



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturelle

# Convegno



## La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti

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

Roma  
19, 20 e 21 novembre 2025

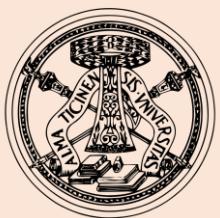
### I DISPOSITIVI DI APPOGGIO

Angelo MASI, Giuseppe SANTARSIERO  
Università della Basilicata



# Accordo tra il CSLPP ed il Consorzio ReLuis 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



Chiara Casarotti  
Marco Furinghetti  
Miriam Bazzini  
Cristina Curti



**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

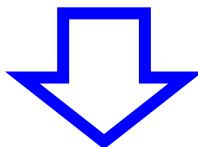


**Università di Napoli «Federico II»**

Giorgio Serino  
Daniele Losanno  
Mariacristina Spizzuoco

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

### Task 4.2 Dispositivi di appoggio



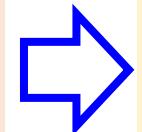
#### Articolazione del TASK

Il Task 4.2 è articolato in tre sub-task:

4.2.1 Stato dell'arte, catalogazione e classificazione

4.2.2 Modellazione

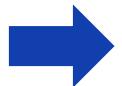
4.2.3 Sperimentazione



#### 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



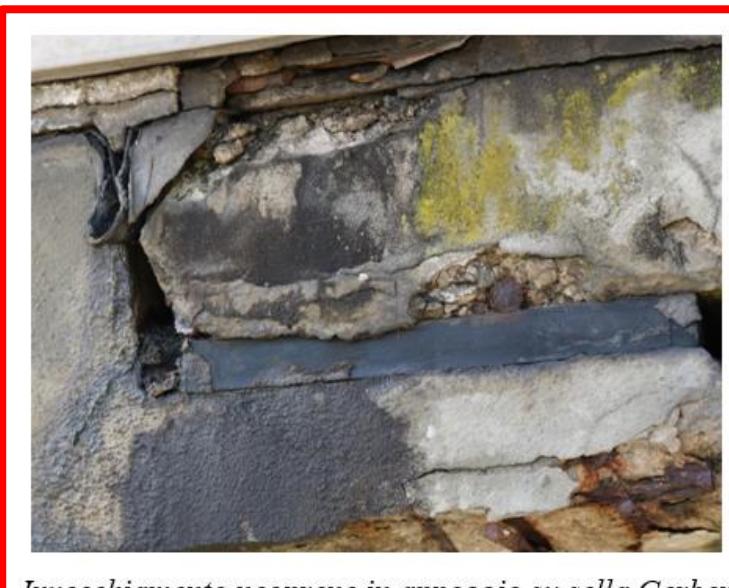
Sperimentazione, Modellazione

## 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*

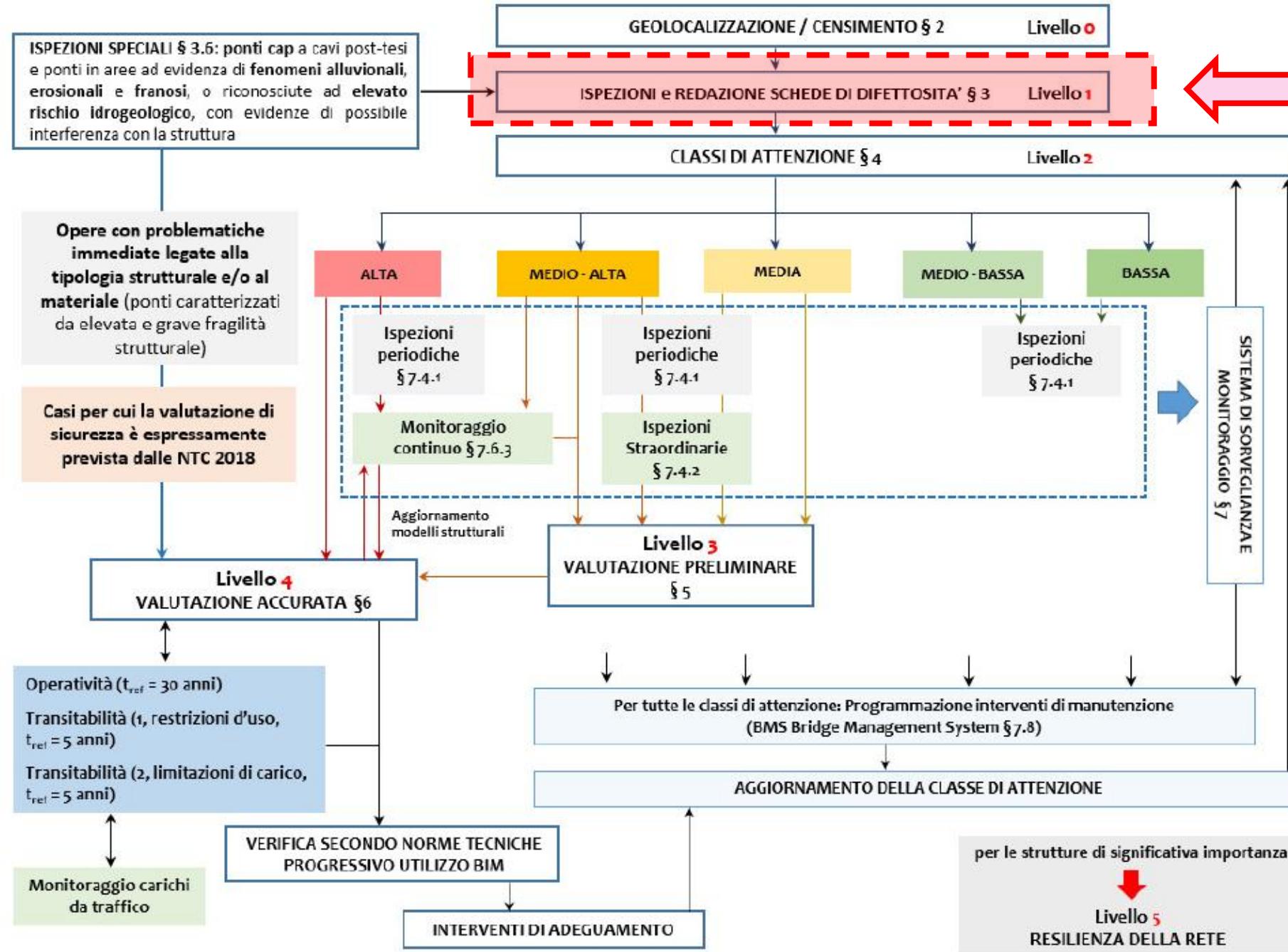
Article

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

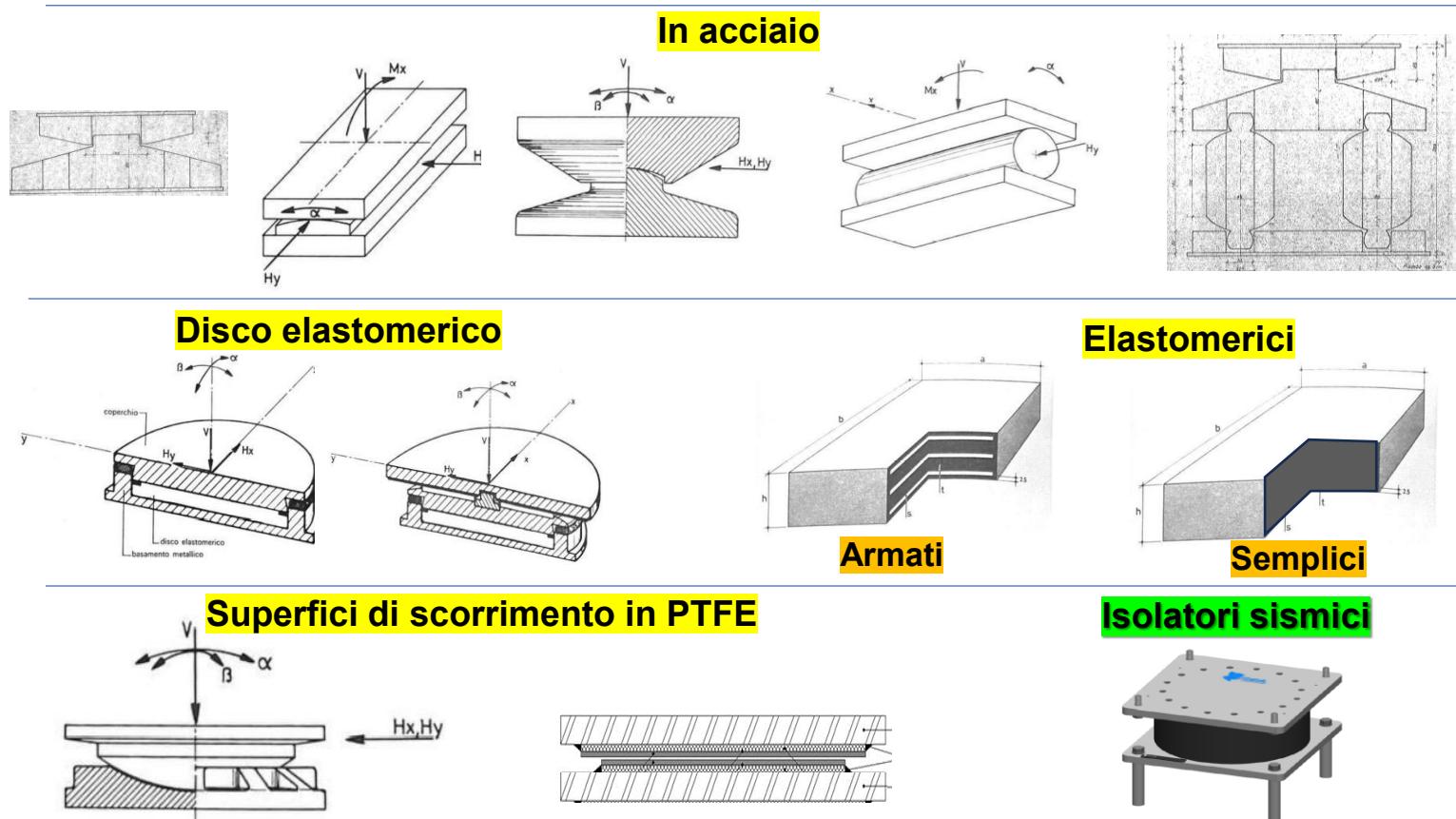
Angelo Masi <sup>1</sup>, Giuseppe Santarsiero <sup>1,\*</sup>, Marco Savoia <sup>2</sup>, Enrico Cardillo <sup>2</sup>, Beatrice Belletti <sup>3</sup>, Ruggero Macaluso <sup>3</sup>, Maurizio Orlando <sup>4</sup>, Giovanni Menichini <sup>4</sup>, Giacomo Morano <sup>4</sup>, Giuseppe Carlo Marano <sup>5</sup>, Fabrizio Palmisano <sup>5</sup>, Anna Saetta <sup>6</sup>, Luisa Berto <sup>6</sup>, Maria Rosaria Pecce <sup>7</sup>, Antonio Bilotto <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 Abbati <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**

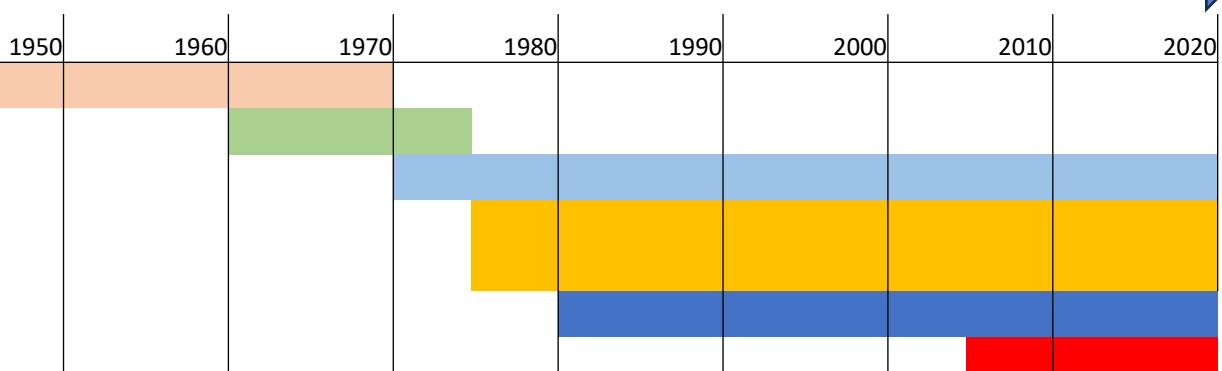


# Principali tipologie di appoggi



## EVOLUZIONE STORICA

apparecchi di appoggio completamente **in acciaio**  
 apparecchi di appoggio **elastomerici semplici**  
 apparecchi di appoggio **elastomerici armati**  
 apparecchi di appoggio con superfici di scorrimento in politetrafluoroetilene (**PTFE**)  
 apparecchi di appoggio a **disco elastomerico confinato**  
 Isolatori / dissipatori **sismici**



# 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



Invecchiamento neoprene  
(appoggio su sella Gerber)



Schiacciamento neoprene

# IL RUOLO DEGLI APPOGGI

## La scheda di ISPEZIONE: valutazione dei difetti

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

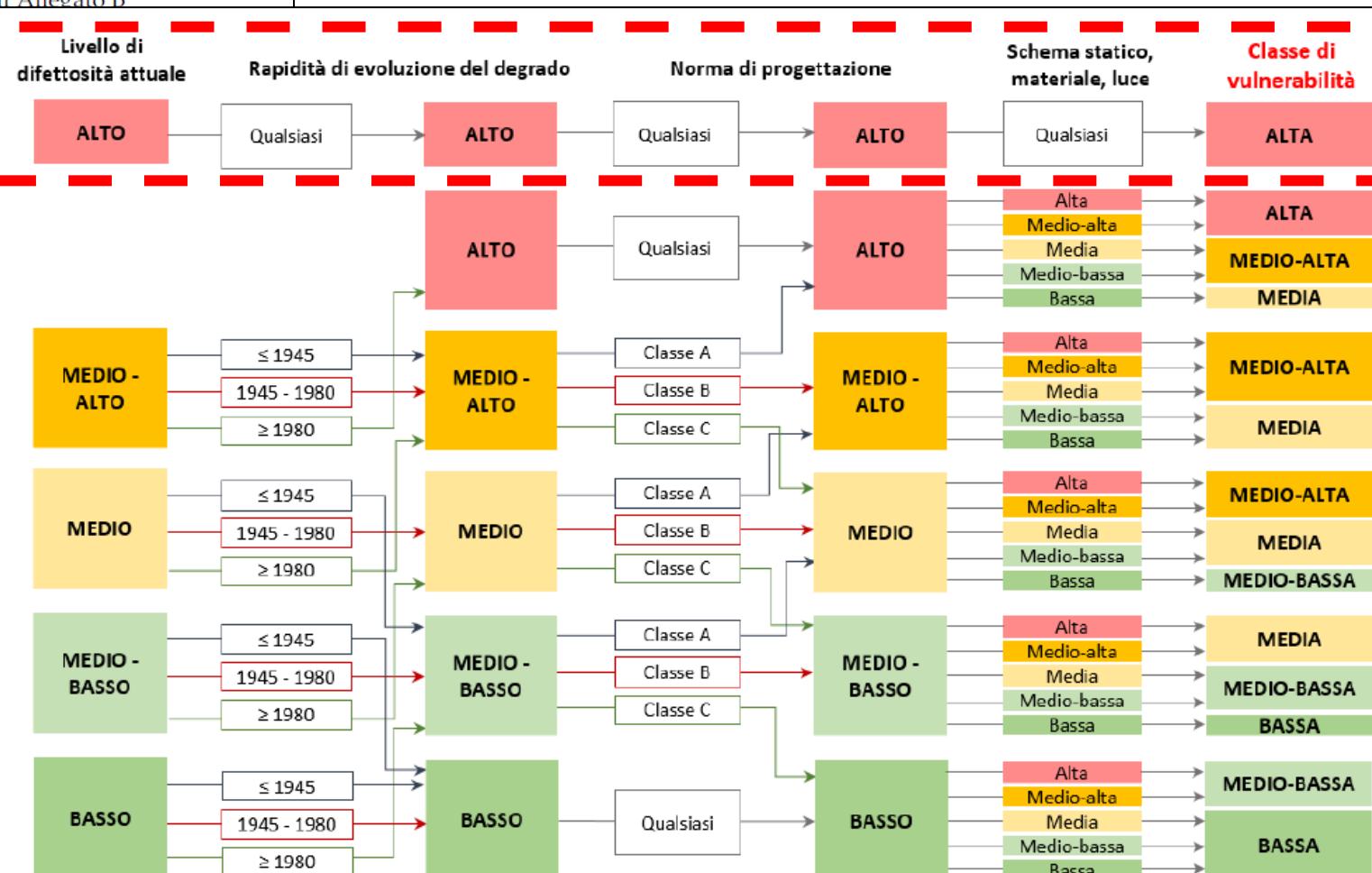
6	Appoggi N _____	Strada di appartenenza: _____	Progressiva km: _____	Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili							
N°	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K1	Intensità K2	N° foto	PS	NA	NR	NP	Note
App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2	0,2	0,5	1	<input 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"/>	<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"/>	<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"/>	
<b>Difetti d'appoggio in neoprene</b>											
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"/>	
<b>Difetti pendoli</b>											
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"/>	
<b>Difetti carrelli (metallici)</b>											
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"/>	
<b>Difetti di appoggio generici</b>											
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"/>	
<b>Eventuali note</b>											

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 non possono compromettere il comportamento statico globale dell'opera e difetti di gravità media-bassa (G=3, G=2, G=1) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
<b>MEDIO-BASSO</b>	Difetti di gravità medio-alta (G=4) con intensità medio-bassa e difetti di gravità bassa (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 basso

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**



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

# IL RUOLO DEGLI APPOGGI

## Un caso emblematico: il viadotto Melandro (Basilicata, SS95var)

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



# Un caso emblematico: il viadotto Melandro (Basilicata, SS95var)



## 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



# Raccolta dati: schede ispezione (livello 1) – Linee Guida

- 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: schede ispezione (livello 1) – Linee Guida

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

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																			
7	NOTE PER LA COMPILAZIONE DEL DATABASE																			
8	• 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.																			
9	• Nel caso di assenza di difetti si lasceranno vuote le colonne Cod. difetto / - Est. dif. / - Int. Dif. /																			
10	• Nel campo "materiale" selezionare "elastomero" se non è nota con certezza la presenza/assenza di lame metalliche all'interno																			
11	• 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)																			
12	• Per i dati di localizzazione del ponte fare riferimento alla scheda di livello ai sensi delle Linee Guida																			
13	• Si raccomanda di non apportare modifiche al foglio "tabelle"																			
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	Scheda Ispezione Ponti di Livello 1															
31	6	Appoggi N _____	Strada di appartenenza:		Progressiva km:															
32			Tecnico rilevatore:		Data ispezione:	/ /														
33																				
34																				
35	N°	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K1	Intensità K2	N° foto	PS	NA	NR	NP	Note								
36					0,2, 0,5, 1	0,2, 0,5, 1														
37	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"/>									
38	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"/>									
39	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"/>									
40	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"/>									
41	App_5	Presenza di detriti	<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"/>									
42	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"/>									
43	Difetti pendoli																			
44	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"/>									
45	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"/>									
46	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"/>									
47	Difetti pendoli																			
48	App_10	Ammorlamento 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"/>									
49	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"/>									

**INSERIMENTO DI INFORMAZIONI AGGIUNTIVE NEL CAMPO NOTE**

- Difetto App 7: l'invecchiamento comporta la presenza di fessure ed eventuali distacchi tra piastre e gomma come mostrato in figura. Se possibile descrivere e separare questi due aspetti che possono avere effetti diversi (modifica delle proprietà meccaniche nel primo caso, delaminazione nell'altro).
- Nel caso di scivolamento di appoggio elastomerico rispetto alla sua sede originale assegnare App\_8 specificando nelle note che si tratta di traslazione dell'intero apparecchio.
- Nel caso di App\_10 specificare se la difettosità riguarda anche le zone di connessione (zanche) dei pendoli alla struttura oppure solo il corpo degli stessi.
- Nel caso di App\_14, se noto, specificare se si tratta di:
  - estrusione del polimero nell'interfaccia di scorrimento (teflon, polietilene ecc.) correlato al carico statico eccessivo
  - rigatura e/o deformazione delle piastre di scorrimento e/o sfaldamento del polimero
  - eccessiva rotazione del dispositivo rispetto agli assi orizzontali, eccessiva rotazione reciproca delle piastre, non parallelismo tra dispositivi riferito alla quota verticale
  - Rotta delle protezioni antipolvere
  - Tranciamento perni di ancoraggio

Eventuali documenti di progetto o rilievo

Scheda Livello 0 (LLGG)

ID	
Codice Appoggio	
UR	
Codice Opera	
Nome opera	
Periodo di costruzione	
Strada/autostada	
Data ispezione	
Dati generali	
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)	
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	
Est. Dif 1	
Est. Dif 2	
Est. Dif 3	
Est. Dif 4	
Est. Dif 5	
Est. Dif 6	
Estensione difetti riscontrati	
Int. Dif. 1	
Int. Dif. 2	
Int. Dif. 3	
Int. Dif. 4	
Int. Dif. 5	
Int. Dif. 6	
PS (pregiudica statica)	
Note	

Dispositivi di appoggio Angelo MASI, Giuseppe SANTARSIERO

# Raccolta dati: tipologie di appoggi

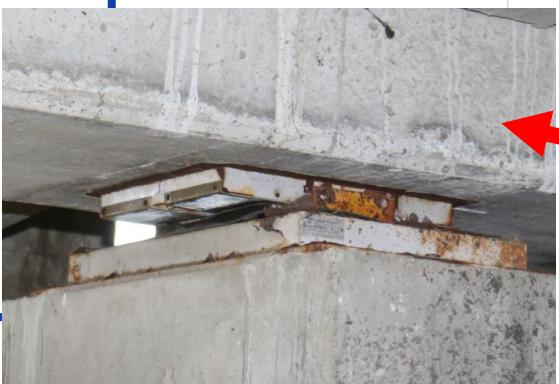


## Classificazione TIPOLOGIE

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



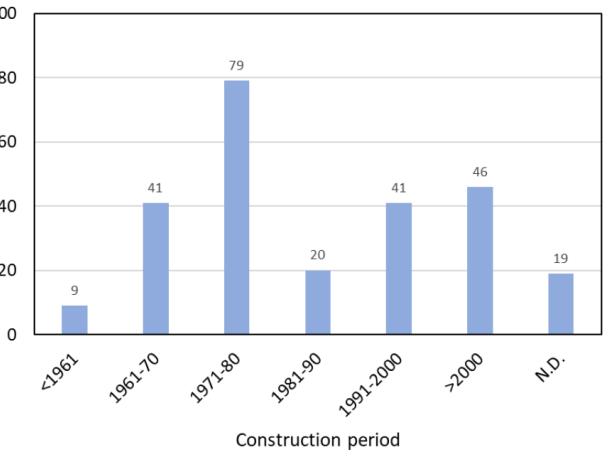
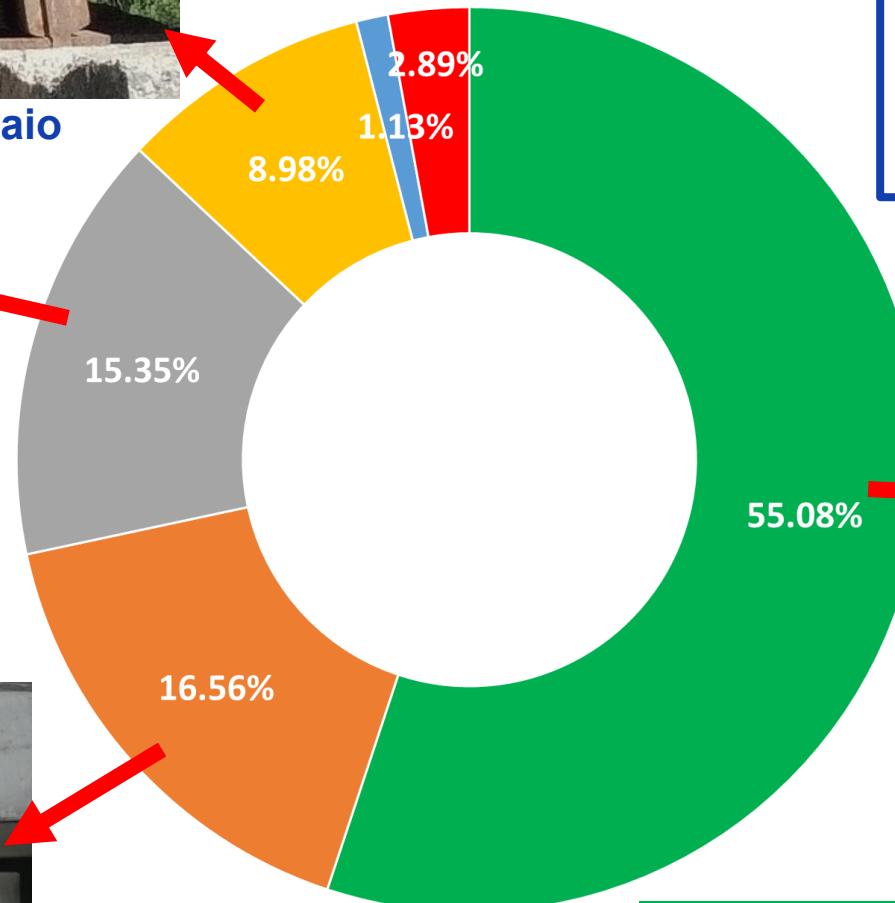
Acciaio



Acciaio-Teflon



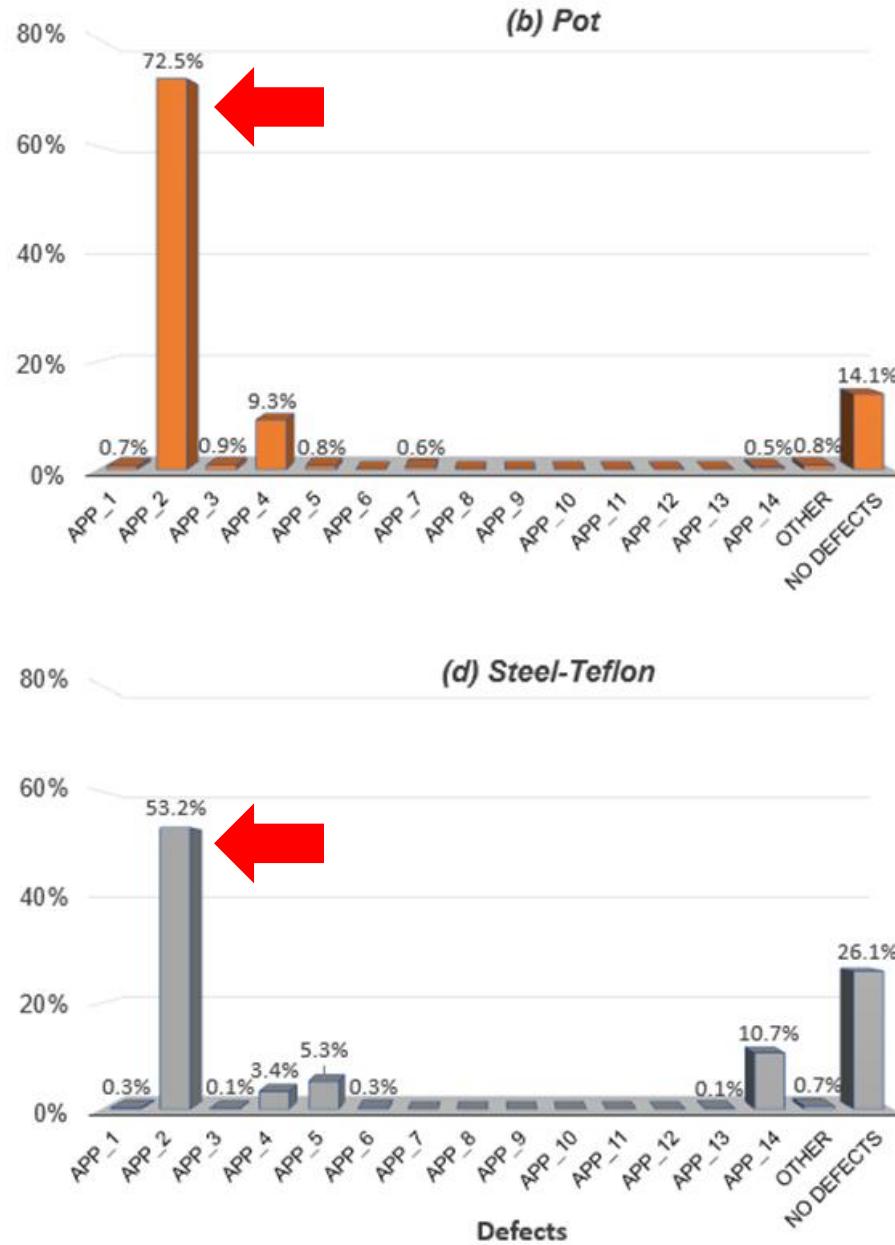
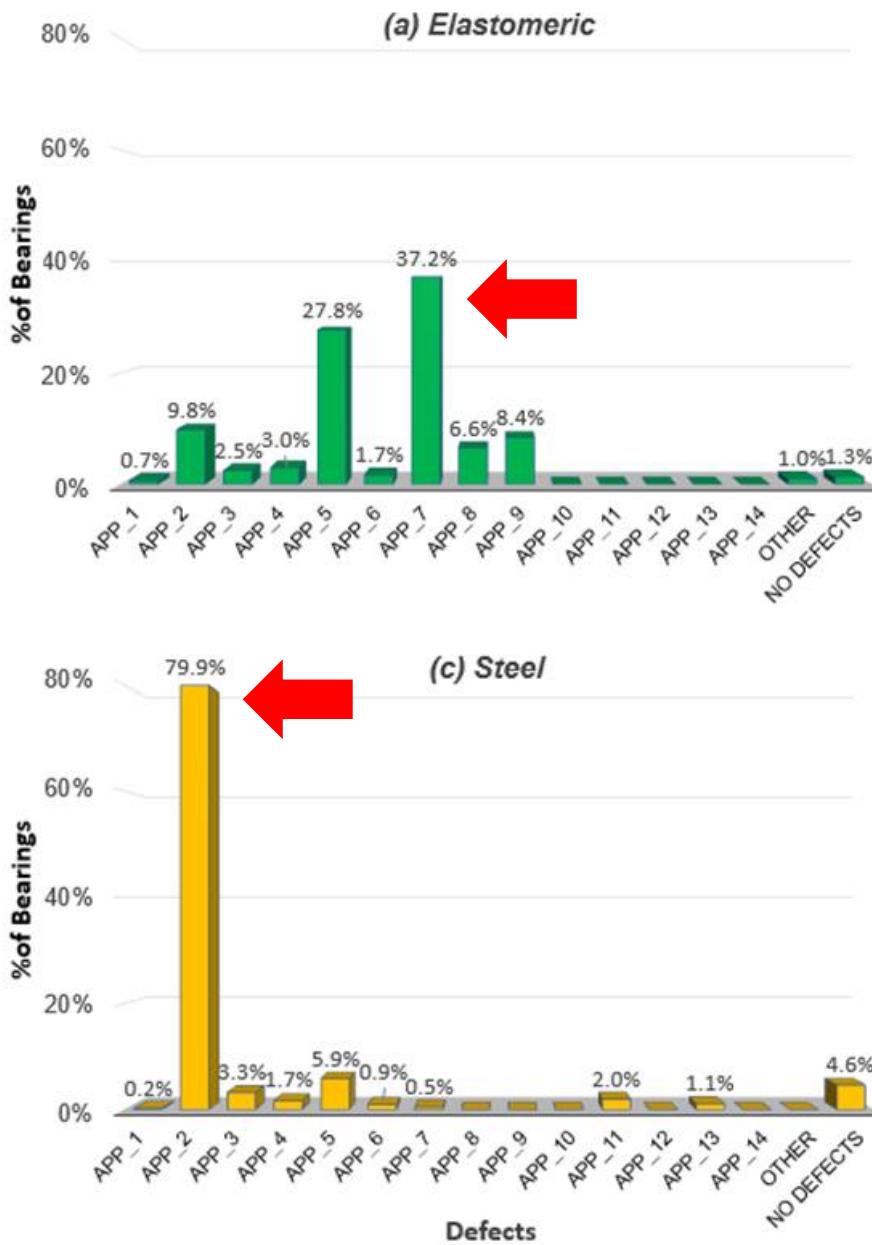
Disco elastomerico confinato (Pot)



Elastomero

I dispositivi in Elastomero sono i più diffusi

# Analisi dei dati: difetti più frequenti per tipologia



## 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

# Analisi dei dati: quota di appoggi privi di difetti



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



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



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

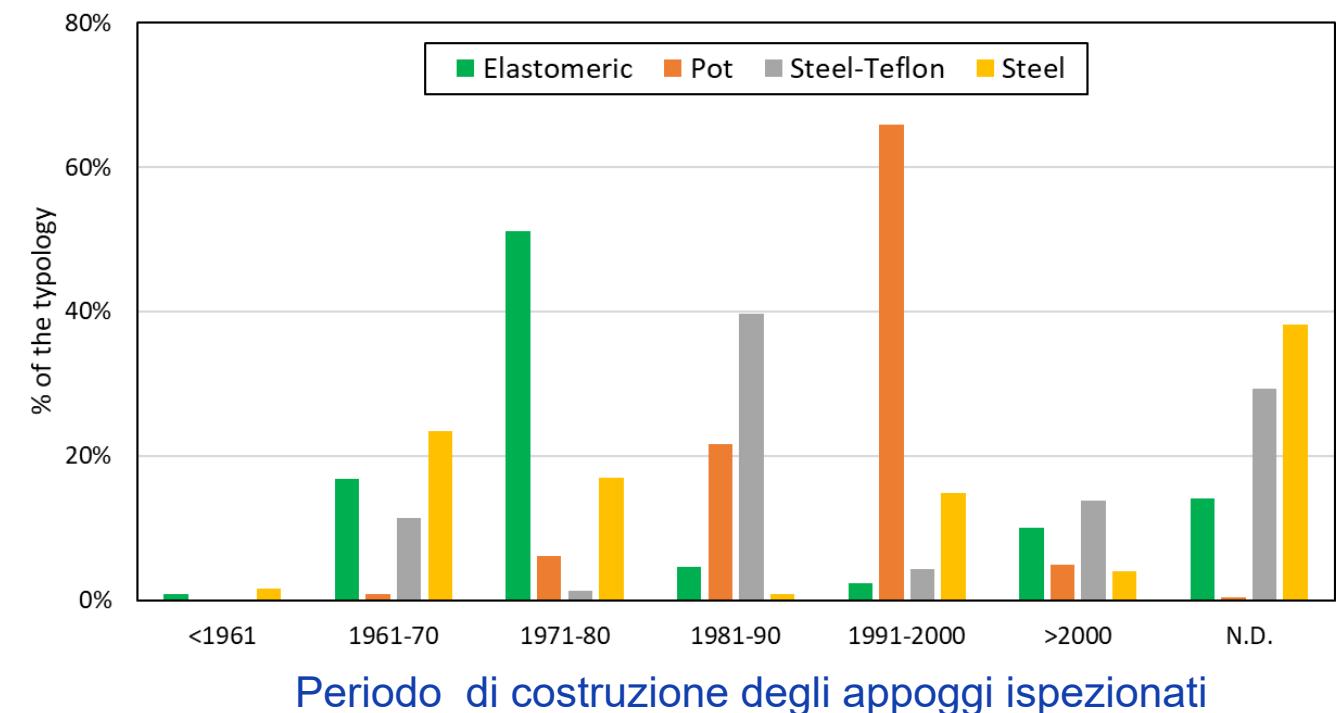


**Disco elastomerico confinato**  
**Difetti assenti: 14.1%**

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

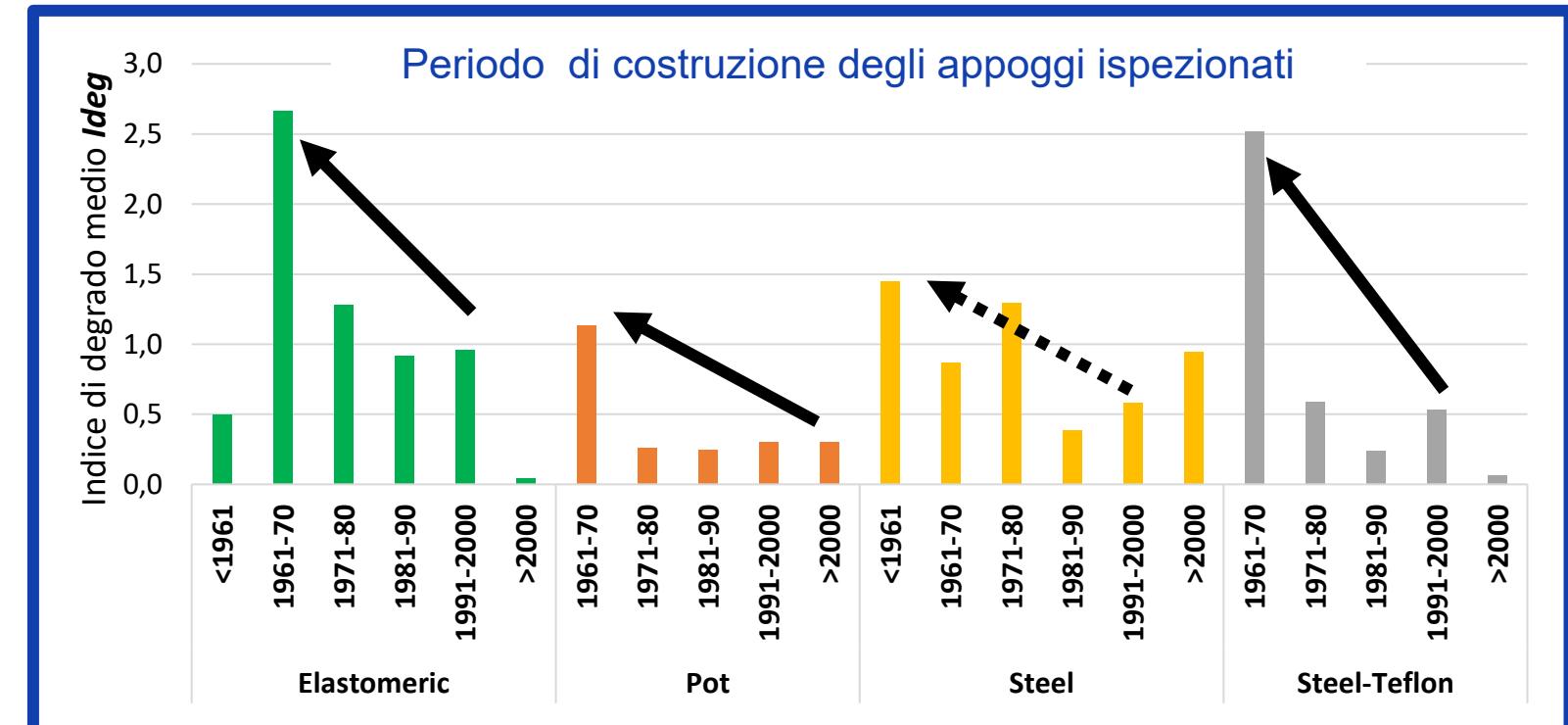
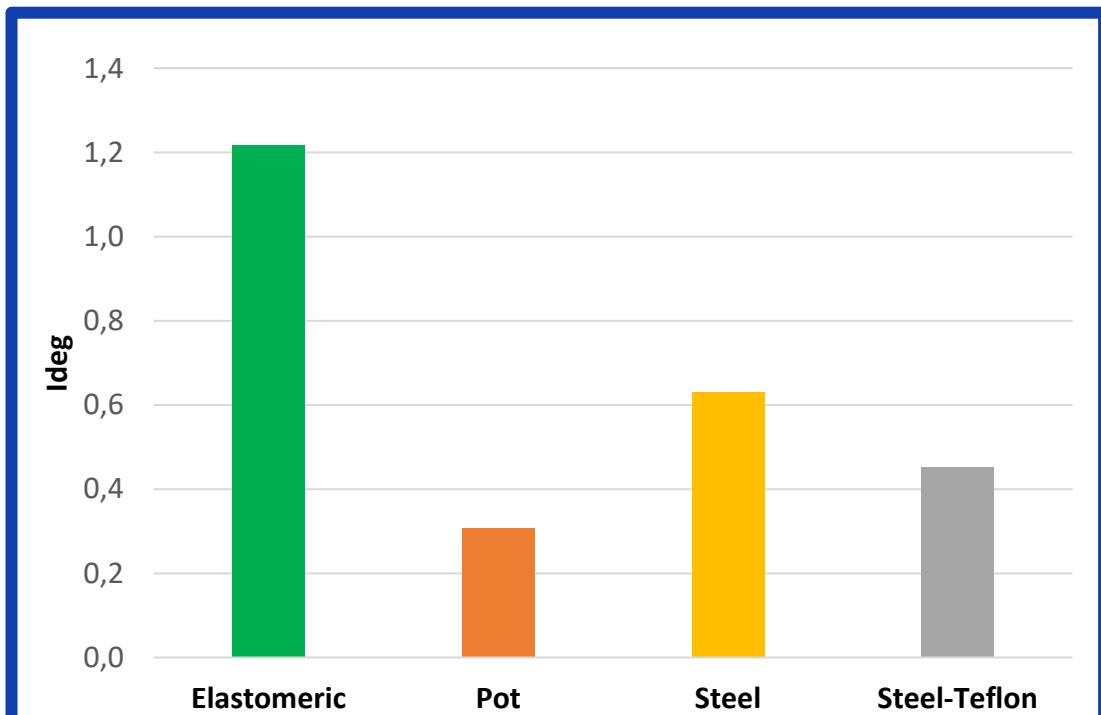
## Calcolo dell'Indice di degrado *Ideg*

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

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

6	Appoggi N _____	Strada di appartenenza:	Progressiva km:	Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili
N°	Descrizione difetto	visto G	Estensione K1 0,2 0,5 1	Intensità K2 0,2 0,5 1
App_1	Piastra di base deformata	2	□ □	□ □
App_2	Ossidazione	2	□ □	□ □
			N° foto	PS NA NR NP
				Note

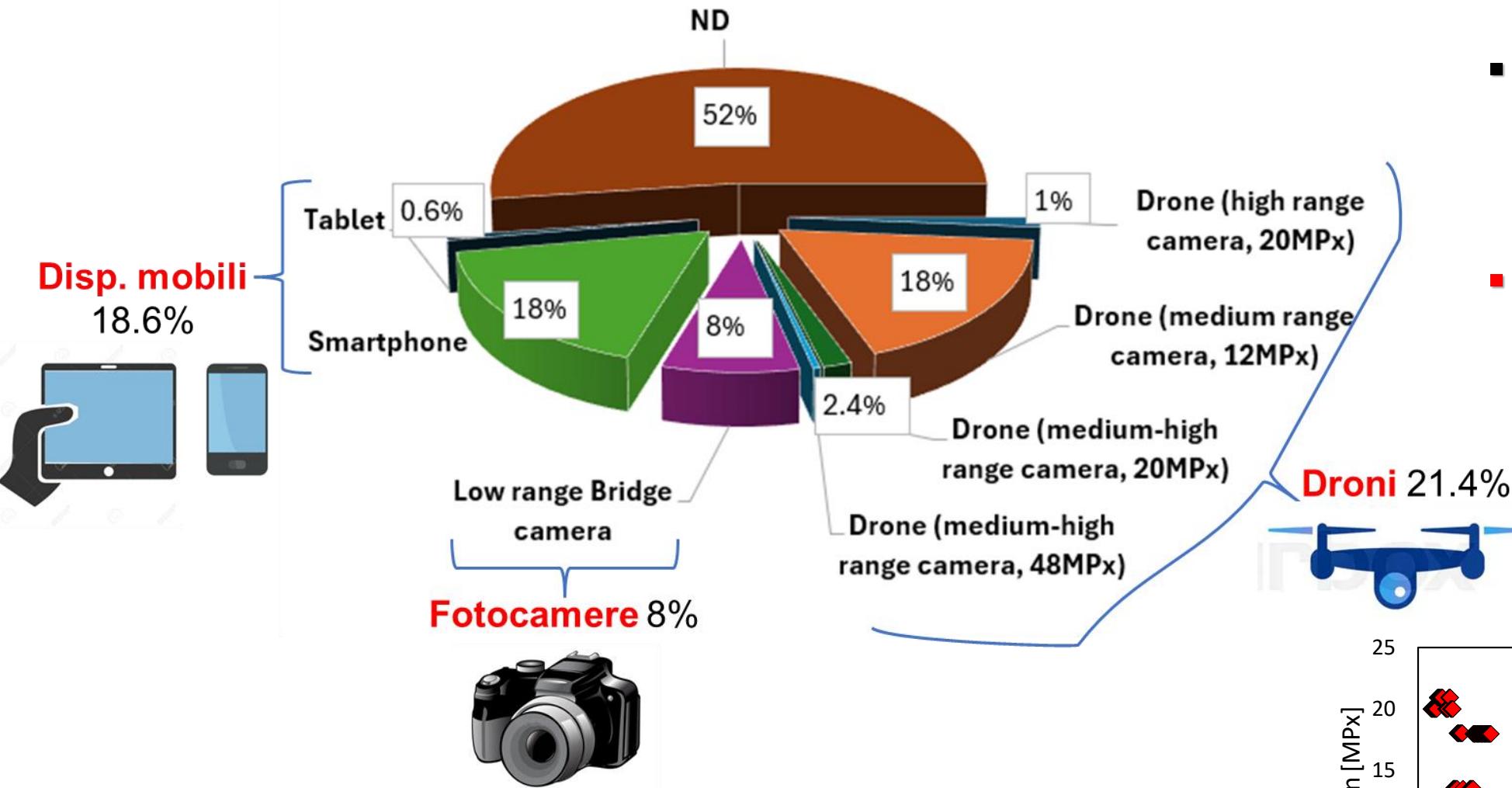
- $G_i$  = gravità difetto
- $K_{1i}$  = estensione difetto
- $K_{2i}$  = intensità difetto
- $n$  = numero difetti del singolo appoggio



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

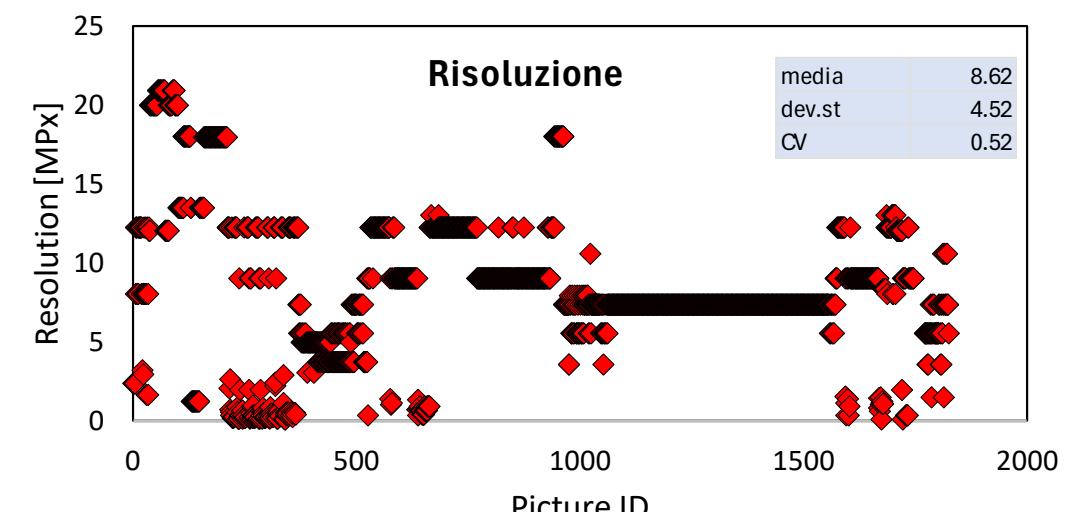
# Analisi dei dati: criticità ispettive

## Eterogeneità dei dispositivi fotografici utilizzati



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

- 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



# Analisi dei dati: criticità ispettive

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»**

## 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

<i>Sistemi di protezione ed apparecchi di appoggio</i>		
Tipo sistemi di protezione		Larghezza carreggiata [m]
<b>Tipologia apparecchi di appoggio</b>		<b>Tipologia dispositivi antisismici</b>

### PROPOSTA DI INTEGRAZIONE

<i>Apparecchi di appoggio - tipologia</i>					
<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			

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

<i>Dispositivi antisismici - tipologia</i>					
<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				

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

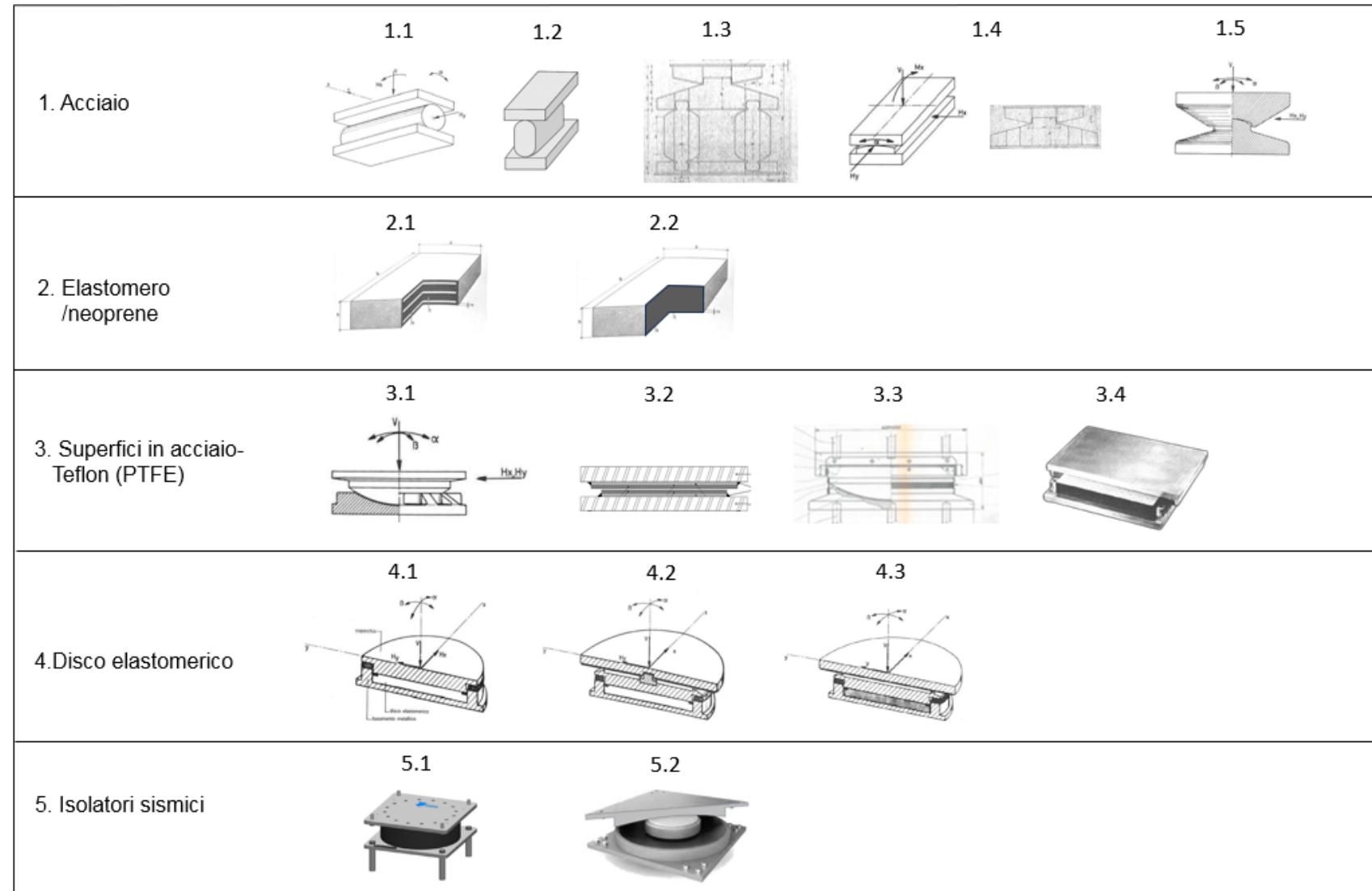
## Scheda L1

- 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 **“Traciamento perni di ancoraggio”** e **“Bagiolo 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 XXXXX Strada di appartenenza: XXXXXX		Progressiva km: XXXXX																			
		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	0,2	0,5	1										
App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2			<input type="checkbox"/>															
App_2	Ossidazione	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>																	
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_4	Preregolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2			<input type="checkbox"/>															
App_6	Schiacciamento/Fuoriuscita lastre piombo	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_7	Inflessione/traciamento perni ancoraggio	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_8	Bagiolo deteriorato/ammalorato	<input type="checkbox"/>	3			<input type="checkbox"/>															
Difetti d'appoggio in neoprene																					
App_9	Invecchiamento neoprene (fessurazione)	<input type="checkbox"/>	3			<input type="checkbox"/>															
App_10	Invecchiamento neoprene (Delaminazione)	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_11	Fuori sede appoggio in neoprene	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_12	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_13	Schiacciamento/Fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
Difetti pendoli																					
App_14	Ammoloramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_15	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
Difetti carrelli (metallici)																					
App_16	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
App_17	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>															
Difetti d'appoggio con superfici acciaio/teflon																					
App_18	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3			<input type="checkbox"/>															
App_19	Rigatura /deformazione piastre di scorrimento	<input type="checkbox"/>	3			<input type="checkbox"/>															
App_20	Rottura protezioni antipolvere	<input type="checkbox"/>	2			<input type="checkbox"/>															
Eventuali note																					

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)

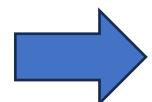


Nel campo «**tipologia di appoggio**» della scheda di appoggio indicare il numero corrispondente al tipo di appoggio oggetto di ispezione (es. appoggio in neoprene armato: indicare **2.1**; appoggio fisso a disco elastomerico: indicare **4.1**)

# 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 XXXXX Strada di appartenenza: XXXXXX Progressiva km: XXXXX		Tecnico rilevatore: XXXXXXXX Data Ispezione XXXXXXXXXXXX											
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		
App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2	0,2	0,5	<input type="checkbox"/>							
App_2	Ossidazione	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>									
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_4	Prerogolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4	<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"/>									
App_7	Inflexione/francimento perni ancoraggio	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_8	Baggiolo deteriorato/ammalorato	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>									
Difetti d'appoggio in neoprene													
App_9	Invecchiamento neoprene (fessurazione)	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>									
App_10	Invecchiamento neoprene (Delaminazione)	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_11	Fuori sede appoggio in neoprene	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_12	Invecchiamento neoprene	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_13	Schiacciamento/fuoriuscita neoprene	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
Difetti pendoli													
App_14	Ammaloramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_15	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
Difetti carrelli (metallici)													
App_16	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
App_17	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>									
Difetti d'appoggio con superfici acciaio/teflon													
App_18	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>									
App_19	Rigatura /deformazione piastre di scorrimento	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>									
App_20	Rottura protezioni antipolvere	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>									
Eventuali note													

Schede difettologiche												N° difetto: App_11		
Fuori sede appoggio in neoprene														
<b>Peso del difetto</b>														
G = 1	G = 2	G = 3	<b>G = 4</b>	G = 5	Estensione k <sub>1</sub>	Sempre = 1								
Intensità k <sub>2</sub>							Sempre = 1							
<b>Descrizione</b>														
Il difetto si riferisce al superamento della soglia di forza attrittiva 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.														
<b>Cause</b>														
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														
<b>Fenomeni di degrado correlati</b>														
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.														
<b>Fonte:</b> Ispezioni effettuate nell'ambito dell'Accordo tecnico CSLP-RelUIS (appoggio in neoprene armato)														

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

## **Aggiornamento di tutte le schede difettologiche e di ispezione**



## **Apparecchi di APPOGGIO**

**La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti – Convegno finale, Roma 19-21 novembre 2025**

*Dispositivi di appoggio Angelo MASI, Giuseppe SANTARSIERO*

# 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

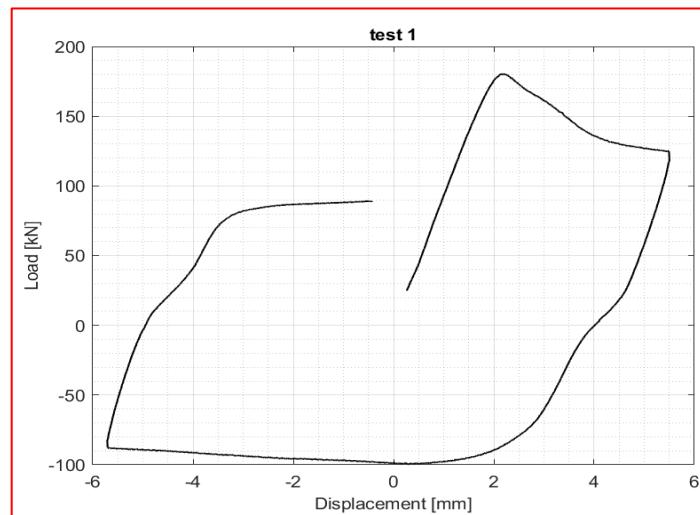
- Sperimentazione su dispositivi di appoggio
- Modellazione delle azioni in ponti esistenti e verifiche di livello 3
- Modellazione e analisi della vulnerabilità sismica di un ponte caso studio
- Modelli di IA per il rilevamento dei difetti

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:

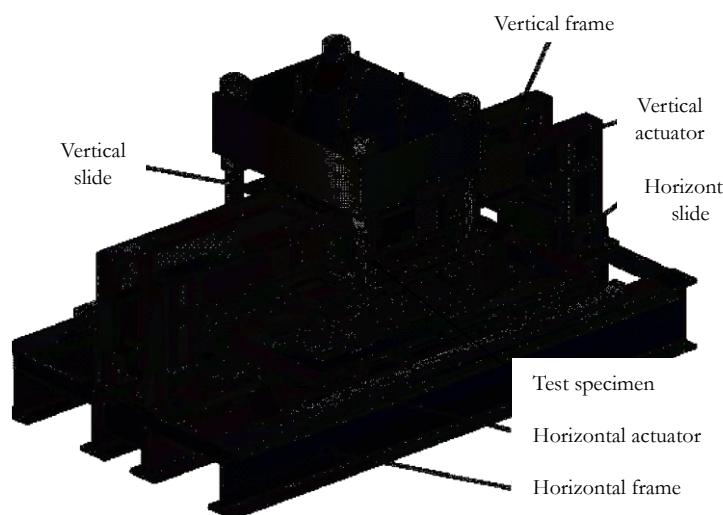
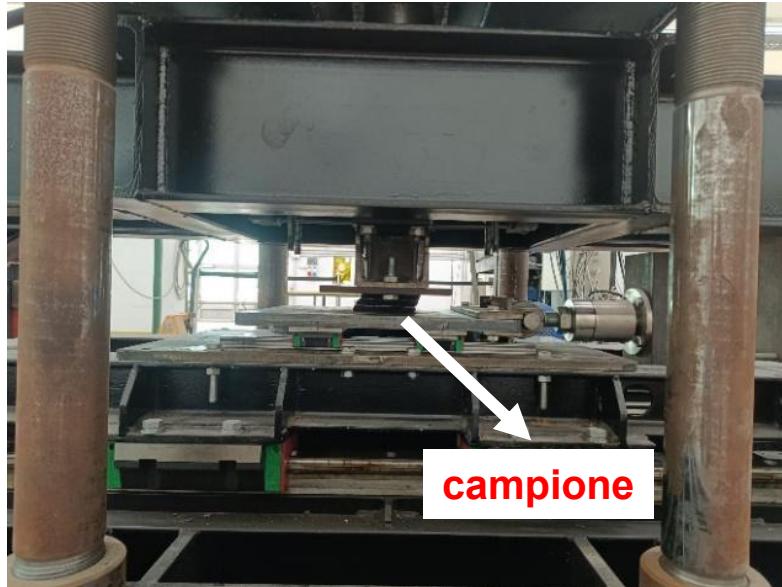
- Esecuzione di **test su appoggi degradati** estratti da ponti esistenti al fine di esaminarne il comportamento e la capacità portante residua
- Esecuzione di **test su appoggi nuovi**, da sottoporre successivamente ad invecchiamento artificiale
- Test sugli **appoggi invecchiati artificialmente** al fine di confrontare le prestazioni con gli stessi appoggi nuovi
- Identificazione della **difettologia** realmente presente

### Appoggio acciaio-PTFE

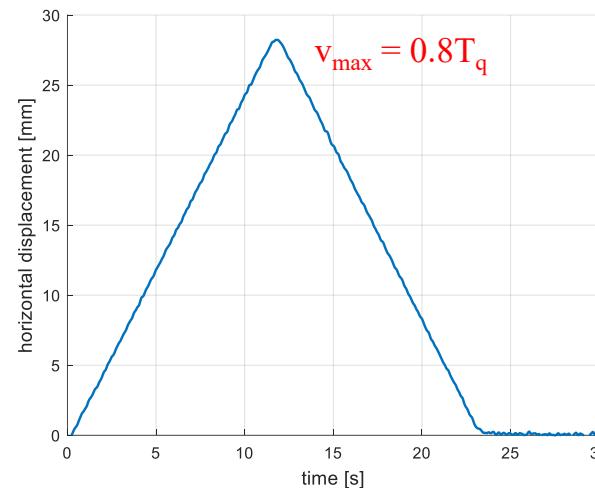


Appoggi estratti da viadotti risalenti agli anni '70 del sistema di rampe autostradali del porto di Napoli all'Autostrada A3 NA-SA [SAM]

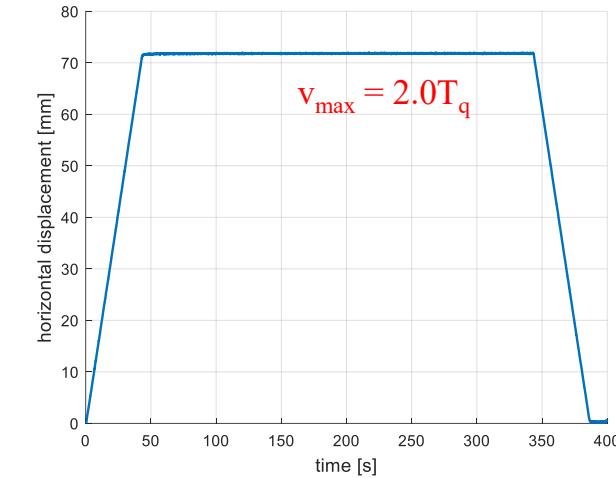
Prove secondo la Normativa Europea UNI EN 1337-3:2005 (Annex F e Annex G).



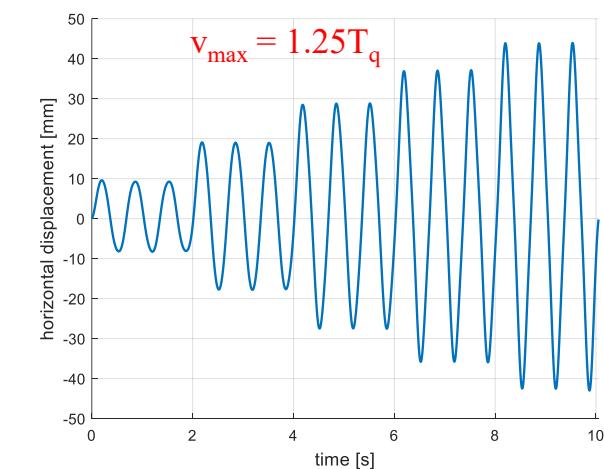
## UniNA: PROVE SUGLI APPOGGI IN NEOPRENE ARMATO



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



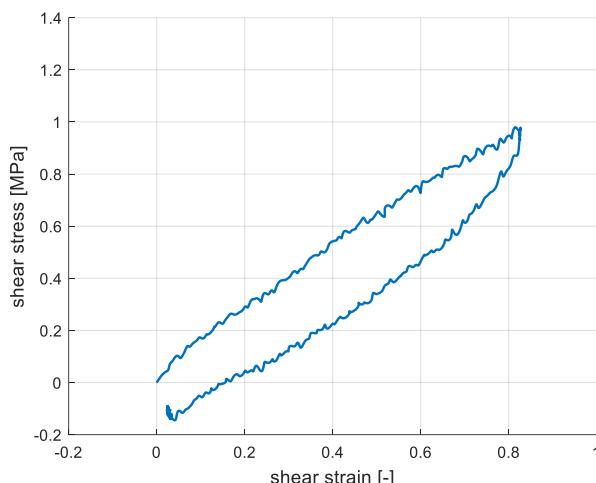
**Prova di aderenza a taglio:**  
sotto una pressione verticale di 12MPa



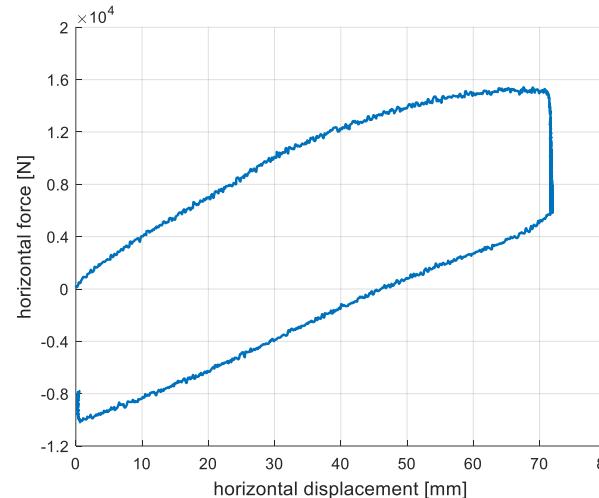
**Prova dinamica a taglio** (0.5Hz, 1.0Hz, 1.5Hz):  
sotto la pressione verticale di 6MPa

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

## UniNA: PROVE SUGLI APPOGGI IN NEOPRENE ARMATO



Prova del modulo a taglio



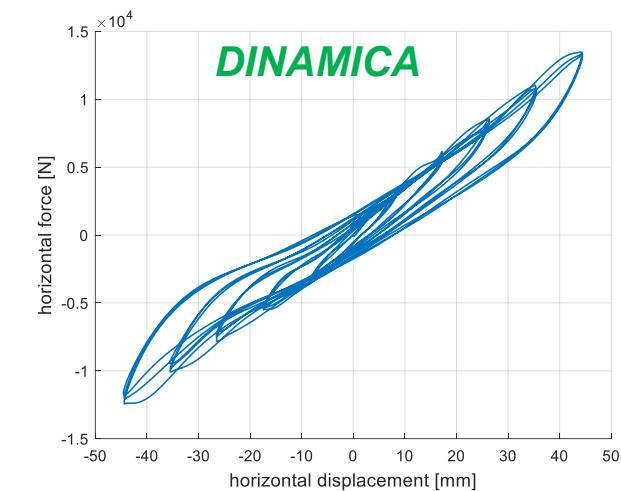
Prova di aderenza a taglio



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.

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.

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.



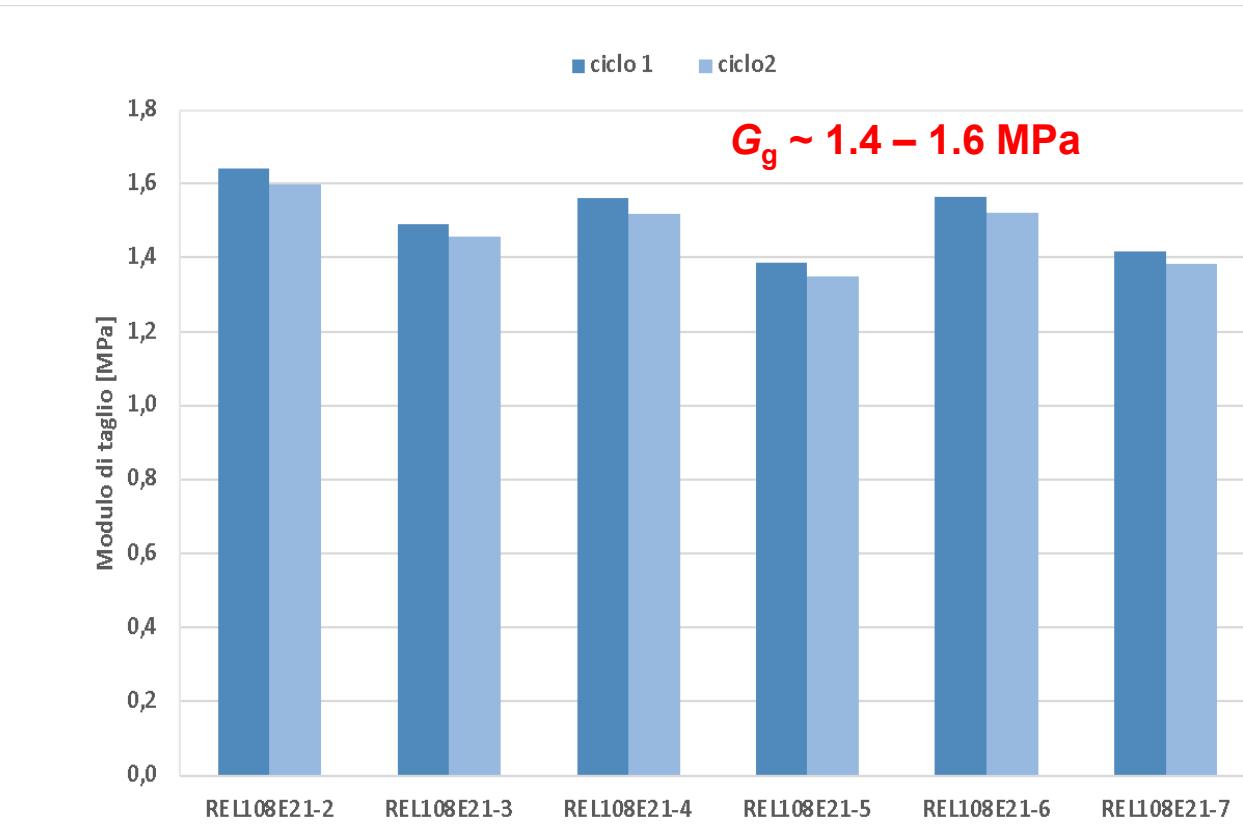
Prova dinamica a taglio (0.5Hz, 1.0Hz, 1.5Hz)

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

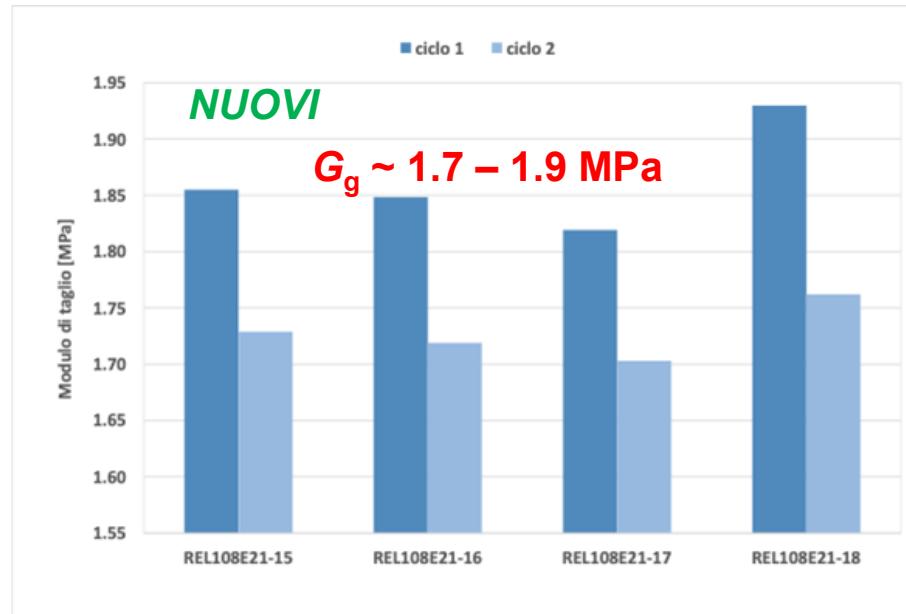
Tipo	Etichetta Ecentre
350x700x38 RB	REL108E21-15
350x700x38 RB	REL108E21-16
350x700x38 RB	REL108E21-17
350x700x38 RB	REL108E21-18

N°4

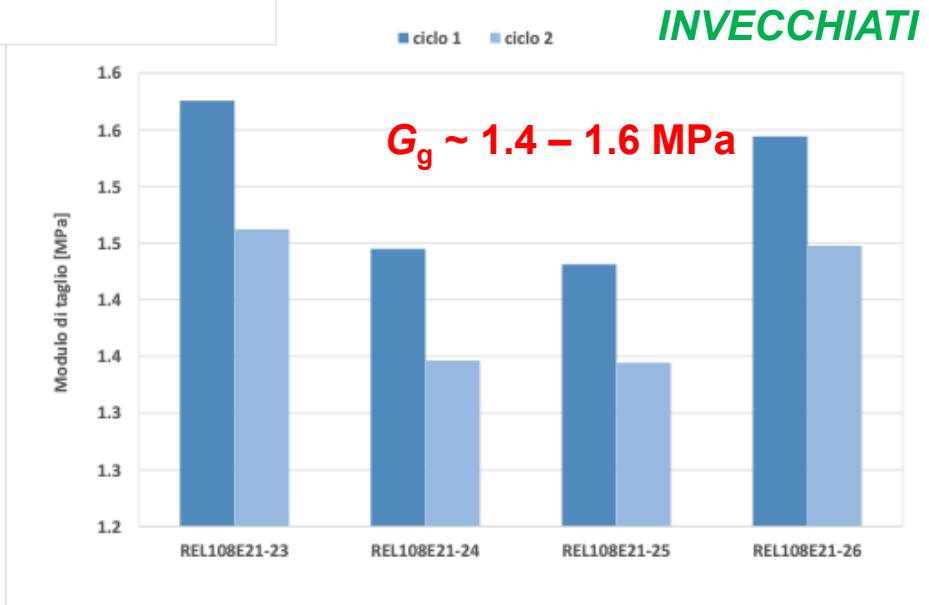


## INVECCHIATO

Tipo	Etichetta Ecentre
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



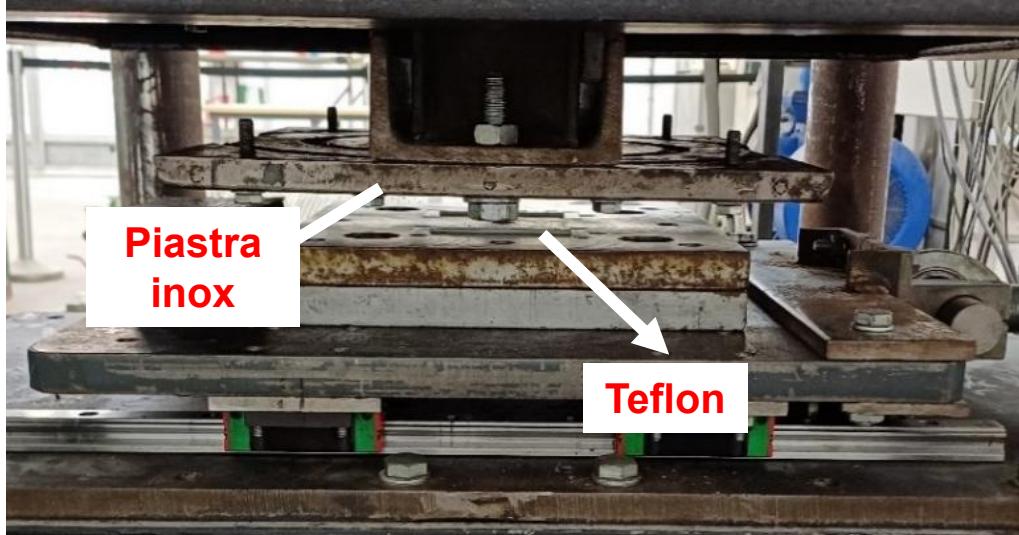
TEST SHEAR STIFFNESS A  
TEMPERATURA AMBIENTE



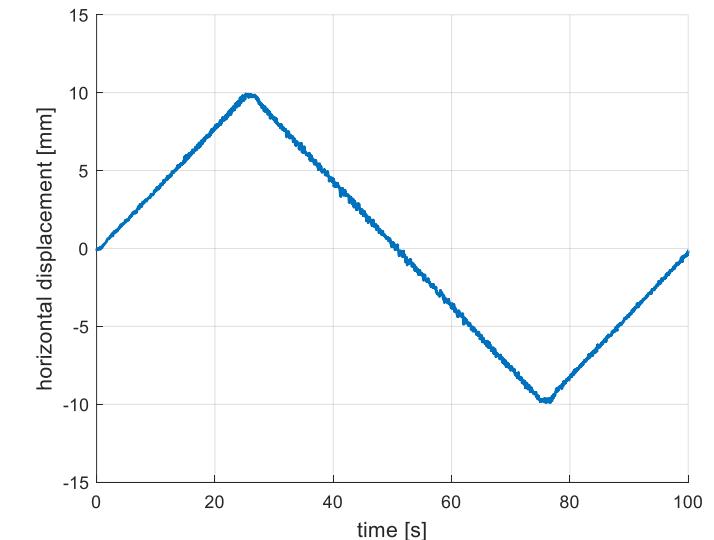
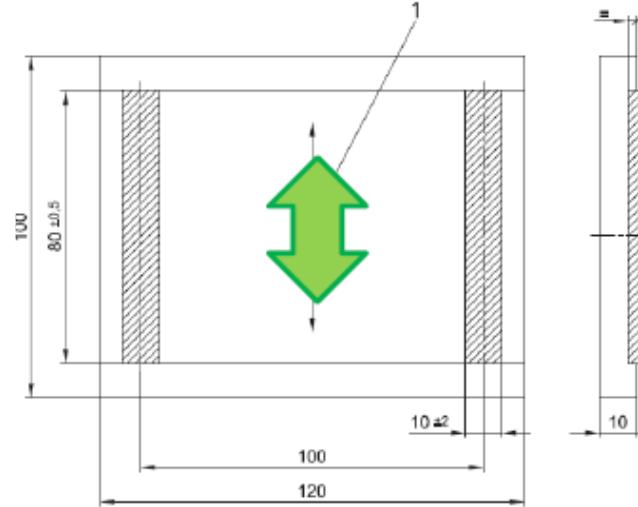
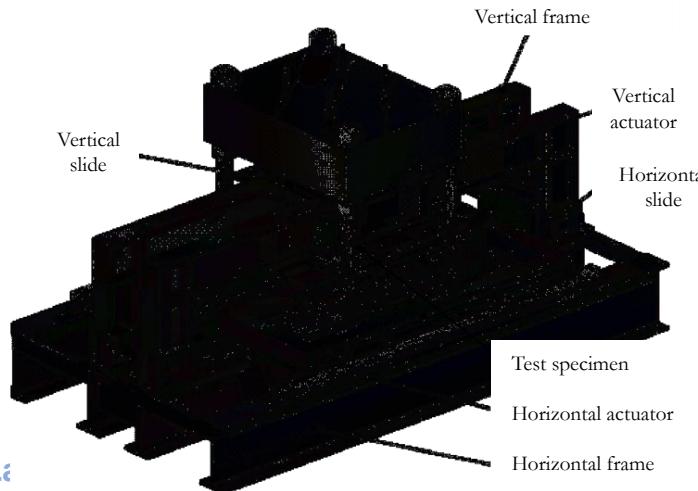
Appoggi estratti da viadotti risalenti agli anni '70 del sistema di rampe autostradali del porto di Napoli all'Autostrada A3 NA-SA [SAM]

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



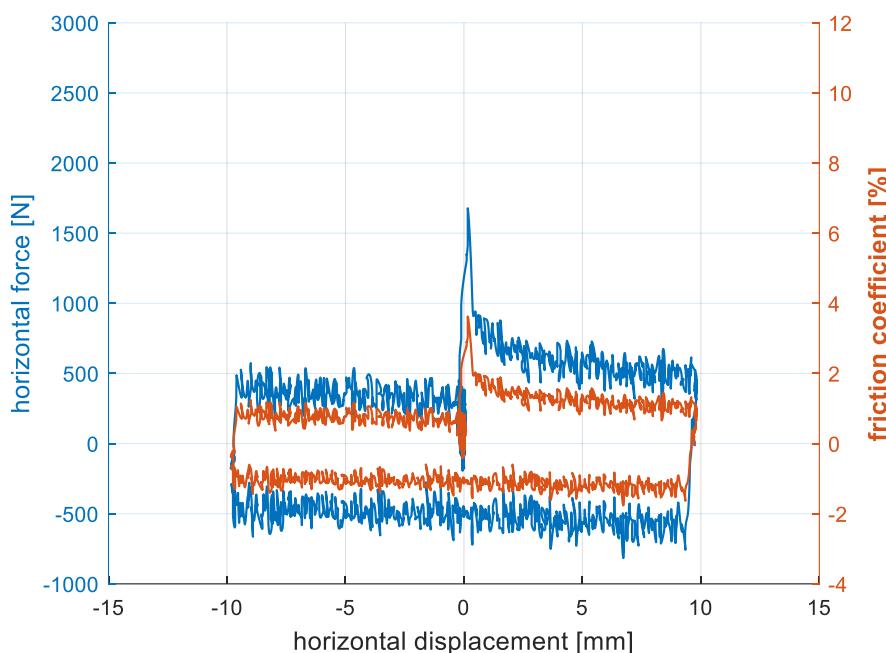
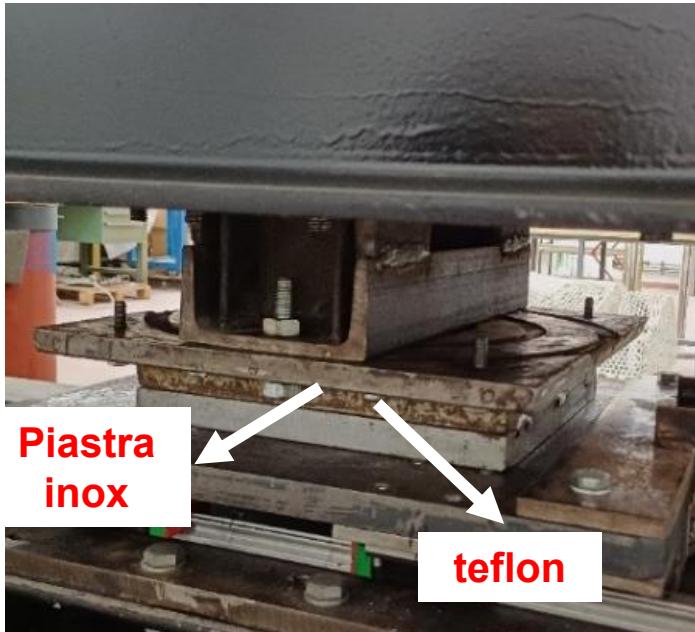
**Prova ad attrito a breve termine:**  
sotto una pressione verticale di  
30MPa

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

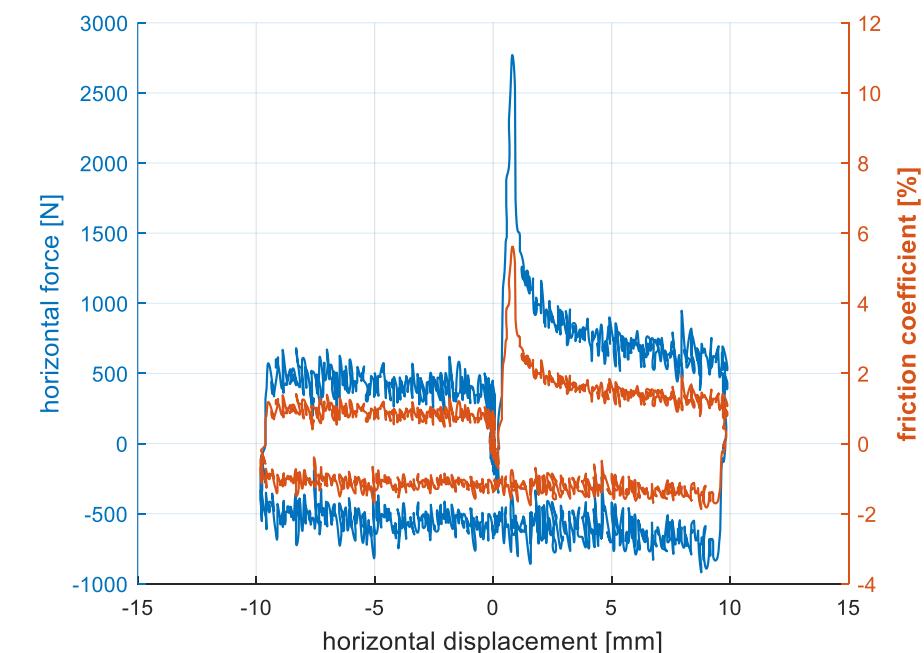
## UniNA: PROVE SULLE SUPERFICI DI CONTATTO ACCIAIO-TEFLON

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 **l'1%**



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

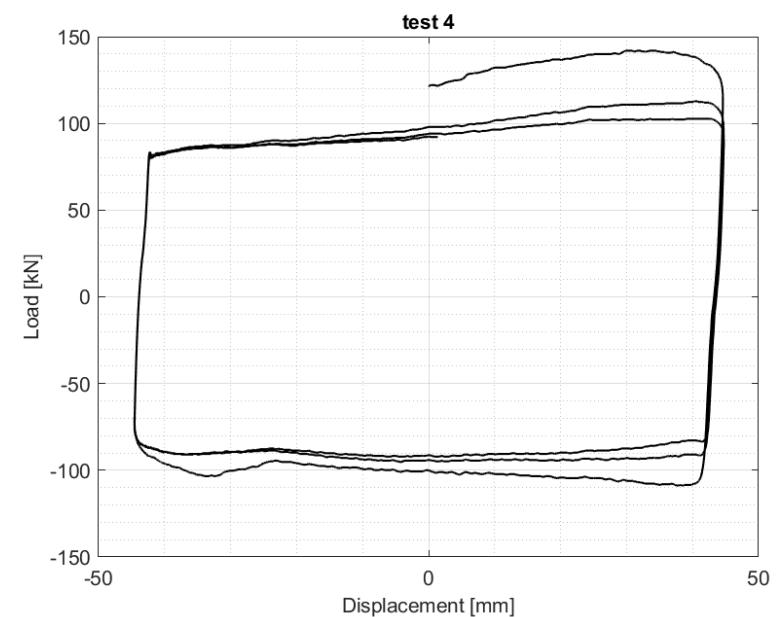
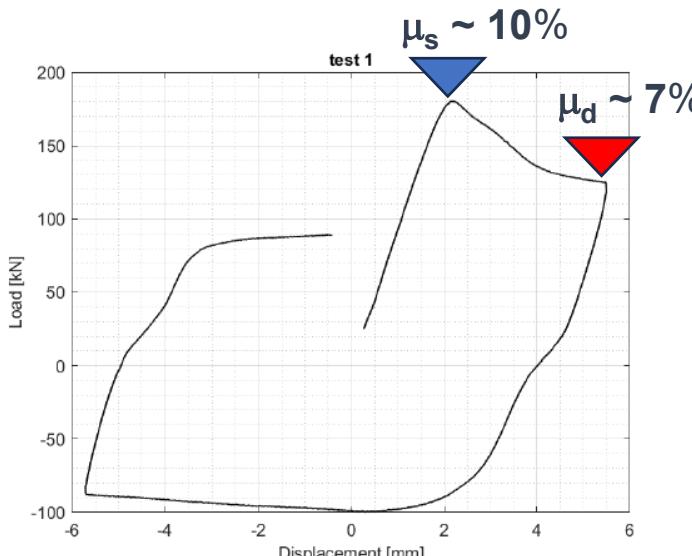


Forza di attrito – scorrimento e coefficiente di attrito –  
scorrimento:  
**Dispositivo 2 (più grande)**

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**



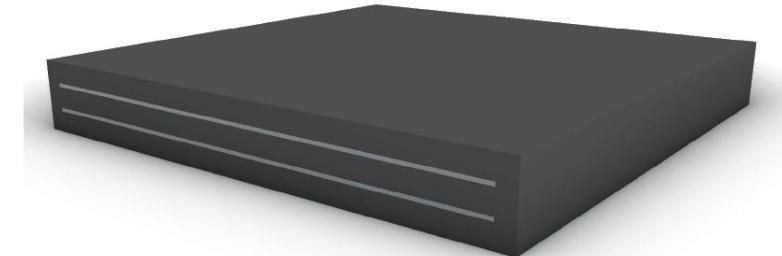
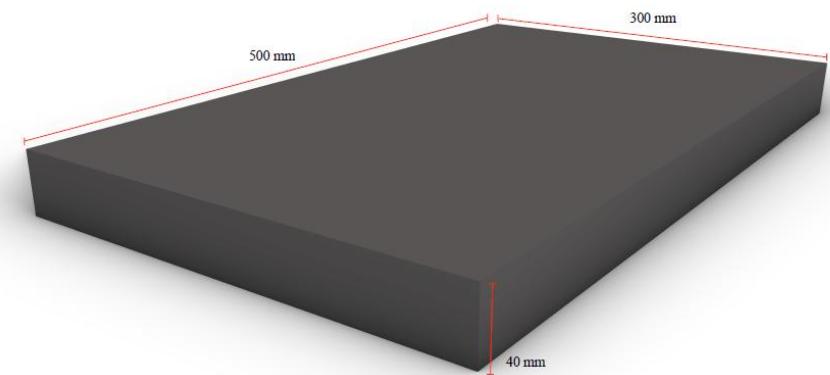
Elevati valori di attrito di:

- 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**

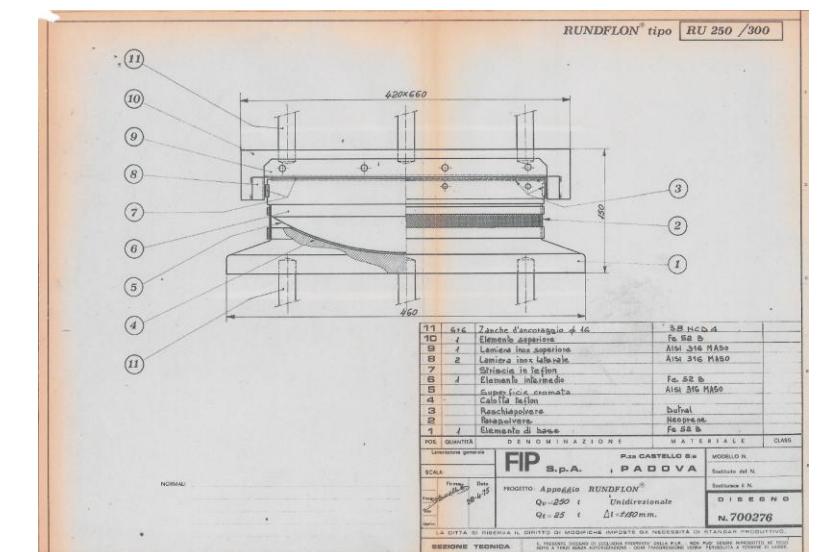
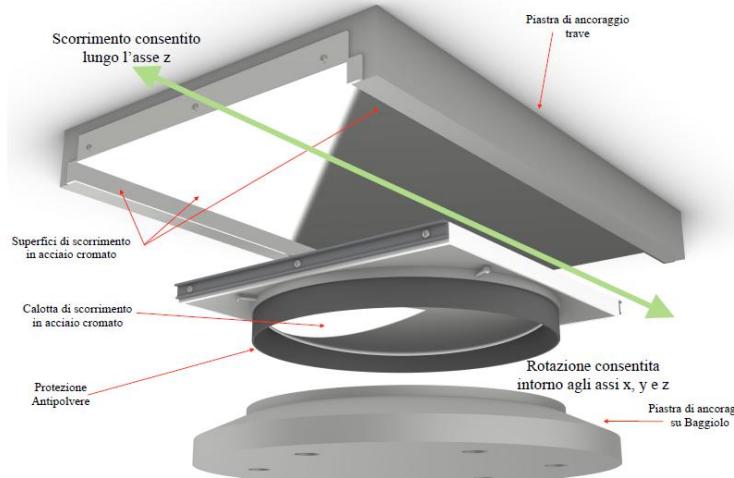


Spaccato Assonometrico

(b)

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

**Prove sperimentali in corso**



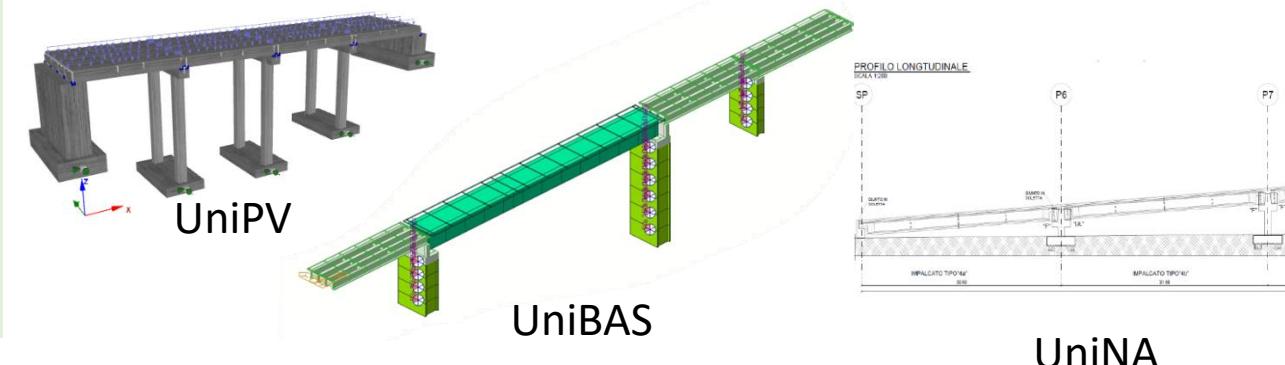
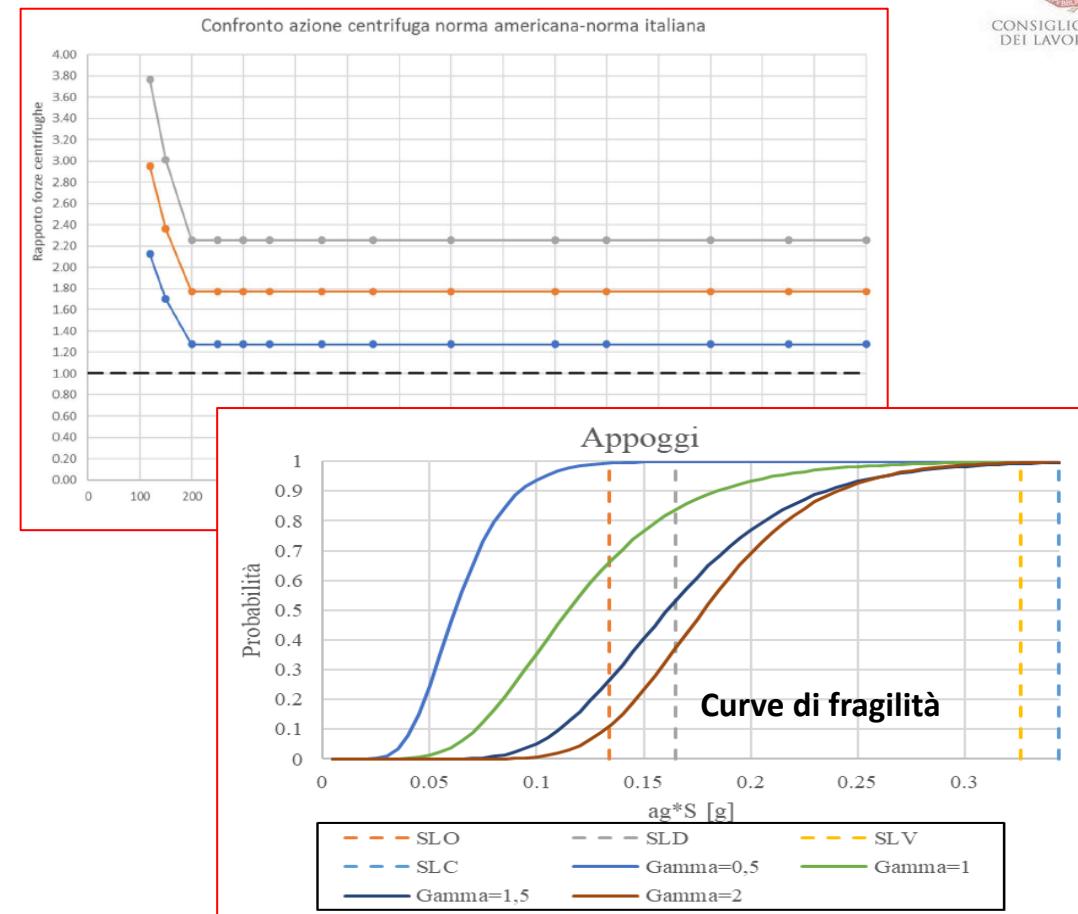
# TASK 4.2 - APPOGGI: Attività Task 4.2.2 - Modellazione

- 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



# 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

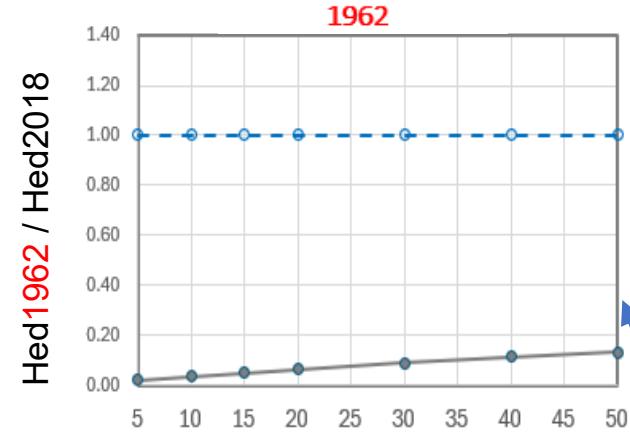
Arriviamo a circa 50 anni considerando le similitudini tra le Circc. del 1952 e 1962

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

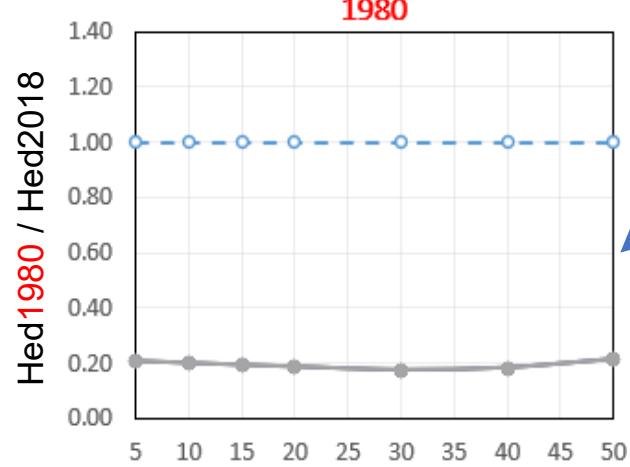
Prima del 1930 non vi erano norme che regolavano l'entità delle azioni da applicare alla progettazione dei ponti. Era lasciata libertà al progettista di assumere i carichi ritenuti più opportuni in relazione al tipo di strada ed al contesto in cui essa si trovava.

# Azioni da frenamento NTC2018 e confronto con vecchie norme

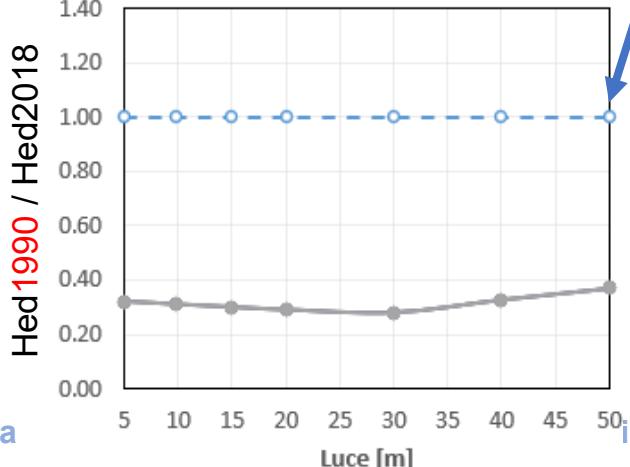
reluis



1962



1980

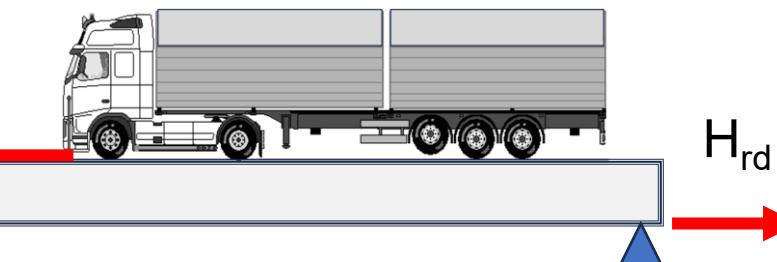


1990

## Modellazione delle azioni: forza orizzontale di frenamento

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

$H_{ed}$

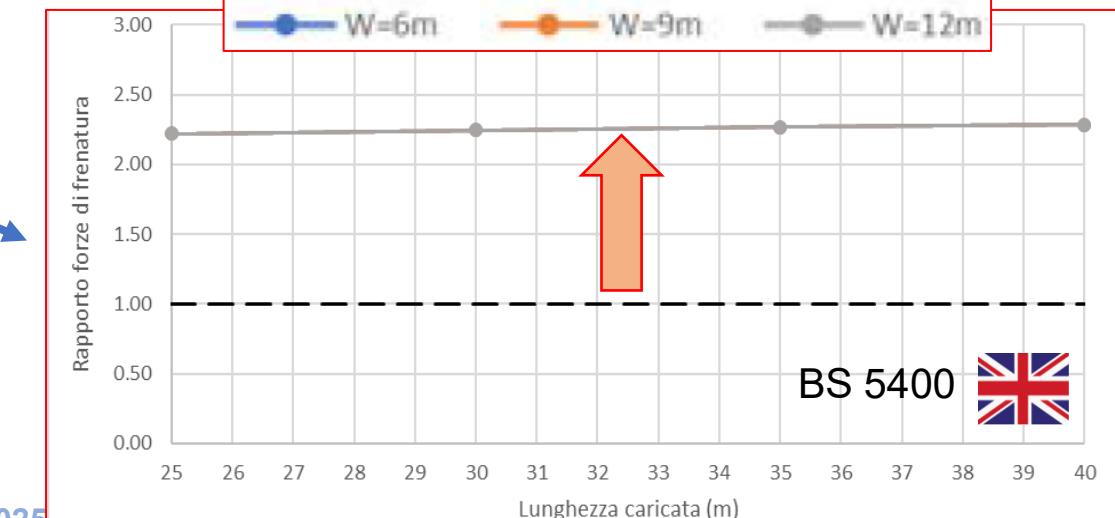
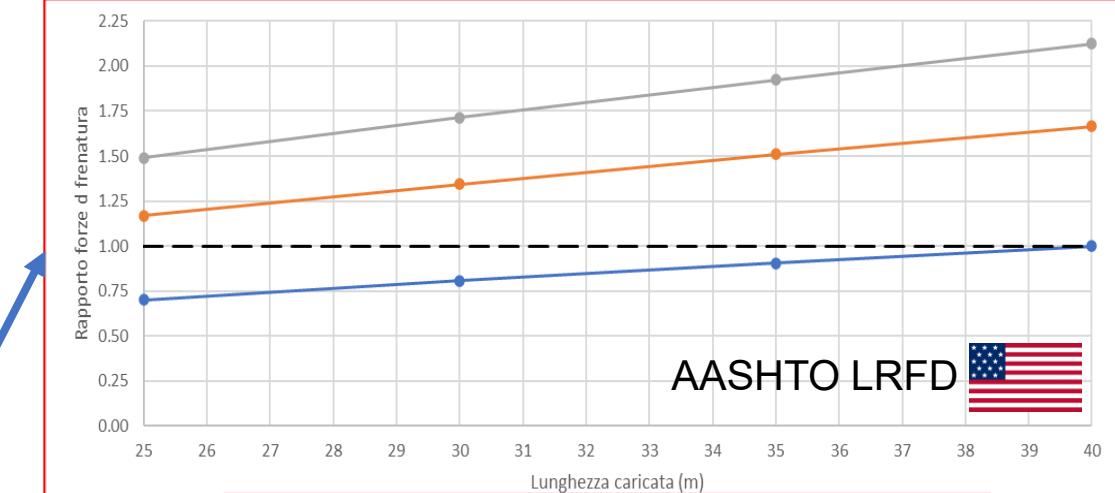


Norme italiane  
passate vs attuali

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

Norme italiane  
vs  
Norme internazionali

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



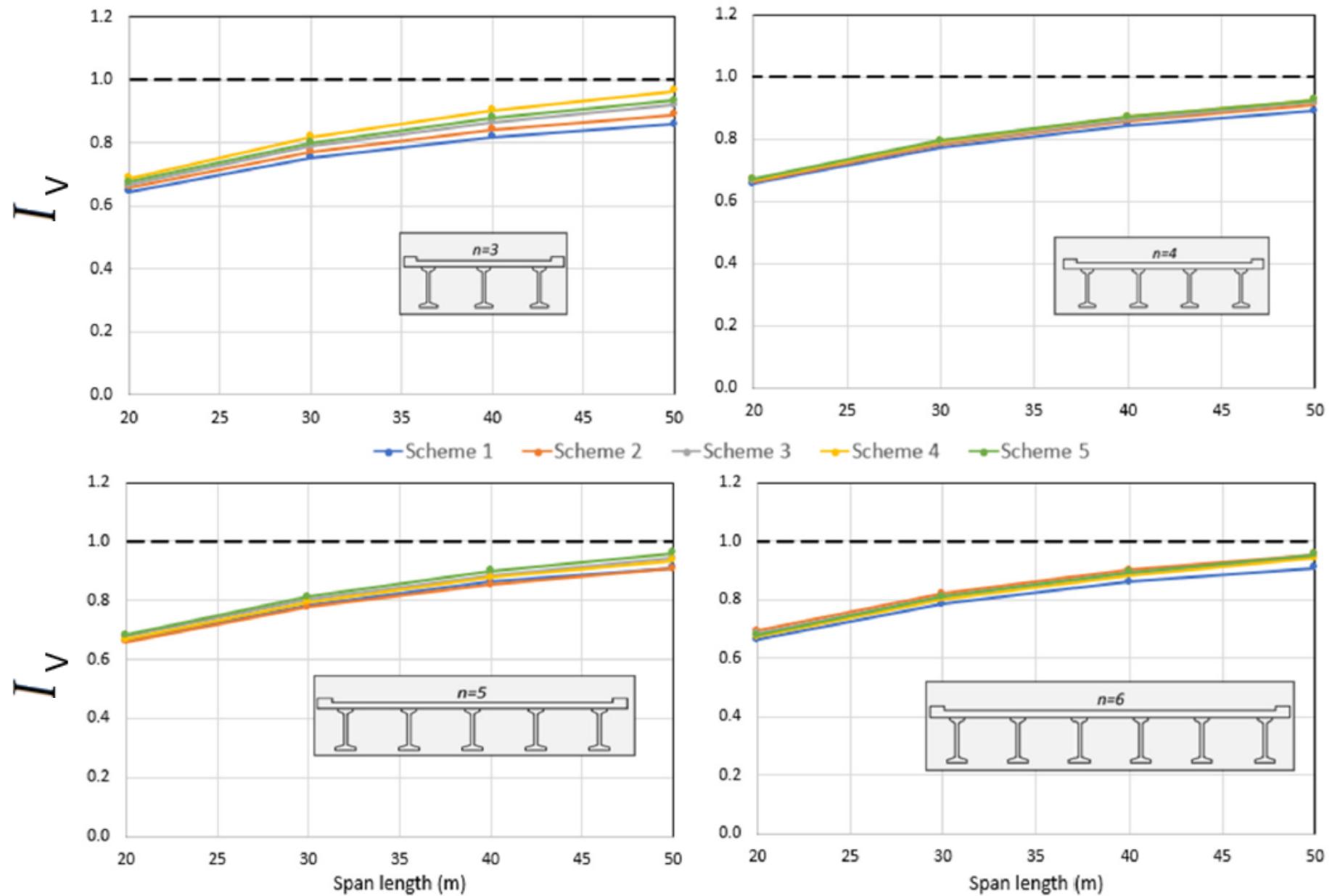
# Indici di performance: taglio (Circ, 384/1962)



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

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

**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



N48

**SIMUBRIDGE**

**reluis**

**SITI UBRIDGE**

Dato	Input	Note/erori
Anno di progettazione		Range consentito 1962-2004
Normativa carichi ponti	normativa non considerata	
Numero di travi, n		Range consentito 3-6
Larghezza complessiva, w (m)		
Luce di calcolo, L (m)		Range consentito 20-50 m

**calcola indici di perfomance LIV 3**

RISULTATI		
Im		Indice di performance a flessione
Iv		Indice di performance a taglio

Indici di performance Im, Iv

Im Iv

**Calcolo automatico su un campione di ponti**

Nome ponte	Luce (m)	Larghezza impalcato w (m)	n travi	Anno prog.	Im	Iv
Rupoli	33	10.5	4	1970		
Mariagiovanna	33	10.5	3	1970		
Solorso I	29	10.3	5	1970		
Cardinale	33	10.2	3	1970		
Sciescio sez. tipo 1	33.6	10.5	4	1970		
Sciescio sez. tipo 2	34	10.5	4	1970		
Seminello	33	10.5	3	1970		
Noce I	33.9	9.8	4	1970		

**cancella risultati**

**cancella dati di input**

**calcola indici performance LIV 3 per gruppo di ponti**

$I_M = \frac{M_{\text{old code}}}{M_{2018}}$

$I_V = \frac{V_{\text{old code}}}{V_{2018}}$

[1] Santarsiero, G., Albanese, P., Picciano, V., Ventura, G., & Masi, A. (2023). Level 3 Assessment of Highway Girder Deck Bridges according to the Italian Guidelines: Influence of Transverse Load Distribution. *Buildings*, 13(7), 1836. <https://doi.org/10.3390/buildings13071836>

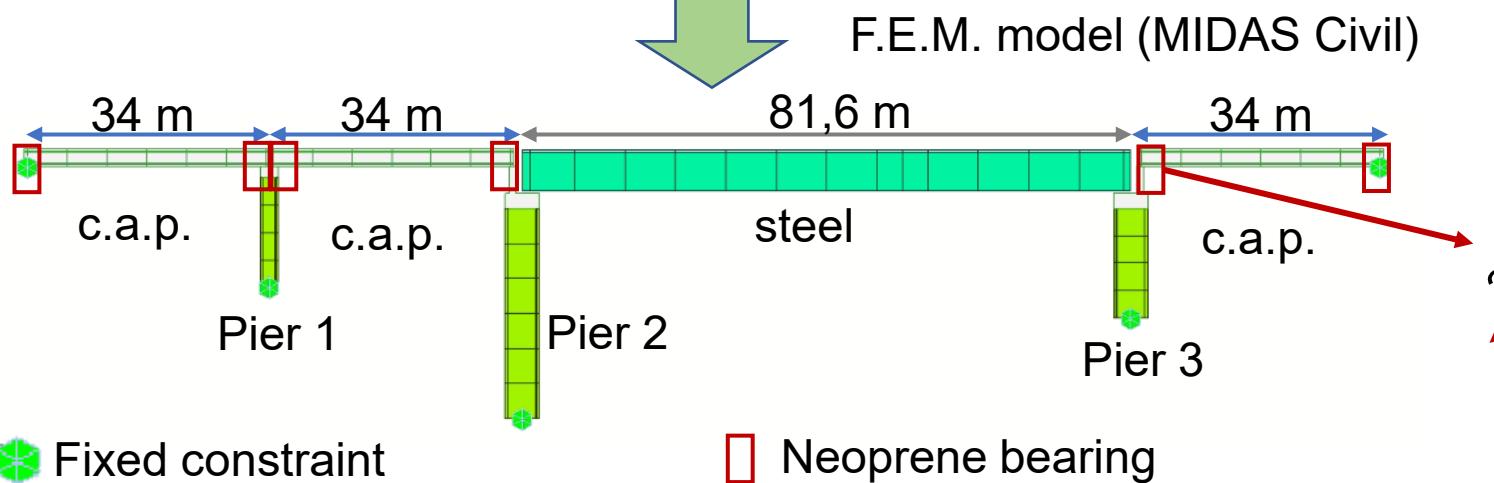
**SIMUBRIDGE** è uno strumento per l'effettuazione di verifiche di livello 3 sulle travi principali di ponti a travata con sezione a graticcio in accordo alle *Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti*, sulla base delle seguenti ipotesi:

- Ponti con sezione a graticcio
- Ponti progettati in prima categoria
- Luci di calcolo comprese fra 20 e 50 m
- Sezioni a 3, 4, 5 e 6 travi (derivanti da studio statistico [1])
- Considerazione della ripartizione trasversale dei carichi
- Tre normative di riferimento: Circolare 384 del 1962, DM1980, DM1990

Gli indici  $Im$  ed  $Iv$  che si ottengono rappresentano rispettivamente i rapporti tra le sollecitazioni flettenti e taglienti di progetto secondo la normativa vigente all'epoca della costruzione e quelle relative all'applicazione degli schemi di carico vigenti (NTC2018). Per maggiori informazioni sulle caratteristiche e le limitazioni della procedura fare riferimento a [1].

Note: nella colonna **input**, inserire solo i dati evidenziati in **rosso**; non modificare i fogli "tabelle", "C1962", "DM1980", "DM1990". Nel caso di calcolo iterativo di più ponti inserire solo i dati in **rosso** qui sotto

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

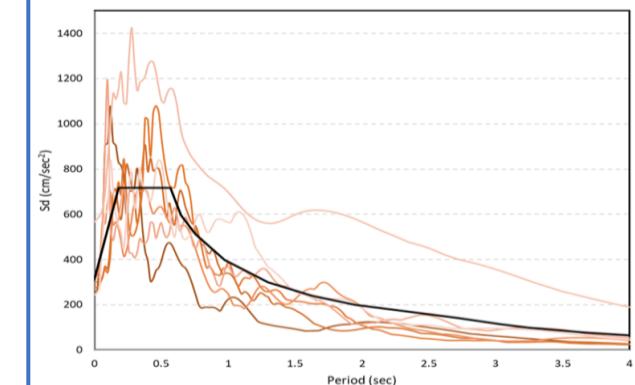


Viadotto Rupoli sulla Potenza-Melfi

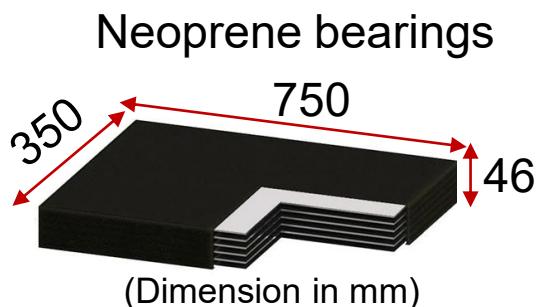
Obiettivo analisi sismica con modellazione esplicita degli appoggi e della loro influenza sulla vulnerabilità sismica

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

Input sismico (trasversale)

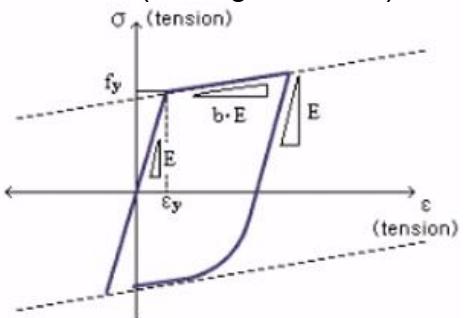


7 accelerogrammi spettro-compatibili scalati da 0.1g ad 1.0g

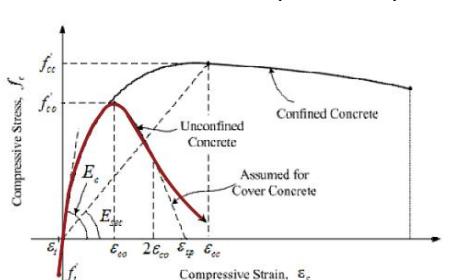


### Modelli costitutivi

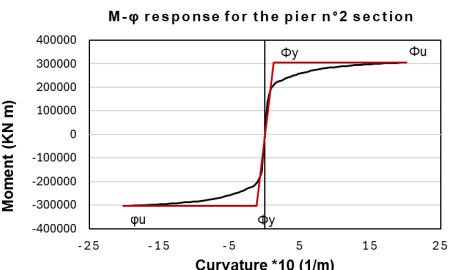
Acciaio (Menegotto-Pinto)



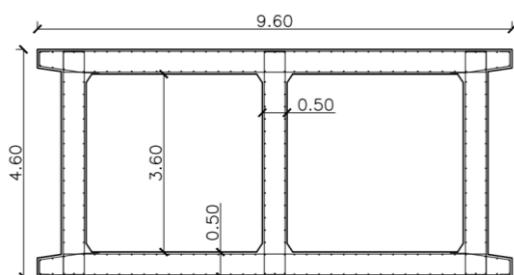
Calcestruzzo (Mander)



Cerniera plastica pile 2 e 3

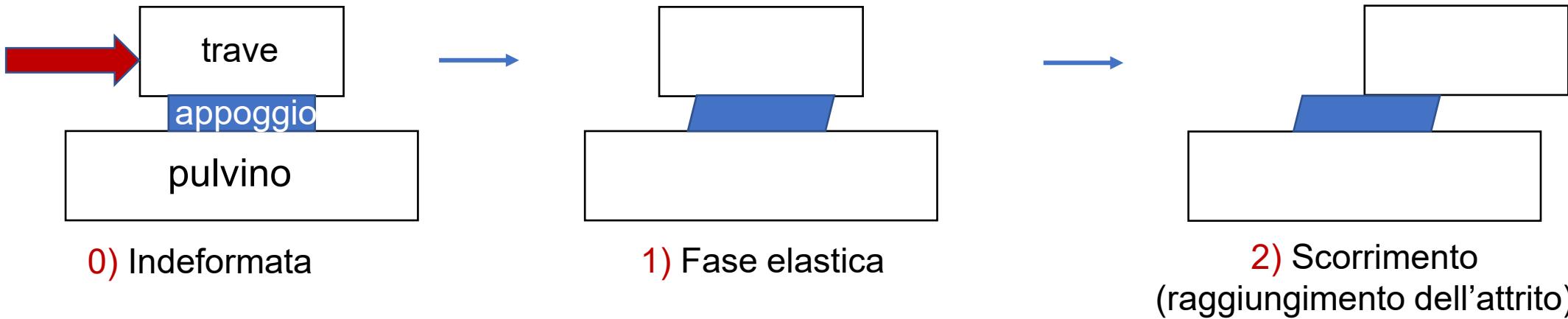


Sezione PILA 2 e 3



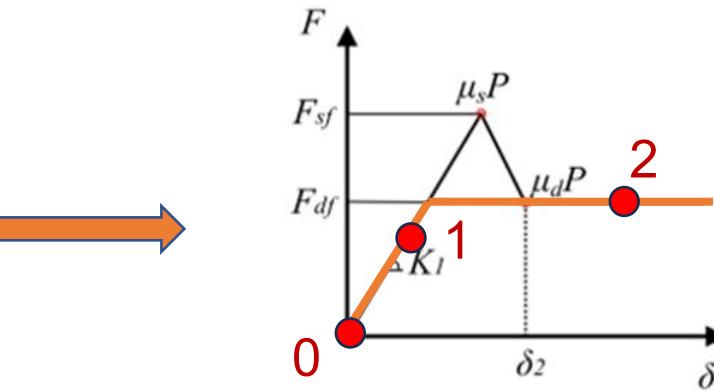
Dispositivi di appoggio Angelo MASI, Giuseppe SANTARSIERO

Al crescere delle forze orizzontali il sistema esibisce le seguenti configurazioni



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

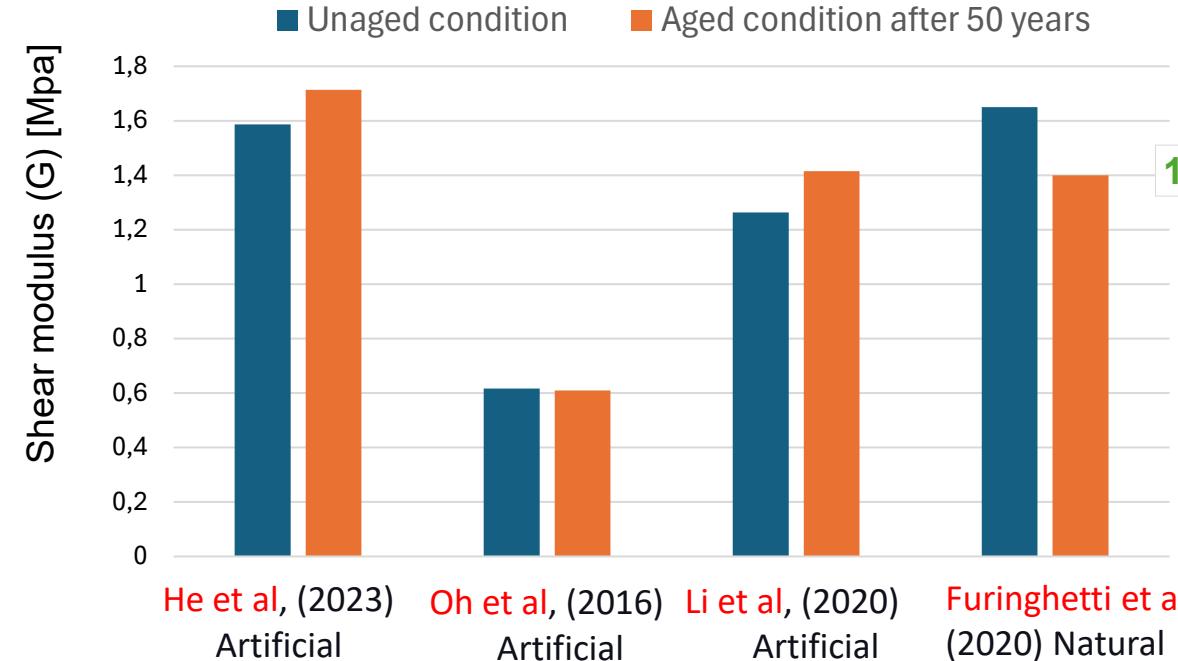
A diagram of a rectangular block with dimensions labeled  $a$ ,  $b$ , and  $h$ .



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

## Variabilità del modulo tangenziale G



## Invecchiamento naturale

↑  
1,4 Mpa

- 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 EngineeringM. 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
Maglilio et al.	0.16
Steelman et al.	0.55
CNR10018	0.30
Media	0.34

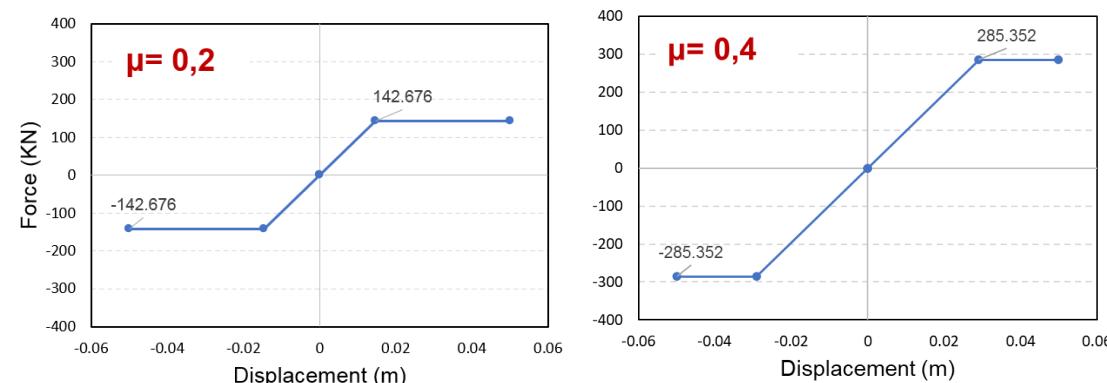
AASTHO

 $\mu = 0,2$ 

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;



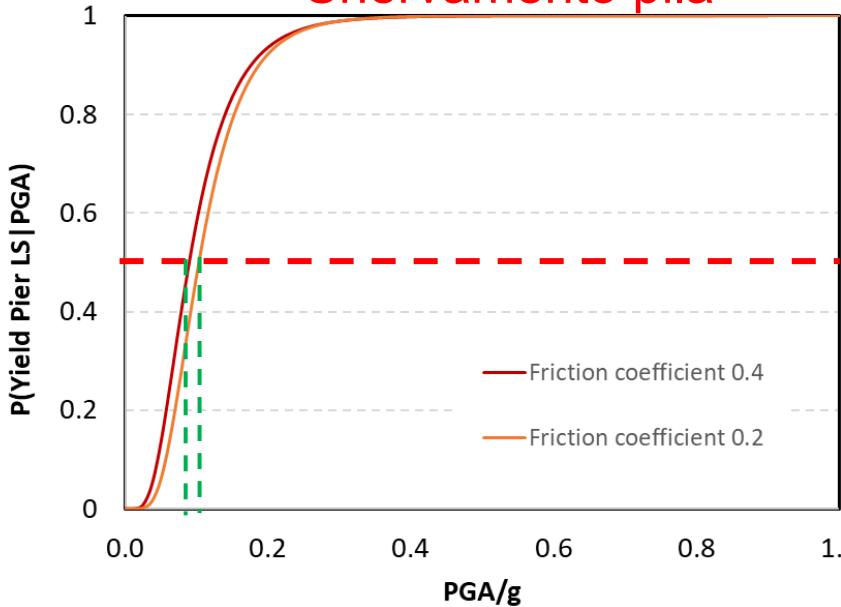
5. **Stato limite di impatto con ritegno trasversale:** questo stato limite è raggiunto quando lo spostamento trasversale è uguale a 10 cm.



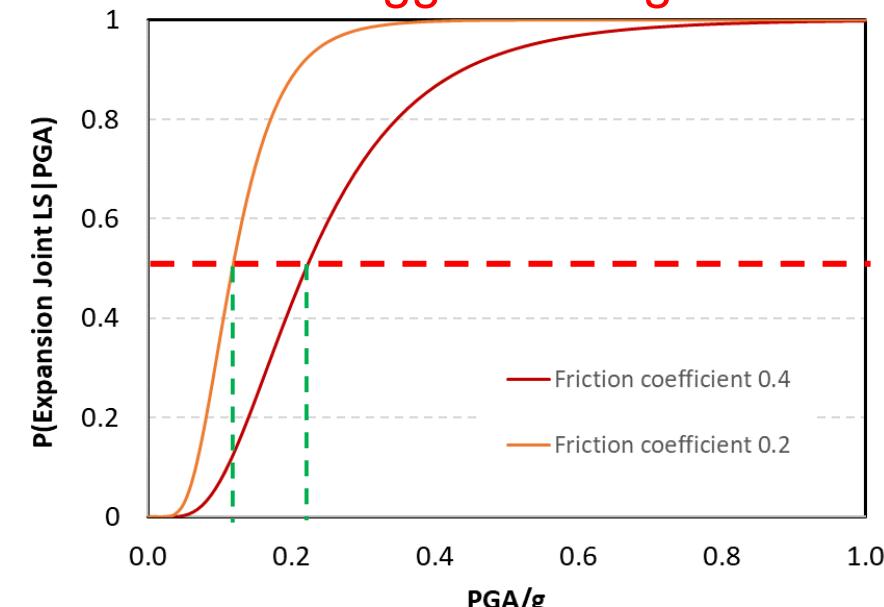
# Curve di fragilità

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

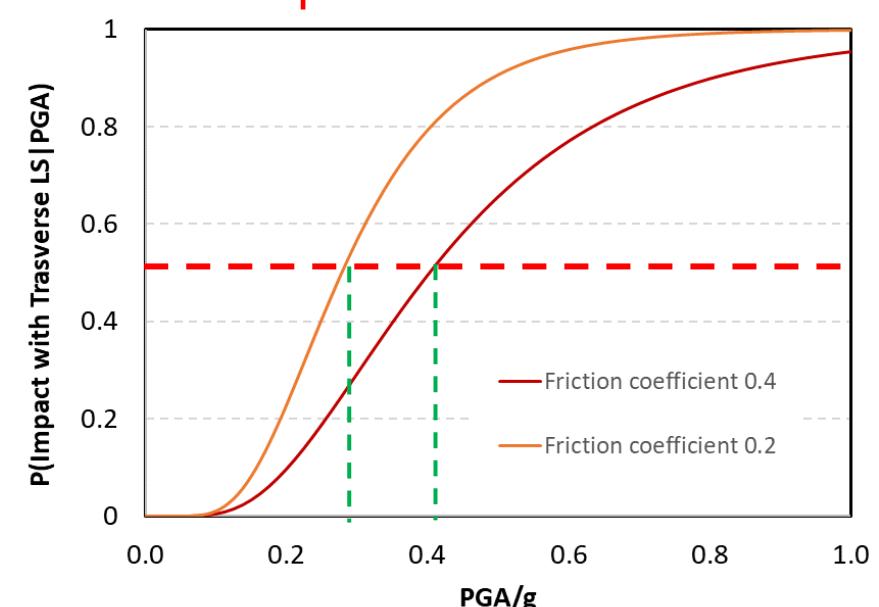
**Snervamento pila**



**Danneggiamento giunto**



**Impatto con il vincolo**



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

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

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

Nº	Descrizione difetto	Visto	Estensione K1			Intensità K2	Nº foto	PS	NA	NR	NP	Note
			0.2	0.5	1							
App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>								
App_2	Ossidazione	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>								
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
App_4	Prerogolazione sbagliata	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
App_5	Presenza di detriti	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	img_0386							
App_6	Schiacciamento/Floruscita lastre piombo	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
Difetti d'appoggio in neoprene												
App_7	Invecchiamento neoprene	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>								
App_8	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
App_9	Schiacciamento/Floruscita neoprene	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input checked="" type="checkbox"/>	img_0386							
Difetti pendoli												
App_10	Annularoramento pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
App_11	Fuori piombo permanente	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
Difetti carrelli (metallici)												
App_12	Ovalizzazione rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
App_13	Fuori sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>								
Difetti appoggio generici												
App_14	Deterioramento Teflon	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>								

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

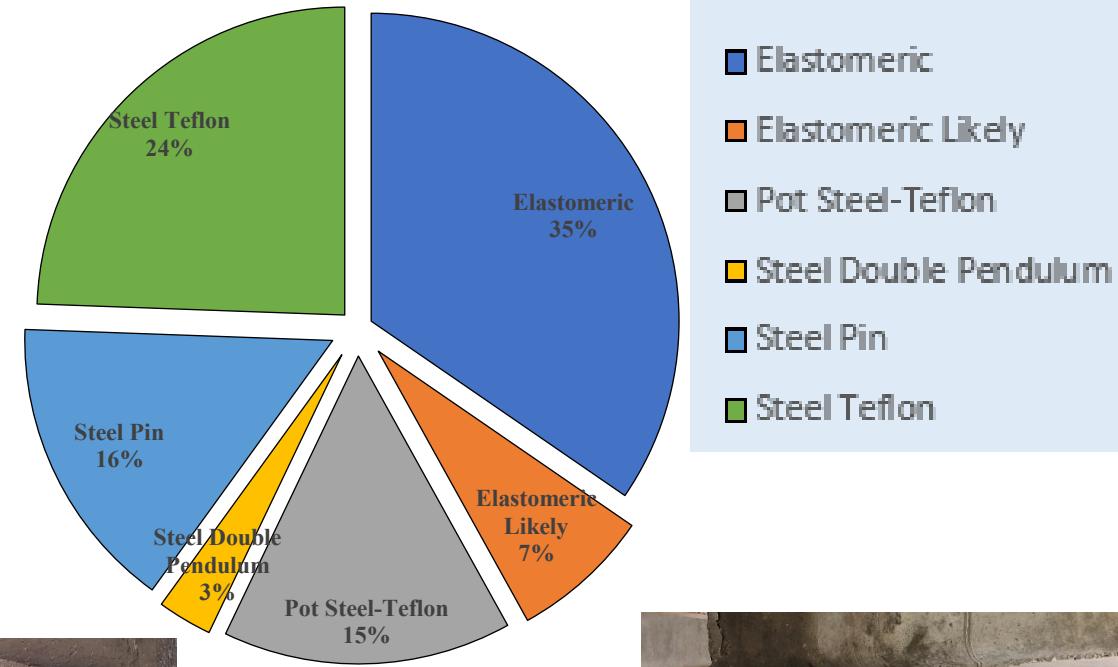


Applicando delle tecniche di **Data Augmentation**, nello specifico rotazione di +15° e -15°, sfocatura di 2,5 px si hanno **3084 immagini** suddivise come segue

- 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**



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

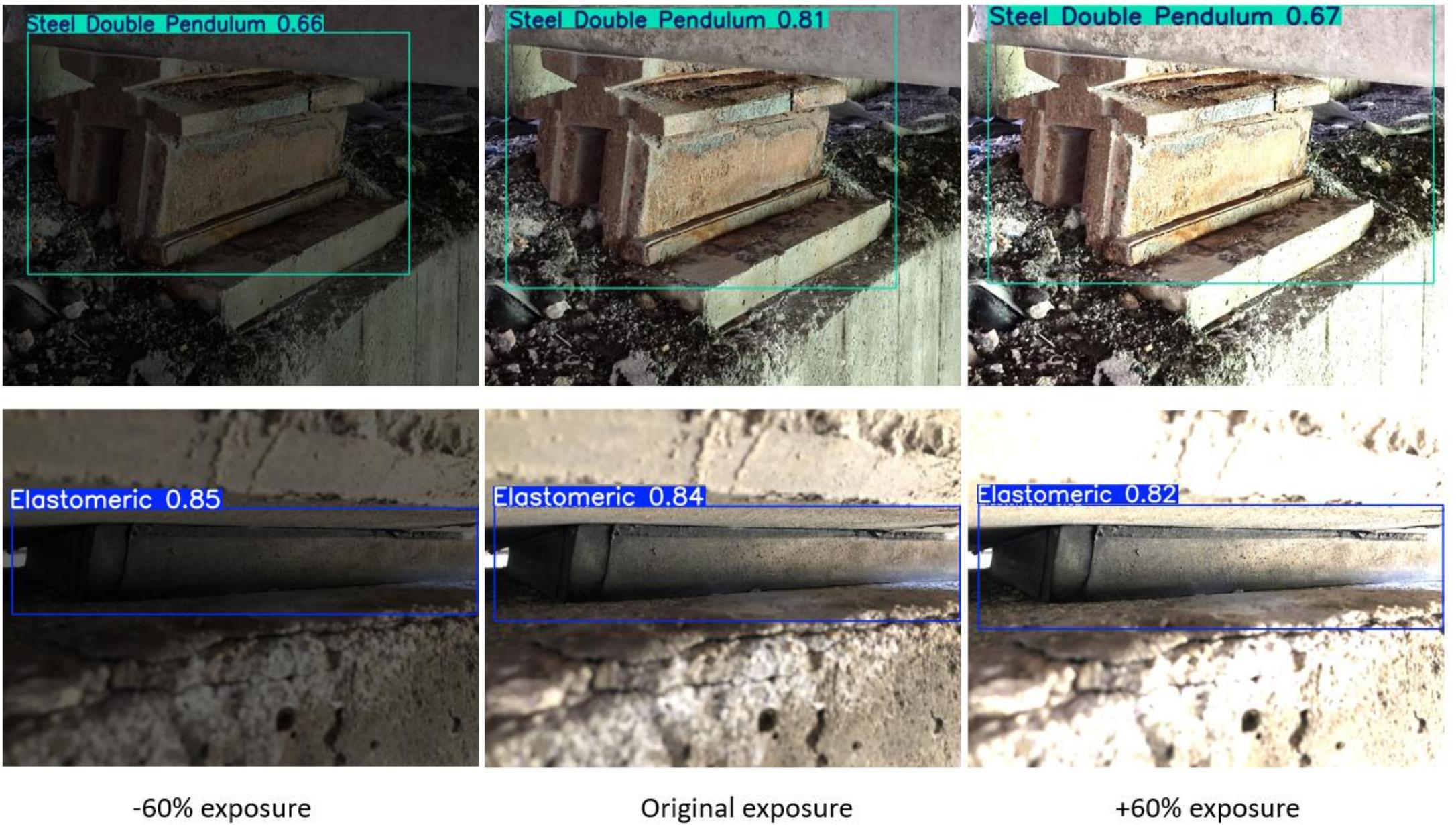


## Inferenza tipologia

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)

**Pannello di controllo**

**Elenco immagini analizzate**

**Quantificazione della difettologia**

Cerniera in acciaio 0.88

**Immagine post-inferenza**

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.

**Descrizione della difettologia**

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

Nº	Descrizione difetto	Visto	G	Estensione K1	Intensità K2	Nº foto	PS	NA	NR	NP	Note
App_1	Piastra di base deformata	<input type="checkbox"/>	2	0.2 0.5 1	0.2 0.5 1		<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"/>	
App_3	Bloccaggio	<input type="checkbox"/>	4				<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"/>	
App_5	Presenza di detriti	<input type="checkbox"/>	2		<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"/>	
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"/>	
App_8	Deformazione orizzontale eccessiva	<input type="checkbox"/>	4				<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"/>	
Difetti pendoli											
App_10	Anomalamente pendoli in c.a.	<input type="checkbox"/>	4				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
App_11	Fuorpiombo permanente	<input type="checkbox"/>	4				<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"/>	
App_13	Furi sede rulli metallici	<input type="checkbox"/>	4				<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"/>	

La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti – Convegno finale, Roma 19-21 novembre 2025

- La **grande eterogeneità delle ispezioni** e la presenza di difetti non contemplati nelle Linee Guida mostrano la necessità di una **maggior 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 ( $G=1,0-1,6 \text{ Mpa}$ )**, 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 (~5–6%) e dinamico (~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 CSLLPP 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**