



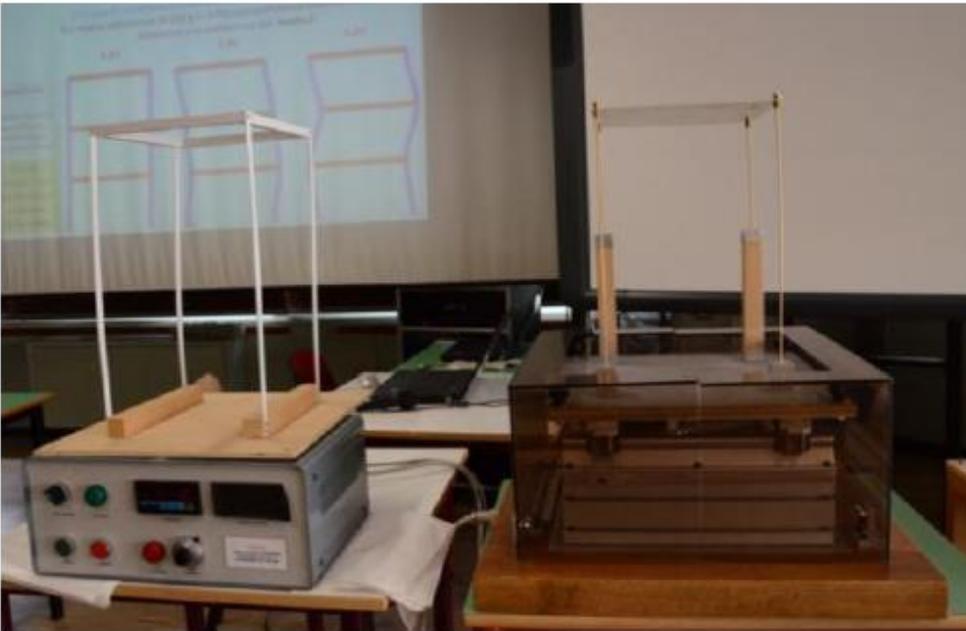
**ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE
"N. Copernico - A. Carpeggiani"
FERRARA**



8-22 novembre 2014

“IO NON TREMO... conosco il rischio!”

MOSTRA - LABORATORIO sul rischio sismico



www.ionontremo.it

<http://www.itiscopernicofe.it>

www.iav.it/ionontremo

magnitudo 4

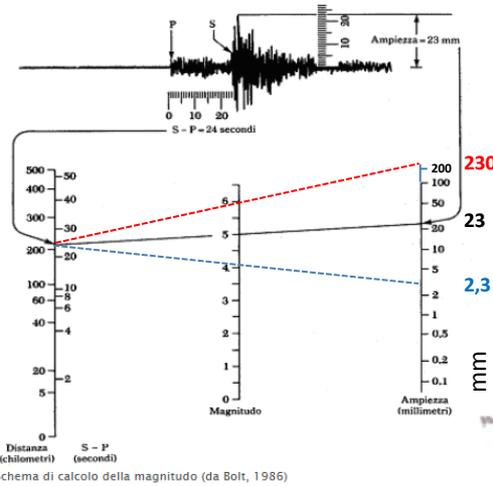
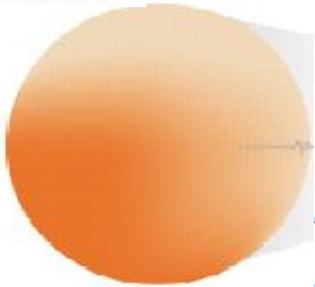


Un terremoto maggiore di un altro di una unità di magnitudo lascia una traccia dieci volte più grande, ma libera un'energia di circa trentadue volte più grande

Magnitudo Richter o locale (M_L)

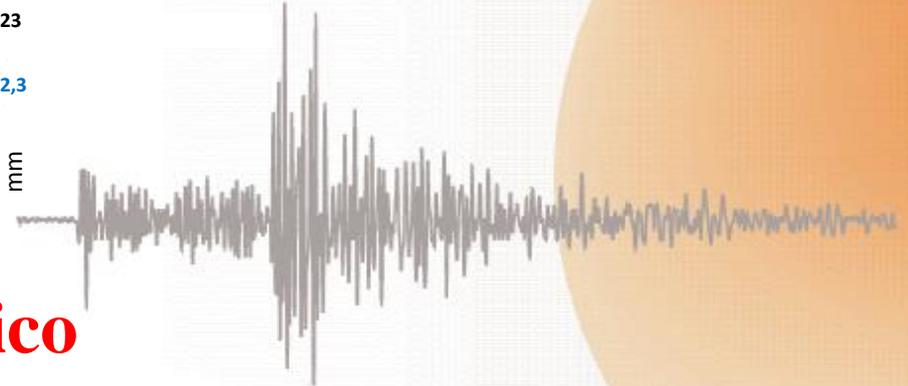
magnitudo 6

magnitudo 5



(M_W)

Magnitudo momento



La misura di un evento sismico

Intensità M.C.S. «classificazione» – per località – degli effetti

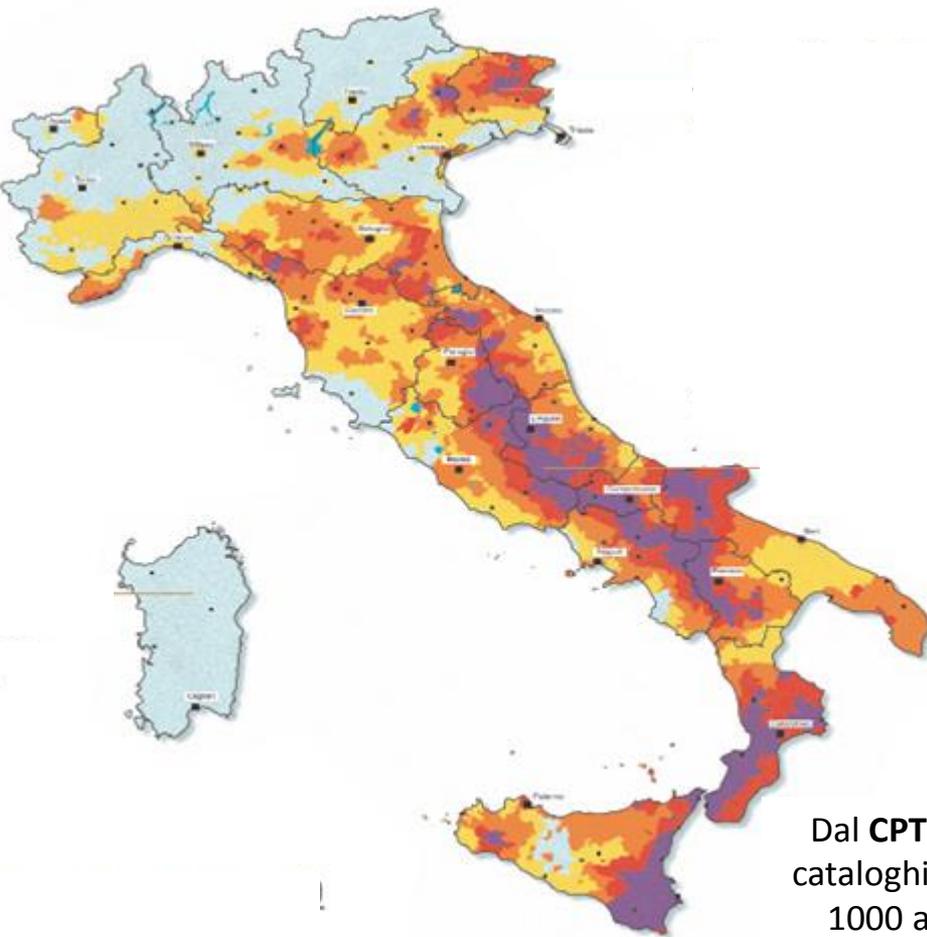
(I_{mx} , I_o , I_s)

che possono variare moltissimo a seconda di: *profondità ipocentro e distanza dall'epicentro, categorie di suolo, vulnerabilità costruzioni.....*



I-II grado	III-IV grado	V-VI grado	VII-VIII grado	IX-X grado	XI-XII grado
------------	--------------	------------	----------------	------------	--------------

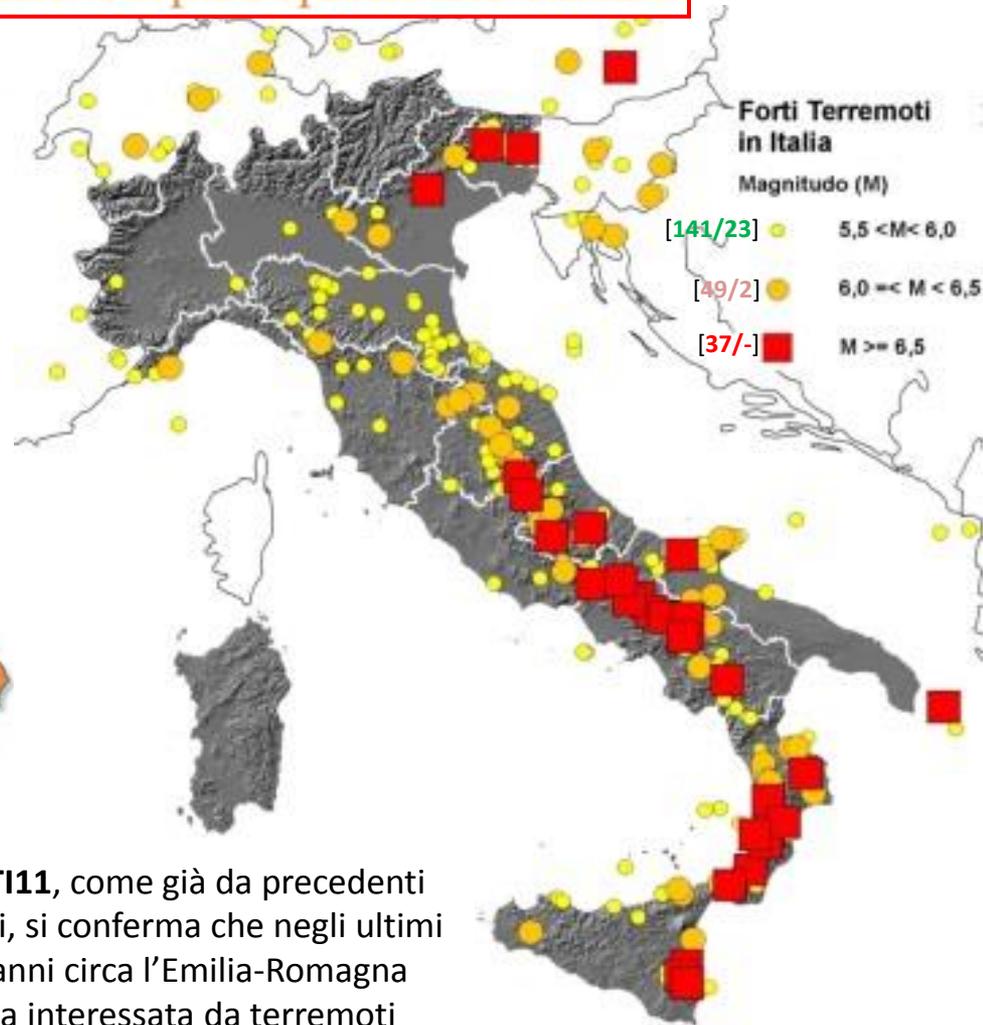
I terremoti del passato ci suggeriscono dove e con quale forza potranno colpire quelli del futuro



SCALA MCS (Mercalli Cancani Sieberg)



Dal **CPTI11**, come già da precedenti cataloghi, si conferma che negli ultimi 1000 anni circa l'Emilia-Romagna è stata interessata da terremoti frequenti, ma mai paragonabili per energia liberata (e, quindi, per valori di magnitudo) ai maggiori eventi di altre aree regionali quali, ad esempio, Sicilia Orientale e Calabria, Irpinia-Basilicata, Sannio, Molise-Abruzzo, Friuli.



In media - ogni cento anni - si verificano in Italia dai 7 ai 10 terremoti di magnitudo superiore a 6.0.

'02 San Giuliano di Puglia

2000

'97 umbria marche

'97 versilia

'94 sarno e piemonte

'87 valtellina

'85 val di stava

'80 irpinia

'76 friuli

'68 belice

'63 vajont

'66 firenze

'54 salerno

'51 polesine

'30 vulture

'23 gleno

'20 garfagnana

'15 fucino

'08 reggio calabria e messina

'87 diano marina

28 luglio 1883 casamicciola

Alluvioni

Catastrofi

Terremoti

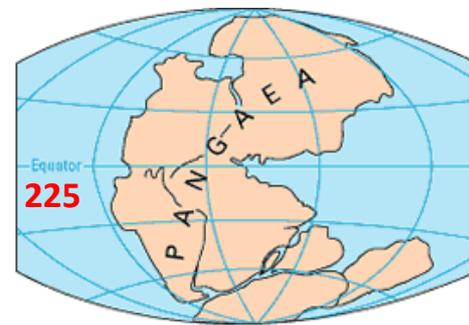
Year	Mo	Da	Ho	Mi	Ax	Np	Imx	Io	MwM	Mwlms
1916	5	17	12	50	Alto Adriatico	132	8	♦	5,94	6,02
1916	8	16	7	6	Alto Adriatico	257	8	♦	6,14	6,11
1917	4	26	9	35	Valtiberina	134	9-10	9-10	5,91	5,73
1918	11	10	15	12	Appennino romagnolo	187	9	9	5,88	5,84
1919	6	29	15	6	Mugello	566	10	10	6,29	6,25

1900

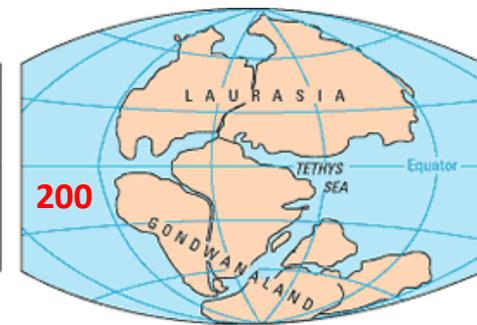
1870	10	30	18	34	Romagna	41	8	8	5,58
1875	3	17	23	51	Romagna sud-orientale	144	8	♦	5,93

Teoria **deriva** dei **continenti**

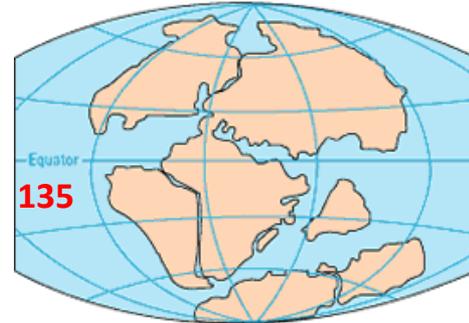
Teoria **tettonica** delle **placche**



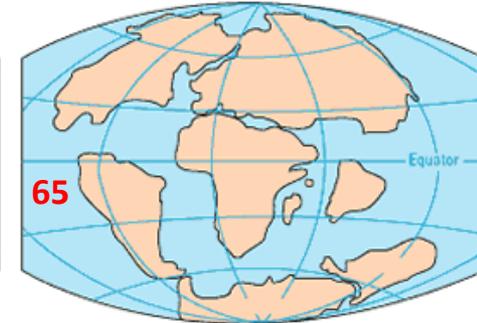
PERMIAN
225 million years ago



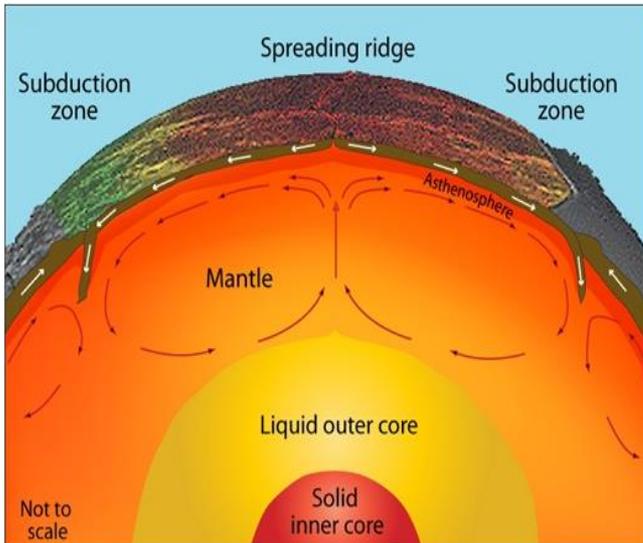
TRIASSIC
200 million years ago



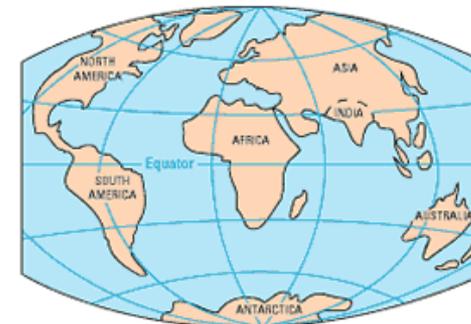
JURASSIC
135 million years ago



CRETACEOUS
65 million years ago



PIANETA TERRA
UN MOTORE
SEMPRE ACCESO



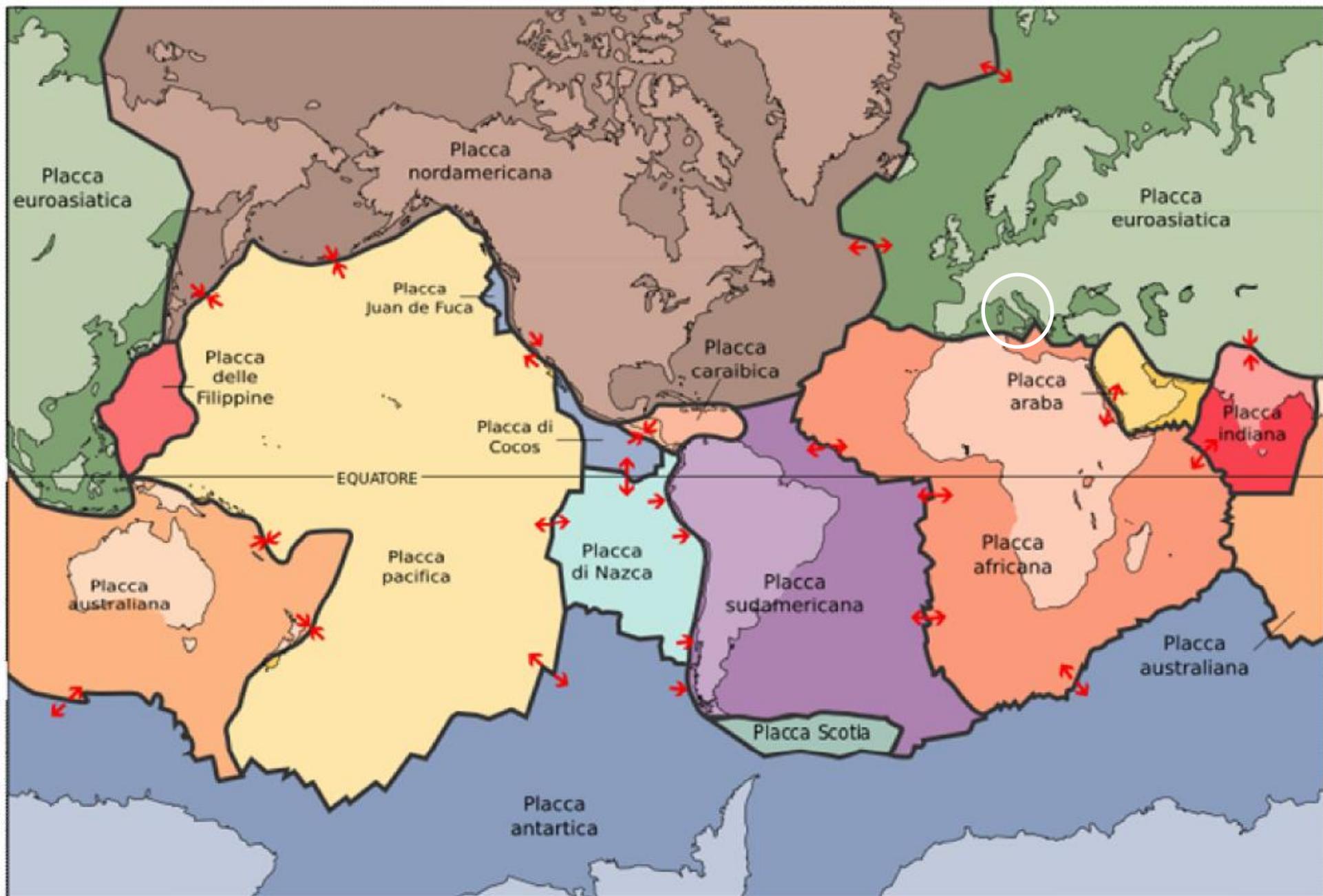
PRESENT DAY

Accrescimento dorsale oceanica

(filmato di 69 sec.)

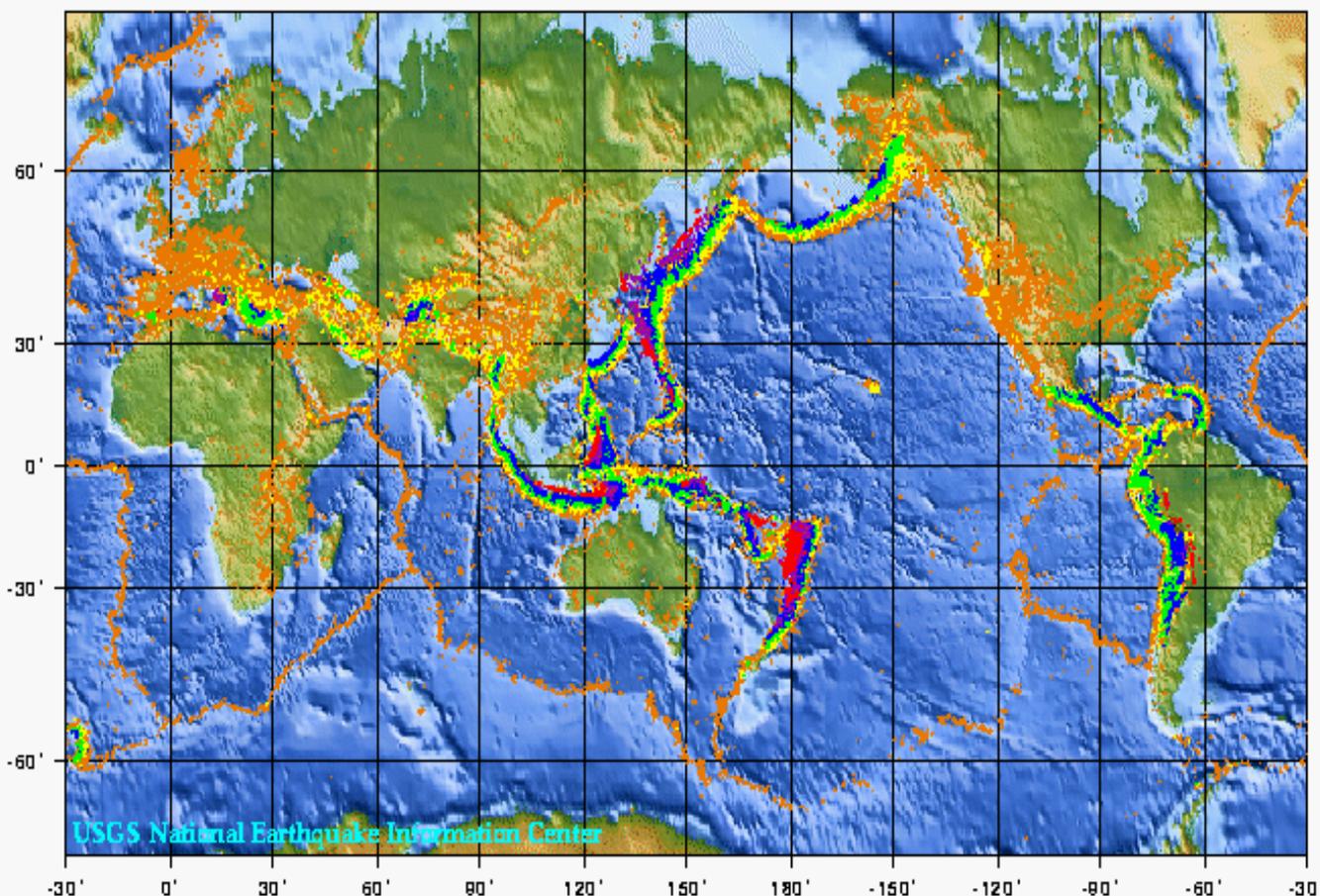
(filmato di 75 sec.)

Distruzione litosfera (subduzione)



A scala globale la gran parte dei terremoti che colpiscono la faccia della Terra cadono lungo margini di zolla. Gli ipocentri dei terremoti sono superficiali in corrispondenza dei margini divergenti (epicentri color arancio lungo le dorsali oceaniche) e sono da superficiali a profondi nelle zone di subduzione (epicentri di color arancio-giallo-verde-blu-violetto-rosso).

World Seismicity: 1975 - 1995



Frequenza annuale dei terremoti nel mondo

(STIMA 1985)

Magnitudo	Media annuale
8	2
7	20
6	100
5	3.000
4	15.000
3	oltre 100.000

2010-01-01/2013-05-01

Eventi $M \geq 4.5$ (animazione)

DEPTH

0

-33

-71

-151

-301

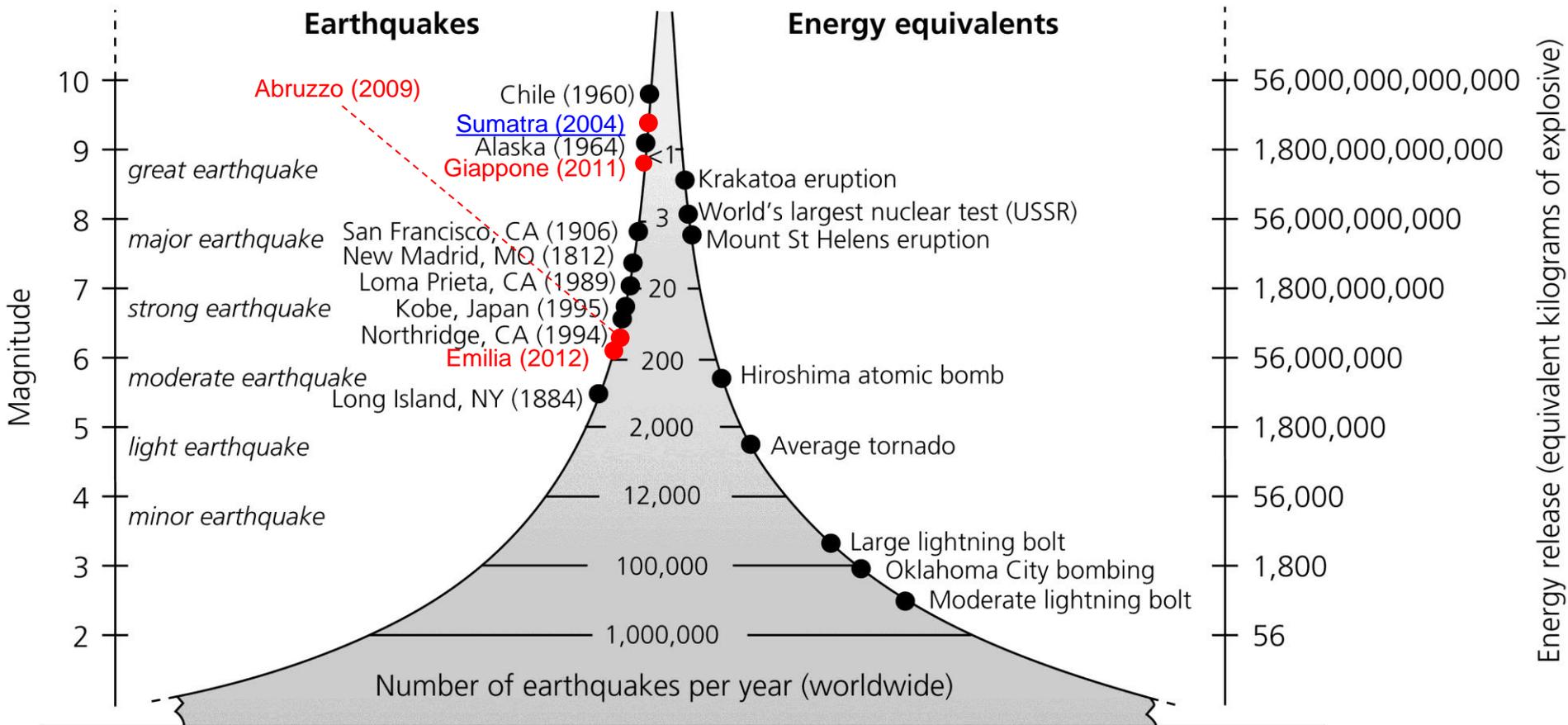
-501

-800

[STIMA 2013]

Magnitudo	Media annuale
9 e maggiore	0,1
8-8,9	1
7-7,9	15
6-6,9	134
5-5,9	1.319
4-4,9	13.000
3-3,9	130.000
2-2,9	1.300.000

Emilia 2012 1
CILE aprile 2014 1
3





INGV

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

CENTRO NAZIONALE TERREMOTI

[I terremoti di giornata](#)

<http://cnt.rm.ingv.it/>

**Magnitudo(MW) 8.3 - Chile - Evento in mare
02/04/2014 01:46:45 (italiana)
01/04/2014 23:46:45 (UTC)**

Event-Id	Dati	Ora (UTC)	Lat	Lon	Prof (Km)	Mag	Distretto Sismico
4003352191	2014/04/06	05:19:19	38,9643	15,8938	169.4	Ml: 2.4	Golfo_di_S._Eufemia
4003351541	2014/04/06	00:15:39	38,699	15,7378	149,3	Ml: 2.7	Costa_calabra_occidentale
4003349031	2014/04/05	10:24:45	38,7927	17,2603	65.7	Ml: 5	Mar_Ionio
4003348971	2014/04/05	10:14:01	40,2368	15,2265	9.9	Ml: 2.3	Cilento
4003347871	2014/04/05	02:28:57	44,3597	11,0073	17.6	Ml: 2	Appennino_modenese
4003347511	2014/04/04	23:09:32	44,9028	10,9855	5	Ml: 2.1	Pianura_padana_emiliana
4003347021	2014/04/04	20:08:06	37,265	23,6092	142.9	Ml: 5.6	Grecia_meridionale
4003346661	2014/04/04	17:29:07	37,1502	14,4858	27.6	Ml: 2.4	Monti_Iblei
4003346371	2014/04/04	15:45:44	40,2422	15,2617	10.3	Ml: 2.2	Cilento
4003346081	2014/04/04	14:14:59	41,6543	14,149	12.6	Ml: 2.3	Sannio
4003346001	2014/04/04	14:11:39	43,4868	12,3977	9.3	Ml: 2	Metauro
4003345931	2014/04/04	14:03:25	44,0607	7,2573	9	Ml: 2.1	Alpi_Marittime
4003345301	2014/04/04	10:57:12	41,9425	13,2172	9.6	Ml: 2.2	Monti_Ernici-Simbruini
4003345261	2014/04/04	10:51:37	41,9368	13,2013	9.3	Ml: 2.1	Monti_Ernici-Simbruini
4003345231	2014/04/04	10:49:18	41,9663	13,218	21.9	Ml: 2.1	Monti_Ernici-Simbruini
4003343751	2014/04/04	01:37:51	-20,621	-70,739	20	MW: 6.1	Vicino alla costa del nord del Cile
4003342051	2014/04/03	16:58:13	43,3458	12,5315	9.1	Ml: 2.3	Bacino_di_Gubbio
4003342011	2014/04/03	16:43:09	38,1698	15,5628	10	Ml: 2.3	Stretto_di_Messina
4003341881	2014/04/03	16:22:30	40,4068	15,1722	8.3	Ml: 2.1	Cilento
4003340181	2014/04/03	10:33:25	44,0315	8,581	9.3	Ml: 3.4	Mar_Ligure
4003339601	2014/04/03	08:15:33	43,4787	12,4207	7.7	Ml: 2	Metauro
4003339181	2014/04/03	05:26:16	-20,807	-70,549	24.3	MW: 6.2	Vicino alla costa del nord del Cile
4003339051	2014/04/03	02:43:18	-20,43	-70,113	20	MW: 7.8	Vicino alla costa del nord del Cile
4003338961	2014/04/03	01:58:29	-20,288	-70,587	10	MW: 6.4	Vicino alla costa del nord del Cile
4003338291	2014/04/02	23:06:48	39,5298	15,573	235,9	Ml: 2.2	Costa_calabra_occidentale
4003336411	2014/04/02	12:21:43	37,4182	14,3882	29.5	Ml: 2.3	Sicilia_centrale
4003335941	2014/04/02	10:27:25	36,4763	13,4323	10	Ml: 2.7	Mar_di_Sicilia
4003335891	2014/04/02	10:20:49	36,3717	13,5852	10	Ml: 2	Mar_di_Sicilia
4003333881	2014/04/02	02:10:55	42,7828	12,5268	6.2	Ml: 3.1	Monti_Martani
4003333701	2014/04/01	23:46:45	-19.5	-70,76	10	MW: 8.3	Vicino alla costa del nord del Cile
4003333441	2014/04/01	22:51:17	42,7838	12,5297	6.6	Ml: 3.1	Monti_Martani
4003333211	2014/04/01	22:13:49	38,5152	15,5422	153,2	Ml: 2.3	Costa_calabra_occidentale



Event-Id	Data	Ora (UTC)	Lat	Lon	Prof (Km)	Mag	Distretto Sismico
4004425431	2014/11/15	02:31:43	1.92	126.5	52	MW:7.2	Northern Molucca Sea
4004420661	2014/11/14	08:09:20	44.6615	8.8323	27.8	Ml:2.6	Appennino_ligure
4004419951	2014/11/13	22:32:45	40.0962	15.4622	296.7	Ml:3.7	Cilento
4004419921	2014/11/13	22:26:30	37.4292	15.8873	37.9	Ml:2.1	Mar_Ionio
4004419561	2014/11/13	17:31:18	44.7337	10.475	2.9	Ml:2.4	Zona_Reggio_Emilia
4004418061	2014/11/13	11:58:					
4004417071	2014/11/13	10:24:					
4004416901	2014/11/13	10:22:					
4004415211	2014/11/13	06:45:					
4004413211	2014/11/12	15:05:					
4004412601	2014/11/12	12:07:					
4004411701	2014/11/12	09:30:					
4004410111	2014/11/12	00:08:					
4004409091	2014/11/11	16:40:					
4004406671	2014/11/11	12:31:					
4004405341	2014/11/11	04:58:					
4004404651	2014/11/10	22:45:					
4004403981	2014/11/10	17:02:					
4004403961	2014/11/10	17:01:					
4004403451	2014/11/10	12:15:					
4004403221	2014/11/10	10:04:					
4004402261	2014/11/10	01:55:					
4004402181	2014/11/10	01:27:					
4004401761	2014/11/09	21:08:					
4004401421	2014/11/09	18:13:					
4004401051	2014/11/09	15:52:					
4004399581	2014/11/09	07:34:					
4004398451	2014/11/08	23:15:					
4004396981	2014/11/08	11:14:					
4004396271	2014/11/08	01:06:					
4004395921	2014/11/07	23:36:					
4004395551	2014/11/07	17:14:					
4004395681	2014/11/07	17:03:					
4004395501	2014/11/07	16:53:					
4004395131	2014/11/07	13:31:					
4004395071	2014/11/07	13:17:					
4004395031	2014/11/07	13:01:					
4004394771	2014/11/07	08:54:					



<http://cnt.rm.ingv.it/>

Indonesia, sisma in mare del 7.3:

Lanciato e poi revocato l'allarme tsunami

Colpite le isole Molucche. Paura fra la popolazione con gente che è uscita di corsa dalle case ed altre che si sono allontanate dalla linea costiera



Lo leggo dopo | 15 novembre 2014

12

Consiglia

Condividi

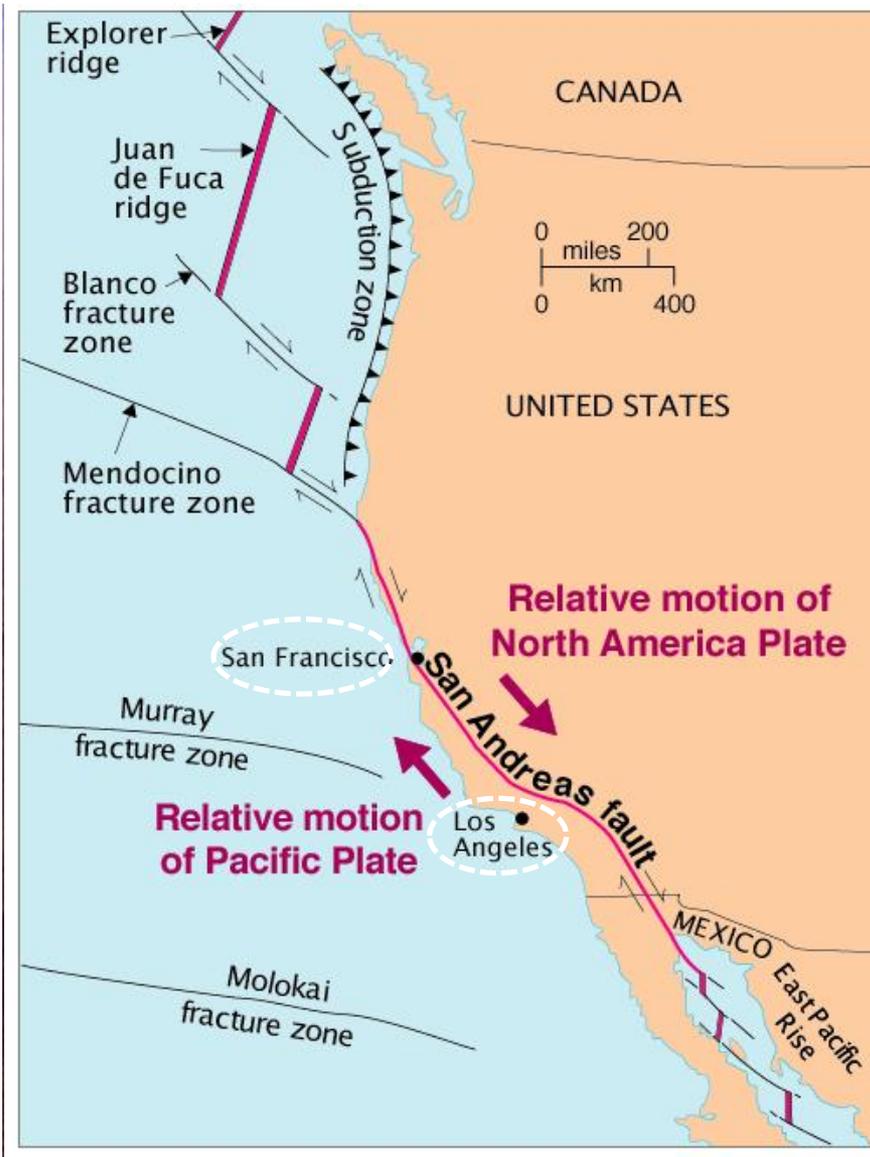
0

Tweet

0

Una violentissima scossa di terremoto, classificata del 7,3 sulla scala Richter, si è prodotta poco prima delle 4 di notte (ora italiana) nelle acque antistanti l'Indonesia, nello Stretto di Malacca. Il centro d'allarme del Pacifico ha lanciato un'allerta tsunami. Possibili forti onde potrebbero raggiungere le coste asiatiche anche a 300 chilometri di distanza dall'epicentro del sisma.

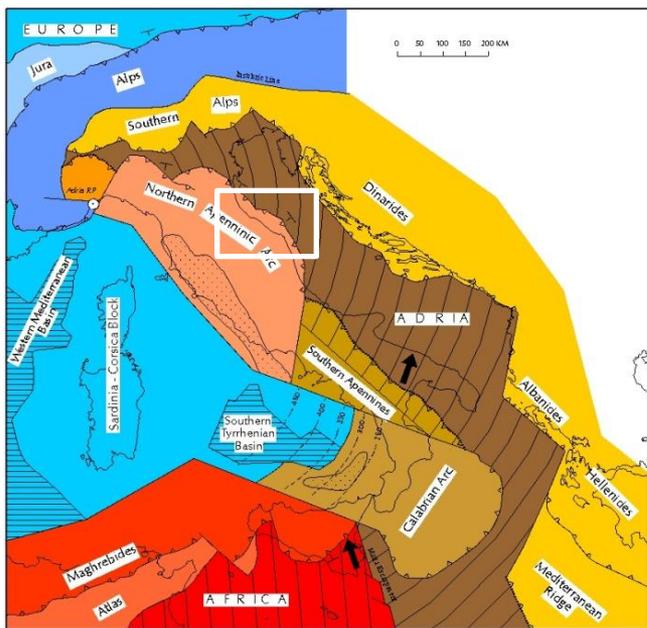
?
L'epicentro del forte terremoto è stato individuato a 46 km di profondità e 154 km a nord-ovest dell'isola di Ternate, secondo l'USGS. "Uno tsunami è possibile lungo la costa", hanno dichiarato isismologi.



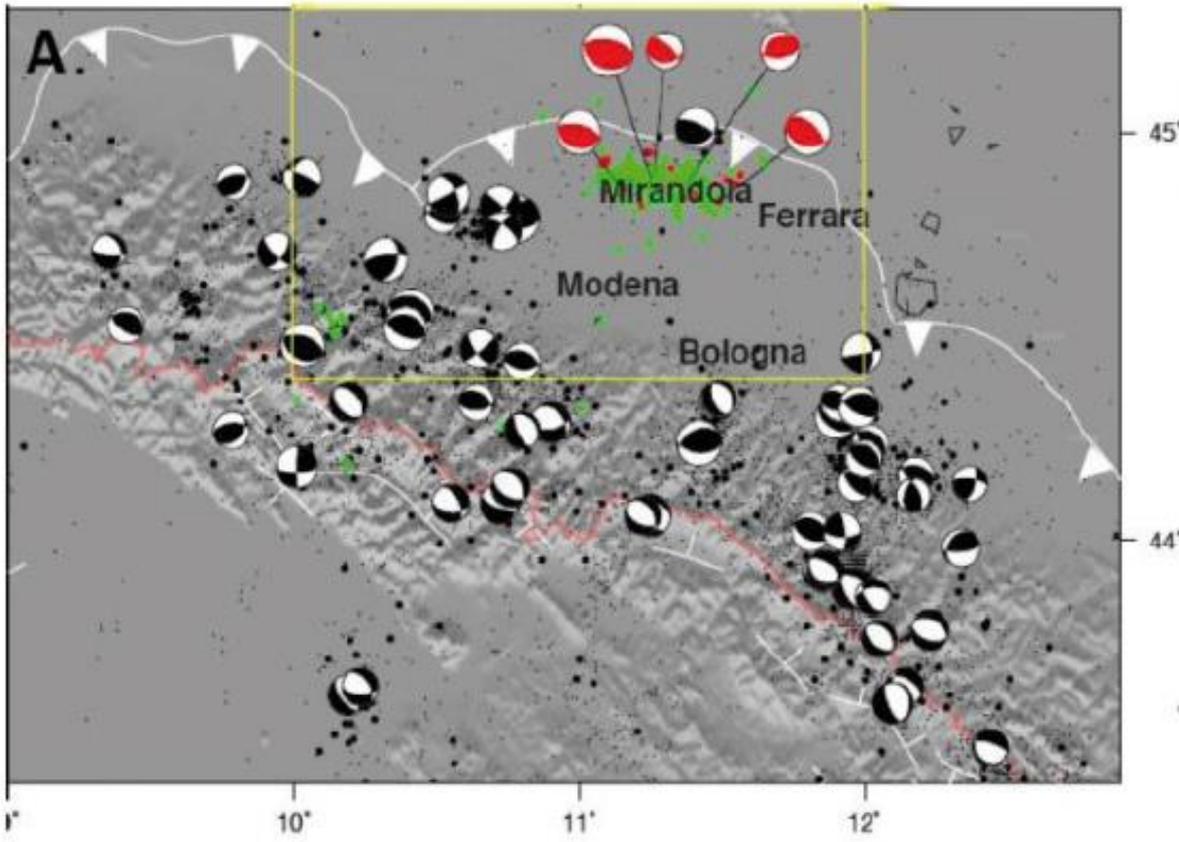
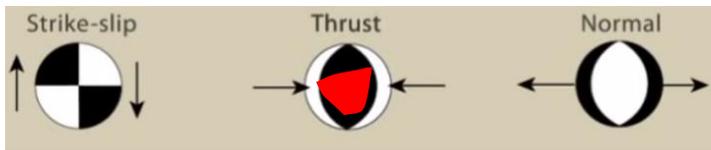
(filmato di 18 sec.)

[Faglia trascorrente](#): quella di Sant'Andrea (California), lunga 1300 km.

Nel terremoto di San Francisco del 1906 si ebbe un movimento relativo di 6,4 m.



Italia: [aspetti geodinamici](#)

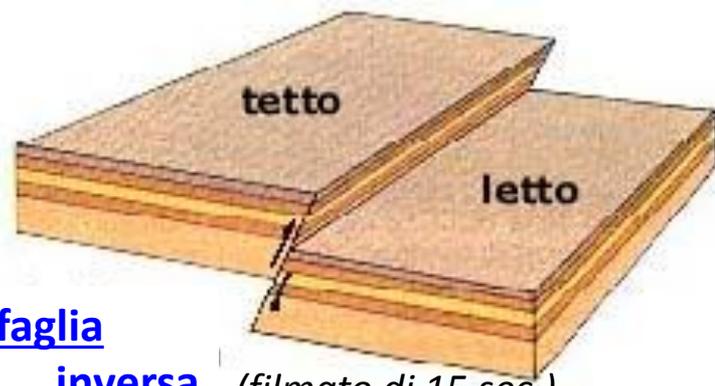


Meccanismi focali dei terremoti - dal 1976 al 2012 - dell'Appennino settentrionale. In **rosso** quelli del **2012** nella *pianura padana emiliana* che evidenziano un fenomeno di compressione attivo.

La *linea ricurva bianca con i triangoli* delinea il fronte sepolto dell'Appennino.



[faglia diretta](#)
(filmato di 11 sec.)



[faglia inversa](#)
(filmato di 15 sec.)

Durante il processo di fratturazione vengono emesse le **onde sismiche**

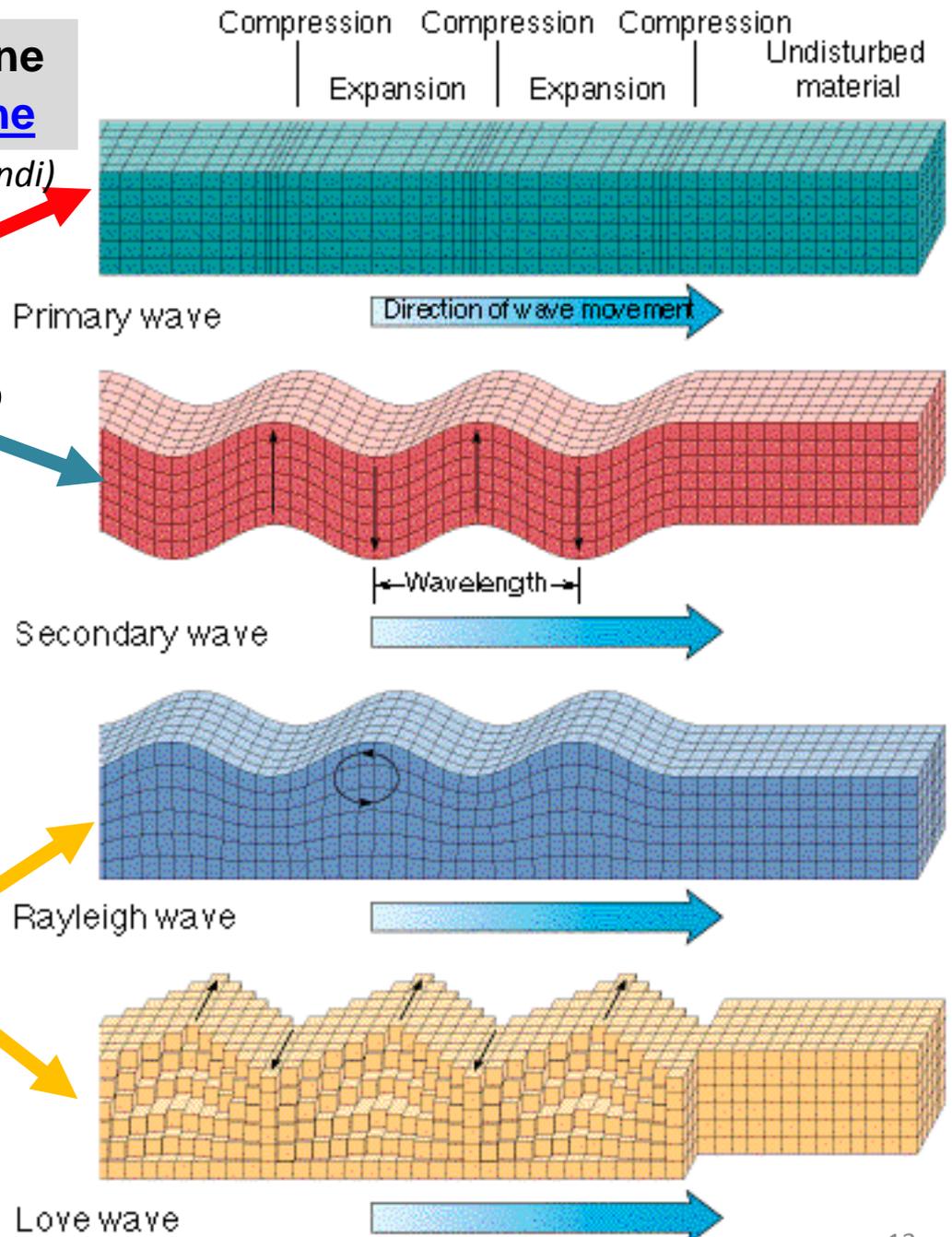
(filmato di 30 secondi)

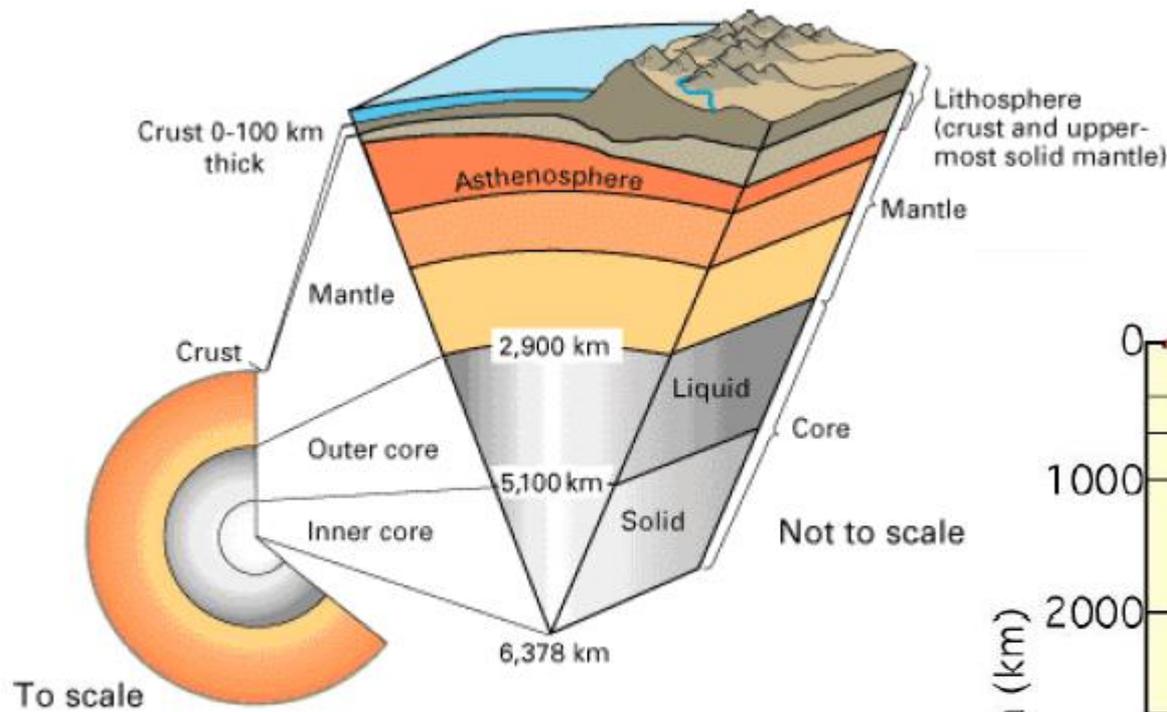
Le **onde P** (o **Primarie**) sono le più veloci: 6,2-8,2 km/s

Le **onde S** (o **Secondarie**) sono meno veloci: 3,6-4,7 km/s e non si propagano nei fluidi

Le onde **P** ed **S** sono dette **onde di volume** perché si propagano all'interno della Terra

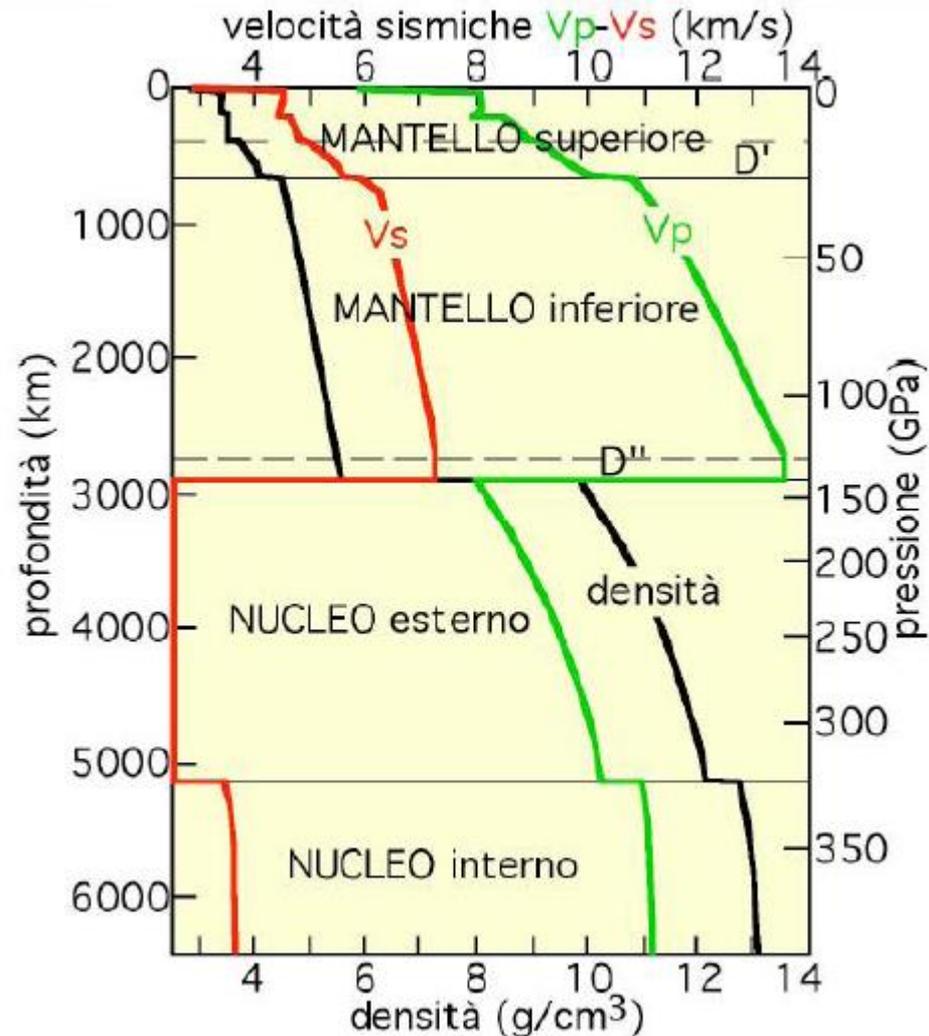
Le **onde di Rayleigh** (2,7 km/s) e le **onde di Love** (3 km/s) sono invece **onde superficiali**, che si propagano cioè solo lungo la superficie terrestre





[Fonte 2](#)

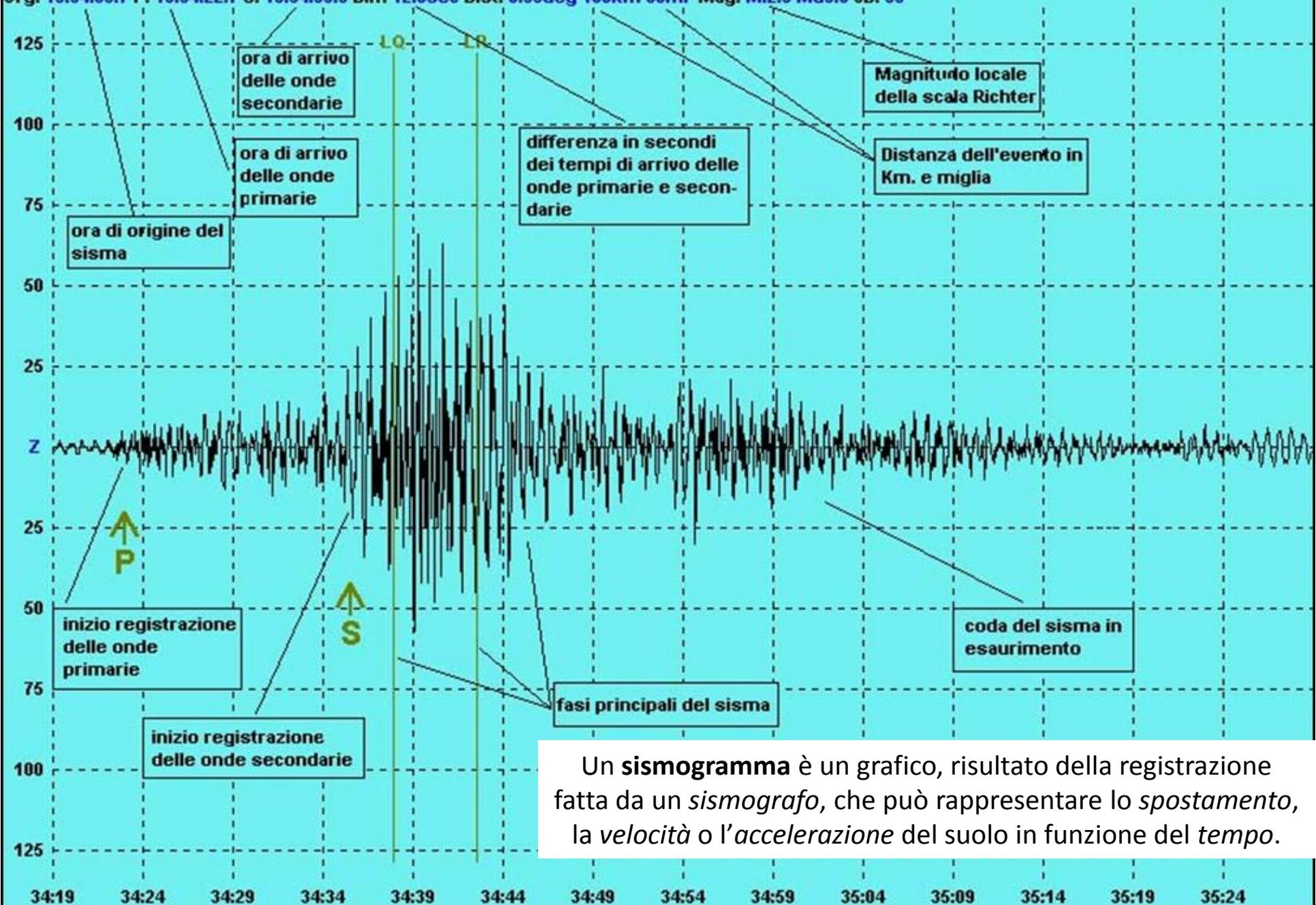
Variazioni stimate della velocità delle onde P (V_p), delle onde S (V_s) e della densità all'interno della Terra



[Fonte 3](#)

Start: 7/22/98 15:34:19 UTC Station: Resia (Udine) I 46.373N 13.305E Samples: 1750 SPS: 25.00
Comment: S.Stino di Livenza - MI. 2.9 - 106 Km. da Resia (Udine) I Max/Min: 66/-57 X: 1:10 Y: 2
Org: 15:34:05.7 P: 15:34:22.7 S: 15:34:35.3 Diff: 12.6sec Dist: 0.95deg 106km 66mi Mag: MI2.9 Md3.0 JB: 33

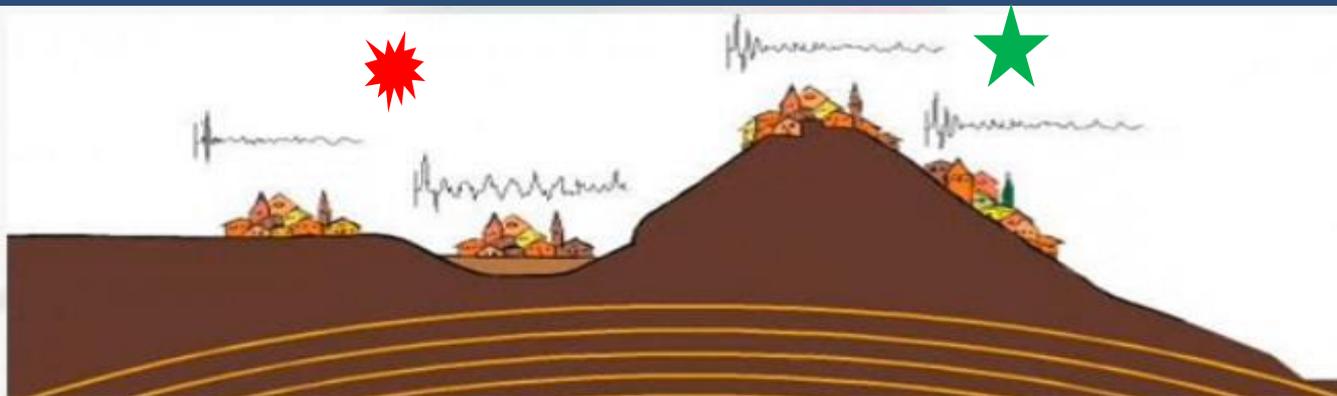
PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI UN SISMOGRAMMA



Un **sismogramma** è un grafico, risultato della registrazione fatta da un *sismografo*, che può rappresentare lo *spostamento*, la *velocità* o l'*accelerazione* del suolo in funzione del *tempo*.

Gli effetti di un terremoto sono gli stessi ovunque?

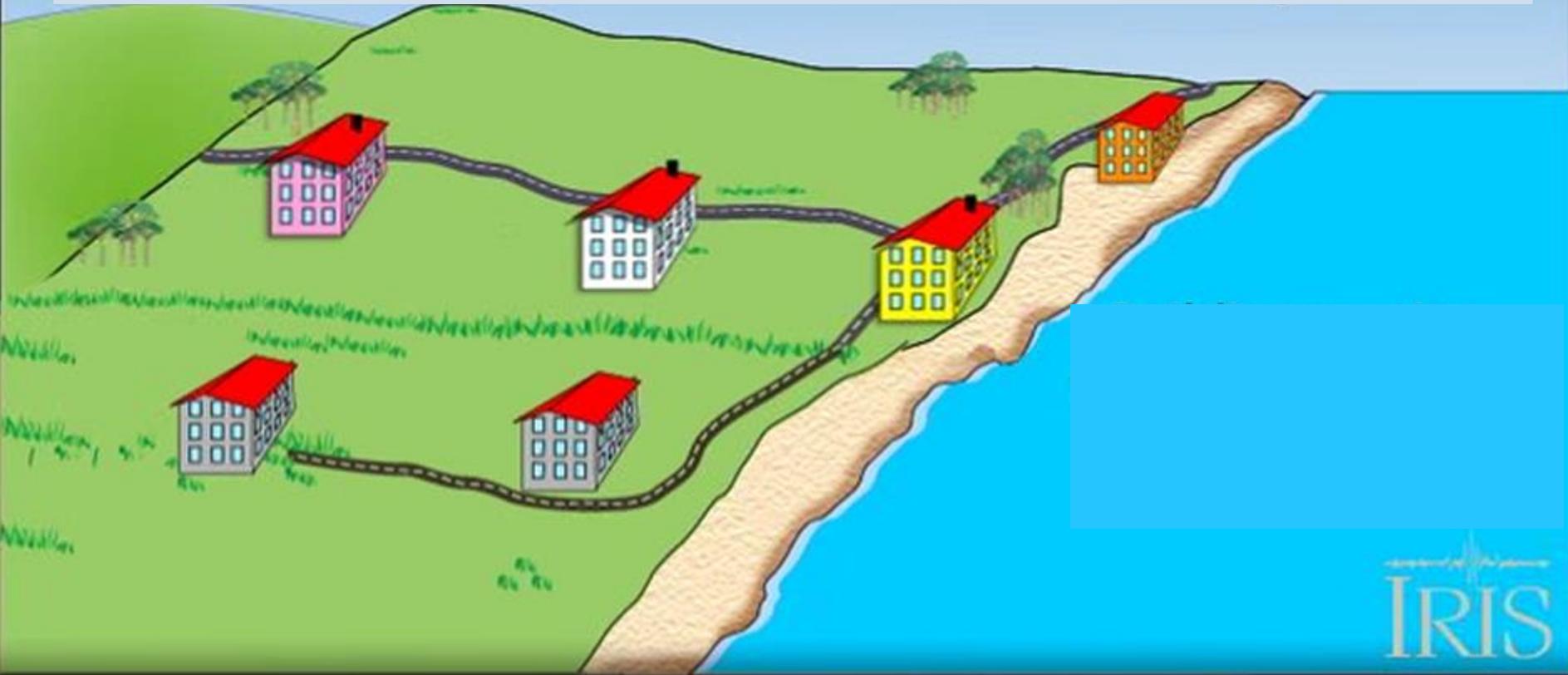
Lo scuotimento può variare notevolmente anche a piccole distanze, perché dipende molto dalle condizioni locali del territorio, in particolare dal tipo di terreni e dalla forma del paesaggio (valli, montagne, etc.), dunque – a parità di vulnerabilità delle costruzioni – anche gli effetti spesso sono assai diversi.



*In genere, lo scuotimento degli edifici è minore sui terreni rigidi (roccia) e si incrementa dove i terreni sono soffici,  [CATEGORIE DI SOTTOSUOLO] anche con possibilità di fenomeni quale la **liquefazione**.*

Lo scuotimento si incrementa anche sulla cima di rilievi e lungo i bordi delle scarpate e dei versanti ripidi  [CONDIZIONI TOPOGRAFICHE]

Come reagiranno al terremoto 3 edifici, costruiti nello stesso modo, ma su tre diversi tipi di terreno?



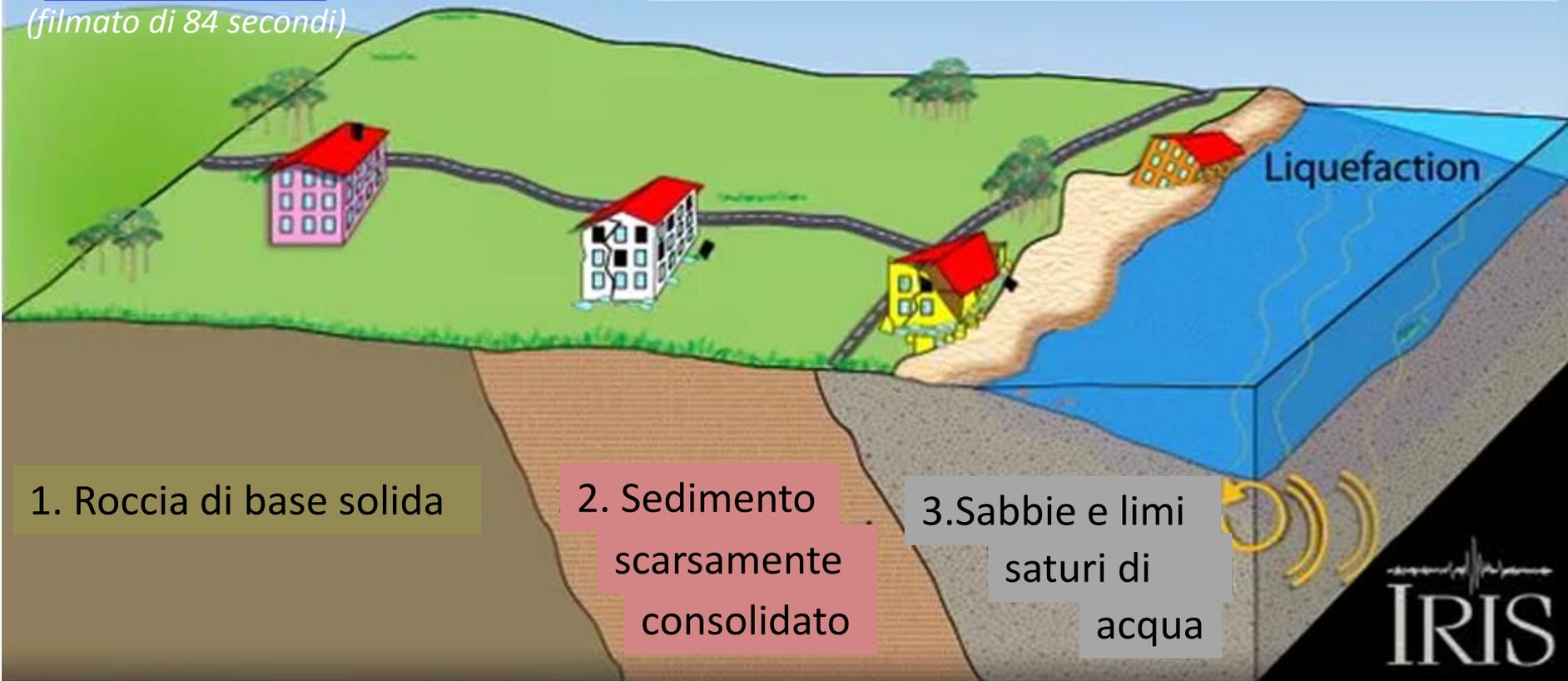
Durante un terremoto i danni sono determinati da due variabili:

- 1) intensità dello scuotimento (*movimento percepito, non magnitudo*)
- 2) tecnica costruttiva

Le onde caratterizzate da bassa frequenza/elevata ampiezza possono essere le più distruttive in bacini sedimentari non consolidati

Effetti di sito

(filmato di 84 secondi)



1. Roccia di base solida

2. Sedimento
scarsamente
consolidato

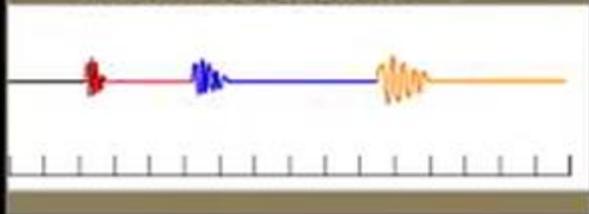
3. Sabbie e limi
saturi di
acqua

IRIS

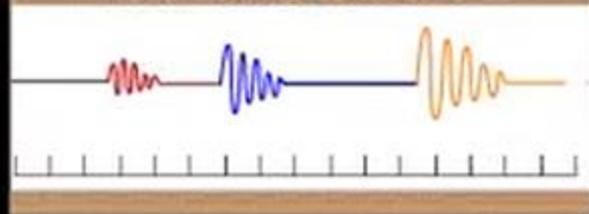
Alta frequenza/bassa ampiezza ←

→ Bassa frequenza/elevata ampiezza

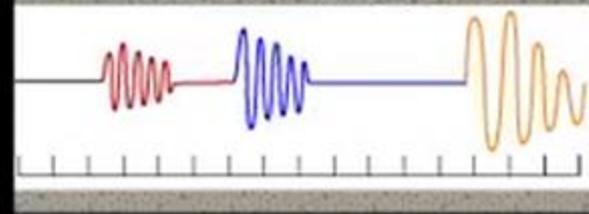
SEISMOGRAM 1



SEISMOGRAM 2



SEISMOGRAM 3



(filmato di 42 secondi)

Affinché si verifichi la **liquefazione** occorrono 3 fattori:

- 1) sedimenti granulari sciolti
- 2) sedimenti saturi d'acqua
- 3) scuotimento intenso



Perché è successo tutto questo?

Le onde sismiche provocano un incremento della pressione dell'acqua nel sedimento. Nella lente di sabbia i granuli improvvisamente si addensano con un crollo della resistenza locale. Il sedimento assume un comportamento simile a quello di un liquido (*liquefazione delle sabbie*).



www.iris.edu/educate

IRIS

Fotografia dal terremoto di San Francisco del 1906.

L'area poggia su depositi palustri che furono coperti da materiali di riempimento artificiali nella seconda metà del 1800.

LIQUEFAZIONE
IN CAMPO LIBERO

(filmato di 24 secondi)



(USGS photo)

**Fotografia reale di vulcanetti
di sabbia dal terremoto di
Loma Prieta (California) del
1989**

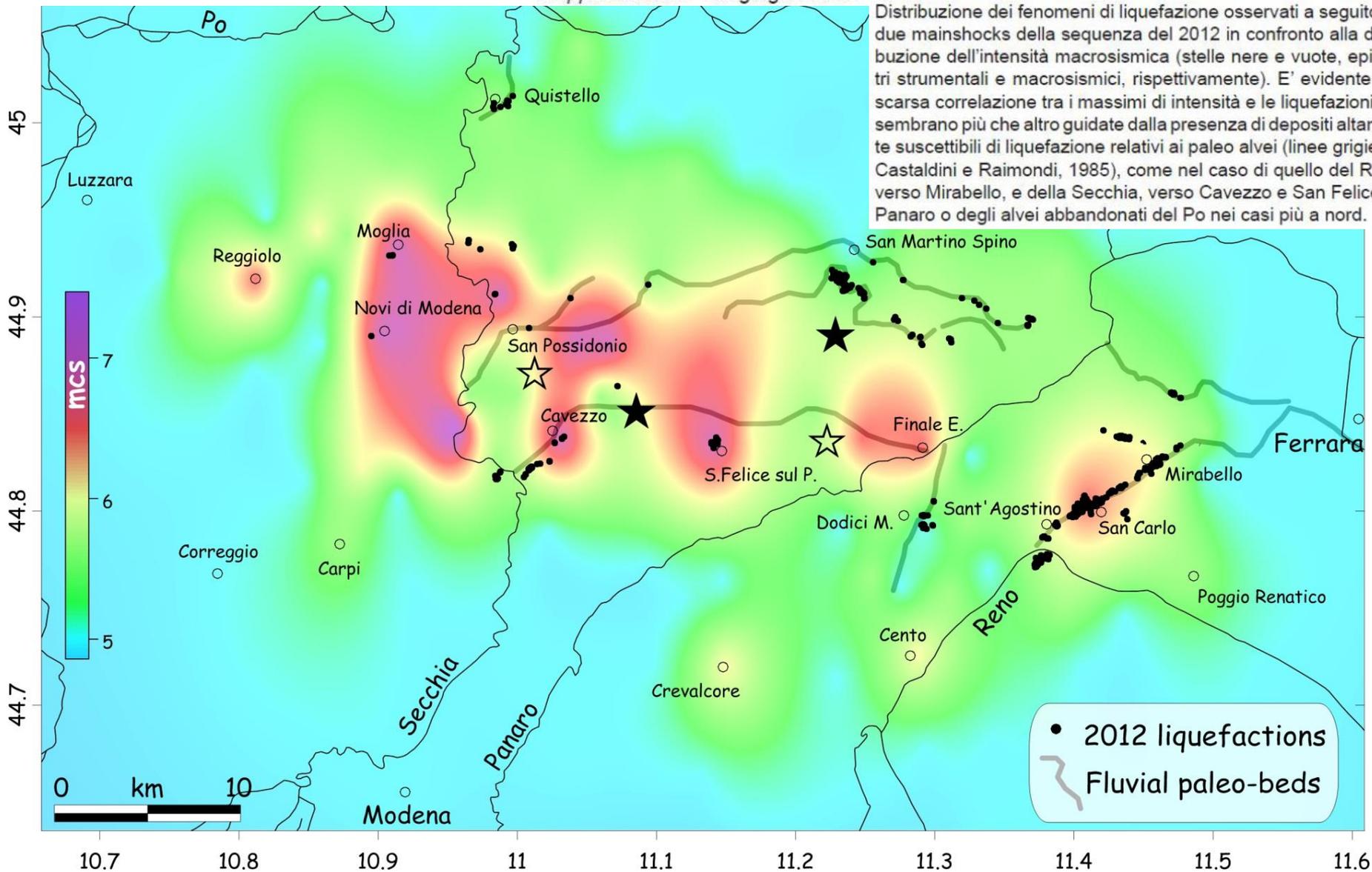
IRIS

Crisi sismica 2012 nella pianura padana emiliana

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_sismico.wp

RILIEVO MACROSISMICO MCS SPEDITIVO

Rapporto finale – 15 giugno 2012



Le azioni sulle strutture

Azione del
VENTO

Sovraccarico da NEVE

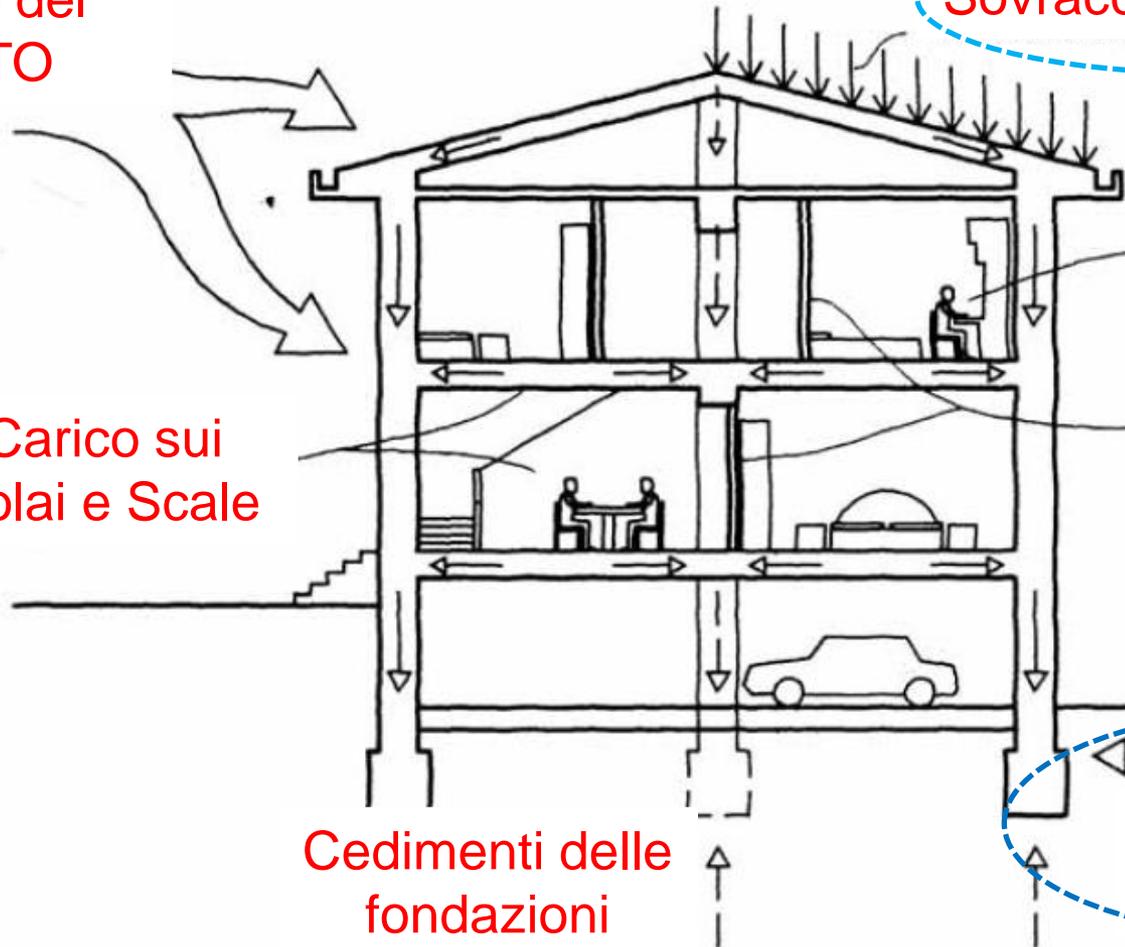
Carico sui
Solai e Scale

Sovraccarico
PERSONE

Peso Proprio
della struttura

Cedimenti delle
fondazioni

Azione del
SISMA

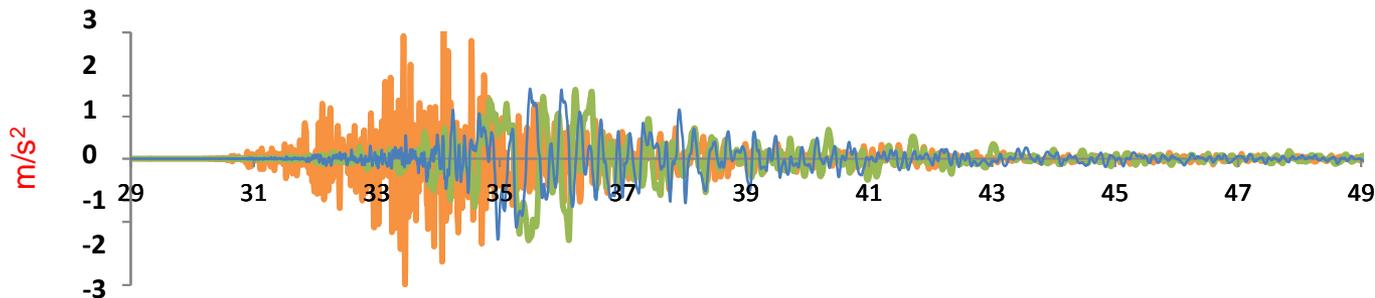


Azione della neve, ovviamente statica ...

Russia del Nord



CRISI SISMICA 2012 IN EMILIA
scossa principale del 20 maggio
 registrazione delle tre componenti a
 MIRANDOLA, a 13,4 km dall'epicentro



Event 2012	Event name	Lat.	Long.	M_L	M_W	Depth [km]
20/05/2012 02:03	Pianura MO - FE	44.890	11.230	5.9	6.1	6.3

Station	EC8	R epi. [km]	NS [m/s ²]	UP [m/s ²]	WE [m/s ²]	PGA [m/s ²]
MRN(Mirandola)	C*	13.400	2,58	3,03	2,55	3,03
[valori corretti]	C	12.300	2,59	2,97	2,57	2,97

M_L - magnitudo locale
 M_W - magnitudo momento
 Depth - profondità ipocentrale



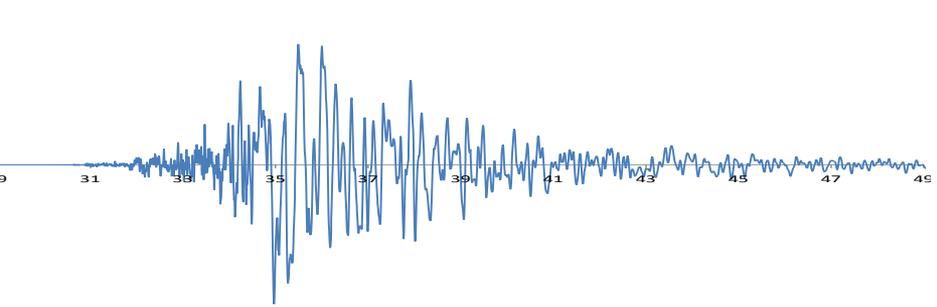
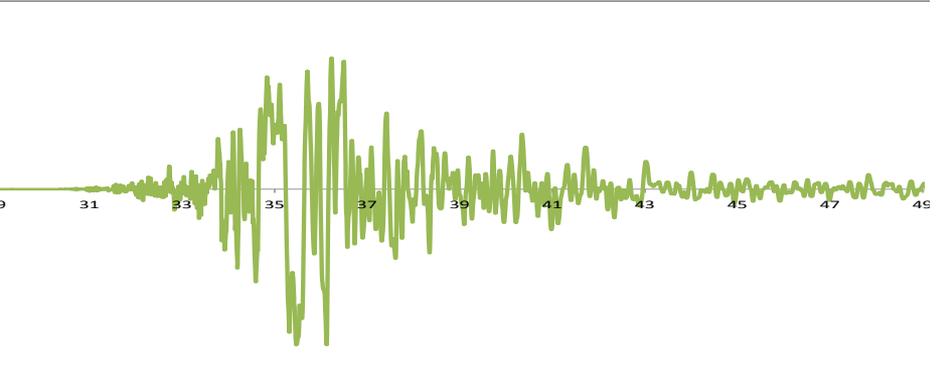
GLOSSARIO¹

EC8 – categoria di sottosuolo
R epi. – distanza dall'epicentro
NS-UP-WE (PGA) – valori massimi (*picchi*) registrati per le tre componenti in accelerazione

Event 2012	Event name	Lat.	Long.	M _L	M _W	Depth [km]
-------------------	------------	------	-------	----------------	----------------	------------

20/05/2012 02:03	Pianura MO - FE	44.890	11.230	5.9	6.1	6,3
----------------------------------	--------------------	--------	--------	-----	------------	------------

Station	EC8	Repi. [km]	NS [cm/s ²]	UP [cm/s ²]	WE [cm/s ²]	PGA [cm/s ²]
MRN(Mirandola)	C*	13,4	258	303	255	303



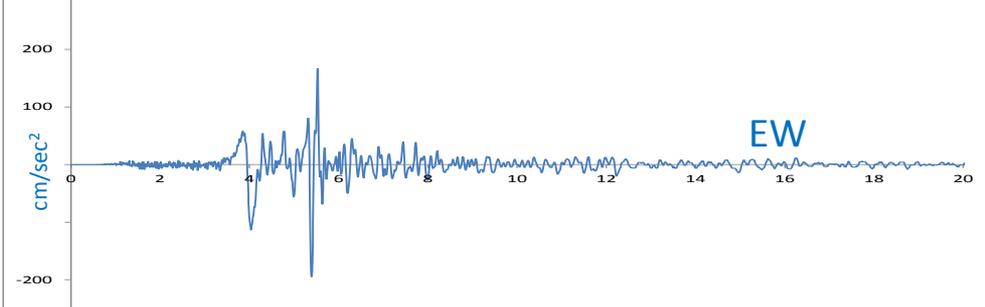
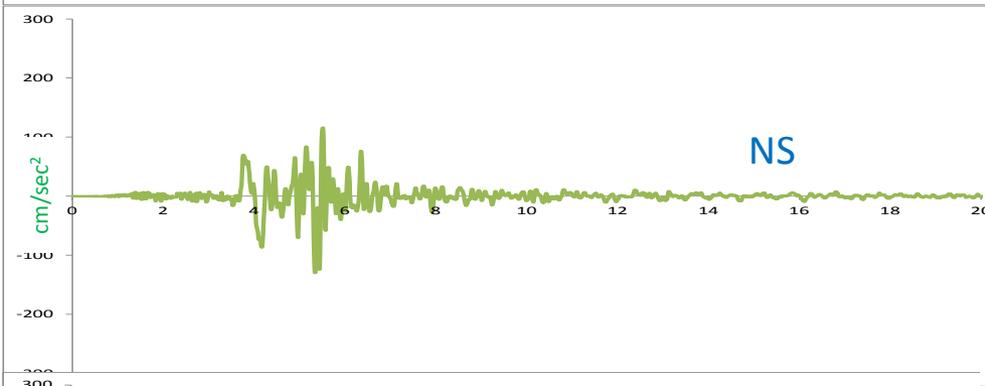
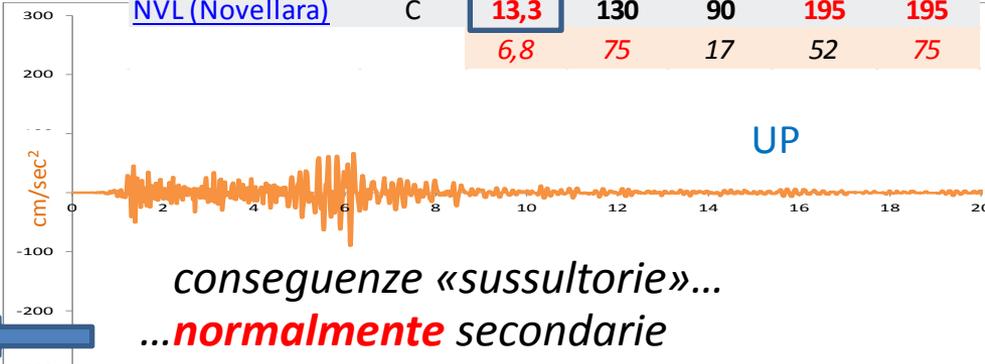
**ACCELERO
GRAMMI**

Event 1996	Event name	Lat.	Long.	M _L	M _W	Depth [km]
-------------------	------------	------	-------	----------------	----------------	------------

15/10/1996 09:56	Pianura RE - MO	44.763	10.605	5.1	5.4	25,5
----------------------------------	--------------------	--------	--------	-----	------------	-------------

02/05/1987 20:44		44.794	10.678	4.6	4.7	23,7
----------------------------------	--	--------	--------	-----	-----	------

Station	EC8	Repi. [km]	NS [cm/s ²]	UP [cm/s ²]	WE [cm/s ²]	PGA [cm/s ²]
NVL (Novellara)	C	13,3	130	90	195	195
		6,8	75	17	52	75





CRISI SISMICA 2012 IN EMILIA
scossa principale del 29 maggio
 registrazione delle tre componenti a
 MIRANDOLA, a 4,0 km dall'epicentro

La differenza rispetto alla registrazione del 20 maggio sta nella diversa distanza dell'epicentro.
Sono impressionanti i valori della componente verticale UP (in arancione nella figura)

Event 2012	Event name	Lat.	Long.	M _L	M _W	Depth [km]
29/05/2012 07:00	Pianura MO - FE	44.850	11.090	5.8	6.0	10,2

Station	EC8	R epi. [km]	NS [m/s ²]	UP [m/s ²]	WE [m/s ²]	PGA [m/s ²]
MRN(Mirandola)	C*	4,0	2,90	9,00	2,20	9,00
[valori corretti]	C	4,1	2,89	8,41	2,19	8,41



Emilia 2012

Se le travi sono semplicemente appoggiate sulle colonne e trattenute dal semplice attrito, in presenza di forti accelerazioni verticali le travi tendono a sollevarsi. Se nello stesso tempo le strutture di appoggio oscillano in direzione orizzontale, per di più in modo asimmetrico (stante la diversa rigidità dei pilastri per le oscillazioni verso sinistra), può venir meno la condizione di appoggio e ne segue il crollo della trave.



TAVOLA VIBRANTE ...

...per una iniziale informazione didattica

Il terremoto, quale evento naturale, raro ma probabile nell'arco di vita di una costruzione, si evidenzia con improvviso e alternato movimento del terreno (per una durata, a volte di pochi secondi, in genere non superiore al minuto) e, quindi, con conseguenti brusche accelerazioni che fanno nascere forze d'inerzia sulle masse presenti ai vari piani (solai) e lungo l'altezza (muri, colonne, etc.) di una costruzione.

Le sollecitazioni e gli spostamenti provocati sulla struttura di una costruzione sono influenzati dalle caratteristiche della stessa struttura; vale a dire che è la "risposta" della struttura (ai movimenti impressi alla sua base) a definire l'entità e qualità dell'azione sismica e gli eventuali conseguenti danni.

FORZE DI INERZIA

(filmato di 27 secondi)

da:

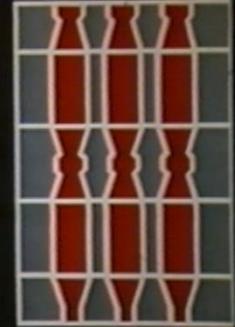
Riparare Rafforzare Prevenire
Regione Umbria 1985

1985

Prof. D. Benedetti

RIPARARE
RAFFORZARE
PREVENIRE

Regione
dell'Umbria
Giunta Regionale



SABATO 19 OTTOBRE 2013

BOLOGNA

CRONACA



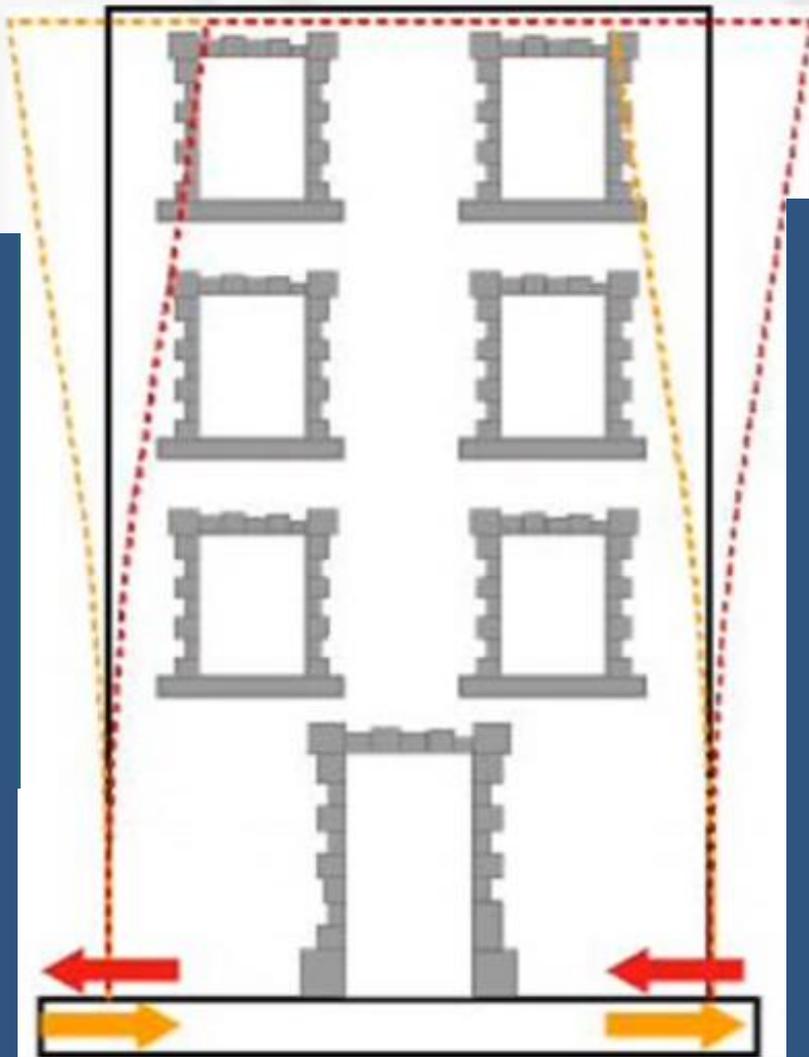
I DANNI

Nelle due immagini i danni provocati dall'incidente: quando il bus ha frenato molte persone sono cadute o sono state travolte dalle schegge dei divisori in plexiglas che si sono infranti



Frenata improvvisa, 21 feriti e panico sul bus
L'incidente in via Irnerio per evitare un'auto. Traffico bloccato, nessuno è grave

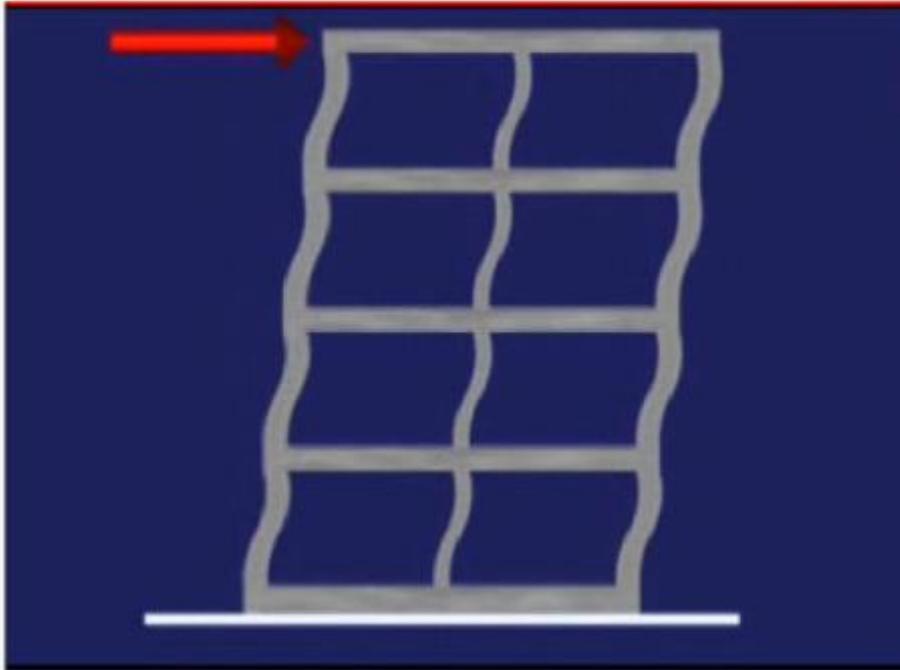
Cosa accade agli edifici durante il terremoto?



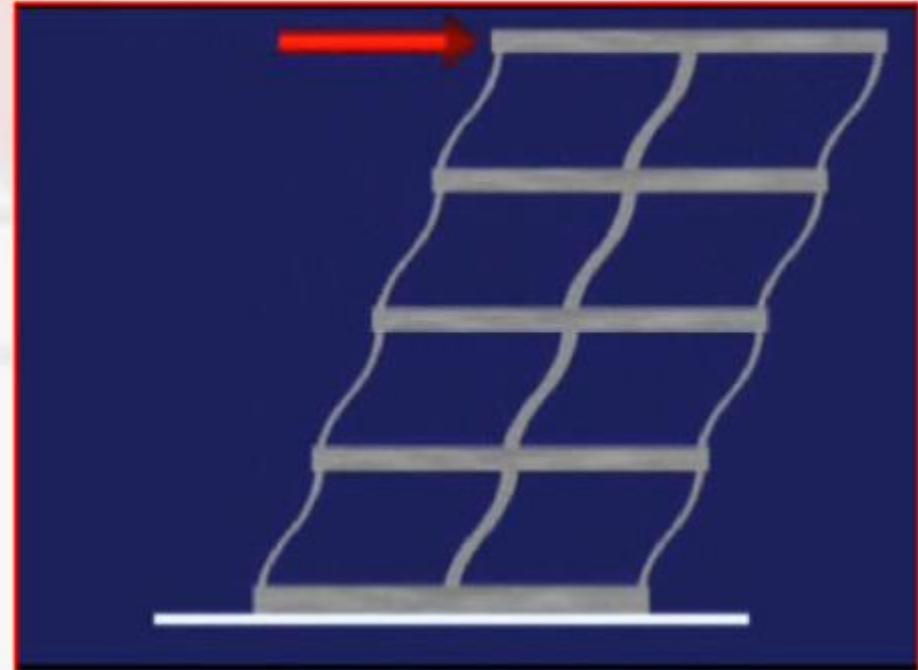
Moto **ondulatorio**

Le onde sismiche generate dal terremoto raggiungendo le fondazioni provocano l'oscillazione dell'edificio e in tale moto alternato la struttura subisce forze di inerzia proporzionali alle masse e quindi ai pesi dell'edificio. Il moto (e cioè la risposta) è regolato dalla rigidezza e dalla massa dell'edificio, anche con il contributo – a volte determinante – di elementi non strutturali

PIU' RIGIDO



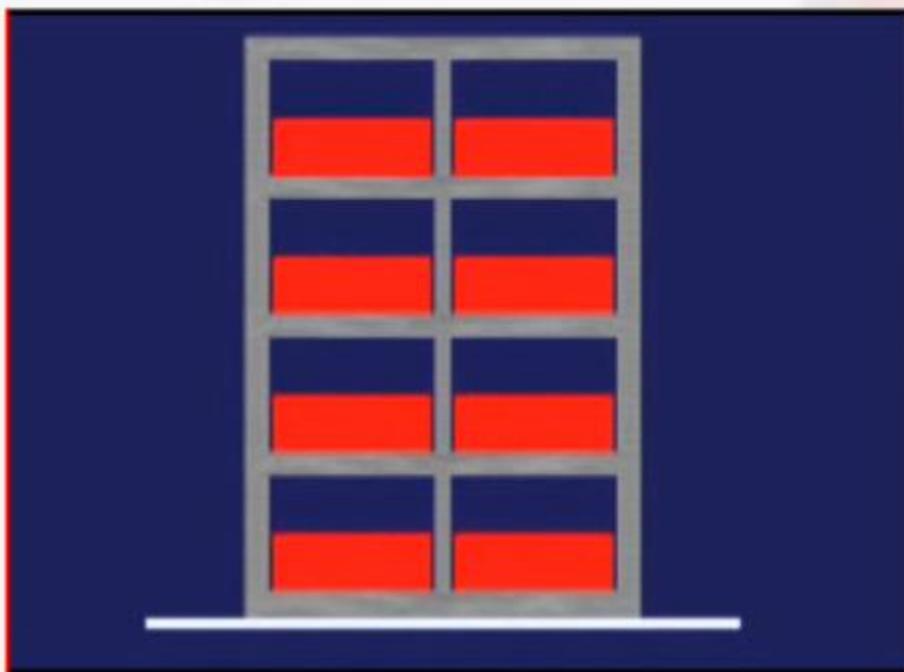
MENO RIGIDO



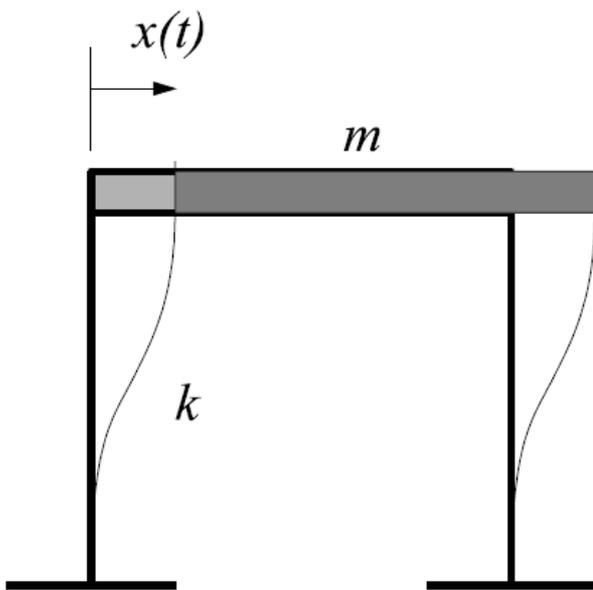
La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) aumenta con la sua rigidezza

CON PIU' MASSA

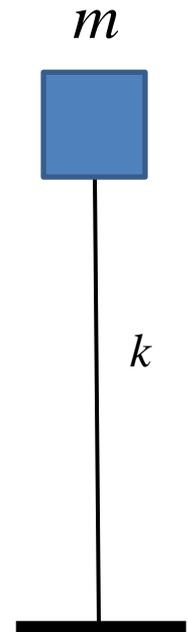
CON MENO MASSA



La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) diminuisce all'aumentare della massa dell'edificio



Oscillatori semplici a un grado di libertà, caratterizzati dagli unici parametri:
 m – massa del solaio (o impalcato)
 k – rigidezza alla traslazione dei/l pilastri/o



L'oscillatore ha un suo modo naturale di vibrare detto anche **modo proprio**. Una oscillazione intera (andata e ritorno) si compie in un tempo T_1 chiamato *periodo* (s). L'inverso del periodo f_1 si chiama *frequenza* (Hz).

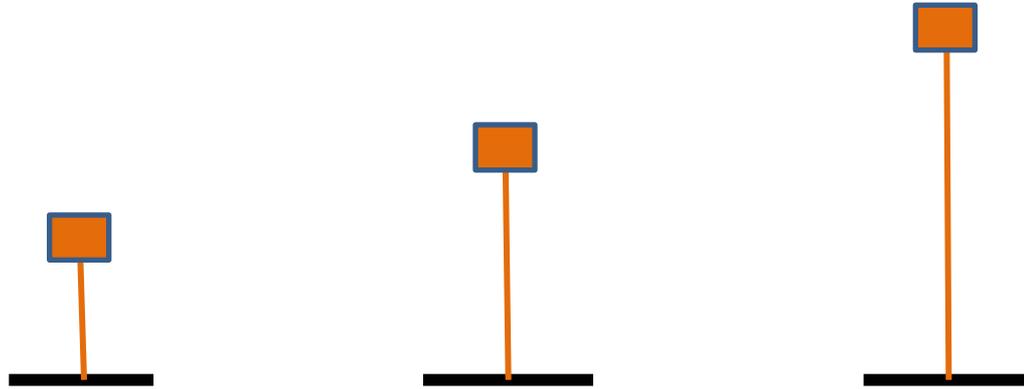
La frequenza di oscillazione aumenta quando aumenta la rigidezza del sistema e diminuisce quando aumenta la massa

$$f_1 = \sqrt{k/m} / 2\pi$$

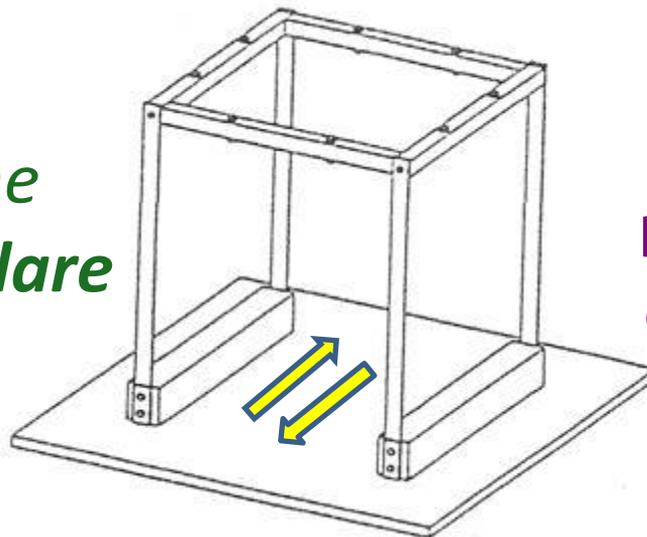
m – massa concentrata,
 k – rigidezza delle colonne

$$f_1 = \sqrt{k/m} / 2\pi$$

Alcuni modelli predisposti
dall'I.I.S. «*Aldini Valeriani – Sirani*»
di Bologna

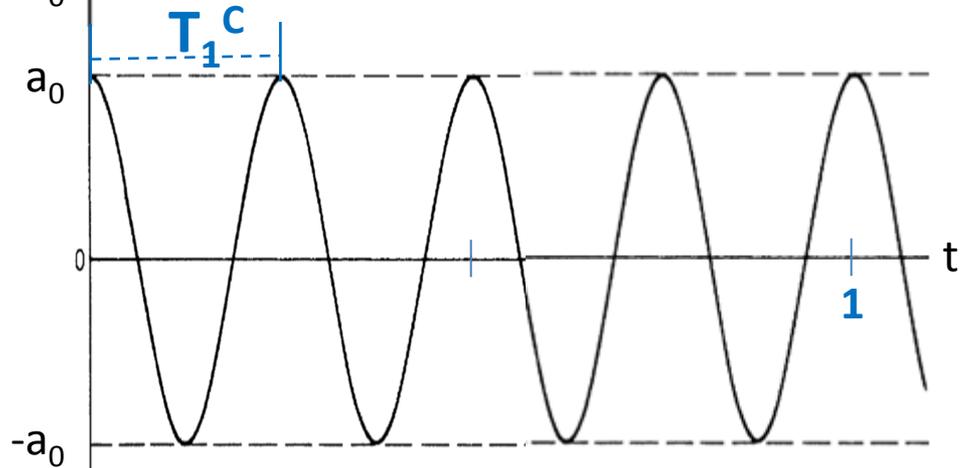
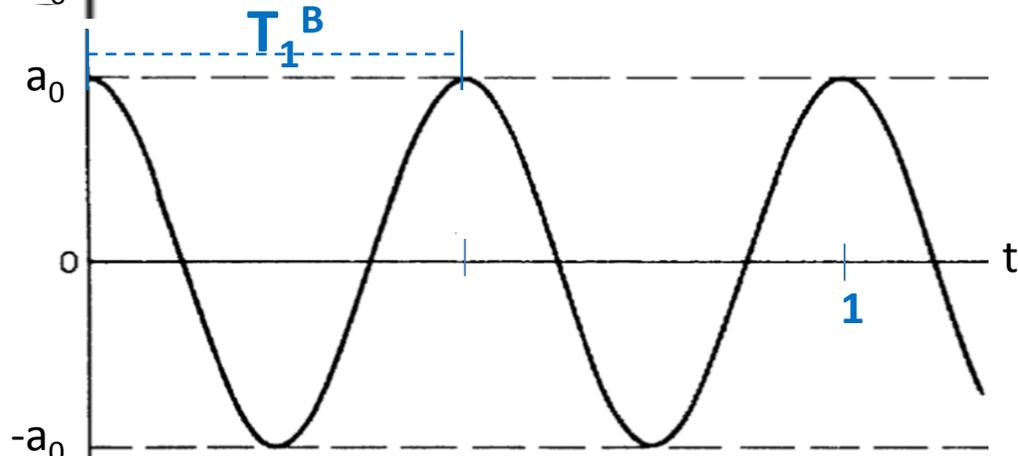
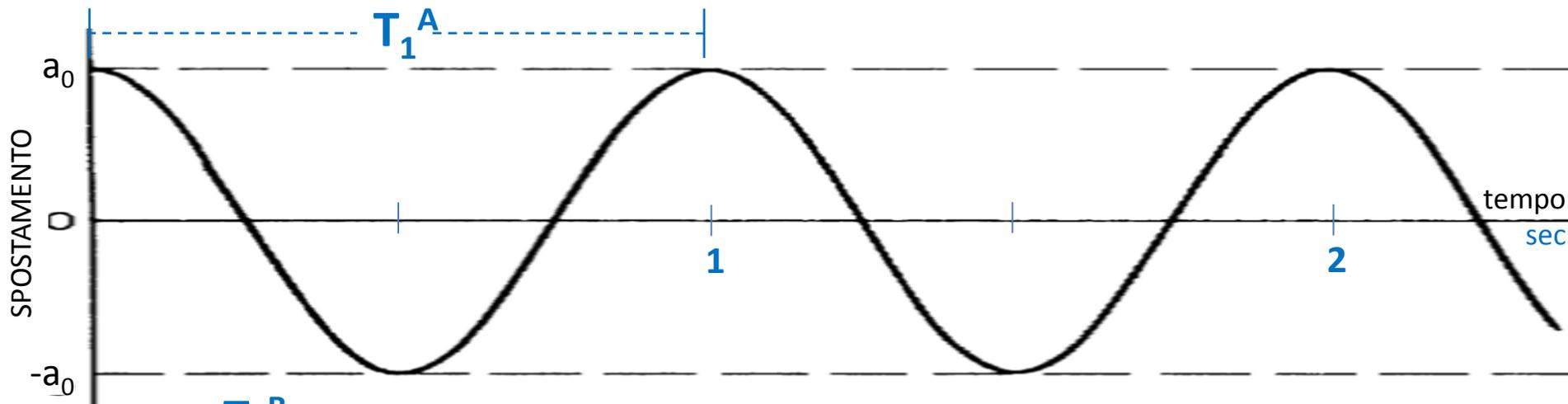


Configurazione
strutturale **regolare**
(**1** G.d.L.)



Esperienza n. 1

Identificazione sperimentale
del **periodo proprio** T_1 di un
oscillatore semplice



T_1 : periodo (s)

$f_1 = 1/T_1$: frequenza (Hz)

L'oscillatore semplice, deformato e poi lasciato libero di vibrare, sviluppa un moto sinusoidale come in figura (che nella realtà si smorza a causa degli effetti viscosi). Imponendo un tale moto alla base e utilizzando il fenomeno della **risonanza** si può identificare sperimentalmente la frequenza propria f_1 e quindi il periodo proprio $T_1 = 1/f_1$

Configurazioni strutturali regolari (1 G.d.L.)

APPROSSIMAZIONI DI OSCILLATORI SEMPLICI

Sezione colonna 13mm x 3mm

Sezione colonna 13mm x 3mm

Sezione colonna 18mm x 2mm

Altezza colonna 282 mm

Altezza colonna 425 mm

Altezza colonna 384 mm

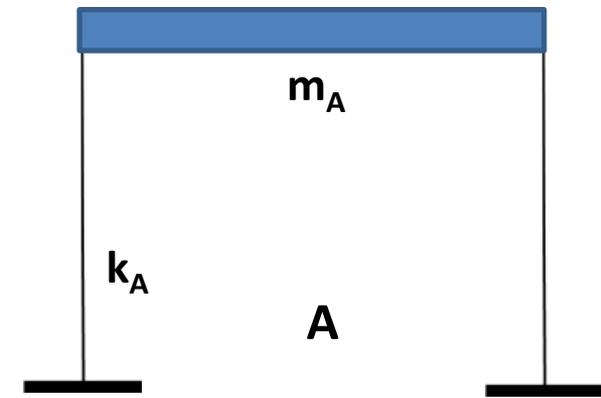
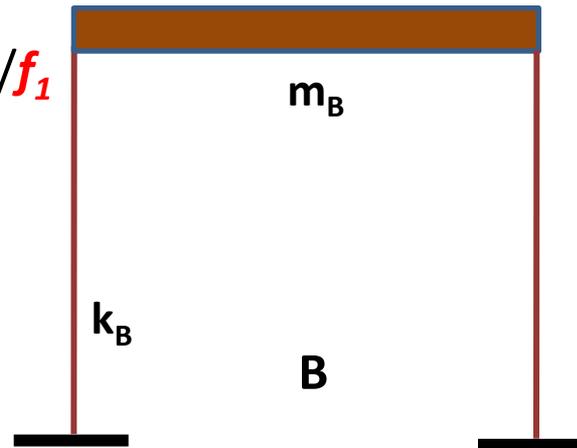
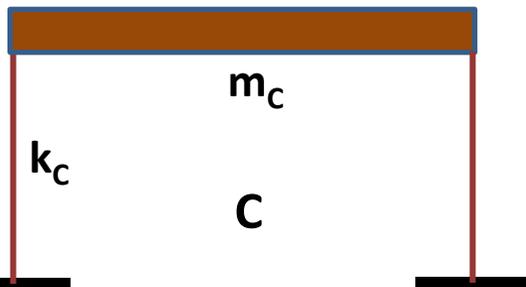
Impalcato 348,5g; colonne 73g

Impalcato 348.5g; colonne 108.1g

Impalcato 279g; colonne 66g

$$f_1 = \sqrt{(k/m)} / 2\pi$$

$$T_1 = 1/f_1$$



$$T_1^C = 0,28s; f_1^C = 3,6Hz$$

$$T_1^B = 0.5s; f_1^B = 2Hz$$

$$T_1^A = 1s; f_1^A = 1Hz$$

$$T_1^C = 0.32s; f_1^C = 3.1Hz$$

(-14%)

massa aggiuntiva di 144g per l'impalcato del sistema C

(+41%)

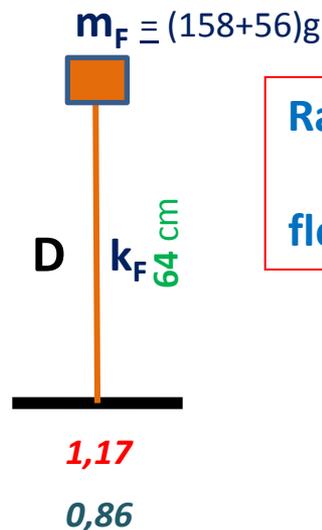
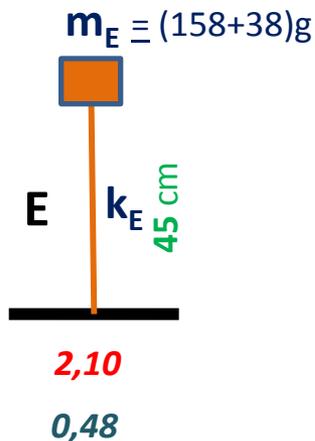
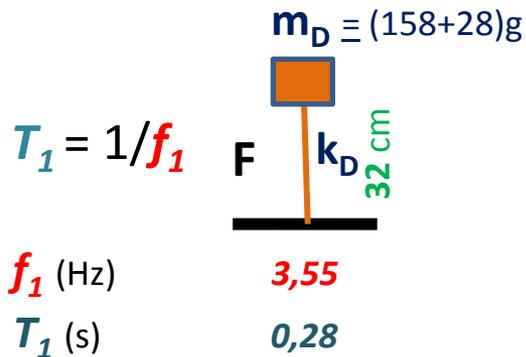
Rapporti *approssimativi* tra le RIGIDENZE flessionali delle colonne

$$k_B/k_A \approx 5 \quad k_C/k_A \approx 16$$

Analogamente ... sempre per...

Configurazioni strutturali regolari (1 G.d.L.)

$$f_1 = \sqrt{(k/m)} / 2\pi$$



Rapporti **approssimativi**
tra le **RIGIDENZE**
flessionali delle colonne

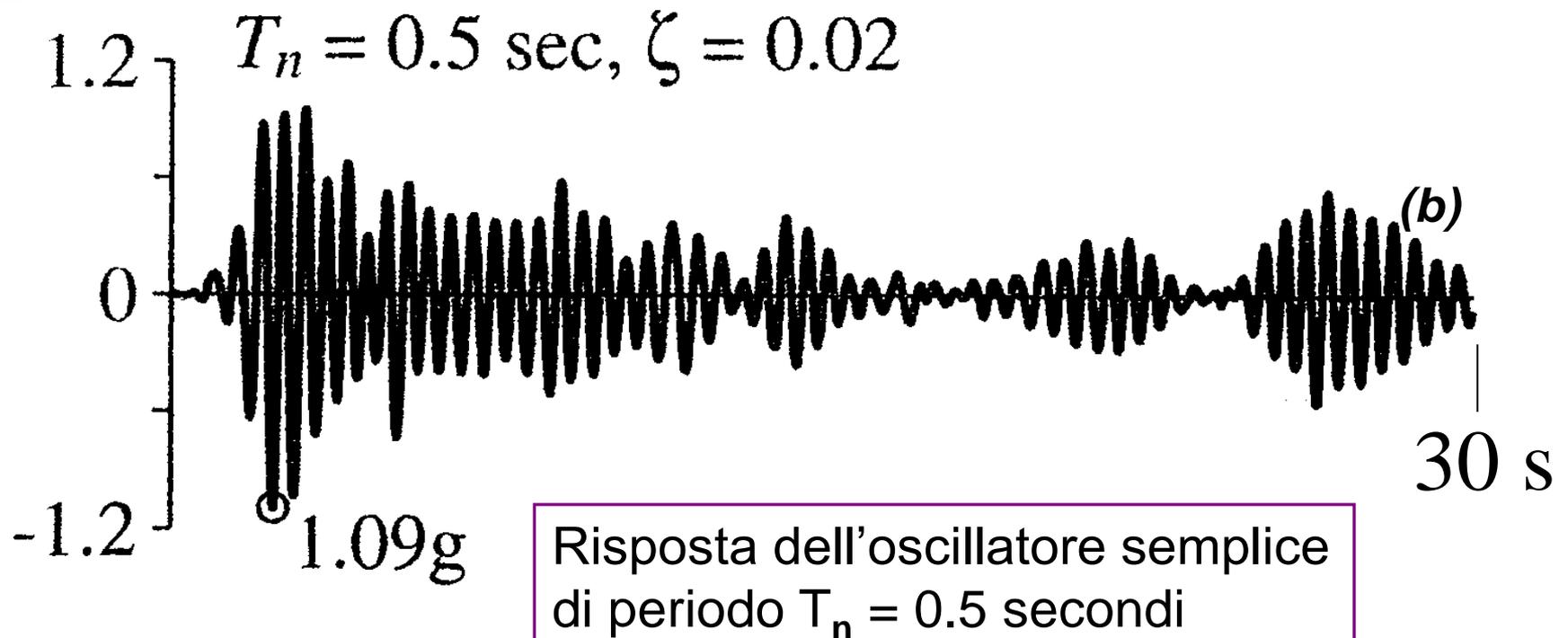
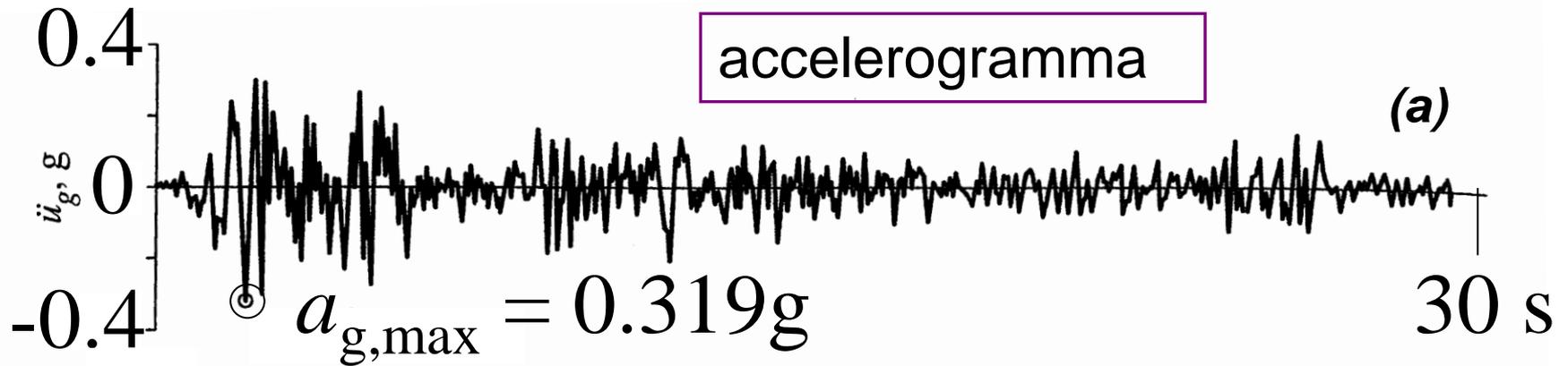
$$k_F/k_E \approx 2,7$$

$$k_F/k_D \approx 8$$



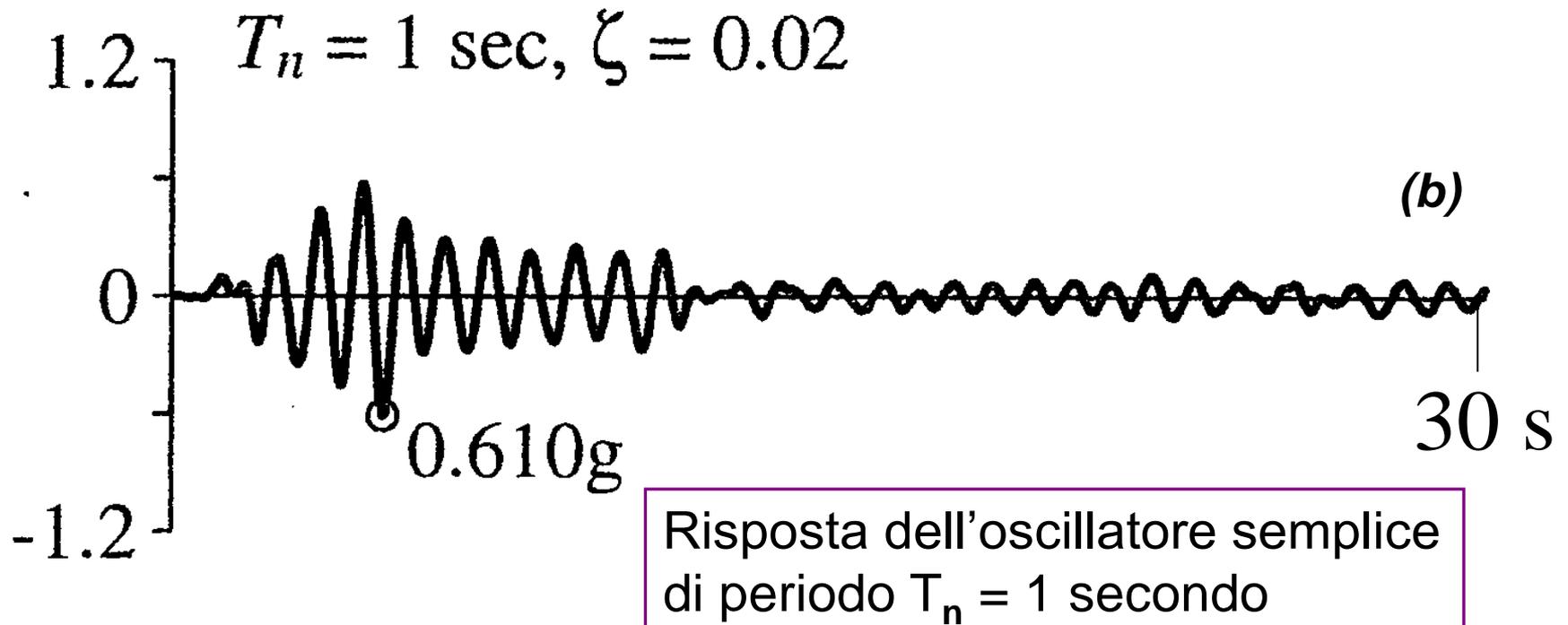
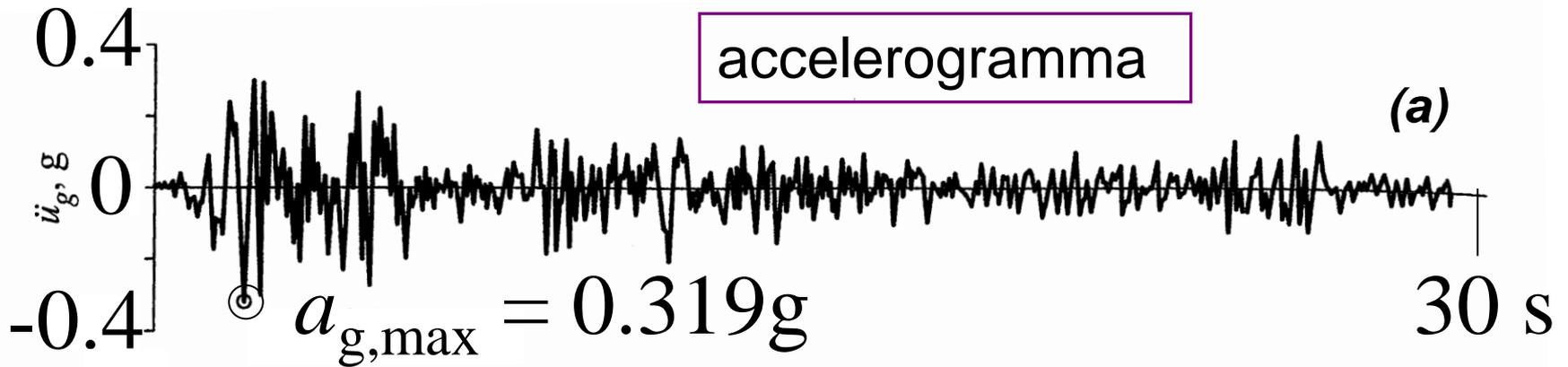
Accelerogramma di El Centro 1940, M 6.6. Componente N-S (a)

Risposta in termini di accelerazione per un oscillatore con periodo $T_n = 0.5$ s (b)



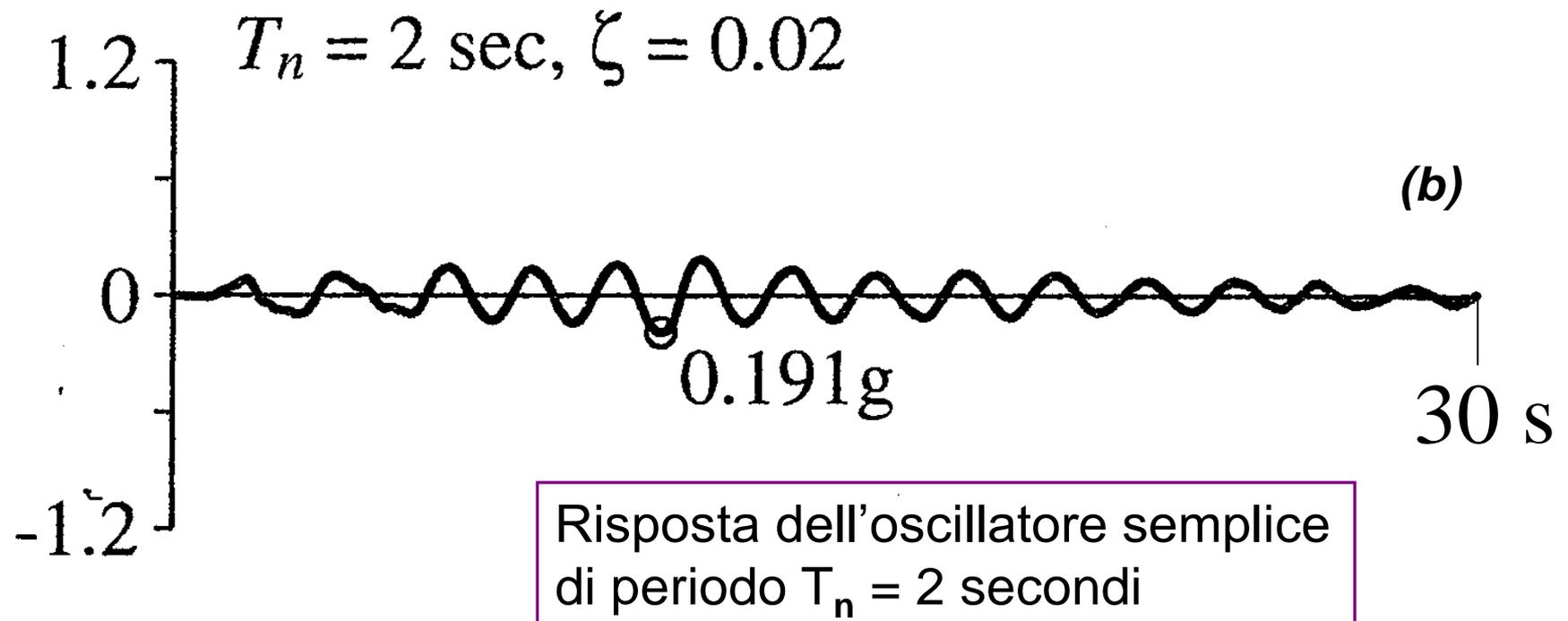
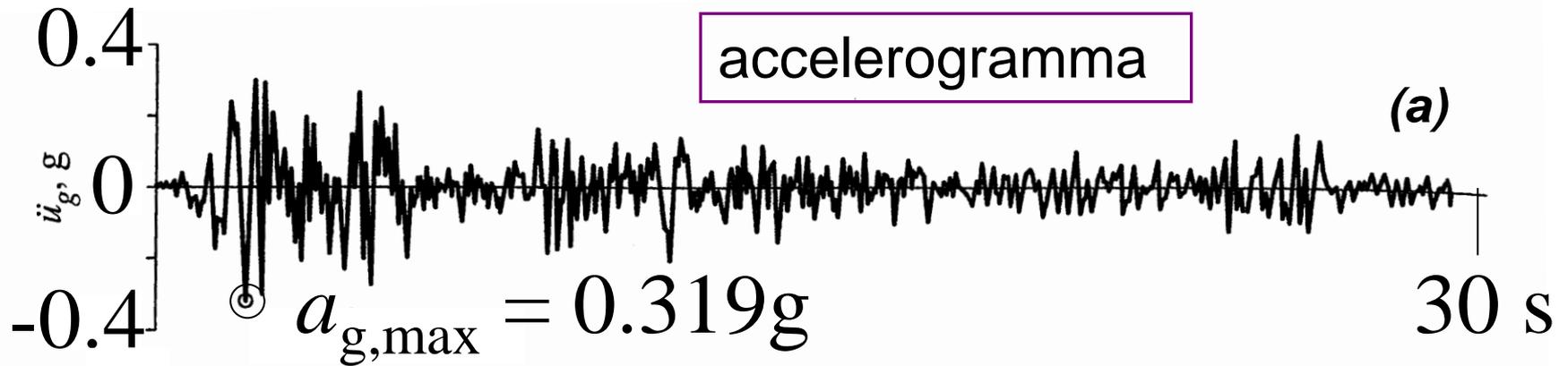
Accelerogramma di El Centro 1940, M 6.6. Componente N-S (a)

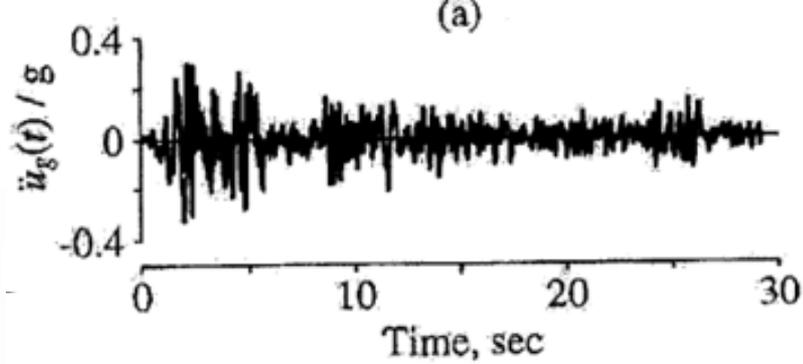
Risposta in termini di accelerazione per un oscillatore con periodo $T_n = 1.0$ s (b)



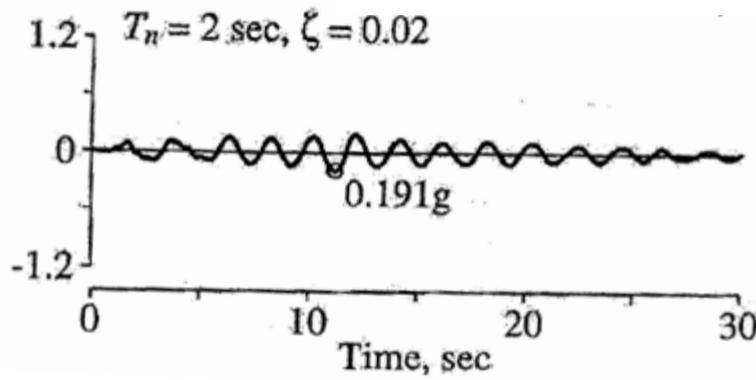
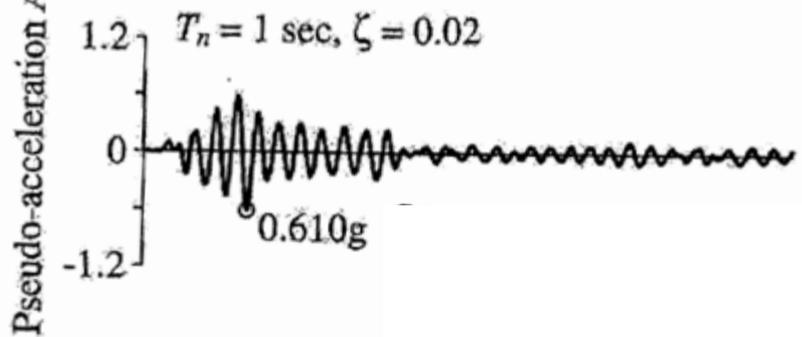
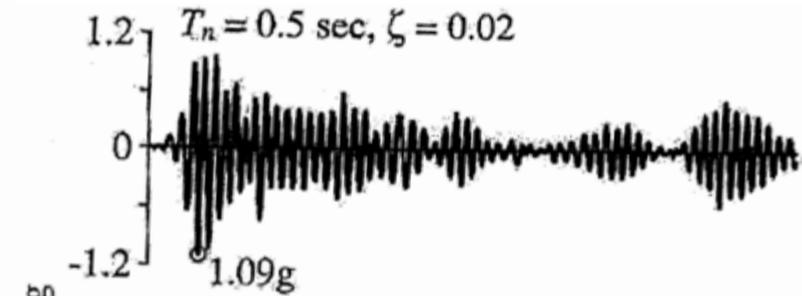
Accelerogramma di El Centro 1940, M 6.6. Componente N-S (a)

Risposta in termini di accelerazione per un oscillatore con periodo $T_n = 2.0$ s (b)

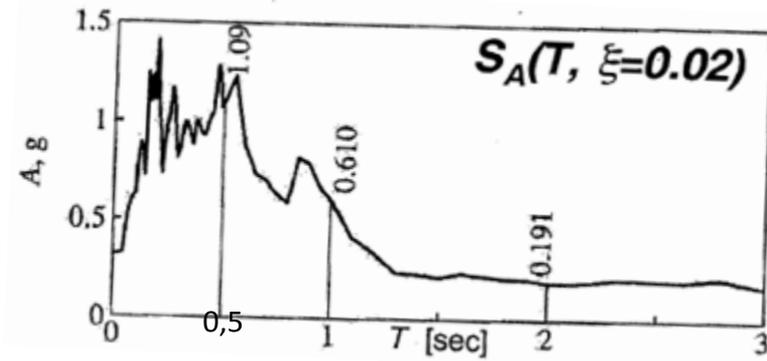


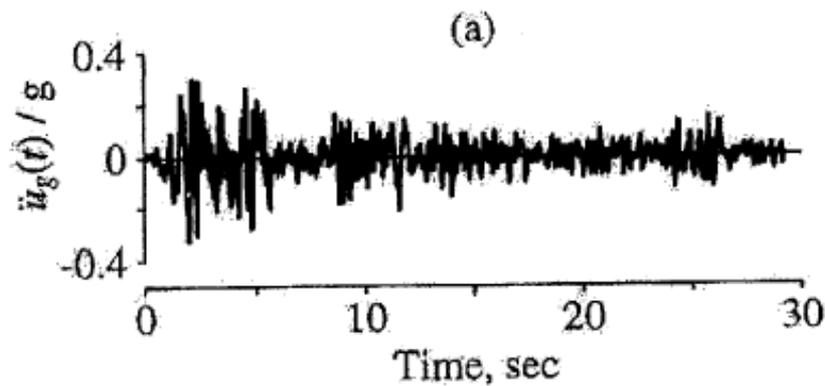


← Accelerogramma di El Centro

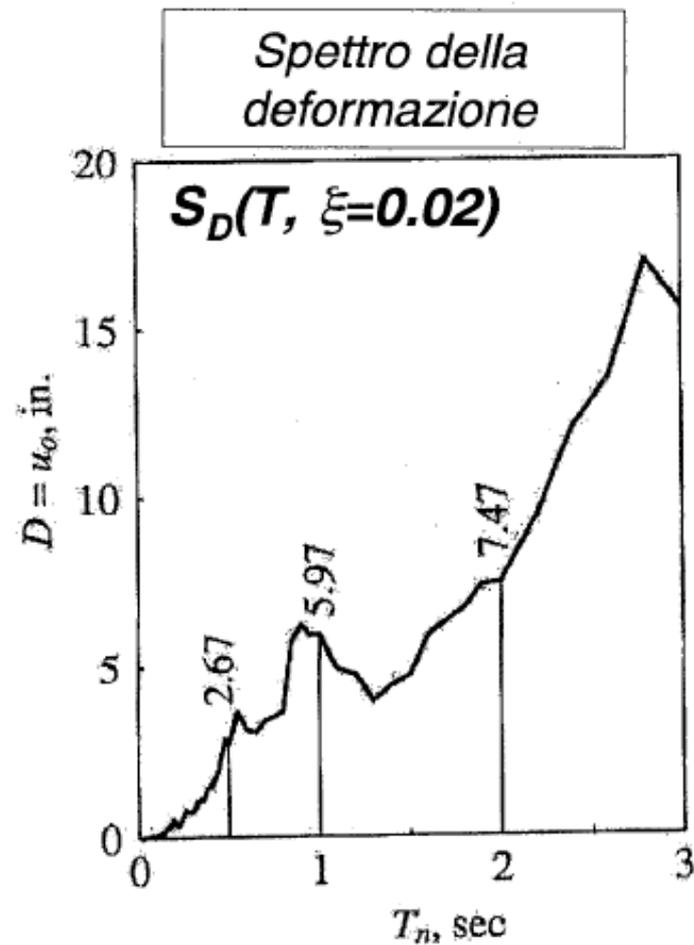
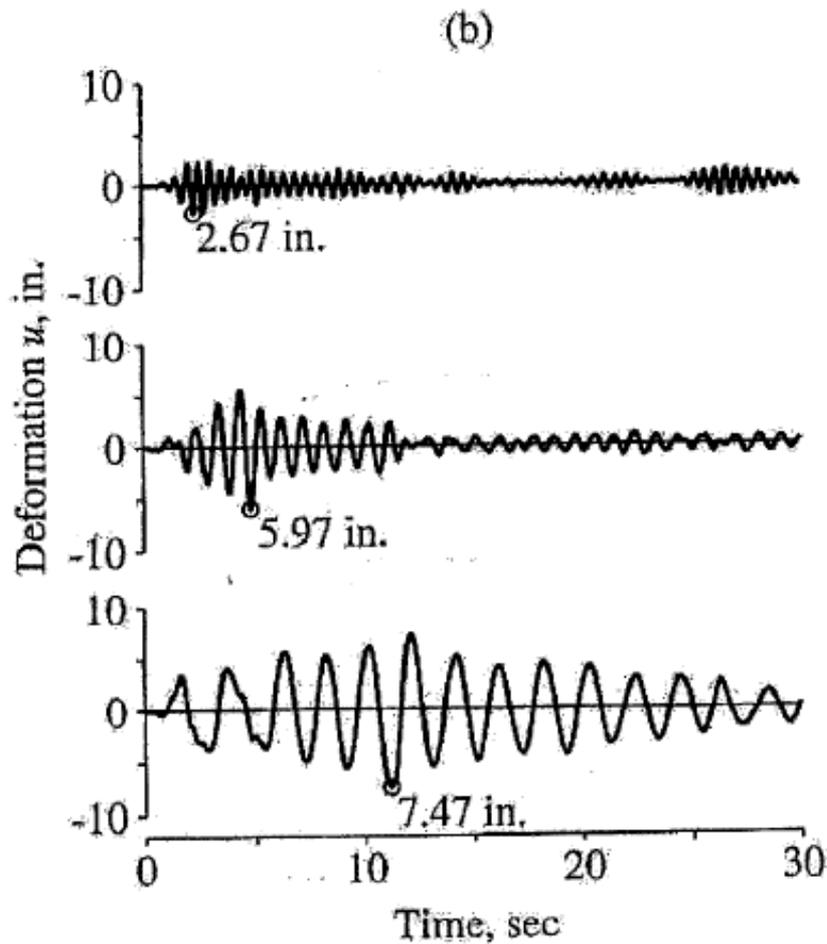


Spettro della accelerazione





← Accelerogramma di El Centro



Terremoto di El Centro - Spettri di risposta

$$D = u_{\max}(T, \zeta)$$

$$V = \omega D$$

$$A = \omega^2 D$$

$$F_{\max} = kD = m\omega_1^2 D = mA$$

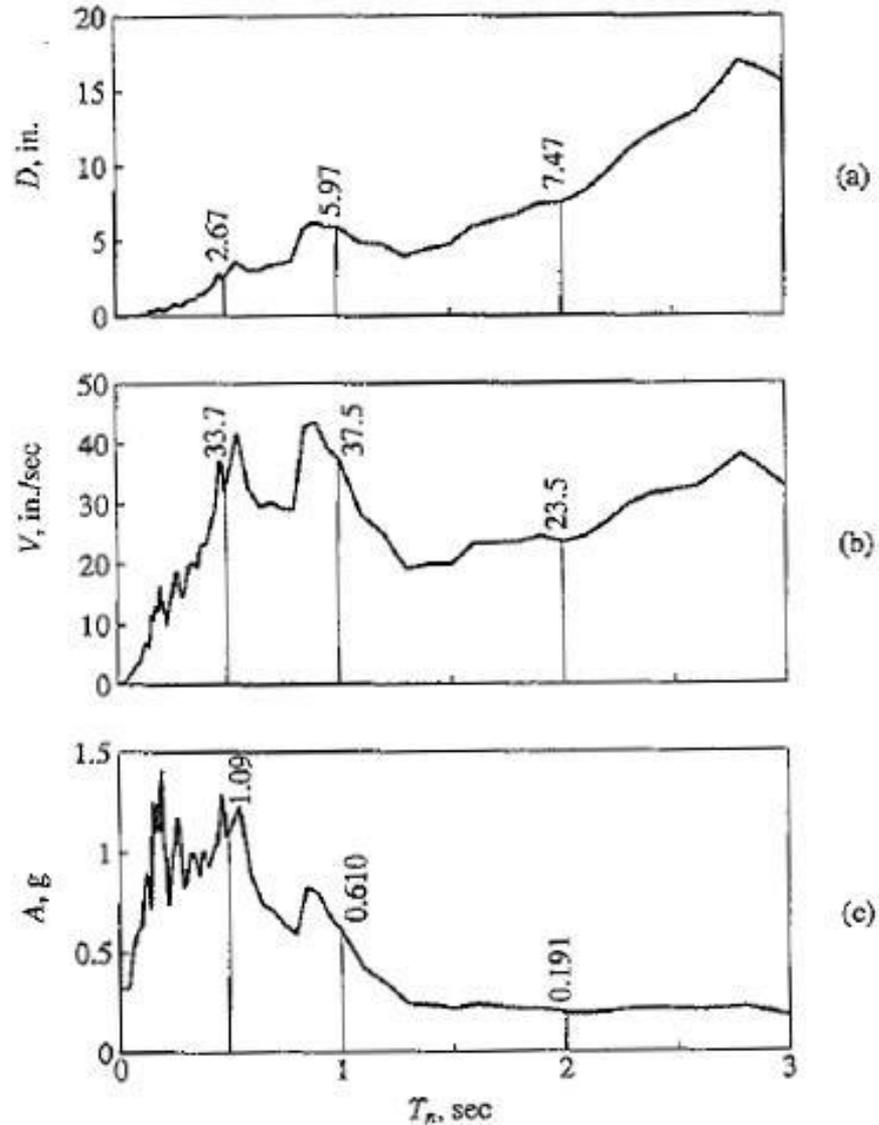
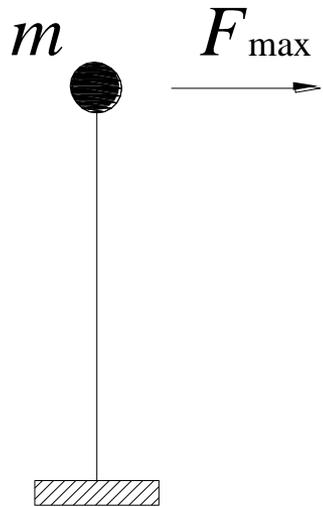
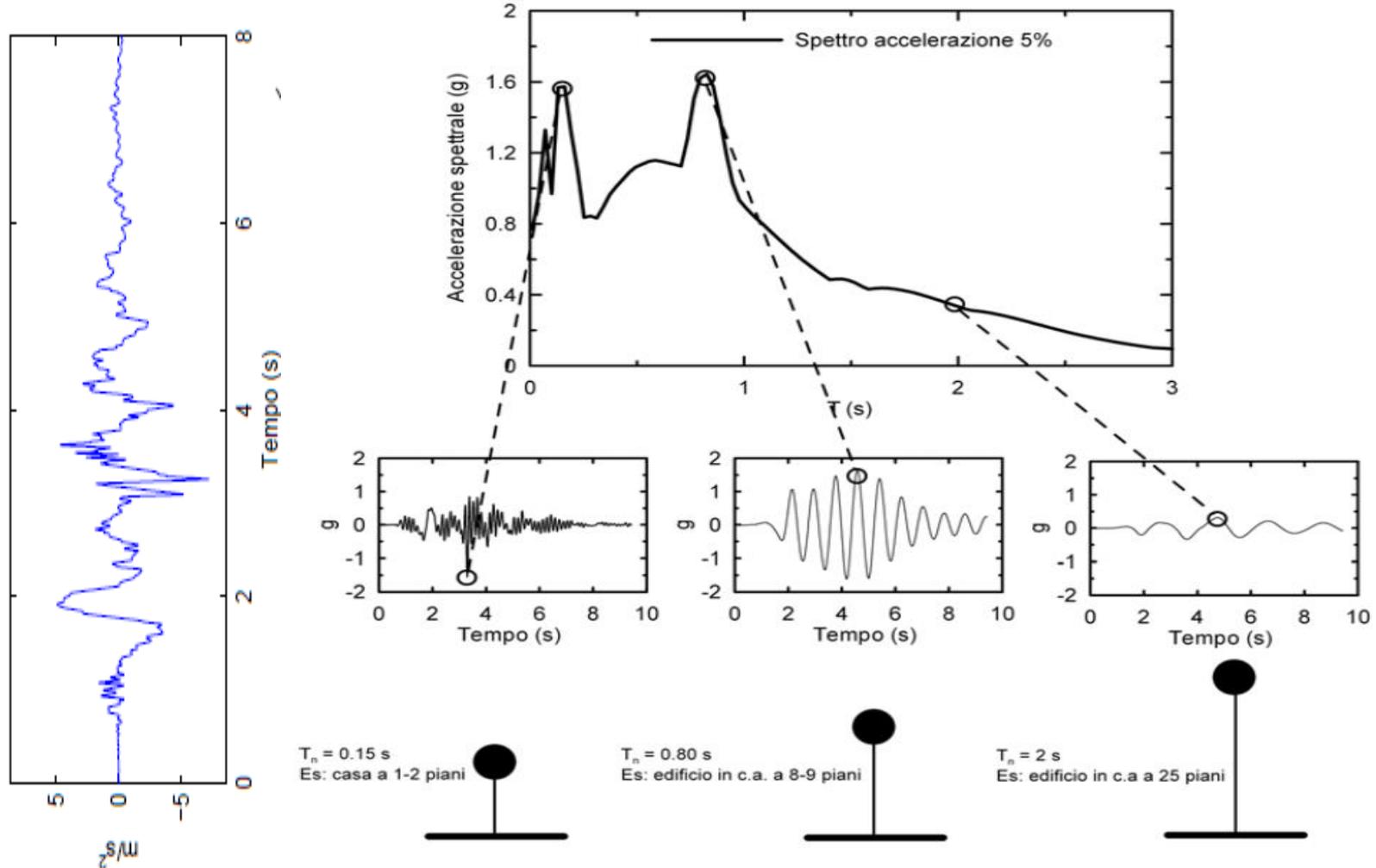


Figure 6.6.2 Response spectra ($\zeta = 0.02$) for El Centro ground motion: (a) deformation response spectrum; (b) pseudo-velocity response spectrum; (c) pseudo-acceleration response spectrum.

Esempio di costruzione dello **spettro di risposta** in **accelerazione assoluta** per l'accelerogramma di Gemona (comp. EW) registrato durante il terremoto del Friuli del 15/09/1976 ore 3.15

Da **GLOSSARIO**
(sito IT.AC.A.)

Lo spettro di risposta fornisce l'ampiezza massima della risposta (in spostamento relativo, velocità relativa o accelerazione assoluta) di un (qualsiasi) oscillatore armonico ad 1 grado di libertà (gdl) soggetto a un accelerogramma assegnato in funzione del periodo strutturale T_n e del fattore di smorzamento ξ .



Data	Ora (UTC)	Lat	Lon	De (Km)	Mag	M _w	EC8	Distanze da epicentri di eventi recenti diversi R epi. (Km)	come registrati dalle stazioni NVL, MRN e AQV della R.A.N. (Rete Accelerometrica Nazionale)	
02/05/1987	20:43:55	44.794	10.678	23.7	MI:4.6	4.7	6,8			
08/05/1987	11:10:27	44.861	11.197	23.7		4.6				
		44.843	10.732		stazione R.A.N.					
15/10/1996	09:56:01	44.763	10.605	25.5	MI:5.1	5.4	13,3			
		44.878	11.062		stazione R.A.N.					
20/05/2012	02:03:52	44.89	11.23	6.3	MI:5.9	6,11				
20/05/2012	02:06:30	44.886	11.189	7.7	MI:4.8					
20/05/2012	02:07:31	44.863	11.37	5	MI:5.1					
20/05/2012	03:02:50	44.86	11.1	10	MI:4.9	5,05				
20/05/2012	13:18:02	44.831	11.49	4.7	MI:5.1	5,18				
20/05/2012	17:37:14	44.88	11.38	3.2	MI:4.5	4,52				
29/05/2012	07:00:03	44.85	11.09	10.2	MI:5.8	5,96	4,0	4	16	25
29/05/2012	08:25:51	44.901	10.943	3.2	MI:4.5	4,69				
29/05/2012	08:27:23	44.854	11.106	10	MI:4.7					
29/05/2012	10:55:57	44.89	11.01	6.8	MI:5.3	5,53	4,0	12	23	33
29/05/2012	11:00:02	44.873	10.95	11	MI:4.9					
29/05/2012	11:00:25	44.879	10.947	5.4	MI:5.2					
03/06/2012	19:20:43	44.9	10.94	9.2	MI:5.1	4,89				
06/06/2012	04:08:31	44.434	12.354	25.6	MI:4.5					
		42.377	13.344		stazione R.A.N.					
06/04/2009	01:32:40	42.340	13.380	8.3	MI:5.9	6.3	5,1			
					stazione R.A.N.					
					stazione R.A.N.					

EC8 Distanze da epicentri di **eventi recenti diversi**
R epi. (Km) ← come registrati dalle stazioni
NVL, MRN e AQV della R.A.N.
(Rete Accelerometrica Nazionale)

C NVL (Novellara) [V_{s30} 190 m/s]
13,3

C [V_{s30} 208 m/s]
C* MRL (Mirandola)

S.Felice SP 9
Finale E. 9
San Carlo 17

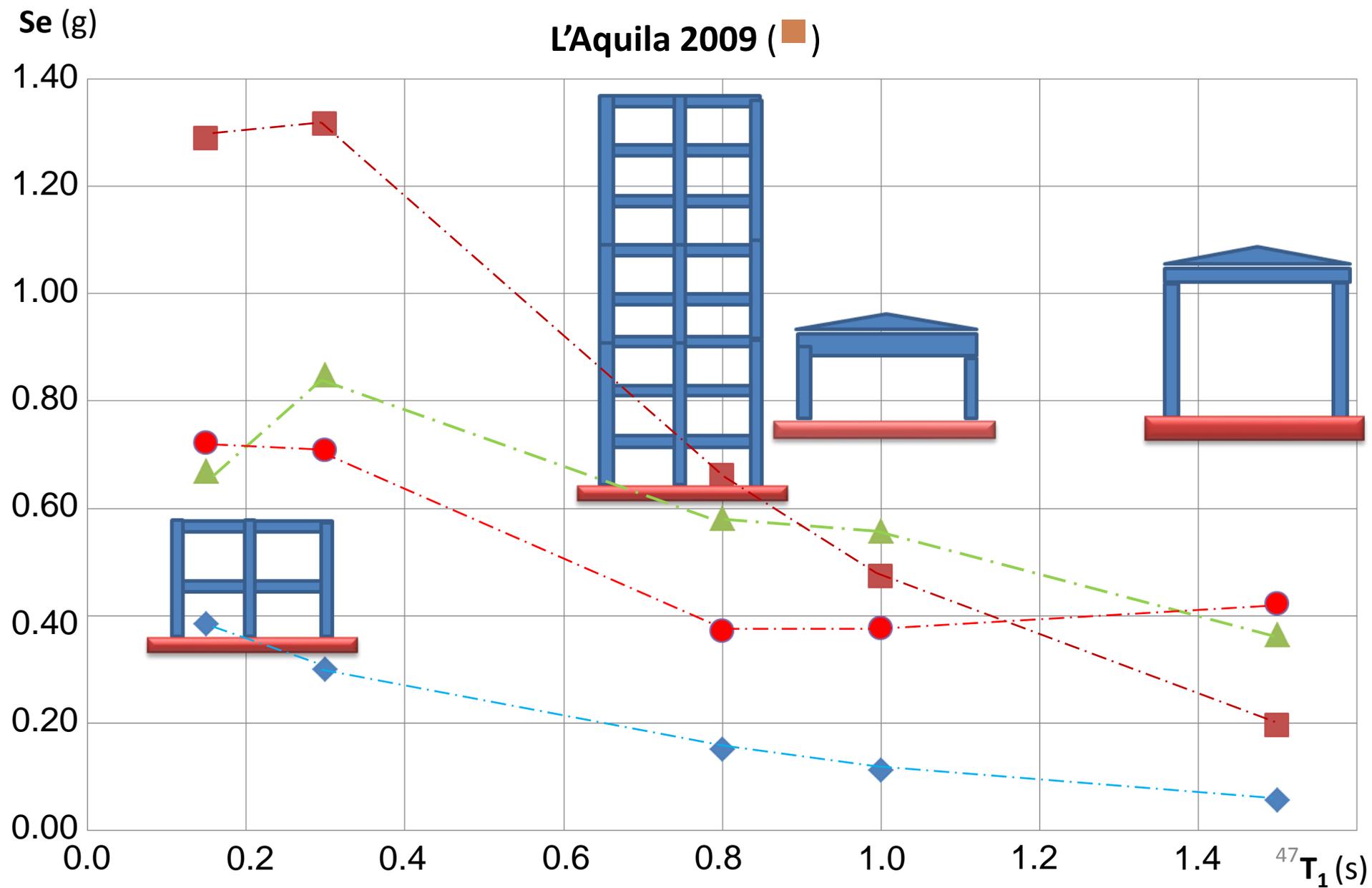
4,0 4 16 25

4,0 12 23 33

B AQV (L'Aquila-Aterno-CV) [V_{s30} 474 m/s]
5,1

Accelerazioni massime sviluppate da alcuni edifici campione in occasione dei terremoti di **Correggio 1996** (◆), **Emilia 20/05/12** (▲) ed **Emilia 29/05/12** (●)

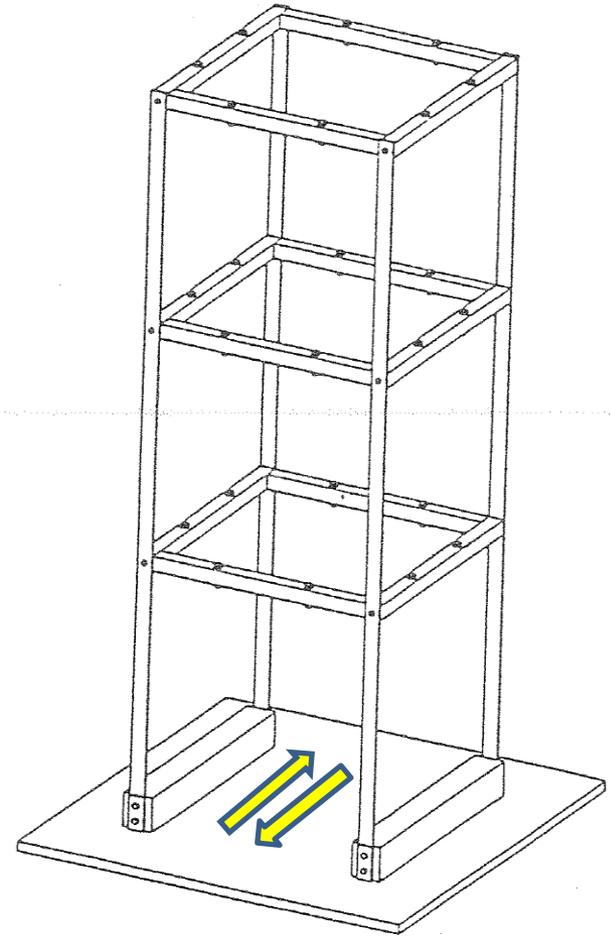
L'Aquila 2009 (■)



Esperienza n. 2



*Configurazione
strutturale regolare* per
distribuzione di masse e rigidzze
*L'oscillazione avviene in una sola
direzione predeterminata e quindi
sono possibili solo i tre spostamenti
indipendenti dei tre solai:*
(tre gradi di libertà - 3 GdL)



Identificazione sperimentale
delle frequenze $f_1 - f_2 - f_3$ per i
tre modi naturali di vibrare

Configurazione strutturale regolare (3 G.d.L.)

Modello A1

Massa/impalcato

233 g

277 g (+≈ 19%)

Modo 1

f_1 (Hz)

1,00

0,85 (-15%)

Modo 2

f_2 (Hz)

3,05

2,75 (-10%)

Modo 3

f_3 (Hz)

4,70

4,25 (-10%)

E in caso di incrementi di massa distribuiti con **irregolarità** in alzato??

Es.: massa addizionale di **132 g** (+ 57%) concentrata sul secondo impalcato determina una esaltazione del **modo 2**

0,85

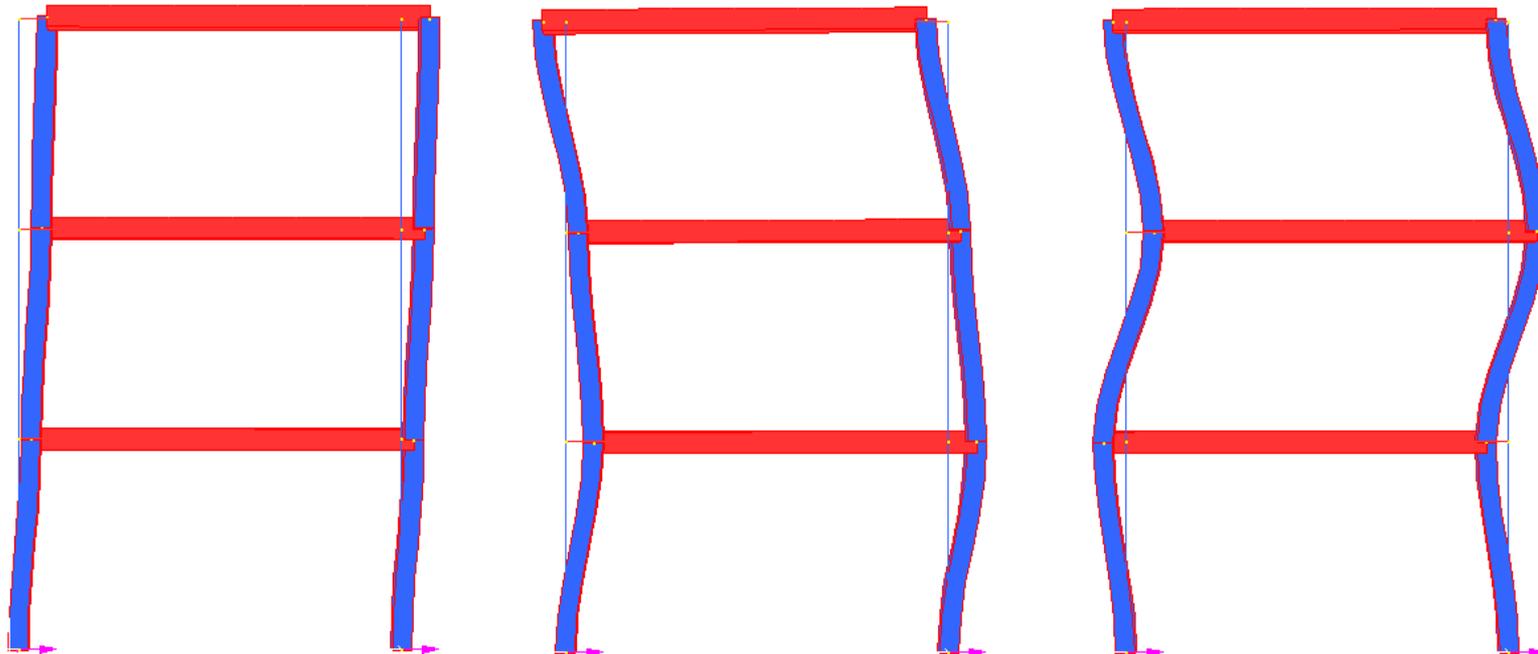
2,95

4,10

modello **A1**

Modello a tre piani
con colonne in
policarbonato
(sez. 15mm x 2mm)

Forme
modali con
distribuzione
uniforme
delle masse





Kobe 1995 M_w 6.8 – Il collasso è avvenuto al terzo piano. Probabile irregolarità in alzato nella distribuzione delle masse o delle rigidezze.

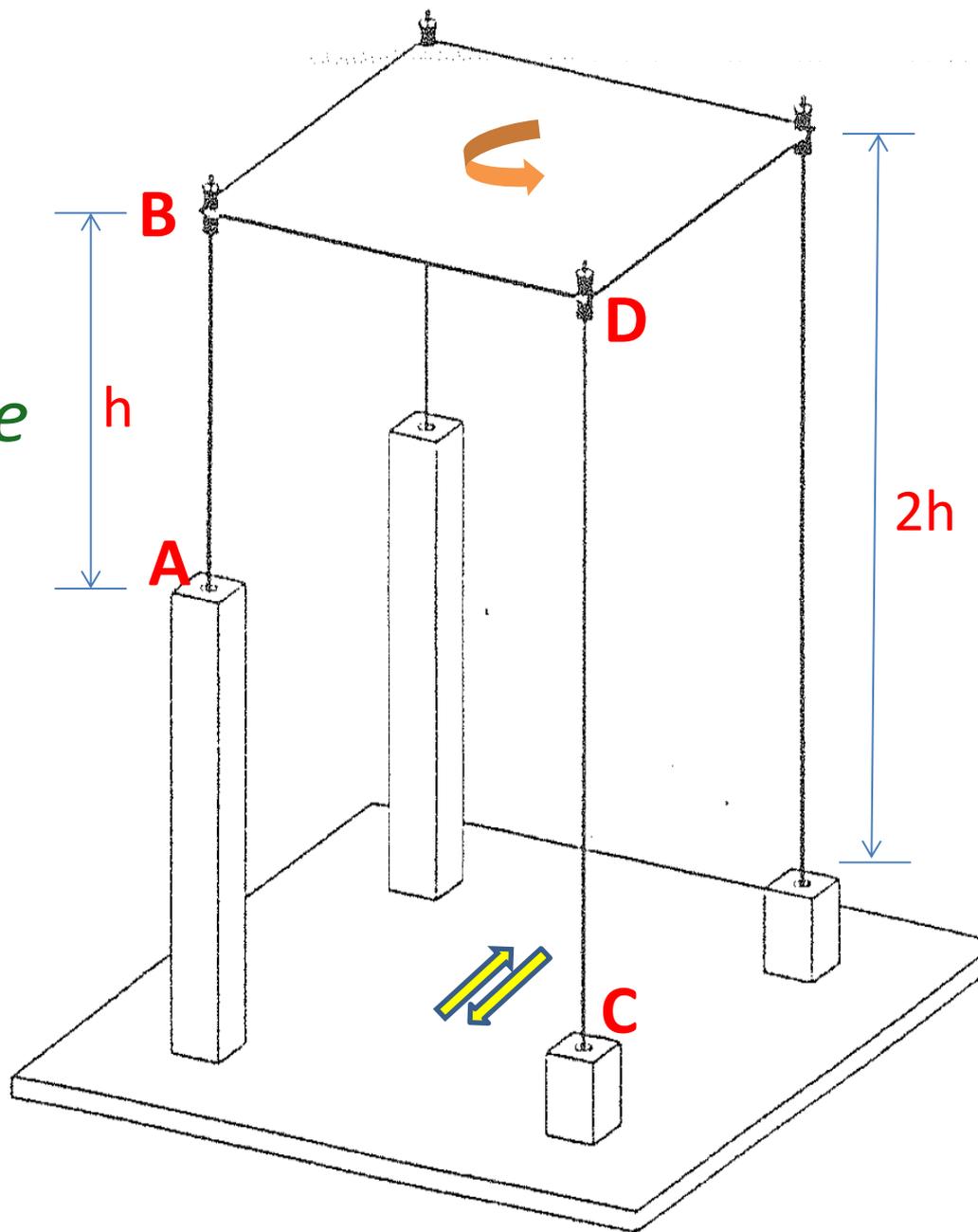
Esperienza n. 3



*Configurazione strutturale
irregolare in pianta*

Il pilastro **AB** è 8 volte
più rigido del pilastro **CD**

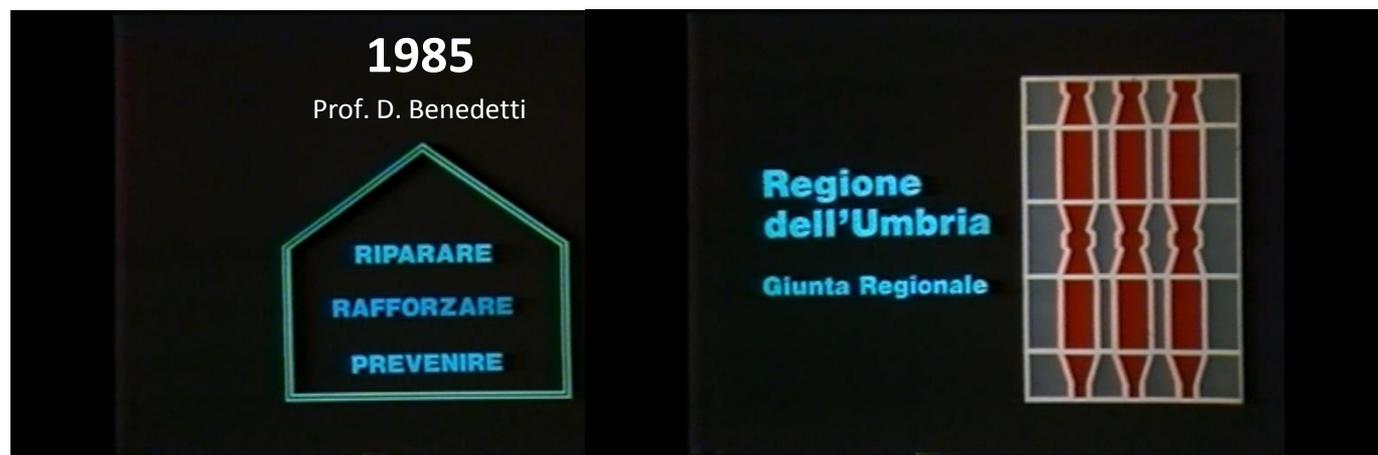
L'impalcato ha tre gradi di libertà
(due spostamenti e una
rotazione) e non si tratta quindi
di oscillatore semplice. *Il primo
dei tre modi di oscillare risulta
essenzialmente di tipo torsionale.*





Bonefro (Campobasso) Terremoto di S. Giuliano 2002. $M = 5.4$

2^a parte



da: **Riparare Rafforzare Prevenire**

Regione Umbria 1985

MODELLO CASA IN MURATURA

(filmato di 84 secondi)

Terremoto in Abruzzo del 6 aprile 2009 ($M_L = 5.9$; $M_W = 6.3$)

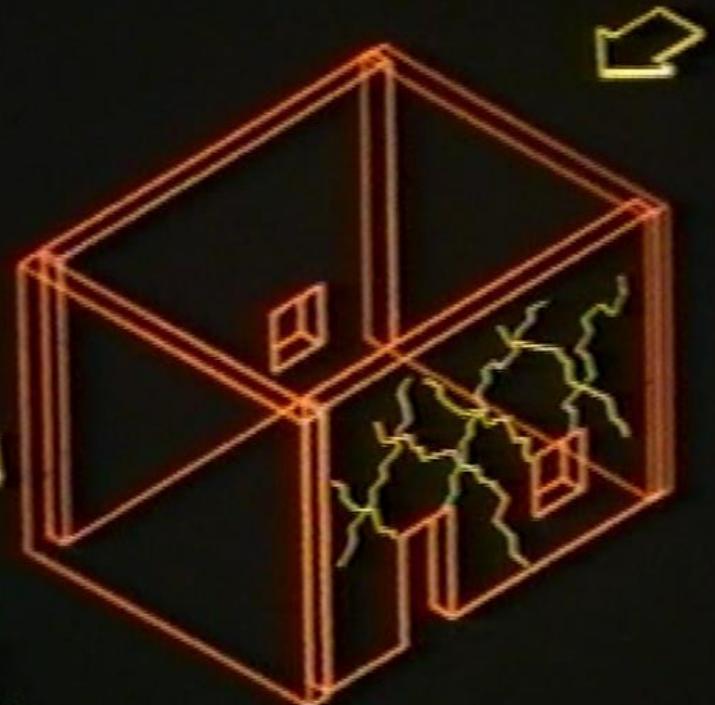
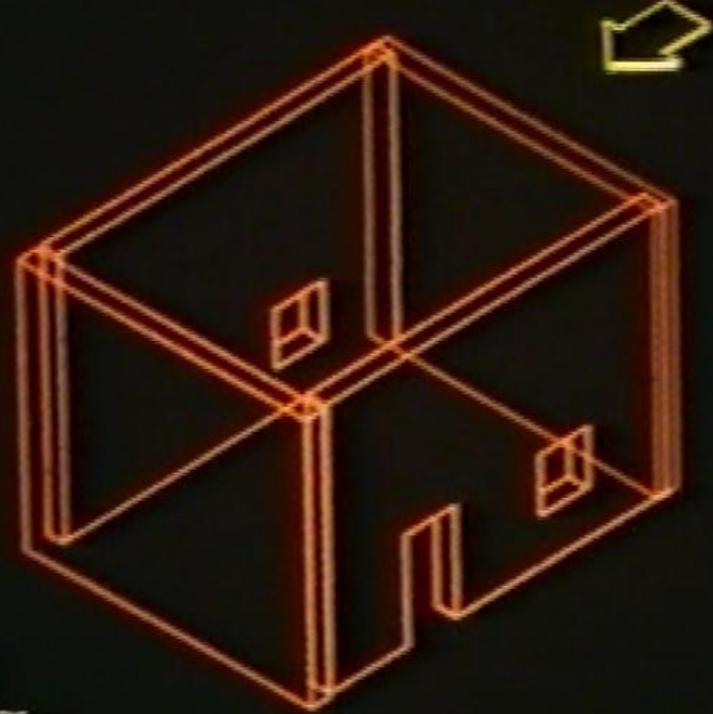
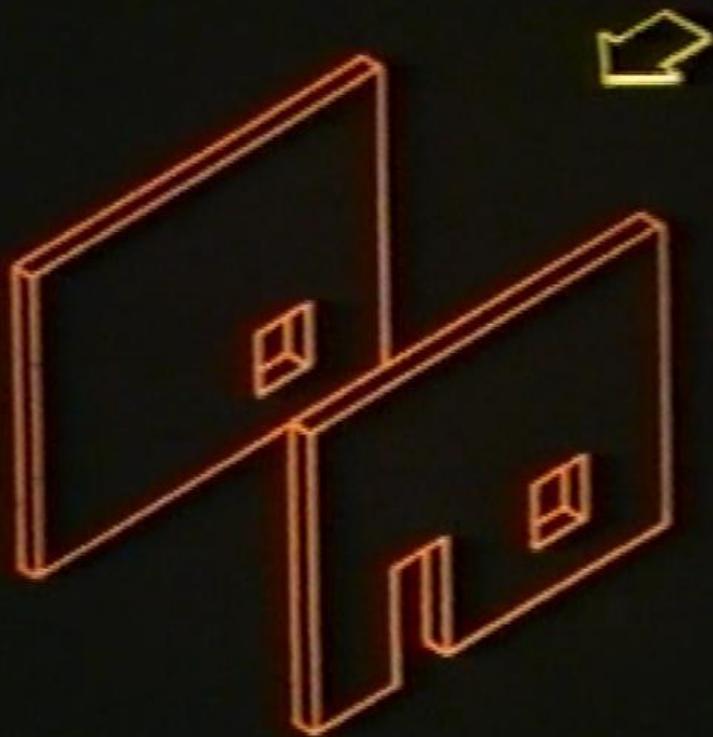
Immagini da due località: entrambe valutate con effetti di IX° MCS



Villa Sant'Angelo (AQ) - Edificio in muratura di pietrame listata, copertura in legno e pietre angolari. Capichiave delle catene al primo piano.

Colle di Roio (AQ) – Edificio in muratura in pietrame non squadrato con malta argillosa e copertura pesante in c.a. **Effetto negativo di un tetto pesante e rigido**

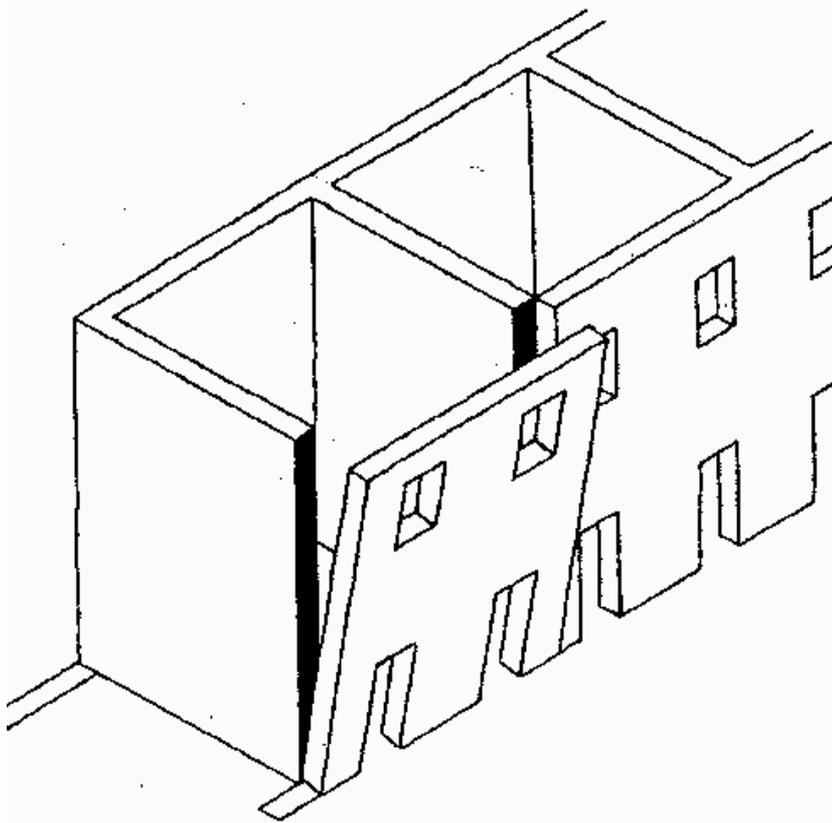




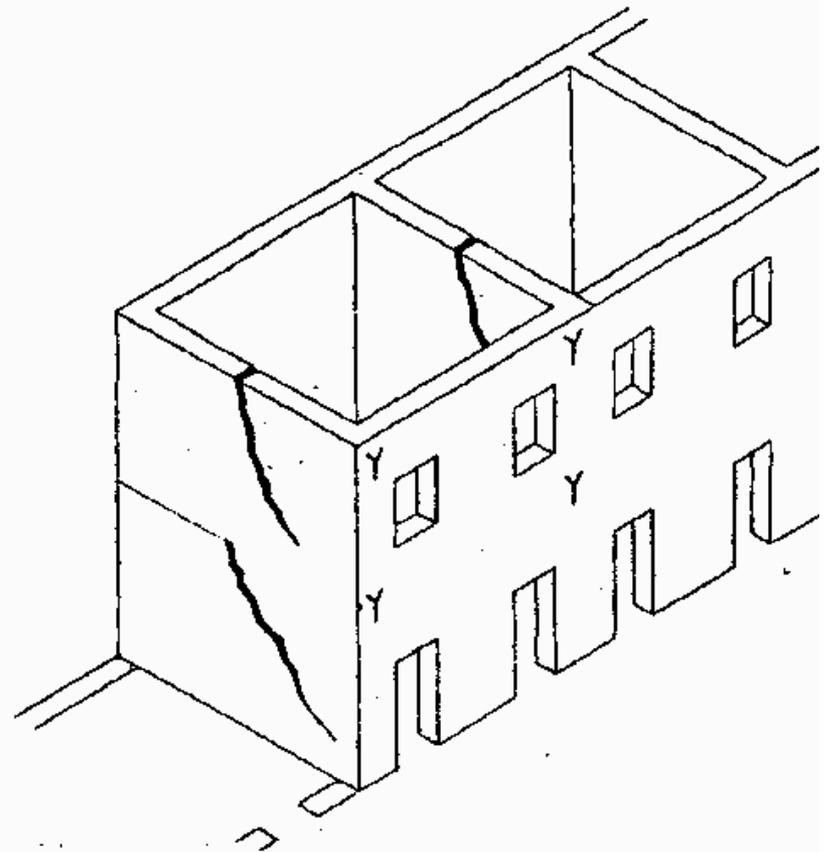
Meccanismi resistenti globali, per **sollecitazione** delle **pareti** murarie **nel proprio piano**

È obiettivo a cui tendere **niente affatto scontato** ... dipendendo dalla **qualità dei collegamenti** tra elementi strutturali (pannelli murari e solaio).

I meccanismi di taglio si potranno sviluppare se i meccanismi di 1° modo (ribaltamenti) sono inibiti (pareti ammorsate o incatenate)



Ribaltamento della parete
(meccanismo di I modo)
Assenza di ammorsamento
fra le pareti. Condizione di
massima pericolosità



Rottura per taglio (meccanismo di
II modo) in virtù della buona
tessitura muraria. In assenza di
ammorsamento si può ovviare con
l'introduzione di incatenamenti.

Ordine di priorità di possibili vulnerabilità per le costruzioni in muratura

1. *potenziale collasso per disgregazione di una **inidonea tessitura muraria**;*
2. *meccanismi locali (di I modo), corrispondenti al **collasso** delle **pareti** murarie **al di fuori del loro piano**;*
3. *meccanismi globali (di II modo), dipendenti dal **collasso** delle **pareti** murarie **nel loro piano**.*

Comportamento complesso di edifici costituenti “**aggregato strutturale**” che comporta la necessità di tenere conto delle possibili **interazioni tra edifici contigui con particolare attenzione agli edifici di testata**.



In una visione globale della struttura, un **efficace collegamento fra i componenti strutturali** risulta una delle regole fondamentali per aumentare la sicurezza ...e, in genere, **in zone di “bassa” e anche di “media sismicità”**, tale regola è – alla prova dei fatti – quella determinante

«Fare avanzare la prevenzione sismica come **nuova strategia, finora sempre sostanzialmente disattesa, nell'uso del territorio, prendendo finalmente atto che il problema centrale era e resta quello delle costruzioni esistenti, nate senza considerare la possibilità di terremoti o addirittura indebolite nel corso degli anni da mancanza di manutenzione e da interventi inopportuni.** Per queste bisognerà trovare **meccanismi che, nel corso degli anni (non pochi data l'entità del patrimonio a rischio), incentivino il privato ad intervenire e guidino il pubblico a indirizzare le risorse via via disponibili anche alla limitazione del rischio sismico secondo riconosciute e condivise priorità.**»

«Si ricordi quanto è stato speso per l'abbattimento delle **barriere architettoniche**, per la messa a norma degli **impianti elettrici**, per il **risparmio energetico**, per la **sicurezza al fuoco** con **interventi spesso separati tra loro e talvolta controproducenti dal punto di vista sismico: sarebbe bene in futuro progettare interventi che considerino tutti gli aspetti legati alla sicurezza, eventualmente realizzandoli poi per stralci se le risorse non sono sufficienti.**»

Prof. Vincenzo Petrini, Presidente CTS Regione Emilia-Romagna – fine maggio 2012



C'è un enorme fabbisogno di riqualificazione degli insediamenti e delle costruzioni esistenti
Questa è la nuova grande domanda a cui occorre rispondere per un futuro di civiltà e sicurezza

..e lavoro..