vulnerabilità strutturale-fondazionale

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**





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



**appoggi**



**appoggio**

Dispo





### Dissesto (2013)

- Scivolamento impalcati a causa della rottura degli appoggi a disco elastomerico confinato
- Danneggiamento delle testate delle travi e dei monaci
- Intervento di ripristino di durata pari a 2 anni e 11 M€ di costo





- Dati su circa **12000** appoggi
- Raccolti su **255** ponti distribuiti sul territorio nazionale
- Contribuito di **24 Unità di Ricerca ReLUIS** operanti in **18 Atenei**

## Periodo di costruzione dei ponti ispezionati



## Distribuzione regionale e numero degli appoggi rilevati



## Raccolta dati sugli appoggi derivanti da ispezioni secondo le LLGG

### Scheda «Appoggi»

	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																					
7		per informazioni e segnalazioni scrivere a giuseppe.santarsiero@unibas.it																			
8																					
9		<b>NOTE PER LA COMPILAZIONE DEL DATABASE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>Nel caso di assenza di difetti si lasceranno vuote le colonne Cod. difetto i - Est.dif. i - Int. Dif. i</li> <li>Nel campo "materiale" selezionare "elastomero" se non è nota con certezza la presenza/assenza di lamine metalliche all'interno</li> <li>E' 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)</li> <li>Per i dati di localizzazione del ponte fare riferimento alla scheda di livello ai sensi delle Linee Guida</li> <li>Si raccomanda di non apportare modifiche al foglio "tabelle"</li> </ul>																			
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
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																		
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					
38																					
39																					
40																					
41																					
42																					
43																					
44																					
45																					
46																					
47																					
48																					
49																					
50																					
51																					
52																					
53																					

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

## Classificazione TIPOLOGIE

- Elastomeric pads
- Pot
- Steel-Teflon
- Steel
- Other
- N.D.



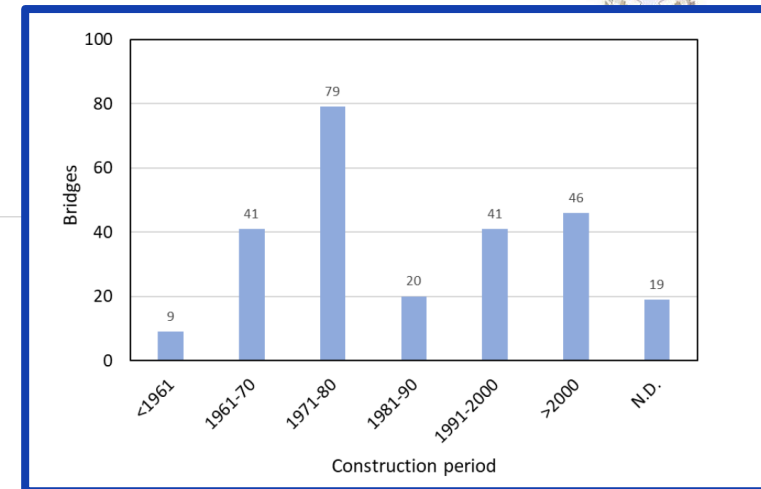
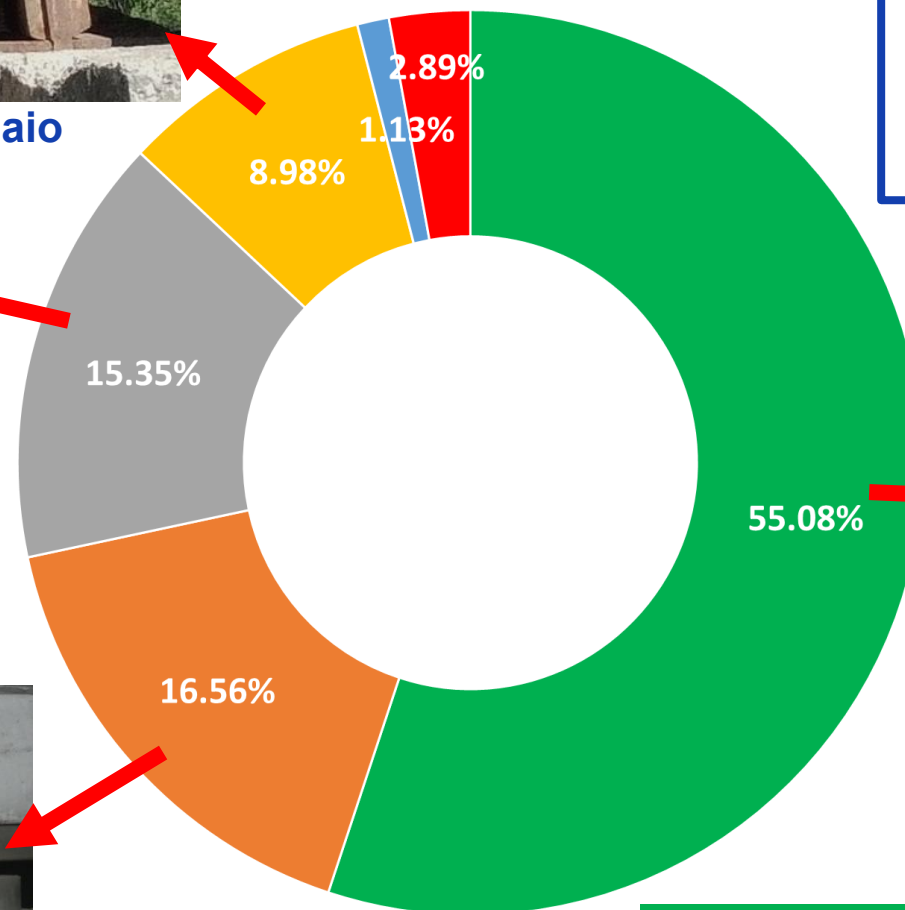
**Acciaio**



**Acciaio-Teflon**

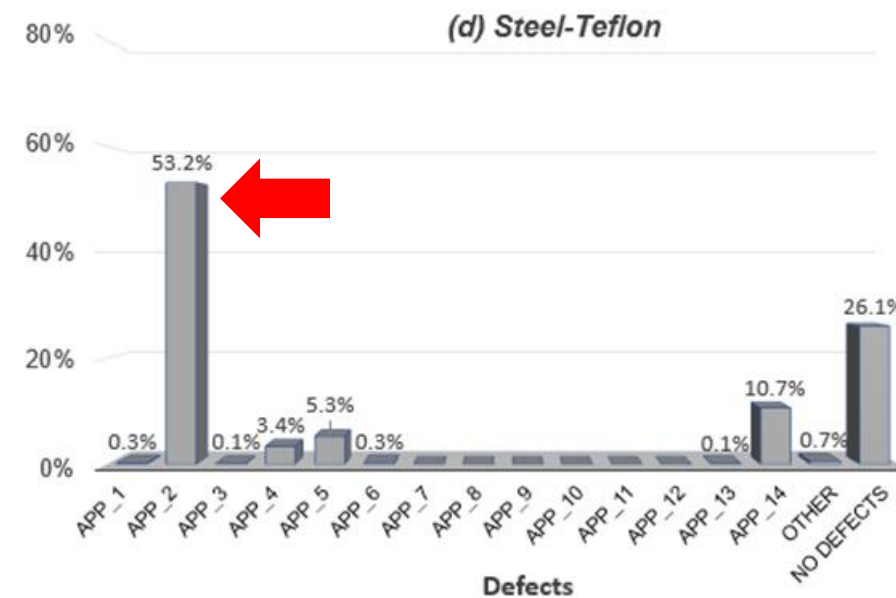
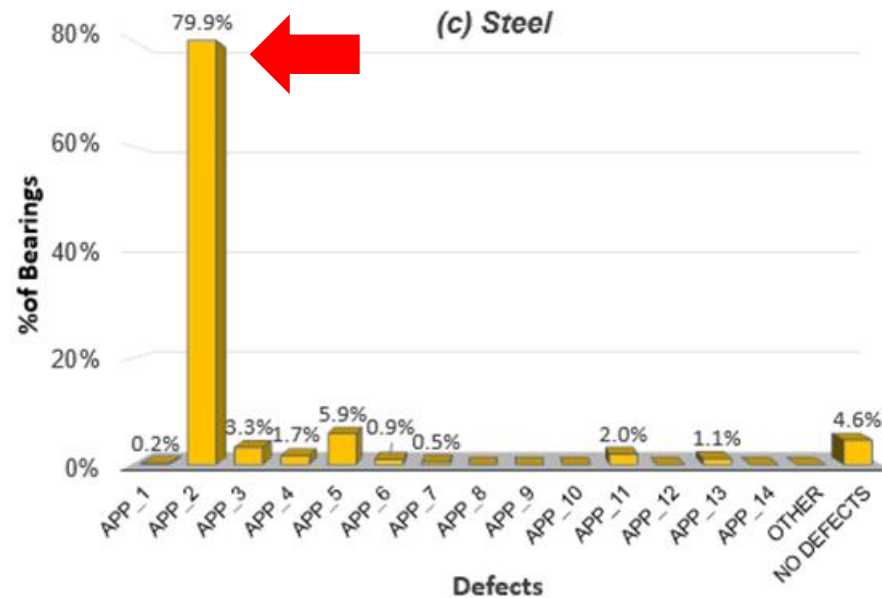
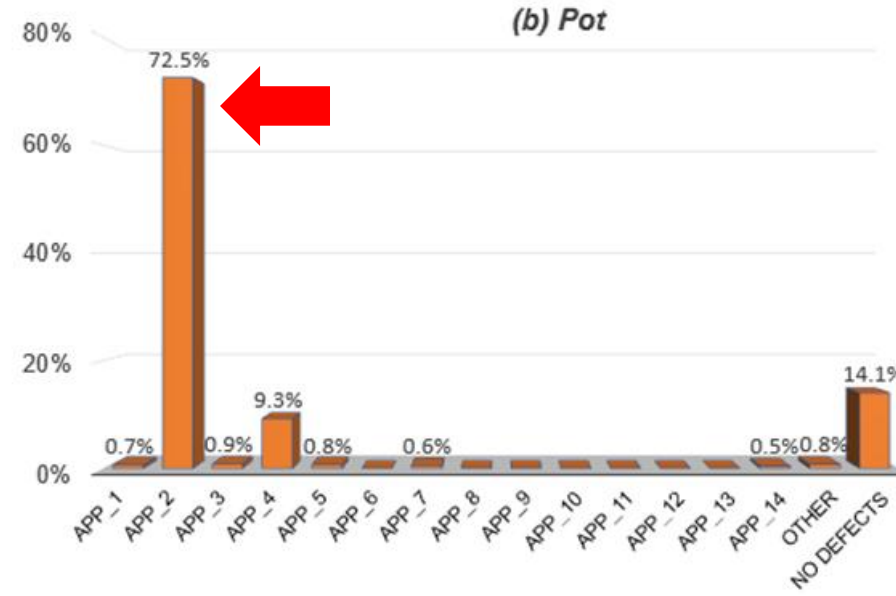
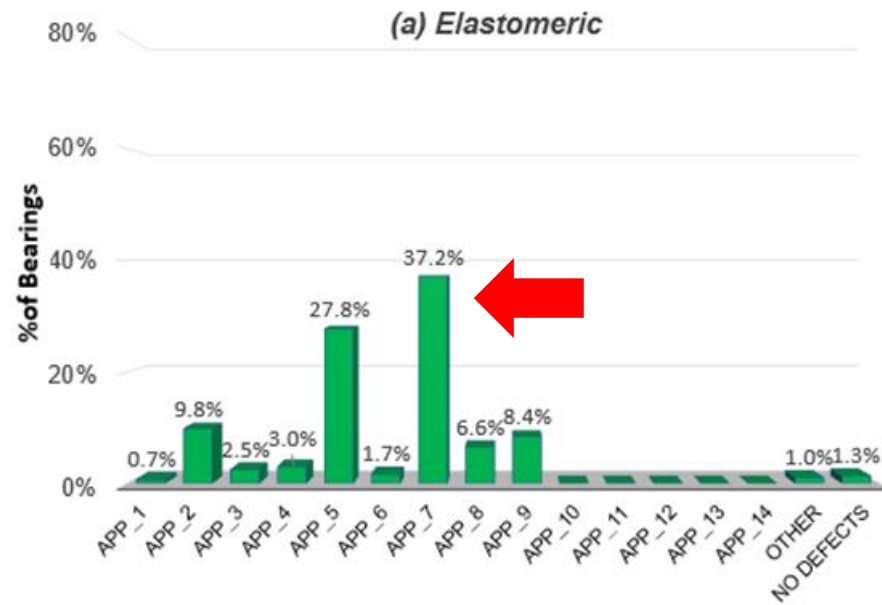


**Disco elastomerico confinato (Pot)**



**Elastomero**

**I dispositivi in Elastomero sono i più diffusi**



## Legend of defects

N°	Defect description	G
App_1	Deformed base plate	2
App_2	Oxidation	2
App_3	Blockage	4
App_4	Improper pre-setting	4
App_5	Presence of debris	2
App_6	Crushing/Extrusion of lead plates	4
Neoprene bearing defects		
App_7	Neoprene aging	3
App_8	Excessive horizontal deformation	4
App_9	Crushing/Extrusion of neoprene	4
Pendulum defects		
App_10	Degradations of r.c. pendulums	4
App_11	Permanente drift	4
Roller defects (metallic)		
App_12	Ovalization of metallic rollers	4
App_13	Out of place metallic rollers	4
Generic bearing defects		
App_14	Teflon deterioration	3





**Acciaio**  
**Difetti assenti: 4.6%**



**Elastomero**  
**Difetti assenti: 1.3%**



**Acciaio-Teflon**  
**Difetti assenti: 26.1%**

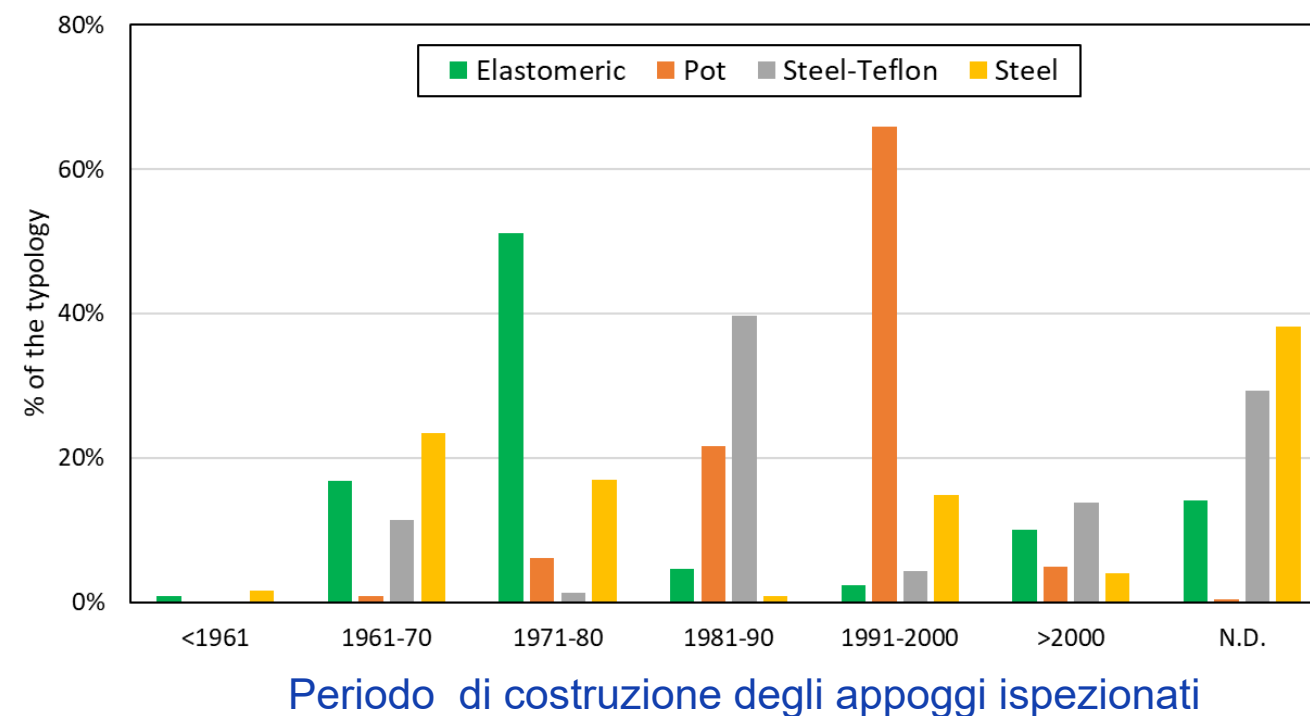


**Disco elastomerico confinato**  
**Difetti assenti: 14.1%**

I dispositivi in acciaio ed in elastomero sono generalmente più degradati con solo 4.6% e 1.3% di casi di assenza di degrado.

Le cause principali sono:

- Conformazione
- Età media maggiore (nel campione in esame)



# Analisi dei dati: Indice di degrado




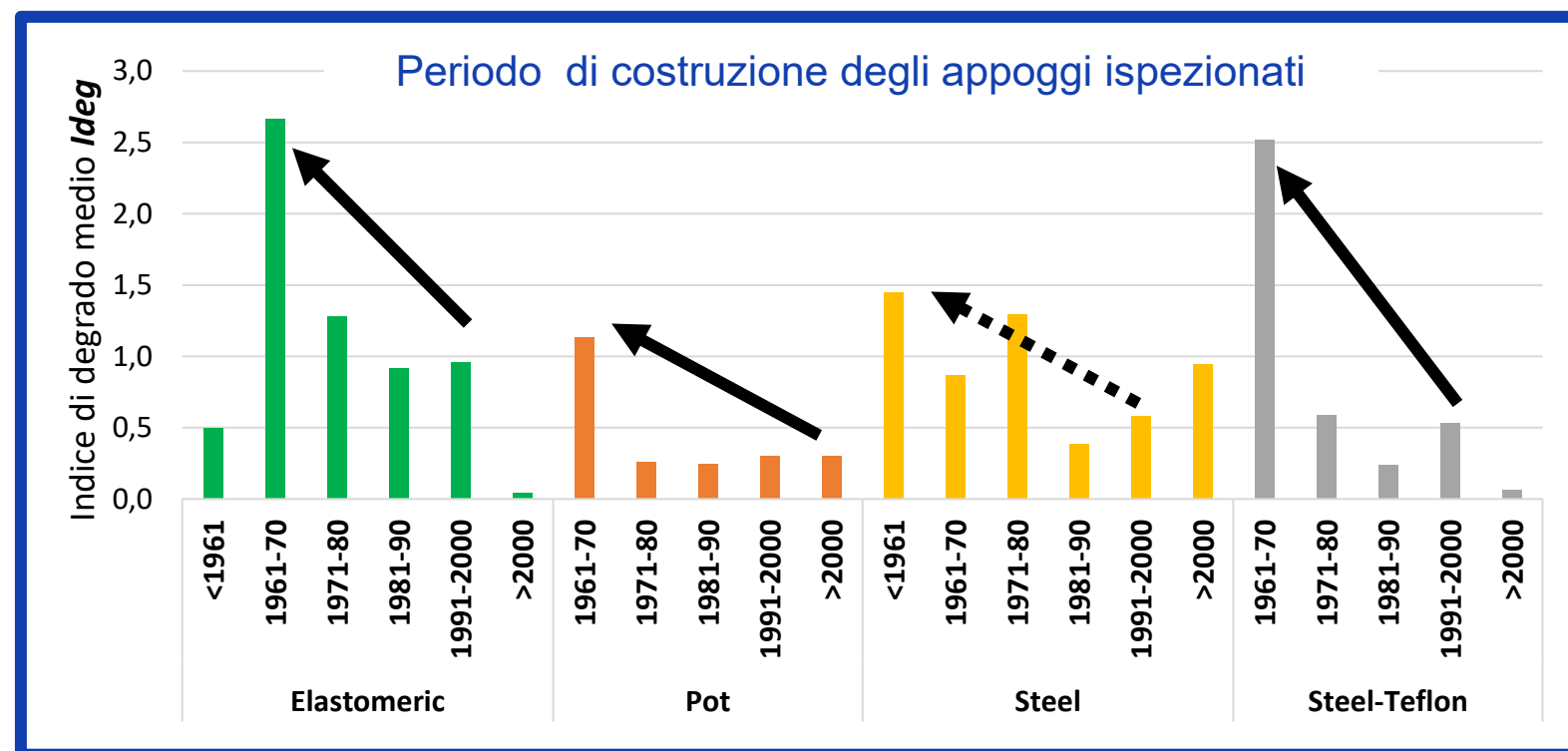
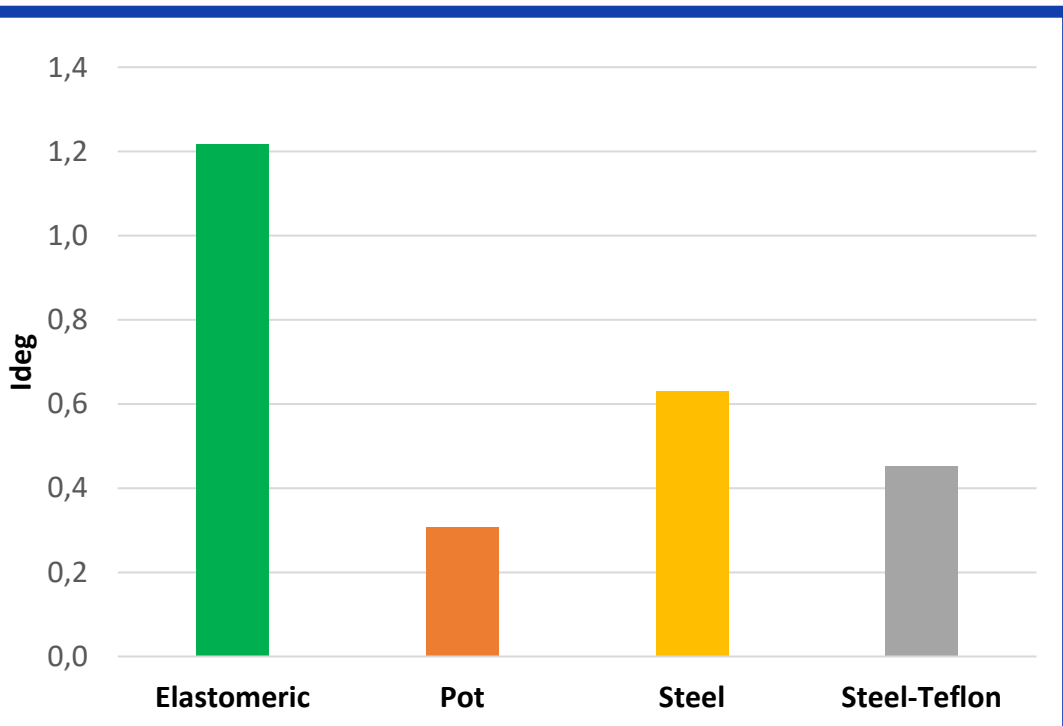
## Calcolo dell'Indice di degrado $I_{deg}$

$$I_{deg} = \sum_{i=1}^n K_{1i} \cdot K_{2i} \cdot G_i$$

- $G_i$  = gravità difetto
- $K_{1i}$  = estensione difetto
- $K_{2i}$  = intensità difetto
- $n$  = numero difetti del singolo appoggio

### Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

6	Appoggi N _____ Strada di appartenenza: _____ Progressiva km: _____														 <b>Mims</b> Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibile
	Tecnico rilevatore: _____ Data ispezione: __/__/__														
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						
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"/>	

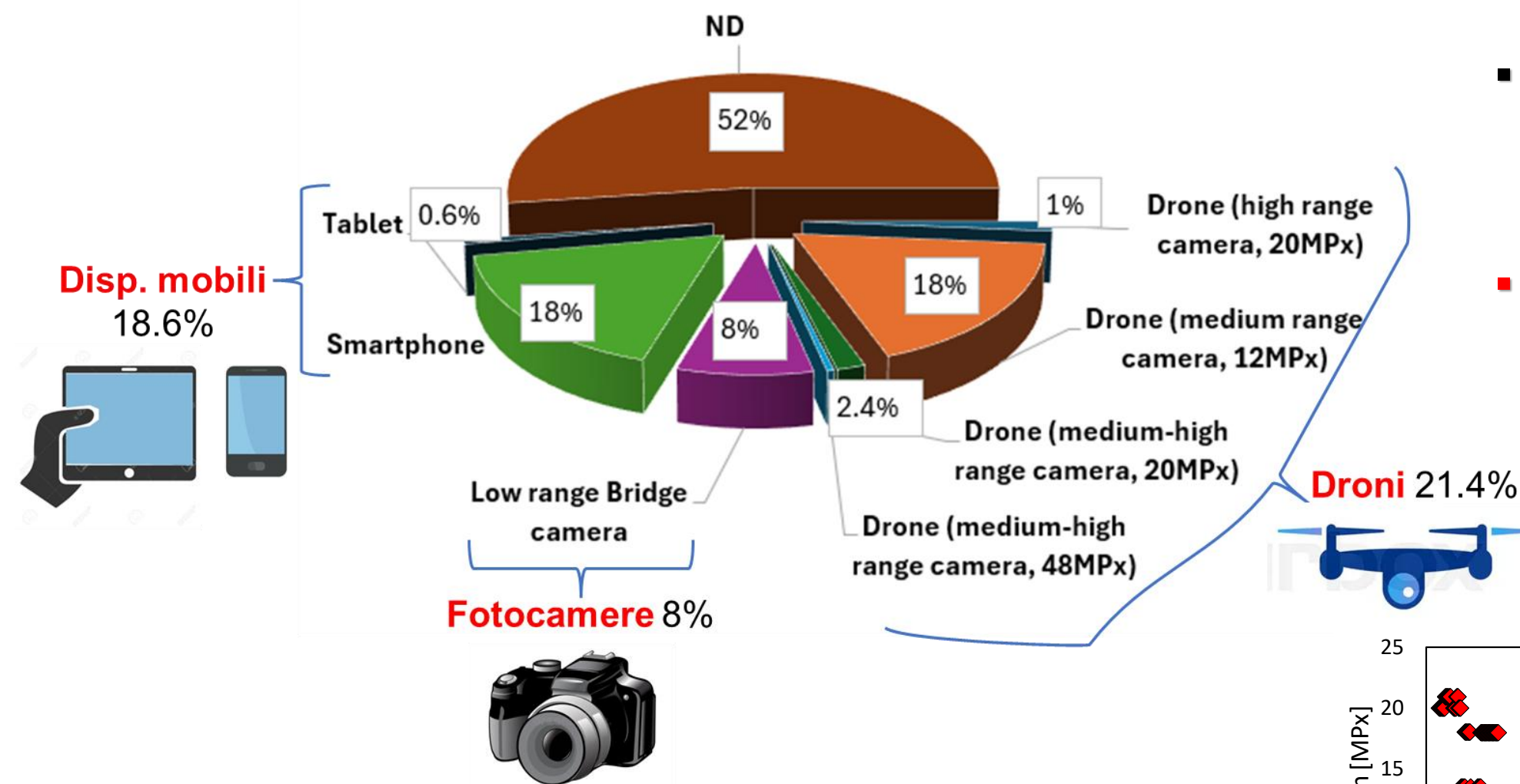


Si conferma mediamente la tendenza ad osservare un maggiore degrado con l'età degli appoggi, con minore evidenza negli appoggi in acciaio (*Steel*)



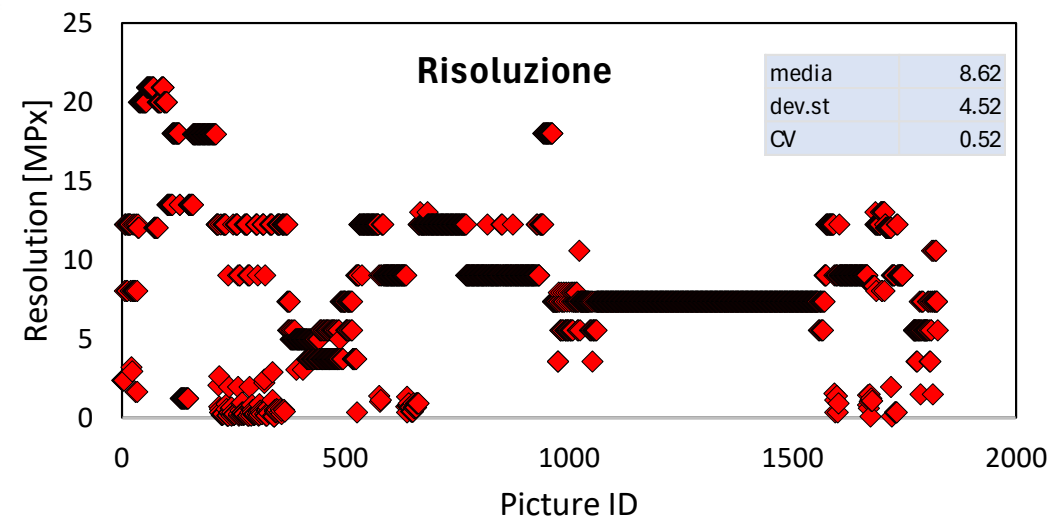
# Analisi dei dati: criticità ispettive

## Eterogeneità dei dispositivi fotografici utilizzati



- In oltre la metà dei casi i **dati non sono disponibili** (nota: dati provenienti in prevalenza da un solo gestore)
- **Spiccata eterogeneità sui dispositivi** utilizzati, di conseguenza sulla qualità delle immagini

- Uso frequente di dispositivi di limitata capacità (mobili) in particolare **bassa risoluzione**



Esempio di foto di un appoggio  
(collegata alla scheda)



- Spesso l'ispezione è effettuata (o possibile) da una **distanza troppo elevata**
- Alcune foto mostrano **più appoggi**, mentre la scheda va riferita al singolo appoggio
- A volte, il dettaglio non consente di stabilire la **tipologia di appoggio** in esame e, conseguentemente, la **difettologia**

**Esempi di criticità presenti nelle schede attuali → proposte di modifica delle Schede di ispezione e difettologiche**



«**Baggiolo degradato/ammalorato**»

Difetto riscontrato frequentemente e attualmente non presente nelle Schede



«**Rottura protezione antipolvere**»

Difetto riscontrato frequentemente e attualmente non presente nelle Schede



Foto non corrispondente a  
«**invecchiamento neoprene**»



# Analisi dei dati: suggerimenti per l'aggiornamento delle schede APPOGGI

## Scheda L0

Supporto per proposta aggiornamento scheda L0 (a cura di F. da Porto, A. Saetta, L. Berto) sulla casistica di appoggi rilevabili nei ponti esistenti

### VERSIONE ORIGINALE

Sistemi di protezione ed apparecchi di appoggio	
Tipo sistemi di protezione	Larghezza carreggiata [m]
Tipologia apparecchi di appoggio	Tipologia dispositivi antisismici

### PROPOSTA DI INTEGRAZIONE

Apparecchi di appoggio - tipologia		
<input type="radio"/> Elastomerico	<input type="radio"/> Lamina in piombo	<input type="radio"/> Non applicabile
<input type="radio"/> Disco elastomerico confinato	<input type="radio"/> In acciaio	<input type="radio"/> Non osservabile / non documentato
<input type="radio"/> Acciaio-PTFE cilindrico e sferico	<input type="radio"/> Pendoli in c.a.	<input type="radio"/> Altra tipologia _____

Dispositivi antisismici - tipologia		
<input type="radio"/> Isolatore sismico elastomerico	<input type="radio"/> Ahock transmitter	<input type="radio"/> Non applicabile
<input type="radio"/> Isolatore sismico a scorrimento	<input type="radio"/> Ritegni antisismici	<input type="radio"/> Non osservabile / non documentato
<input type="radio"/> Dissipatore sismico	<input type="radio"/> Altra tipologia _____	

Possibile spuntare più di una tipologia dato che raramente nei ponti si trova una sola tipologia di appoggio

# Analisi dei dati: suggerimenti per l'aggiornamento delle schede APPOGGI

## Scheda L1

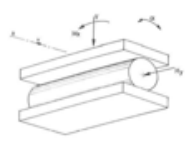

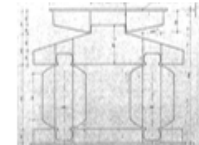
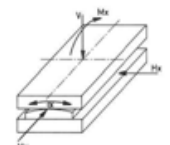
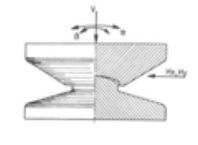
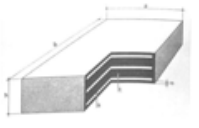
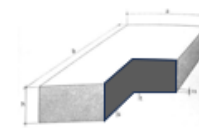
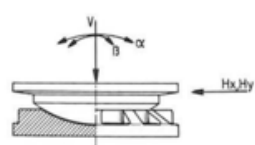
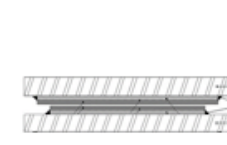
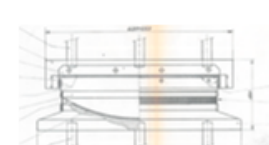
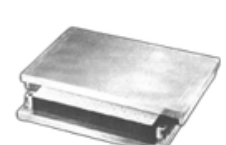
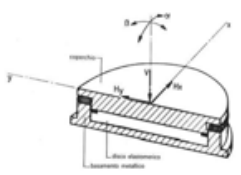
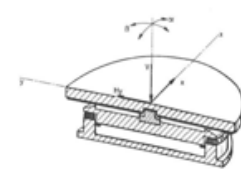
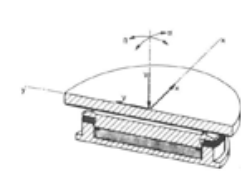
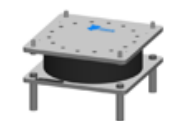

- Aggiunto un **campo** necessario a **specificare la tipologia di appoggio**, non sempre direttamente riconoscibile in base ai difetti presenti
- Aggiunti due difetti generici applicabili a più tipologie di appoggi, ossia **“Tranciamento perni di ancoraggio”** e **“Baggiolo deteriorato/ammalorato”** (a volte riportati nelle note)
- Per appoggi in neoprene, l'invecchiamento (App\_7) viene suddiviso in due difetti a differente gravità, ossia **fessurazione** e **delaminazione**
- Aggiunti due difetti per appoggi in acciaio-teflon, ossia **rigatura/deform. piastre**, **rottura protezioni antipolvere**

6		Appoggi	XXXXXX	Strada di appartenenza: XXXXXX	Progressiva km: XXXXX						
		Tecnico rilevatore:	XXXXXXXXXX	Data Ispezione	XXXXXXXXXX						
Tipologia appoggio _____ / appoggio non riconoscibile a causa di <input type="checkbox"/> detriti <input type="checkbox"/> eccessivo degrado											
Codice difetto	Descrizione difetto	visto	G	Estensione 0,2 0,5 1	Intensità K2 0,2 0,5 1	PS	NA	NR	NP	N°foto	Note
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								
App_7	Inflessione/tranciamento perni ancoraggio	<input type="checkbox"/>	4								
App_8	Baggiolo deteriorato/ammalorato	<input type="checkbox"/>	3								
Difetti d'appoggio in neoprene											
App_9	Invecchiamento neoprene (fessurazione)	<input type="checkbox"/>	3								
App_10	Invecchiamento neoprene (Delaminazione)	<input type="checkbox"/>	4								
App_11	Fuori sede appoggio in neoprene	<input type="checkbox"/>	4								
App_12	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4								
App_13	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4								
Difetti pendoli											
App_14	Ammaloramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4								
App_15	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4								
Difetti carrelli (metallici)											
App_16	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4								
App_17	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4								
Difetti d'appoggio con superfici acciaio/teflon											
App_18	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3								
App_19	Rigatura /deformazione piastre di scorrimento	<input type="checkbox"/>	3								
App_20	Rottura protezioni antipolvere	<input type="checkbox"/>	2								
Eventuali note											

Campo modificato  
Campo aggiunto

L'analisi delle schede difettologiche e proposta di revisione della scheda «Appoggi» è stato oggetto di riunione e condivisione tra i diversi Task del WP4

1. **Appoggi in acciaio** (1.rullo, 2.pendolo, 3.doppio pendolo, 4.cerniera cilindrica, 5.cerniera sferica, 6. altro)
2. **Appoggi in elastomero/neoprene** (1.armato, 2.non armato, 3.n.d.)
3. **Appoggi con superfici in acciaio-Teflon** (1.curve, 2.piane, 3.entrambe, 4. piane su elastomero)
4. **Appoggi a disco elastomerico confinato** (1.fisso, 2. con sup. acciaio-Teflon unidirezionale, 3. con sup. acciaio-Teflon multidirezionale)
5. **Isolatori sismici** (1.elastomerico, 2. a scorrimento, 3. altro)

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1. Acciaio					
2. Elastomero /neoprene	2.1 	2.2 			
3. Superfici in acciaio-Teflon (PTFE)	3.1 	3.2 	3.3 	3.4 	
4. Disco elastomerico	4.1 	4.2 	4.3 		
5. Isolatori sismici	5.1 	5.2 			

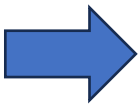
Nel campo «**tipologia di appoggio**» della scheda di appoggio indicare il numero corrispondente al tipo di appoggio oggetto di ispezione (es. appoggio in neoprene armato: indicare **2.1**; appoggio fisso a disco elastomerico: indicare **4.1**)



# Analisi dei dati: suggerimenti per l'aggiornamento delle schede APPOGGI

## Proposta di nuove schede difettologiche

(es. App\_11 Fuori sede appoggio in neoprene)



6	Appoggi	XXXXXX	Strada di appartenenza: XXXXXXXX	Progressiva km: XXXXXX												
Tecnico rilevatore:		XXXXXXXXXX	Data Ispezione XXXXXXXXXX													
Tipologia appoggio / appoggio non riconoscibile a causa di <input type="checkbox"/> detriti <input type="checkbox"/> eccessivo degrado																
Codice difetto	Descrizione difetto	visto	G	Estensione			Intensità K2			PS	NA	NR	NP	N°foto	Note	
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1							
App_1	Piastre di base deformata	<input type="checkbox"/>	2				<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"/>			
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4				<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"/>			
App_5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2								<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"/>			
App_7	inflessione/tranciamento perni ancoraggio	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_8	Baggiolo deteriorato/ammalorato	<input type="checkbox"/>	3				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Difetti d'appoggio in neoprene																
App_9	Invecchiamento neoprene (fessurazione)	<input type="checkbox"/>	3				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_10	Invecchiamento neoprene (Delaminazione)	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_11	Fuori sede appoggio in neoprene	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_12	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_13	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Difetti pendoli																
App_14	Ammaloramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_15	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Difetti carrelli (metallici)																
App_16	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_17	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Difetti d'appoggio con superfici acciaio/teflon																
App_18	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_19	Rigatura /deformazione piastre di scorrimento	<input type="checkbox"/>	3				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
App_20	Rottura protezioni antipolvere	<input type="checkbox"/>	2				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Eventuali note																

### Schede difettologiche

N° difetto: App\_11

Fuori sede appoggio in neoprene

### Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

**G = 4**

G = 5

Estensione k<sub>1</sub>

Sempre = 1

Intensità k<sub>2</sub>

Sempre = 1

### Descrizione

Il difetto si riferisce al superamento della soglia di forza attritiva tra cuscinetto in neoprene ed elementi in calcestruzzo (baggiolo e trave) che provoca un spostamento relativo tra l'appoggio e le suddette strutture e che può portare alla perdita di appoggio dell'impalcato.

### Cause

Il fenomeno è correlabile ad eccessive deformazioni termiche (rispetto alla capacità deformativa dei dispositivi), a spostamenti di natura sismica oppure di legati a fenomeni di instabilità dei terreni interagenti con il ponte



Fonte: Ispezioni effettuate nell'ambito dell'Accordo tecnico CSLP-ReLUIIS (appoggio in neoprene armato)

### Fenomeni di degrado correlati

Il difetto di scivolamento di appoggi in neoprene dalla propria sede naturale può essere accompagnato da deformazione orizzontale eccessiva, delaminazione o fessurazione dello stesso dispositivo. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di danni agli elementi che essi collegano.

## Aggiornamento di tutte le schede difettologiche e di ispezione



### Schede didattiche

**Piano del diflettico**

G - 1
G - 2
G - 3
G - 4
G - 5

**Deflettometro**

Il diflettico è riferibile alla portata (funzione di pianura) della piana e al numero di canali degli impieghi di impiego.

**Cause**


L'origine del diflettico si può far risalire alle fasi di montaggio, nel caso in cui esso sia dovuto ad irregolarità della superficie produttivamente non corretta (della apparecchiatura) o alla fase di montaggio, se invece si dovessero riscontrare anomalie o irregolarità nel caso di tutte deformazioni della piastra stessa.

**Formazione di righe (canali)**

L'origine del fenomeno non si collega ad altre tipologie di difetti, se non necessariamente (brevemente) di carattere che si formano la sezione superiore della piastra, facilitandone la deformazione.

### Piano di base del diflettico

Deflettometro	Larghezza (L)	Lunghezza (L)
42 mm (max)	827 mm (max)	2 (deflettico)



Deflettometro 42 mm (max) - Larghezza 827 mm (max) - Lunghezza 2 (deflettico)

[illegible][illegible][illegible][illegible]

**Scienze dell'educazione**

**Prima dell'attività**

☐ 1    ☐ 2    ☐ 3    ☐ 4    ☐ 5    ☐ 6    ☐ 7    ☐ 8    ☐ 9    ☐ 10    ☐ 11    ☐ 12

**Descrizione**

Il diritto è riferito al riconoscimento degli scopi fondamentali prima di pensare che esso possa condizionare direttamente l'apprendimento, che esso abbia una parte di esso. Il diritto può condizionare, come conseguenza, l'efficienza della lotta a causa del carattere della sua posizione e della sua natura, e la sua natura.

**Come**

Lo studio del diritto è una attività che non può essere svolta in modo isolato, ma che deve essere affrontata in modo integrato con le altre discipline, in modo da consentire allo studente l'acquisizione delle competenze, delle conoscenze e delle abilità necessarie per affrontare con successo le situazioni della vita quotidiana.

**Strumenti di insegnamento (contenuti)**

Il diritto può essere studiato in modo isolato, ma è importante che lo studio del diritto sia integrato con le altre discipline, in modo da consentire allo studente l'acquisizione delle competenze, delle conoscenze e delle abilità necessarie per affrontare con successo le situazioni della vita quotidiana.

**Prima dell'attività**

**Descrizione**

**Come**

**Strumenti di insegnamento (contenuti)**

**Prima dell'attività**

**Descrizione**

**Come**

**Strumenti di insegnamento (contenuti)**

[illegible]

**Scheda identificativa**

**Nome del prodotto:** **Agg. 3**

**Funzione:** **deterrenza/antimalorato**

**Peso del prodotto:**

G = 1   G = 2   **G = 3**   G = 4   G = 5

**Dimensioni:**

Adimensione 1   Adimensione 2   Adimensione 3   Adimensione 4   Adimensione 5

**Temperatura:**

Temperatura 1   Temperatura 2

**Determinazione**

Tale Sperimentazione di effetto ha dimostrato il diverso fenomeno di detergenza che può essere generato da diversi fattori, quali:

- la temperatura ambiente;
- la dimensione/temperatura presente nel laboratorio;
- la natura del substrato;
- la natura del materiale;
- la natura del prodotto;
- la natura dell'ambiente.

**Colori**

I fenomeni di detergenza subiscono diversamente modificazioni dalla presenza di umidità e contatto con le materie e dalle proprietà del materiale stesso, e possono essere generati principalmente da tipo chimico, quali la carbonizzazione, la fuoriuscita di vapore, il tipo di olio impiegato, ecc. come per lo schiacciamento del calcitrante (ossido di alluminio) con l'uso di prodotti.

**Dimensione di risposta al cliente**

Il fenomeno risponde al tipo di intervento del materiale (calcinato/ossido), variabili specificatamente per gli spessori di risposta. Nel funzionamento del materiale possono essere causa di errore gli elementi che non collegano i supporti nella sequenza.

### Scheda d'interrogazione

**Prassi del ciclo**

$G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow G_4 \rightarrow G_5$

**Definizione**

È difficile e difficile a dirsi che il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.

**Ciclo**

Il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.

**Fattori di degradazione**

Il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.

### Inserisci il tuo documento

Definizione	Esempio	Ciclo	Ciclo
<p>Il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.</p>	<p>Il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.</p>	<p>Il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.</p>	<p>Il ciclo di vita di un prodotto è un processo di sviluppo di un prodotto, in termini di progettazione, sviluppo, produzione, distribuzione, manutenzione, e così via, che coinvolge una serie di attività e risorse.</p>

Eliminata

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]



# Considerazioni di sintesi sulle attività di classificazione, catalogazione, ispezione ed analisi dei dati

- L'analisi del **DB Schede di Livello 1 «Appoggi»** basato su dati raccolti dalle UR impegnate nelle attività del WP2 (circa **12.000 appoggi in 255 opere**, da 24 UR in 18 Atenei) ha consentito una classificazione tipologica e difettologica degli appoggi più diffusi nei ponti italiani
  - Oltre alle **difficoltà ispettive** relative al tipo di elemento, le ispezioni non sempre sono effettuate da distanza adeguata e pongono dubbi sull'attribuzione dei difetti, ed a volte sullo stesso riconoscimento delle tipologia
  - Sono stati individuati alcuni **difetti non contemplati** nella Scheda, ma che appaiono ricorrenti, e che quindi si ritiene vadano inseriti in una **versione aggiornata della scheda**
  - È stata predisposta una **proposta di revisione della Scheda Livello 1 «Appoggi»** basata sull'esame attento delle modalità di utilizzo e su una analisi generale del DB affiancata da specifici approfondimenti su alcuni ponti casi studio.
- 
- Nel lavoro svolto è stata **fondamentale l'interazione e la collaborazione con i Soggetti Gestori**
  - Non solo per i **dati** che hanno fornito, ma ancor più per il **patrimonio di conoscenze, esperienze (difficoltà oggettive sul campo)** e **«sensibilità»** messi a disposizione (**grazie !!**), che hanno arricchito e reso più concreto il nostro lavoro.

**Parte 1 – Angelo MASI**



**Classificazione, Catalogazione, Ispezioni**

**Parte 2 – Giuseppe SANTARSIERO**



**Sperimentazione, Modellazione**

## **Contenuti Parte 2**

- Sperimentazione su dispositivi di appoggio
- Modellazione delle azioni in ponti esistenti e verifiche di livello 3
- Modellazione e analisi della vulnerabilità sismica di un ponte caso studio
- Modelli di IA per il rilevamento dei difetti

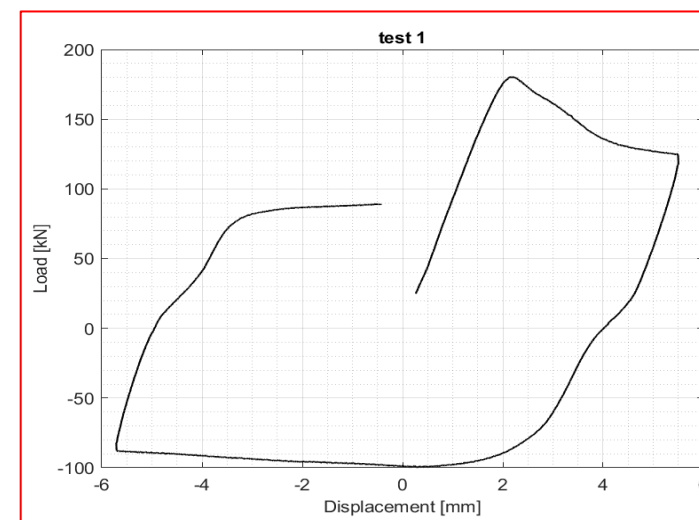


Gli obiettivi della sperimentazione consistono nell'esaminare le **problematiche che interessano appoggi estratti da ponti reali** e nel valutare sperimentalmente le **prestazioni in presenza di degrado** per poterne modellare il comportamento.

In particolare, attraverso:

- 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
- Test sugli **appoggi invecchiati artificialmente** al fine di confrontare le prestazioni con gli stessi appoggi nuovi
- Identificazione della **difettologia** realmente presente

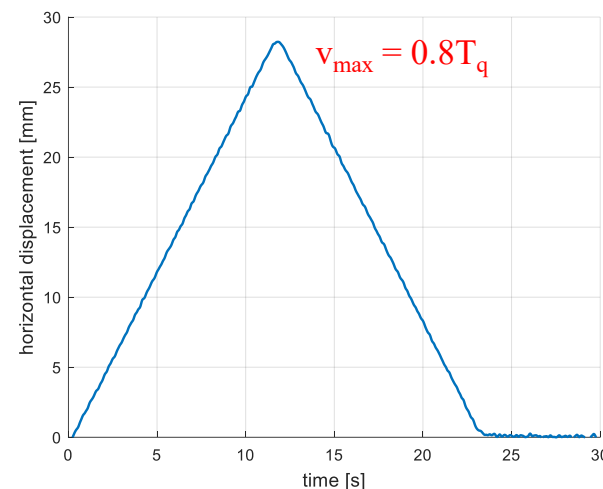
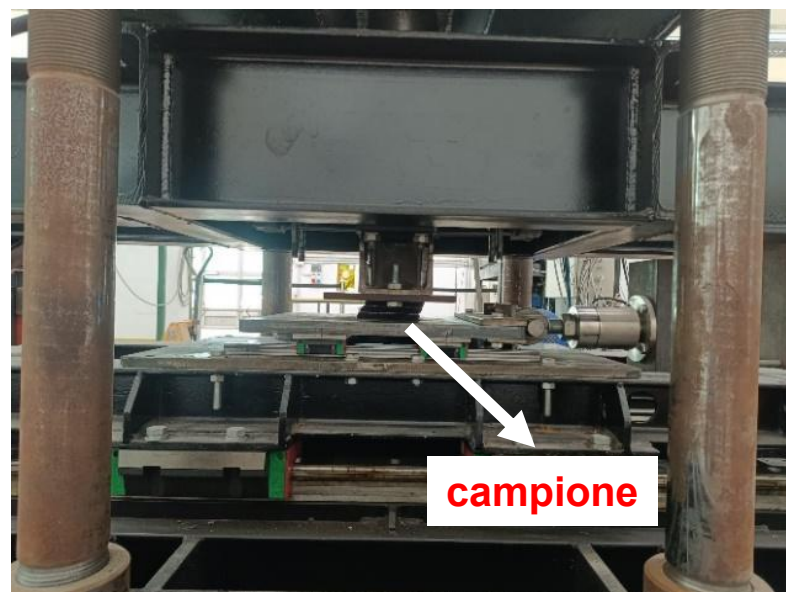
## Appoggio acciaio-PTFE



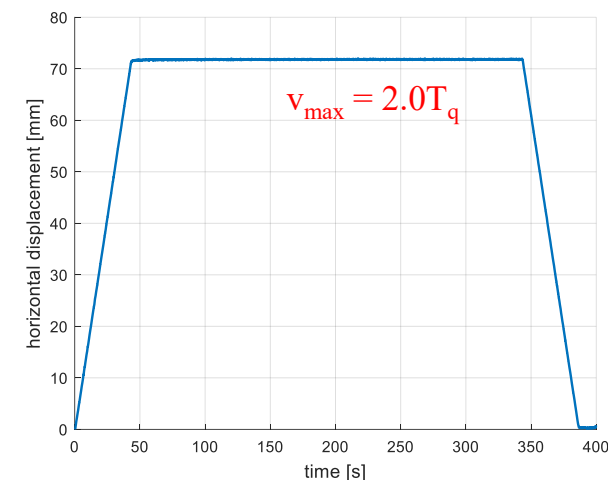
Appoggi estratti da viadotti risalenti agli anni '70 del sistema di rampe autostradali del porto di Napoli all'Autostrada A3 NA-SA [SAM]

Prove secondo la Normativa Europea UNI EN 1337-3:2005 (Annex F e Annex G).

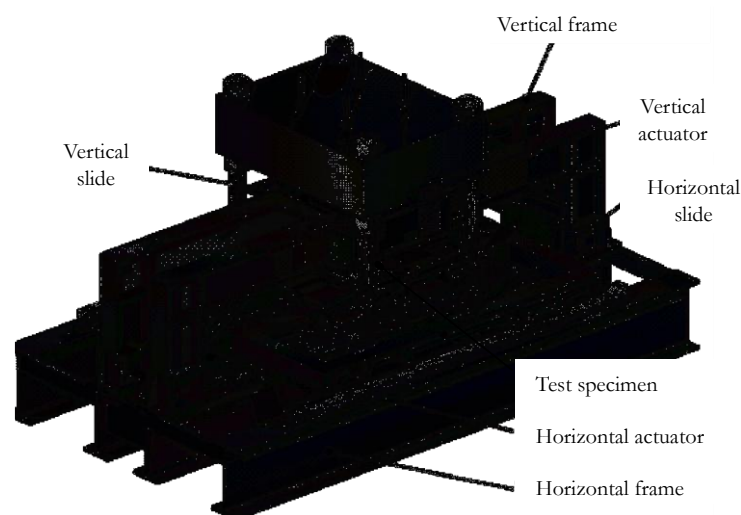
UniNA: PROVE SUGLI APPOGGI IN **NEOPRENE ARMATO**



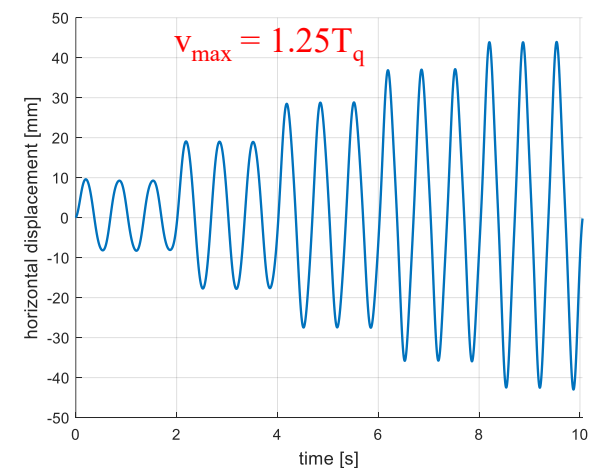
**Prova del modulo di taglio:**  
sotto una pressione verticale di 6MPa



**Prova di aderenza a taglio:**  
sotto una pressione verticale di 12MPa



Il modulo secante per la deformazione relativa a taglio, corrisponde agli spostamenti  $v_{x1} = 0.27T_q$  e  $v_{x2} = 0.58T_q$ , con  $T_q = 36$  mm spessore medio totale iniziale della gomma.



**Prova dinamica a taglio** (0.5Hz, 1.0Hz, 1.5Hz):  
sotto la pressione verticale di 6MPa



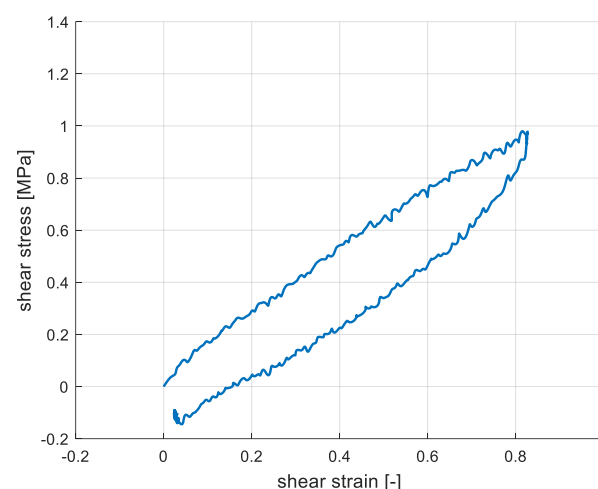
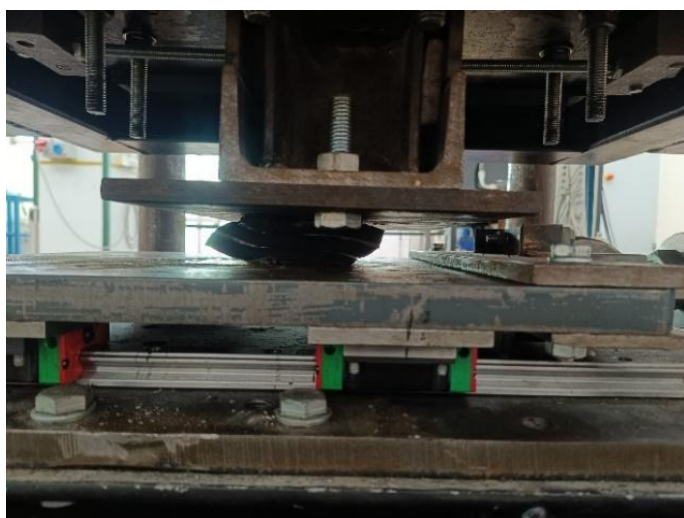
Appoggi estratti da viadotti risalenti agli anni '70 del sistema di rampe autostradali del porto di Napoli all'Autostrada A3 NA-SA [SAM]

Il modulo di taglio convenzionale  $G_g$  varia nel range 1.03 – 1.29 MPa è conforme con i valori forniti nel punto 4.3.1 della UNI EN 1337-3:2005.

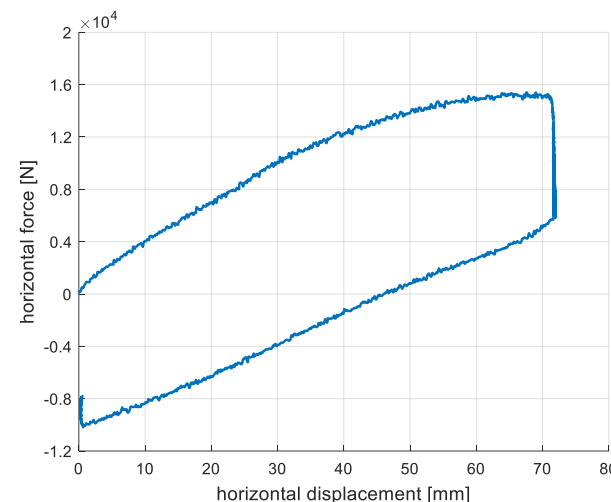
## UniNA: PROVE SUGLI APPOGGI IN NEOPRENE ARMATO

Alla fine delle prove del modulo a taglio, non è stato rilevato alcun danneggiamento, mentre per alcuni campioni, **durante le prove di aderenza** a taglio, è stata riscontrata la **delaminazione** tra le lamine di acciaio e il neoprene.

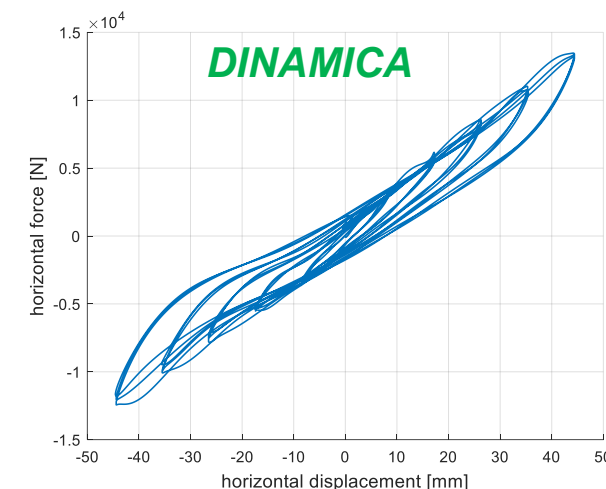
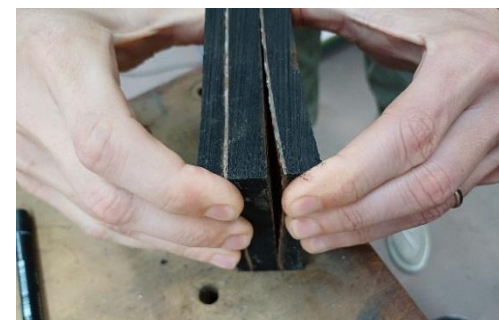
In corrispondenza di ciascun livello di ampiezza dello spostamento, il dispositivo mostra dei cicli di isteresi abbastanza stabili e il modulo a taglio, calcolato come valore medio sulla risposta laterale da picco a picco per ciascuna frequenza e ampiezza di spostamento, è circa pari a 1 MPa.



Prova del modulo a taglio



Prova di aderenza a taglio



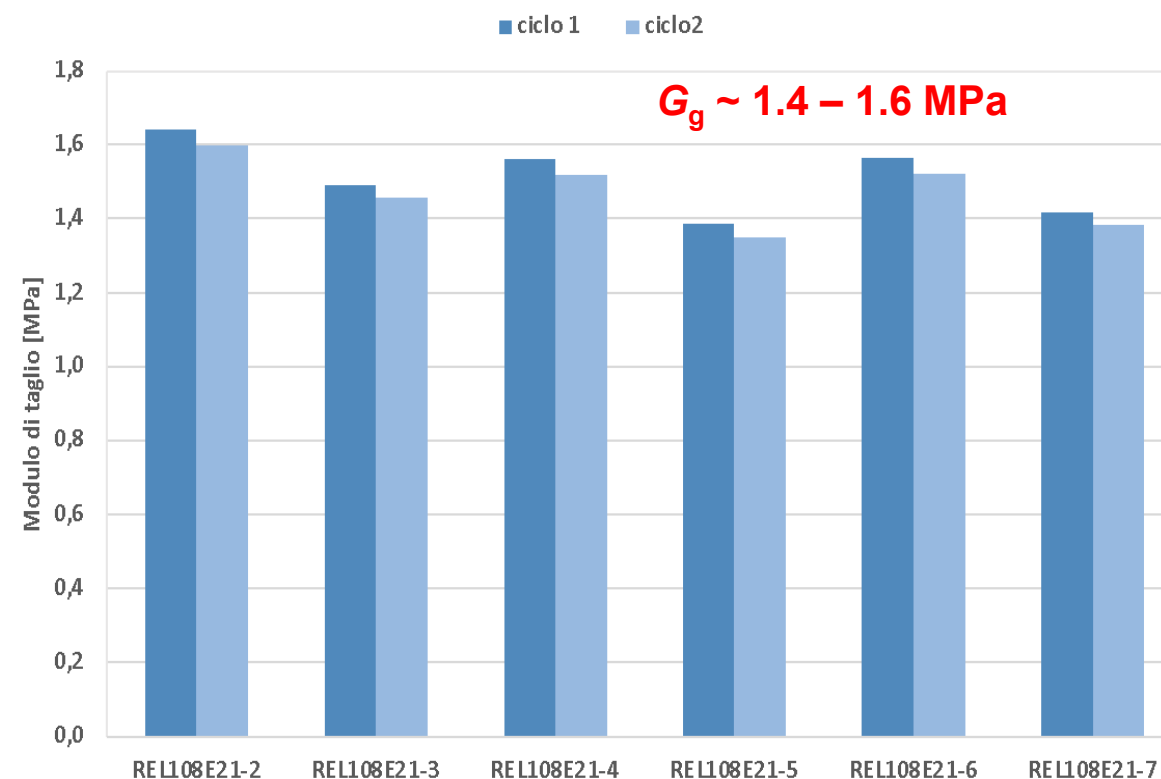
Prova dinamica a taglio (0.5Hz, 1.0Hz, 1.5Hz)

**EUCENTRE:** Dispositivi in **neoprene armato** NA-RB (Naturally Aged-Rubber Bearing) – Viadotto esistente in fase di miglioramento sismico

**UNI: EN 1337-3:2005**



*Modulo di taglio su dispositivi NA-RB [MPa]*



**TEST SHEAR  
STIFFNESS A  
TEMPERATURA  
AMBIENTE**



**EUCENTRE:** *Dispositivi elastomerici* di nuova produzione invecchiati artificialmente alla Temperatura di 70°C per 3 giorni consecutivi

UNI: EN 1337-3:2005

Dimensioni confrontabili con gli appoggi precedentemente testati «NA-RB»



**NUOVO**

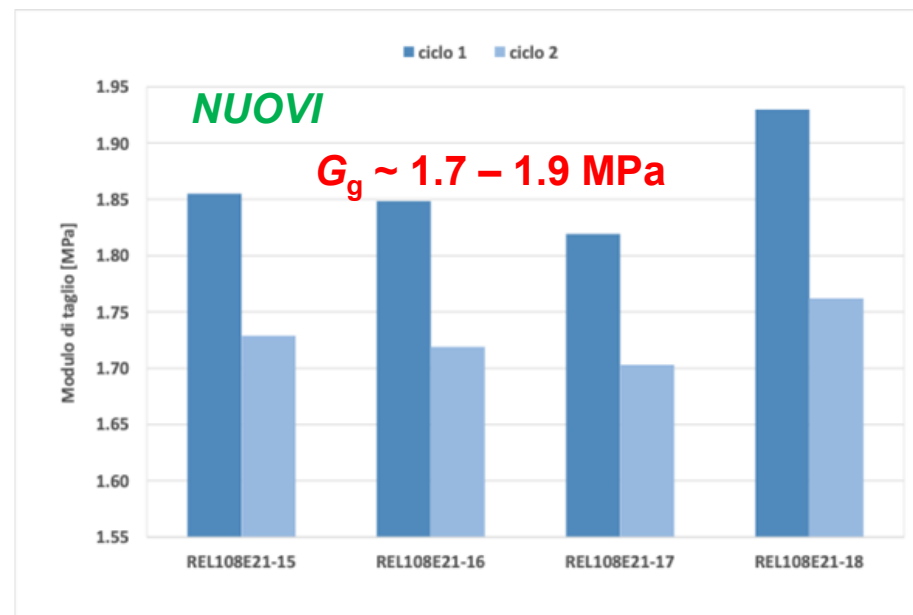
Tipo	Etichetta Eucentre
350x700x38 RB	REL108E21-15
350x700x38 RB	REL108E21-16
350x700x38 RB	REL108E21-17
350x700x38 RB	REL108E21-18

N°4

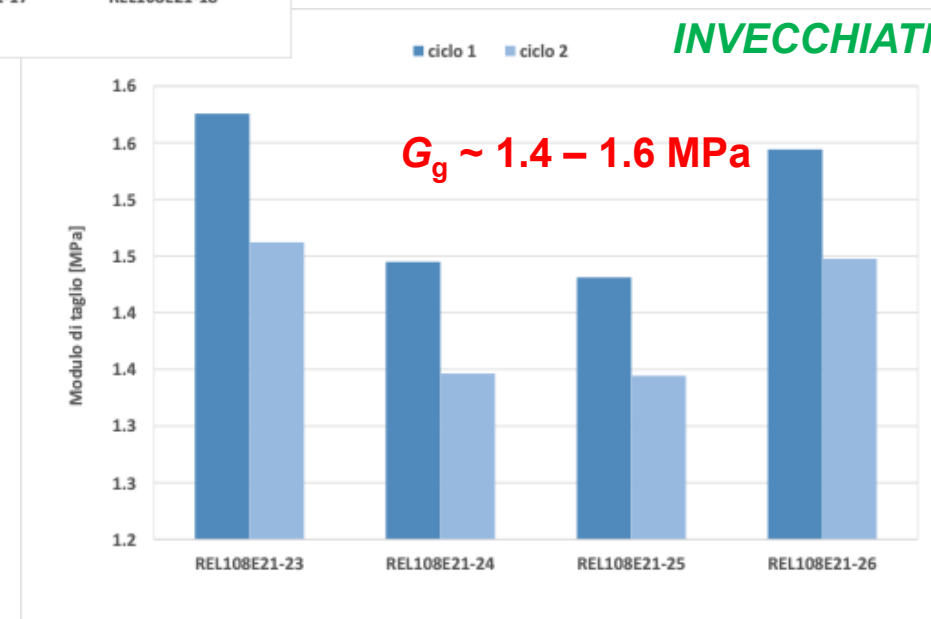


**INVECCHIATO**

Tipo	Etichetta Eucentre
350x700x38 RB (ex REL108E21-15 Aged)	REL108E21-23
350x700x38 RB (ex REL108E21-16 Aged)	REL108E21-24
350x700x38 RB (ex REL108E21-17 Aged)	REL108E21-25
350x700x38 RB (ex REL108E21-18 Aged)	REL108E21-26



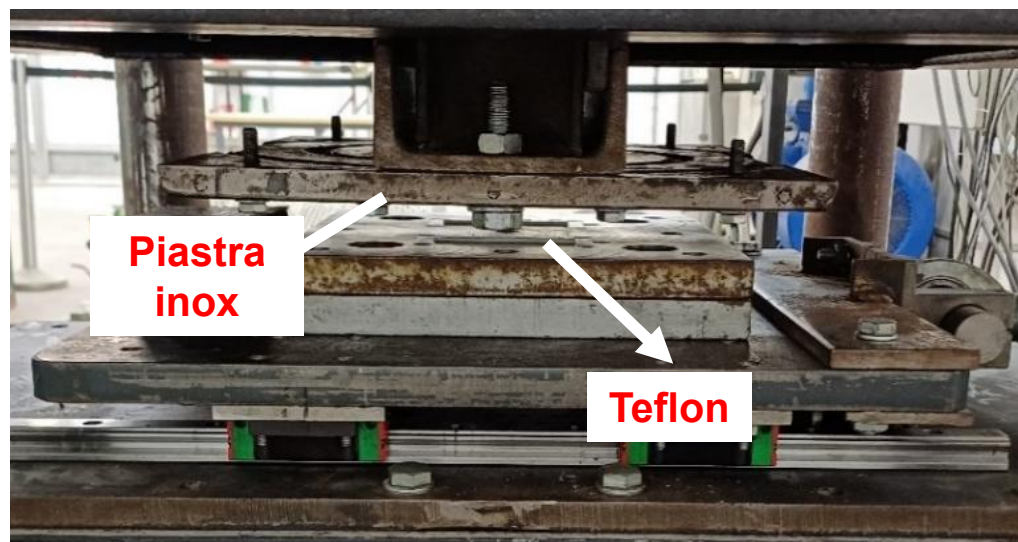
TEST SHEAR STIFFNESS A TEMPERATURA AMBIENTE



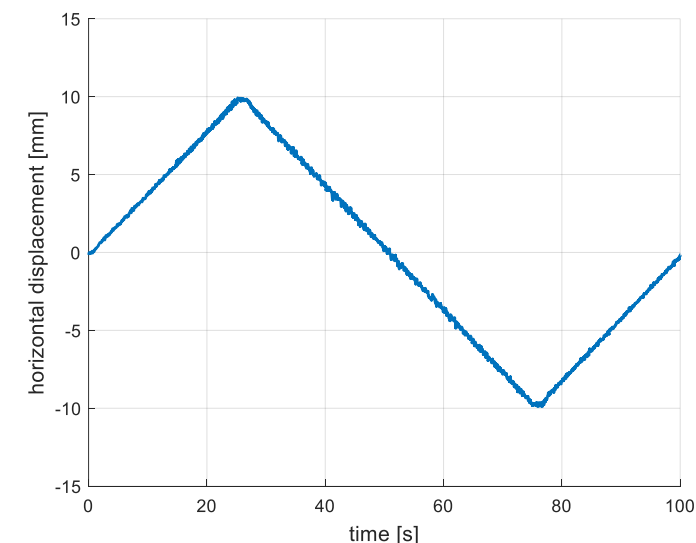
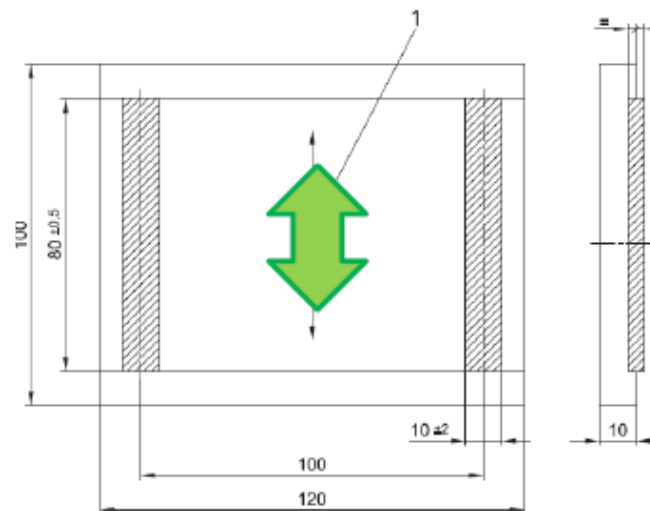
Appoggi estratti da viadotti risalenti agli anni '70 del sistema di rampe autostradali del porto di Napoli all'Autostrada A3 NA-SA [SAM]

Prove secondo la Normativa Europea UNI EN 1337-2:2004 (Annex D).

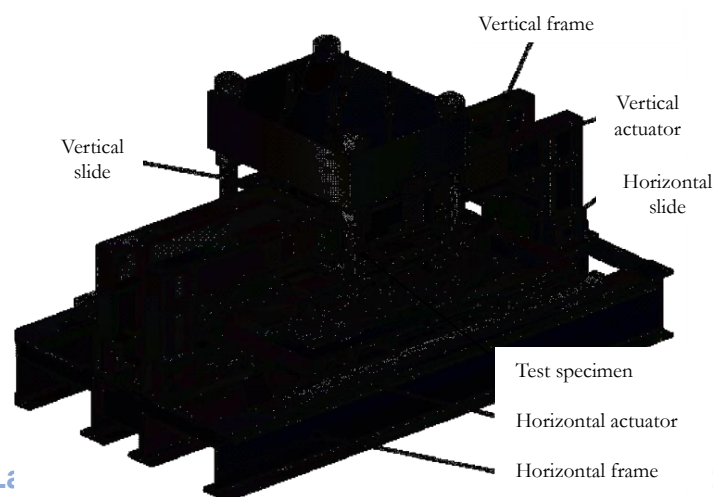
UniNA: PROVE SUGLI APPOGGI IN ACCIAIO-TEFLON



Una prova ad attrito a breve termine per misurare le forze di attrito necessarie per attivare e mantenere il movimento del provino sotto l'azione del carico verticale



**Prova ad attrito a breve termine:**  
sotto una pressione verticale di 30MPa

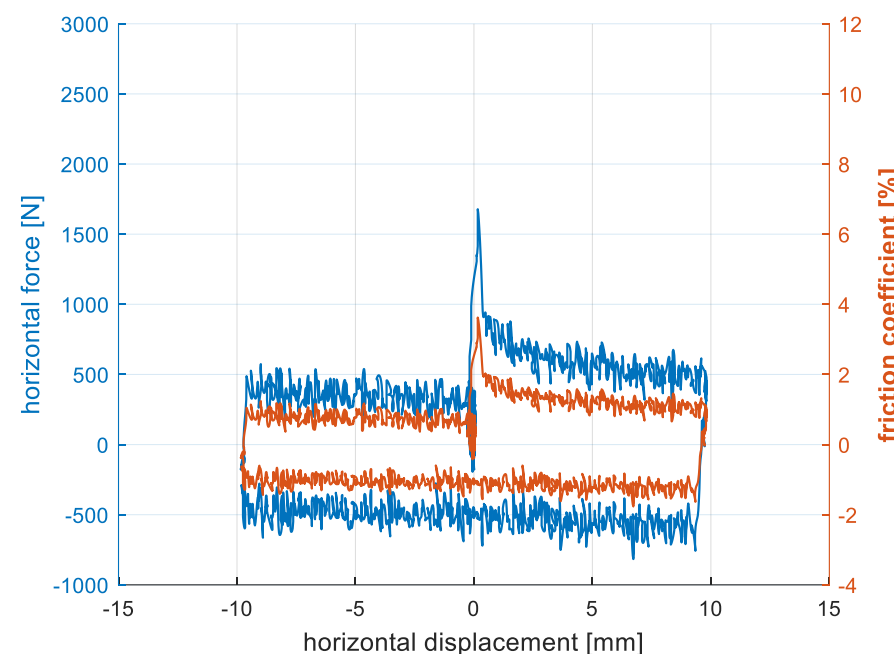
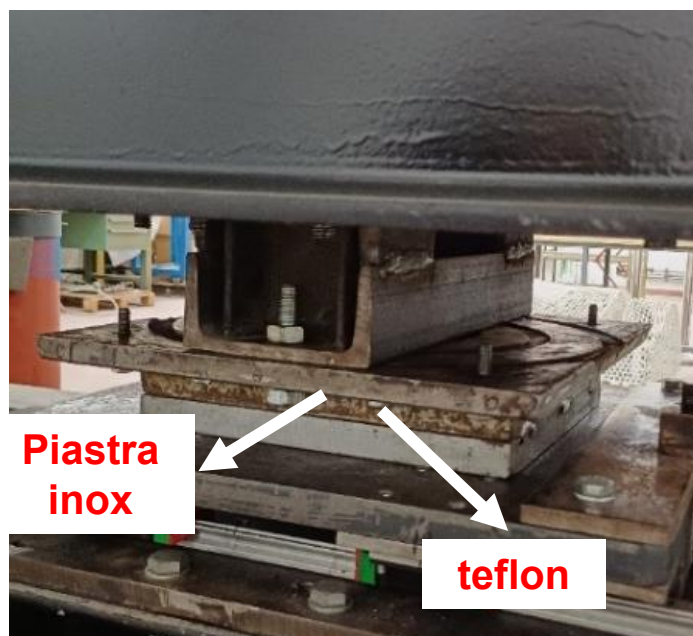


Appoggi estratti da viadotti risalenti agli anni '70 del sistema di rampe autostradali del porto di Napoli all'Autostrada A3 NA-SA [SAM]

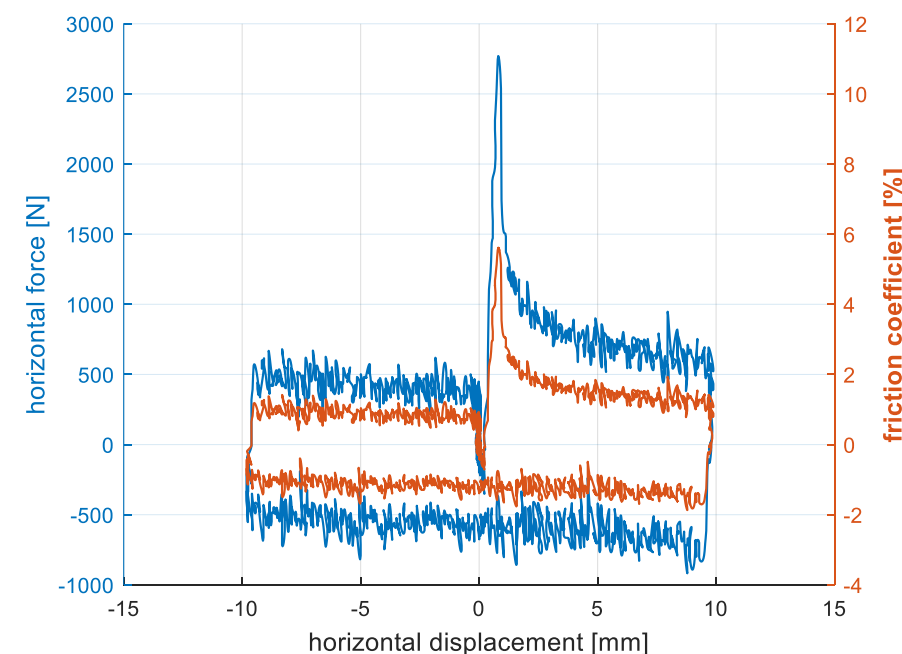
UniNA: PROVE SULLE SUPERFICI DI CONTATTO **ACCIAIO-TEFLON**

Per entrambi i campioni di **coppie di strisce di teflon** estratte dai dispositivi più piccolo e più grande, si ottengono:

- il coefficiente di **attrito statico**  $\mu_s$  (all'atto del primo distacco), dopo invecchiamento naturale, è nel range **2% – 5.5%**
- il coefficiente di **attrito dinamico**  $\mu_d$  è pari a circa **1%**



Forza di attrito – scorrimento e coefficient di attrito – scorrimento:  
**Dispositivo 1**



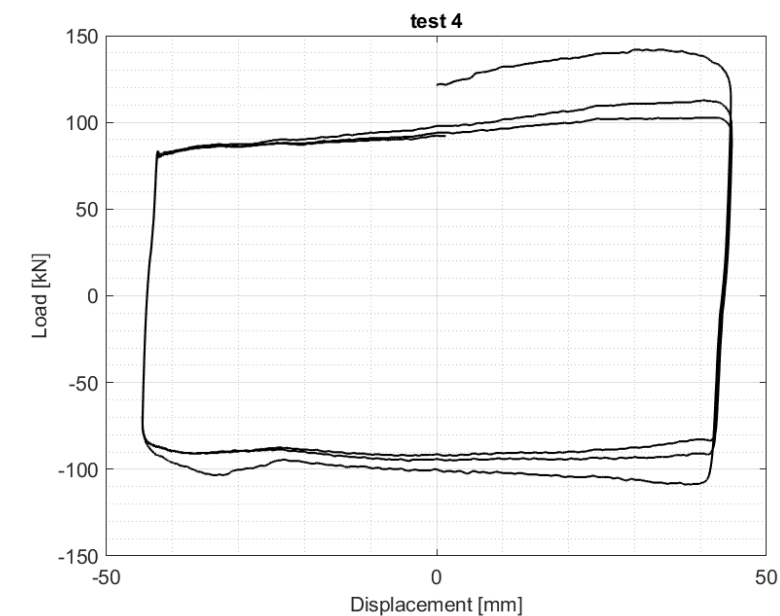
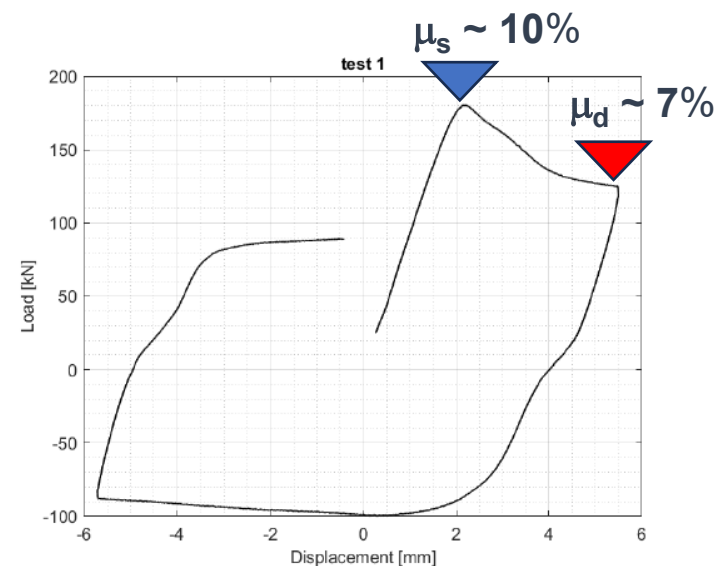
Forza di attrito – scorrimento e coefficient di attrito – scorrimento:  
**Dispositivo 2 (più grande)**



**PoliTO: Dispositivi di appoggio acciaio-teflon** (Viadotto anni '70, provincia di Genova): longitudinali (a) e multi-direzionali (b)



Test quasi statico e test dinamico su dispositivi multi-direzionali soggetti ad un'azione assiale di **1700 kN**



Elevati valori di attrito di:

- primo di distacco  $\mu_s \sim 10\%$
- dinamico  $\mu_d \sim 7\%$



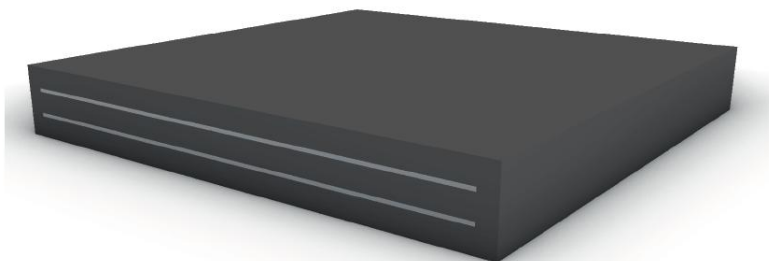
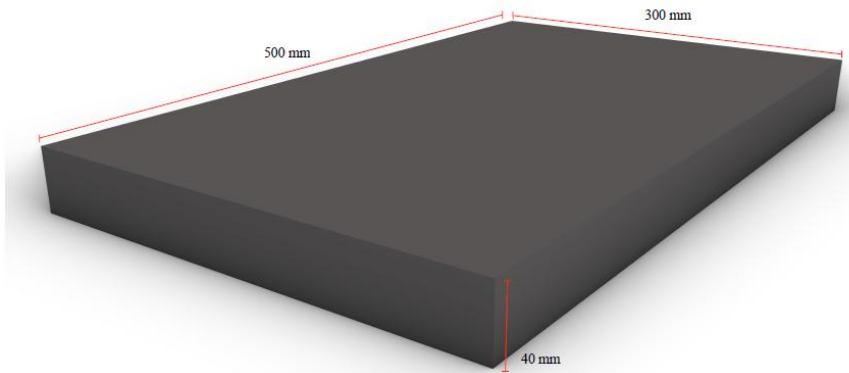
Appoggi estratti da viadotti del raccordo autostradale RA05 Potenza – Sicignano [1975, Anas Spa].

**UniBAS: Appoggi in neoprene armato:** difettosità (a), rilievo tridimensionale e spaccato assonometrico (b)

**Prove sperimentali in corso**



(a)

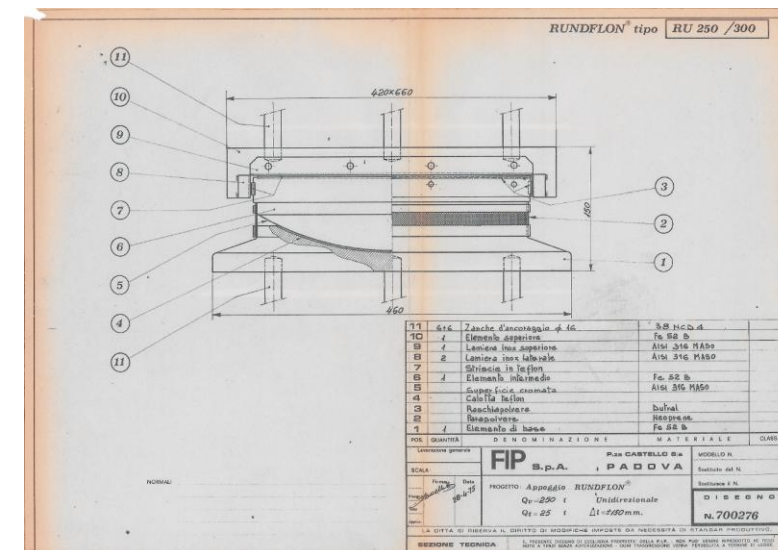
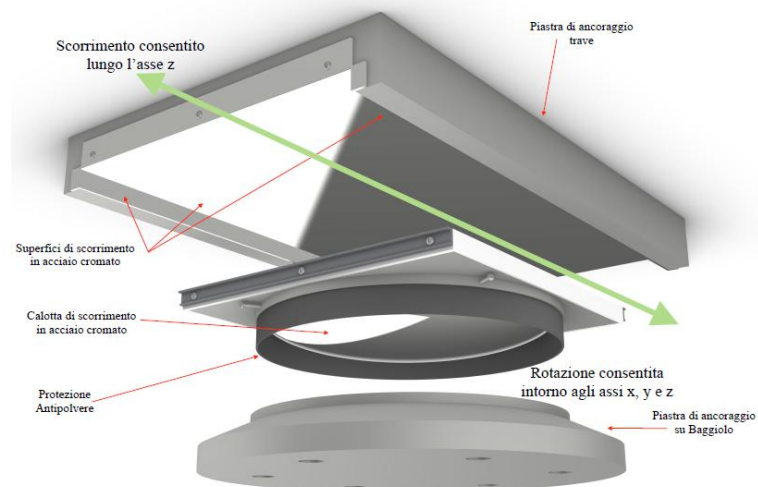


Spaccato Assonometrico

(b)

**UniBAS: Appoggi fissi con superfici acciaio-PTFE a cerniera sferica unidirezionale** e vista tridimensionale

**Prove sperimentali in corso**



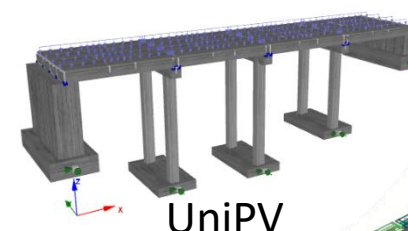
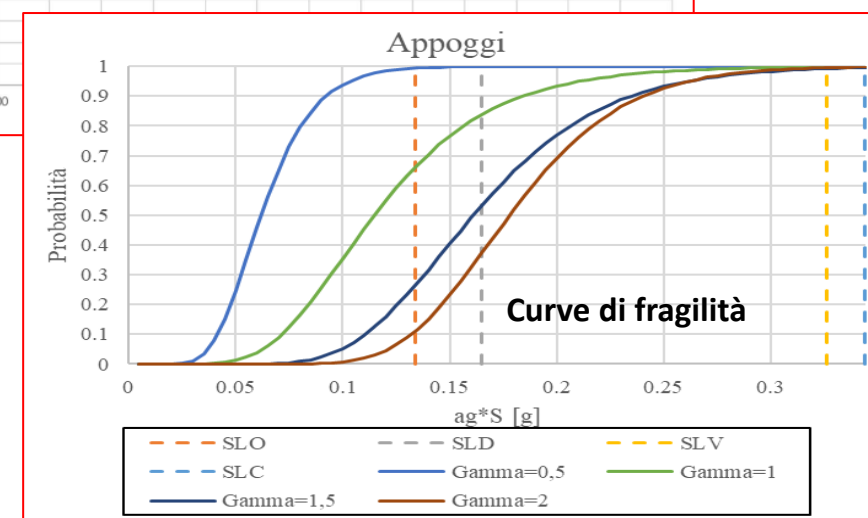
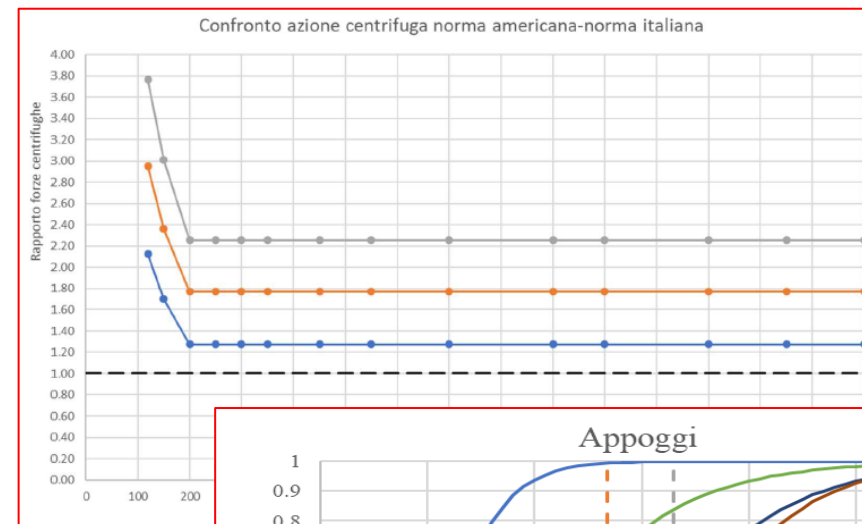
- Ricognizione di letteratura riguardo le **azioni di progetto** dei dispositivi di appoggio in **base alla normativa vigente all'epoca di progettazione**.

In particolare:

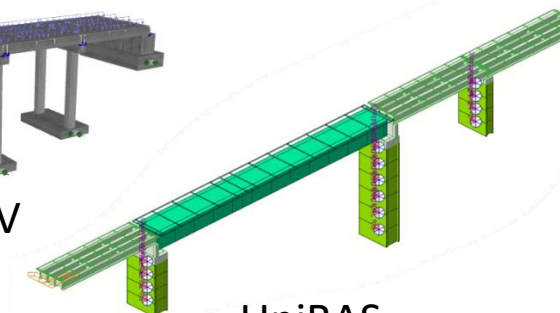
- *Analisi delle azioni **statiche verticali** indotte sui dispositivi confrontando le diverse **normative nazionali** durante la loro evoluzione, e parallelamente valutando le stesse azioni sulla base di altri **codici tecnici internazionali**.*
- *Analisi delle azioni orizzontali di **frenamento** condizionanti il dimensionamento dei dispositivi di appoggio, nei ponti non progettati per sostenere azioni sismiche.*

- **Modelli di comportamento** di appoggi, in particolare degradati, anche basati sulle sperimentazioni di cui al sub-task 4.2.3, ed analisi del loro ruolo sulle prestazioni globali dei ponti (esame di alcuni casi studio)

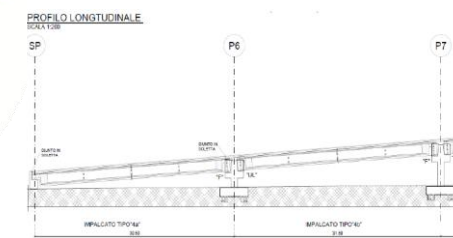
- **Modelli di IA** per il rilevamento dei difetti



UniPV



UniBAS



UniNA



# Modellazione delle azioni: evoluzione normativa sulle azioni sui ponti stradali

**3 norme** coprono un periodo di **oltre 40 anni**

I più prolifici nella costruzione di ponti

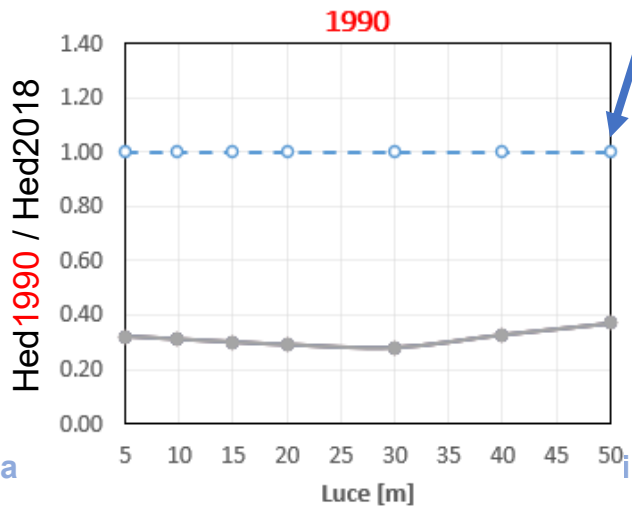
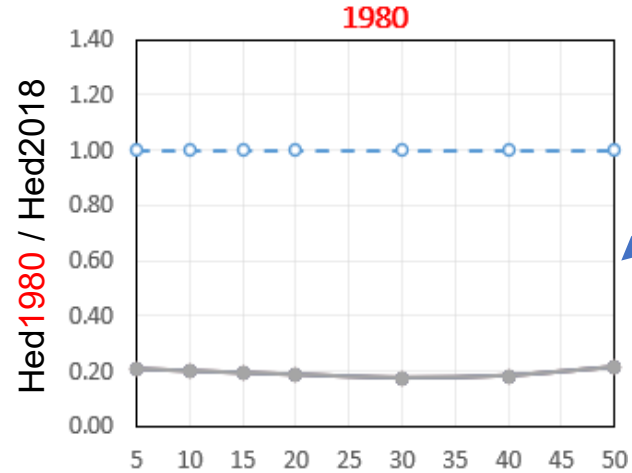
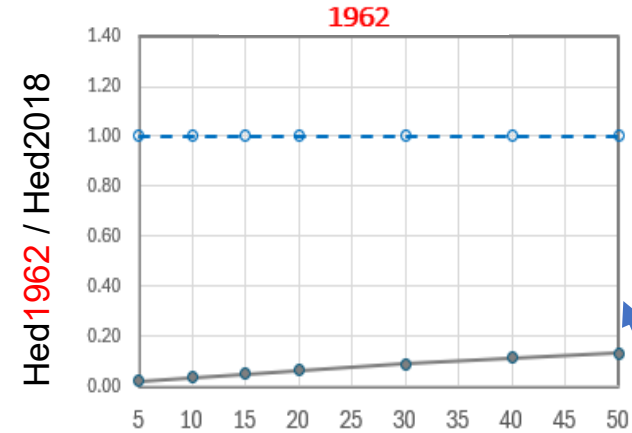
Arriviamo a **circa 50 anni** considerando le similitudini tra le **Circc. del 1952 e 1962**

1. Normale n. 8 del **1933** (Ministero LL.PP. );
2. Normale n. 6018 del **1945** (Ministero LL.PP. );
3. Circolare n. 820 del 15 marzo **1952** (ANAS, solo strade statali e autostrade);
4. **Circolare n. 384 del 1962** del Ministero LL.PP. “Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali” (Ministero dei Lavori Pubblici);
5. **Decreto Ministero LL. PP. n. 308 del 02/08/1980** “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali” (Ministero LL.PP. );
6. **Decreto del Ministero LL.PP. del 04/05/1990** “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali”;
7. **Decreto Ministeriale n. 222 del 14/09/2005** “Norme tecniche per le costruzioni” (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2005);
8. **Decreto Ministeriale del 14/01/2008** “Nuove norme tecniche per le costruzioni” **NTC2008**
9. **Decreto Ministeriale del 17/01/2018** “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» **NTC2018**

Prima del 1930 non vi erano norme che regolavano l'entità delle azioni da applicare alla progettazione dei ponti. Era lasciata libertà al progettista di assumere i carichi ritenuti più opportuni in relazione al tipo di strada ed al contesto in cui essa si trovava.

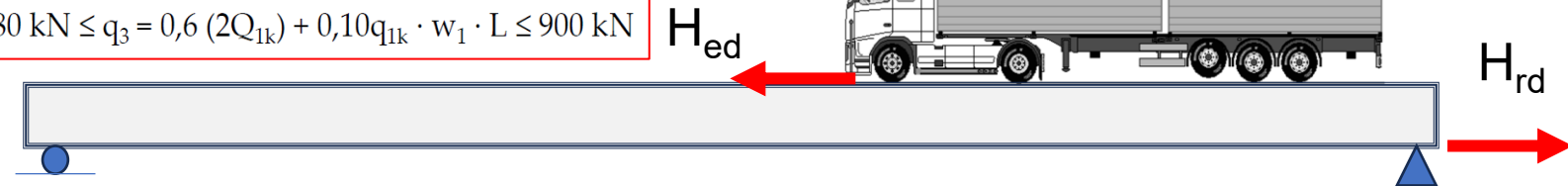
# Azioni da frenamento NTC2018 e confronto con vecchie norme

reluis



## Modellazione delle azioni: forza orizzontale di frenamento

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

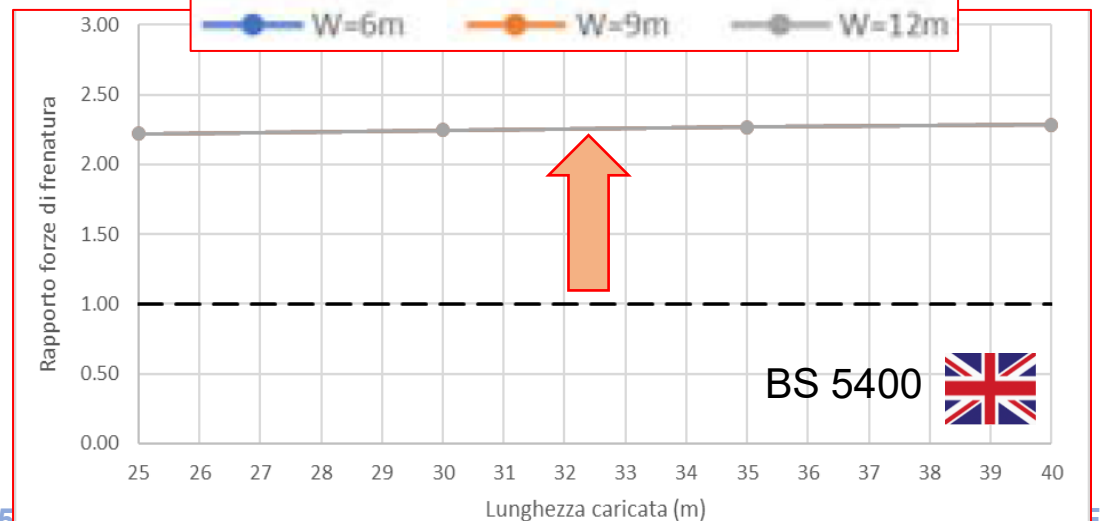
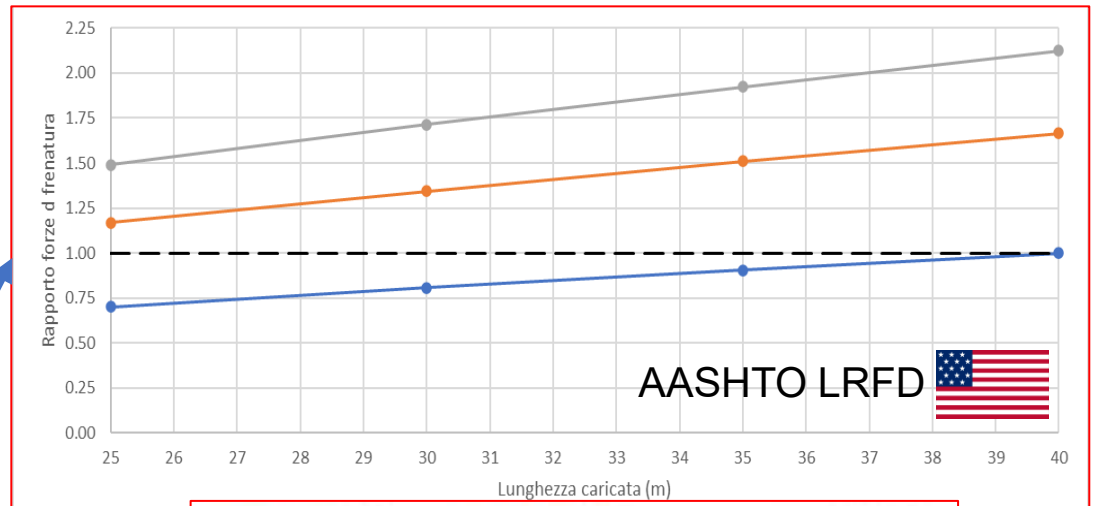


Norme italiane  
passate vs attuali

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

Norme italiane  
VS  
Norme internazionali

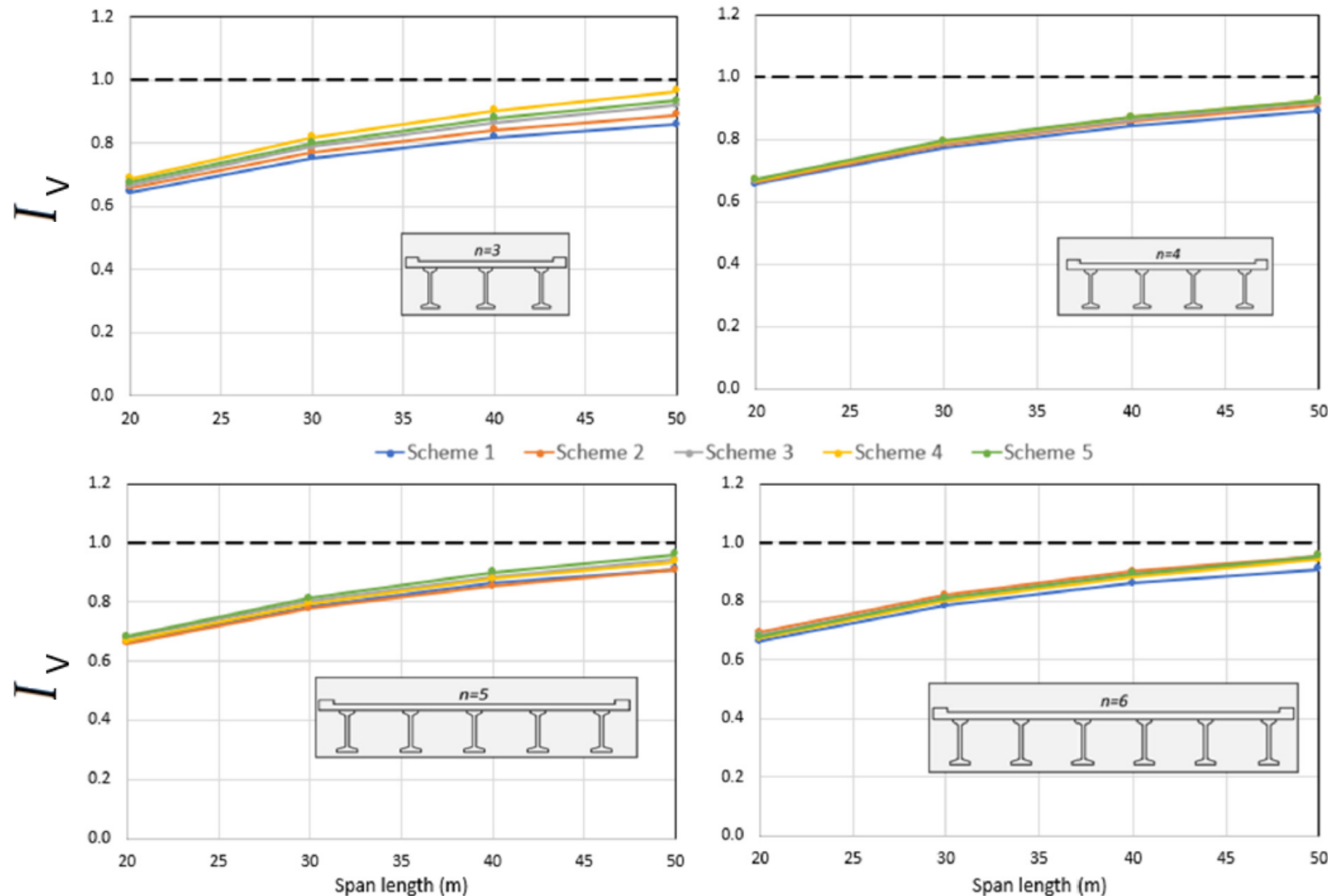
$$\frac{H_{code\ US,UK}}{H_{2018,IT}} > 1$$



Per **indice di performance** si intende il rapporto tra la sollecitazione di progetto ai sensi delle norma vigente all'epoca e quella attuale

$$I_v = \frac{V_{old\ code}}{V_{2018}}$$

**V<sub>old\_code</sub>** è parzialmente coincidente col progetto simulato dell'opera (lato sollecitazioni) e serve anche a verificare eventuali grossolani errori di progettazione







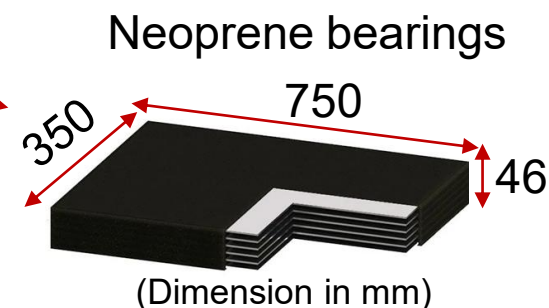
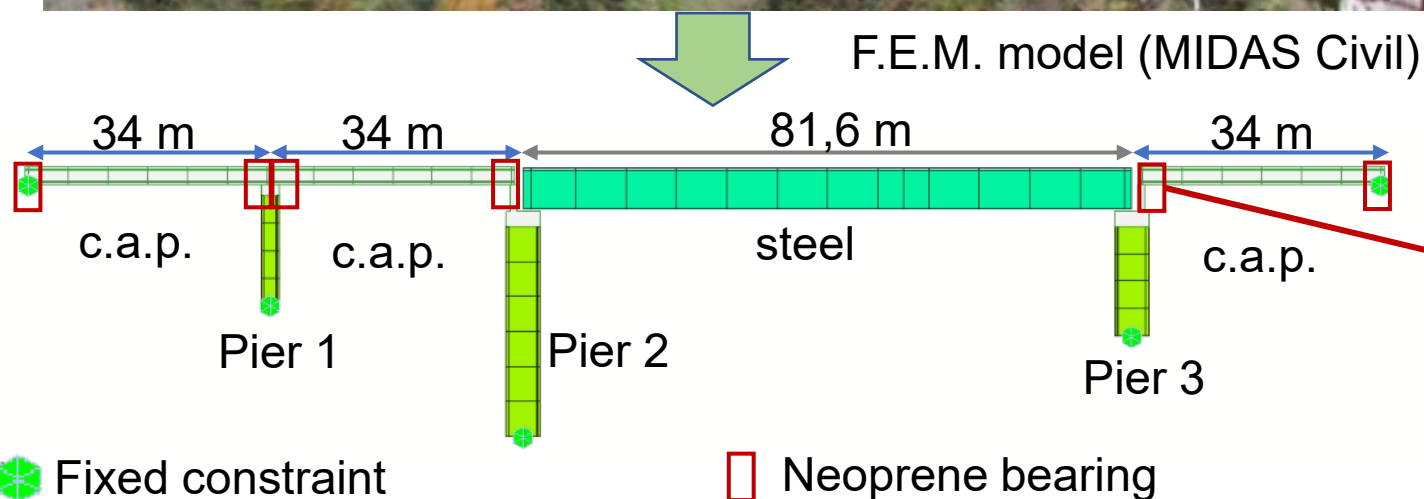
# **Modellazione e analisi della vulnerabilità sismica di un ponte caso studio**



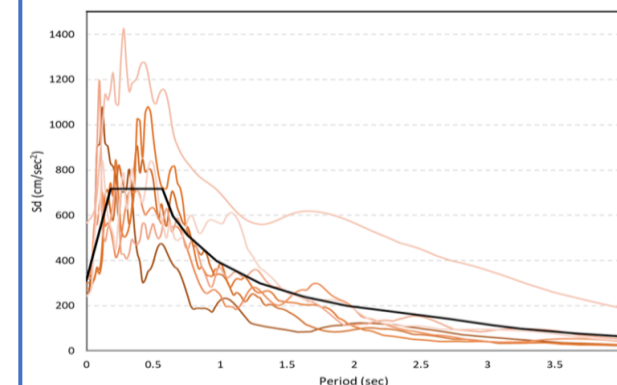
## Viadotto Rupoli sulla Potenza-Melfi

Obiettivo analisi sismica con modellazione esplicita degli appoggi e della loro influenza sulla vulnerabilità sismica

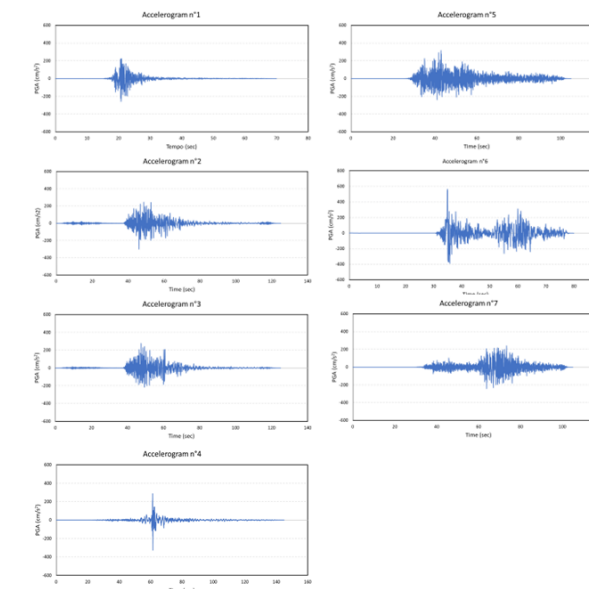
- Ultimato nel 1972
- Lunghezza 183,6 m,
- Larghezza carrabile 9,5m



## Input sismico (trasversale)

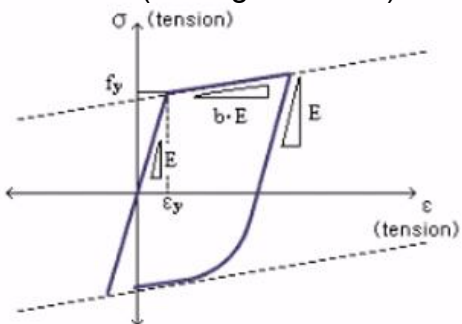


7 accelerogrammi spettro-compatibili scalati da 0.1g ad 1.0g

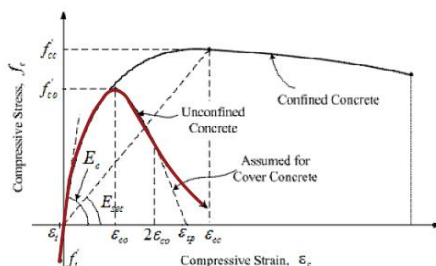


## Modelli costitutivi

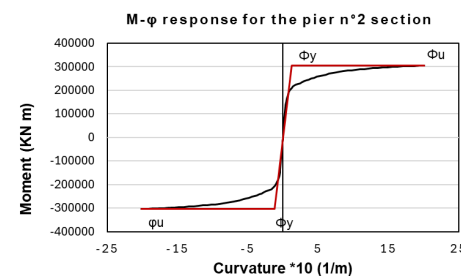
Acciaio (Menegotto-Pinto)



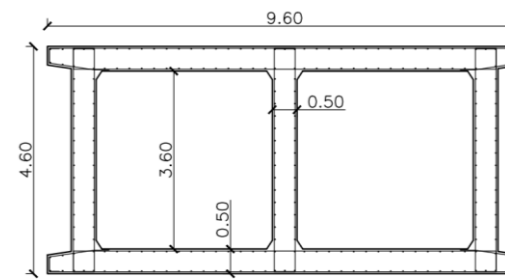
Calcestruzzo (Mander)



Cerniera plastica pile 2 e 3

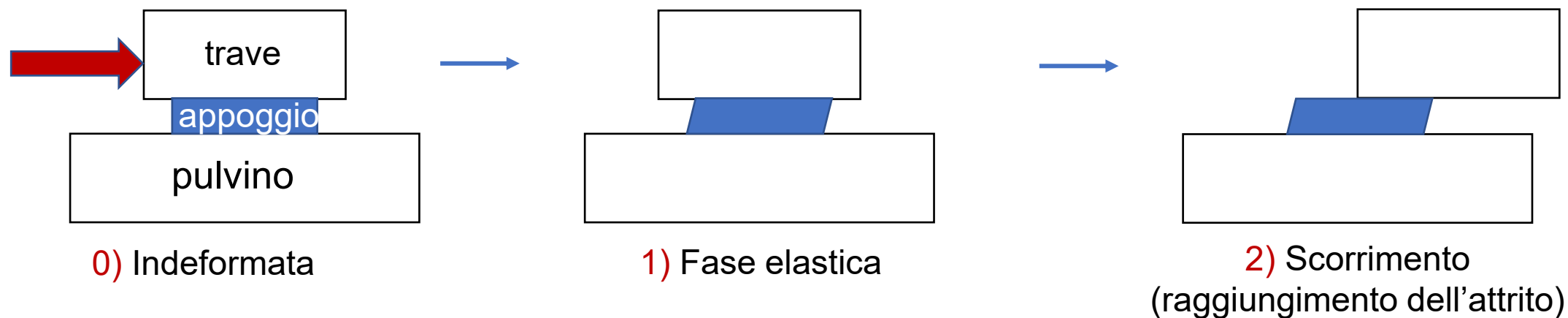


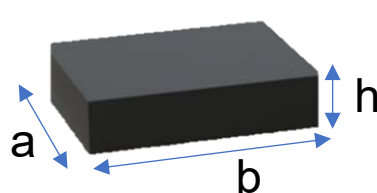
Sezione PILA 2 e 3

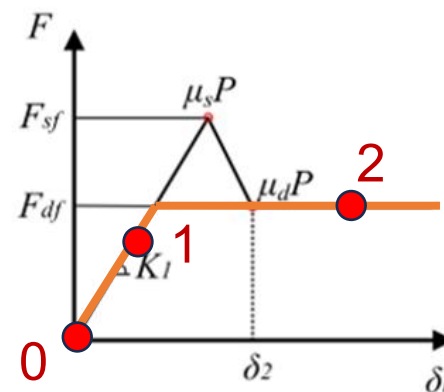




Al crescere delle forze orizzontali il sistema esibisce le seguenti configurazioni



$$Kh = \frac{G(a \cdot b)}{h}$$




Modellare il comportamento non lineare degli appoggi dei ponti **a causa dell'attrito** è fondamentale soprattutto quando gli appoggi sono connessi alla struttura soltanto dall'attrito.

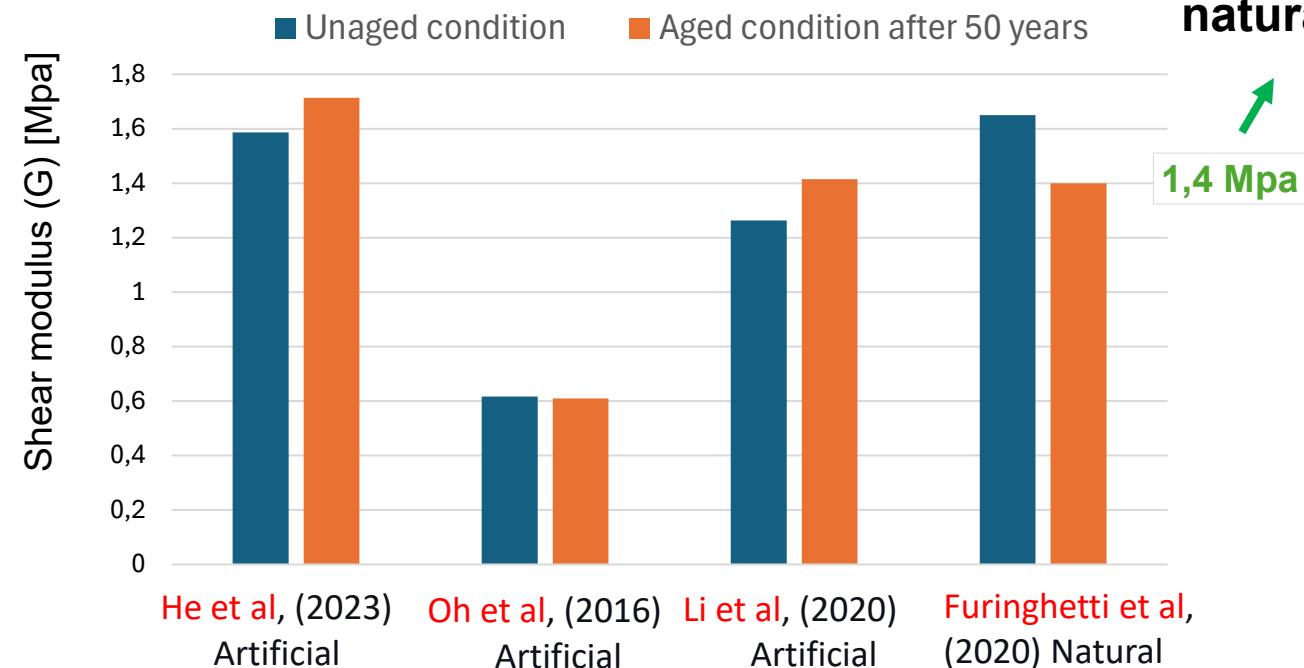
# Parametri di modellazione appoggi in neoprene



CONSIGLIO SUPERIORE  
DEI GIUDICI

## Variabilità del modulo tangenziale G

## Invecchiamento naturale



- He, Z., Song, Y., Wang, J., Xu, W., Guan, H., & Pang, Y. (2023). Experimental study on mechanical property degradation of thermal aging laminated rubber bearing. Case Studies in Construction Materials, 18, e02060. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02060>
- OhJ., KimJ. H., and Yi H. C., "Effects of thermal aging of laminated rubber bearing on seismic performance of bridges," Journal of Vibroengineering, Vol. 18, No. 6, pp. 3782–3797, Sep. 2016, <https://doi.org/10.21595/jve.2016.16701>
- Li, Y., Gao, C., Li, C., & Li, Q. (2020). Study on the Aging Time Variation Law of Mechanical Properties of the Laminated Rubber Bearing in Coastal Bridges considering Frictional Slip. Shock and Vibration, 2021(1), 3937362. <https://doi.org/10.1155/2021/3937362>
- Furinghetti et. Al., 2023 Analysis Of The Force Response Of Bearing Devices For Bridge Structures. Compdyn 2023 9th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering M. Papadrakakis, M. Fragiadakis (eds.) Athens, Greece, 12-14 June 2023 (PDF).

## Variabilità del coefficiente di attrito $\mu$

Riferimento	$\mu$
AASHTO	0.2
MTC	0.3
CALTRANS	0.4
EN1337:3	0.4
PCI	0.3
Schrage	0.45
Magliulo et al.	0.16
Steelman et al.	0.55
CNR10018	0.30
Media	0.34

AASHTO

$\mu = 0,2$

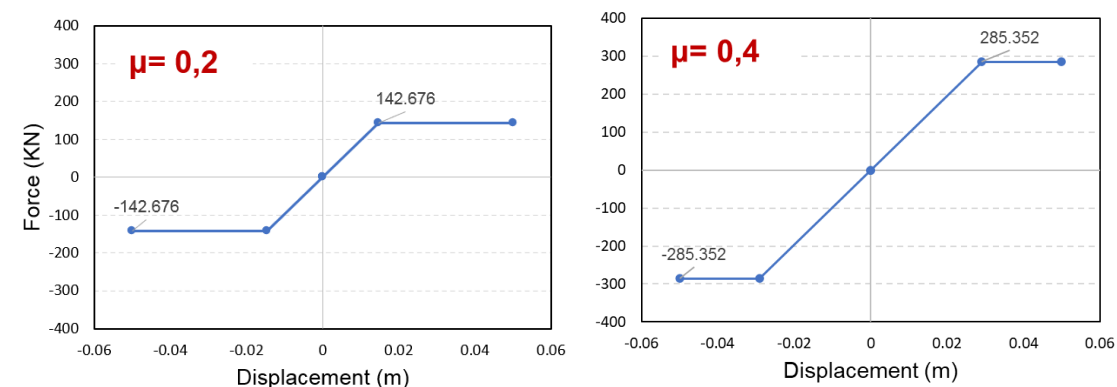
Linee Guida ASPI

$\mu = 0,25 \div 0,40$

Intervallo indagato:  $\mu = 0,20 \div 0,40$



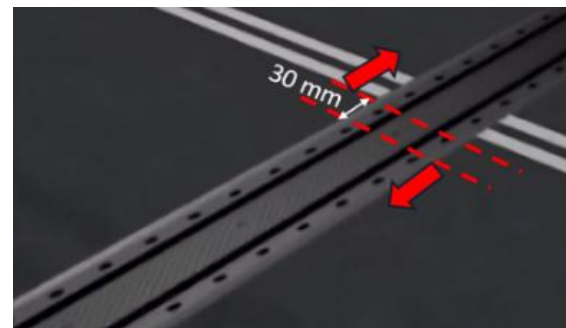
## Modelli costitutivi appoggi in neoprene





5 stati limite possono essere considerati:

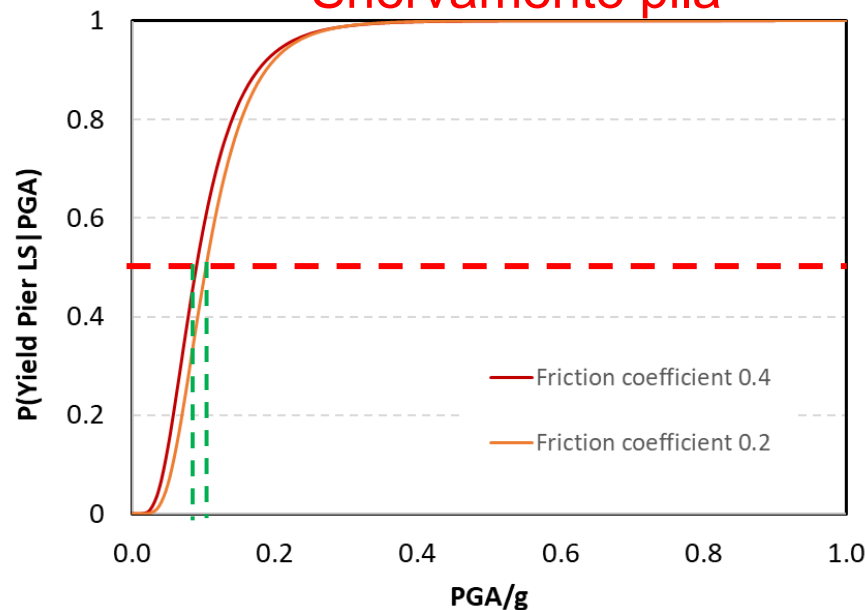
1. **SL di snervamento della pila:** attinto quando la **rotazione di snervamento** è raggiunta (sezione di base);
2. **SL ultimo della pila :** attinto quando la **rotazione ultima** è raggiunta (sezione di base);
3. **SL taglio:** attinto quando la **resistenza a taglio** è raggiunta;
4. **Stato limite di danno del giunto di dilatazione:** si raggiunge quando lo spostamento relativo trasversale massimo tra due campate adiacenti è pari a 30 mm, in accordo con le specifiche tecniche del giunto;
5. **Stato limite di impatto con ritegno trasversale:** questo stato limite è raggiunto quando lo spostamento trasversale è uguale a 10 cm.



# Curve di fragilità

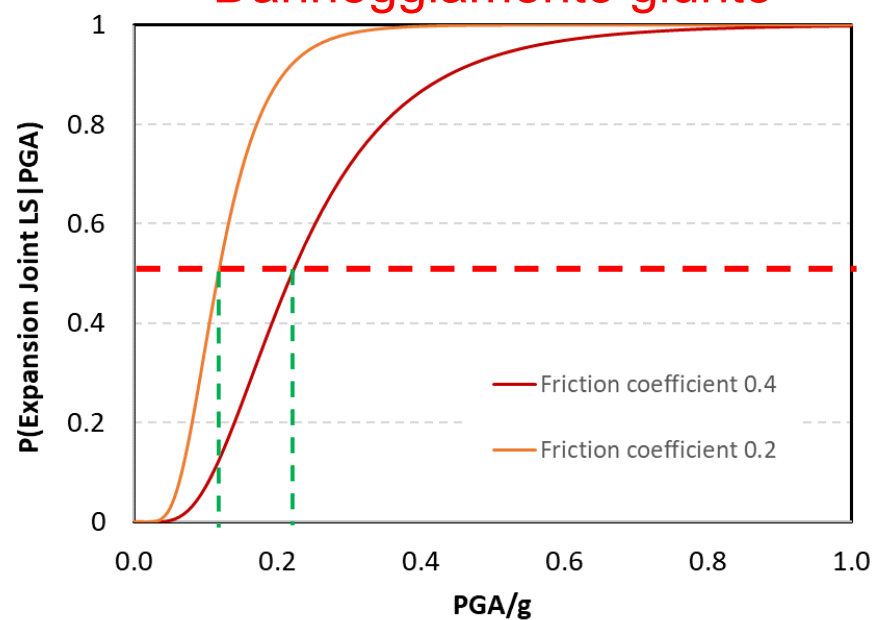
Confronto tra le curve di fragilità derivate utilizzando le due diverse ipotesi di coefficiente di attrito ( $\mu=0,2$  e  $\mu=0,4$ )

Snervamento pila



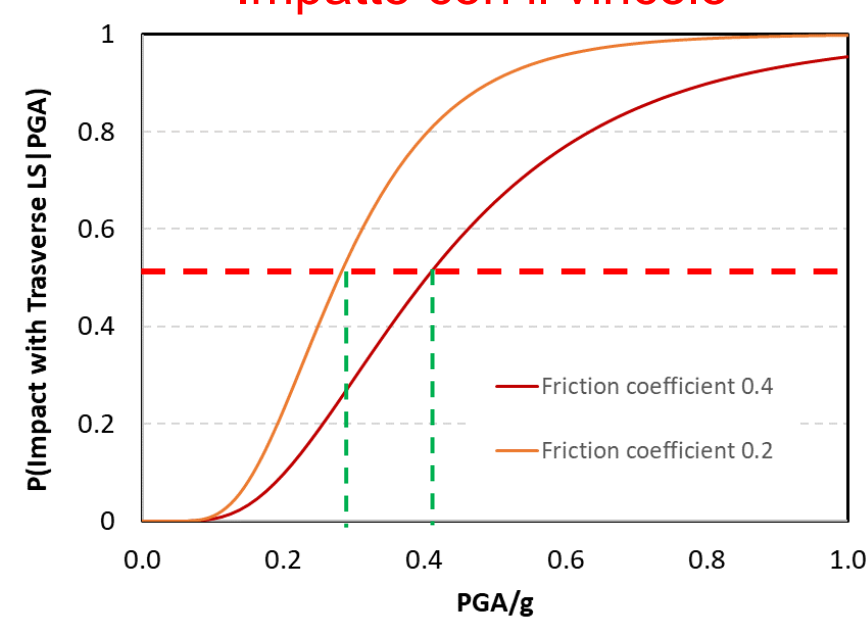
attrito	$\mu=0,2$	$\mu=0,4$
PGA	0,10g	0,09g
differenz a	$\Delta=-10\%$	

Danneggiamento giunto



attrito	$\mu=0,2$	$\mu=0,4$
PGA	0,12g	0,22g
differenz a	$\Delta=+83\%$	

Impatto con il vincolo



attrito	$\mu=0,2$	$\mu=0,4$
PGA	0,28g	0,40g
differenz a	$\Delta=+42\%$	

# **Modelli di Intelligenza Artificiale per il rilevamento dei difetti**



# Rilevamento automatico difetti nei dispositivi d'appoggio (Computer Vision+LLM)



AI-based Procedure for  
Prediction, Observation and  
Generative Guided Inspection

## Step 1



Computer  
vision



Yolov8n



## Step 2

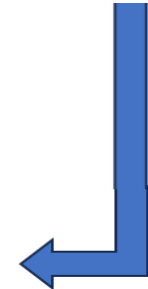
Prompt per GPT-4o:

- immagine
- Tipo appoggio
- Lista di possibili difetti
- definizione di intensità ed estensione



Large Language Model  
(API)

Invio informazioni a  
(GPT-4o)



## Step 3

```
json
{
  "difetti_rilevati": [
    {
      "difetto_id": "App_5",
      "estensione": "1.0",
      "intensità": "1.0"
    },
    {
      "difetto_id": "App_9",
      "estensione": "1.0",
      "intensità": "0.5"
    }
  ]
}
```



## Compilazione e revisione della scheda

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1										
6 Appoggio N°		Strada di appartenenza				Progressiva km.				
		Tecnico rilevatore				Data ispezione:				
N°	Descrizione difetto	Visto	G	Estensione K1			Intensità K2			N° foto
				0.2	0.5	1	0.2	0.5	1	
App 1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2							
App 2	Ossidazione	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
App 3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4							
App 4	Prerogolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4							
App 5	Presenza di detriti	<input checked="" type="checkbox"/>	2							img 0386
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 checked="" type="checkbox"/>	4							img 0386
Difetti pendoli										
App 10	Anomalioramento 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 appoggio generici										
App 14	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3							

G. Santarsiero, A. Romano, V. Picciano and A. Masi (2025).  
Intelligent inspection of bridge bearings through an Engineering Constrained ML approach – Artiste Conference, 15-18 Sept, 2025 Turin

# Rilevamento automatico difetti nei dispositivi d'appoggio (Computer Vision+LLM)



## Confezionamento Dataset



Roboflow

Strumento che permette di annotare, organizzare il dataset e salvare il file .yaml

Annotazione manuale con bounding box e classe

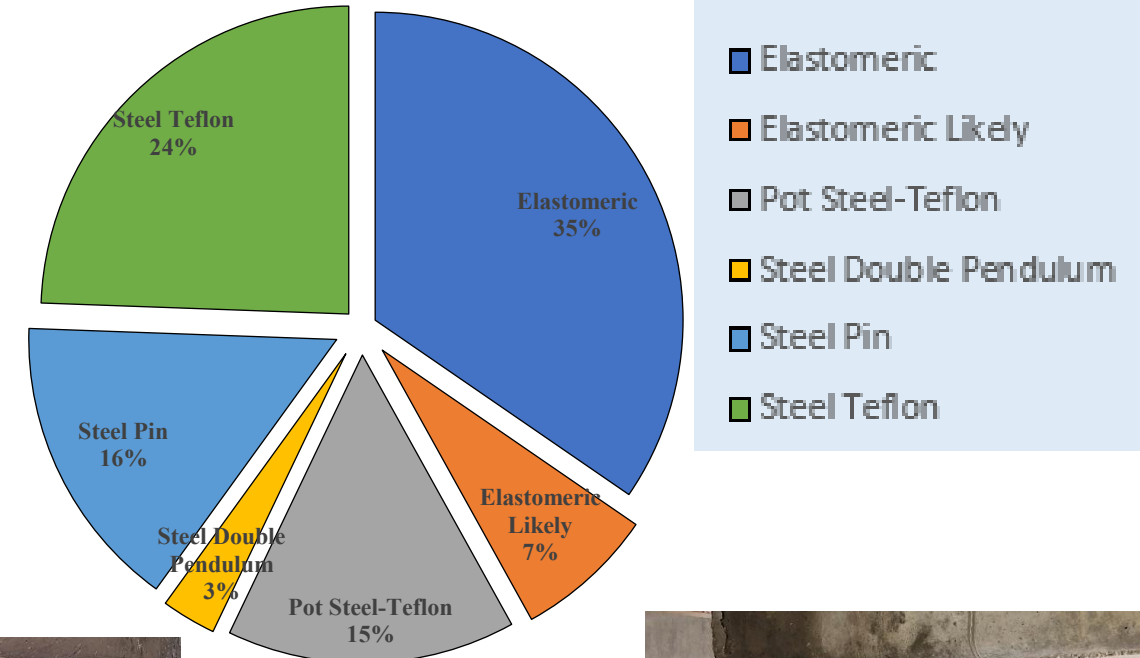


Applicando delle tecniche di **Data Augmentation**, nello specifico rotazione di  $+15^\circ$  e  $-15^\circ$ , sfocatura di 2,5 px si hanno **3084 immagini** suddivise come segue

- Train set 70% - 2698 immagini
- Valid set 20% - 258 immagini
- Test set 10% - 128 immagini



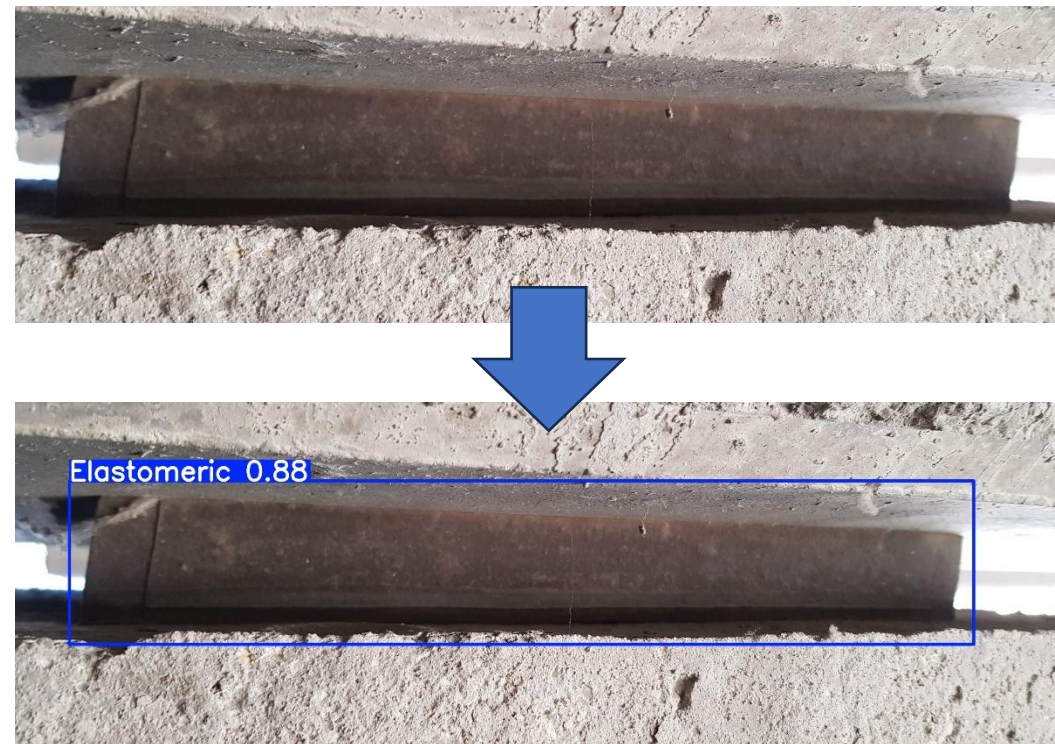
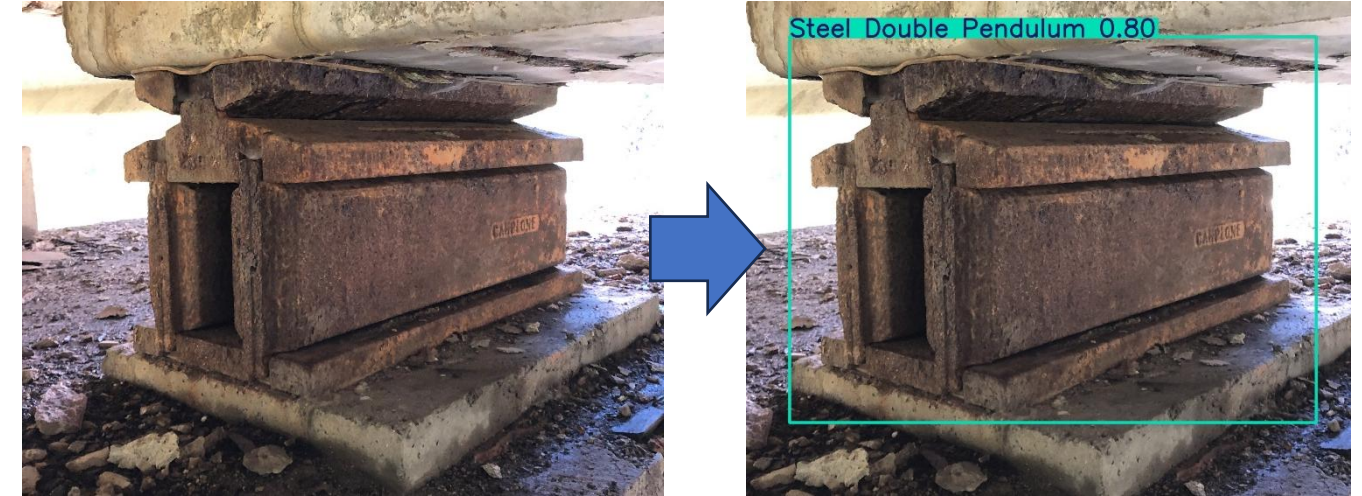
Acquisizione e organizzazione di un database con **1287 Immagini** di dispositivi d'appoggio  
**6 Classi analizzate**





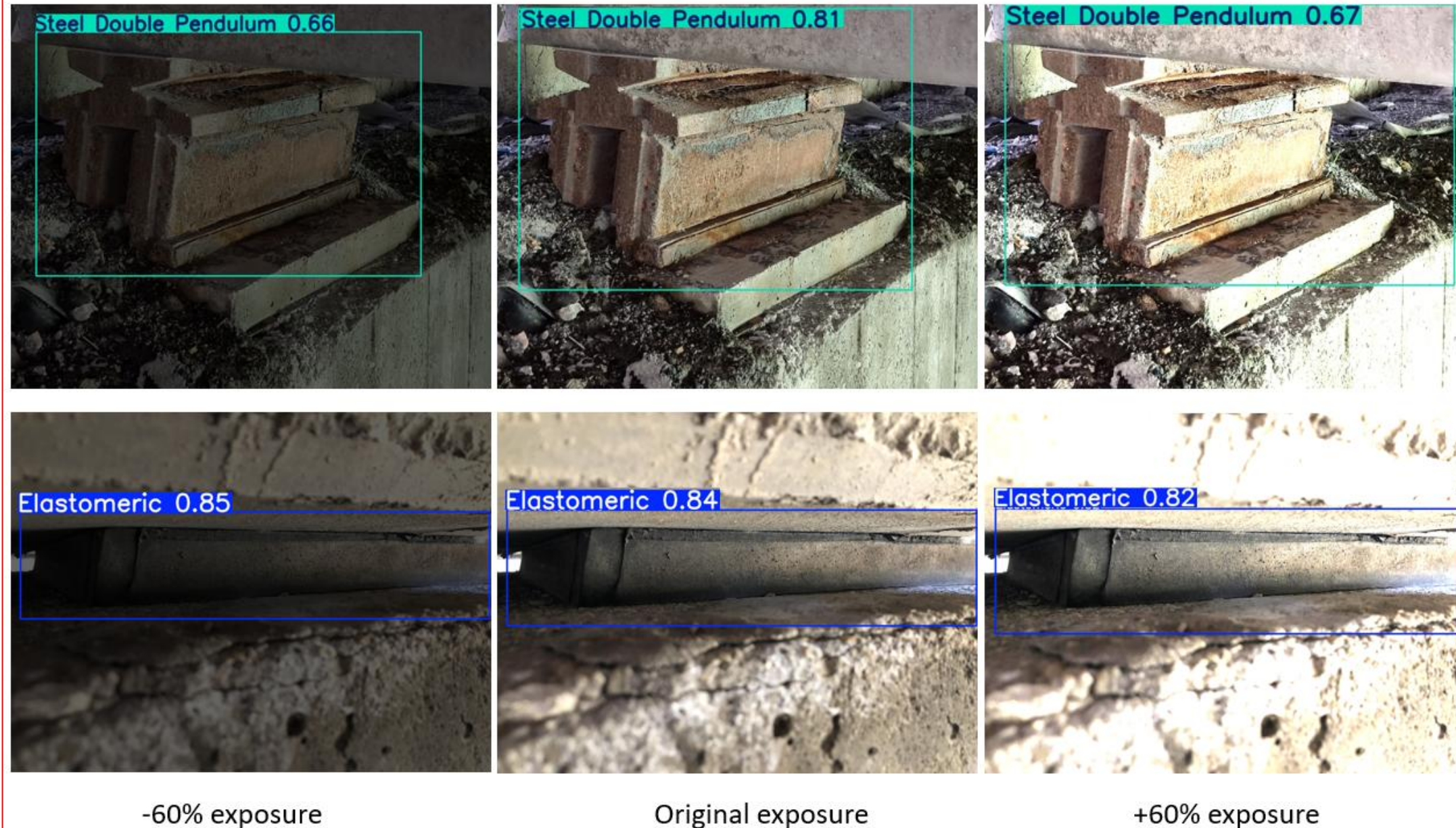
## Inferenza tipologia

Inferenza effettuata su immagini appartenenti al **test set**,  
immagini sconosciute al modello YoloV8n





## Test in condizioni di illuminazione variate







# Interfaccia grafica della procedura APPOGGI (beta)

APPOGGI – GUI Integrata 6.1


## Pannello di controllo



**AI-based Procedure for Prediction, Observation and Generative Guided Inspection**



**diing**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA



Modello YOLO  Sfoglia

Confidenza  IoU

difetti.xlsx  Sfoglia

Template scheda  Sfoglia


### Immagini

0001 — img\_0137-Fiume\_Savio\_Via\_destra-Appoggi\_04-Fiume\_Savio\_V

**Elenco immagini analizzate**

**Quantificazione della difettologia**

**Cerniera in acciaio 0.88**



Scheda (Descrizione + Tabella) Template

Descrizione tecnica (GPT)


L'immagine mostra un evidente degrado della superficie del materiale metallico, affetto da ossidazione e perdita di sezione. Inoltre, è presente un accumulo di depositi di materiale nell'area degli apparecchi di appoggio, che compromette il loro normale funzionamento.

Classe:  Dispositivo: classe 4 – Cerniera in acciaio

difetto_id	estensione	intensità
App_2 – Ossidazione	1.0	1.0
App_5 – Presenza di detriti	1.0	1.0

Immagine post-inferenza

Descrizione della difettologia

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1															
6	Appoggio N°	Strada di appartenenza Tecnico rilevatore								Progressiva km: Data ispezione: / /					
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						
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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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	Prerogolazione 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"/>	<input type="checkbox"/>	
App 5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" 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"/>	<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"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	
Difetti pendoli															
App 10	Ammaloramento 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"/>	<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"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	
App 13	Furi 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"/>	<input type="checkbox"/>	
Difetti 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"/>	

- La **grande eterogeneità delle ispezioni** e la presenza di difetti non contemplati nelle Linee Guida mostrano la necessità di una **maggiore standardizzazione** nelle procedure e nelle attrezzature utilizzate per valutare gli appoggi oltre che la necessità di **aggiornamento delle schede ispettive**.
- Gli **appoggi elastomerici**, essendo i più diffusi, richiedono approfondimenti continui sia in termini di modellazione che di comprensione dei difetti tipici legati all'epoca costruttiva.
- La modellazione numerica ha mostrato la **forte influenza del coefficiente di attrito gomma-calcestruzzo** nel comportamento globale del ponte, e **l'importanza di una modellazione accurata** per cogliere i meccanismi di danneggiamento.
- La **sperimentazione sugli elastomerici** conferma una rigidezza tipica di **mescole hard ( $G=1,0-1,6$  Mpa)**, mentre l'invecchiamento influisce solo marginalmente sul modulo e sul comportamento a compressione. Critica può essere la **delaminazione** per deformazioni **oltre l'80-100%**
- Nei **dispositivi acciaio-teflon** l'attrito statico ( $\sim 5-6\%$ ) e dinamico ( $\sim 1\%$ ) risultano poco sensibili all'invecchiamento, ma in casi di **elevato degrado** la risposta può essere largamente insoddisfacente con attriti elevati e oltre le soglie normative attuali ( $\approx 10\%$ ).
- I **modelli di IA** possono essere di **ausilio agli ispettori** per il rilevamento dei difetti, soprattutto su grandi volumi di immagini derivanti da ispezioni



# Convegno

## La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti

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

Roma

19, 20 e 21 novembre 2025

### I DISPOSITIVI DI APPOGGIO

Angelo MASI, Giuseppe SANTARSIERO

Università della Basilicata



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**