



Edoardo Cosenza
Dipartimento di Ingegneria Strutturale
Università di Napoli Federico II

ANDRIA

5 giugno 2008

aicap

Associazione Italiana
Calcestruzzo Armato e Precompresso

in collaborazione
con

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI
BARLETTA, ANDRIA, TRANI

**LA PROGETTAZIONE
DELLE STRUTTURE DI
CALCESTRUZZO CON LE
NUOVE NORME TECNICHE**

Con il patrocinio del
CONSIGLIO SUPERIORE DEI LL.PP.

D'intesa con
A.G.I. – Associazione Geometrica Italiana
A.N.I.B.I.L. – Associazione Nazionale Italiana
di Ingegneria Sismica
A.T.E. – Associazione Tecnologi per l'Edilizia
C.T.E. – Collegio dei Tecnici della Industria Edilizia

Presidente del Convegno
Luca Sanpaulesi

ANDRIA

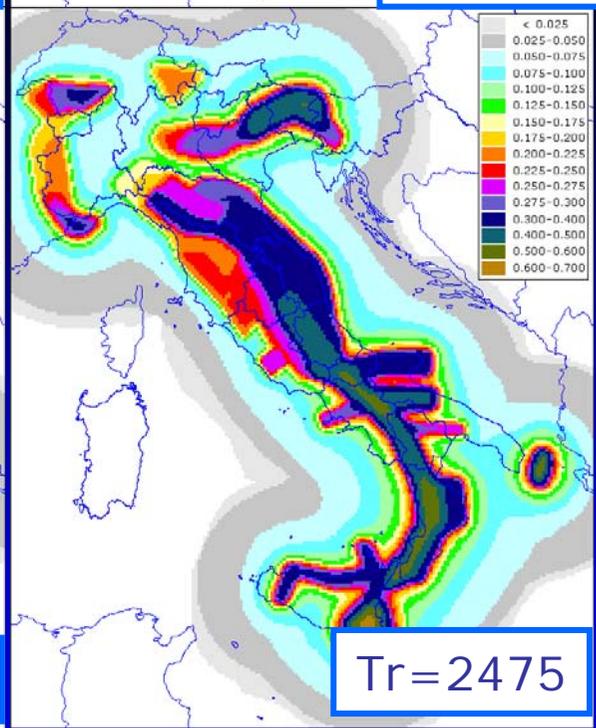
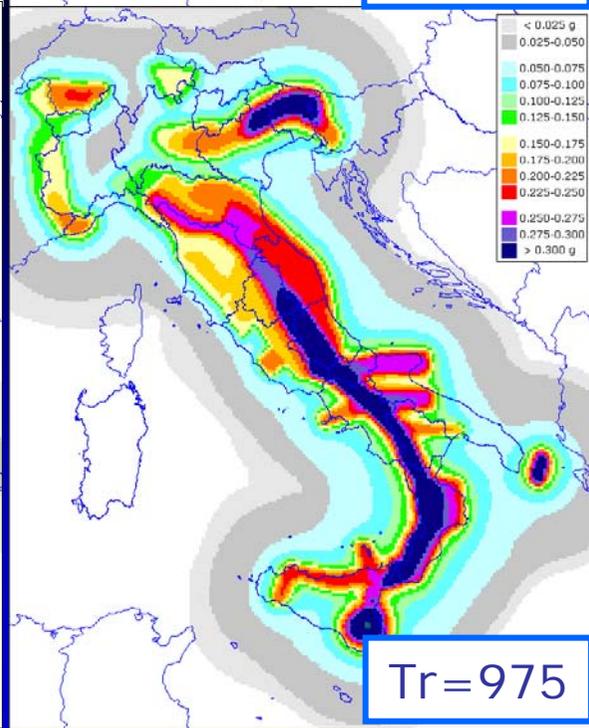
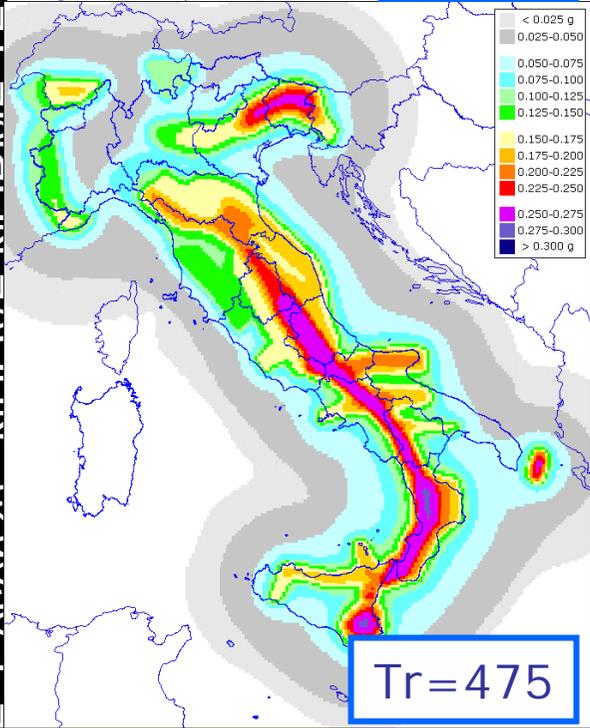
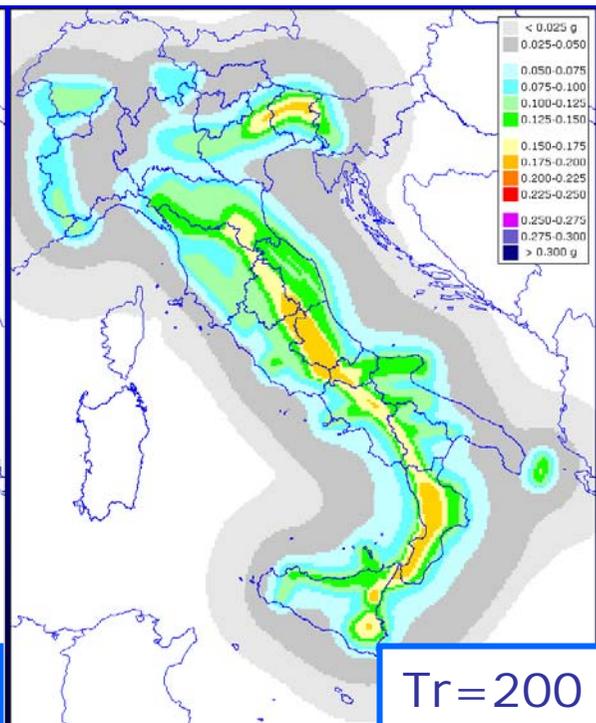
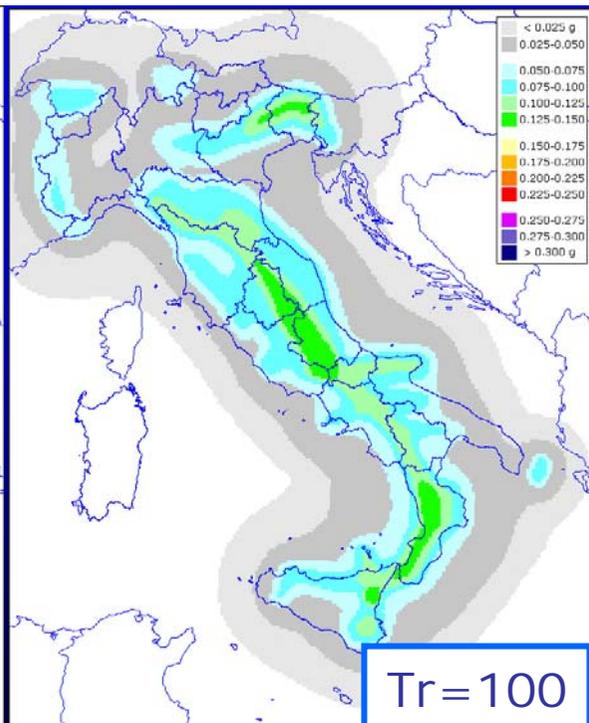
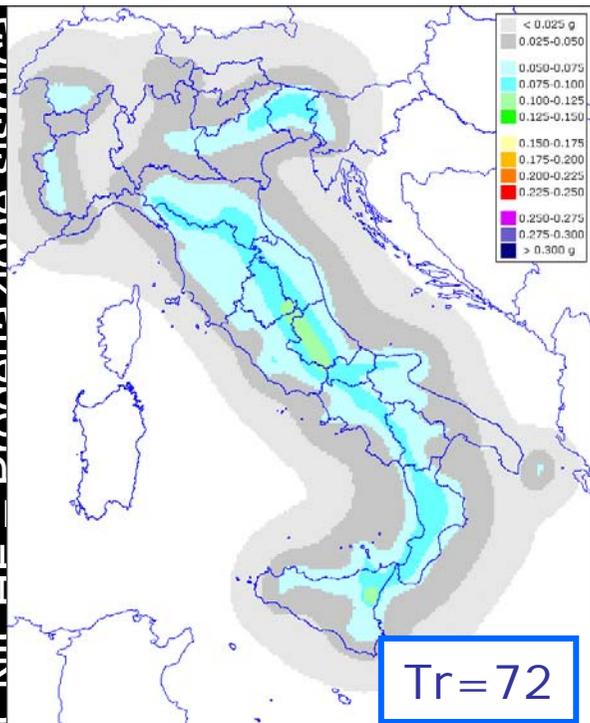
5 - 6 Giugno 2008

4 COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI

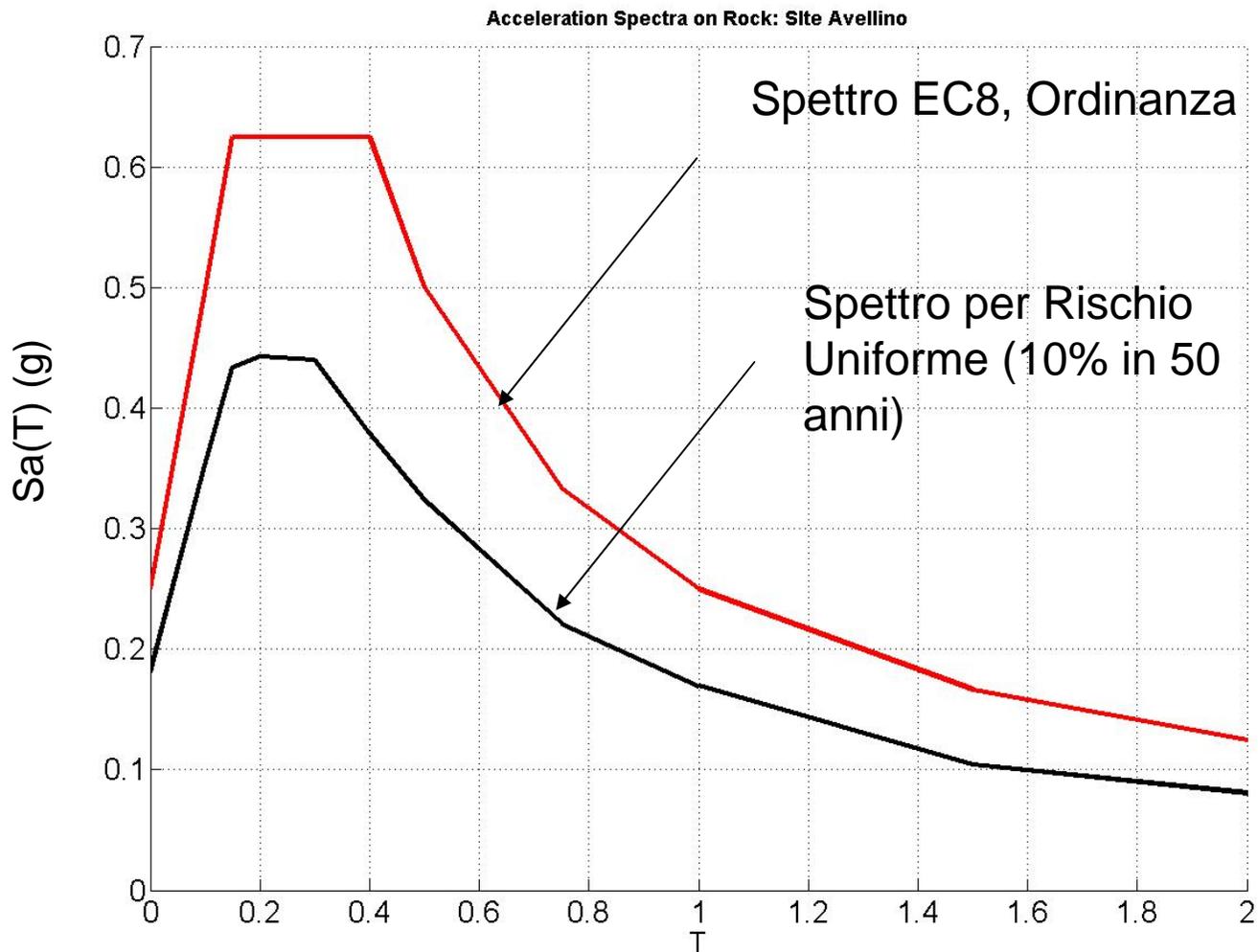
4.1 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO

7 PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

7.4 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO

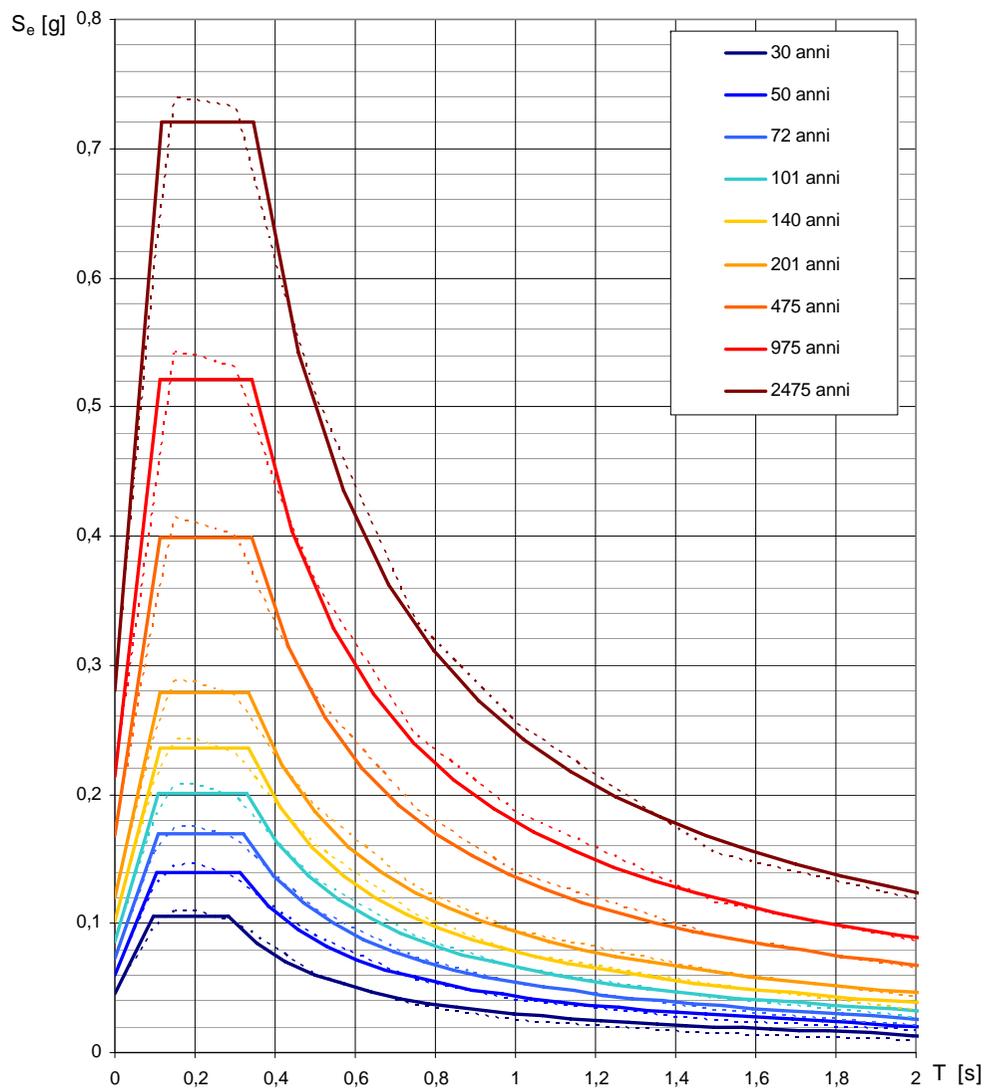


Nuova Norma: Spettro a Pericolosità Uniforme



Lo spettro di EC8 tende ad approssimare lo spettro a pericolosità uniforme, ma spesso con grande sovrastima

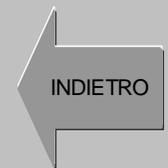
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

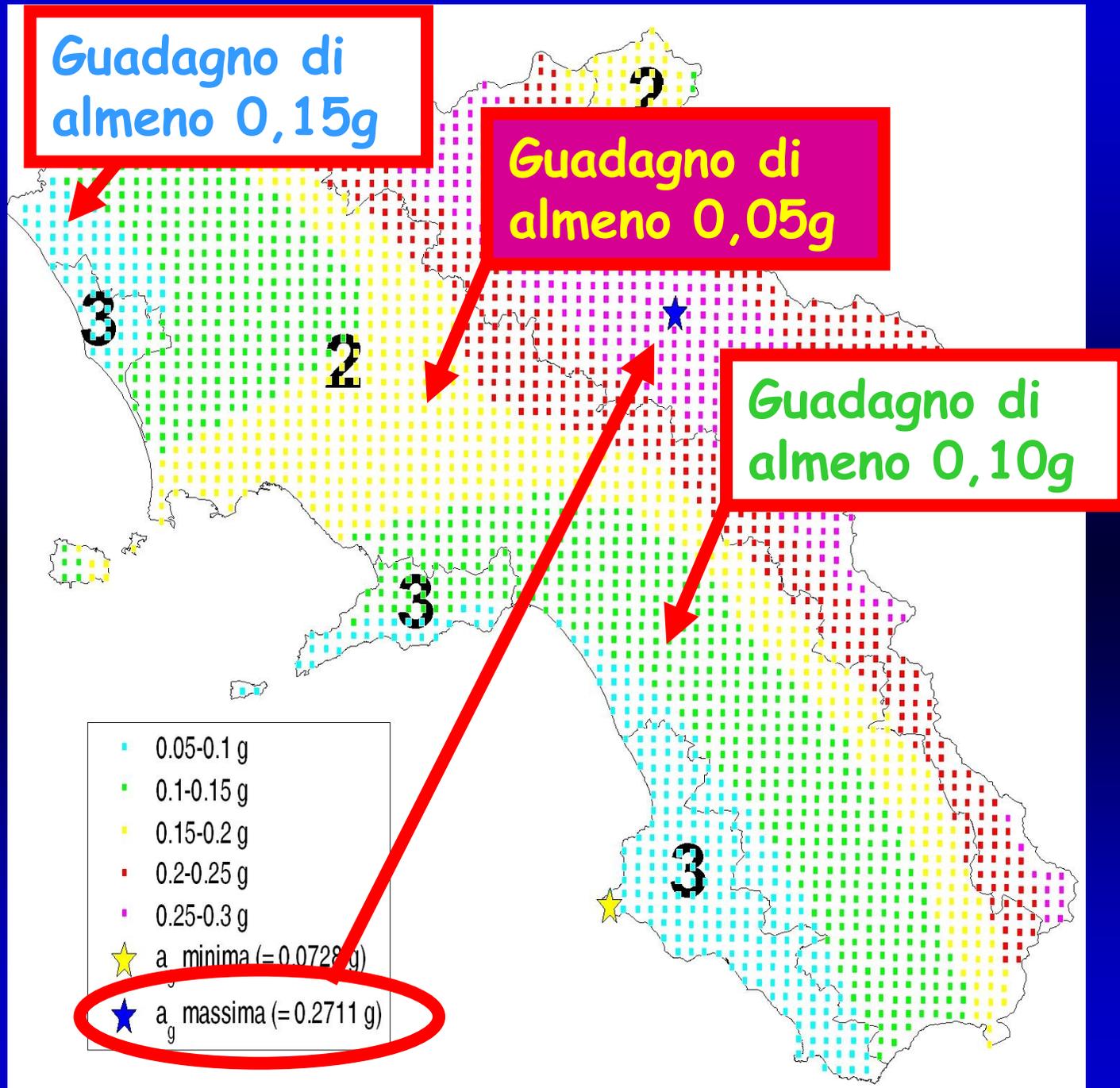


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

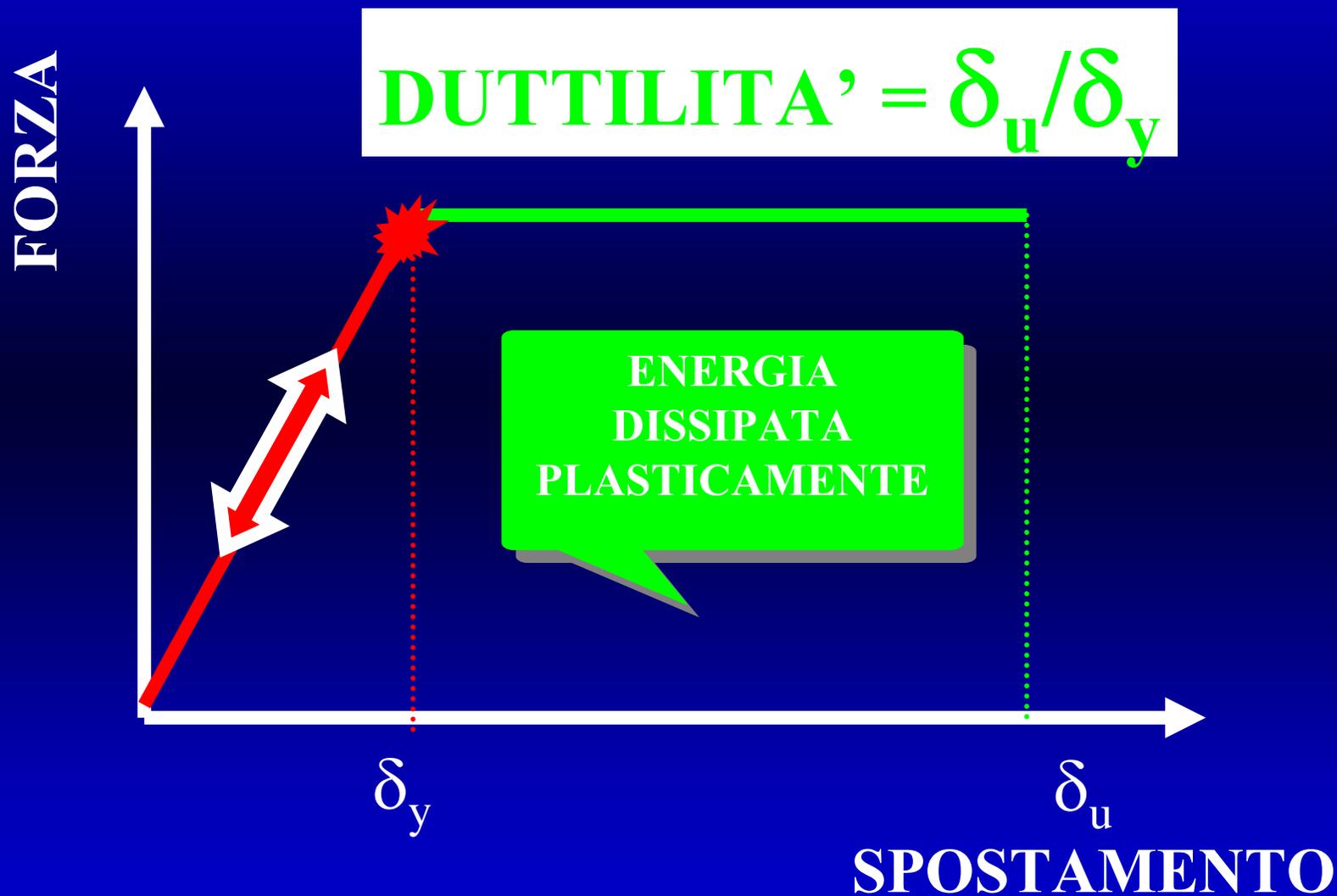




- Duttività

Comportamento elastico-lineare (FRAGILE !!)

Comportamento elastico-plastico (duttile)





In parti prefissate
**Energia dissipata
plasticamente >
Energia cinetica**

$\frac{1}{2} m v^2$ si
dissipa come
energia plastica
in modo controllato



**-COMPORTAMENTO SOTTO AZIONE
IMPULSIVA: Tutta l'energia va dissipata
plasticamente, in un unico ciclo**

**-COMPORTAMENTO SOTTO AZIONE SIMICA
(AZIONE CICLICA FORTEMENTE VARIABILE
NEL TEMPO):**

-MOLTO PIU' COMPLESSO DA VALUTARE

**-MOLTO PIU' FAVOREVOLE ENERGETICAMENTE,
A CAUSA DEI CONTINUI CAMBI DI SEGNI
DELL'ACCELERAZIONE**

**-SI PUO' STUDIARE SOLO STATISTICAMENTE
(da molte analisi dinamiche non lineari)**

Comportamenti sismicamente equivalenti

**I COMPORTAMENTI
SONO EQUIVALENTI
(Per il sisma dello SLU)**

Forza

Comportamento

ELASTICO

Comportamento "A"

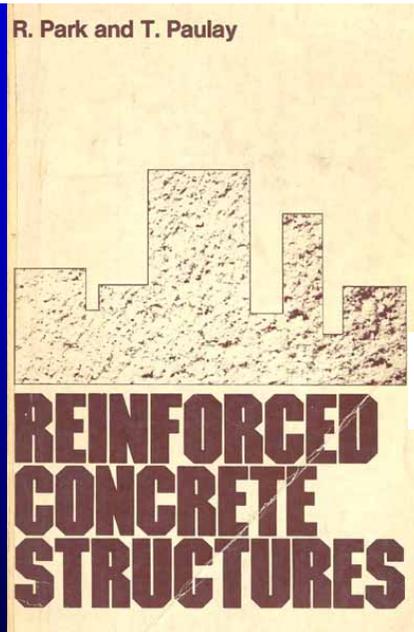
Più RESISTENZA, meno DUTTILITA'

Comportamento "B"

Più DUTTILITA', meno RESISTENZA

Spostamento

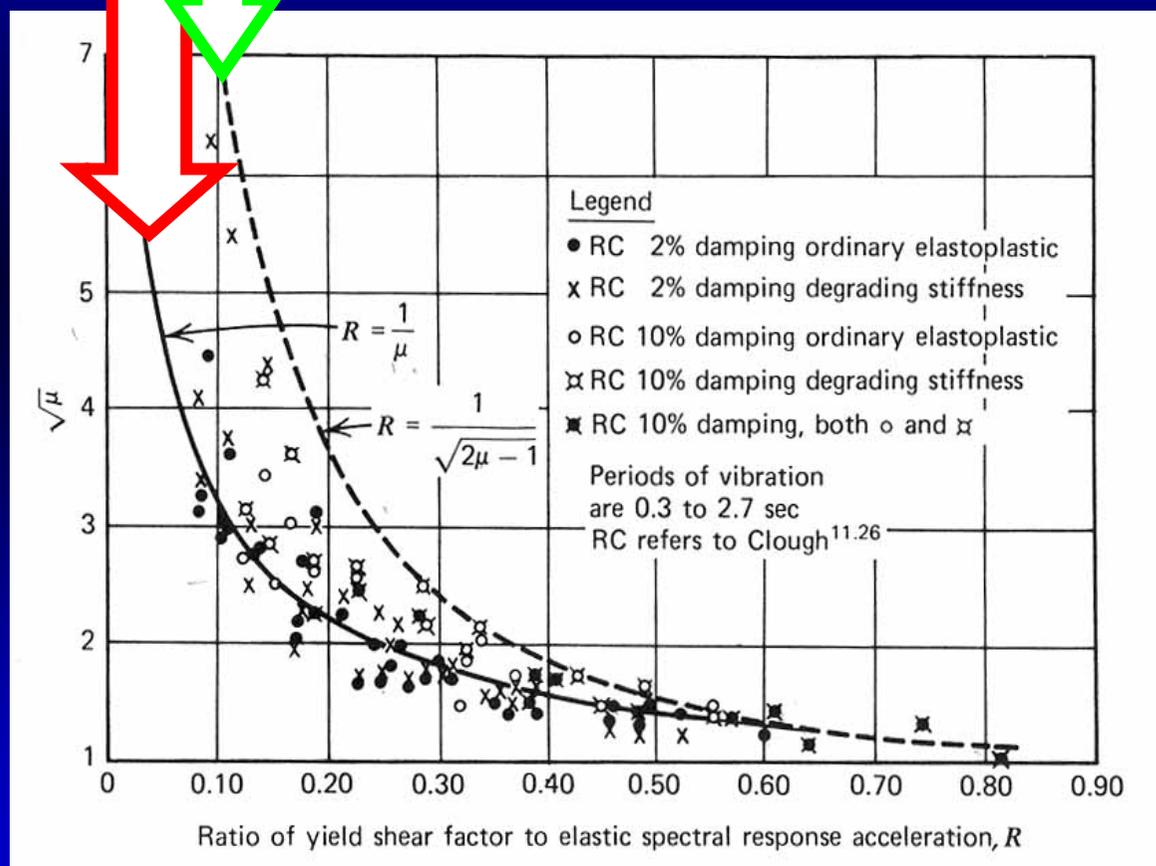




Park & Paulay
1975

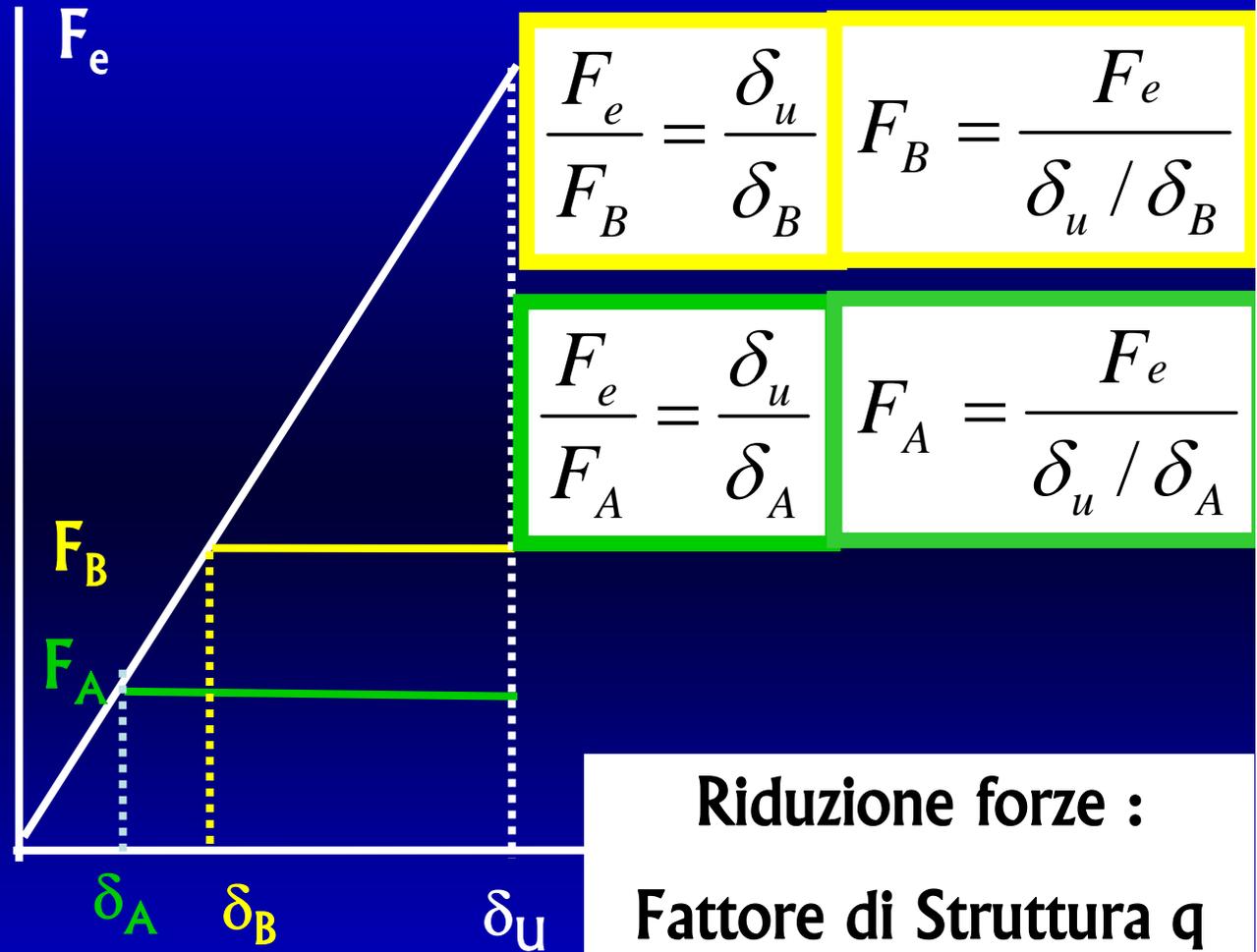
CRITERIO DELLA STESSA ENERGIA

CRITERIO DELLO STESSO SPOSTAMENTO



Comportamenti sismicamente equivalenti (criterio max spostamento)

ESEMPIO:
 Si può ridurre
 l'azione elastica
 mediante un
**FATTORE DI
 STRUTTURA 4**
 SE
 la struttura ha
DUTTILITA' 4



$$\frac{F_e}{F_B} = \frac{\delta_u}{\delta_B} \quad F_B = \frac{F_e}{\delta_u / \delta_B}$$

$$\frac{F_e}{F_A} = \frac{\delta_u}{\delta_A} \quad F_A = \frac{F_e}{\delta_u / \delta_A}$$

Riduzione forze :
 Fattore di Struttura q
 =
 Duttilità

q_0 = Fattore di struttura
 c tiene conto della capacità dissipativa.
 α_u / α_1 tiene conto della sovraresistenza fra
 inizio plasticizzazione e formazione meccanismo

$$q_0 = C_A \alpha_u / \alpha_1 \quad q_0 = C_B \alpha_u / \alpha_1 \quad C_A > C_B$$

Alta duttilità: meno resistenza, più duttilità

Bassa duttilità: più resistenza, meno duttilità

Strutture a telaio

$$q_0 = 4.5 \alpha_u / \alpha_1$$

$$q_0 = 3.0 \alpha_u / \alpha_1$$

$$\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$$

$$q_0 = 3,90 - 5.85$$

Strutture a parete

$$q_0 = 4.0 \alpha_u / \alpha_1$$

$$q_0 = 3.0$$

$$\alpha_u / \alpha_1 = 1,1$$

$$q_0 = 3,00 - 4,40$$

Strutture miste

telaio-parete

Pareti accoppiate

$$q_0 = 4.5 \alpha_u / \alpha_1$$

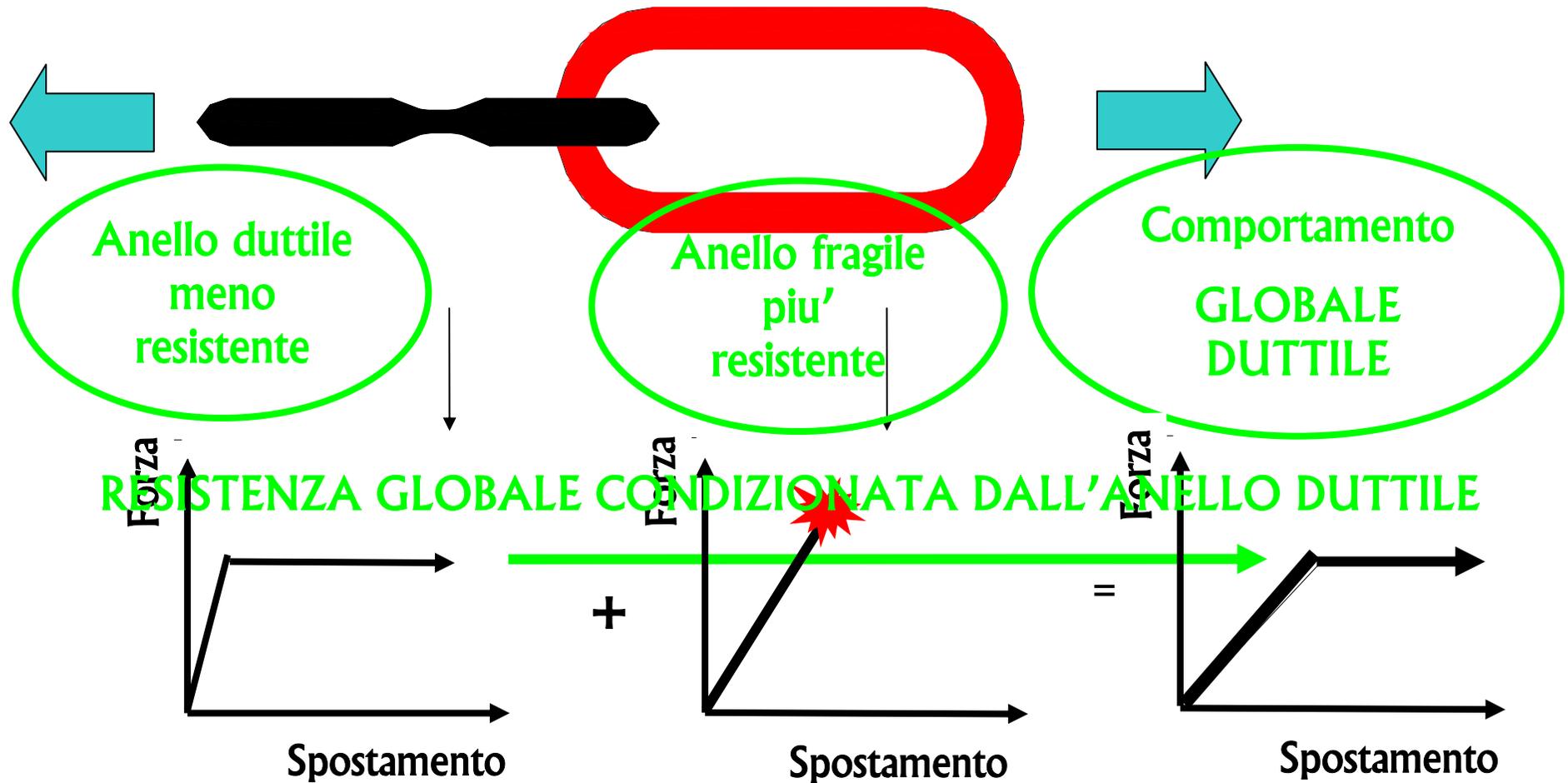
$$q_0 = 3.0 \alpha_u / \alpha_1$$

$$\alpha_u / \alpha_1 = 1,2$$

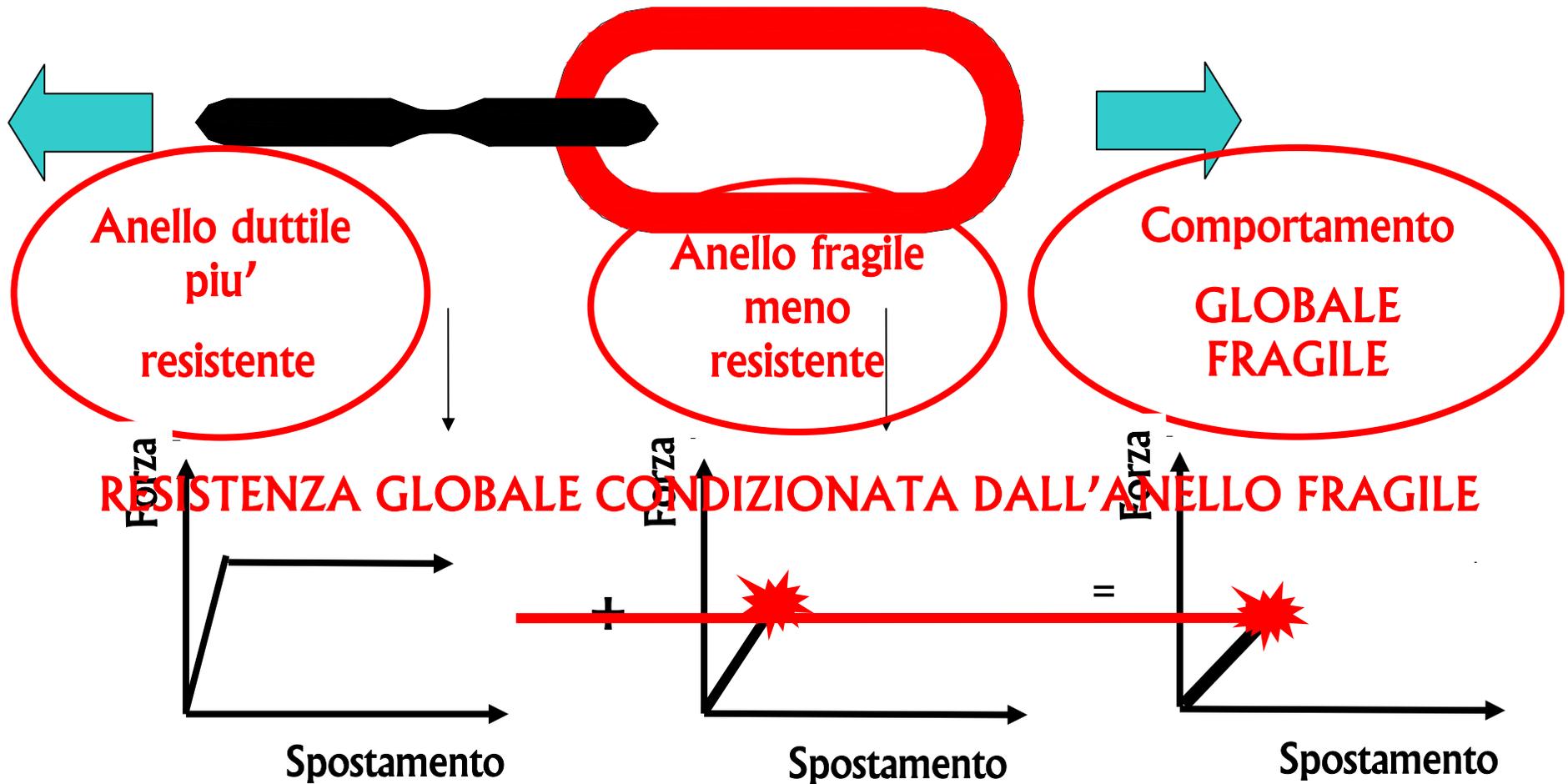
$$q_0 = 3,60 - 5.40$$

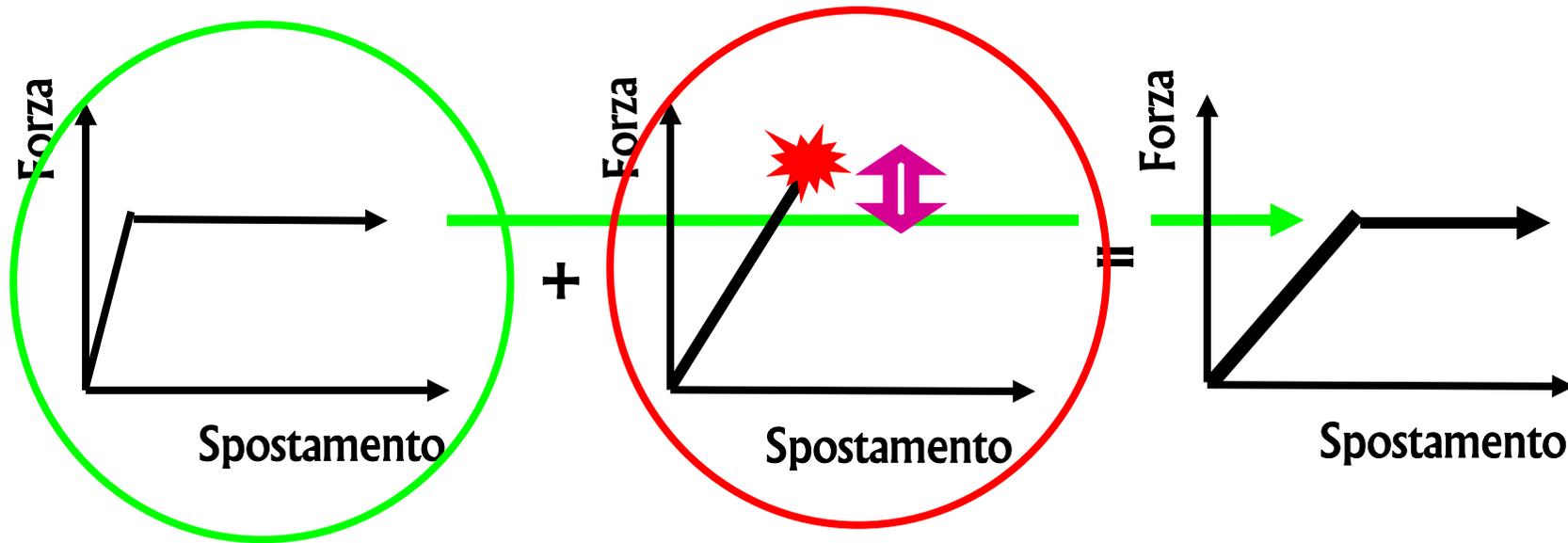
- Gerarchia
delle
resistenze

GERARCHIA DELLE RESISTENZE (CORRETTA !)



GERARCHIA DELLE RESISTENZE (ERRATA!)





$$R_{\text{ELEMENTI FRAGILI}} \geq \gamma_{\text{Rd}} \cdot R_{\text{ELEMENTI DUTTILI}}$$

γ_{Rd} = coefficiente di sovraresistenza che tiene conto delle incertezze sui materiali e di modello

$$R_{\text{ELEMENTI FRAGILI}} \geq \gamma_{\text{Rd}} \cdot R_{\text{ELEMENTI DUTILI}}$$

γ_{Rd} = coefficiente di sovrarresistenza che tiene conto delle incertezze sui materiali e di modello

7.2.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

... La sovrarresistenza è valutata moltiplicando la resistenza nominale di calcolo delle zone dissipative per un opportuno coefficiente di sovrarresistenza γ_{Rd} , assunto pari, ove non diversamente specificato, ad **1,3 per CD”A”** e ad **1,1 per CD”B”**....

Le situazioni “incerte” vanno assimilate alle situazioni “fragili”

7.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

7.2.5 REQUISITI STRUTTURALI DEGLI ELEMENTI DI FONDAZIONE

... Per le strutture progettate sia per CD “A” che per CD “B” il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti **assumendo come azioni le resistenze degli elementi strutturali soprastanti.**

.... Si richiede tuttavia che le sollecitazioni di progetto risultino non maggiori delle sollecitazioni trasferite dagli elementi soprastanti, amplificate con un γ_{RD} pari a **1,1 in CD “B” e 1,3 in CD “A”**, e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura eseguita con un fattore di struttura pari a 1.

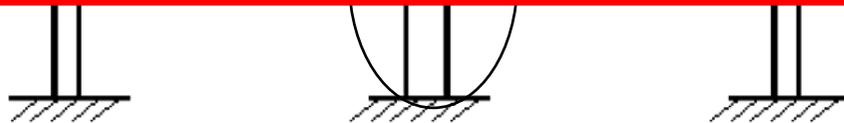
GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Struttura verticale - Impalcato

7.3 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

7.3.6.1. Verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza

... In particolare gli orizzontamenti devono essere in grado di trasmettere le forze ottenute dall'analisi, aumentate del 30 %.



GERARCHIA DELLE RESISTENZE

NELLA SEZIONE:

CALCESTRUZZO / ACCIAIO

- Massimi di armatura
- Armatura compressa
- Staffe

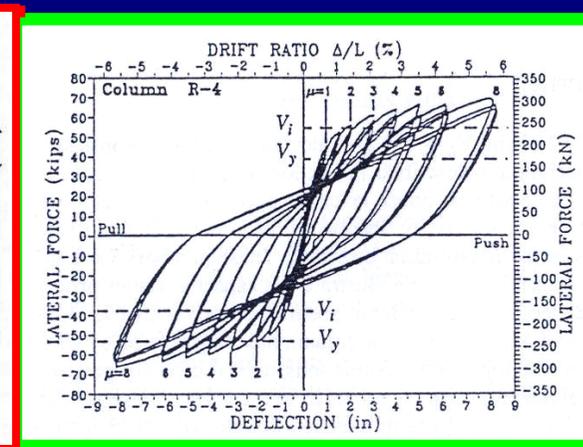
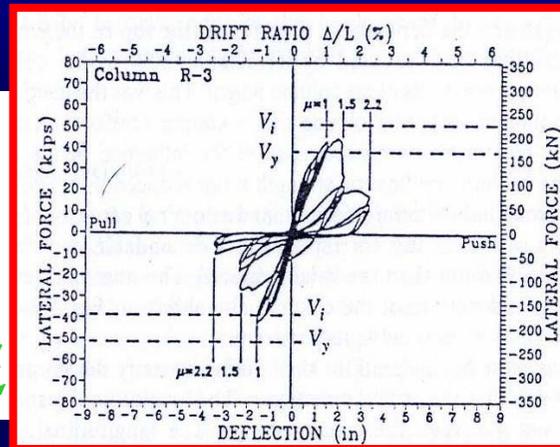
NEGLI ELEMENTI

(Travi, Pilastri, Pareti):

TAGLIO / FLESSIONE

NEI TELAI:

PILASTRI / TRAVI



Meccanismo di piano NO

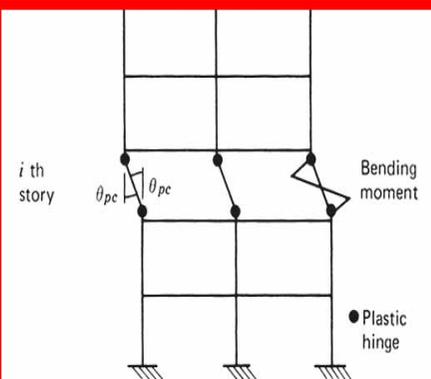


Fig. 11.29. Column sidesway mechanism in *i*th story.

Meccanismo globale SI

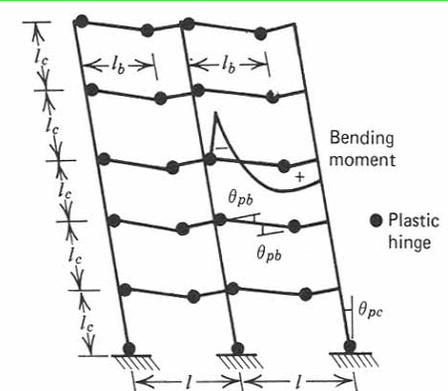


Fig. 11.31. Beam sidesway mechanism.

GERARCHIA DELLE RESISTENZE

SEZIONI

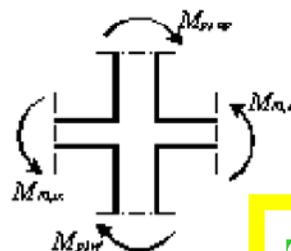
Struttura verticale - Impalcato **Acciaio - Calcestruzzo**

**NODI non
confinati**

Trave

Pilastro

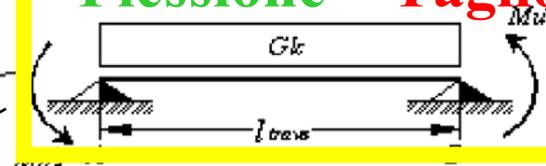
PANNELLO



$$\alpha_c = \gamma_{rel} \frac{|\sum M_{trave}|}{|\sum M_{pilastro}|}$$

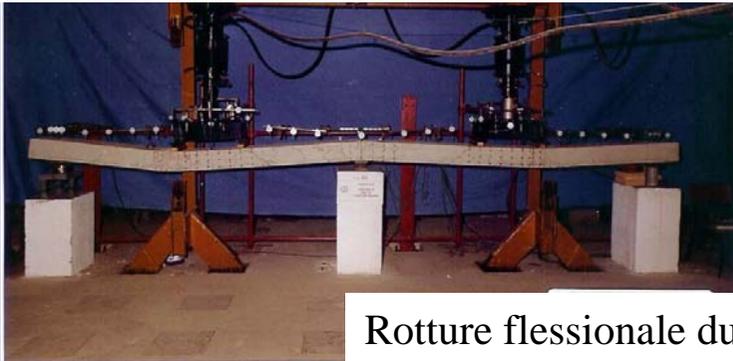
Trave - Pilastro

Flessione - Taglio

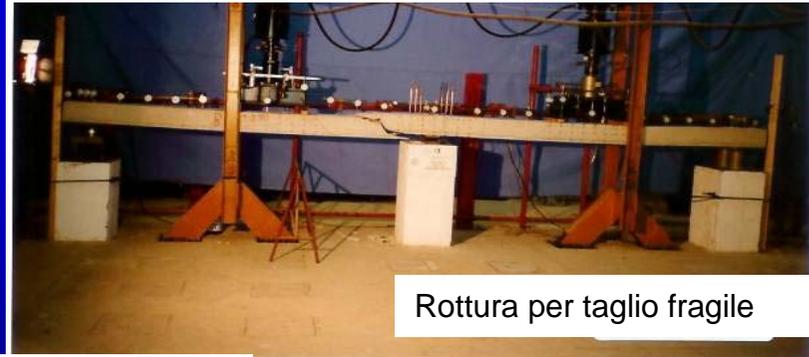


$$V_A = \gamma_{rel} \frac{M_{col}^+ + M_{col}^-}{l_{trave}} + \frac{G_c \cdot l_{trave}}{2}$$

Struttura - Fondazione



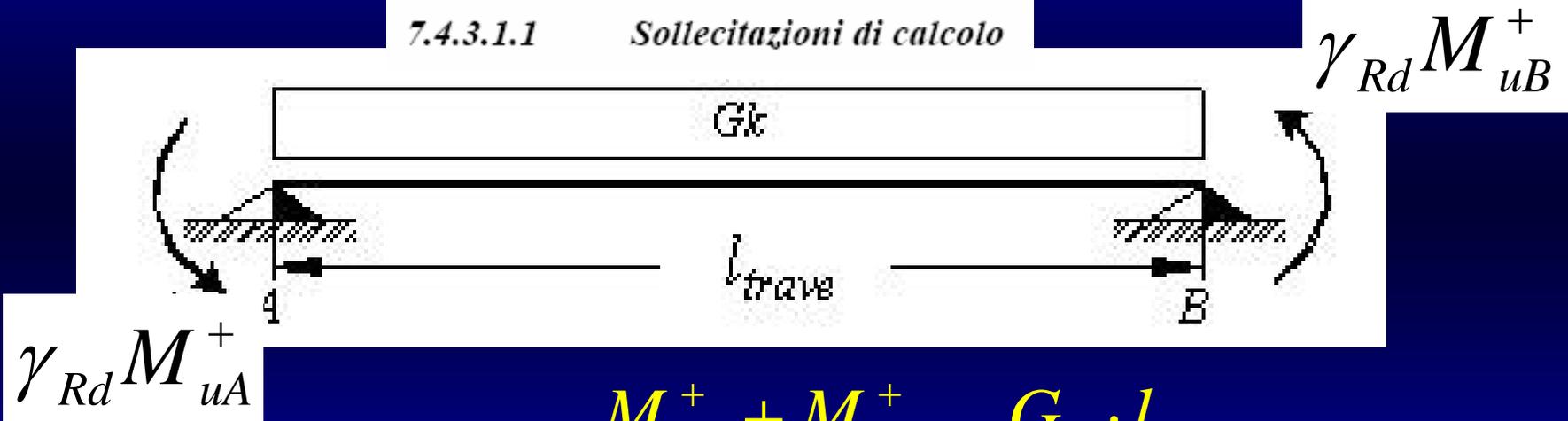
Rotture flessionale duttile



Rottura per taglio fragile

7.4.3.1 Travi

7.4.3.1.1 Sollecitazioni di calcolo



$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{M_{uA}^+ + M_{uB}^+}{l_{trave}} + \frac{G_k \cdot l_{trave}}{2}$$

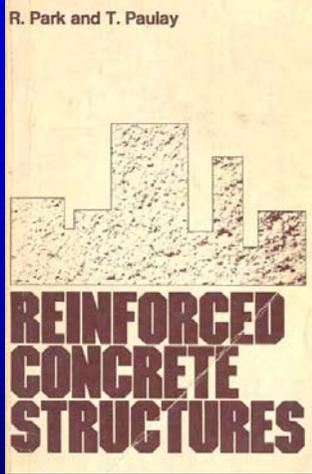
γ_{Rd} pari ad 1,20 per strutture in CD”A” e ad 1,00 per strutture in CD”B”.

Per le strutture in CD”A”, vale quanto segue:

- la resistenza a taglio si calcola come indicato in § 4.2.1.3 assumendo nelle zone critiche $\cotg\theta = 1$;

E. Cosenza- NUOVE NORME TECNICHE - Progettazione sismica





Meccanismo di piano

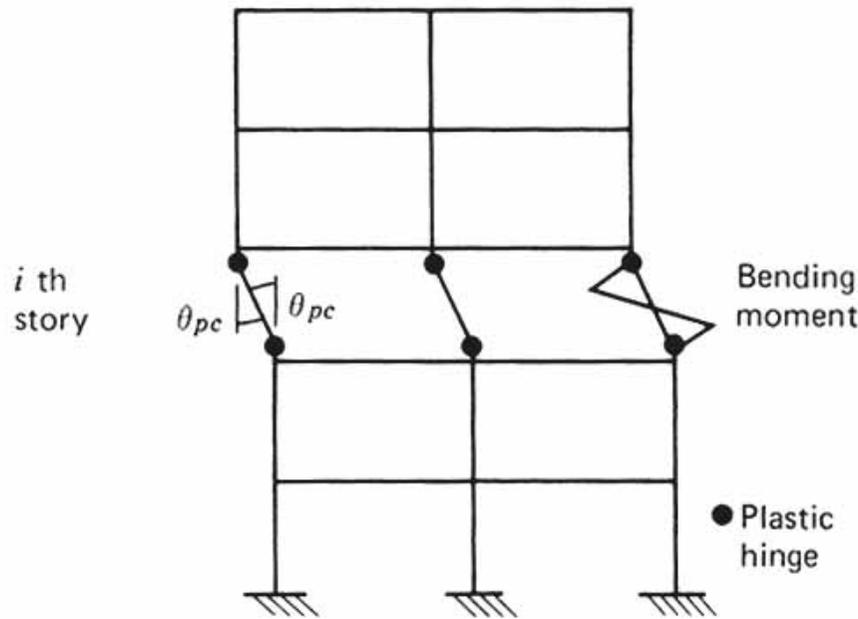


Fig. 11.29. Column sidesway mechanism in i th story

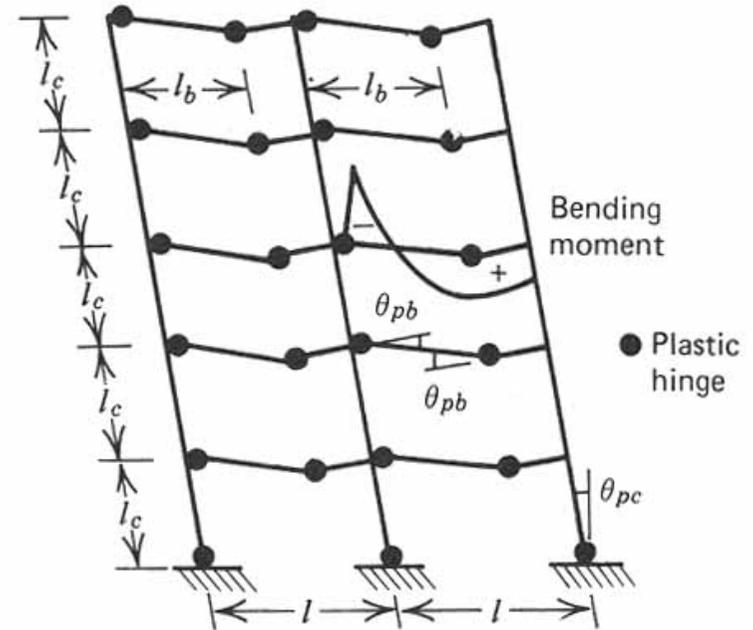


Fig. 11.31. Beam sidesway mechanism.

Meccanismo globale
Meccanismo globale:

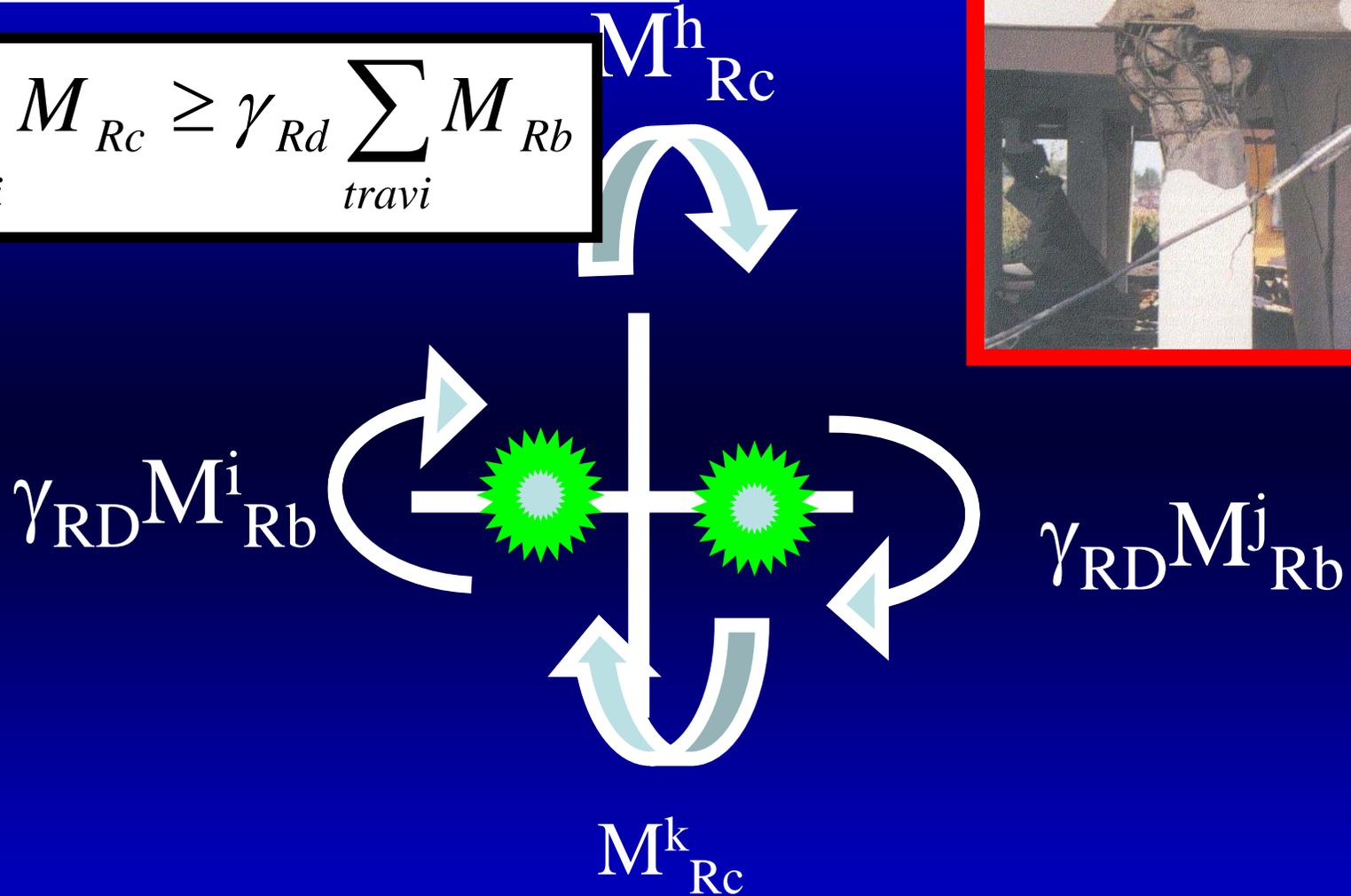
20 cerniere plastiche duttili
Poi 3 cerniere plastiche fragili

Meccanismo di piano:
6 cerniere plastiche fragili

7.4.3.2 Pilastri

7.4.3.2.1 Sollecitazioni di calcolo

$$\sum_{\text{pilastri}} M_{Rc} \geq \gamma_{Rd} \sum_{\text{travi}} M_{Rb}$$



γ_{Rd} pari ad 1,30 per strutture in CD" A" e ad 1,10 per strutture in CD" B".

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R = 50$ anni	
Stati limite di esercizio	SLO	81%	Tr= 30 anni
	SLD	63%	Tr= 50 anni
Stati limite ultimi	SLV	10%	Tr= 475 anni
	SLC	5%	Tr= 975 anni

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni d'uso significativi;

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R = 50$ anni	
Stati limite di esercizio	SLO	81%	$T_r = 30$ anni
	SLD	63%	
Stati limite ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, incluso gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R = 50$ anni
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

$T_r = 50$ anni

Stato Limite di Salvaguardia delle Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rottture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un marginie di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R = 50$ anni	
Stati limite di esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati limite ultimi	SLV	10%	$T_r = 475$ anni
	SLC	5%	

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

- orizzontali,
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R = 50$ anni
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

$T_r = 975$ anni

STATI LIMITE SISMICI

Stato Limite	Stato struttura	Accelerazione progetto	Verifica	Probabilità superamento in V_r	Periodo ritorno in anni
Operatività					
Danno					
Salvaguardia vita					
Collasso					

STATI LIMITE SISMICI

Stato Limite	Stato struttura	Accelerazione progetto	Verifica	Probabilità superamento in V_r	Periodo ritorno in anni
Operatività	Operativo				
Danno	Agibile				
Salvaguardia vita	Salve le vite ma Conviene demolire				
Collasso	Non resiste a replica				

STATI LIMITE SISMICI

Stato Limite	Stato struttura	Accelerazione progetto	Verifica	Probabilità superamento in V_r	Periodo ritorno in anni
			ANDRIA		
Operatività	Operativo		0,038g = 0,171/4,50		
Danno	Agibile	$\approx a_g/2,5$ Sito dipendente	0,051g = 0,171/3,35		
Salvaguardia vita	Salve le vite ma Conviene demolire	a_g	0,171g		
Collasso	Non resiste a replica	$\approx 1,3a_g$ Sito dipendente	0,246g = 0,171x1,44		

STATI LIMITE SISMICI

Stato Limite	Stato struttura	Accelerazione progetto	Verifica	Probabilità superamento in V_r	Periodo ritorno in anni
Operatività	Operativo		Accelerazione o spostamento		
Danno	Agibile	$\approx a_g/2,5$ Sito dipendente	Spostamenti relativi $dr/h < 0.005$		
Salvaguardia vita	Salve le vite ma Conviene demolire	a_g	$\theta < 0,75 \theta_U$		
Collasso	Non resiste a replica	$\approx 1,3a_g$ Sito dipendente	$\theta < \theta_U$		

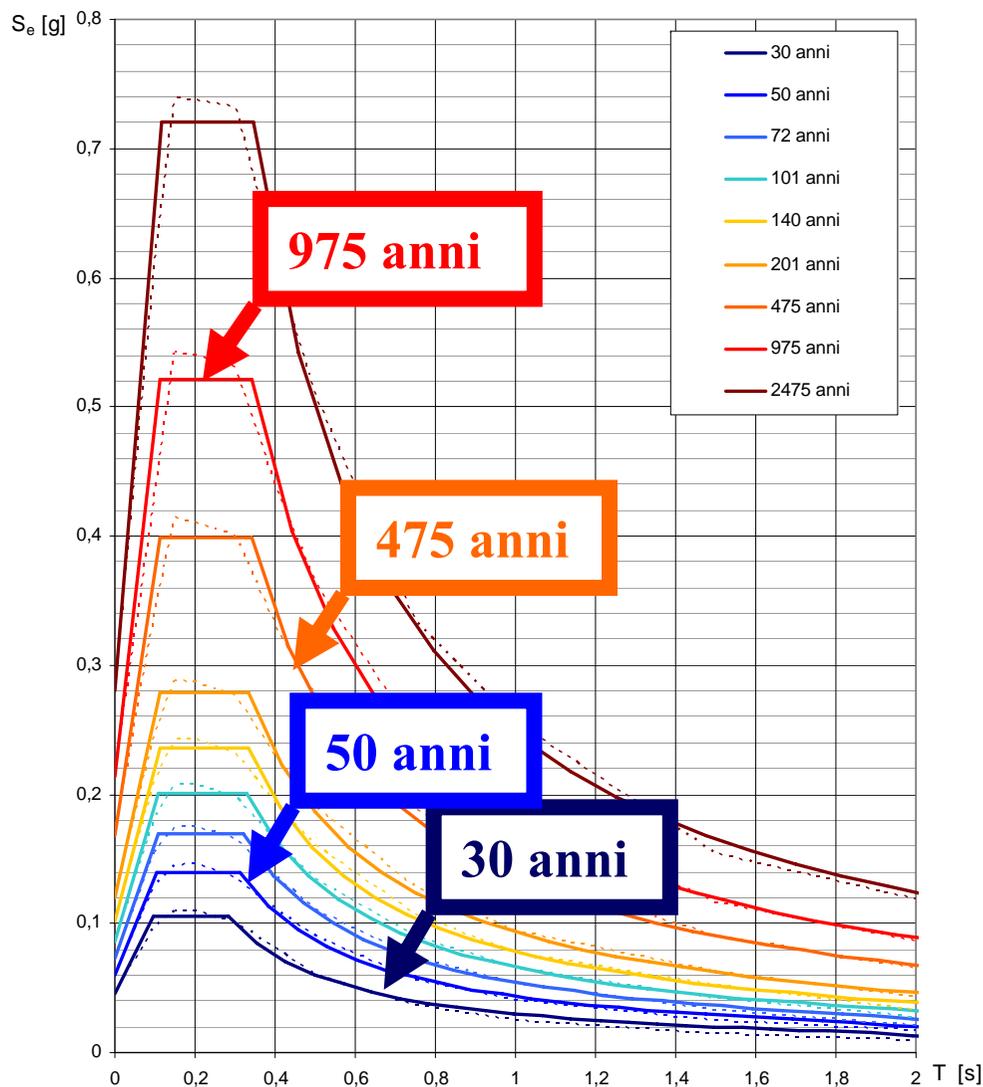
STATI LIMITE SISMICI

Stato Limite	Stato struttura	Accelerazione progetto	Verifica	Probabilità superamento in V_r	Periodo ritorno in anni
Operatività	Operativo		Accelerazione o spostamento	81%	
Danno	Agibile	$\approx a_g/2,5$ Sito dipendente	Spostamenti relativi $dr/h < 0.005$	63%	
Salvaguardia vita	Salve le vite ma Conviene demolire	a_g	$\theta < 0,75 \theta_U$	10%	
Collasso	Non resiste a replica	$\approx 1,3a_g$ Sito dipendente	$\theta < \theta_U$	5%	

STATI LIMITE SISMICI

Stato Limite	Stato struttura	Accelerazione progetto	Verifica	Probabilità superamento in V_r	Periodo ritorno in anni
Operatività	Operativo		Accelerazione o spostamento	81%	30 (0,6V_r)
Danno	Agibile	$\approx a_g/2,5$ Sito dipendente	Spost. relativi $dr/h < 0.005$ o Resistenza	63%	50 (V_r)
Salvaguardia vita	Salve le vite ma Conviene demolire	a_g	$\theta < 0,75 \theta_U$	10%	475 (9,5V_r)
Collasso	Non resiste a replica	$\approx 1,3a_g$ Sito dipendente	$\theta < \theta_U$	5%	975 (19,5 V_r)

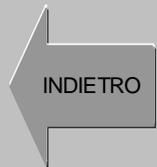
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.



2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Vita Nominale V_N (in anni)
≤ 10
≥ 50
≥ 100

Interruzione di operatività o
definite:

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

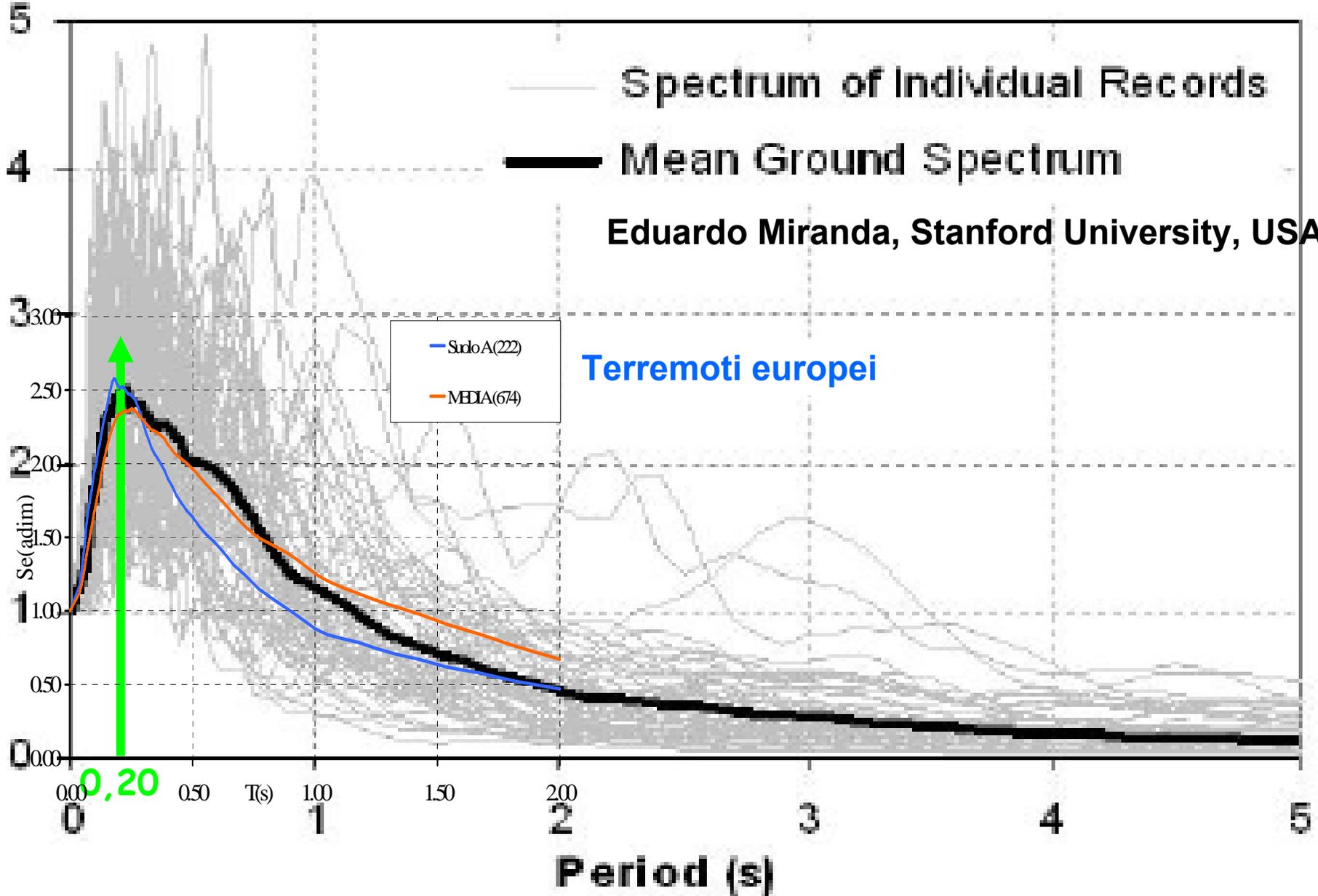
Anche le accelerazioni sono importanti!



7.3.7.3 Verifiche degli impianti in termini di mantenimento della funzionalità

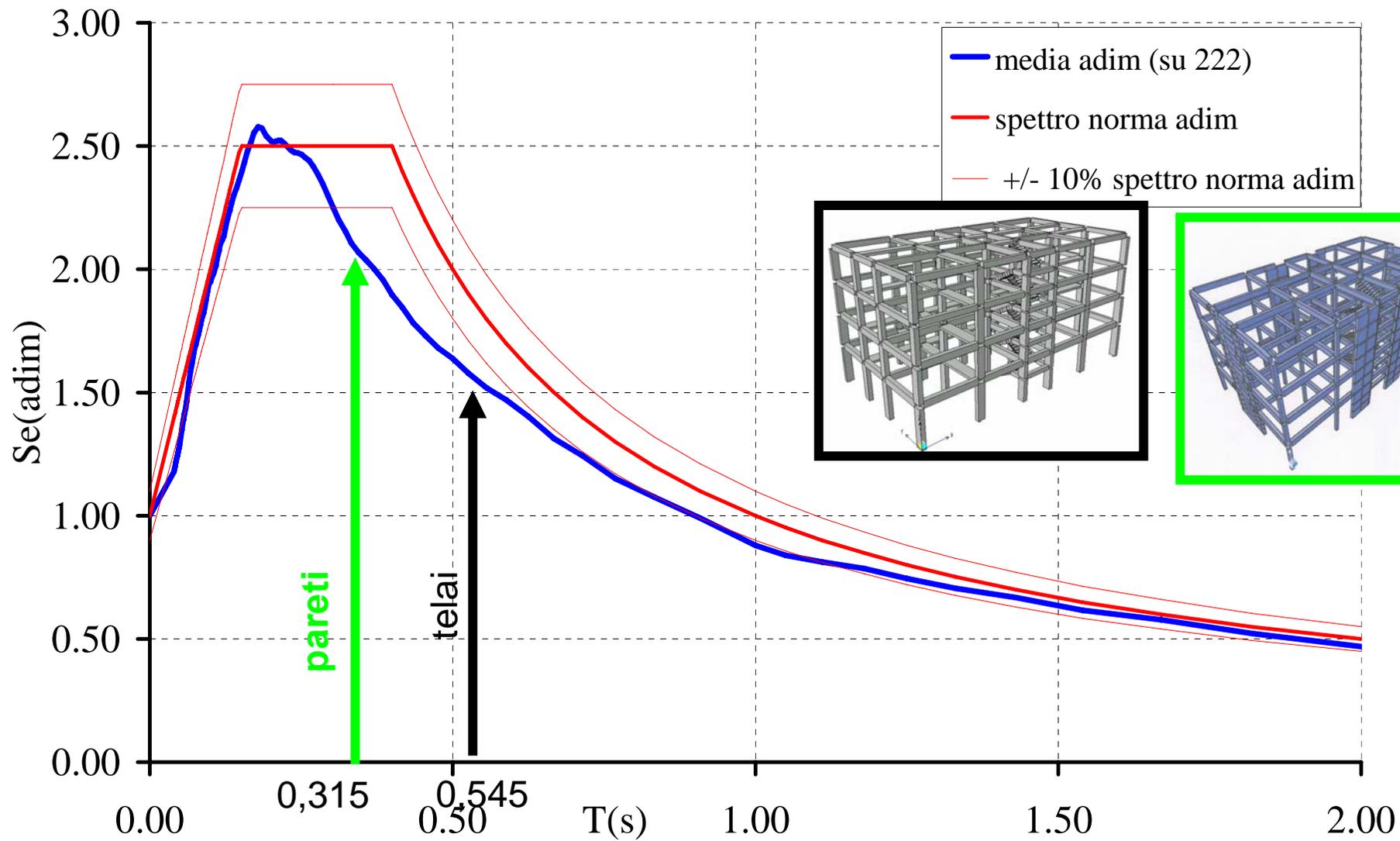
Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili per effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo *SLO* non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

S_a/PGA



Eduardo Miranda, Stanford University, USA

Terremoti europei



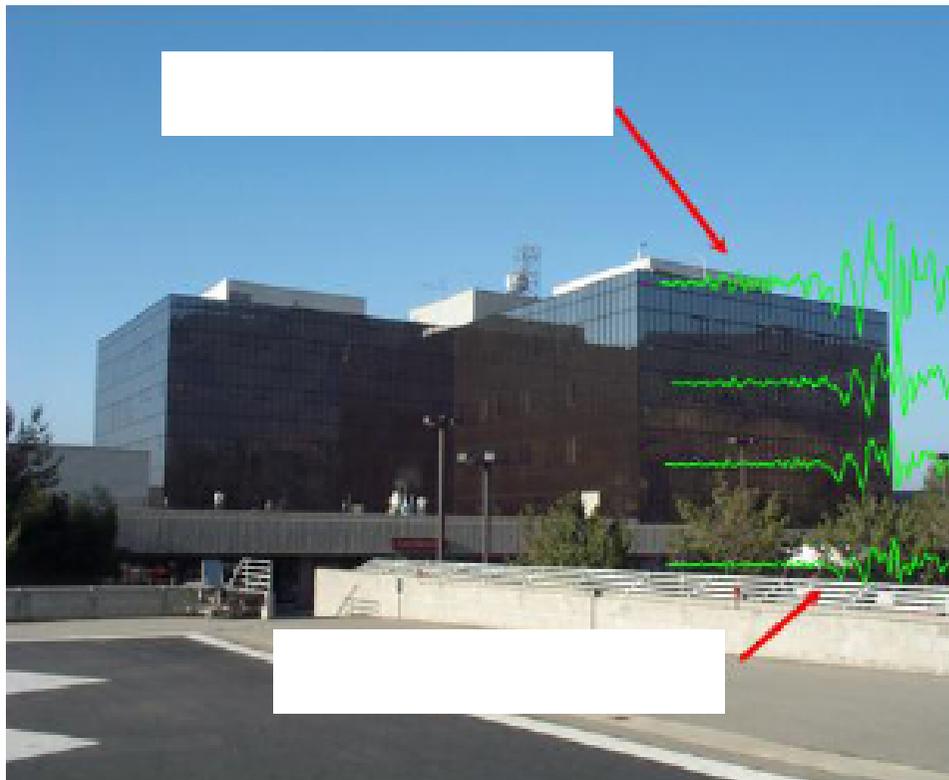
Suolo A

Olive View Hospital San Fernando earthquake 1974



20 anni dopo ... 1994, Terremoto di Northridge

Olive View Medical Center in Sylmar, CA
1994 Northridge earthquake



Olive View Hospital

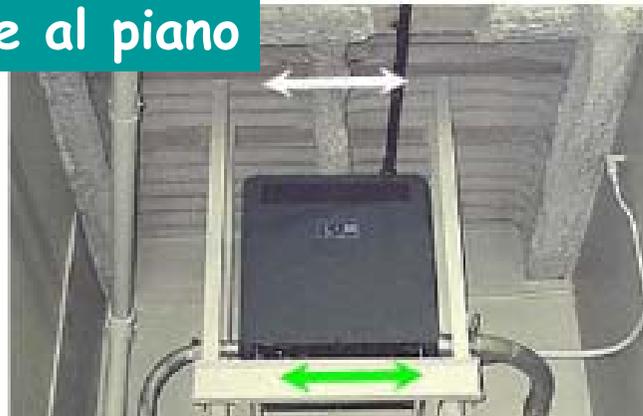
(Instrumentation by CSMIP-CGS)

(Photo by E. Miranda)

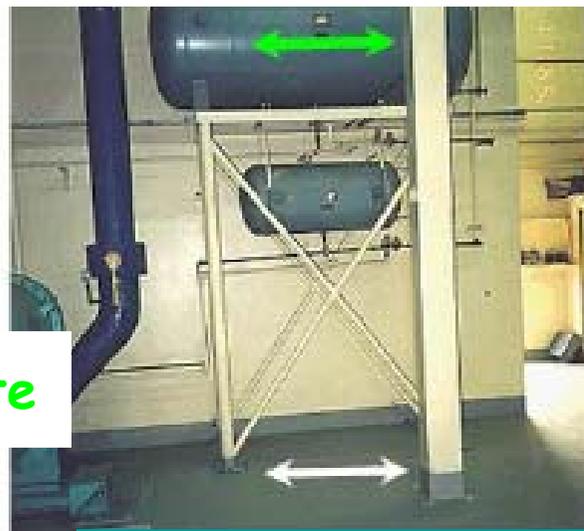
Eduardo Miranda, Stanford University, USA

Eduardo Miranda, Stanford University, USA

Accelerazione al piano



Accelerazione nel componente



Accelerazione nel componente



Accelerazione al piano

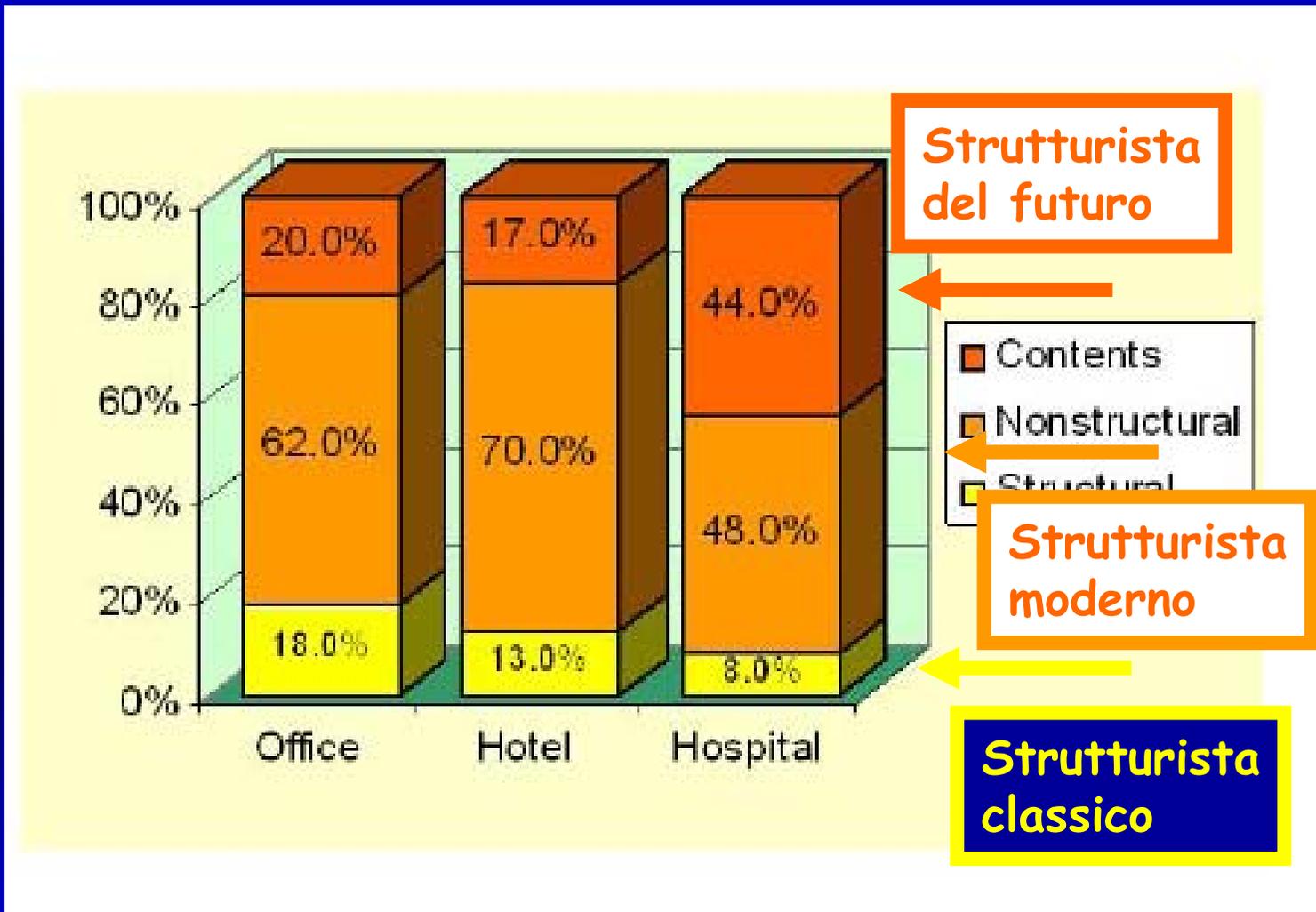
Accelerazione al piano



Accelerazione nel componente

Accelerazione nel componente

Accelerazione al piano + dinamica componente

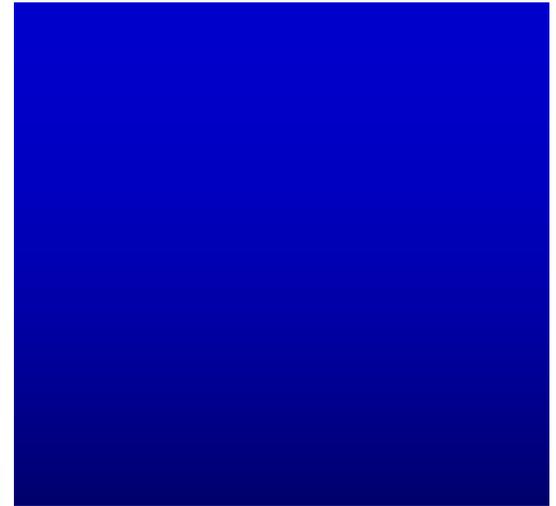




(Photo by N. Bekdemir/CEEP)



(Photo by N. Bekdemir/CEEP)



(Photo by Janos Ullaszy/CEEP)



(Photo by Tom Rook/CEEP)



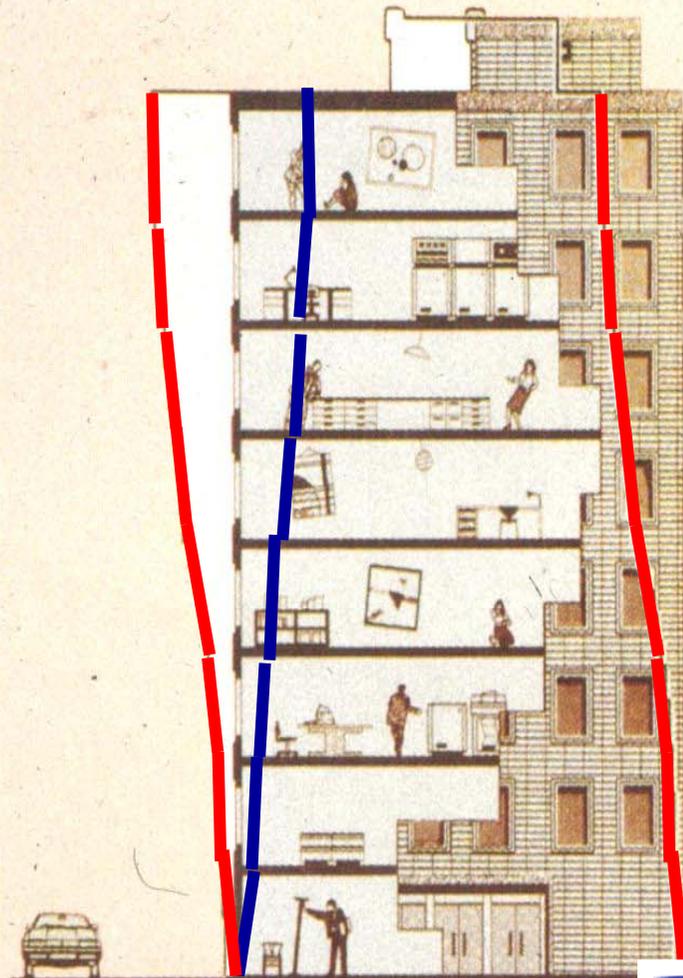
1999 Izmit Turkey, earthquake

(Photo by Sezen/PEEP)

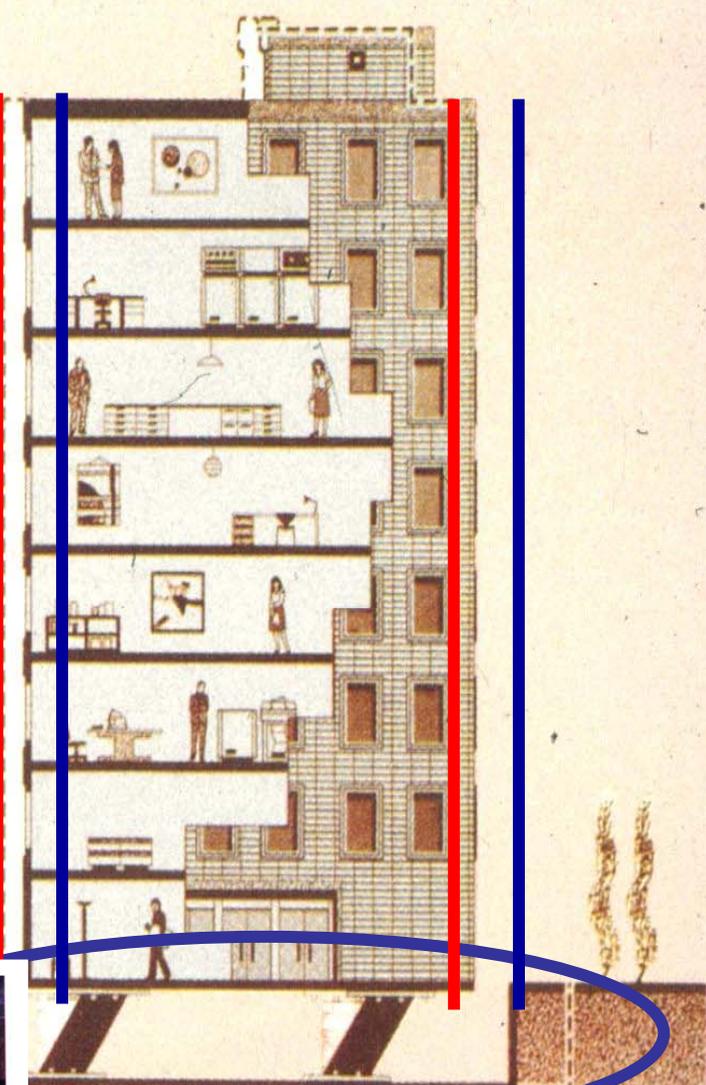
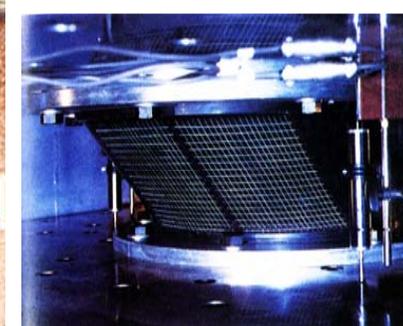


NUOVE TECNOLOGIE: ISOLAMENTO alla Base

E. Cosenza - NUOVE NORME TECNICHE - Progettazione sismica

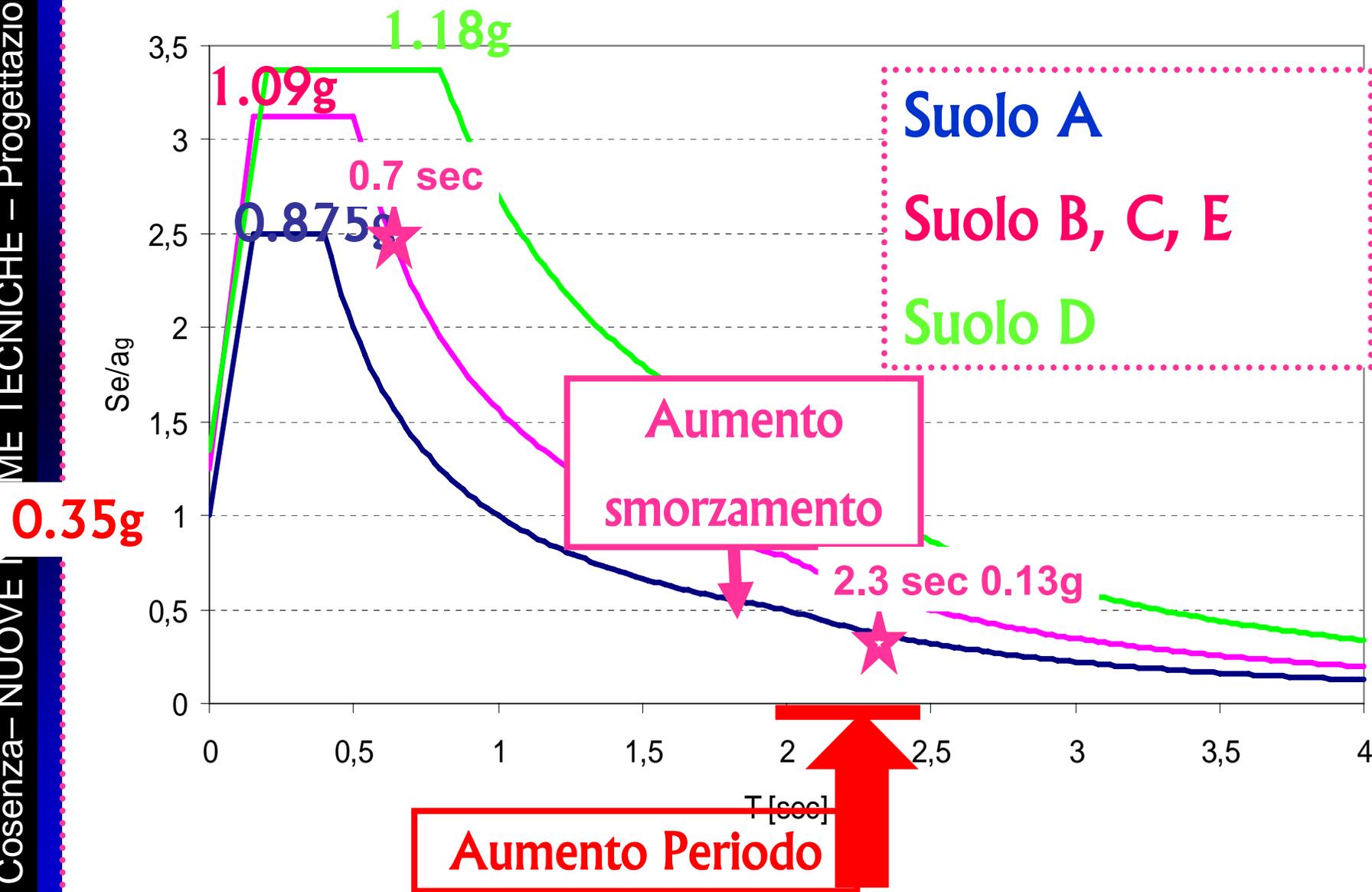


CONVENTIONAL BUILDING



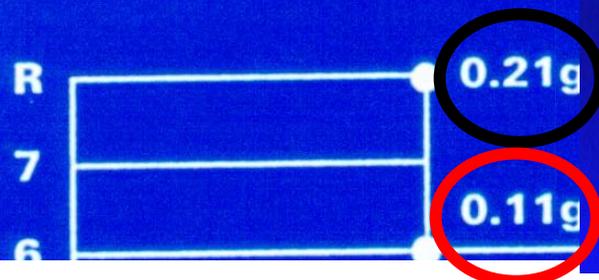
BASE ISOLATED BUILDING

Spettri elastici zona 1



Verifica "sperimentale": Il terremoto di Northridge

USC University Hospital CSMIP Recorded Accelerations North - South Direction



FORTISSIMA RIDUZIONE DEGLI EFFETTI !



N-S Response of USC Hospital



**Distribuzione uniforme
(non triangolare) delle azioni**

**Irregolarità
strutturale**

Ospedale del mare

Inquadramento Territoriale: Area Nord-Est Napoli



Albergo

Edificio ospedaliero isolato

Sottopasso impianti

107.000 ton.
327 Isolatori
Record Europeo

Sovrappasso pedonale

Possibile futura stazione ferroviaria

Edificio direzionale

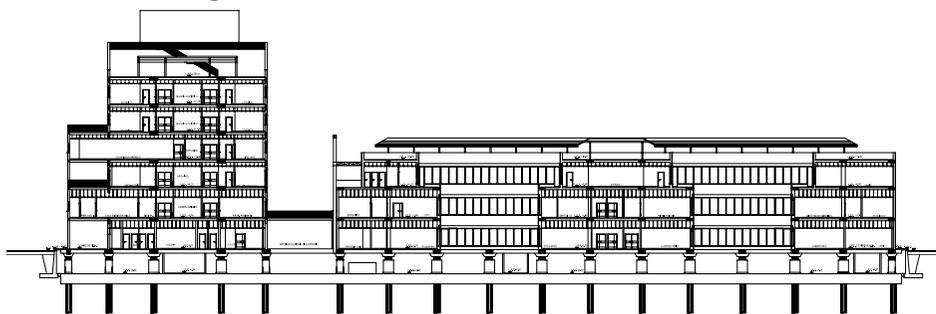
Edificio impianti

Caso studio: Ospedale del mare

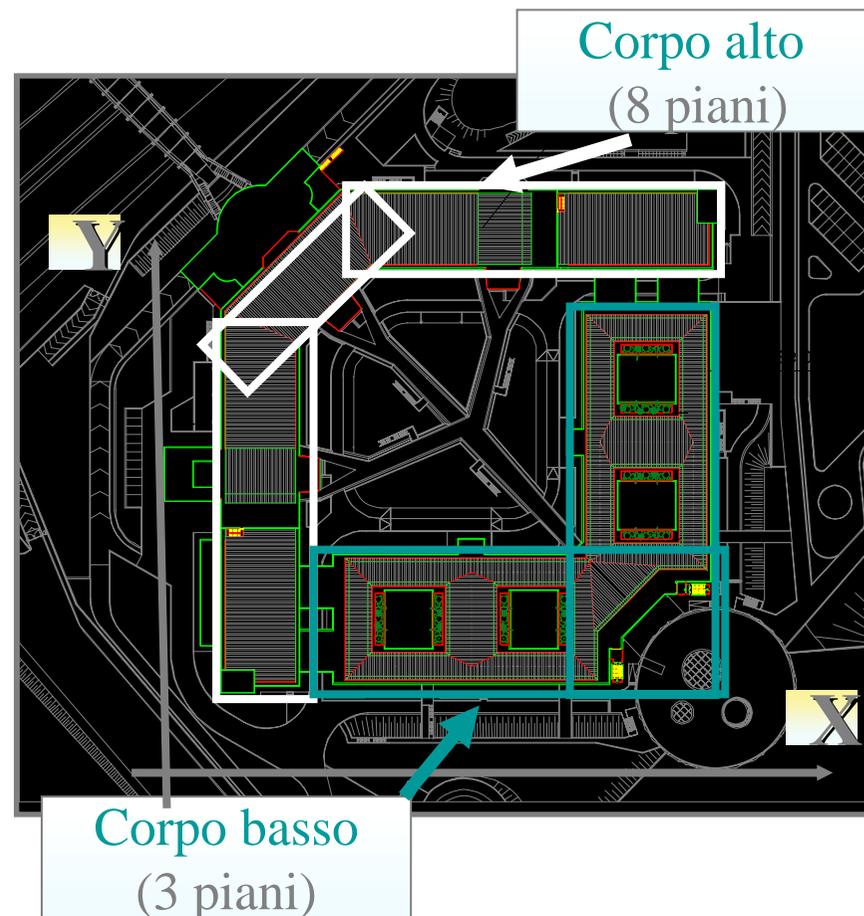
Appalto = Concessione +
Project Finance

Costo totale = 187 milioni di
euro

Consegna lavori = entro il 2009



Struttura intelaiata in c.a.
2 blocchi di altezza 12.6 m e 32.6 m
Pianta quadrata di lati 150 x 148 m



Solai con ampie aperture per
zone giardino

Caso studio: Ospedale del mare

Marzo 2006



Collaudo statico Edificio Ospedale: Maggio 2008

Febbraio 2007

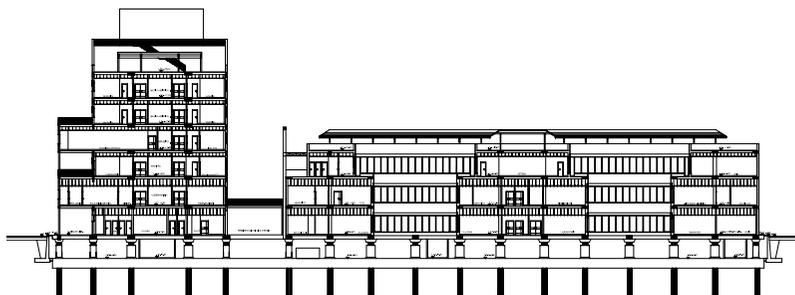


Settembre 2007

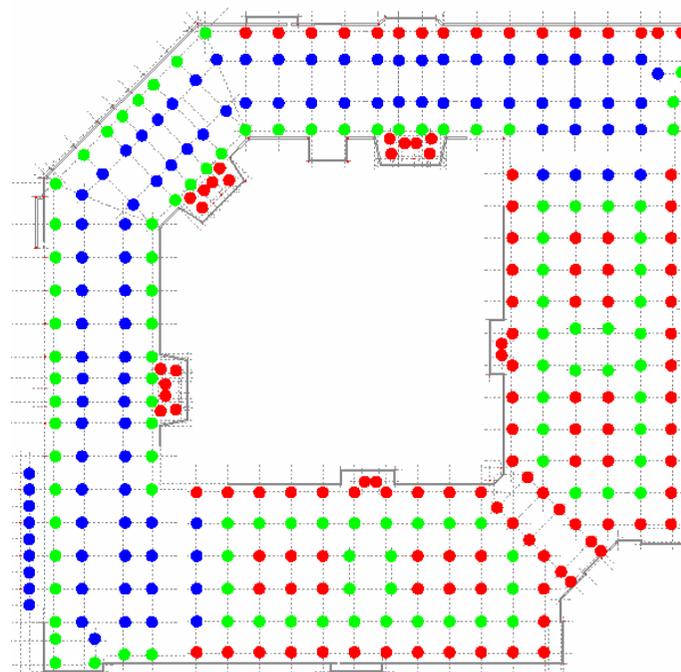


Caso studio: Ospedale del mare

Sistema di isolamento sismico

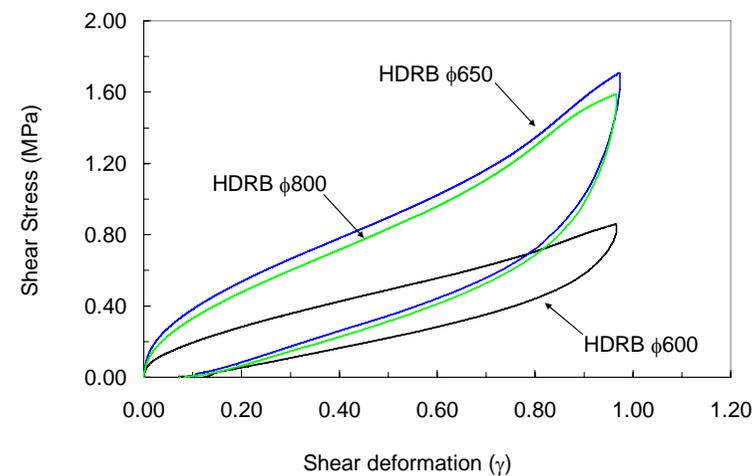


Proprietà meccaniche	Miscela normale	Miscela dura
Resistenza a compressione (N/mm ²)	15.5	15.5
Deformazione ultima (%)	350	300
Modulo di taglio (N/mm ²)	0.80±0.12	1.40±0.21
Smorzamento viscoso equivalente (%)	15	15



600 mm
650 mm
800 mm

Diametro isolatore (mm)	Numero di isolatori	Rigidezza orizzontale K_h (kN/mm)	Rigidezza verticale K_v (kN/mm)	Rapporto di rigidezza K_v/K_h
600	122	1.51	1802	1195
650	108	2.98	2472	830
800	97	4.89	3949	808



Modalità posizionamento

Isolatori e relative connessioni





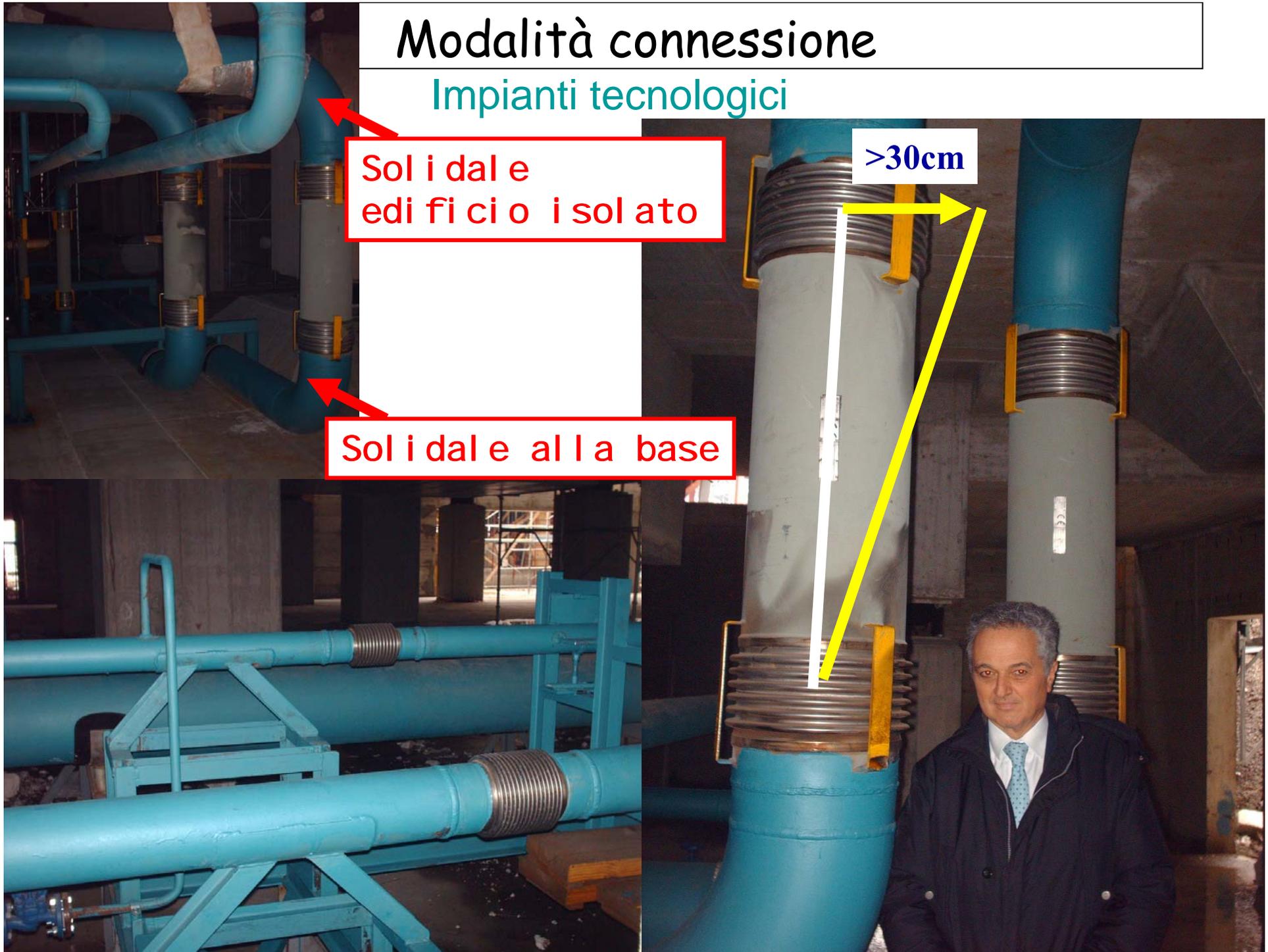
Modalità connessione

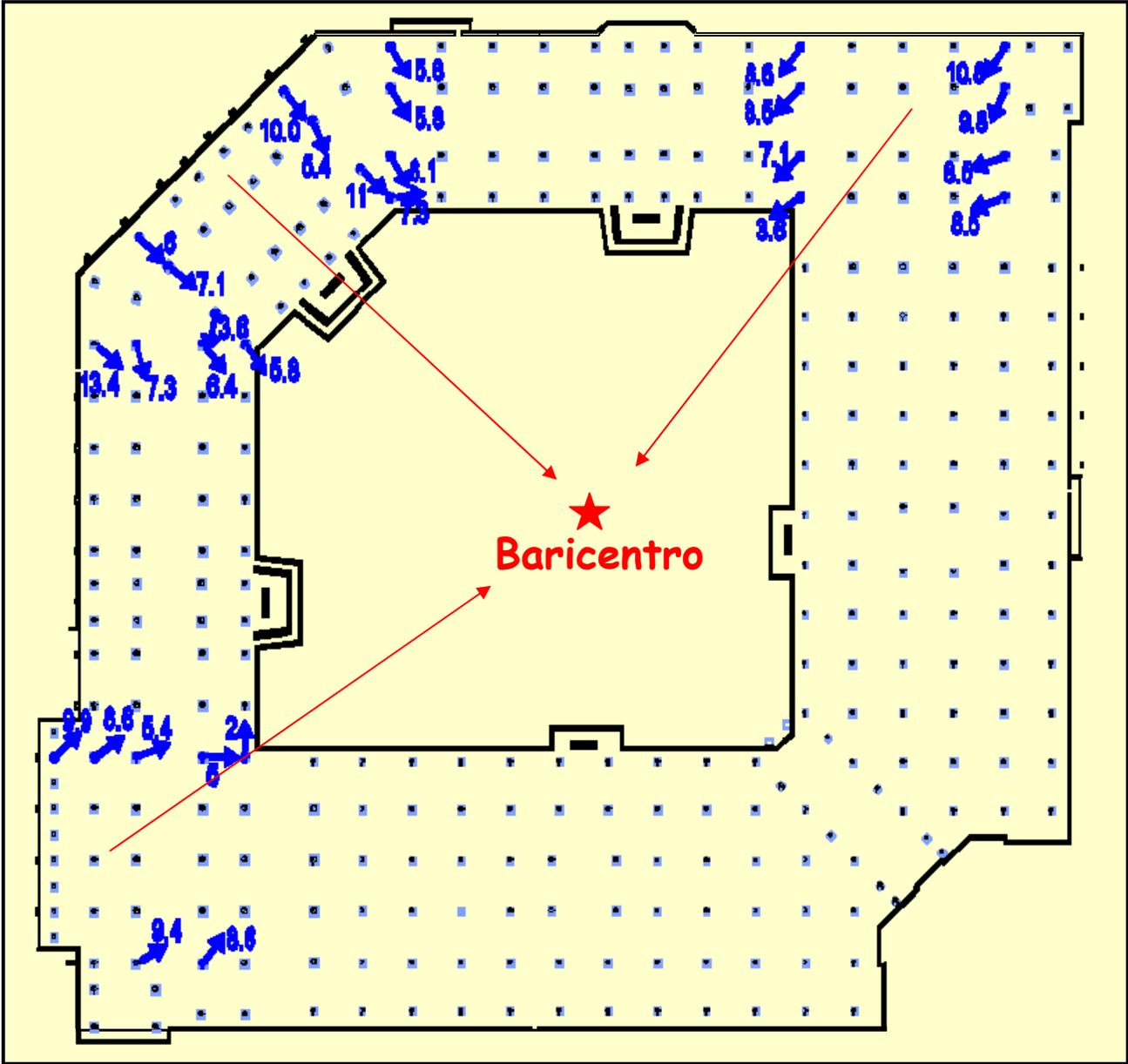
Impianti tecnologici

Sol i dal e
edi fi ci o i sol ato

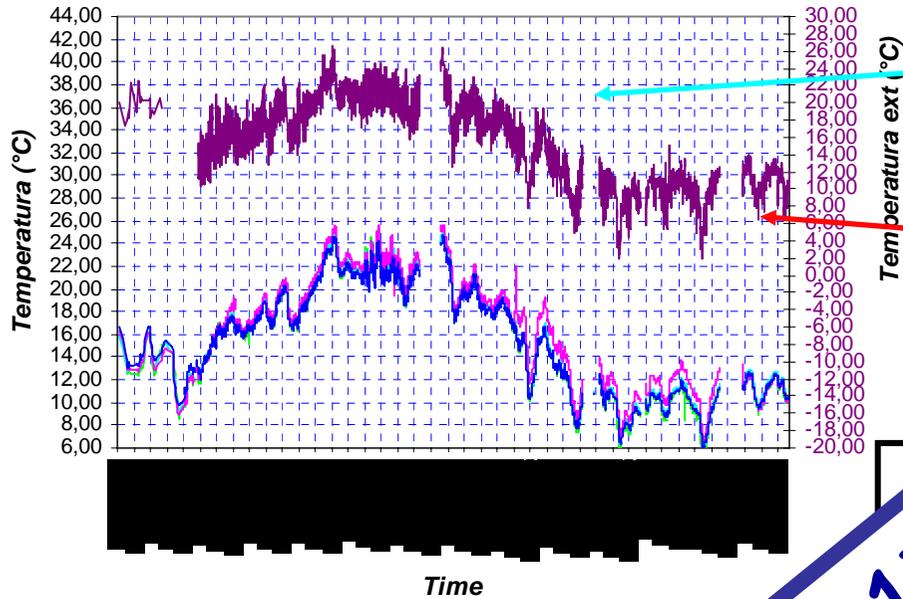
Sol i dal e al l a base

>30cm

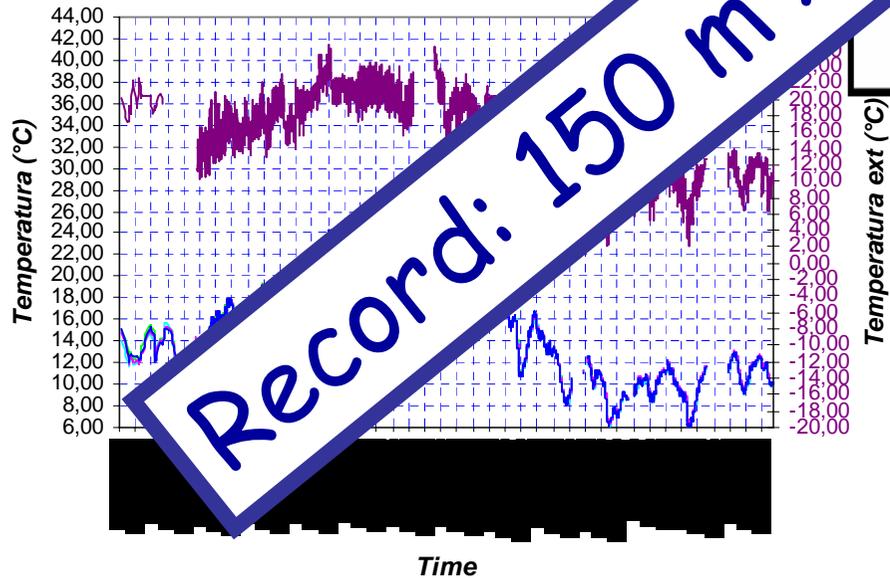




Sezione 1



Sezione 2

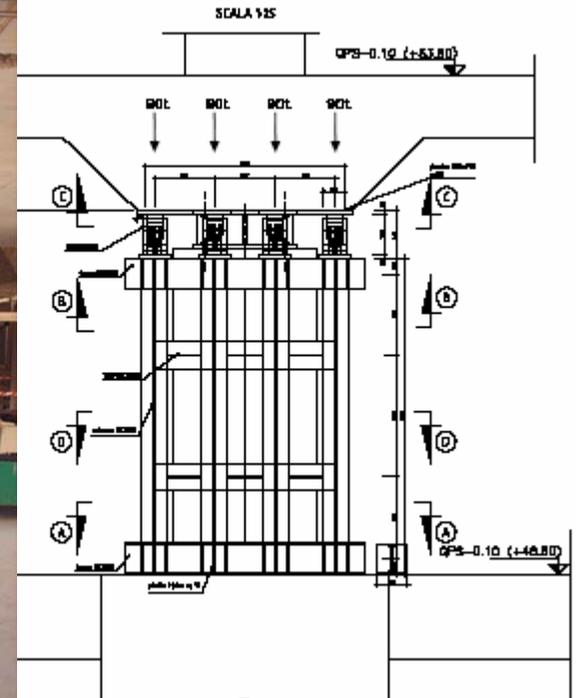
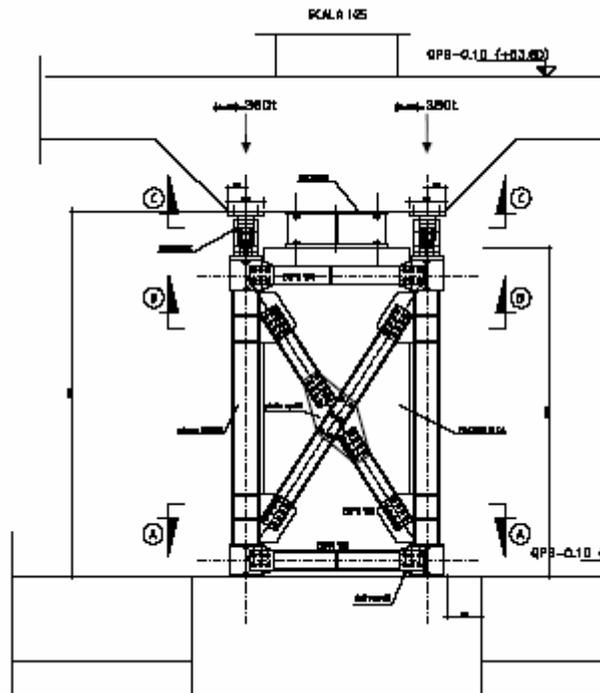
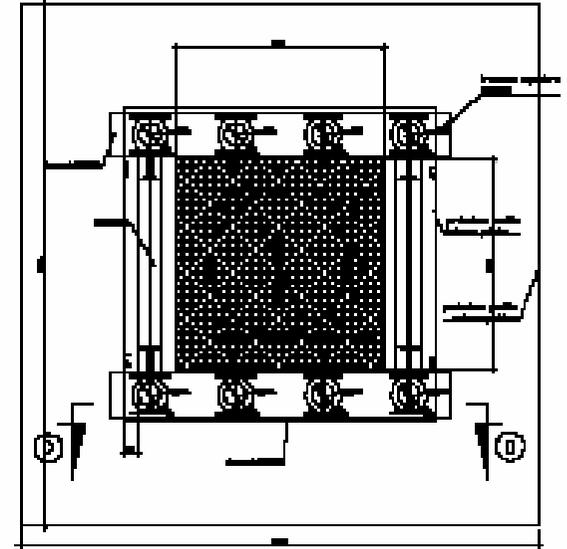
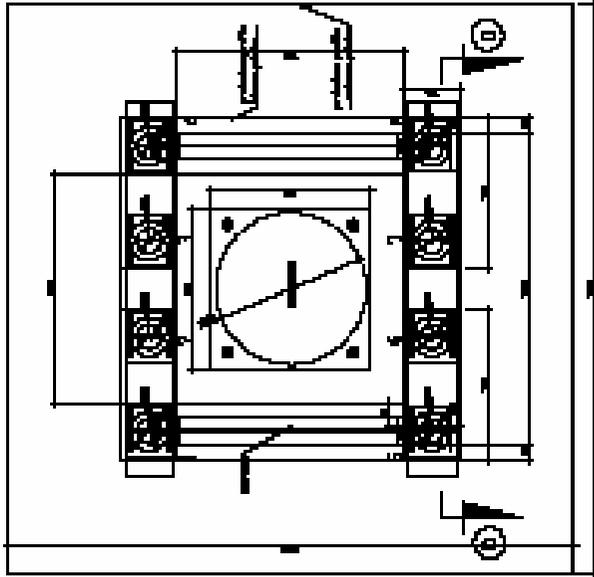


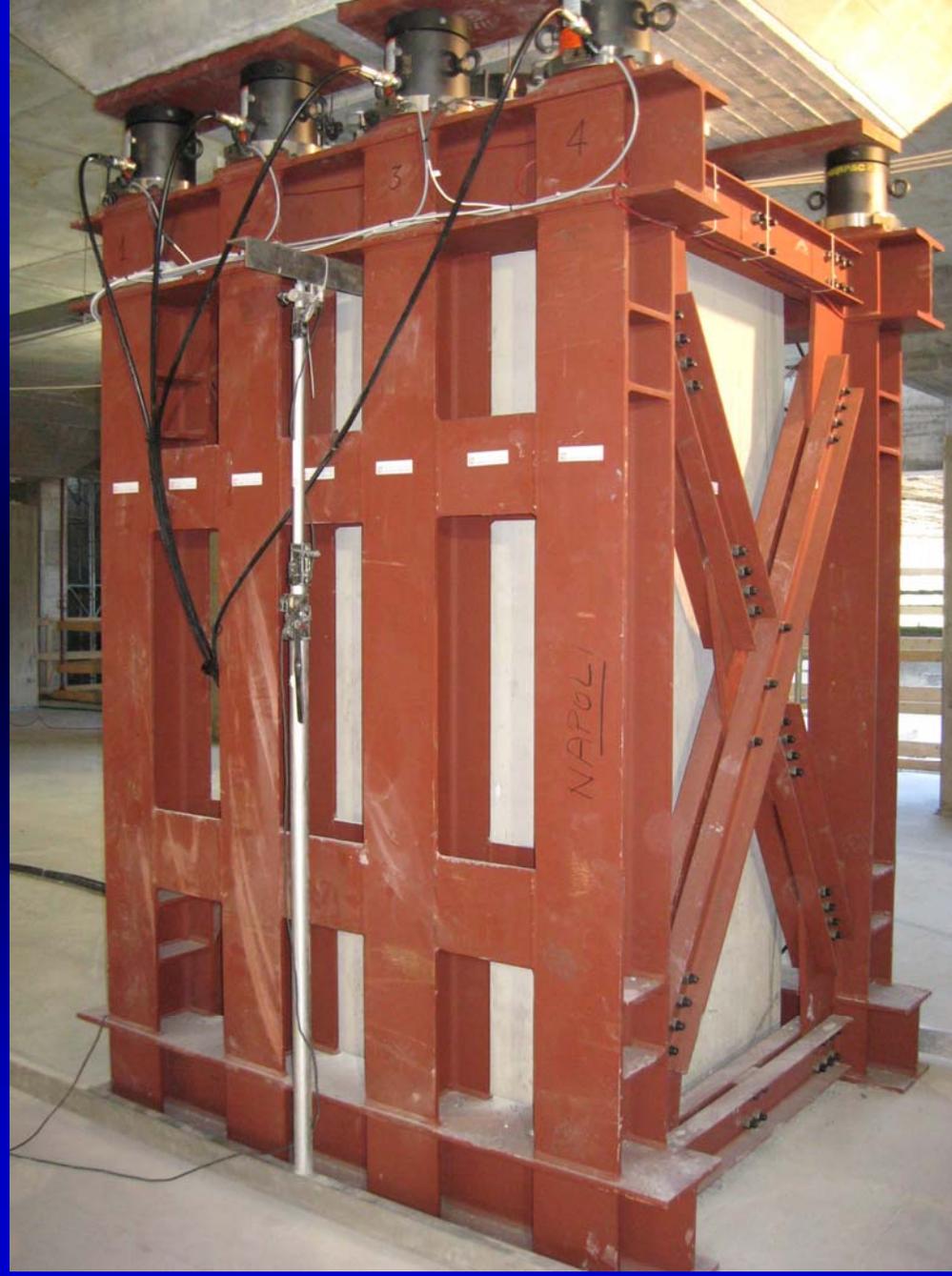
Record: 150 m x 150 m senza giunti !!

Interno:
6 -25 °C

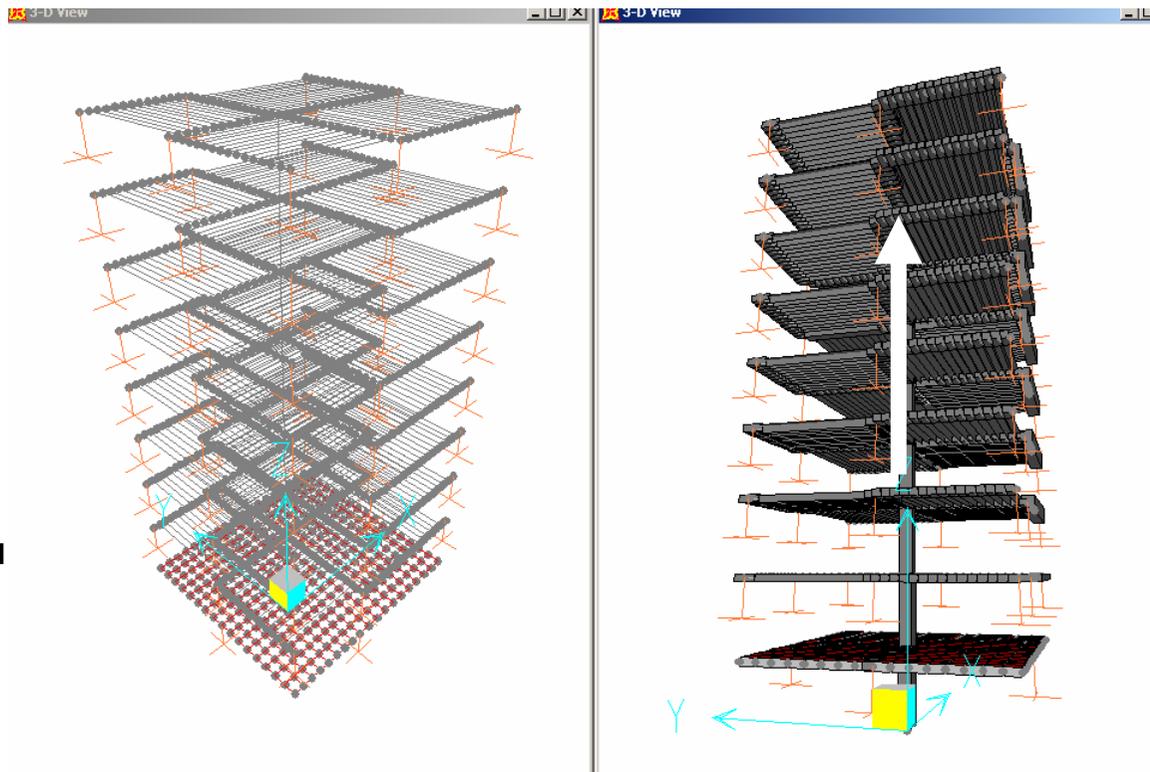
Oscillazioni
giorno-notte
minime nel cls

Andamento
a farfalla
minimo nel
cls

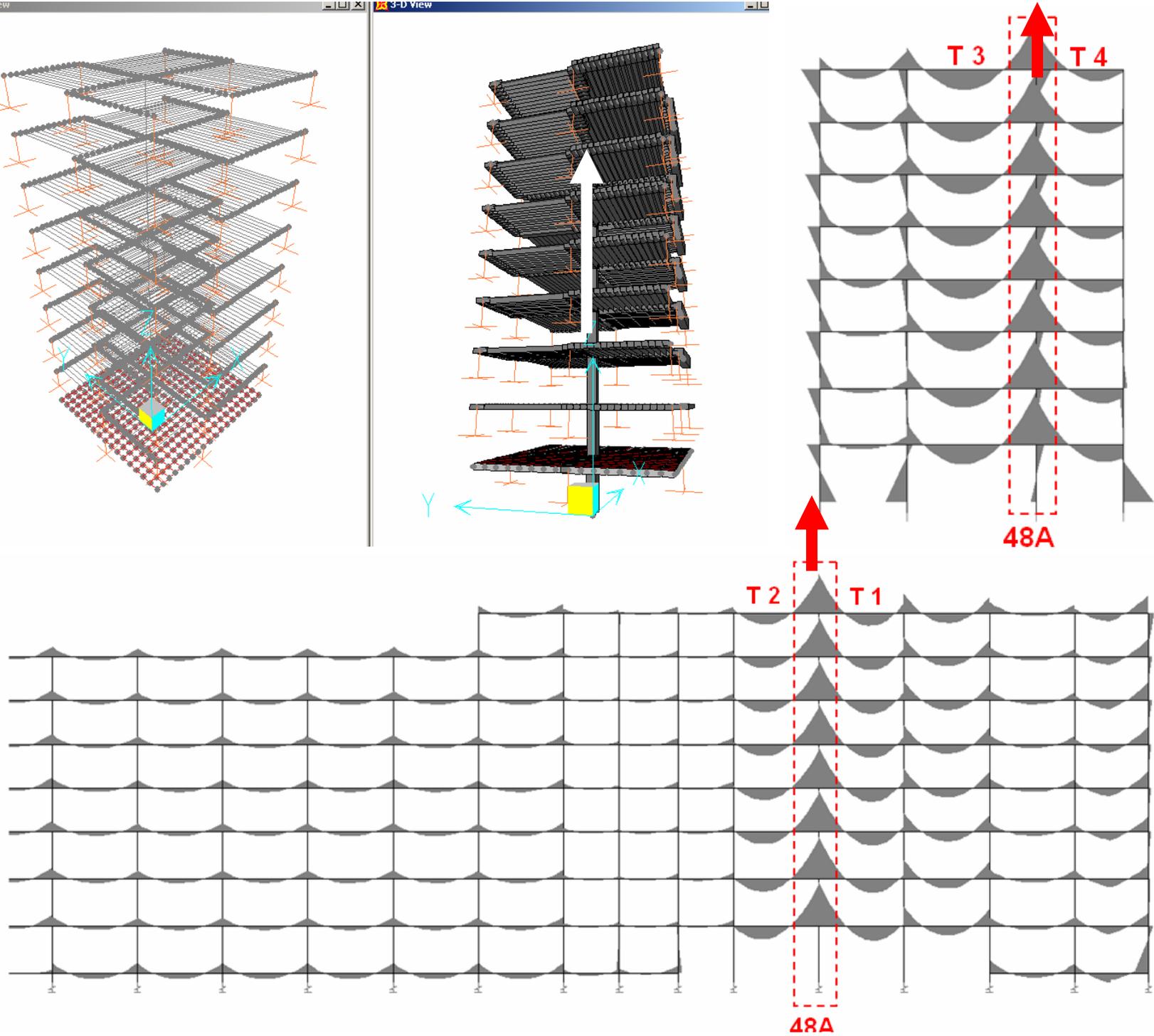








SINTESI



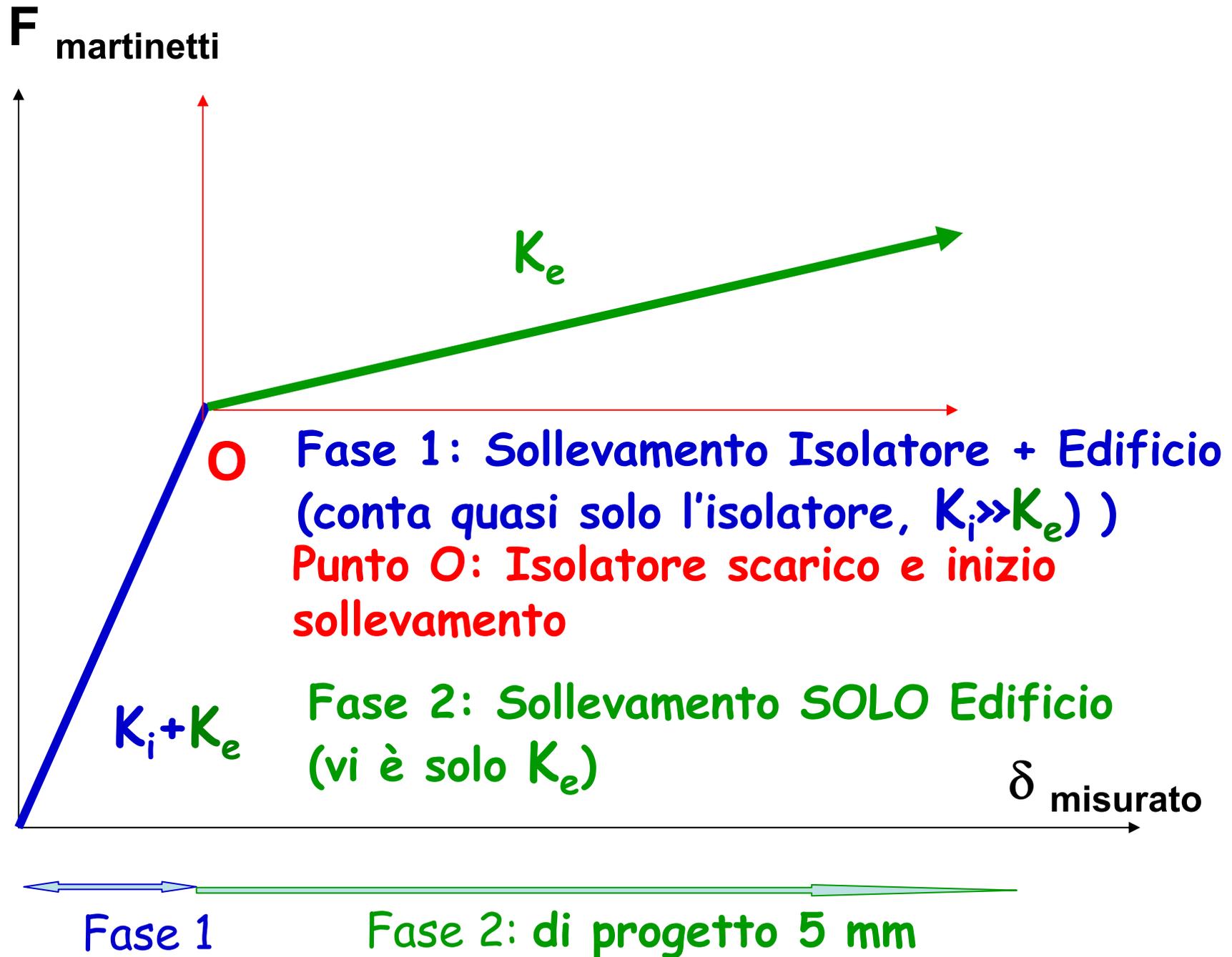
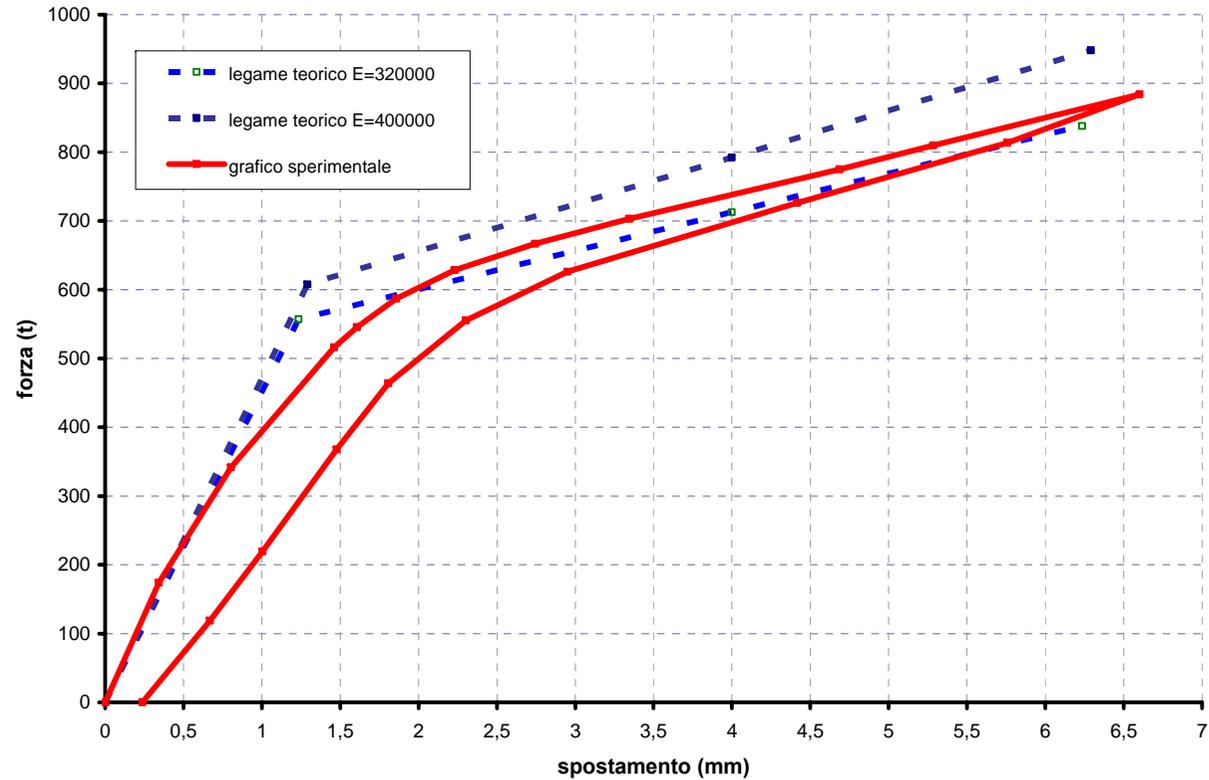


DIAGRAMMA FORZA SPOSTAMENTO



F martinetti

K_e

O Fase 1: Sollevamento Isolatore + Edificio
(conta quasi solo l'isolatore, $K_i \gg K_e$)

Punto O: Isolatore scarico e inizio sollevamento

$K_i + K_e$ Fase 2: Sollevamento SOLO Edificio
(vi è solo K_e)

δ misurato

