



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 13-14 ottobre 2025

WP 3 - MODELLI DI VULNERABILITÀ STRUTTURALE PER PERICOLI NATURALI ED EFFETTI A INDUSTRIALI A CASCATA

Iunio Iervolino

Curve di fragilità per edifici, ponti o componenti industriali di tipo non edificio, per:

- **Pericoli geotecnici (frane/colate, cedimenti, liquefazione)**
- **Pericolo vento**
- **Pericoli idraulici (tsunami, alluvioni, scalzamento)**
- **Pericolo fuoco**
- **Effetti a cascata di tipo incidente industriale (NaTech)**

Il progetto si articola nei seguenti task, ciascuno con competenze specifiche:

Task 1-tassonomia degli archetipi (UniBG, PoliMI)

Task 2-misure di intensità (UniNA)

TASK TRASVERSALI

Task 3-vulnerabilità a pericoli geo (UniRM1, UniPD, EUCENTRE, PoliMI, UniBAS, UniBG, UniGE, UniNA)

Task 4-vulnerabilità a pericolo vento (UniGE, UniRM1, UniFI, EUCENTRE, UniNA, UniBG)

Task 5-vulnerabilità a pericolo idraulico (UniRM1, UniNA, UniBAS, UniBG, PoliMI, UniPD)

Task 6-vulnerabilità a pericolo fuoco (INSUBRIA, UniNA, UniBO, UniTN)

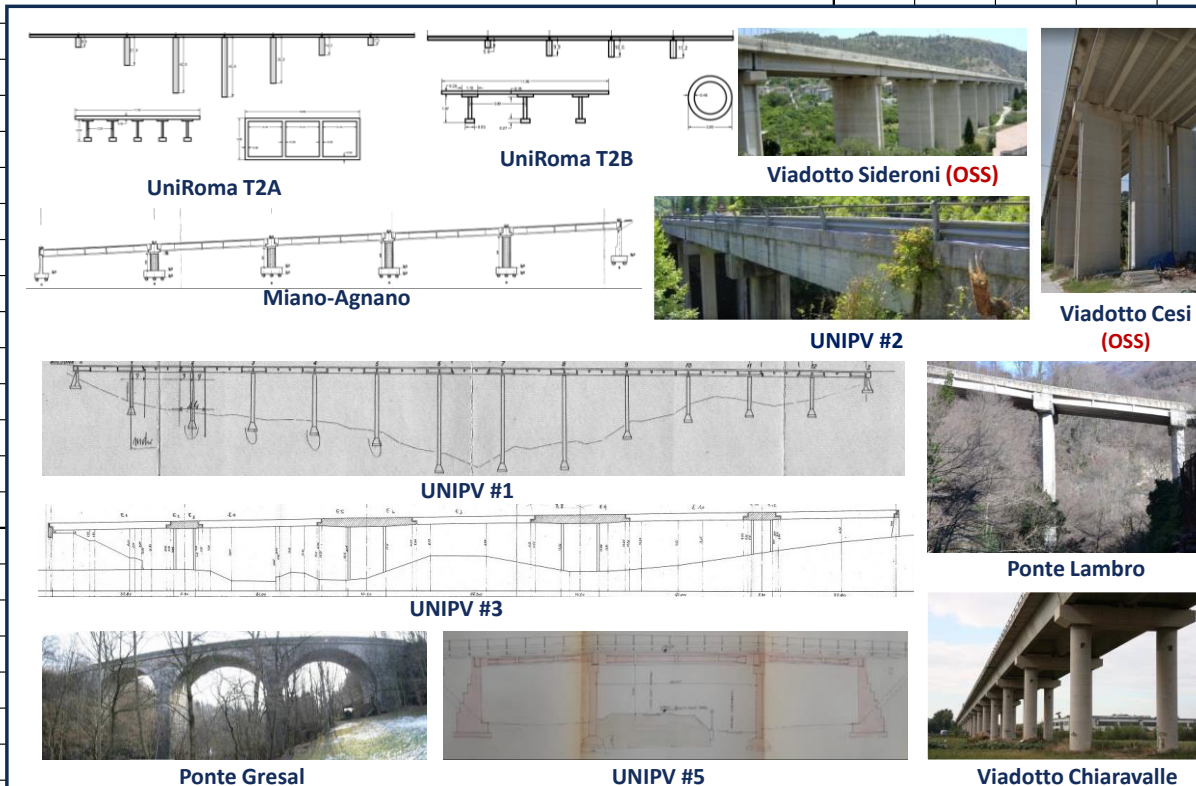
Task 7-vulnerabilità per NaTech (UniNA, UniRM3, UniTN)

PRODOTTI

Curve di fragilità per le strutture archetipiche e rapporti che ne descrivono la derivazione. Tutti i risultati saranno disponibili alla fine del progetto ReLUIS-DPC 2024-2026.

TASSONOMIA DEGLI ARCHETIPI (Riva, Biondini)

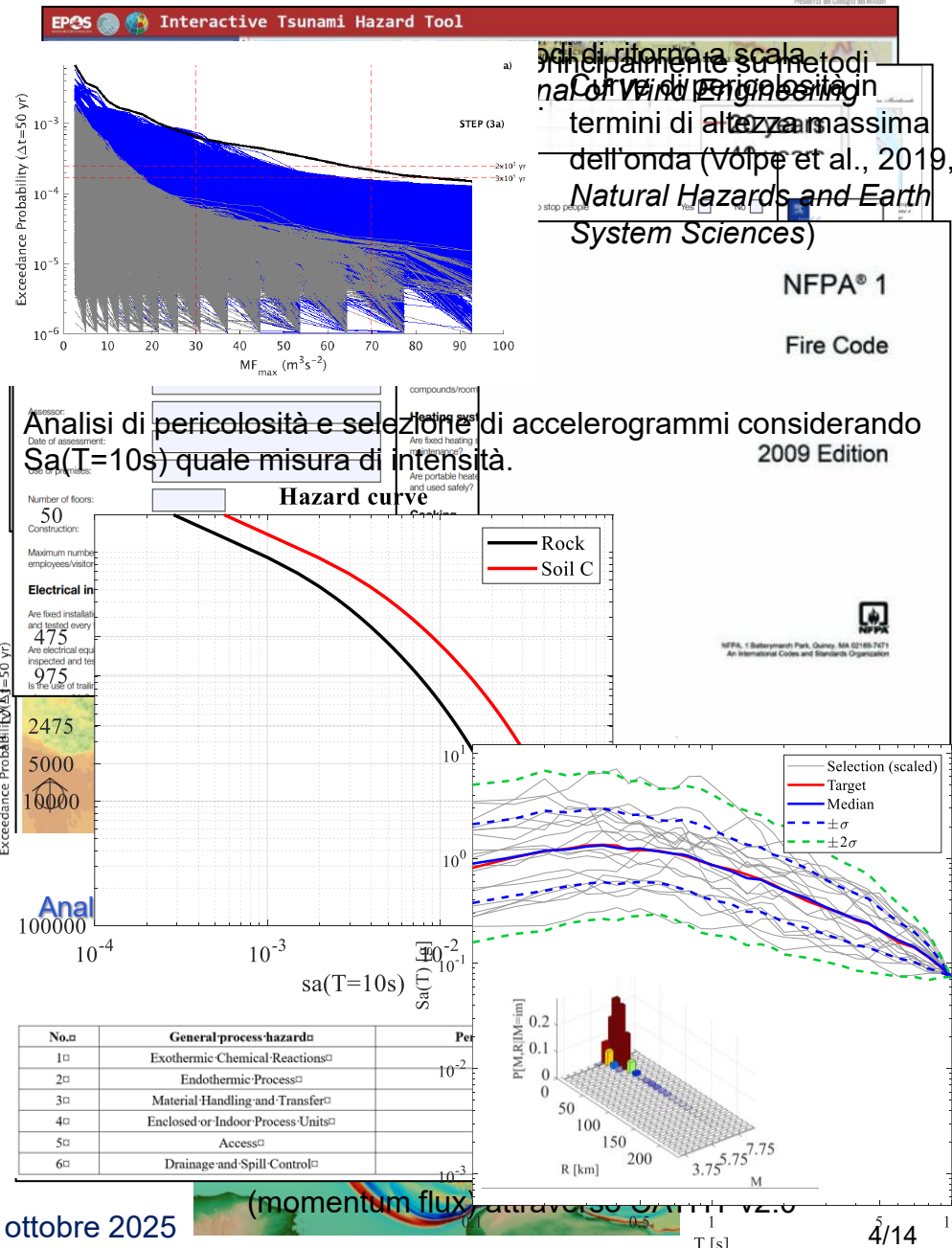
RISK DETERMINANTS	#	CATEGORY	DESCRIPTION	KEY ATTRIBUTES				
				A1	A2	A3	...	...
HAZARD	1	Type of Hazard						
	2	Frequency of occurrence						
	3	Magnitude						
	...	...						
	...	...						
VULNERABILITY	...	Geometry	Geometry of Piers (Pier height H, Pier cross-section max width Wmax, ...), ...	H	Wmax			
	...	Materials	Characteristics of the materials (Concrete strength f_c , Steel Strength f_y , ...), ...	f_c	f_y			
	...	Structural scheme / topology						
		Deck						
		Piers						
	...	Bearings and support devices						
	...	Structural details						
	...	Foundations						
	...	Abutments						
	...	Embankments and retaining walls						
		Soil						
	...	Bed/Banks protections						
	...	Hydraulic features						
	...	Historical data						
	...	Maintenance data						
	...	Monitoring/Early-warning systems						
	...	...						
	...	...						
EXPOSURE	...	Bridge location						
	...	Bridge use						
	...	External load scenario						
	...	Obstacle crossed						
	...	Infrastructure topology						
	...	Infrastructure functionality						
	...	...						
	...	...						



MISURE DI INTENSITA'

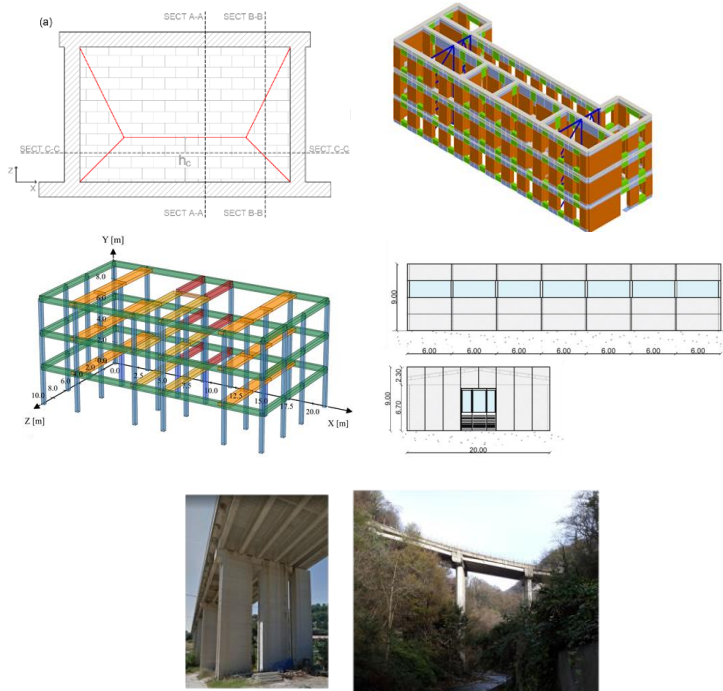
Pericolo	Misura di intensità	Hazard-computabile	Selezionata per fragilità
A1. Colate/frane	Indice combinazione altezza e velocità: Momentum flux	NO	SI
	Misura vettoriale (altezza, velocità)	NO	SI
	Diametro/velocità blocco di roccia	NO	NO
	Energia cinetica	SI	NO
A2. Cedimenti	Cedimento assoluto massimo	NO	SI
A3. Liquefazione	PGA, Sa(T), Intensità di Arias	SI	SI
B1. Tsunami	Altezza massima dell'onda	SI	NO
	Indice combinazione altezza e velocità: Momentum flux	SI	SI
B2. Alluvione	Altezza dell'onda	SI	NO
	Indice combinazione altezza e velocità: Momentum flux	SI	SI
B3. Scalzamento	Scour depth	SI	NO
	Indice combinazione altezza e velocità: Momentum flux	SI	SI
C1. Venti sinottici	Velocità media 10min. 10m	SI	SI
D1. Incendio confinato (ed. civili e industriali)	Carico specifico di incendio	NO	SI
D2. Incendio interfaccia			
D3. Jetfire			
E1. Tsunami	Altezza massima dell'onda/Momentum flux	SI	SI
E2. Terremoto	Sa(T)	SI	SI

Pericolosità

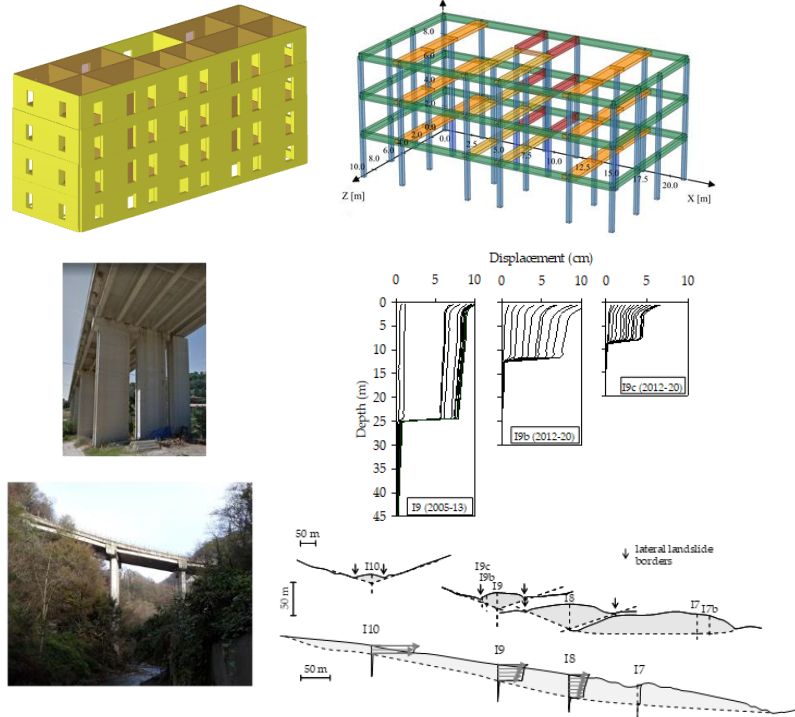


CASI STUDIO

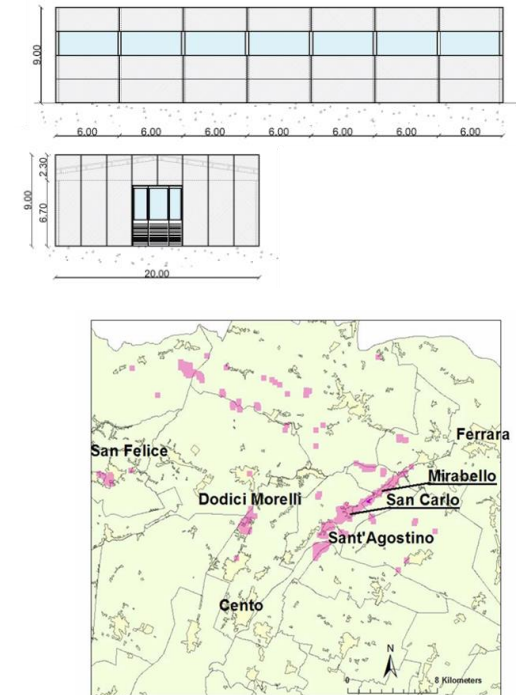
Impatto di frane e colate detritiche:
pareti portanti/tamponature ed
edificio in muratura, edificio in C.A.,
capannone in C.A.P., ponti in C.A.



Cedimenti del terreno:
edificio in muratura, edificio
in C.A., ponti in C.A.



Liquefazione sismoindotta:
edificio in C.A.P. nel sito di
San Carlo (FE)



MISURE D'INTENSITÀ

Impatto di frane e colate detritiche	Cedimenti del terreno	Liquefazione sismoindotta
Altezza (h_0), velocità (v) del flusso, momentum flux	Max cedimento verticale	$S_a(T_1)$

MISURE DI RISPOSTA E CONDIZIONI DI FALLIMENTO

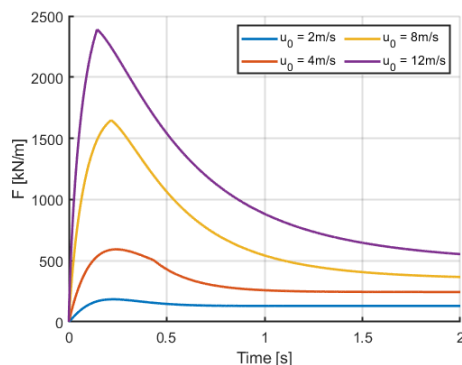
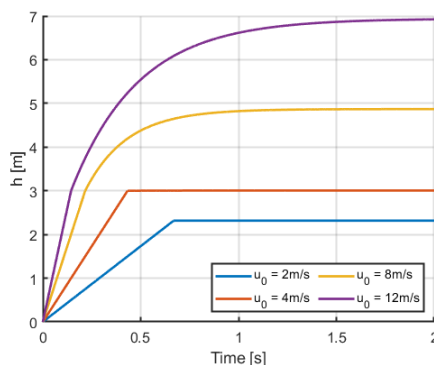
In corso di definizione, con riferimento a due obiettivi prestazionali (danno che preclude l'utilizzabilità UPD, collasso globale GC)

ASPETTI PECULIARI

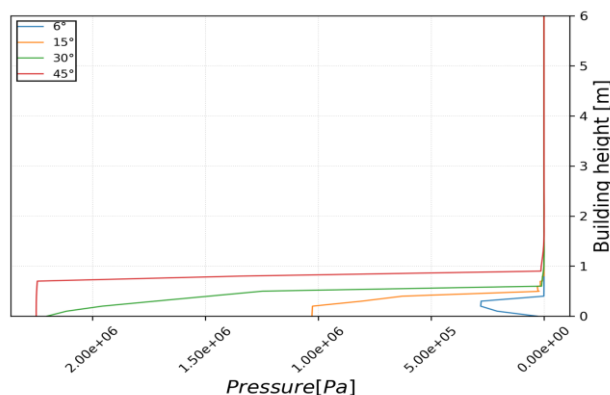
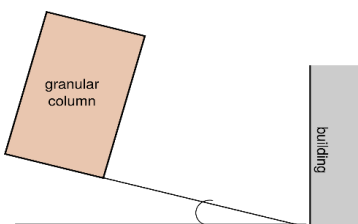
Definizione e modellazione delle azioni

Impatto di frane e colate detritiche:

- Formulazione pratica per calcolare la distribuzione delle pressioni e il punto di applicazione della risultante per flussi granulari (caso 2D)

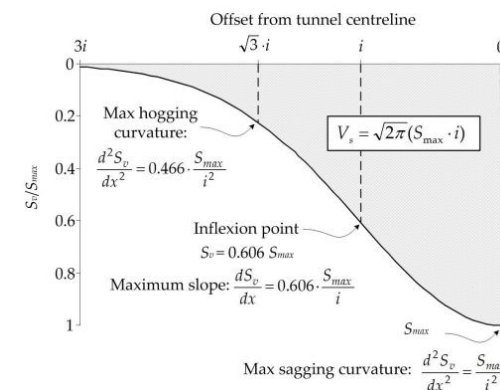


- Modellazione FEM, MPM per il calcolo dell'azione in casi più generali (flussi multifase, problemi 3D)



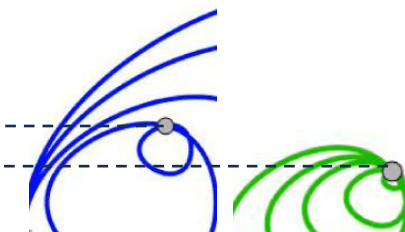
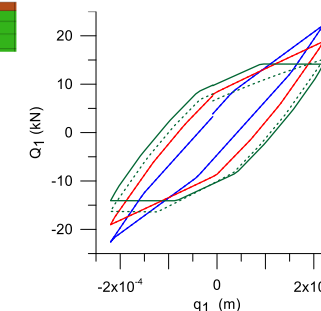
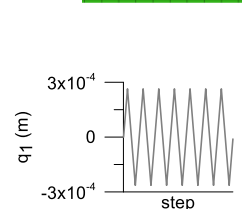
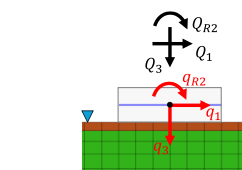
Cedimenti del terreno:

- Profili noti di spostamenti verticali e rotazioni



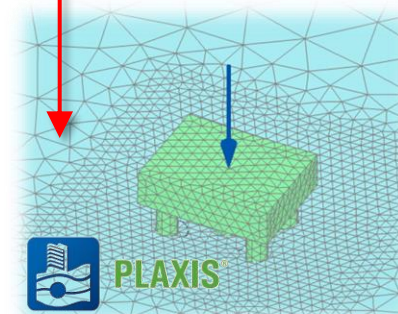
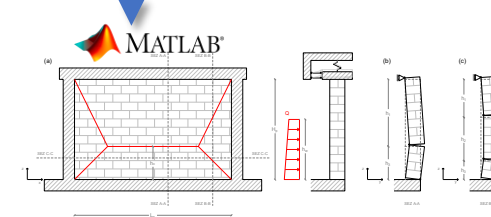
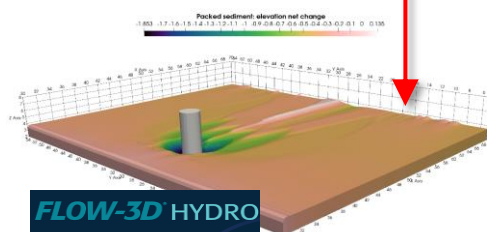
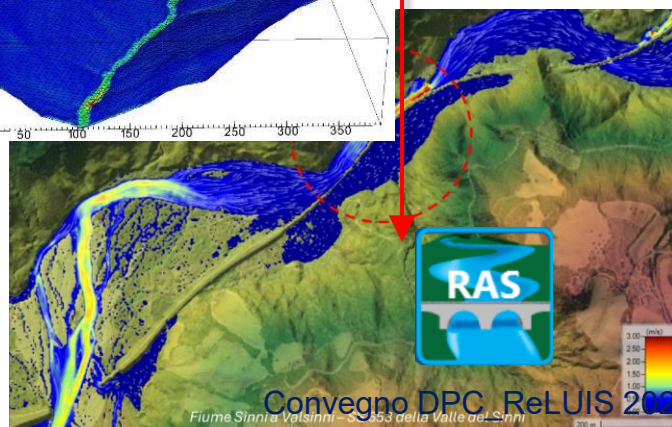
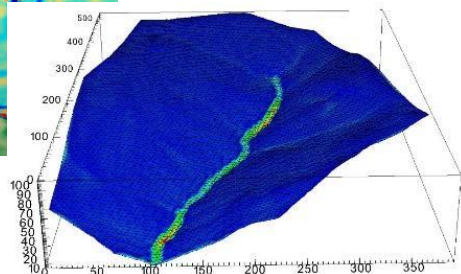
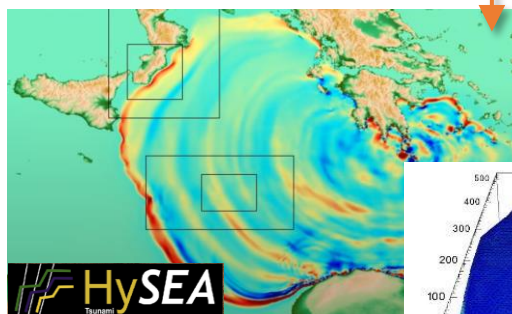
Liquefazione sismoindotta:

- Sviluppo di un macroelemento 3D con degrado della risposta in funzione dell'incremento delle sovrappressioni interstiziali



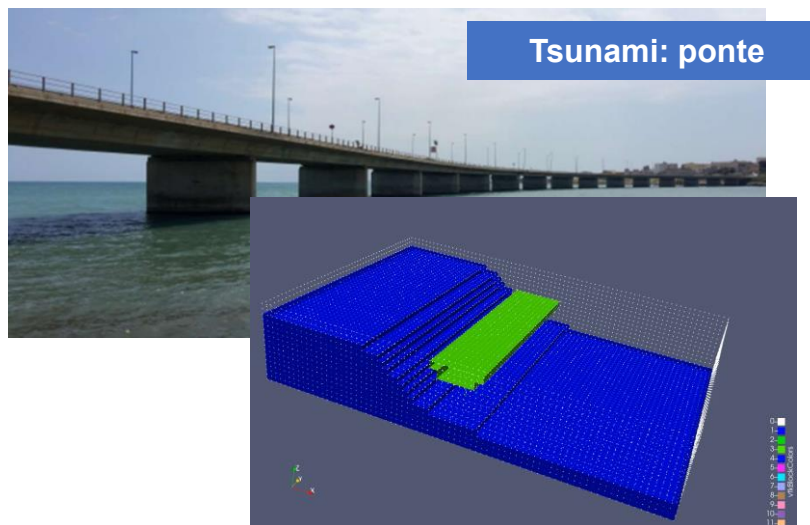
Modalità e strumenti di analisi

Sub-task	Casi	"hazard"	Intensity measure
		Larga scala	
		Shallow Water Equations (SWE)	
Tsunami	Tutti	HySEA-Tsunami	(h,v)
	Sottoinsieme		
Flood	Tutti	Cathy v.2 (Intrinsice SWE)	(h,v)
	Sottoinsieme		
Scour	Tutti	Hecras2D	(h,v)
	Sottoinsieme		

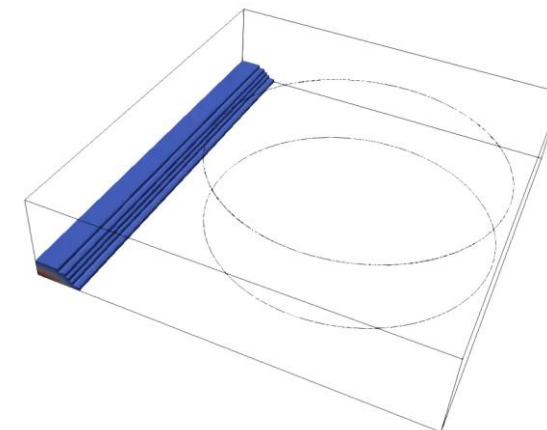


VULNERABILITA' A PERICOLI IDRAULICI (Franchin, Larese)

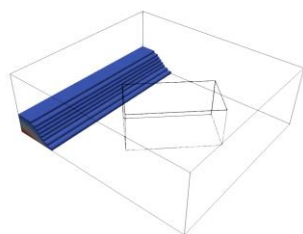
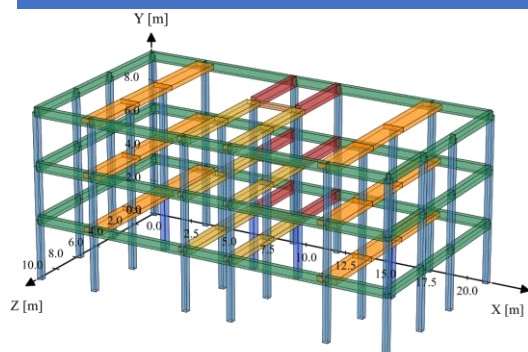
Sub-Task	Sito	Casi
Tsunami	Augusta-Priolo	Ponte
		Serbatoio
		Edificio
		Capannone
Flood	"undisclosed"	Tamponature
		Pannelli muratura (portante)
		Edificio
		Capannone
Scour	Fiume Basento ⁽¹⁾	
	Torrente Sauro	Viadotto Marazzitta
	Canale Lappio ⁽²⁾	
	Fiume Sinni ⁽³⁾	
	Fiume Basento ⁽⁴⁾	



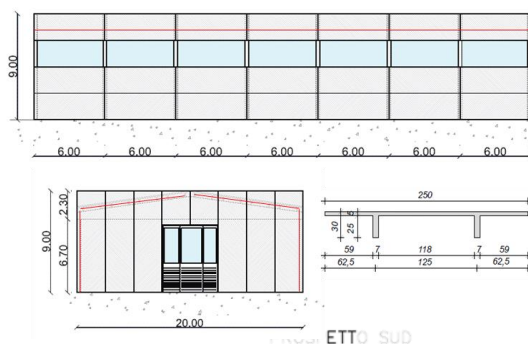
Tsunami: serbatoio



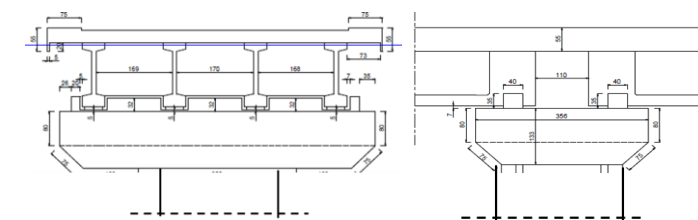
Tsunami/Flood: edificio CA



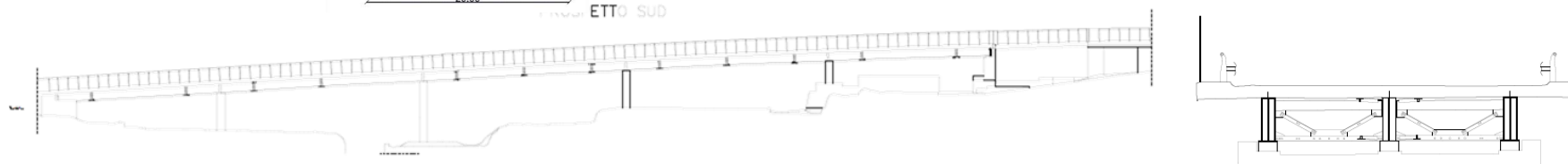
Tsunami/Flood: capannone CAP



SCOUR: Semplice appoggio



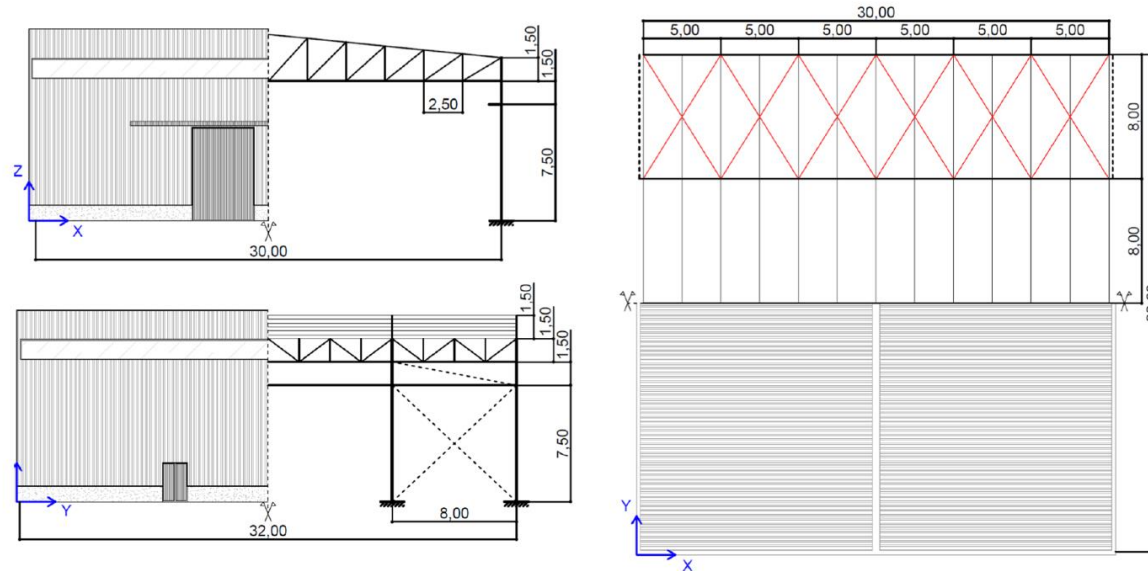
SCOUR: Viadotto con impalcato continuo



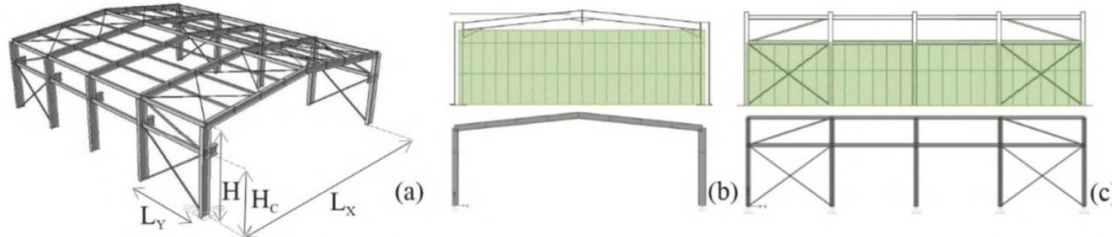
CASI STUDIO

Capannone industriale in acciaio

Edificio industriale con capriate e controventi

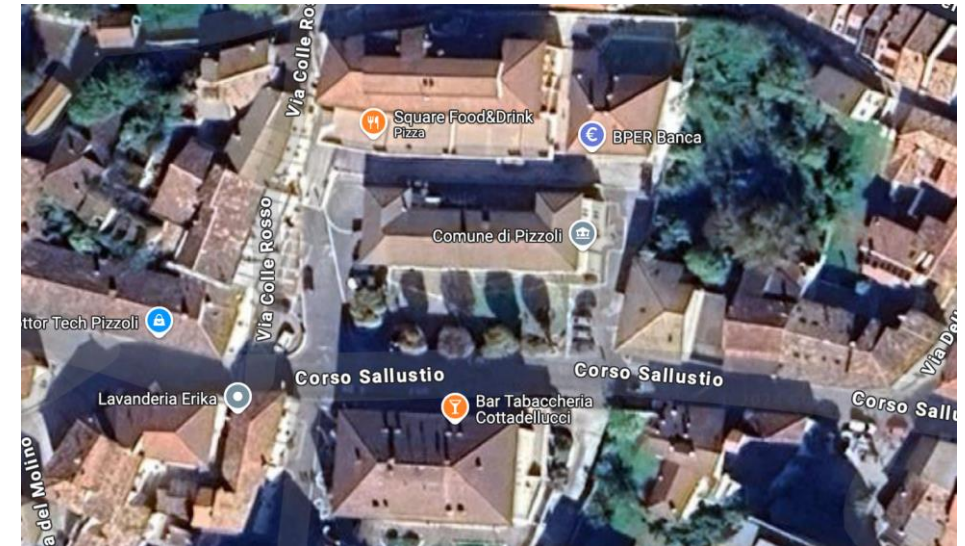


Edificio industriale a portale e controventi



Edificio in muratura con copertura lignea

Municipio di Pizzoli (AQ)



CASI STUDIO

Parametri
aleatori

Parametri di
Metafragilità

Parametri di
Archetipo

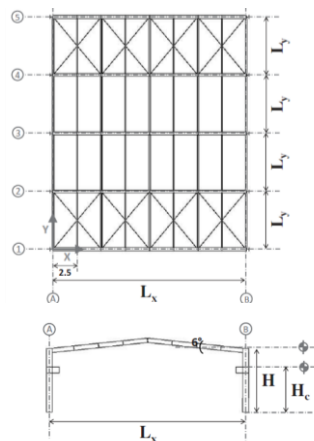
		Parametro	Tipo di variabilità (fisso/discreto/stocastico)	Valori/intervallo di riferimento/note
Hazard	1	$V_{ref} (IM)$	0-40 m/s	Parametro standard di normativa. Velocità media a 10 m di altezza su terreno pianeggiante, omogeneo, di rugosità pari a 0.05 m (II cat)
	2	z_0 (turbolenza e forma)	discreto	II e IV categoria esposizione (profilo da normativa e/o da galleria)
	3	θ (incidenza vento)	discreto	11 direzioni (ogni $10^\circ + 45^\circ$) per Edificio industriale; 21 direzioni per Edificio in muratura (galleria) 1 direzione (CFD - LES)
	4	ξ (smorzamento)	Lognormale	da valutare in funzione di risposta dinamica
Archetipi	5	α (inclinazione copertura)	Range	valutare dispersione su risposta <u>rispettoal</u> caso studio
	6	$C_{lamiera} / C_{connettori}$ (rapporto di capacità plastica connettori)	Range	Due casi: Lamiera debole e Connettore debole

CASI STUDIO

Edificio industriale

Parametri modello di incendio:

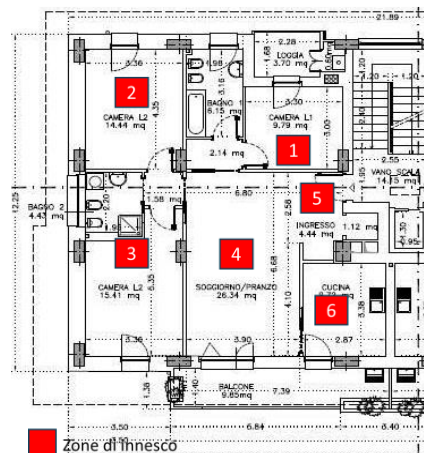
- ✓ Carico d'incendio specifico;
 - ✓ Superficie di riferimento per l'incendio;
 - ✓ Tasso di rilascio di calore specifico;
 - ✓ Velocità di crescita dell'incendio.
- Questi parametri variano in base a:
- ✓ **Configurazione** (deposito 1,2; conf. Mista e diversi scenari in base ai punti di innesco);
 - ✓ **materiale combustibile** (cellulosico, polimerico);
 - ✓ **grado di riempimento** (singolo, doppio, triplo).



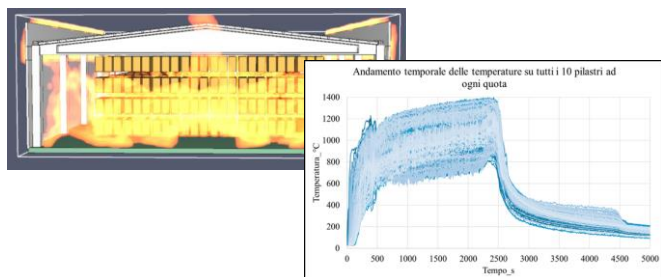
Edificio residenziale in cemento armato

Parametri modello di incendio:

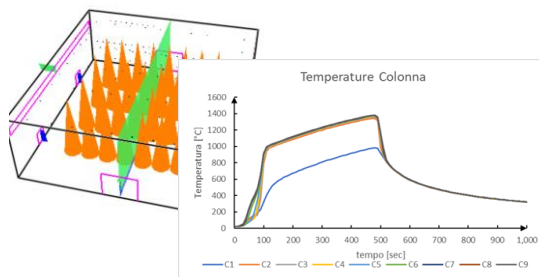
- ✓ Carico d'incendio specifico;
- ✓ Superficie stanze (5-30m²)
- ✓ Tasso di rilascio di calore specifico
- ✓ Ventilazione (apertura finestre)
- ✓ Sei zone di innesco.



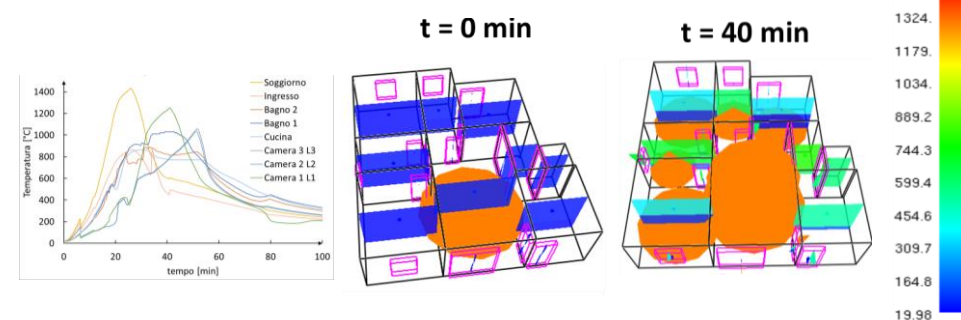
Simulazione CFD



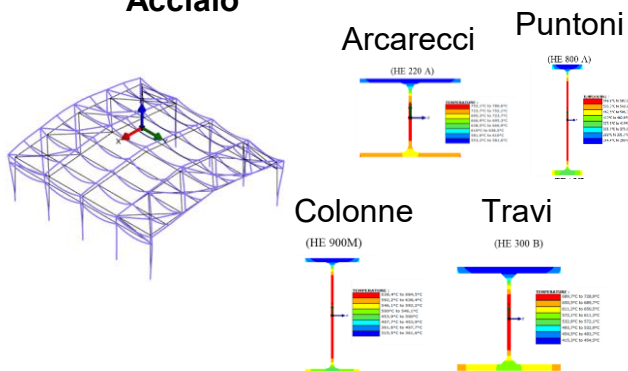
Simulazione a zone



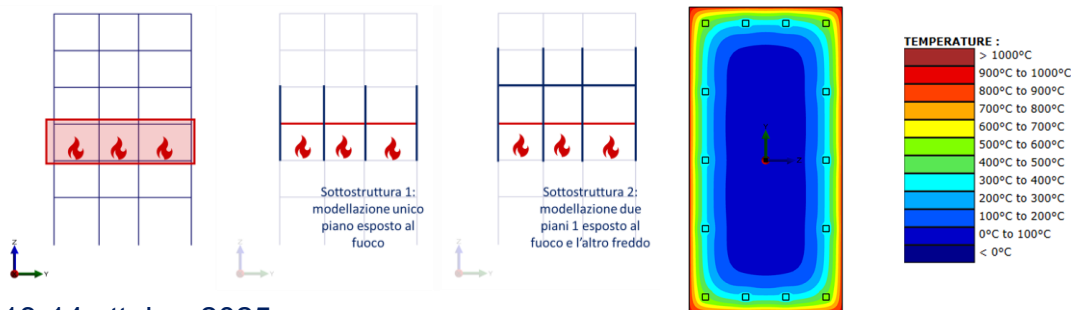
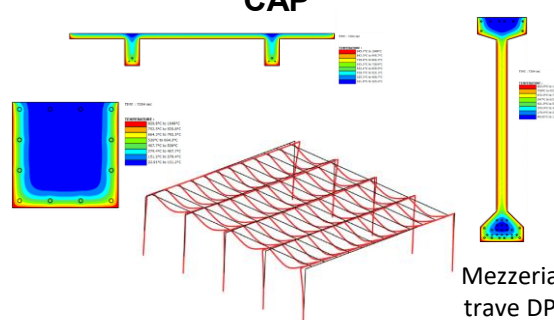
Simulazione a zone



Acciaio



CAP



CASI STUDIO

Pipe racks

Incendi di interfaccia (Wildfire)

GEOMETRIA



Obiettivi prestazionali

Operatività

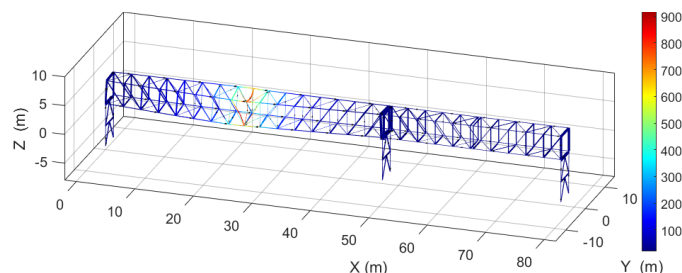
- 1 Spostamento verticale massimo raggiunto ($L/250$)
- 2 Spostamento verticale residuo (trascurabile)
- 3 $IDR(max) \leq 0.7\%$ (Telaio a momento resistente)
 0.5% (Telaio controventato) *
- 4 $IDR(res)$ trascurabile *

Collasso

- 1 $IDR(max) \leq 5\%$ (Telaio a momento resistente)
 2% (Telaio controventato) *
- 2 $IDR(res) \leq 5\%$ (Telaio a momento resistente)
 2% (Telaio controventato) *

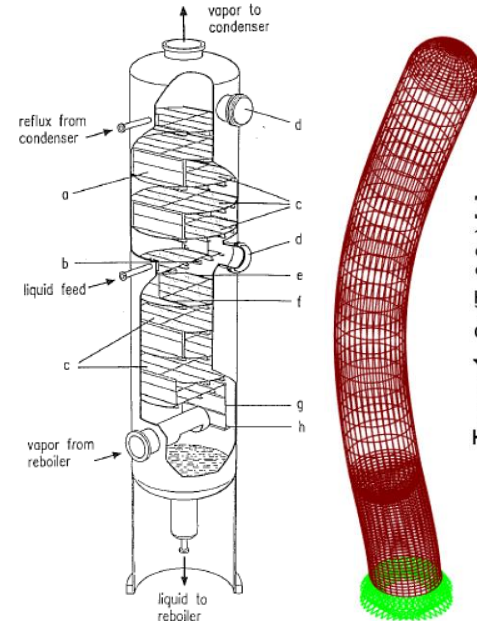
* FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic
Rehabilitation of Buildings. 2000.

$IDR = \text{Inter-Story Drift Ratio}$

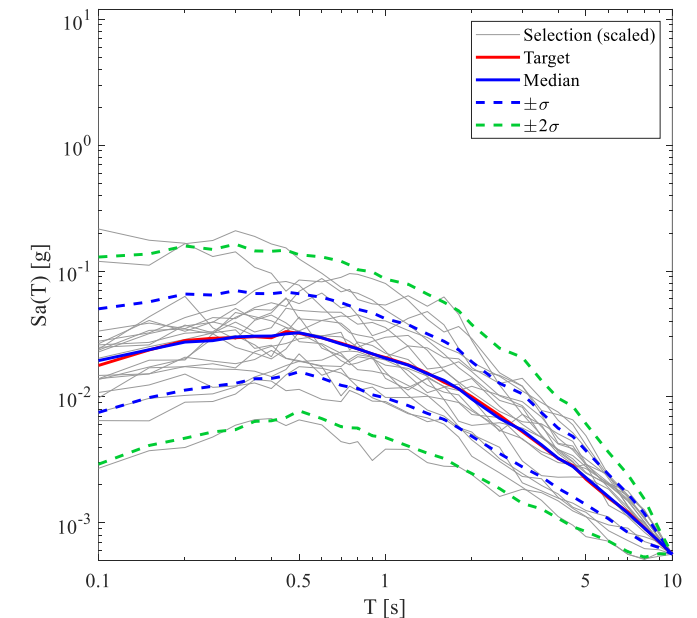
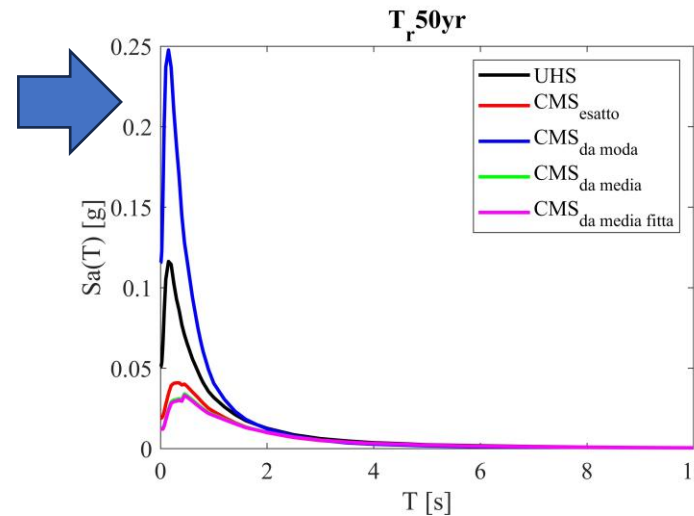
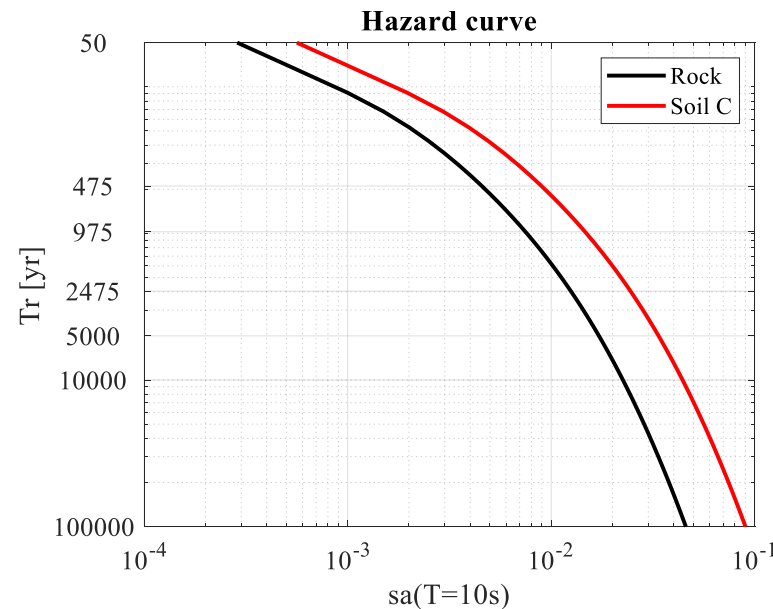
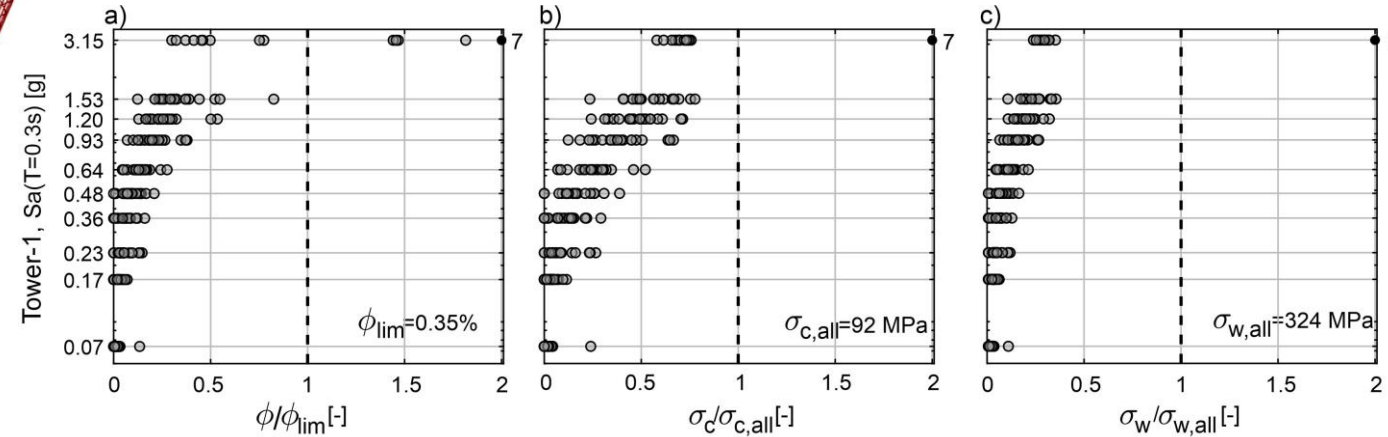


CASO STUDIO – ANALISI DI PERICOLOSITA' E SELEZIONE INPUT SISMICO PER ANALISI DINAMICHE MSA

- Sito: Priolo (15.188;37.156), suolo C;
- Modello sorgente: ZS9 (Meletti et al., 2008);
- Tassi e distribuzione magnitude: ramo 921 MPS04 (Stucchi et al., 2011);
- Legge di attenuazione: Lanzano et al. (2020);
- Target: spettro condizionato;
- Modello di correlazione spettrale: Baker e Jayaram (2008).
- Ground motion database: NESS2 (Mw>5.5)

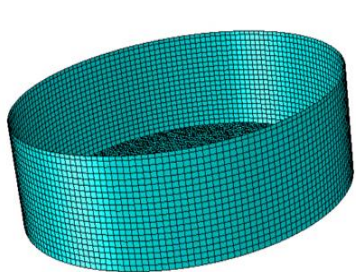


Colona di distillazione altezza $H=20$ m diametro $D=2$ m

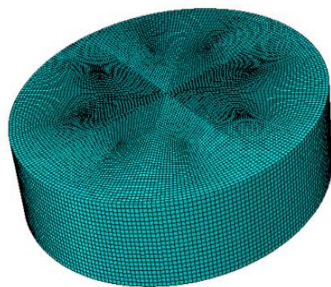




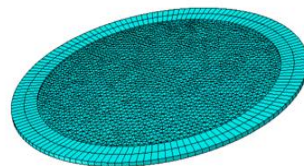
Serbatoio a tetto galeggiante diametro $D=86$ m e altezza $H=22$ m



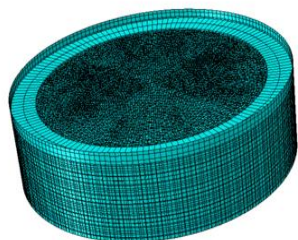
Tank wall and base,
Shell element (S4),
8766 elements



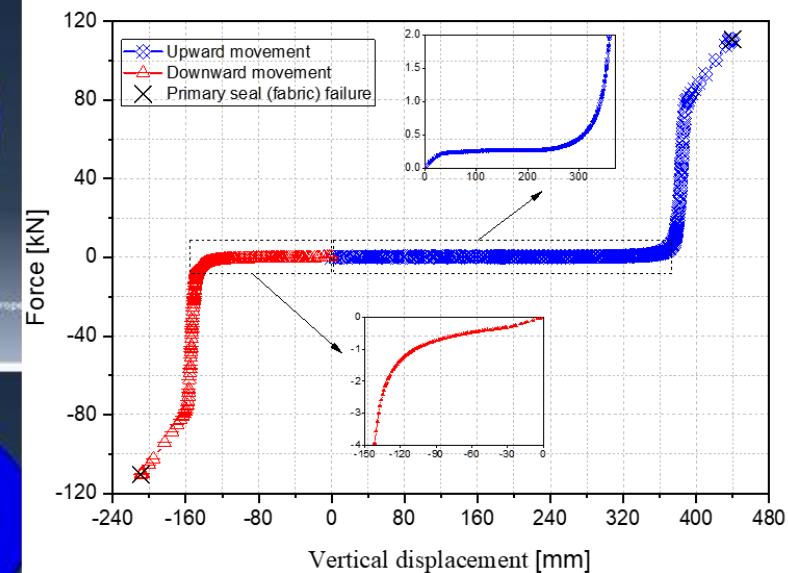
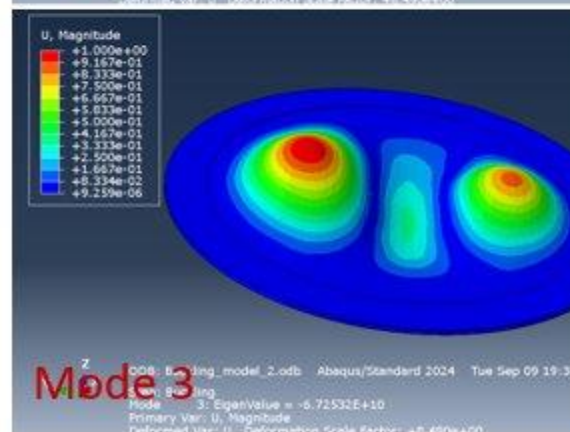
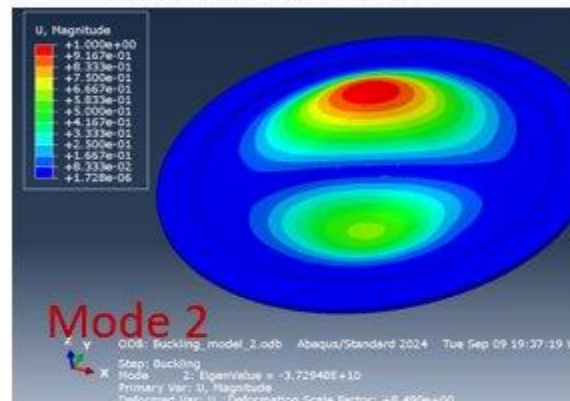
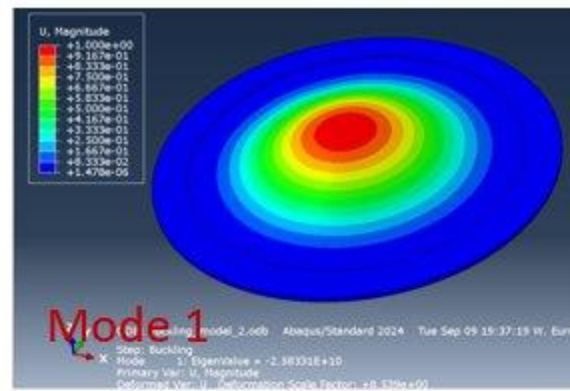
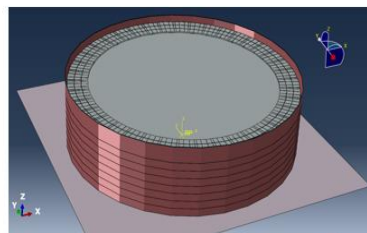
Fluid,
Solid element
(C3D8R),
179200 elements



Floating roof,
Shell element (S4R),
4442 elements



179200 total number of elements



- Modellazione a elementi finiti
- Interazione fluido-struttura
- Molle non-lineari per il pantograph seal
- Modi d'instabilità del tetto
- Analisi dinamiche non-lineari



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 13-14 ottobre 2025

WP 3 - MODELLI DI VULNERABILITÀ STRUTTURALE PER PERICOLI NATURALI ED EFFETTI A INDUSTRIALI A CASCATA

Iunio Iervolino