



**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**

Workshop Energia e Sostenibilità per la PA: Strumenti per la riqualificazione Energetica e Sismica dell'isola di Ischia

Vulnerabilità Sismica e interventi innovativi sugli edifici esistenti

Forio d'Ischia 8 giugno 2019

Giacomo Buffarini

SOSTENIBILITÀ, SICUREZZA, RESILIENZA

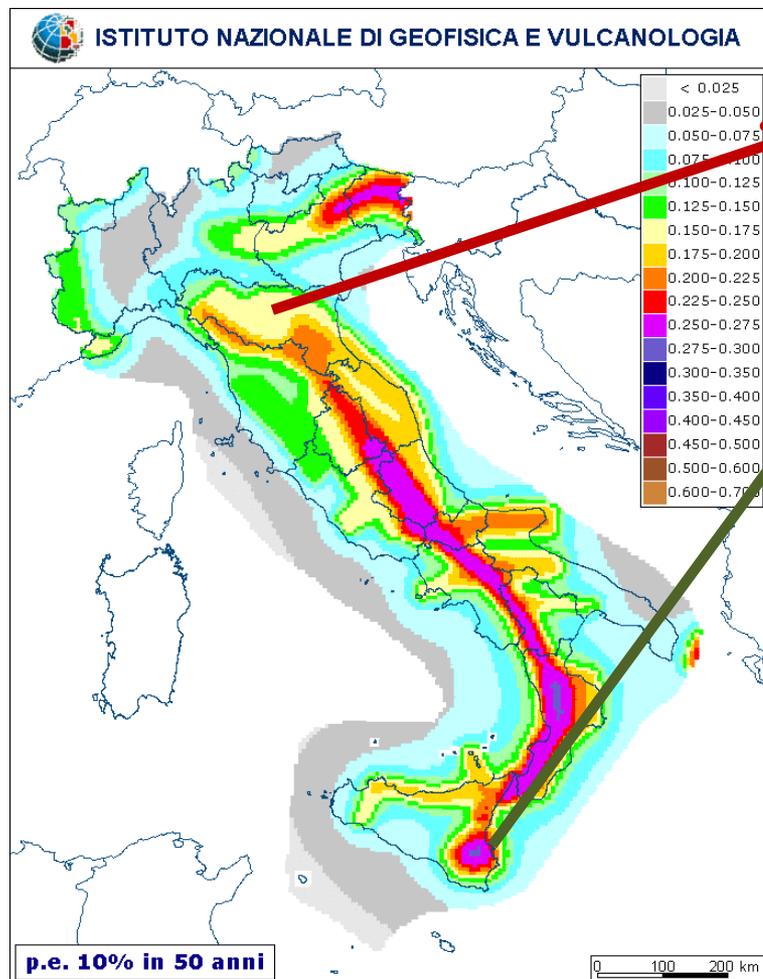


SCUOLA ROMOLO CAPRANICA, AMATRICE



CALAMITÀ NATURALI: EFFETTI

- Nel passato** ▶ una catastrofe causava essenzialmente vittime
- Oggi** ▶ una catastrofe può causare



Danni all'economia
Terremoto Emilia del 2012

Disastri ambientali
Terremoto Sicilia sudorientale del 1693
oggi sede di molti stabilimenti petrolchimici

Considerate

- l'estensione delle aree interessate
- la varietà del patrimonio edilizio esistente

la riduzione del rischio sismico richiede un notevole impegno finanziario

PREVENZIONE O RICOSTRUZIONE?

Prevenzione:

- Investimento necessario per riduzione rischio sismico su tutto il territorio nazionale = centomila miliardi di lire (Stima GNDT dopo il sisma dell'Irpinia del 1980) 50 miliardi di euro.
- Somma non disponibile né utilizzabile in tempi brevi, né allora né adesso
- Investimento estremamente conveniente, tenuto conto dei costi di gestione delle varie emergenze e ricostruzioni successive

COSTI TERREMOTI IN ITALIA DAL 1968

Evento	Anno	Periodo attivazione interventi	Importo attualizzato 2014 (milioni di euro)
Valle del Belice(*)	1968	1968-2028	9.179
Friuli V. G. (*)	1976	1976-2006	18.540
Irpinia	1980	1980-2023	52.026
Marche Umbria (*)	1997	1997-2024	13.463
Puglia Molise (*)	2002	2002-2023	1.400
Abruzzo (**)	2009	2009-2029	13.700
Emilia (**)	2012	2012-	13.300
Totale			121.608

(*) Dati a consuntivo sulle risorse effettivamente stanziati dallo Stato

(**) Previsioni di spesa delle autorità locali preposte alla ricostruzione

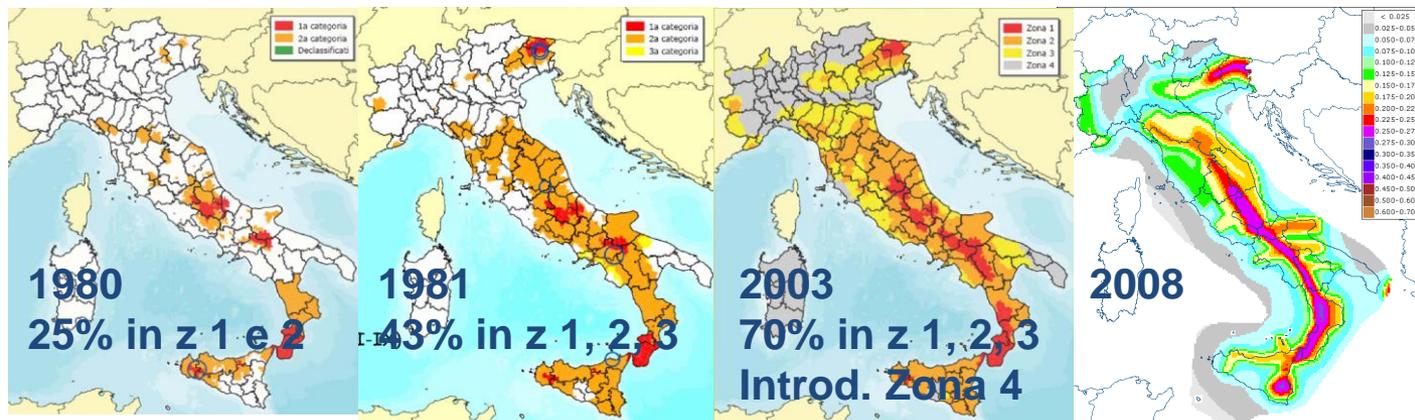
Fonte: Elaborazione Centro Studi CNI su dati Ufficio Studi Camera dei Deputati, Regione Emilia Romagna, Commissario delegato per la ricostruzione Presidente della Regione Abruzzo

121 MILIARDI DI EURO > 50 MILIARDI DI EURO

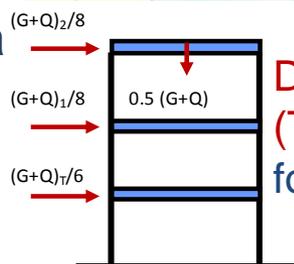
LA SICUREZZA SISMICA IN ITALIA

In Italia il 70% dell'edificato non è adeguato al sisma di progetto al sito

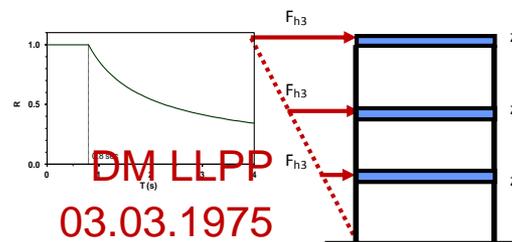
Evoluzione della classificazione sismica



Evoluzione della normativa tecnica



DL 5.11.1916
 (TU) n.1526
 forze statiche



OPCM3274/03-
 NTC2008
 Spettri elastici
 Stati Limite

Qualità delle costruzioni

- Età > 50 anni per gran parte degli edifici
- Periodi di maggiore attività dopo eventi eccezionali (guerre, terremoti): costruzioni edificate in fretta, senza adeguati controlli, con sistemi e materiali scadenti

Edifici storici, tra cui:

- Scuole, Ospedali, Musei, Strutture strategiche

PRIORITÀ E INCENTIVI

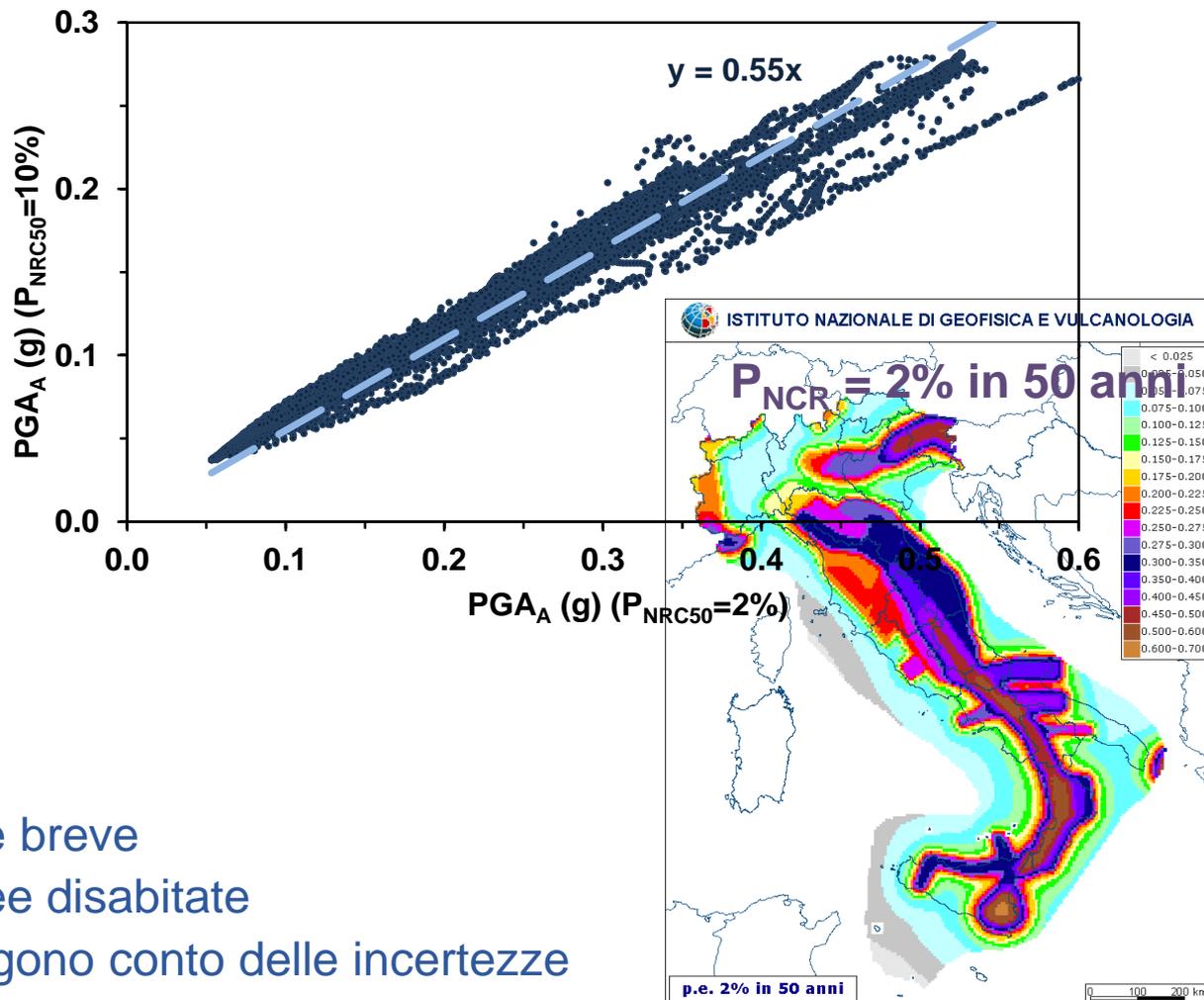
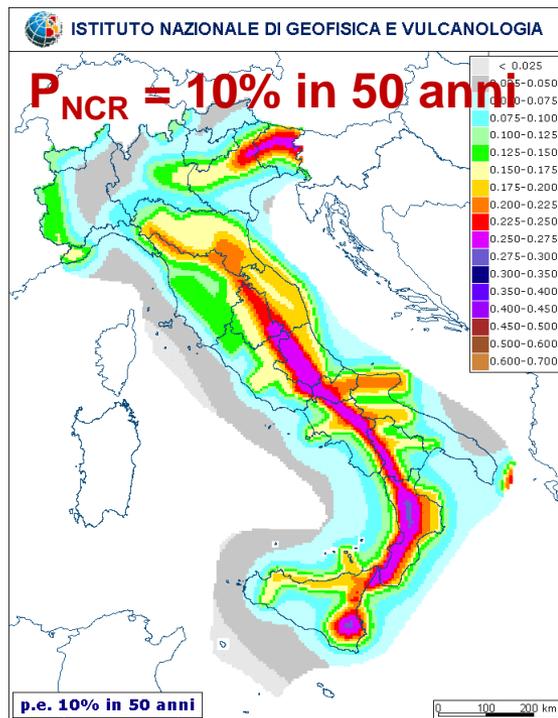
E' necessaria

un'oculata programmazione della spesa e degli interventi, stabilendo:

- **Patrimonio pubblico: priorità di intervento su opere strategiche o di particolare rilevanza, quali prefetture, caserme, ospedali, scuole, ecc.**
 - ✓ **OPCM 3274/2003: valutazione**
 - ✓ **Circ. DPC/SISM/0083283 del 04.11.2010**
- **Patrimonio privato:**
 - ✓ **Bonus fiscali**
 - ✓ **Assicurazione obbligatoria a fronte dei rischi naturali**

TERREMOTO DI PROGETTO: $PGA_A (a_g)$

Parametri di riferimento = PGA_A (o a_g) su suolo rigido e spettro elastico per ciascun sito in funzione della probab. di superamento P_{NCR} (o P_{VR}) in 50 anni

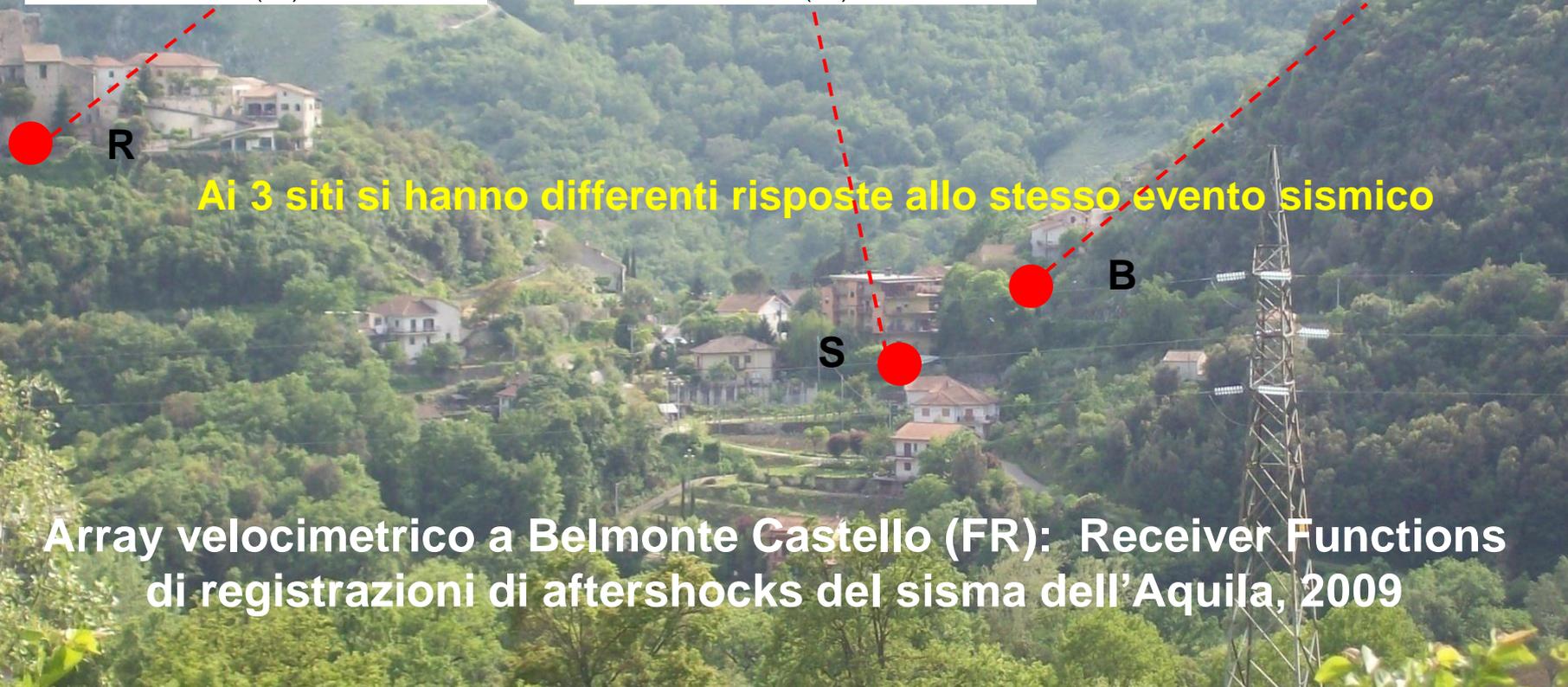
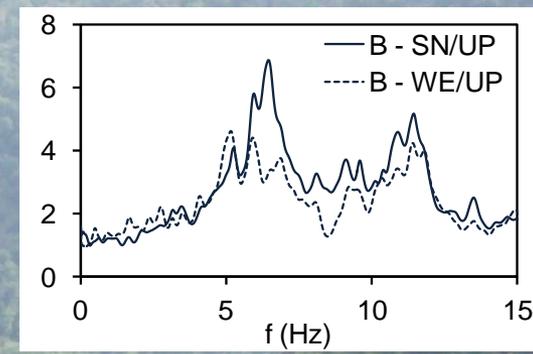
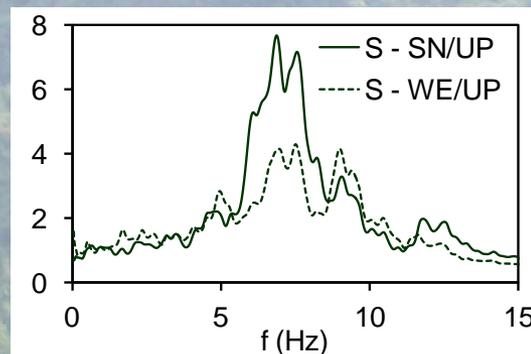
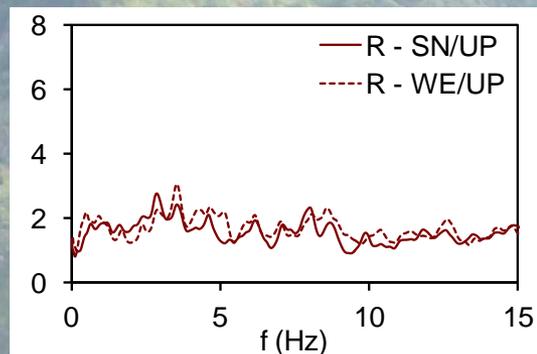


$P_{NCR} \text{ min} = 2\%$

- Tempo di osservazione breve
- No info su eventi in aree disabitate

Mappe per $P_{NCR} \ll 1$ tengono conto delle incertezze

RISPOSTA SISMICA LOCALE



MICROZONAZIONE SISMICA

MOPS ▶ Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (amplificative e non)

Pianificazione territoriale

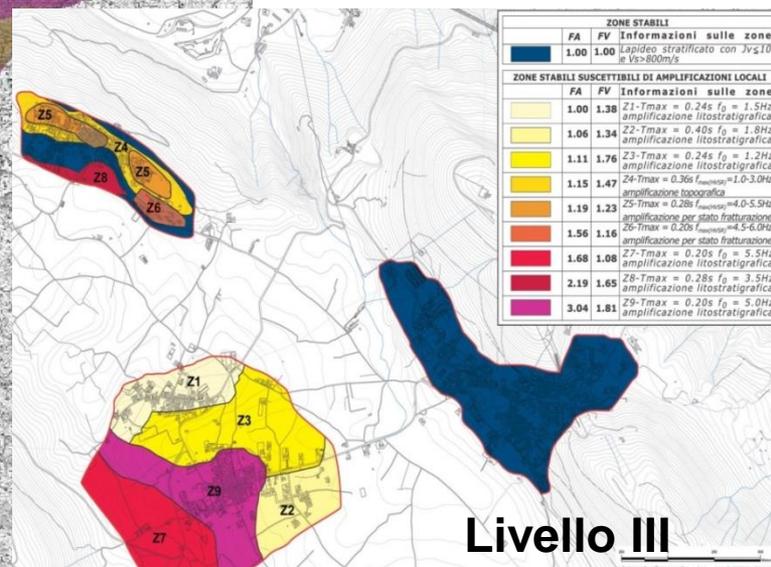
- Scelta siti per nuove strutture
- Definizione priorità di intervento su esistente

Livello I

- Zone instabili
- Zone stabili (pianeggianti, $V_{s30} > 800$ m/s)
- Zone stabili ma suscettibili di amplificazione

Livello II: coefficienti di amplificazione attraverso abachi (situazioni semplici 1D)

Livello III: coefficienti di amplificazione attraverso misure in sito e modellazione



Livello III

COMPONENTE VERTICALE

Edifici concepiti per
sopportare azioni
gravitazionali



Componente verticale del sisma, che
comporta un aumento o una diminuzione
di queste, è ben sopportata dalla struttura

• Verifiche allo SLU:

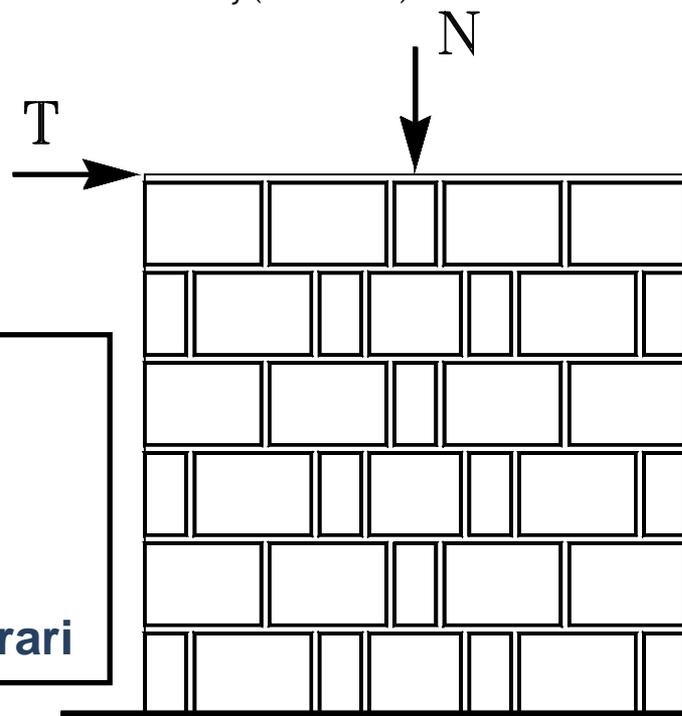
$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} \psi_{0j} Q_{Kj}$$

• Verifiche sismiche SLV:

$$G_1 + G_2 + E + \sum_j (\psi_{2j} Q_{Kj})$$

Combinazioni azioni sismiche

$$E = E_i + 0.3 \cdot E_j + 0.3 \cdot E_k$$



Accelerazione verticale verso il basso



Riduzione sforzi di compressione N



Riduzione capacità a taglio T dei maschi murari

CRITERI DI PROGETTAZIONE

Scopo: assicurare che in caso di sisma

- sia protetta la vita umana
- siano limitati i danni
- rimangano funzionanti le strutture essenziali

Sisma di progetto
▼
no crolli, molti danni

Principio non sostenibile



Costi di ricostruzione

Principio non compatibile con lo scopo delle norme



Strutture strategiche funzionanti (strutture di protezione civile, ponti, ospedali, caserme, ecc.)

Strutture a rischio di incidente rilevante sicure (Impianti nucleari, chimici, contenenti materiali pericolosi)



PROGETTARE A “DANNO ZERO”

Perché non si progettano strutture in grado di sopportare i terremoti senza subire danni?



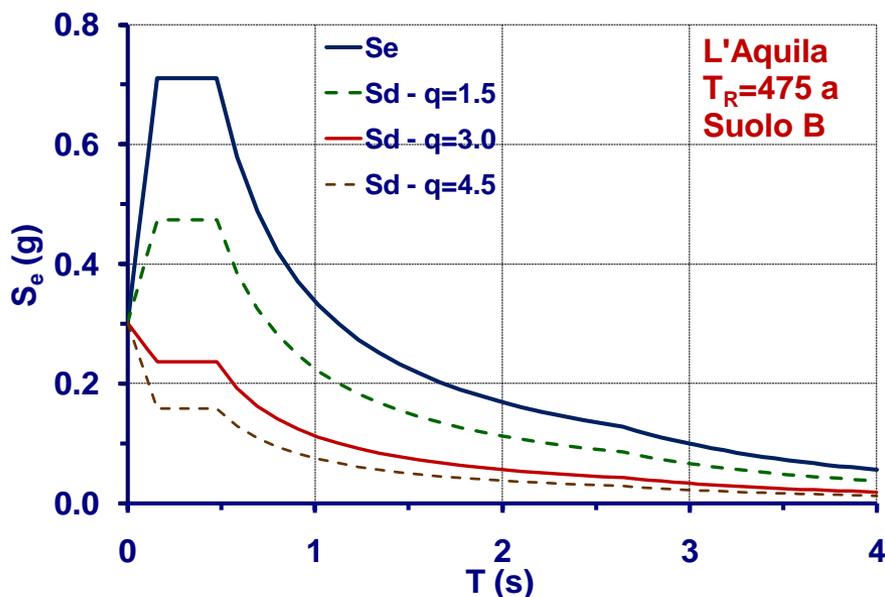
per motivi economici e architettonici: bunker costosi e/o poco funzionali

Duttilità

- idonee scelte progettuali e
- dettagli costruttivi



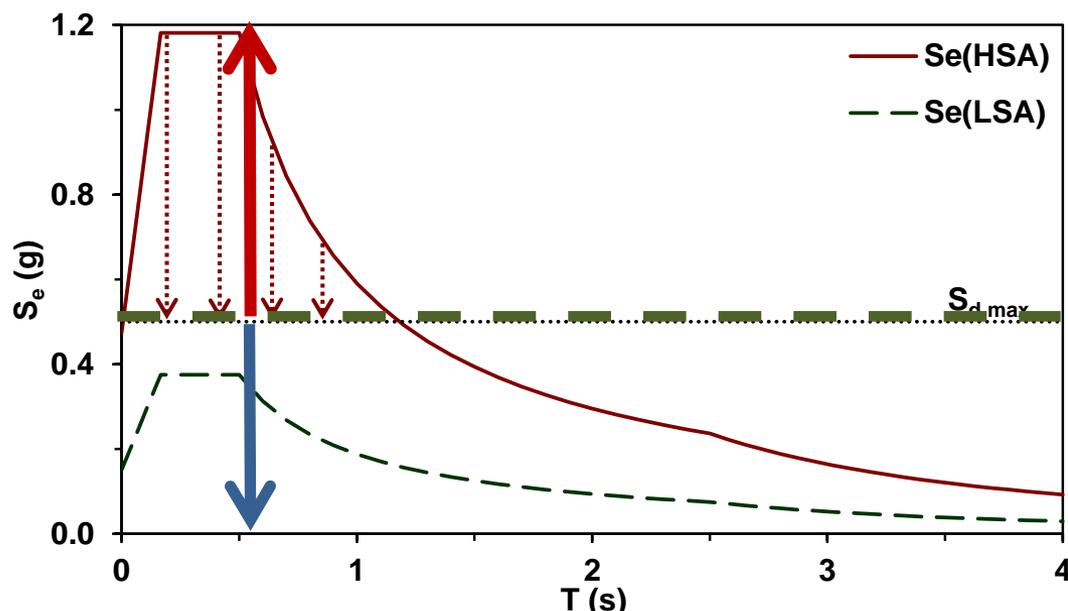
Danneggiamento controllato
Dissipazione energia
Salvaguardare vita
Scongiorare il collasso



Fattore di comportamento q:

- Riduce le forze elastiche,
- Tiene conto di: capacità dissipativa anelastica, sovraresistenza, incremento periodo proprio a seguito di plasticizzazioni
- Dipende da materiali e tipologie strutturali

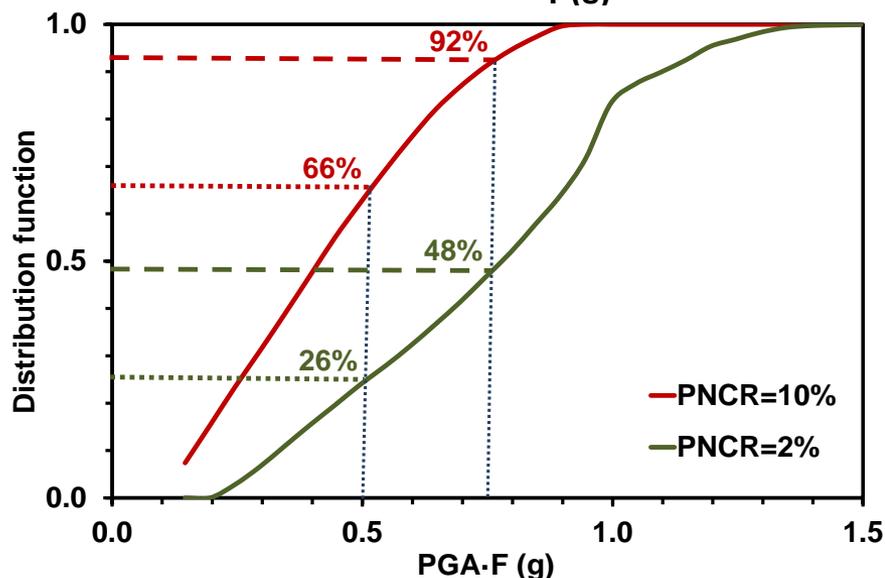
ZERO EARTHQUAKE-DAMAGE BUILDINGS



Aree alta sismicità:
domanda di duttilità minima
($1 < q \leq 2.5$), danni limitati



Aree bassa sismicità:
domanda di duttilità nulla
($q = 1$), danni nulli



Are a maggiore pericolosità:

- Limitare l'altezza degli edifici
- Utilizzare moderni sistemi antisismici

non necessariamente essere esplicitate prescrizioni bensì scelte opportune e convenienti, per rispettare le norme

RIDURRE IL RISCHIO FINO A ...?

**Non è possibile
azzerare il rischio**



**Ciò non vuol dire che dobbiamo
rinunciare a ridurlo il più possibile**

**Il miglioramento delle conoscenze geologiche, geofisiche e ingegneristiche
ci consentirà di ottenere un grado di sicurezza sempre maggiore**

**I criteri di progetto e le norme tecniche devono tener conto delle nuove
conoscenze possibilmente in tempo quasi reale**

Suggerimenti per ridurre il rischio il più possibile (allo stato attuale):

- **Assumere P_{NCR} inferiori, fino al 2% (e quindi a_g maggiori)**
- **Eseguire sempre l'analisi della risposta sismica locale**
- **Progettare con valori minimi del fattore di comportamento q**
- **Adottare moderne tecnologie antisismiche**

CAPACITÀ ≥ DOMANDA

**Aumentare
Capacità**



**Tecniche
tradizionali**

**Materiali con
 f_k/γ maggiore**

▶ **Ricerca**

**Pgt in campo
elastico**

▶ **Possibile
in LSA e MSA**

**Ridurre
Domanda**



**Tecniche
Innovative**

**Isolamento
sismico**

▶ **Increm.
Periodo vibr.**

**Dissipazione
di energia**

▶ **Increm.
Smorzamento**

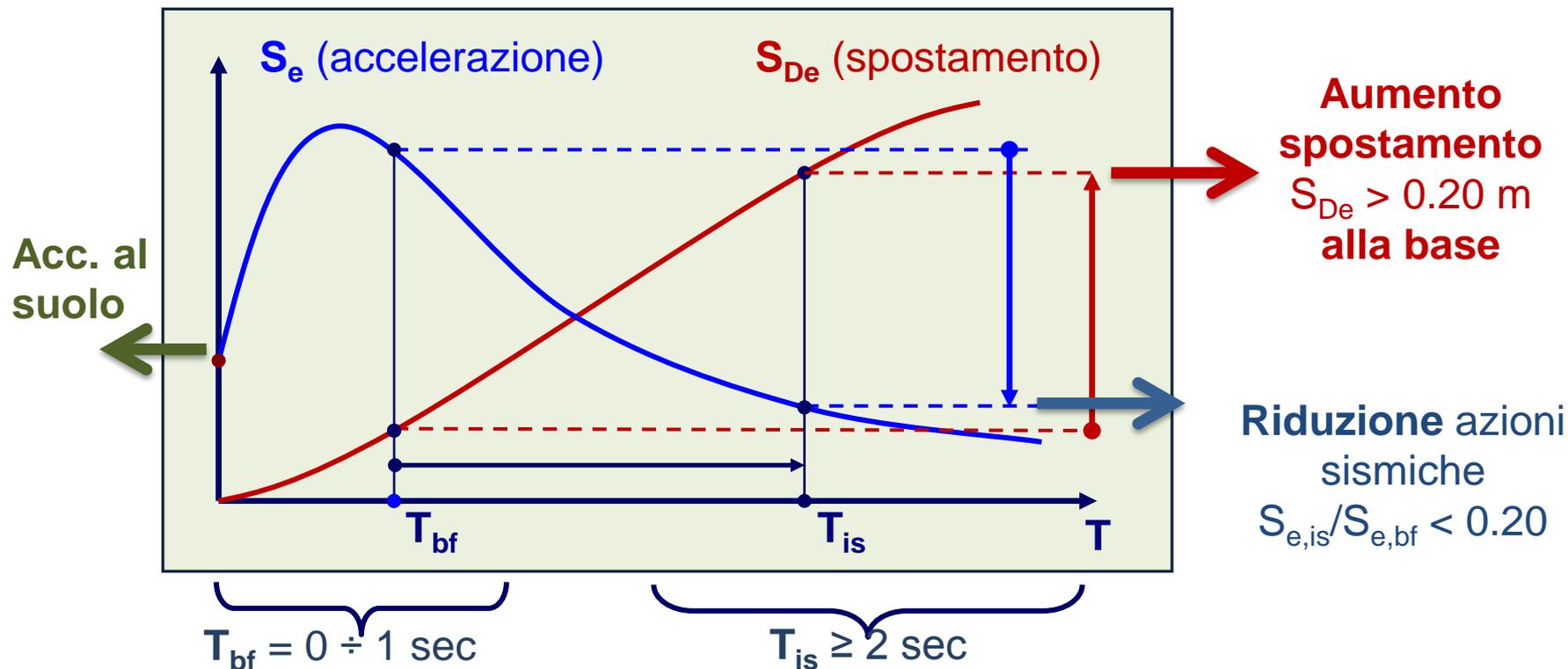
**Motto of the 16WCEE:
Resilience, the new
challenge in earthquake
engineering**



**Seismic design criteria of “safety of life”
requesting that buildings do not collapse
must be replaced by codes that
allow cities to continue operating in few days**

INTRODUZIONE ALL'ISOLAMENTO SISMICO

Spettro di risposta elastico = massima accelerazione S_e nella struttura in funzione del suo periodo fondamentale di vibrazione T



Disaccoppiamento tra moto della struttura e del terreno

È possibile progettare in campo elastico ► **Zero Earthquake-Damage Buildings**

CONFRONTO BF – IS

**Edificio
Convenzionale**

Fc2 >> Fc1

Ac >> Ai

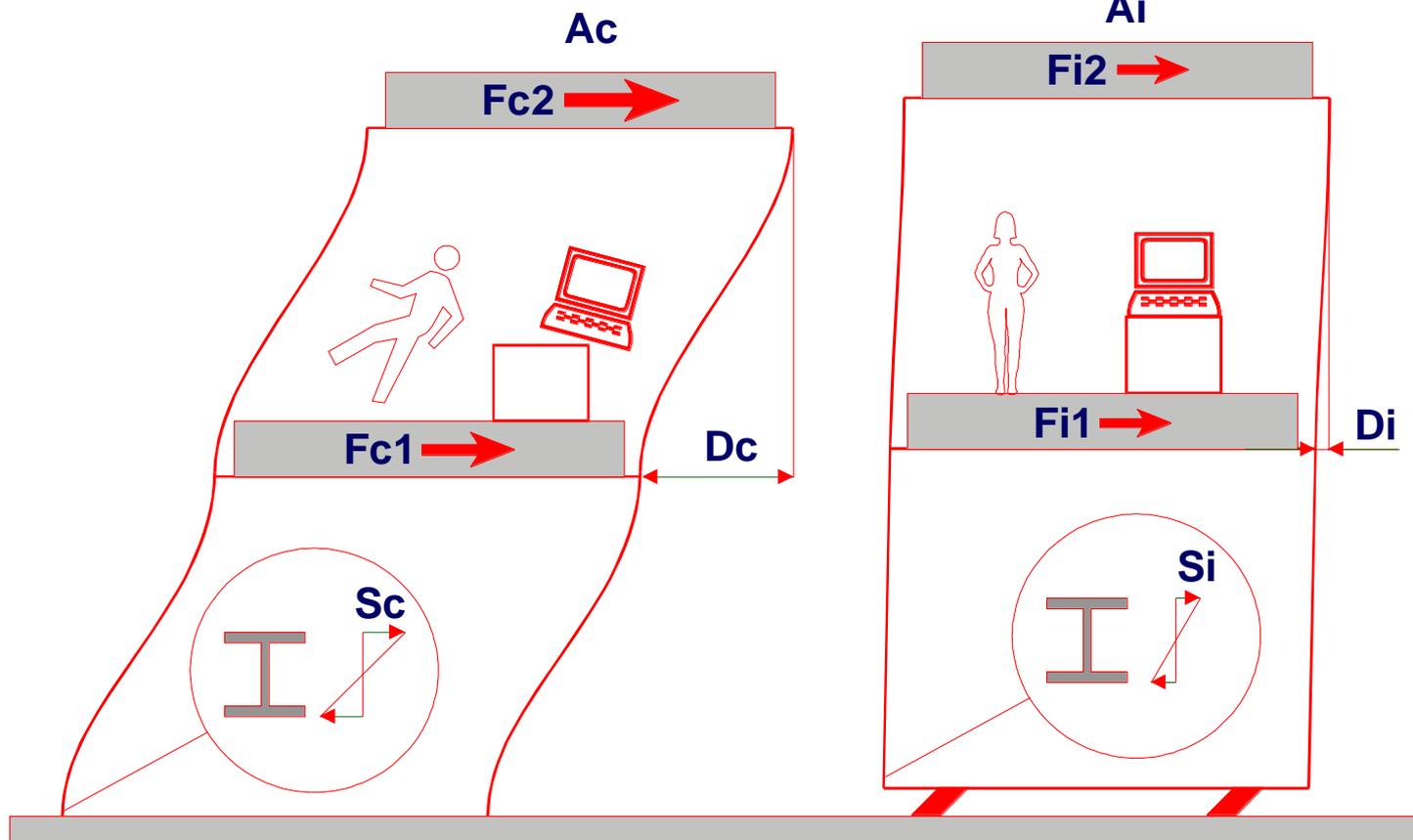
Fc >> Fi

Dc >> Di

Sc >> Si

**Edificio con
Isolamento alla base**

Fi2 ≈ Fi1



ISOLAMENTO SISMICO ALLA BASE



CARATTERISTICHE DISPOSITIVI

ISOLATORI

Funzione di appoggio

che si esplica nel sopportare i carichi verticali in condizioni di esercizio e in condizioni sismiche

Bassa rigidezza orizzontale

che permetta agli apparecchi di subire spostamenti relativi tra le due facce, superiore ed inferiore, di una determinata entità, in caso di eventi sismici

Adeguata rigidezza nei confronti delle forze orizzontali di piccola entità (vento, traffico o sismi di bassa energia)

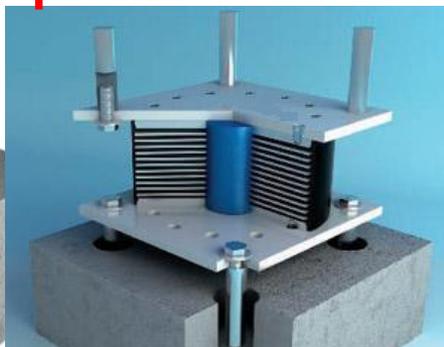
Buona capacità dissipativa, di **ricentraggio** dopo la sollecitazione sismica

DISPOSITIVI PER ISOLAMENTO

Isolatori Elastomerici



**Elastomerici
con nucleo in
piombo**



**A scorrimento con superficie
curva**

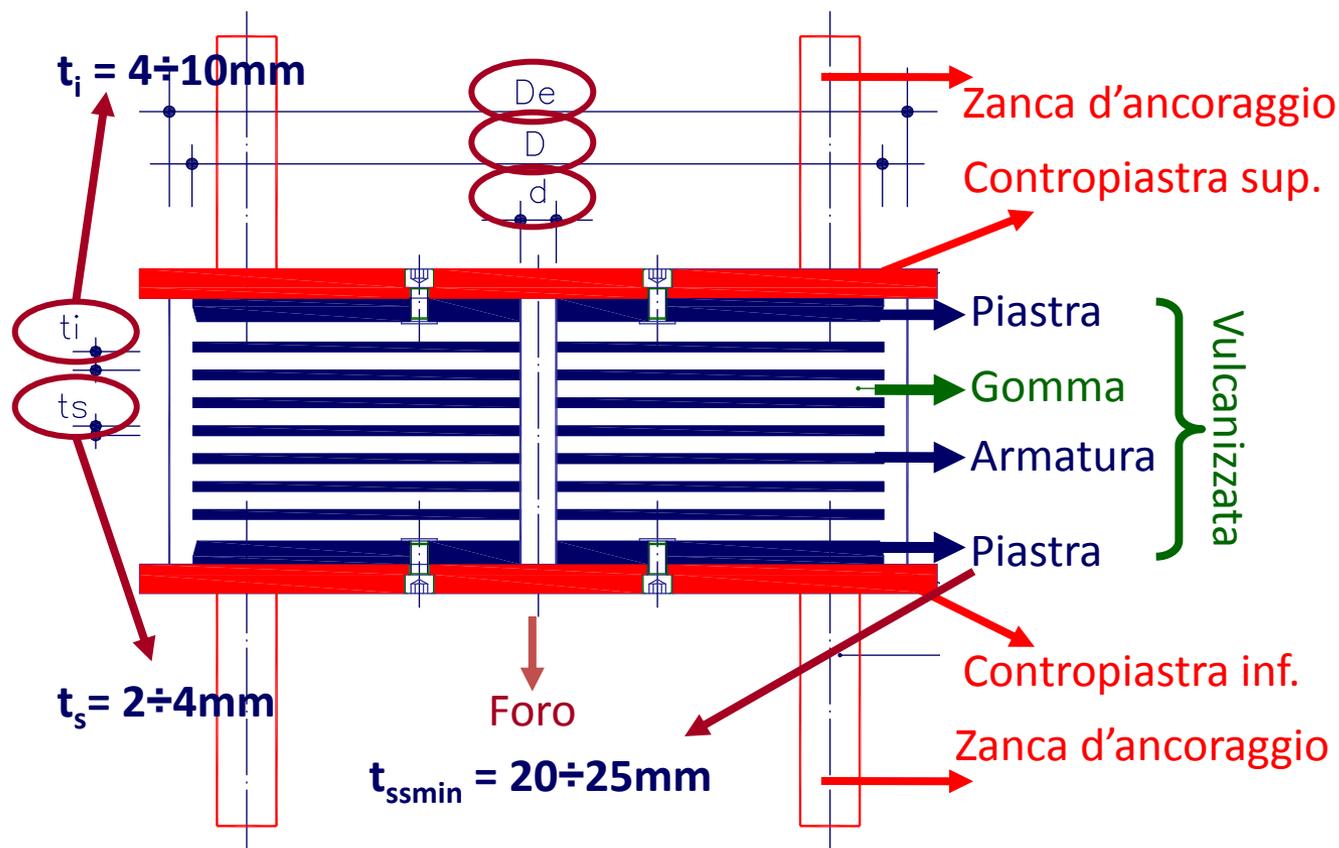


**A scorrimento a superficie
piana**



A ricircolo di sfere

HDRB: COMPONENTI E DIMENSIONI



$$A = \pi D_e^2 / 4$$

$$A' = \pi D^2 / 4$$

$$L = \pi \cdot D \cdot t_i$$

$$t_e = n_g \cdot t_i$$

Fattore di forma primario
(instabilità locale)

$$S_1 = A' / L = D / 4t_i$$

Fattore di forma secondario
(instabilità globale)

$$S_2 = D / t_e$$

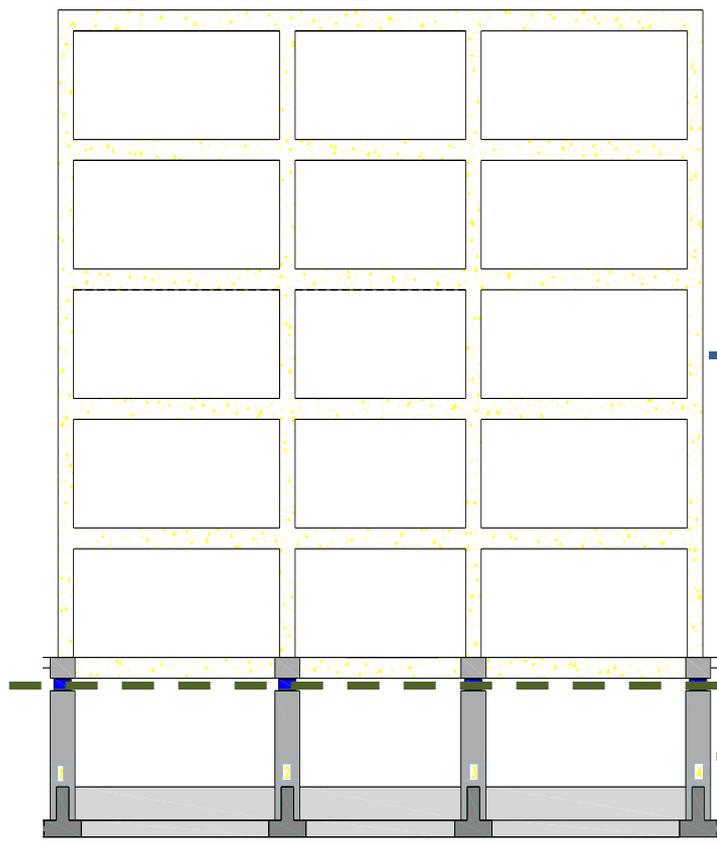
Rigidezza equivalente

$$K_e = G_{din} A / t_e$$

Rigidezza verticale

$$K_v = E_c A' / t_e \quad E_c = \left(1 / \left(6G_{din} S_1^2 \right) + 4 / \left(3E_b \right) \right)^{-1} \quad K_v / K_e$$

REQUISITI GENERALI



Sovrastruttura = parte della struttura isolata, ossia posta al di sopra dell'interfaccia d'isolamento

Interfaccia d'isolamento = superficie di separazione sulla quale è attivo il sistema d'isolamento

Sottostruttura = parte della struttura sotto il sistema d'isolamento (incluse le fondazioni);

- ha, in genere, deformabilità orizzontale trascurabile
- è soggetta agli spostamenti imposti dal movimento sismico del terreno

Sovrastruttura e Sottostruttura si devono mantenere sostanzialmente in campo elastico ► la struttura può essere progettata con riferimento ai particolari costruttivi non antisismici (con deroga sui dettagli costruttivi per strutture in c.a.)

Sistema d'isolamento deve garantire un'affidabilità superiore

ISPEZIONABILITÀ – RIGIDEZZA

L'alloggiamento dei dispositivi d'isolamento ed il loro collegamento alla struttura devono essere concepiti in modo da:

- assicurarne l'accesso
- rendere i dispositivi stessi ispezionabili e sostituibili

Strutture del piano di posa degli isolatori e del piano su cui appoggia la sovrastruttura devono avere un comportamento rigido nel piano suddetto:

- diaframma rigido, sia sopra che sotto il sistema di isolamento
- elementi verticali con spostamento orizzontale in condizioni sismiche $< 1/20$ dello spostamento relativo del SI

IMPIANTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

Impianti nucleari

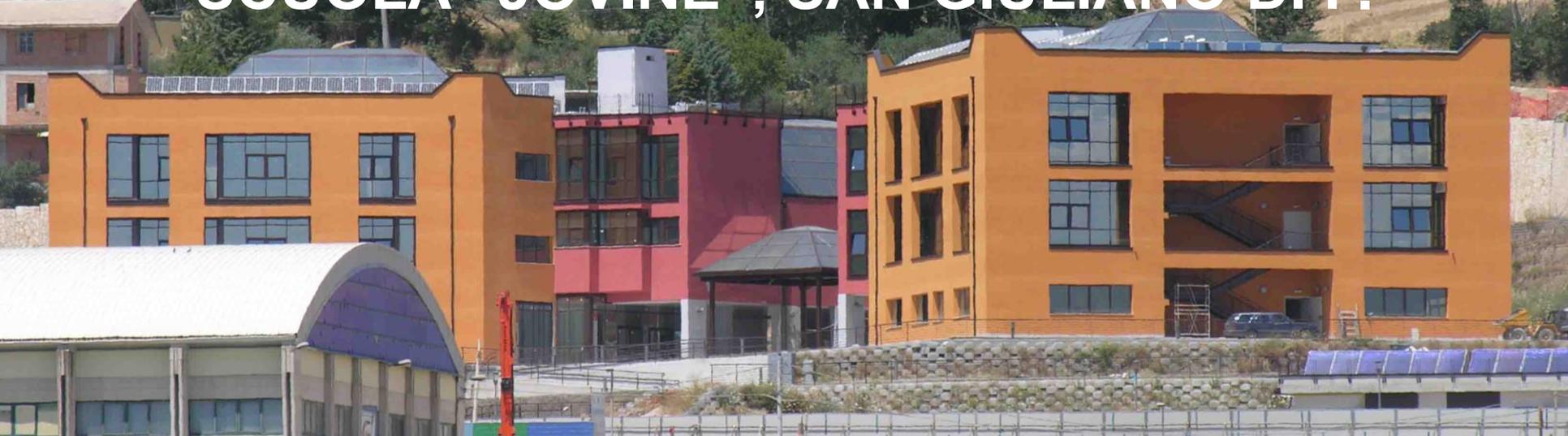
- adozione di sistemi di protezione sismica di massima sicurezza e affidabilità
- possibilità di utilizzare lo stesso progetto per siti a diversa sismicità



Electricite-de-France, 1978: inizio costruzione a Cruas primo impianto nucleare con isolamento sismico (PWR, potenza tot. = 3600 Mwe, in funzione nel 1984)

- Progetto standard di altri impianti realizzati in precedenza con $a_g=0.2g$
- Sito di Cruas (Francia): $a_g=0.3g$

SCUOLA "JOVINE", SAN GIULIANO DI P.



Isolamento sismico:
P. Clemente (coord.), M. Dolce, A. Parducci, G. Buffarini



CENTRO PROTEZIONE CIVILE REG. DI FOLIGNO

**VIGILI DEL
FUOCO**

**PALAZZINA
SERVIZI**

**CENTRO OPERATIVO
MANUTENZIONE MODULI**

**CENTRO OPERATIVO
EMERGENZA BENI CULTURALI**

**CENTRO
OPERATIVO
EMERGENZA
FORMAZIONE**

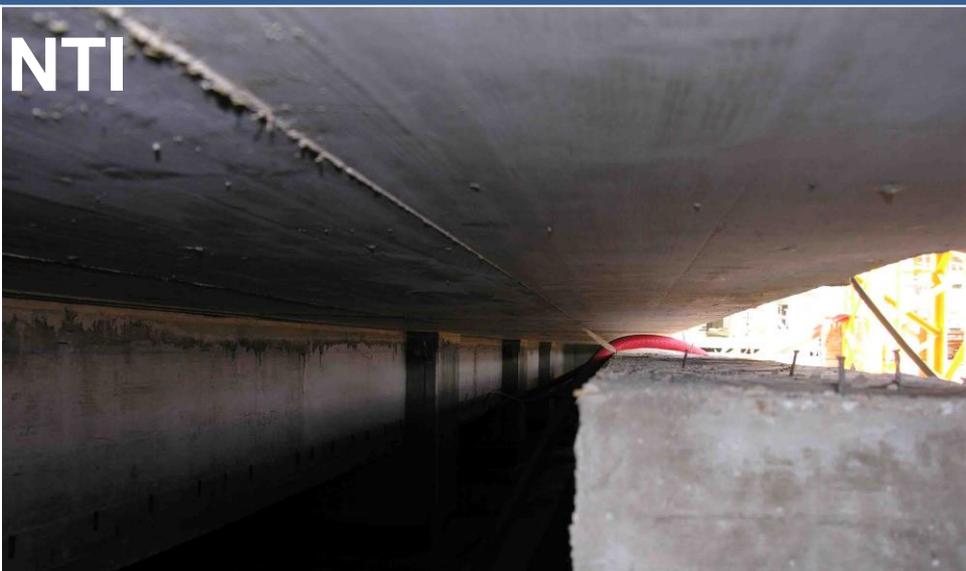
**CORPO
FORESTALE**

CENTRO OPERATIVO, FOLIGNO



Structural design A. Parducci

GIUNTI



IMPIANTI



CONDITIO SINE QUA NON

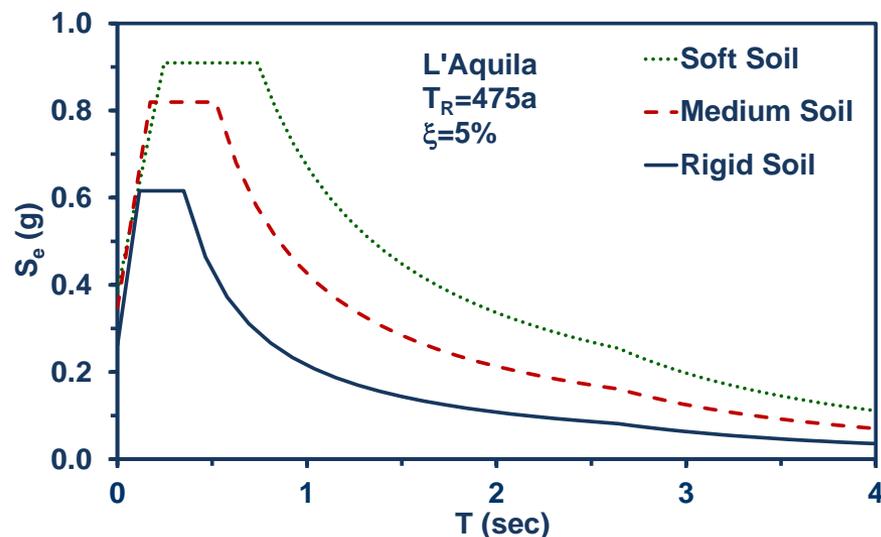
Sovrastruttura rigida: $T_{bf} \ll T_{is}$

non deve amplificare le azioni trasmesse attraverso il sistema di isolamento

Terreno non molto soffice

non deve amplificare componenti con

$T \approx T_{is}$



Giunti laterali realizzabili (per consentire gli spostamenti dovuti al sistema di isolamento)

Rispettare compatibilità con strutture adiacenti

In alternativa si possono utilizzare sistemi di dissipazione dell'energia

COSTRUZIONI ESISTENTI: LA VERA SFIDA

Costruzioni esistenti, incluse quelle parzialmente danneggiate da sismi

Grave errore dell'ingegneria sismica negli anni '70 e '80:

- aver preteso di applicare alle strutture esistenti gli stessi concetti e le stesse tecniche sviluppati per le nuove costruzioni, probabilmente per il solo motivo di avere a disposizione modelli matematici che ne descrivevano un possibile comportamento e consentivano facili valutazioni



COSTRUZIONI ESISTENTI

(C8)

Costruzione esistente = struttura completamente realizzata

Sicurezza costruzioni esistenti: problema complesso a causa di

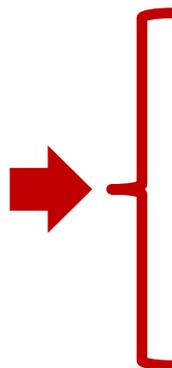
- **elevata vulnerabilità**, soprattutto rispetto alle azioni sismiche
- **valore storico-architettonico-artistico-ambientale**
- **notevole varietà di tipologie** e sub-tipologie strutturali
 - ✓ apparecchio murario, orizzontamenti, catene, tiranti e altri dispositivi

Complessità problematiche coinvolte determina

- **difficile standardizzazione** di metodi di verifica e di progetto e dell'uso delle tecnologie di intervento tradizionali e moderne, perciò
- **approccio prestazionale** con
 - ✓ adozione di **poche regole di carattere generale**
 - ✓ **alcune indicazioni importanti** per la correttezza delle diverse fasi di analisi, progettazione, esecuzione

(C8.2)

**Struttura
è
esistente**



CRITERI GENERALI

- Caratteristiche meccaniche dei materiali e delle parti strutturali note da indagini, non scelte dal progettista
- Affidabilità dipende da correttezza e accuratezza indagini
- No incertezze insite nel passaggio dal progetto alla realizzazione

**Valutazione basata sulla
conoscenza:**

- Analisi storico-critica
- Rilievo geometrico-strutturale
- Caratterizzazione meccanica materiali



**Livelli di conoscenza (LC1, LC2,
LC3) dei parametri di modellazione:**

- Geometria
- Dettagli costruttivi
- Materiali



Fattori di confidenza (FC= 1.35, 1.2, 1.0 per LC1, LC2, LC3 risp.)

- ✓ legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini
- ✓ riducono i valori medi di resistenza dei materiali nei valori di progetto

VALUTAZIONE SICUREZZA

(C8.3)

Procedimento volto a:

- **Verificare** (in alternativa)
 - ✓ se la struttura è in grado di resistere alle azioni di progetto delle NTC
 - ✓ l'entità massima delle azioni che la struttura è capace di sostenere (nelle combinazioni di progetto e con i margini di sicurezza delle NTC)
- **Stabilire quali provvedimenti adottare** affinché l'uso della struttura sia conforme alle NTC (in alternativa)
 - ✓ **Uso della costruzione possa continuare senza interventi**
 - ✓ **Uso debba essere modificato** con
 - Declassamento
 - Cambio di destinazione
 - Imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso
 - ✓ **Sia necessario intervenire** (aumentare o ripristinare la capacità portante)

Relazione progettista deve specificare

- il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento
- eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

(8.4)

Riparazioni o interventi locali

- **Intervento:** elementi isolati, singole parti e/o elementi della struttura, porzioni limitate della costruzione (aumento della sicurezza)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** solo su parti interessate, documentando che gli interventi:
 - ✓ non producono modifiche al comportamento delle altre parti e globale
 - ✓ comportano un miglioramento della sicurezza

Miglioramento

- **Intervento:** aumento sicurezza strutturale (anche se < livello nuove costr.)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** estesi alle parti interessate da modifiche di comportamento e alla struttura nel suo insieme
- Beni di interesse culturale: è possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza

Adeguamento

- **Intervento:** conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle norme per le nuove costruzioni

N.B.: Adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico

INDICE DI SICUREZZA

$$\zeta_E = \frac{(a_g \cdot S)_C}{(a_g \cdot S)_D} \Rightarrow = \frac{\text{azione sismica SLV effettivo della struttura}}{\text{azione sismica progetto SLV per nuova costruzione}}$$

- ζ_E può essere < 1
- **Non c'è obbligo di intervento** a seguito della valutazione
- **A seguito di interventi**
 - ✓ valore minimo $\zeta_E = 0.6$, per strutture strategiche e edifici scolastici
 - ✓ incremento minimo = 0.1, per le altre strutture
- **Valori non sufficienti** per validare l'uso delle costruzioni (non è definito $\zeta_{E,min}$)

EDIFICI ESISTENTI

Adeguamento sismico difficile o impossibile per ragioni:

- **Tecnologiche**
- **Economiche**

Tra le soluzioni va presa in considerazione:

- **Demolizione e ricostruzione (non edifici storici)**

Dove possibile l'adozione dell'isolamento sismico per edifici esistenti è l'unica che permette l'adeguamento e che consente di limitare interventi sulla sovrastruttura

ISOLAMENTO SISMICO EDIFICI ESISTENTI

Trasferimento del carico dalla situazione esistente a quella finale

- all'interno di uno stesso elemento: taglio di un pilastro o di una parete
- tra un elemento e un altro: taglio tra elementi verticali e fondazioni
- tra le fondazioni esistenti e il terreno, creando una nuova sottofondazione
- tra due nuove sottofondazioni, quella superiore connessa alla sovrastruttura, quella inferiore al terreno

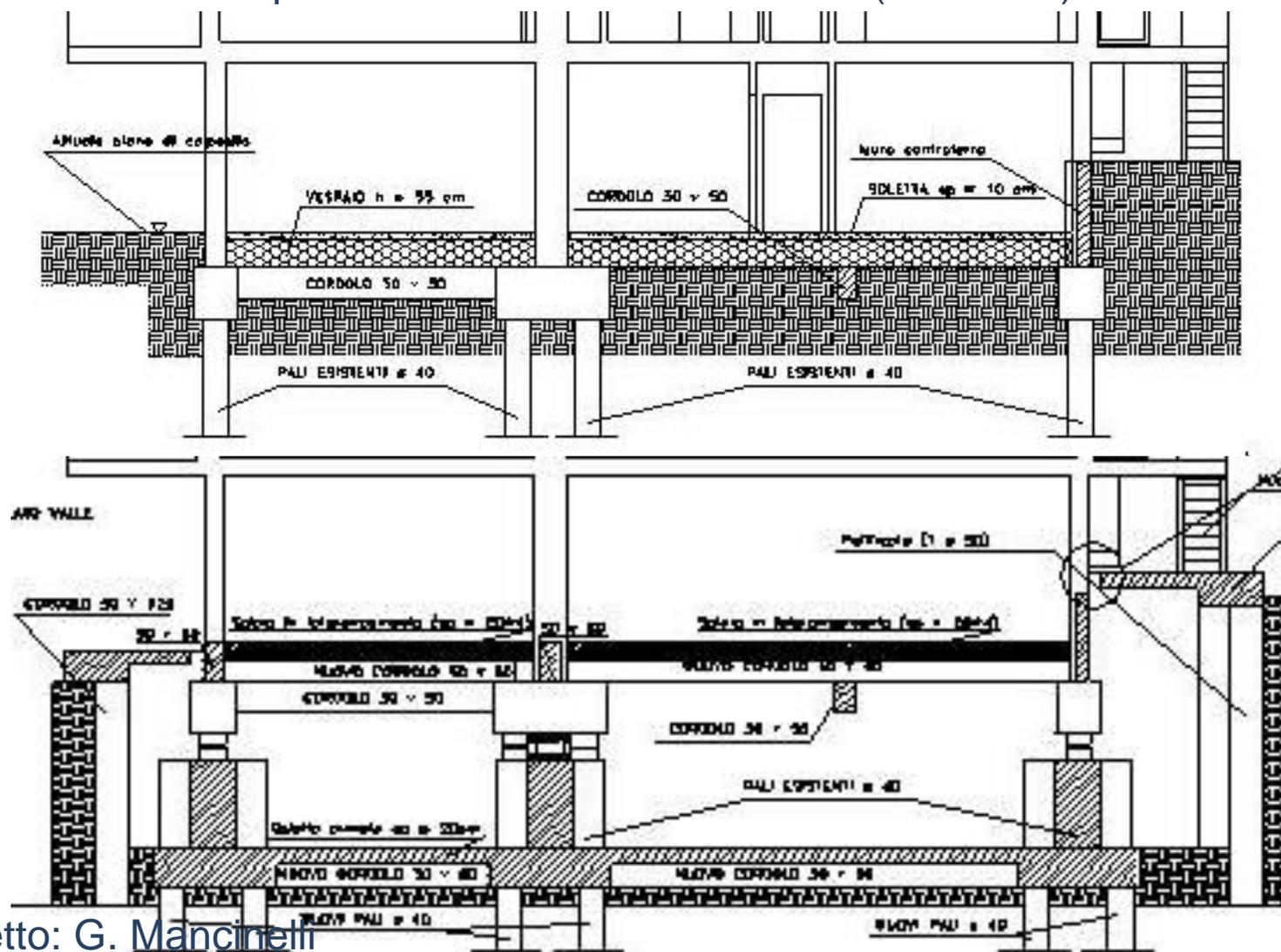
EDIFICIO IN VIA LATINI, FABRIANO



Progetto: G. Mancinelli

EDIFICIO IN VIA LATINI, FABRIANO (AN)

Sottofondazione: dispositivi tra fondazione esistente (rinforzata) e la nuova



Progetto: G. Mancinelli

EDIFICIO VIA LATINI, FABRIANO



Progetto G. Mancinelli

CONDOMINIO LEONARDO, L'AQUILA



CONDOMINIO LEONARDO, L'AQUILA



Courtesy FIP Industriale

EDIFICIO VIA TIGLI, PIANOLA (AQ)

- 3 blocchi separati, completati prima del terremoto del 2009 ma non abitati
- Danni a elementi non strutturali



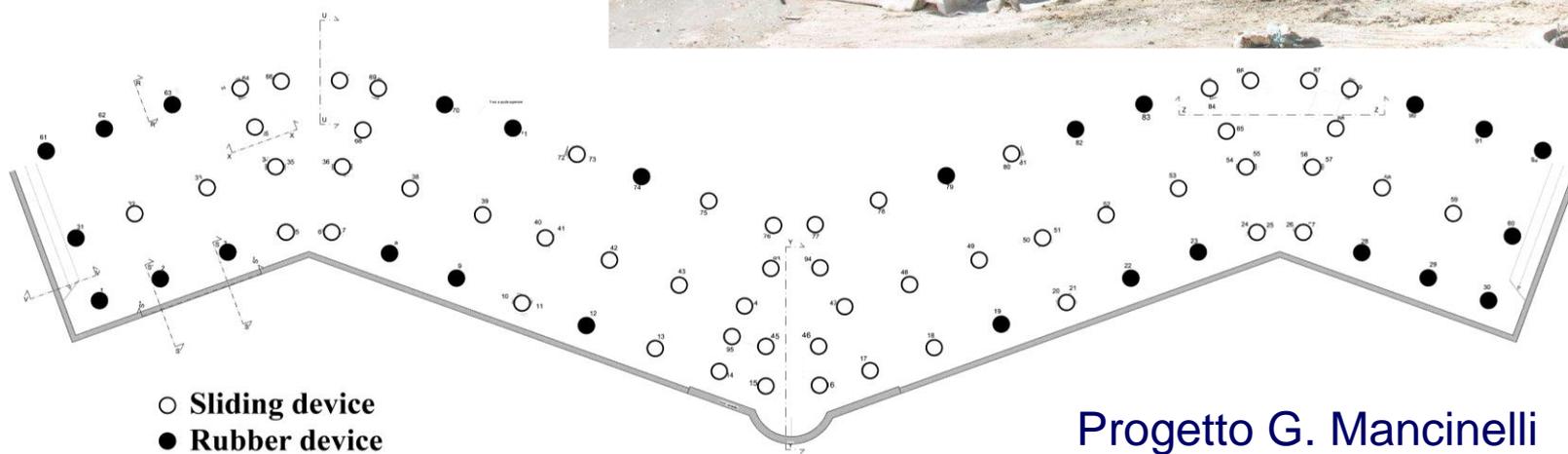
EDIFICIO VIA TIGLI, PIANOLA (AQ).



Caratterizzazione dinamica dei tre blocchi

EDIFICIO VIA TIGLI, PIANOLA (AQ)

- Impalcato unico su isolatori sismici
- 26 HDRB ($K_e=744$ kN/mm) + 55 SD
- $T = 2.96$ s
- $d_E = 300$ mm
- $V = 1000$ kN



Progetto G. Mancinelli

EDIFICIO VIA TIGLI, PIANOLA (AQ)



EDIFICIO VIA TIGLI, PIANOLA (AQ)

L'edificio non ha subito danni a seguito degli eventi sismici del 2016

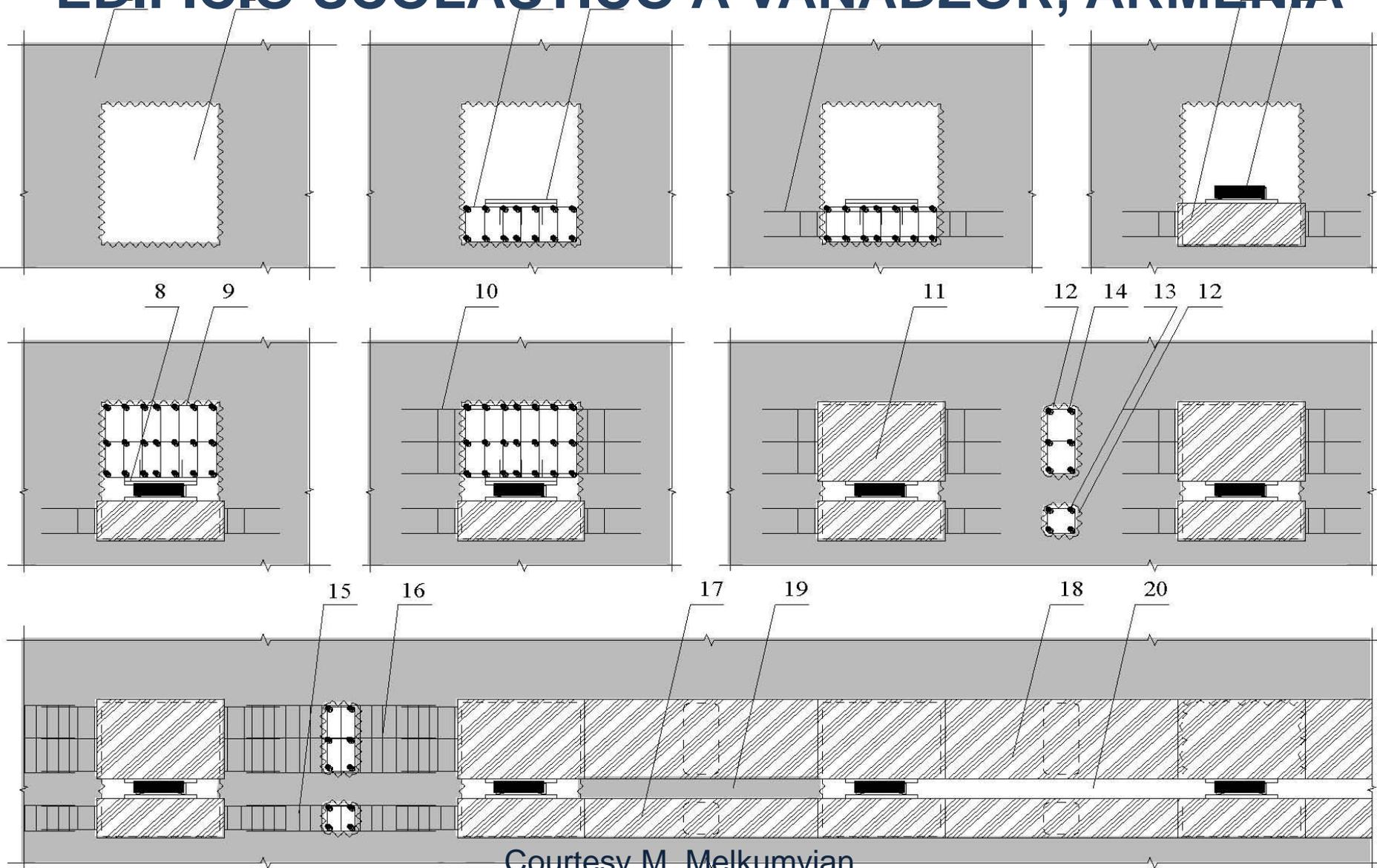


EDIFICIO SCOLASTICO A VANADZOR, ARMENIA

Edificio in muratura, 4 piani

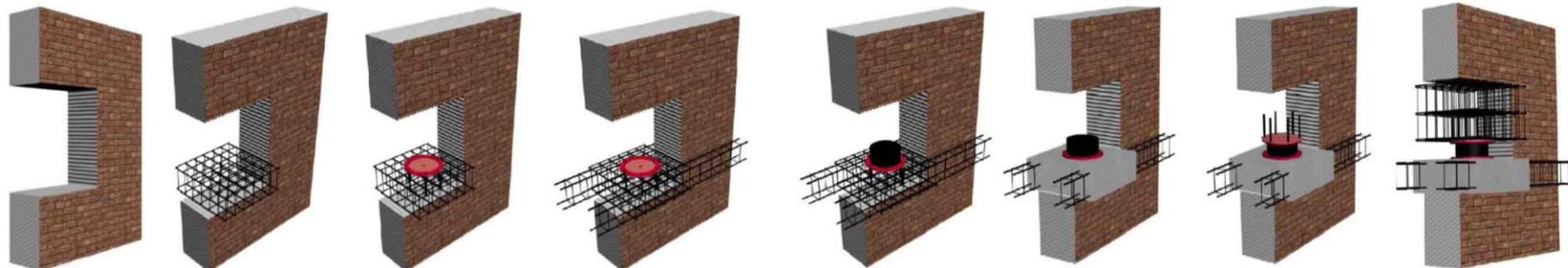
**Retrofit con “Medium Damping Rubber Bearing” (MDNB), 2002
(courtesy M. Melkumyian)**

EDIFICIO SCOLASTICO A VANADZOR, ARMENIA

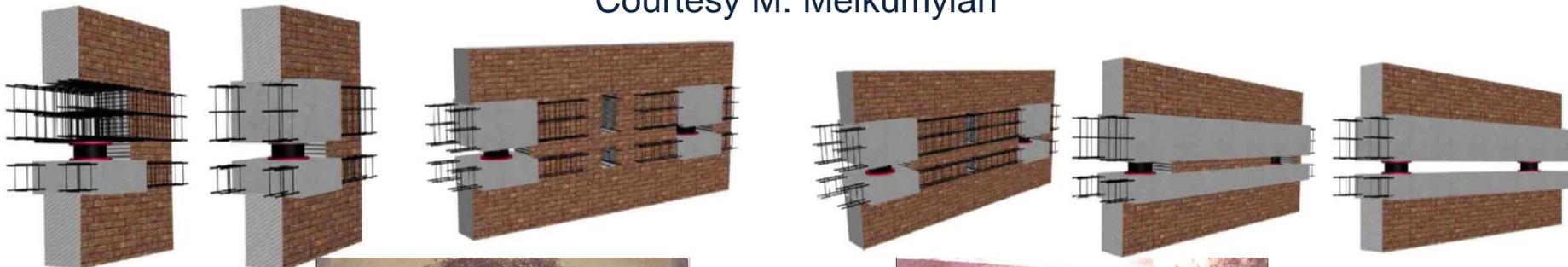


Courtesy M. Melkumyan

EDIFICIO SCOLASTICO A VANADZOR, ARMENIA

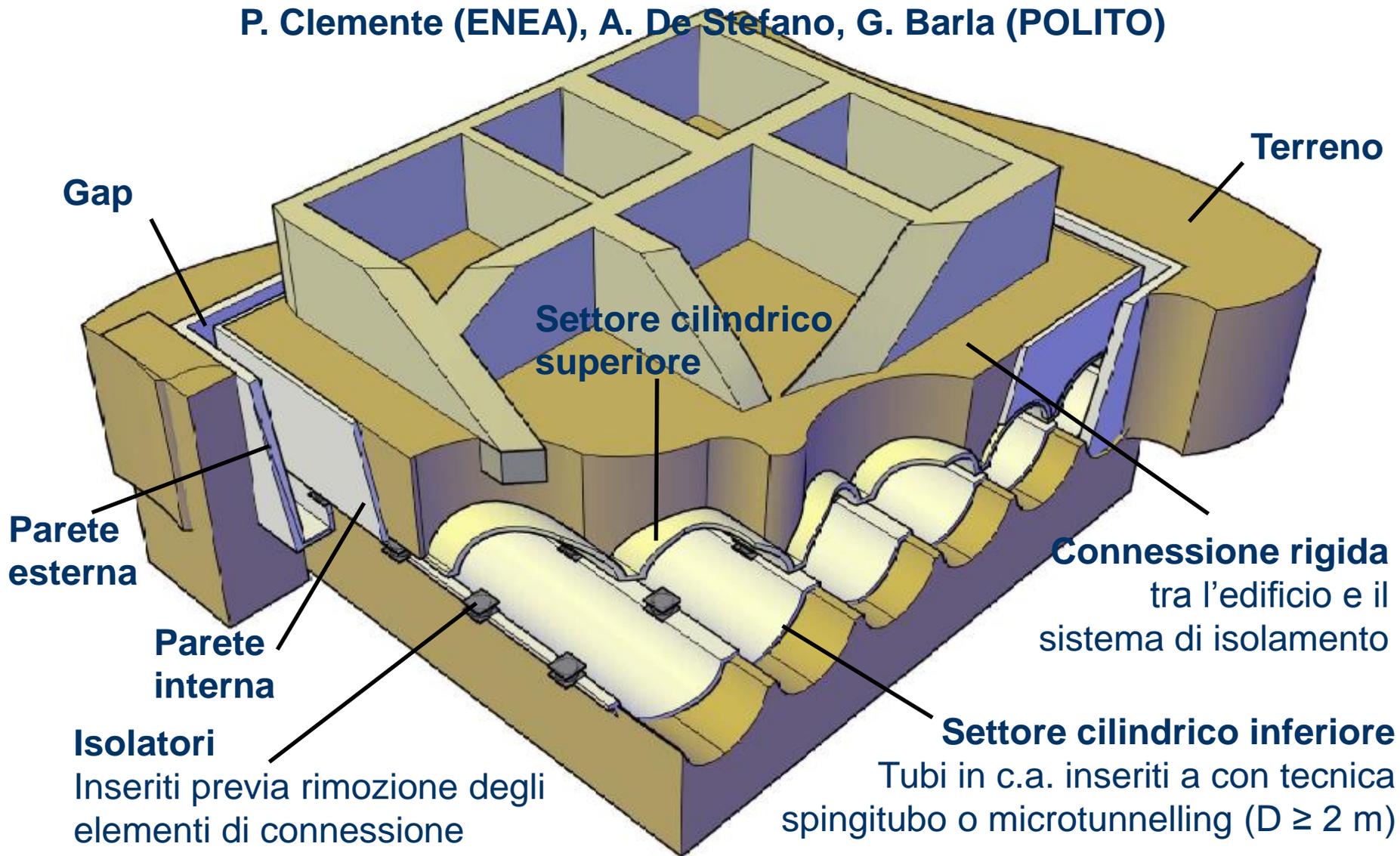


Courtesy M. Melkumyian

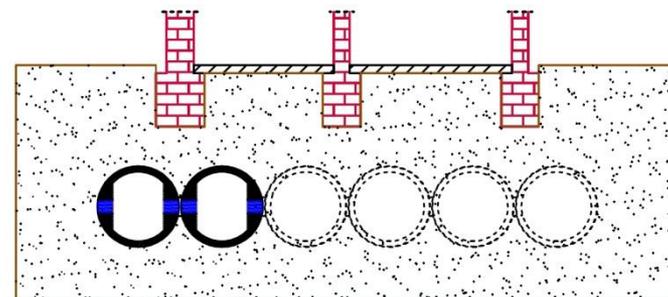
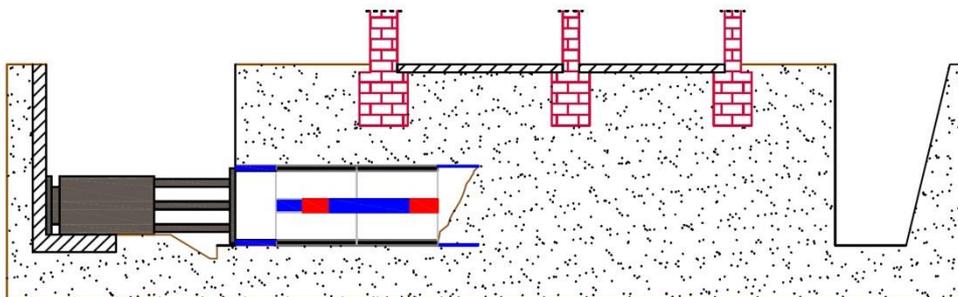


STRUTTURA ISOL. SISMICO EDIFICI ESISTENTI

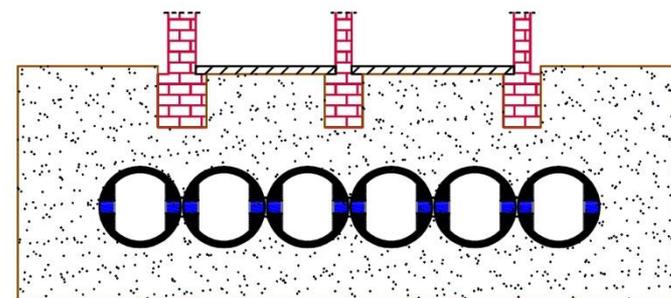
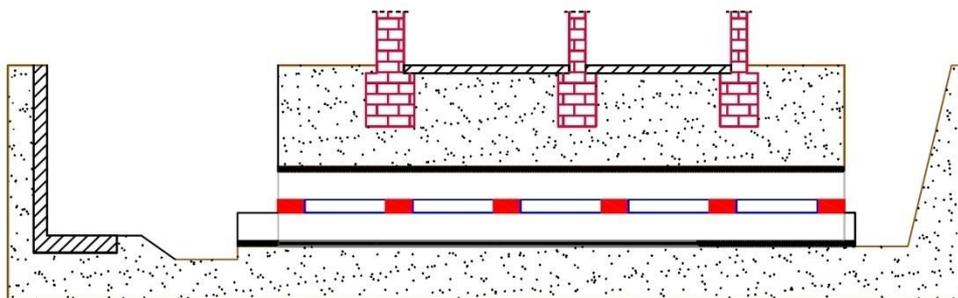
P. Clemente (ENEA), A. De Stefano, G. Barla (POLITO)



SISEB: INSERIMENTO DEI TUBI

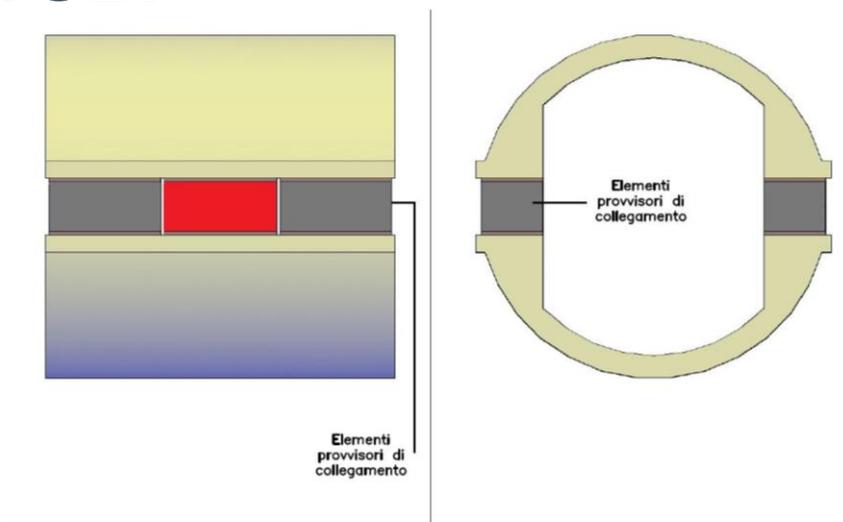


- Scavo trincea
- Inserimento tubi mediante spingitubo o micro-tunnelling (no dig techniques – diametro tubi $\geq 2 m$, per consentire l'ispezione)



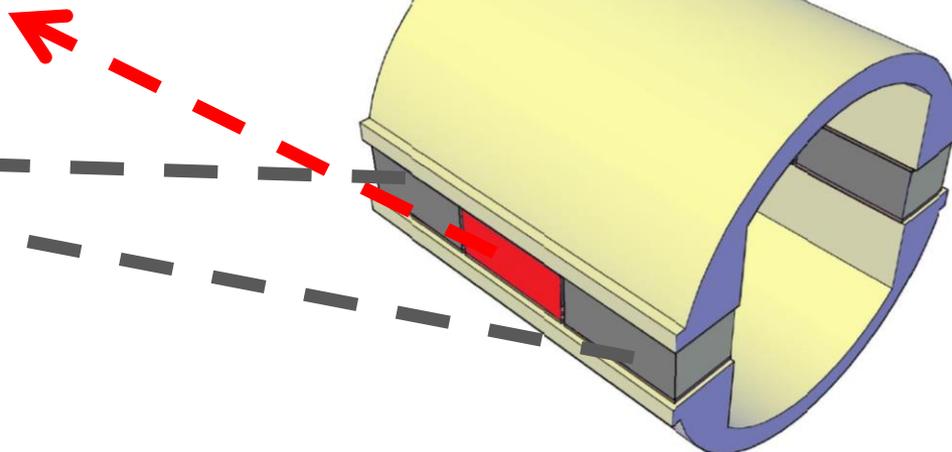
SISEB: TUBI

- Forma particolare
- Composti da:
 - ✓ settori circolari inferiori
 - ✓ settori circolari superiori
 - ✓ elementi removibili che li connettono

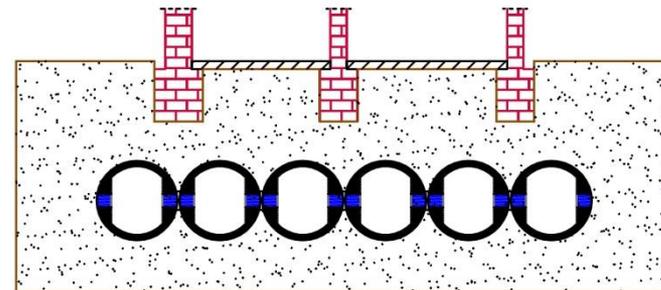
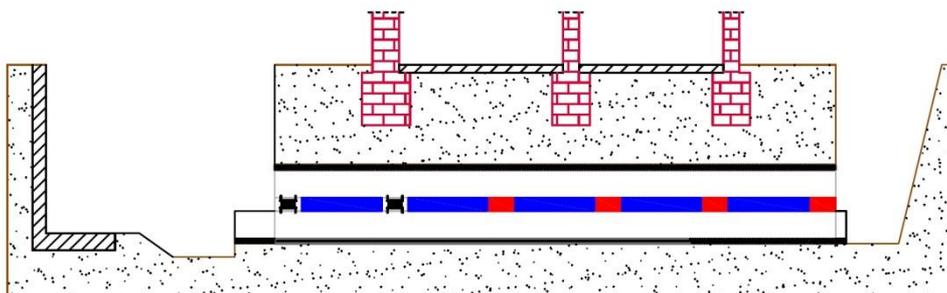


➤ **Elementi rossi: sostituiti dagli isolatori**

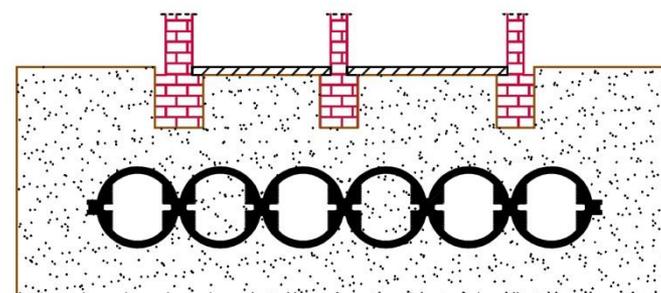
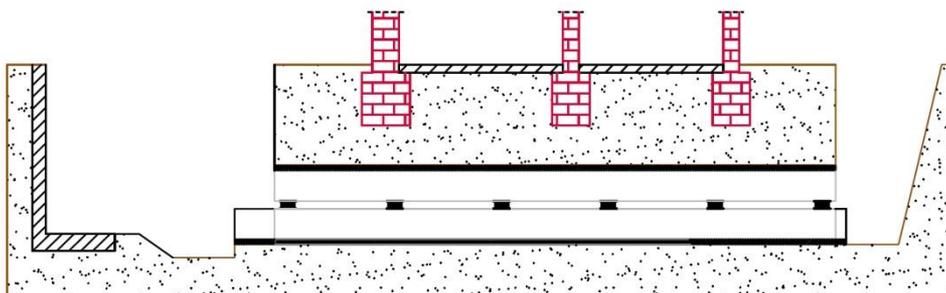
➤ **Elementi grigi: da rimuovere**



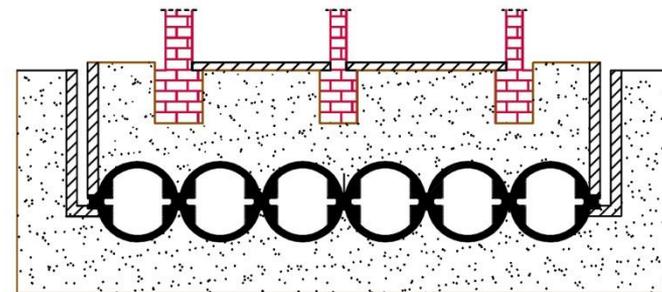
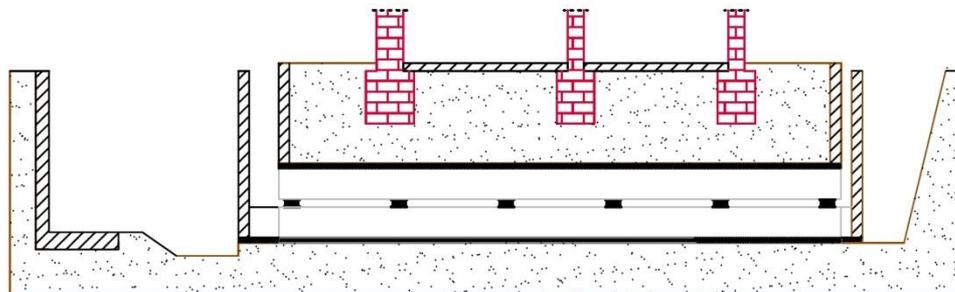
SISEB: ISOLATORI



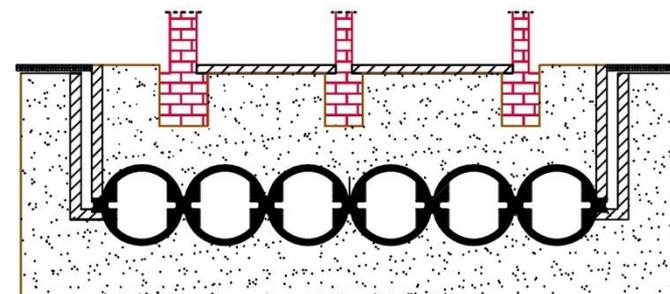
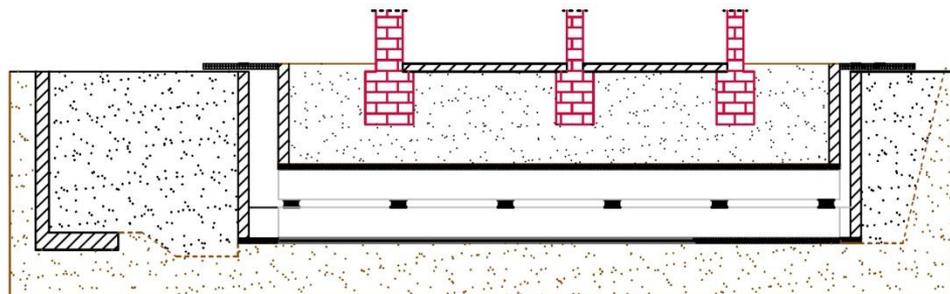
- **Rimozione elementi rossi**
- **Connessione tubi adiacenti con elementi in c.a. o acciaio**
- **Posizionamento dei dispositivi di isolamento**
- **Rimozione elementi grigi**



SISEB: PARETI



- Pareti verticali
- Irrigidimento terreno o connessioni rigide tra edificio e sistema di isolamento



STRUTTURA ISOL. SISMICO EDIFICI ESISTENTI

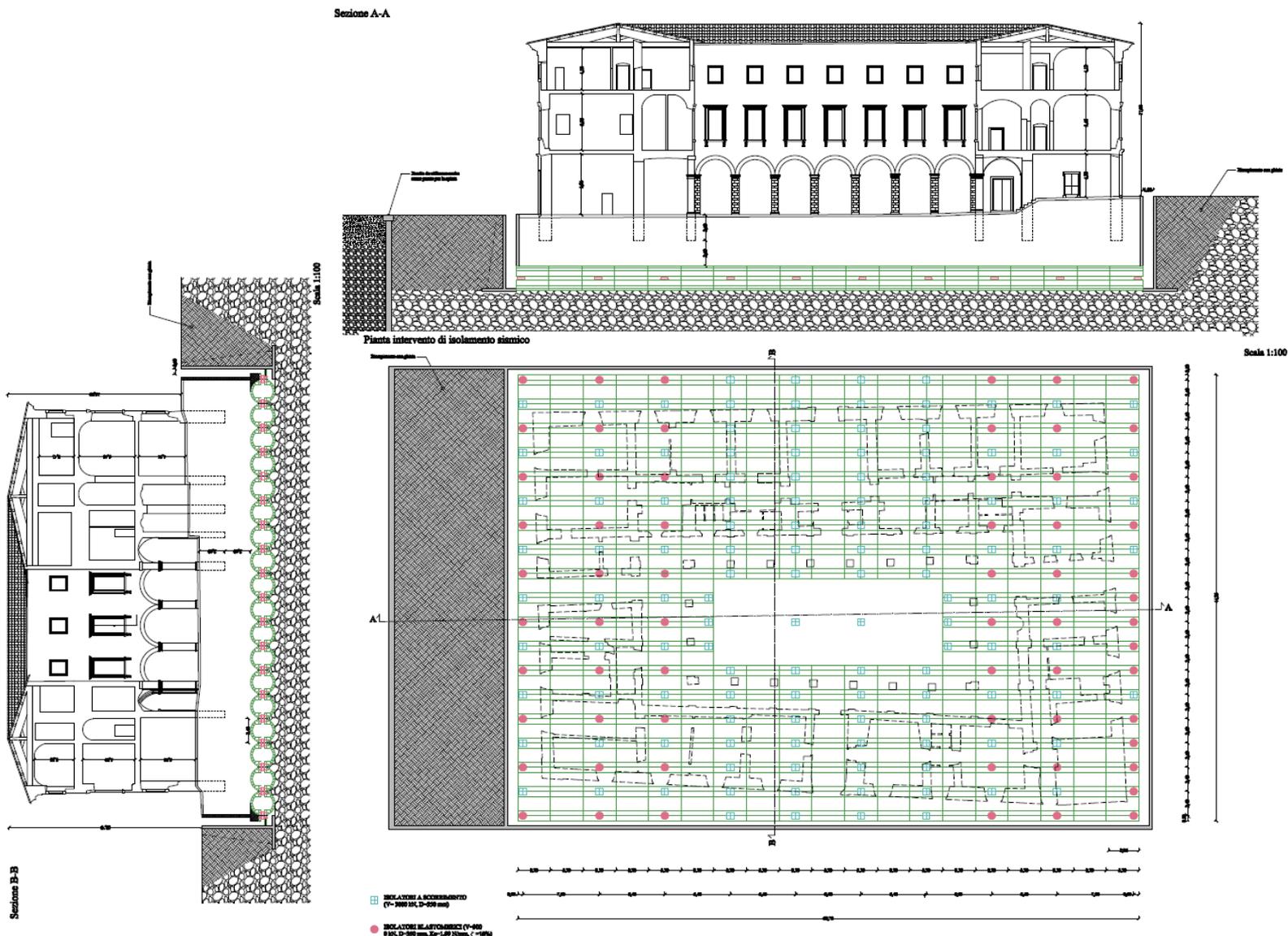
Nuovo sistema di isolamento sismico per edifici esistenti

- Piattaforma isolante al di sotto delle fondazioni
- Edificio non modificato anche nei piani interrati
- Tunnel utilizzabili per passaggio pedonale o parcheggio

Applicazioni

- Edifici di interesse storico artistico
- Centri storici: aggregati edilizi complessi
- Impianti chimici e nucleari (edifici con tubazioni e altro)

ESEMPIO: PALAZZO MARGHERITA, L'AQUILA



ANAGRAFE DEL COSTRUITO

Data base delle cartelle cliniche di tutti gli edifici

In 3 fasi:

- 1) Recupero **documentazione** esistente + accurata **indagine visiva**
- 2) **Rilievo** strutturale, architettonico e impiantistico + **prove sperimentali** su materiali e strutture (ove necessario)
- 3) Valutazione dello stato di salute ► **classificazione strutturale**



Costi contenuti
ma vanno previsti
incentivi,
quali bonus fiscali

- **Controlli** sperimentali e verifica a prefissati intervalli di tempo
- **Aggiornamento** a ogni intervento sull'edificio ► sistema dinamico

- **Se Classe non soddisfacente** ► **progetto di miglioramento sismico**

CONDOMINI 4.0



Obiettivo Indagine Strutturale:

- **Approccio integrato** che contempli sia la sicurezza, sia l'efficienza
- **Indagine Speditiva** che permette una rapida ed esperta valutazione della struttura dell'edificio
- **Base Iniziale** dalla quale individuare le criticità che andranno ulteriormente approfondite
- **Quadro Statistico** utile per pianificare interventi su vasta scala
- **Stabilire Priorità** di intervento in quanto non è possibile risolvere immediatamente il problema del ritardo accumulato
- **Gravi Deficienze Strutturali** e conseguenti provvedimenti d'urgenza

CONDOMINI4.0

ELABORAZIONE DELLE SCHEDE GNDT E DEL METODO BENEDETTI-PETRINI



SCHEDA DI VULNERABILITÀ DI 2° LIVELLO (MURATURA)

PARAMETRI	Clas-si	Qual-inf.
1 TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	14	21
2 QUALITÀ DEL S.R.	14	21
3 RESISTENZA CONVENZIONALE	14	21
4 POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONI	17	21
5 ORIZZONTAMENTI	14	21
6 CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	19	31
7 CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	20	31
M8 D _{max} MURATURE	21	31
M9 COPERTURA	22	31
10 EL. NON STRUTT.	23	31
11 STATO DI FATTO	24	31

SCHEDA DI VULNERABILITÀ DI 2° LIVELLO (CEMENTO ARMATO)

PARAMETRI	Clas-si	Qual-inf.
1 TIPO DI ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	14	21
2 QUALITÀ DEL S.R.	14	21
3 RESISTENZA CONVENZIONALE	14	21
4 POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONI	17	21
5 ORIZZONTAMENTI	14	21
6 CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	19	31
7 CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	20	31
C8 COLLEGAMENTI ED ELEMENTI CRITICI		
C9 ELEM. BASSA DUTT		
10 EL. NON STRUTT.	23	31
11 STATO DI FATTO	24	31
12 Struttura a telai piani o		

ELEMENTI DI VALUTAZIONE

PARAMETRO	CLASSE	CV	PESO
	A	B	C
1 Tipo ed org. del sistema res.	0	5	20
2 Qualità del sistema resistente	0	5	25
3 Resistenza convenzionale	0	5	25
4 Posizione edificio e fondaz.	0	5	15
5 Orizzontamenti	0	5	25
6 Configurazione planimetrica	0	5	25
7 Configurazione in elevazione	0	5	25
8 Distanza massima murature	0	5	25
9 Coperture	0	15	25
10 Elementi non strutturali	0	25	45
11 Stato di fatto	0	5	25

SCHEMI - RICHIAMI (CEMENTO ARMATO)

Parametro 3. Resistenza convenzionale

Minimo fra A_1 e A_2 , A_3

Coefficiente $a_2 = A_1/A_2$

$q = (A_1 + A_2) \cdot h \cdot p_u / A_1 + P_2$

$C = a_2 \cdot \tau_d(q, N) \cdot \alpha = C/(0.4 \cdot R)$

Calcolo di R

Terrani tipo S₁: $R = 2.5$ ($T < 0.35$ s)

$R = 2.5 / (T \cdot 0.35)^{0.25}$ ($T > 0.35$ s)

Terrani tipo S₂: $R = 2.2$ ($T < 0.8$ s)

$R = 2.2 / (T \cdot 0.8)^{0.25}$ ($T > 0.8$ s)

Parametro 6. Configurazione planimetrica

$e = 0$ (cl. A)

$e_1/d_1 = 0.08$ (cl. A)

$e_2/d_2 = 0.28$ (cl. B)

$e_3/d_3 = 0.40$ (cl. C)

$e_4/d_4 = 0.43$ (cl. C)

Parametro 7. Configurazione in elevazione

INDICE GLOBALE DI VULNERABILITÀ'

$$V = \sum_{i=1}^{11} C_{vi} \cdot P_i$$

$0 \leq V \leq 382.5$

Indice normalizzato

$0 \leq V \leq 100$

CONDOMINI 4.0 INDAGINE STRUTTURALE

INDICAZIONI

- Va utilizzata da un tecnico esperto
- Consente una prima valutazione sulla opportunità di procedere con efficient.
- Permette di individuare deficienze documentali e i necessari approfond.
- Fornisce, se utilizzata diffusamente, un quadro dal quale programmare eventuali priorità di intervento
- Fa emergere gravi ed evidenti problematiche strutturali per conseguenti dislocazioni o interventi d'urgenza

CONTROINDICAZIONI

- Non si tratta di una Verifica di Vulnerabilità; ma può essere considerata ad essa propedeutica.
- Essendo una indagine speditiva, di carattere documentale e visivo, non garantisce la sicurezza dell'edificio

MARCHIO DI SICUREZZA



Finalità del marchio

valorizzare l'investimento profuso dai proprietari di strutture che hanno voluto realizzare edifici o interventi di adeguamento strutturale volti a garantire la tranquillità dei fruitori del proprio immobile, sia esso una scuola, un ospedale, un ufficio, un'azienda o un'abitazione

Concessione d'uso del marchio

subordinata al completamento di un iter istruttorio che prevede il vaglio della documentazione relativa alla struttura da parte di una Commissione Tecnica

Disciplinare

vademecum che guida il professionista nella scelta di soluzioni, coefficienti, comportamenti, indagini, verifiche e strategie progettuali finalizzati a dare evidenza ad un vero e proprio processo di qualità e sicurezza strutturale

INFO E SPECIFICHE PROGETTUALI



Contesto urbanistico in cui l'edificio è inserito

- distanze e altezze fabbricati vicini
- larghezza delle strade

Determinazione input sismico al sito

- pericolosità sismica di base
- risposta sismica locale

Progetto con limitazione del danno

- per sopportare il terremoto di progetto: $q \leq 2.5$
- **Marchio Sisma Safe Gold: $q \leq 1.5$**

Caratteristiche componenti non strutturali

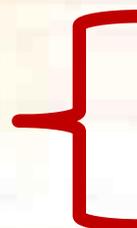
- correttamente assicurato alla struttura
- componenti impianti: provvisti di sistemi automatici di chiusura e/o di interruzione in caso di evento sismico



PREVENZIONE = INFORMAZIONE



**Edifici con grado di
sicurezza non
soddisfacente:**



- **No scuole**
- **No ospedali**
- **No edifici strategici**

Distinguere:



- **Edifici storici: da salvare sempre**
- **Edifici semplicemente vecchi: demolizione e ricostruzione**

Giacomo Buffarini
giacomo.buffarini@enea.it

