

## Convegno

# Analisi, monitoraggio e interventi sulle opere infrastrutturali delle reti viarie regionali

**Classificazione e gestione del rischio  
per la valutazione della sicurezza  
dei ponti della Regione Campania**

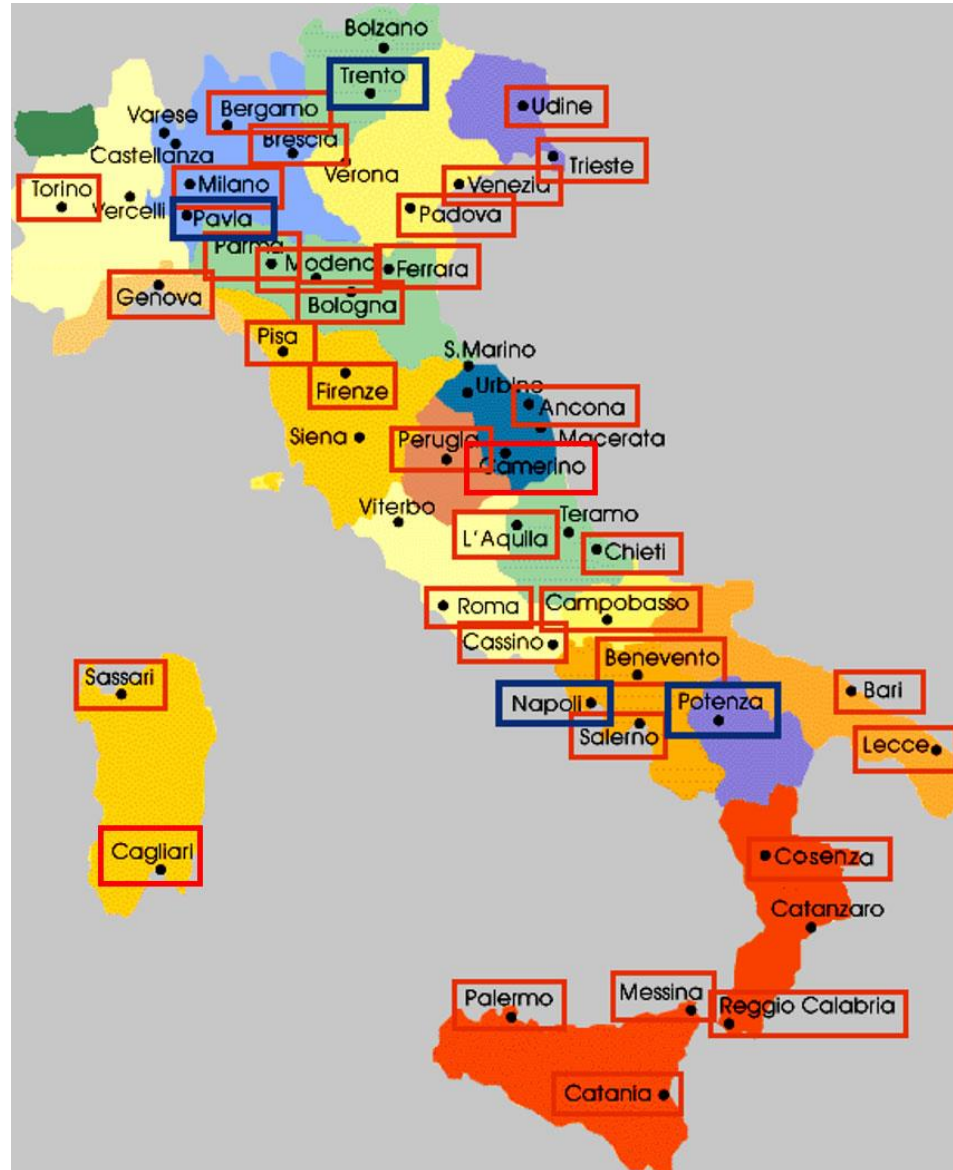
**Napoli  
14 novembre 2023**

**Mauro Dolce**



La **Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e Strutturale (ReLUIS)**, è costituita con atto convenzionale sottoscritto il **17 aprile 2003**.

Il Consorzio si propone come **interlocutore scientifico** dei vari Organi del Governo Nazionale, delle Regioni, Province, Comuni e di Istituti pubblici e privati.



**Unità di Ricerca di Università su tutto il territorio nazionale**

**Attività di ricerca dal 2004**

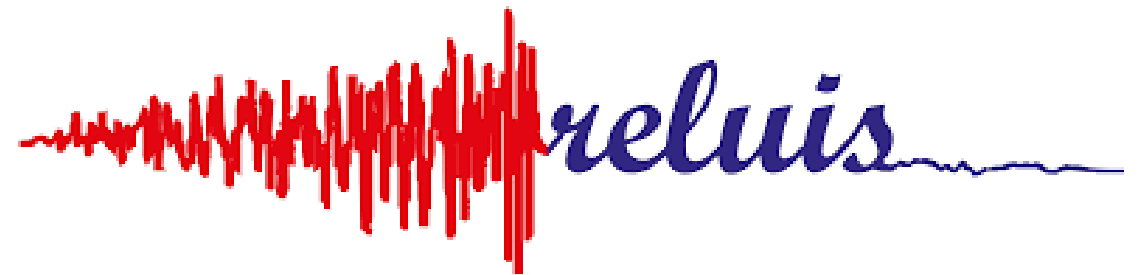
Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile

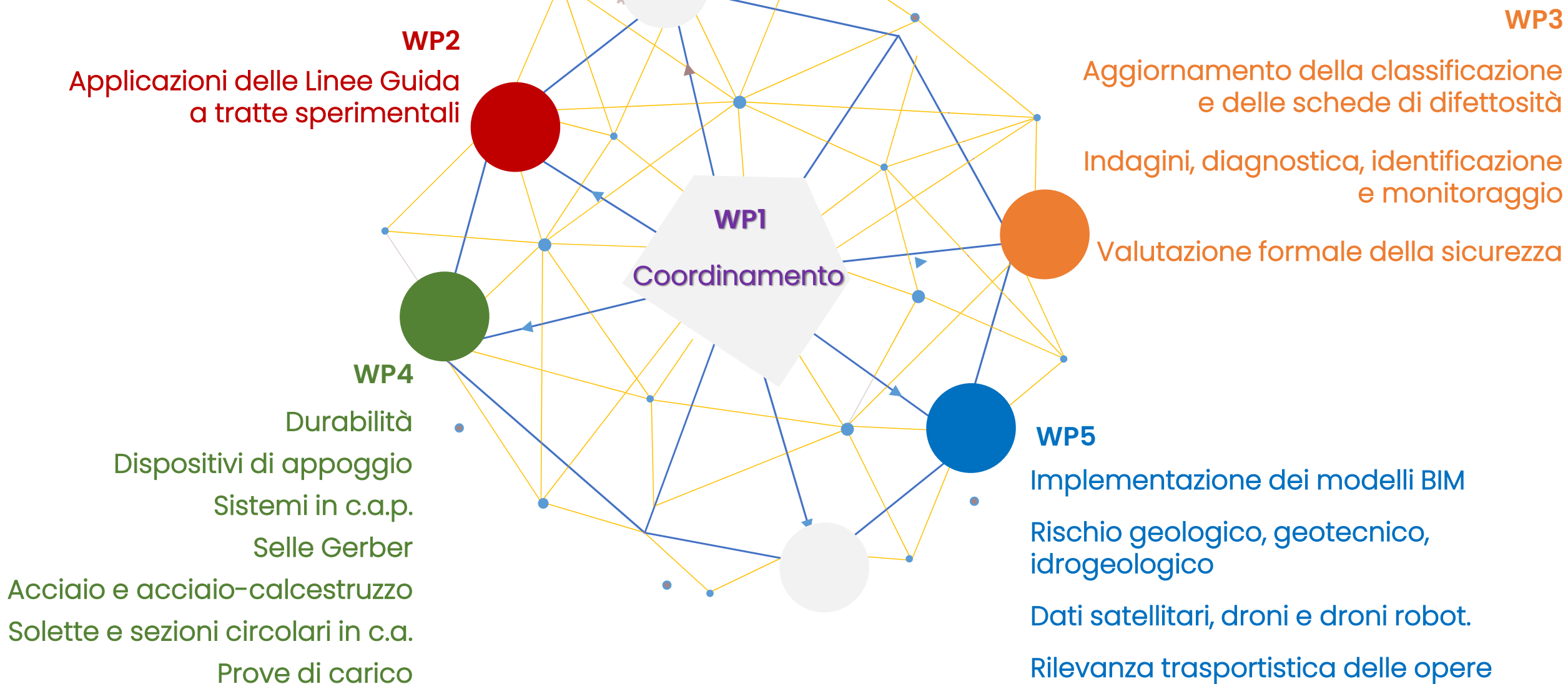
# Accordo Tecnico tra il CSLLPP e il Consorzio ReLUIS ex art. 15 Legge 241/1990 attuativo del DM 578 del 17 dicembre 2020



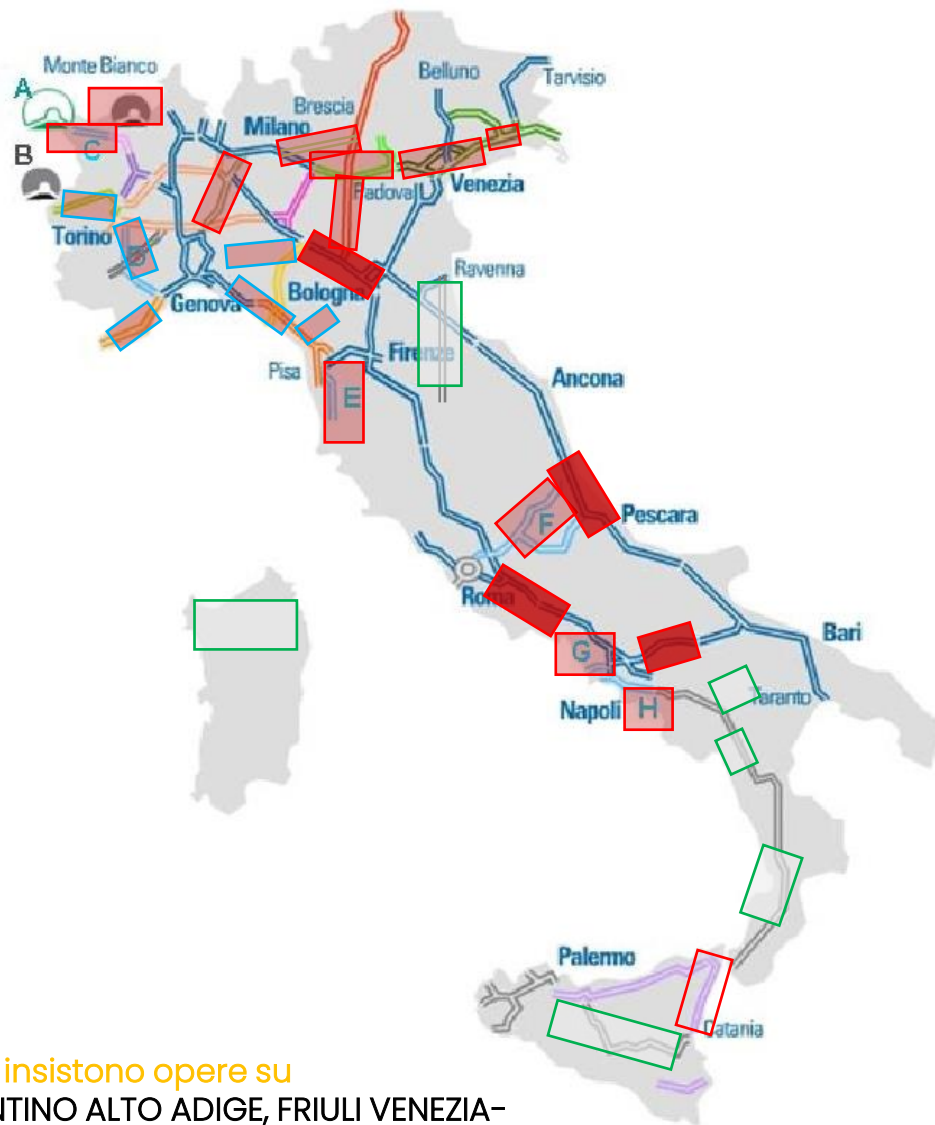
**07/04/2021**

(atto aggiuntivo del 18/10/2022)





# WP2: Applicazioni delle Linee Guida a tratte sperimentali



| Legenda | Codice | Società   |
|---------|--------|---|
|         |        | ANAS  |
|         |        | AUTOSTRADE PER L'ITALIA                               |
|         | A      | ITALIANA TRAFORO MONTE BIANCO                         |
|         | B      | ITALIANA TRAFORO DEL GRAN SAN BERNARDO (S.I.TRA.S.B.) |
|         | C      | ITALIANA TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS (S.I.T.A.F.) |
|         | D      | RACCORDO AUTOSTRADALE VALLE D'AOSTA (R.A.V.)          |
|         |        | AUTOSTRADE VALDOSTANE (S.A.V.)                        |
|         |        | AUTOSTRADA TORINO-IVREA-VALLE D'AOSTA (A.T.I.V.A.)    |
|         |        | AUTOSTRADA ASTI-CUNEO                                 |
|         |        | AUTOSTRADA TORINO-ALESSANDRIA-PIACENZA (S.A.T.A.P.)   |
|         | D      | AUTOSTRADA TORINO-SAVONA                              |
|         |        | MILANO SERRAVALLE - MILANO TANGENZIALI                |
|         |        | AUTOSTRADE CENTRO PADANE                              |
|         |        | AUTOSTRADA BRESCIA-VERONA-VICENZA-PADOVA              |
|         |        | AUTOSTRADA DEL BRENNERO                               |
|         |        | AUTOVIE VENETE  |
|         |        | AUTOSTRADA DEI FIORI                                  |
|         |        | AUTOCAMIONALE DELLA CISA                              |
|         |        | AUTOSTRADA LIGURE TOSCANA (S.A.L.T.)                  |
|         | E      | AUTOSTRADA TIRRENICA (S.A.T.)                         |
|         | F      | STRADA DEI PARCHI                                     |
|         | G      | TANGENZIALE DI NAPOLI                                 |
|         | H      | AUTOSTRADE MERIDIONALI (S.A.M.)                       |
|         |        | CONSORZIO PER LE AUTOSTRADE SICILIANE                 |
|         |        | BREBEMI (A35)   |

- ANAS
- AISCAT
- ASTM (Gruppo Gavio)

**+ ENTI LOCALI**  
**50 opere**  
 tra più di 200  
 candidature

Non insistono opere su  
 TRENTO ALTO ADIGE, FRIULI VENEZIA-  
 GIULIA, MARCHE, UMBRIA, MOLISE, PUGLIA

# WP2 – Raggruppamenti territoriali delle Unità di Ricerca



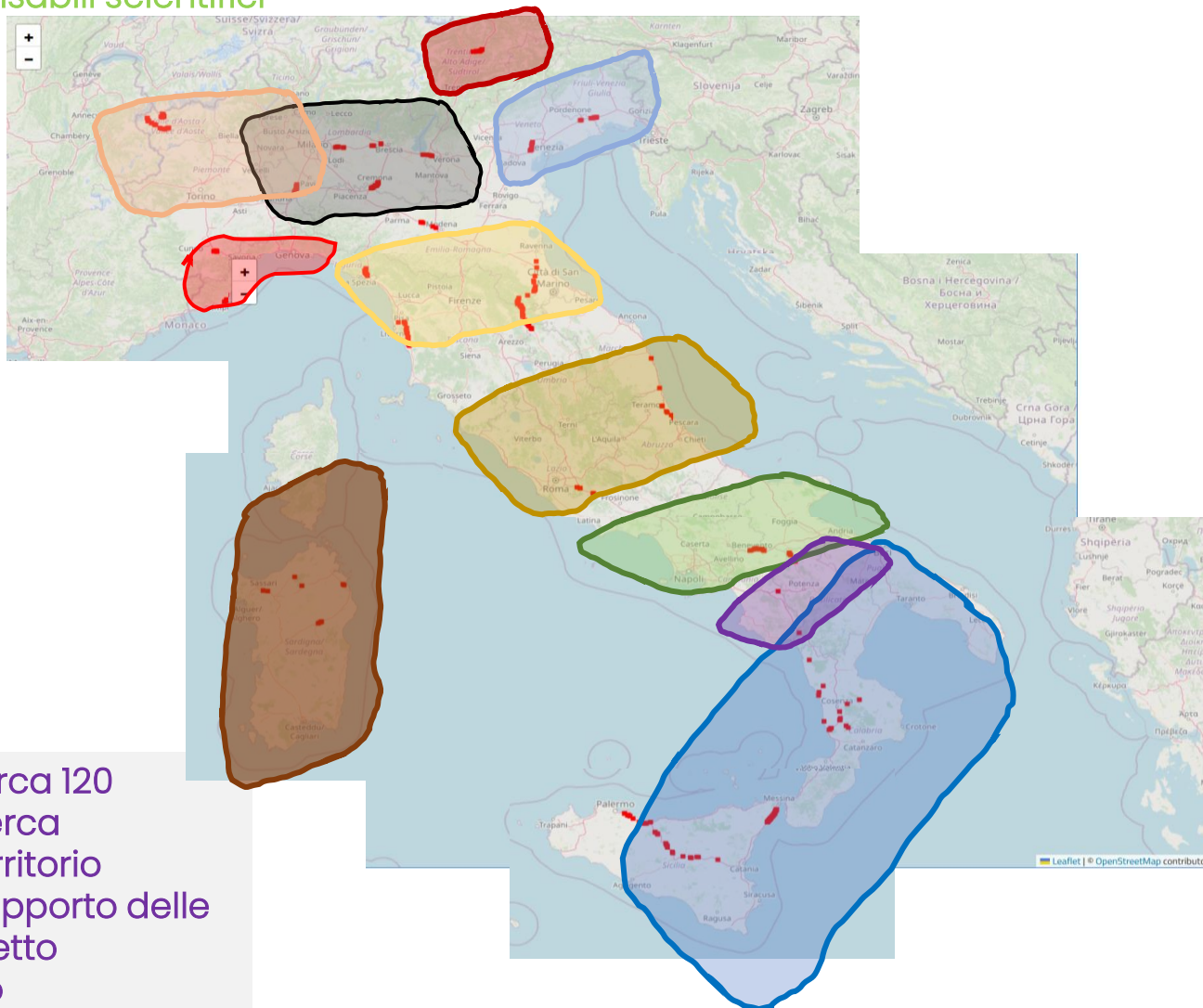
39 accordi siglati

35 Università e Centri di Ricerca

69 Unità di Ricerca

75 Responsabili scientifici

Le opere sono assegnate a UR (56) o gruppi di UR in base a competenze territoriali con un Referente (25) per gruppo o singola UR



Aiello - La Mendola – Chioccarelli (Rossi, Recupero)

Sassu

Masi (Santarsiero, Ponzo)

De Stefano (Orlando), Savoia, Belletti

Di Prisco (Felicetti, Biondini, Limongelli), Plizzari, Riva, Calvi (Pavese)

Lagomarsino

Chiaia (Marano)

Bursi (Zonta, Broccardo)

Da Porto, Saetta/Berto

Meda (Imbimbo, Franchin), Vanzi, Nuti (Monti, Spacone, Fabbrocino)

Cosenza, Bilotta, Losanno, Pecce (Prota, Landolfo, Iervolino, Nigro, Serino, Magliulo, Asprone, Lignola, Di Ludovico, Parisi, Baltzopoulos)

Rizzano - Maddaloni - Foti

Occhiuzzi (Caterino)

Bandi per circa 120 borse di ricerca su tutto il territorio italiano a supporto delle attività oggetto dell'Accordo

# WP3: Analisi, revisione e aggiornamento delle Linee Guida



WP3: Analisi, Revisione e Aggiornamento delle Linee Guida  
 3.1 – Aggiornamento della classificazione e delle schede di difettosità  
 3.2 – Indagini, diagnostica, identificazione e monitoraggio  
 3.3 – Valutazione formale della sicurezza

## Livello 4 Valutazione accurata

Resistenze dei materiali

azione

azione

$$g_R \left( \frac{f_{k1}}{\gamma_{m1}}, \frac{f_{k2}}{\gamma_{m2}}, \dots \right) \geq g_S (\gamma_{f11} \cdot \gamma_{f21} \cdot \psi_{p1} \cdot Q_{k1}, \gamma_{f12} \cdot \gamma_{f22} \cdot \psi_{p2} \cdot Q_{k2}, \dots)$$

resistenza

sollecitazioni

$\gamma_{mi} > 1$  differenze delle caratteristiche del materiale rispetto:

- ai valori caratteristici di progetto.
- a quelli derivati dalle prove di accettazione.
- per debolezze locali delle strutture dovute al processo di costruzione.

$\gamma_{f1i} > 1$  differenze delle azioni dai valori caratteristici di progetto

$\gamma_{f2i} > 1$  inaccuratezza del modello

$\psi_{pi} \leq 1$  concomitanza di azioni

per le **strutture nuove** l'incertezza è quella del **progettista** sulla struttura che **verrà realizzata**,  
 per le **strutture esistenti** è dovuta principalmente alla limitata conoscenza dell'**analista** sulla struttura **già realizzata**

## Livello 1 Ispezione visiva e rapporto di ispezione

Miglioramento delle schede difettologiche

## Livello 2 Valutazione della Classe di Attenzione

attraverso un'analisi multirischio semplificata:

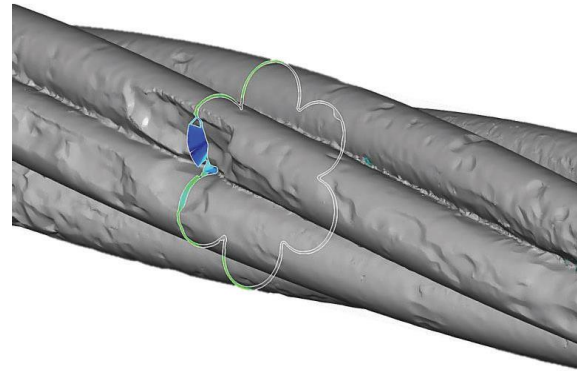
$$R = P \times V \times E$$

| Parametri primari |                         | Pericolosità  | Vulnerabilità | Esposizione   | CLASSE DI ATTENZIONE |
|-------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| ALTA              | + Parametri secondari = | ALTA          | ALTA          | ALTA          | ALTA                 |
| MEDIO - ALTA      |                         | MEDIO - ALTA  | MEDIO - ALTA  | MEDIO - ALTA  | MEDIO - ALTA         |
| MEDIA             |                         | MEDIA         | MEDIA         | MEDIA         | MEDIA                |
| MEDIO - BASSA     |                         | MEDIO - BASSA | MEDIO - BASSA | MEDIO - BASSA | MEDIO - BASSA        |
| BASSA             |                         | BASSA         | BASSA         | BASSA         | BASSA                |

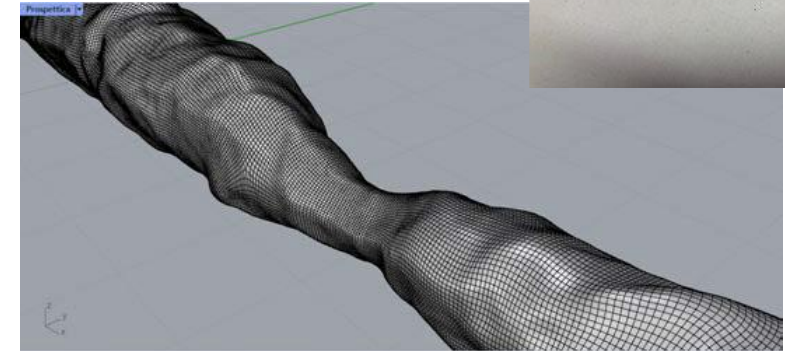
# WP4: Sperimentazione su componenti strutturali e/o speciali



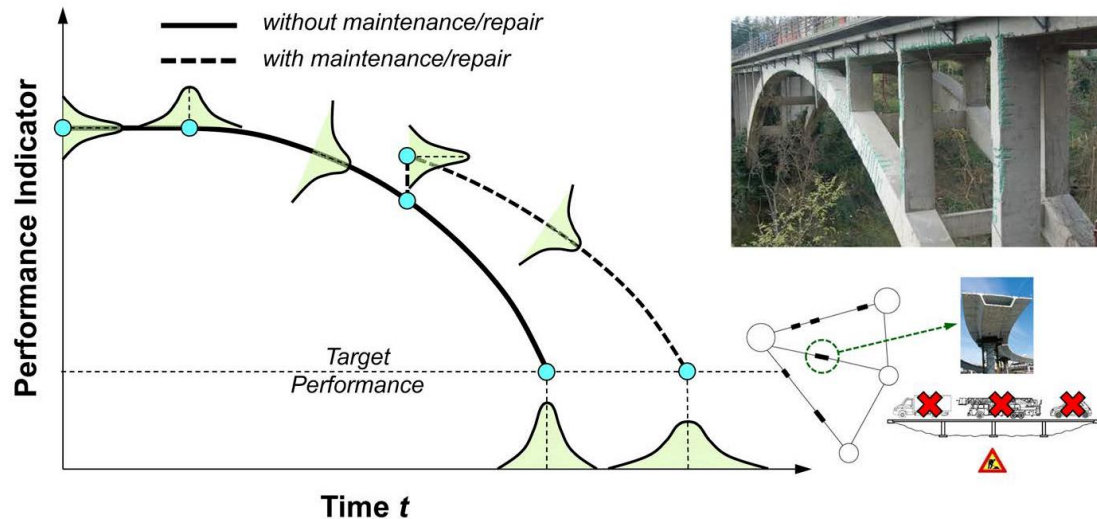
problemi di degrado che incidono sulla durabilità dei ponti



Modelli di corrosione



Modelli dipendenti dal tempo



- ridurre al minimo il numero di test necessari per la diagnosi
- fornire approcci omogenei per considerare gli effetti del degrado sul comportamento allo stato limite di servizio e allo stato limite ultimo di:
  - travi in c.a.p. (Task 4.3) e c.a.o. e
  - selle Gerber (Task 4.4)

## Prove Sperimentali

### UNINA

Estratti da un ponte esistente

4 appoggi in neoprene

3 appoggi in acciaio-teflon

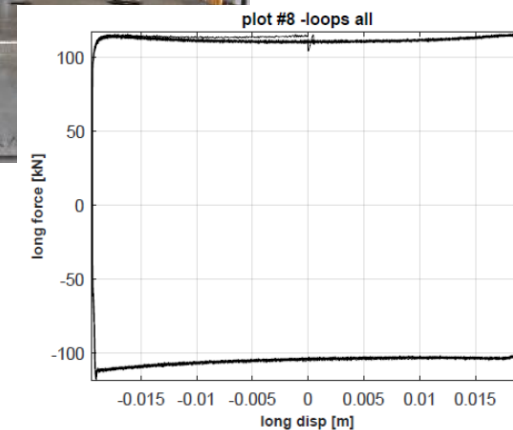
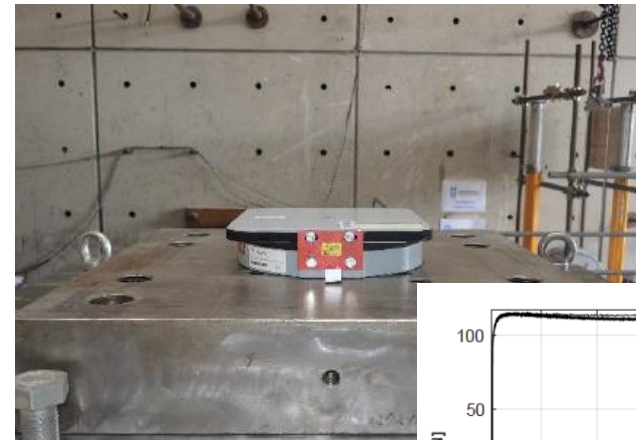
con circa 50 anni di vita

- Prove sperimentali
  - UNI EN 1337-2 (neoprene)
  - UNI EN 1337-3 (acciaio-teflon)



### EUCENTRE / UNIPV

- Test su 4 dispositivi POT da invecchiare artificialmente e ritestare
- Test su 4 dispositivi nuovi in neoprene nuovi da invecchiare artificialmente e ritestare
- Test su dispositivi in neoprene dismessi



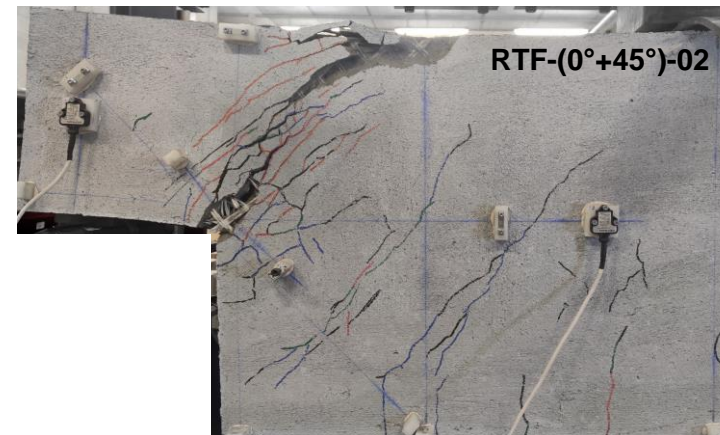
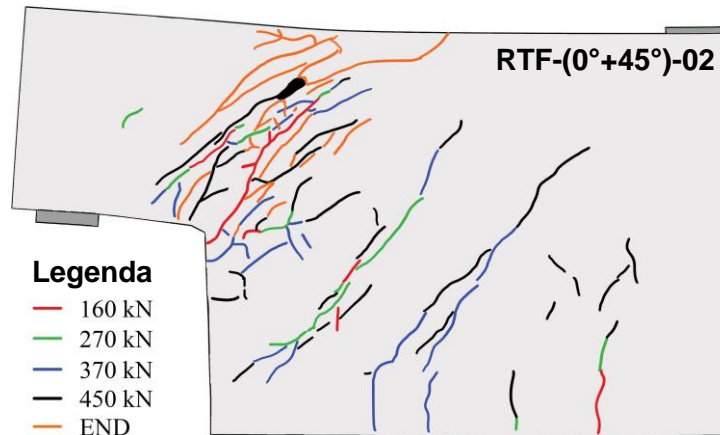
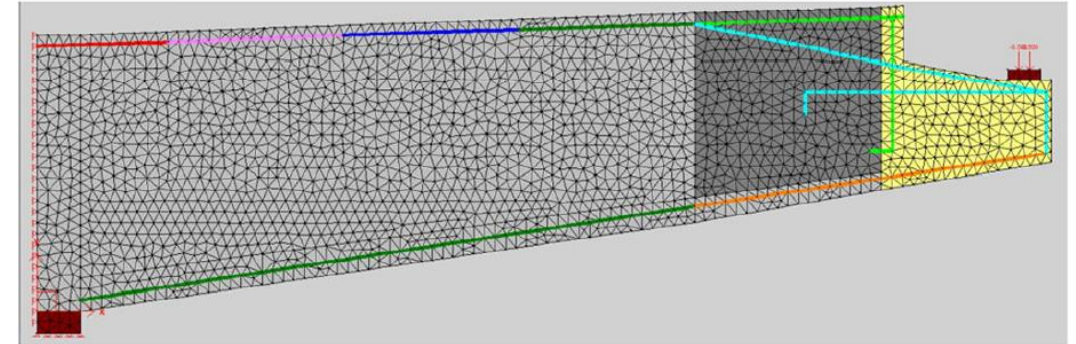
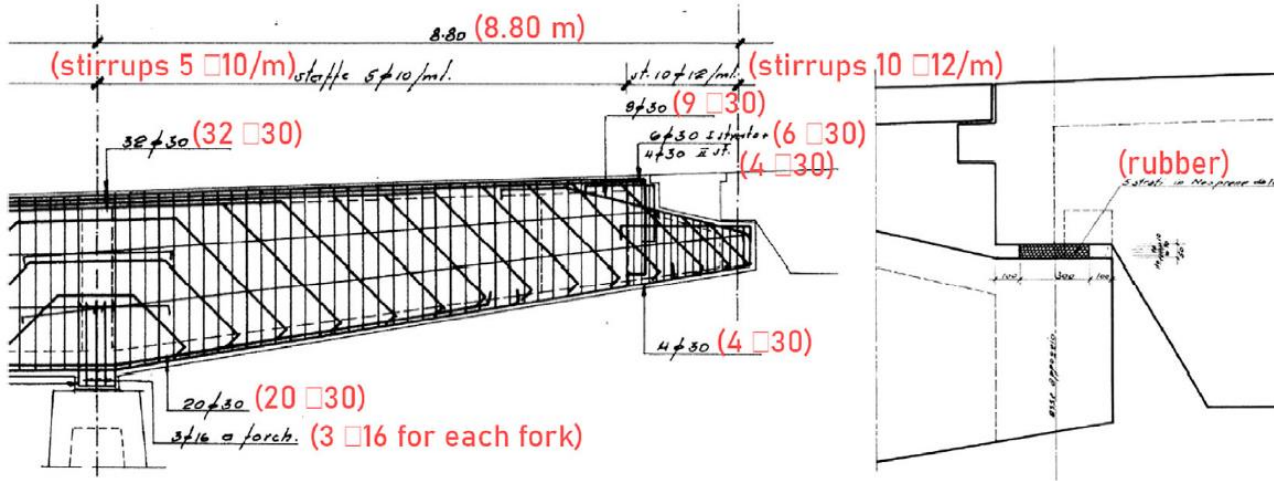
plot main values  
 LOOPS ALL  
 max disp = 0.0194m  
 min disp = -0.0194m  
 max force = 117.3kN  
 min force = -118.4kN  
 total EDC = 100.4kN-m

Valutazione della capacità complessiva di una trave da ponte in cemento armato precompresso (c.a.p.)

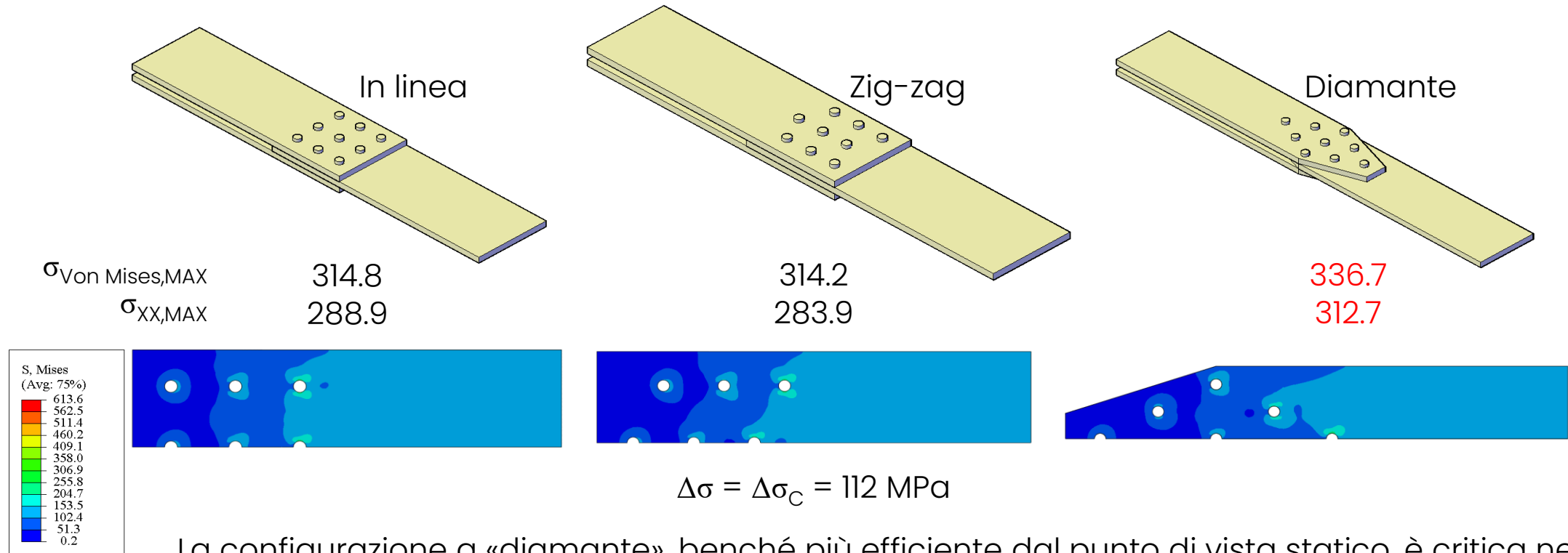
- degrado dell'acciaio
- problemi di aderenza dovuto alla corrosione
- difetti di iniezione
- fessurazione



- ✓ Diversi livelli di precompressione
- ✓ Difetti di iniezione
- ✓ Cavi non aderenti
- ✓ Taglio dei cavi
- ✓ Effetto della sollecitazione tagliante



## Analisi a fatica delle unioni bullonate



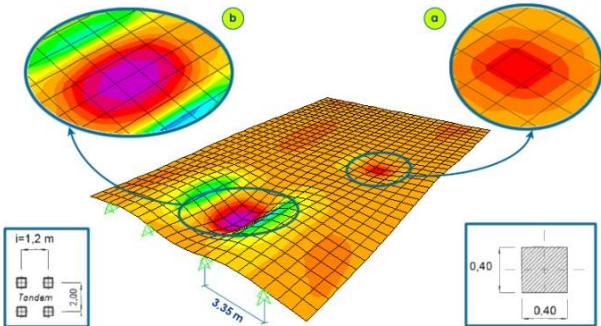
La configurazione a «diamante», benché più efficiente dal punto di vista statico, è critica nei confronti della fatica a causa delle più elevate concentrazioni tensionali all'apice del foro d'attacco.

**Obiettivi:** valutazione dei modelli di capacità di taglio per solette in calcestruzzo non armato

Formule di progetto per il calcestruzzo non armato (NTC 2018, EC2):

$$V_d \leq V_{cu} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

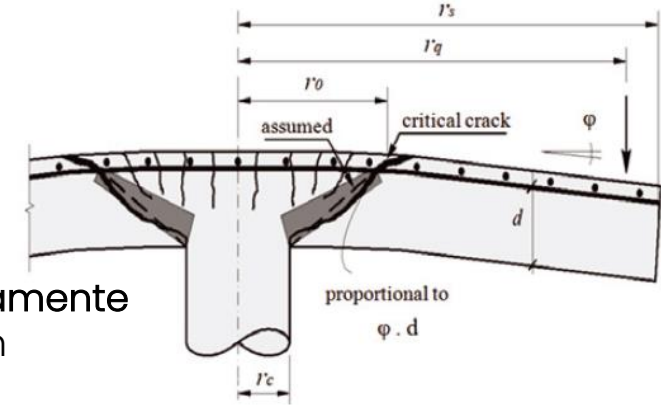
**Modello shell per la verifica di sicurezza locale**



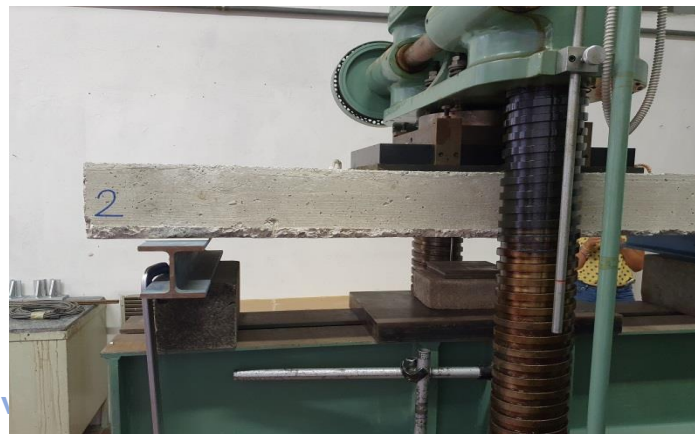
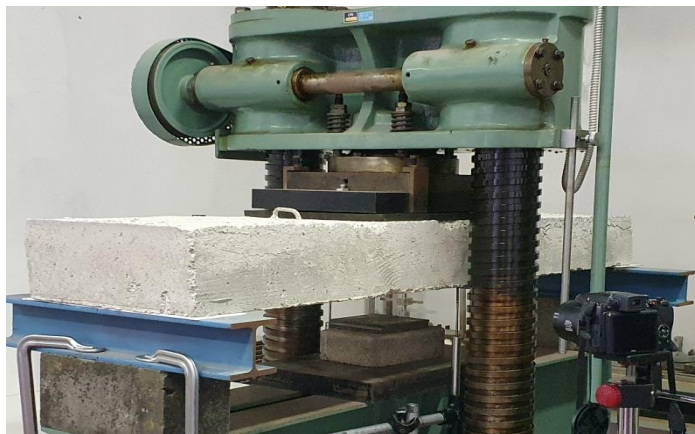
Le attuali formule normative sottostimano significativamente la capacità di taglio degli elementi in calcestruzzo non armato, a causa della limitata quantità di armatura longitudinale che governa il calcolo della resistenza secondo la formula.

Le solette esistenti in cemento armato richiederebbero un intervento di retrofit a causa della verifica di sicurezza non soddisfatta.

**Prove di taglio sperimentali simulazioni e numeriche di solette in calcestruzzo non armato**



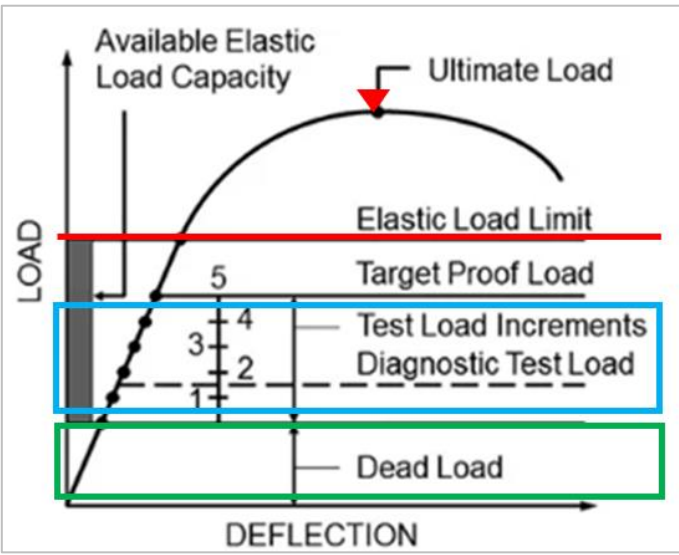
**Parametri**  
 spessore della soletta  
 classe di calcestruzzo  
 armatura longitudinale





## INQUADRAMENTO

### LOAD TEST



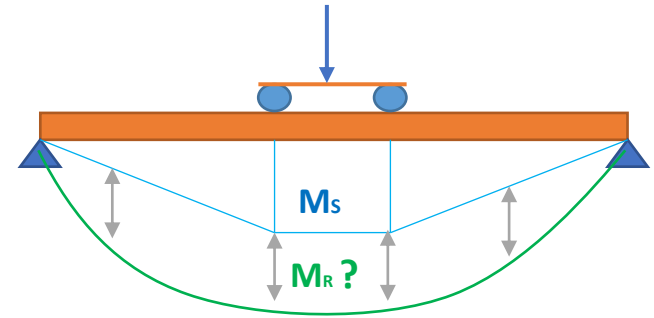
### SCOPO

- Sviluppare una procedura di «Load Testing» per determinare un minorante della capacità di ponti esistenti per carichi da traffico atto a dimostrare un livello target di **affidabilità strutturale**, contenendo il rischio di collasso durante la prova*

### MOTIVAZIONI

- Frequente carenza di informazioni riguardo dettagli e configurazione del sistema strutturale (progetto originario, interventi, stato di conservazione, etc)*
- Disponibilità limitata di risorse degli Enti locali per valutazioni analitiche accurate previa caratterizzazione e indagini dei materiali*

### PROOF LOAD TEST



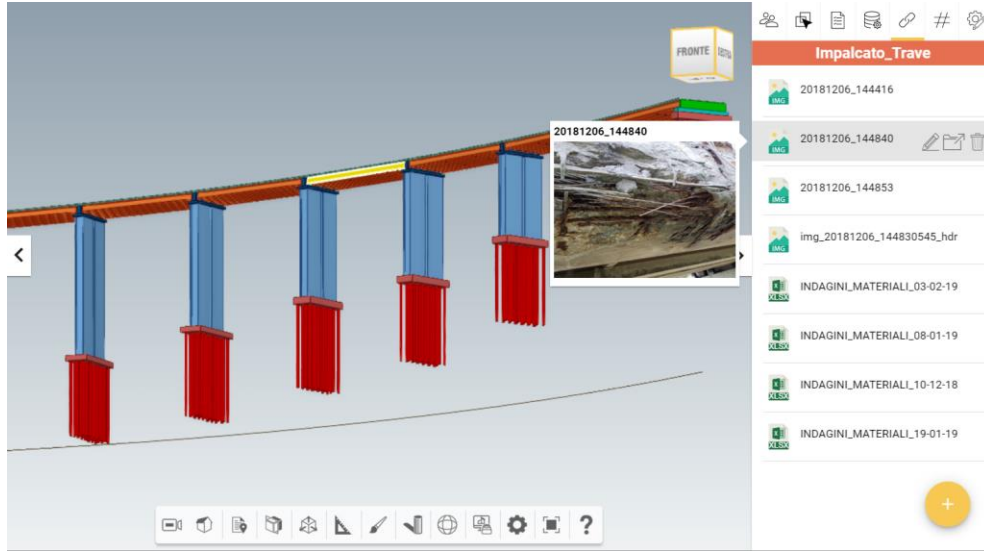
### INCERTEZZE

- | <i>Variabile «Carichi da traffico»</i>                              | <i>Variabile «Resistenza»</i>                                    | <i>Variabile decisionale</i>                          |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> <i>Valore di carico del PLF (da norma)</i> | <input type="checkbox"/> <i>Previsione di crisi fragili</i>      | <input type="checkbox"/> <i>Piano di monitoraggio</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Distribuzione</i>                       | <input type="checkbox"/> <i>Previsione del limite elastico</i>   | <input type="checkbox"/> <i>Soglie di allarme</i>     |
|   | <input type="checkbox"/> <i>Previsione della capacità ultima</i> |   |



# WP5: Temi/Progetti Speciali

Il modello BIM come *sistema di riferimento* delle piattaforme digitale per l'esplorazione dei dati



Gestione file, schede e foto associate all'oggetto



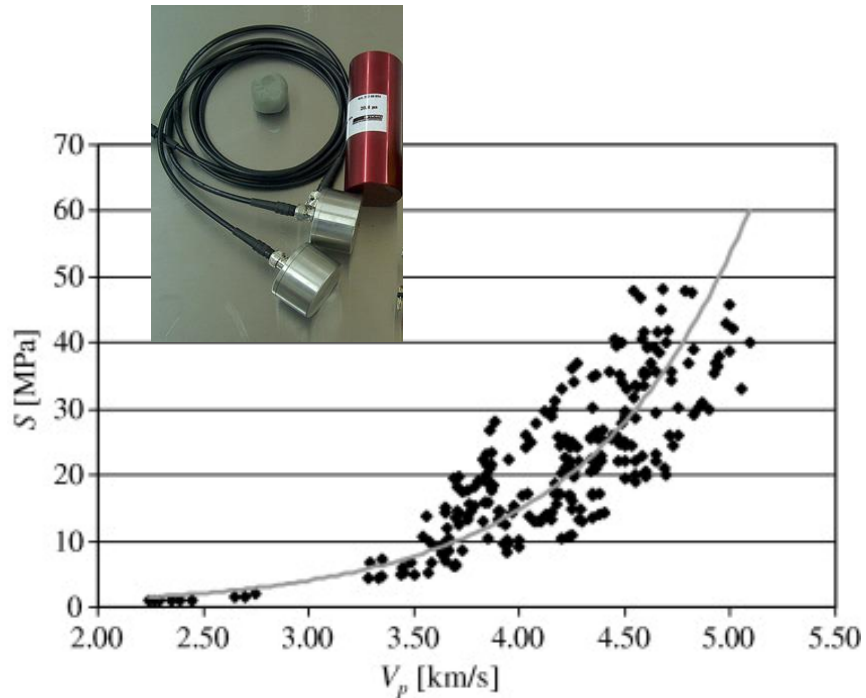
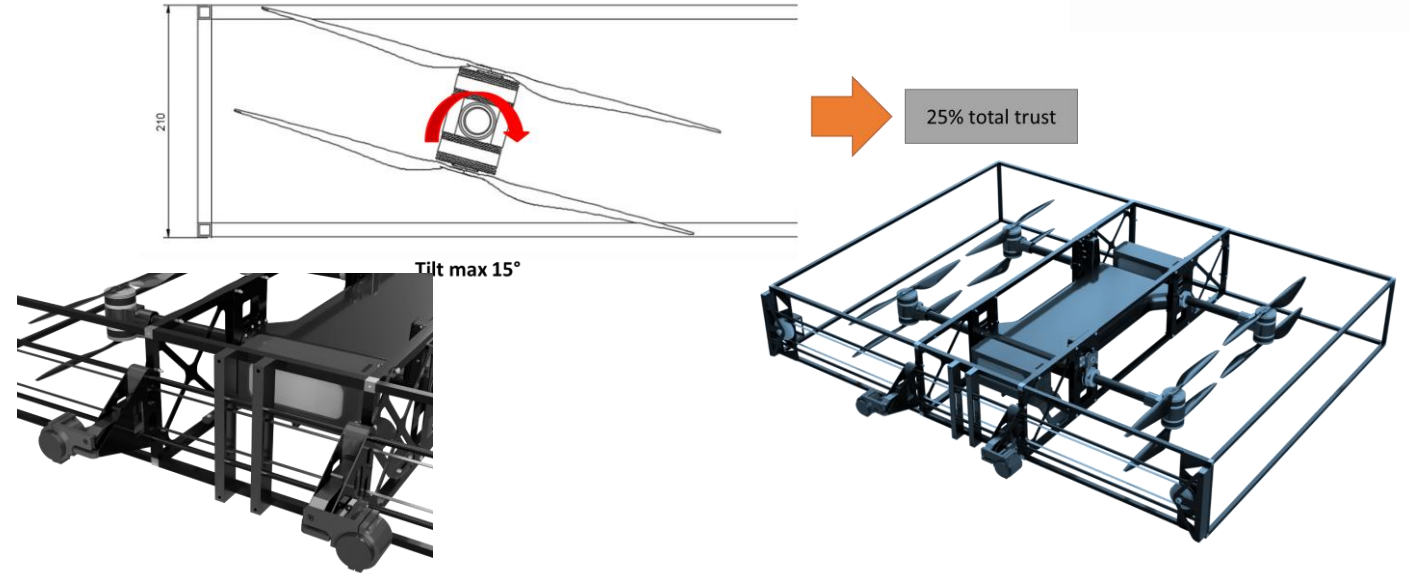
Analisi delle nuvole dei punti ed «ispezione a distanza»

**Strumento di supporto alla manutenzione delle infrastrutture**

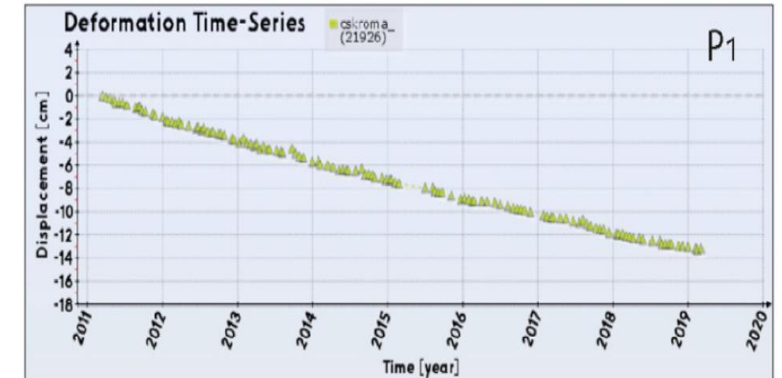
Definizione di strutture dati coerenti con Normative e BMS esistenti

**Interoperabilità tra amministrazione centrale e locale tra amministrazione e concessionari**

**Statistiche su scala nazionale Business intelligence**



Mappa dello spostamento del ponte attraverso i dati SAR



**Monitorare e omogeneizzare l'applicazione delle Linee Guida** su circa 600 ponti (c.d. tratte sperimentali) selezionati da apposita commissione istituita presso il CSLLP tra le autostrade dei principali enti gestori pubblici e privati nazionali e 50 opere proposte dagli Enti Locali

**Organizzare, inquadrare e analizzare i risultati** delle verifiche nei confronti delle varie parti delle Linee Guida anche al fine di proporre **revisioni e aggiornamenti** del documento

**Organizzare su base nazionale studi teorico-numeriche e sperimentali sugli argomenti critici** per i ponti e viadotti stradali esistenti

Supportare la definizione dei **requisiti professionali e la formazione** attraverso percorsi dedicati dei tecnici incaricati dell'applicazione delle Linee Guida

Interrogare l'Archivio Informatico delle Opere **AINOP** per garantire interoperabilità tra le amministrazioni e favorire il trasferimento dei dati relativi alle tratte sperimentali

## Manuali per applicazione

