



CONOSCERE PER RIDURRE IL RISCHIO  
**RESISM**  
Rete Interregionale  
tra Scuole Secondarie



Tavola vibrante

modello TVL\_VBR.2 20 maggio 2016

... per una iniziale informazione didattica



**21 novembre – 7 dicembre 2022**

**IO NON TREMO**

**Il rischio sismico in mostra a Mirandola  
8<sup>a</sup> edizione**

...per una iniziale informazione didattica

***ACCENNI a contenuti della mostra  
e a comportamenti degli edifici  
sotto azioni sismiche***

**VISITE GUIDATE da collaboratori volontari  
Rete interregionale RESISM tra scuole secondarie**

<http://avbo.it/index.php/io-non-tremo/>

[avbo.it](http://avbo.it)



[resism@avbo.it](mailto:resism@avbo.it)



[http://www.iiscopernico.edu.it/images/doc/news/news19\\_20/resism/14pannelli19-12-2020.pdf](http://www.iiscopernico.edu.it/images/doc/news/news19_20/resism/14pannelli19-12-2020.pdf)

**LIBERI DI CONOSCERE E CONVIVERE CON IL TERREMOTO**



IO NON TREMO !

Testimonianza della dott.ssa *Sonja Marchesi* su esperienze svolte dal Centro di Educazione alla Sostenibilità-C.E.A.S. "La Raganella" con le scuole di Mirandola (MO) in n. **7** edizioni della mostra «IONONTREMO!», dopo la crisi sismica del 2012 nella pianura emiliana [[Download 9](#)]

...SEGUO IL RICCIO !



## Alcune testimonianze degli studenti dell'I.S.S. «Luosi» di Mirandola (MO) raccontate quattro anni dopo il terremoto del 2012 nella pianura emiliana



<https://youtu.be/VRnHwJgGX1A>

*I ragazzi del Luosi e il terremoto*

<https://youtu.be/ZYmbhMYHs5Y>

*I ragazzi del Luosi  
e i terremotati de L'Aquila*

<https://youtu.be/Ny12bhH3zDw>

***Non chiamarmi terremoto (ITA)***

Marta, 12 anni, vive a L'Aquila, dove tutti la conoscono con il soprannome "Terremoto". Dopo la notte del 6 aprile 2009 nessuno riesce a chiamarla più così. Il terremoto l'ha trasformata e non solo nel nome.



[OP.IO.NON.TREMO.pdf](#)



[OP.I.DUE.CAMPANILI.pdf](#)

**[Download 9]**

[http://avbo.it/wp-content/uploads/2022/02/Download\\_9\\_.pdf](http://avbo.it/wp-content/uploads/2022/02/Download_9_.pdf)



[OP.TAVOLA.VIBRANTE.pdf](#)

# LA MITOLOGIA



*Sicilia,  
mito di Colapesce*



*Giappone,  
Namazu: il pesce dei terremoti*

# SANTI PROTETTORI E COLPE DELL'UOMO

Dall'archivio di Stato di Modena: frase estratta da **editto di Francesco IV**, Duca di Modena X crisi sismica 11.9.1831-13.3.1832

avvertimenti, consigli, e quello che in simili casi può consolare, e tranquillizzare. Il terremoto per quanto potesse studiarsi dagli uomini a spiegarlo colle leggi fisiche, è notoriamente da tutti i non miscredenti riconosciuto come un flagello che Dio manda talvolta al pari di tanti altri, sia per castigo, sia per avvertimento agli uomini di convertirsi quando di gravi reità si sono resi colpevoli, o quando dimenticati di Dio battono una falsa strada, o si abbandonano alle loro ree passioni.



**Sant'Emidio**, protettore di Ascoli, Marche... e Rimini: nel 1703 forti terremoti distruggono località umbre, laziali e abruzzesi, mentre le Marche e Ascoli in particolare subirono solo lievi danni. Ciò fu interpretato come segno di particolare intercessione del patrono della città, che nel 1786 fu adottato anche da Rimini.



**Madonna del terremoto**, dipinto dopo i terremoti nel bolognese del 1504-1505. Nel cartiglio si legge: "MENTRE IL TERREMOTO ROVINAVA TUTTO, IL SIGNORE E I CONSOLI POSERO L'IMMAGINE DELLA VERGINE MADRE DI DIO PER LA CITTA' PRESERVATA"

Le parole di Mons.  
Domenico POMPILI



30 Agosto 2016  
**Vescovo di Rieti:**  
**"Non uccide il sisma  
ma opere dell'uomo"**

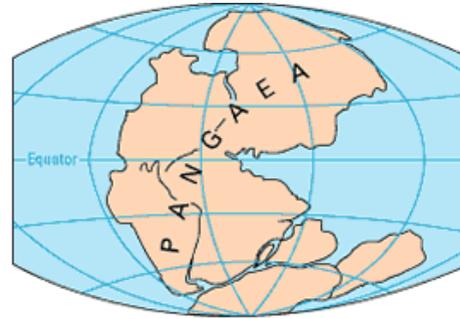


MA il 4 novembre 2016

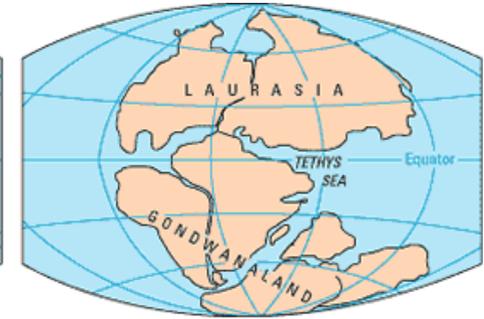


**Radio Maria:**  
**"Il terremoto è colpa  
delle unioni civili"**

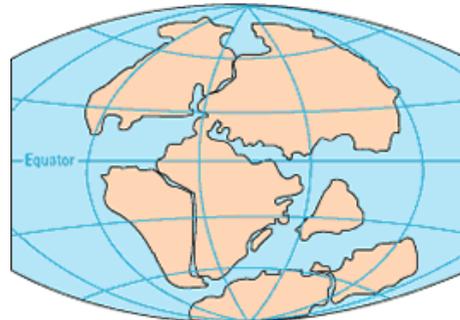
# La Teoria della Deriva dei Continenti è oggi inglobata e integrata nel Modello della Tettonica delle Placche



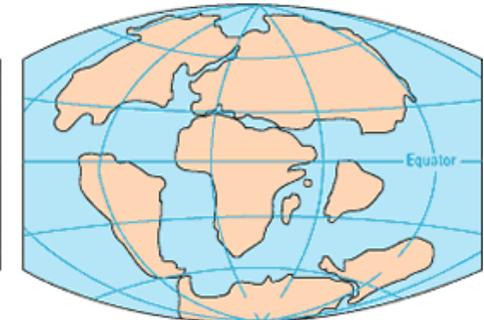
PERMIAN  
225 million years ago



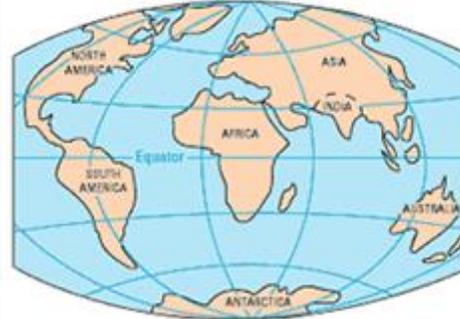
TRIASSIC  
200 million years ago



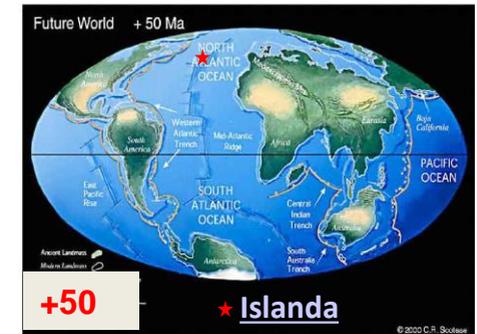
JURASSIC  
135 million years ago



CRETACEOUS  
65 million years ago



PRESENT DAY

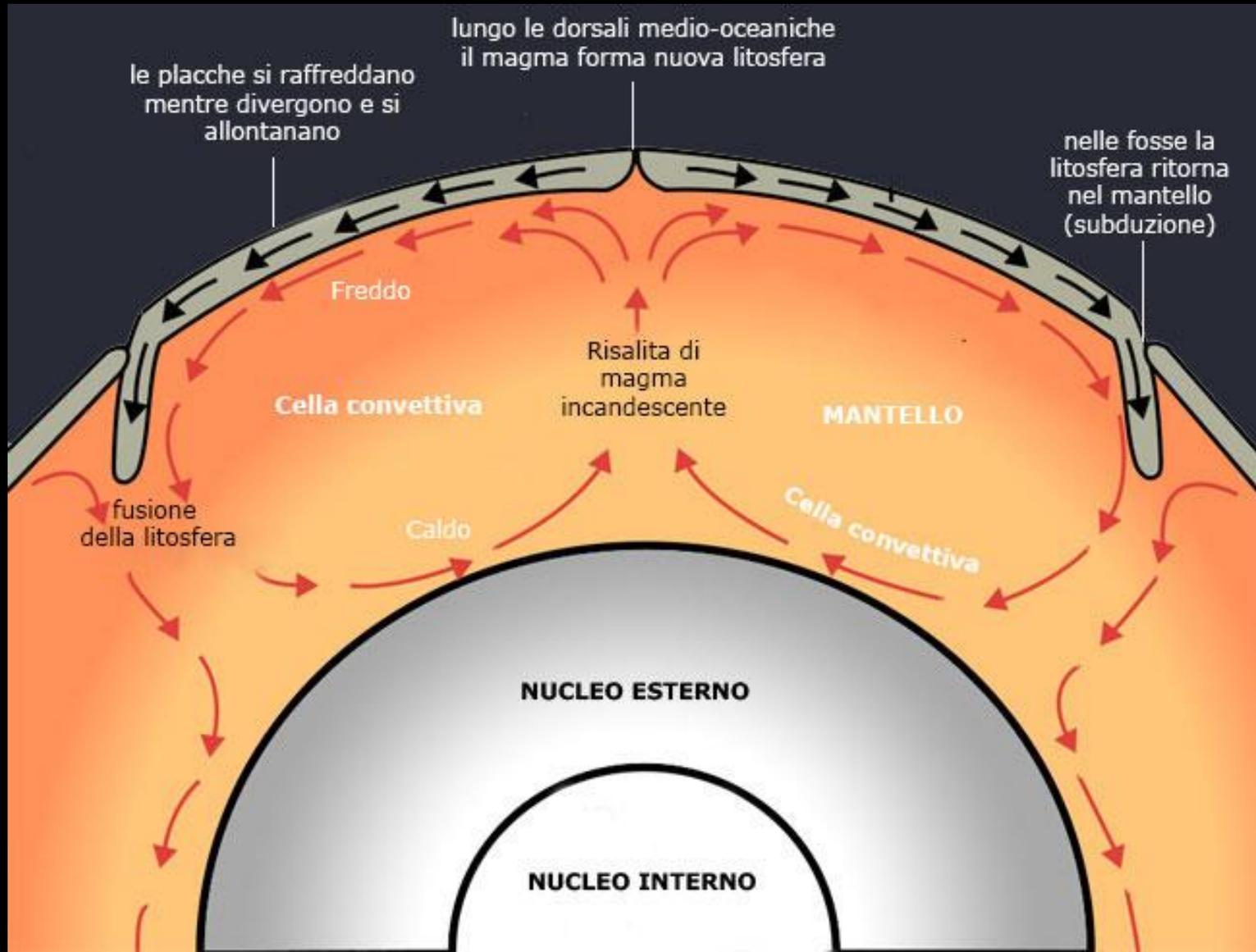


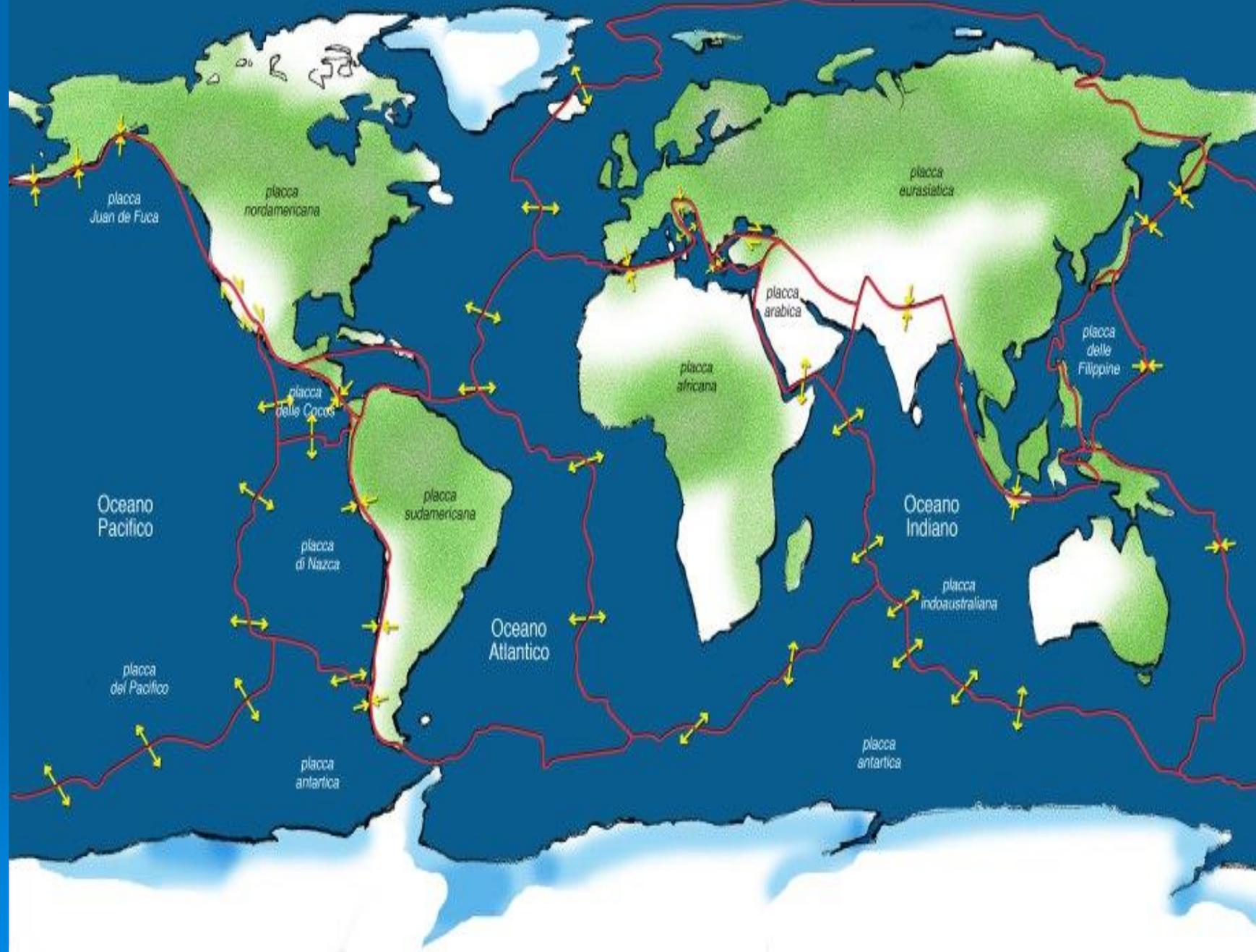
+50

★ Islanda

<https://youtu.be/ZCibHr65KRA>

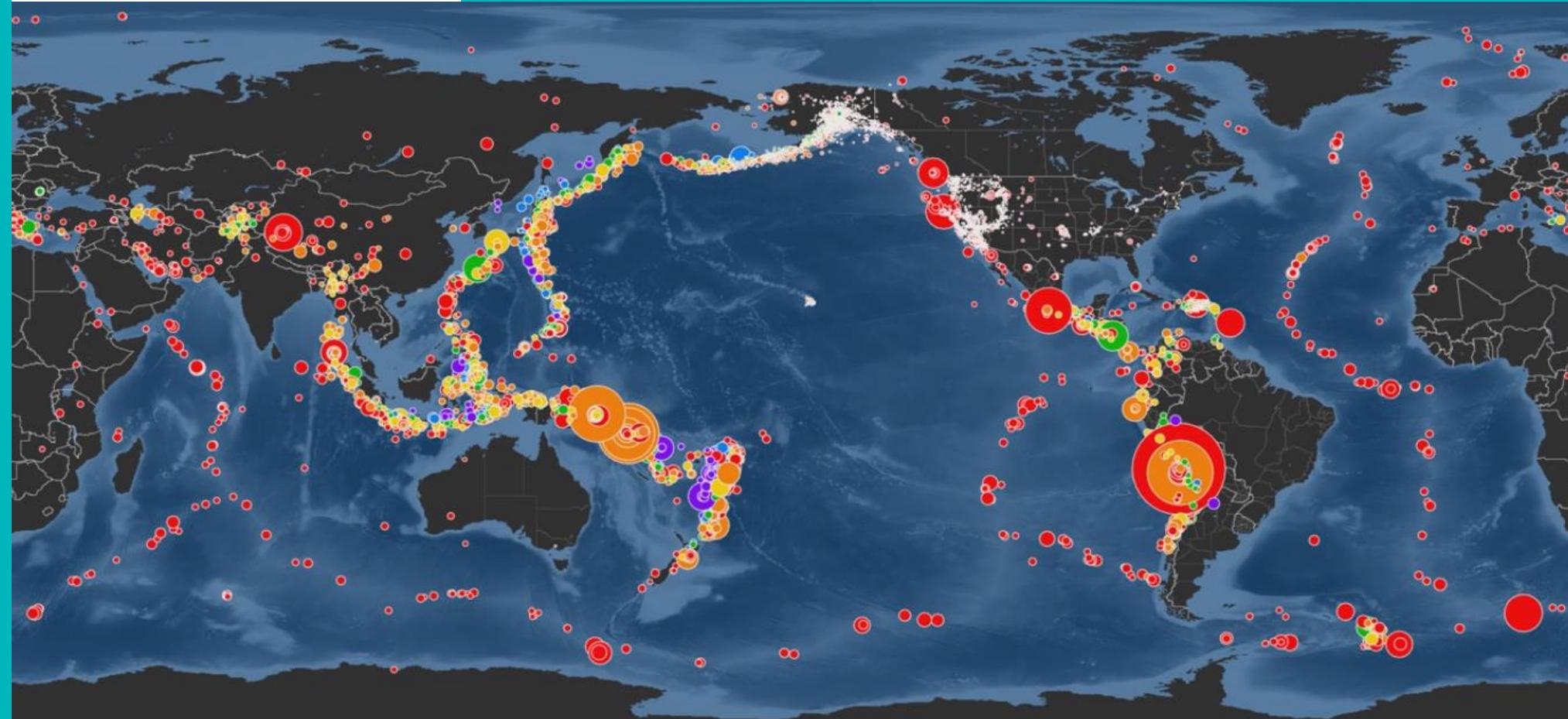
Un **MOTORE sempre ACCESO**: i moti convettivi nel mantello trasportano rocce incandescenti verso la superficie lungo le dorsali oceaniche, le rocce si raffreddano e – dopo milioni di anni – sprofonderanno di nuovo nel mantello.





1 April, M8.2, northern Chile  
3 April, M7.8, northern Chile  
12 April, M7.6, Solomon Islands  
13 April, M7.7, Solomon Islands  
19 April, M7.8, Solomon Islands

*I terremoti che avvengono di continuo “disegnano”  
i margini di contatto tra le placche e - in  
particolare - l’ANELLO DI FUOCO circumpacifico*



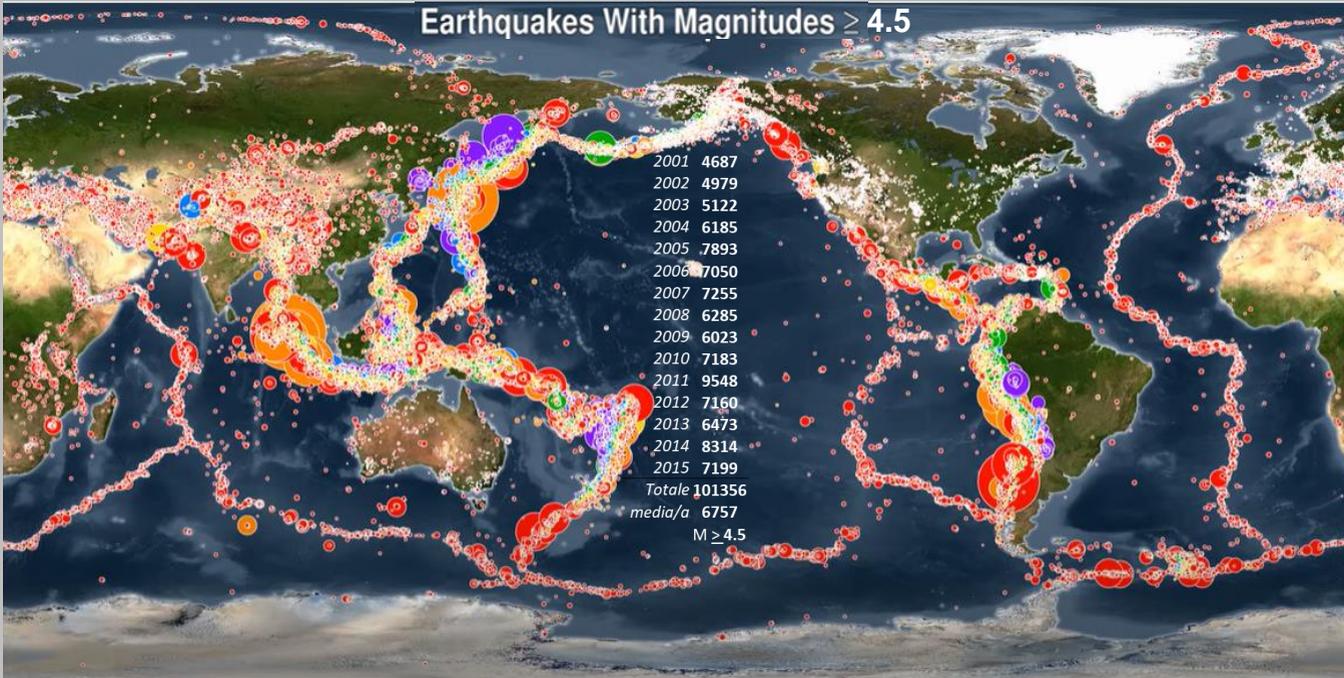
<https://youtu.be/M3jHUGHOIhA>

01 Jan 2014  
to  
30 Apr 2014

Earthquake Depth (km)



## Earthquakes With Magnitudes $\geq 4.5$



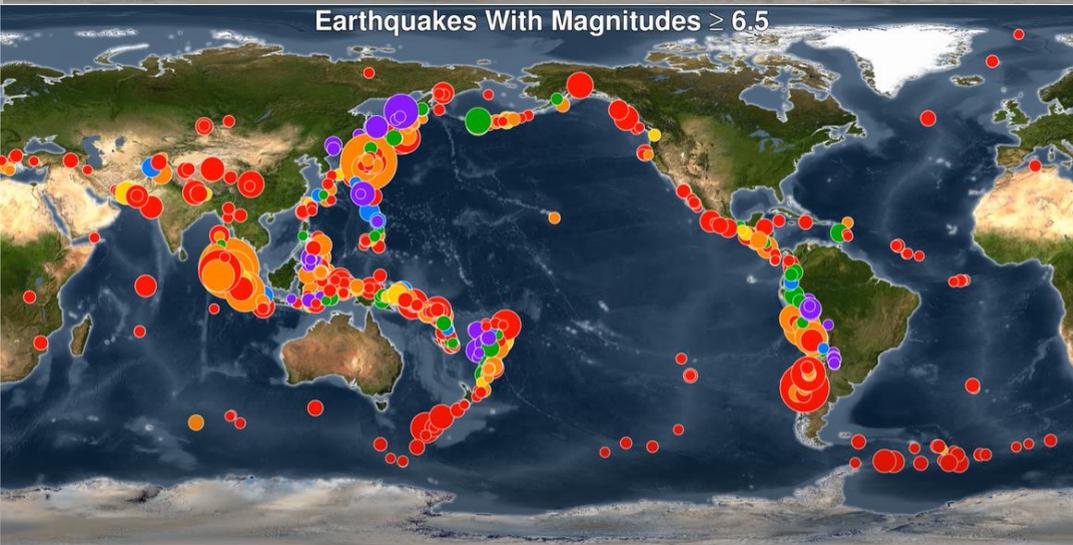
## Global Earthquake Animation:

01 Jan 2001  
to  
31 Dec 2015

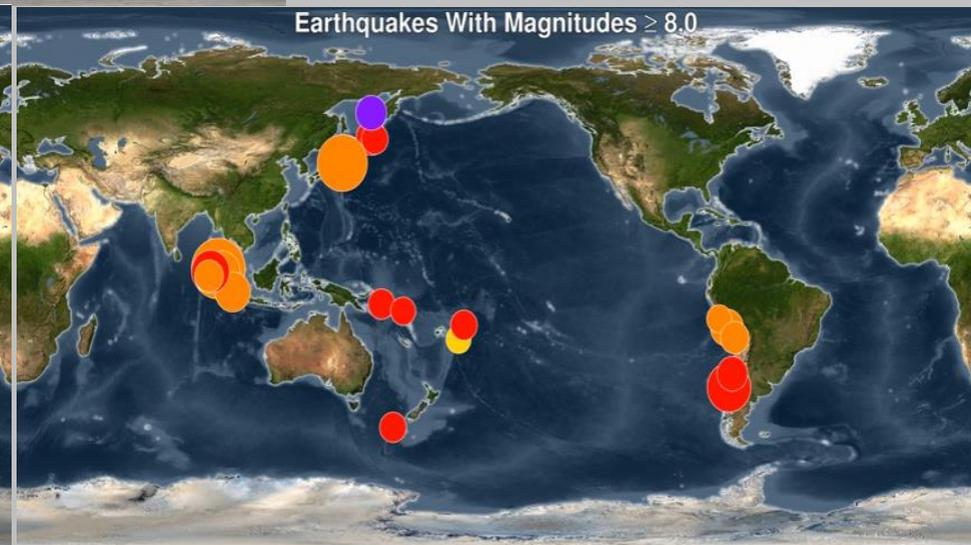
<https://youtu.be/ph7Eczs-nTI>

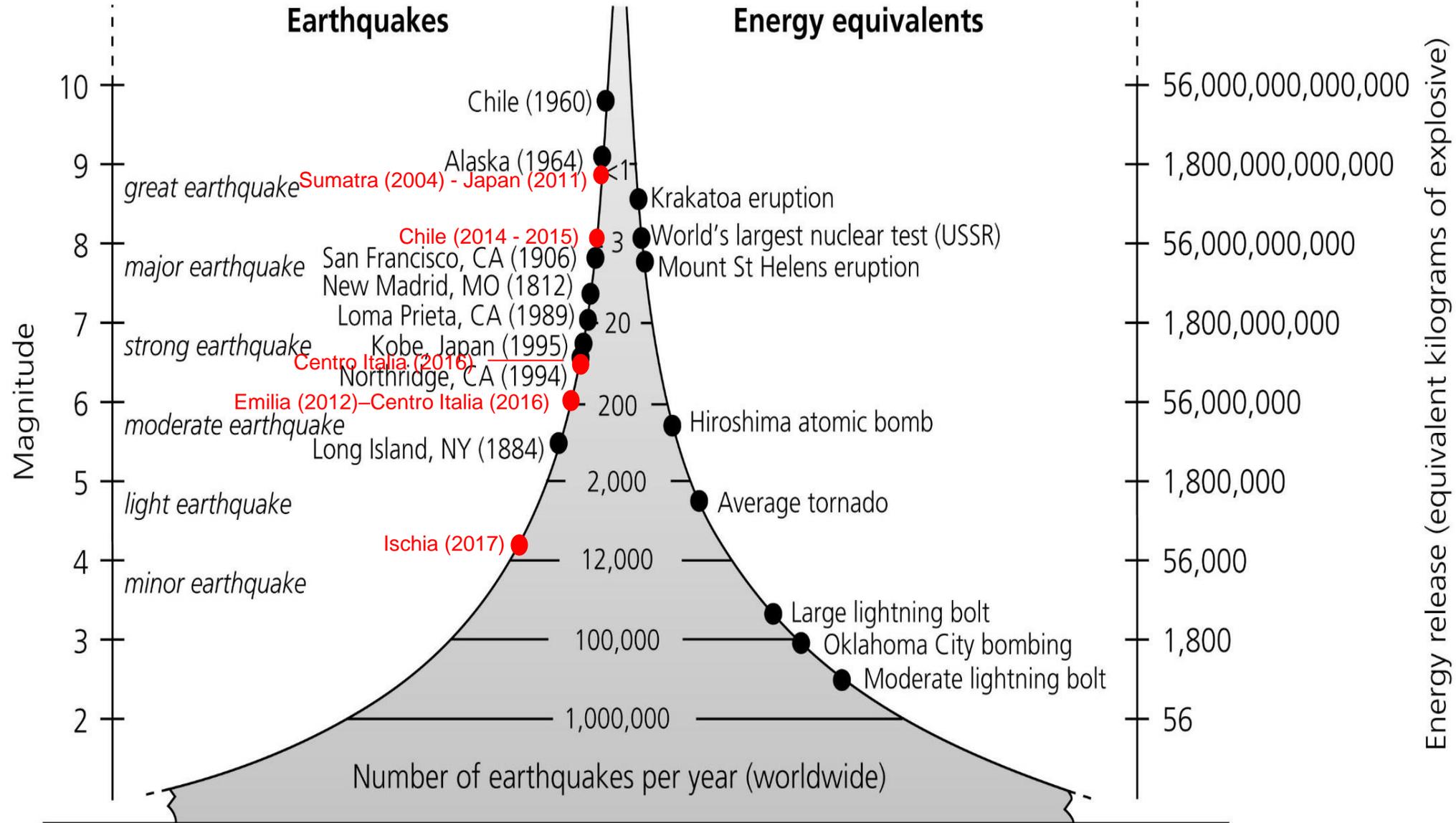
This animation shows every recorded earthquake in sequence as they occurred from January 1, 2001, through December 31, 2015, at a rate of **30 days per second**.

## Earthquakes With Magnitudes $\geq 6.5$



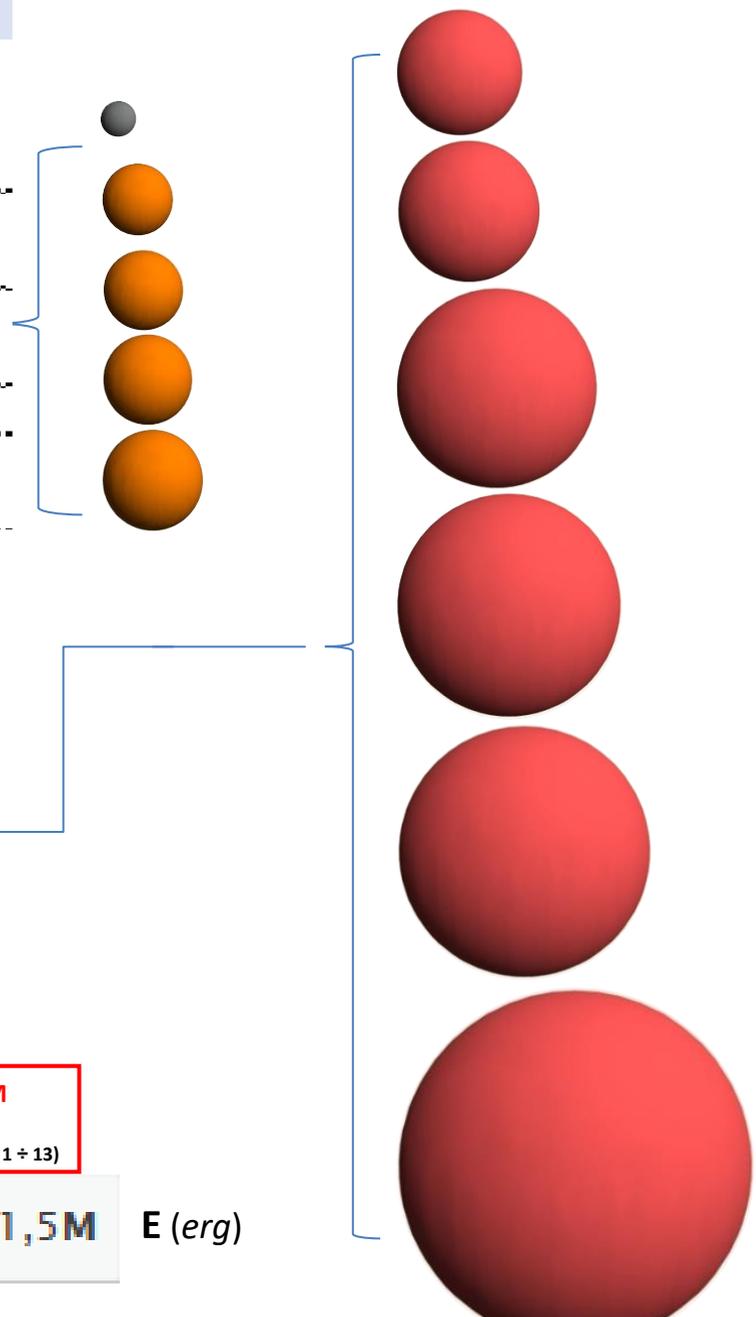
## Earthquakes With Magnitudes $\geq 8.0$





i	Esempi di terremoti	Mw	E (erg)	E <sub>i</sub> / E <sub>0</sub>
0	Pianura emiliana <b>1996-10-15</b> Fiorentino <b>1895-05-18</b>	<b>5,4</b>	7,94E+19	<b>1</b>
1	Pianura emiliana <b>2012-05-29</b> Alto Adriatico <b>1916-05-17</b>	<b>6</b>	6,31E+20	<b>8</b>
2	Pianura emiliana <b>2012-05-20</b> Alto Adriatico <b>1916-08-16</b>	<b>6,1</b>	8,91E+20	<b>11</b>
3	Italia Centrale <b>2016-08-24</b>	<b>6,2</b>	1,26E+21	<b>16</b>
4	Croatia <b>2020-12-29</b> Aquilano <b>2009-04-06</b> Mugello <b>1919-06-29</b>	<b>6,3</b>	1,78E+21	<b>22</b>

5	Italia Centrale <b>2016-10-30</b> Friuli V.G. <b>1976-05-06</b> Garfagnana <b>1920-09-07</b>	<b>6,5</b>	3,55E+21	<b>45</b>
6	Irpinia <b>1930-07-23</b>	<b>6,6</b>	5,01E+21	<b>63</b>
7	Irpinia-Basilicata <b>1980-11-23</b>	<b>6,9</b>	1,41E+22	<b>178</b>
8	Marsica <b>1915-01-13</b>	<b>7</b>	2,00E+22	<b>251</b>
9	Stretto di Messina <b>1908-12-28</b>	<b>7,1</b>	2,82E+22	<b>355</b>
10	Giappone <b>2016-11-21</b> ≅ Sicilia orientale <b>1693-01-11</b>	<b>7,4</b>	7,94E+22	<b>1000</b>



**Magnitudo ed Energia**  
Rapporti tra livelli energetici  
in funzione della **differenza**  
tra valori di **magnitudo**

$$E_i / E_0 = 10^{1,5\Delta M}$$

(con  $\Delta M = M_i - M_1$ ) (i = 1 ÷ 13)

$$\log E = 11,8 + 1,5M \quad E \text{ (erg)}$$

# Magnitudo ed Energia

i	Esempi di terremoti	M <sub>w</sub>	E (erg)	E <sub>i</sub> /E <sub>0</sub>
0	Pianura emiliana <b>1996-10-15</b> Fiorentino <b>1895-05-18</b>	<b>5,4</b>	7,94E+19	<b>1</b>
11	Nuova Zelanda <b>2016-11-13</b> Nepal <b>2015-04-25</b>	<b>7,8</b>	3,16E+23	<b>3.980</b>
12	Cile <b>2014-04-02</b>	<b>8,2</b>	1,26E+24	<b>15.800</b>
13	Giappone <b>2011-03-11</b>	<b>9</b>	2,00E+25	<b>251.000</b>

$$E_i / E_0 = 10^{1,5\Delta M}$$

(con  $\Delta M = M_i - M_1$ ) ( $i = 1 \div 13$ )

# ONDE SISMICHE

<https://youtu.be/hirPHrCKKP0>

## Ipocentro–epicentro–onde sismiche

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

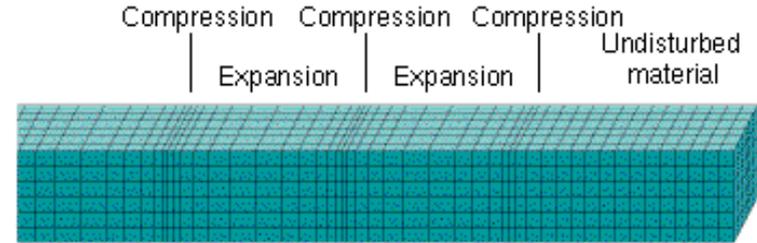
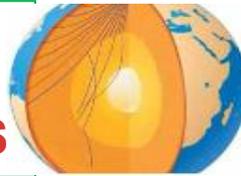
Le onde P ed S sono dette **onde di volume** perché si propagano all'interno della Terra

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

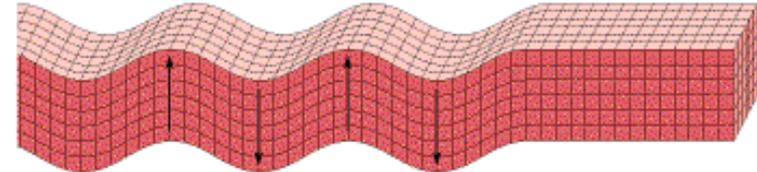
**Struttura interna della Terra** riconosciuta attraverso lo studio di traiettorie e velocità delle onde **P** e **S**

[https://youtu.be/ByUmG\\_wm43w](https://youtu.be/ByUmG_wm43w)

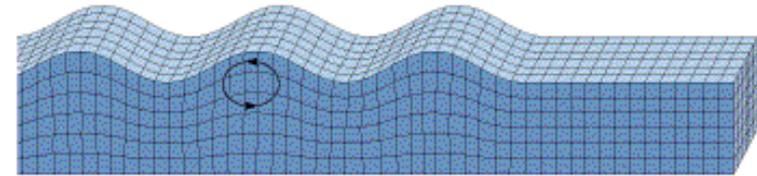
Le **onde di Rayleigh** (2,7 km/s) e le **onde di Love** (3 km/s) sono invece **onde superficiali**, che si propagano cioè solo lungo la superficie terrestre



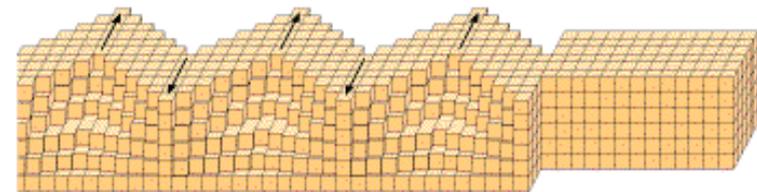
(b) Primary wave



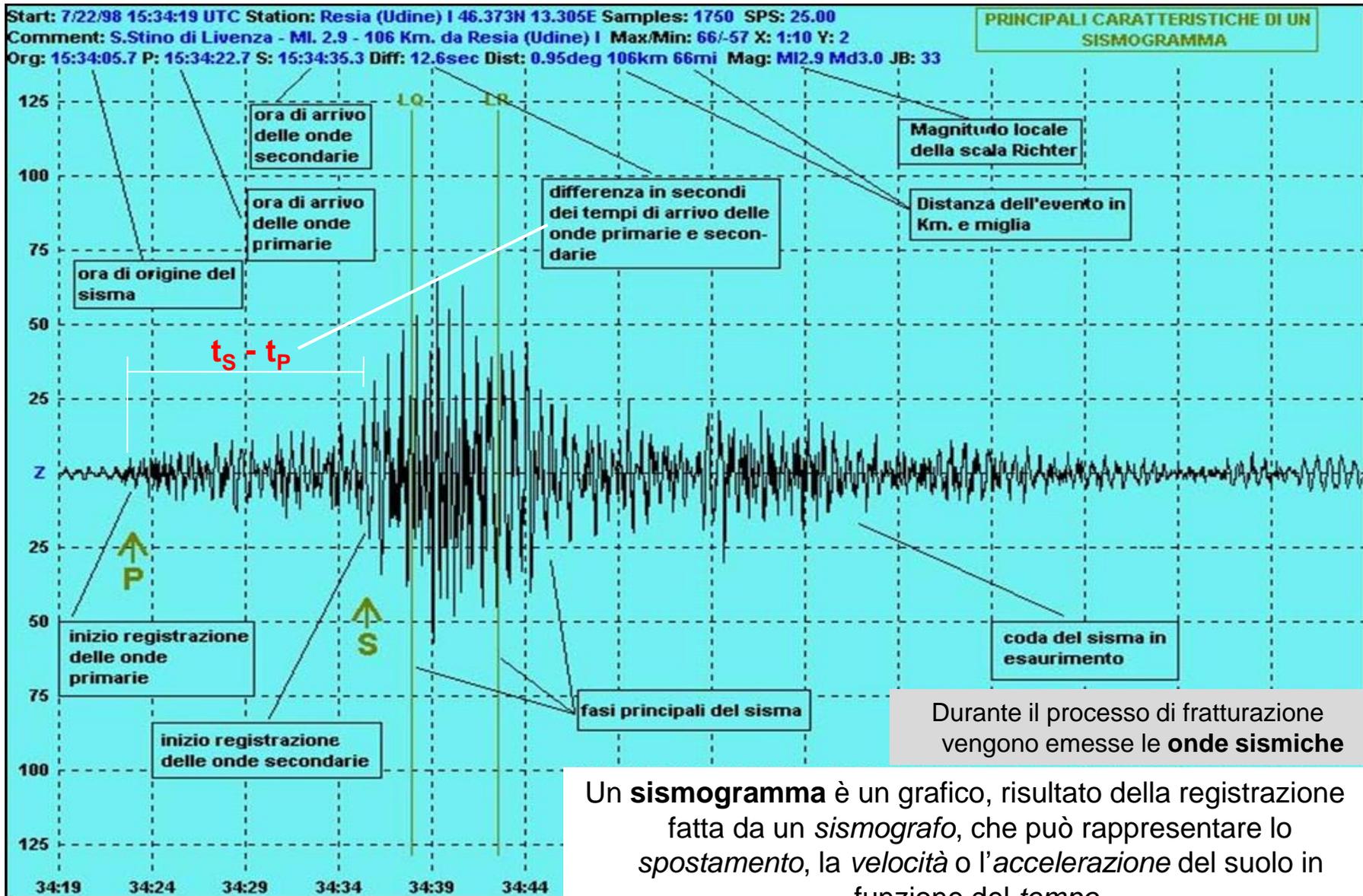
(c) Secondary wave



(d) Rayleigh wave



(e) Love wave



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*.

Una delle **tre componenti** del moto sismico

# Magnitudo Richter

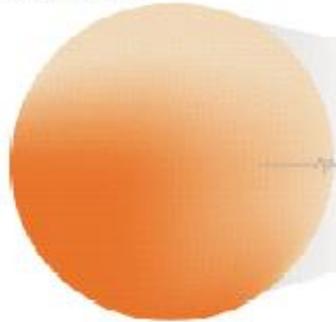
magnitudo 3



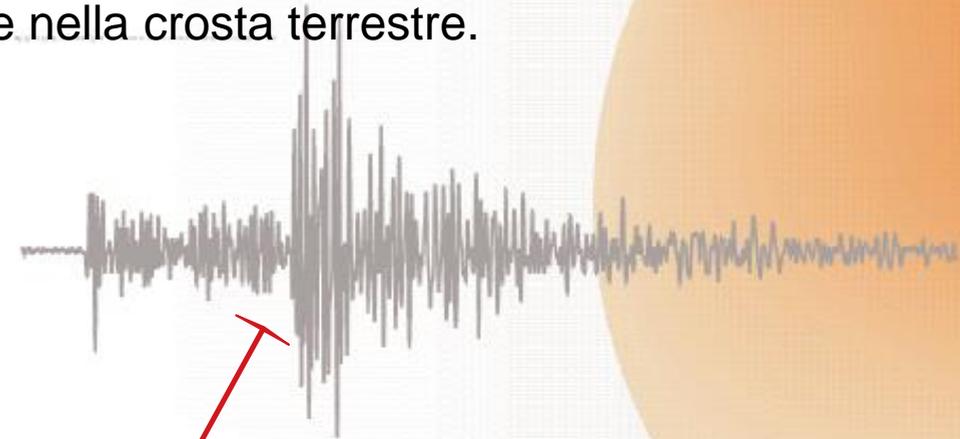
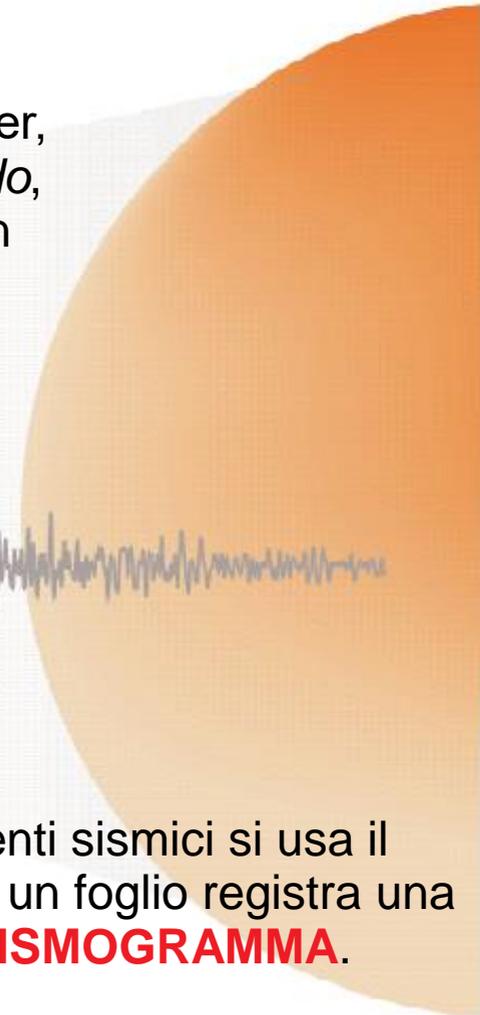
Un terremoto maggiore di un altro di una unità di magnitudo lascia una traccia dieci volte più grande, ma libera un'energia trenta volte più grande.

magnitudo 5

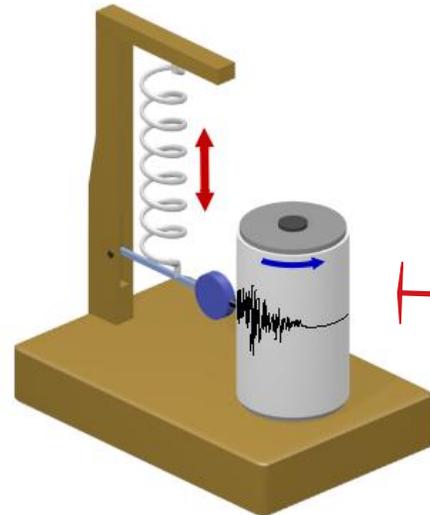
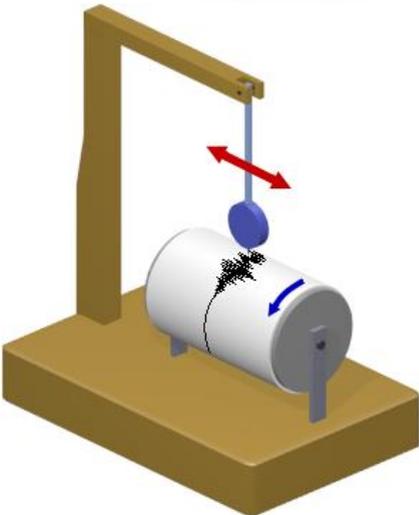
magnitudo 4



Con l'attribuzione di un valore sulla “scala” Richter, si esprime una misura della cosiddetta *magnitudo*, ovvero una stima dell'energia sprigionata da un terremoto nel punto iniziale (*ipocentro*) della frattura di rocce nella crosta terrestre.



Per registrare gli eventi sismici si usa il **SISMOGRAFO**, che su un foglio registra una traccia chiamata **SISMOGRAMMA**.



# Scala Mercalli-Càncani-Sieberg (M.C.S.)

20/05/2012 2:03  
Bologna ← → Finale Emilia



Norcia ← → Amatrice

24/08/2016 1:36

I-II grado

III-IV grado

V-VI grado

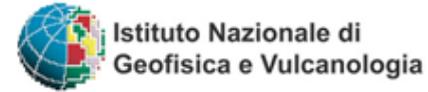
VII-VIII grado

IX-X grado

XI-XII grado

La scala M.C.S. è usata per eseguire una classificazione degli effetti in superficie del terremoto su: cose, edifici, persone. Gli effetti locali di un terremoto possono variare molto in base a: *profondità dell'ipocentro, distanza dall'epicentro, tipo di suolo, direttività della faglia, vulnerabilità delle costruzioni.*

# CATALOGHI DEI TERREMOTI



<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>

**CFTI5Med**

<http://www.cftilab.it/index.php/it/>

E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Sgatonni, G. Valensise (2018) CFTI5Med *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

**CPTI15 - DBMI15**

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the *Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

**DBMI11**



Database contenenti informazioni su  
eventi sismici accaduti in Italia



CFTI5Med



Scale cromatiche relative alle  
intensità macrosismiche

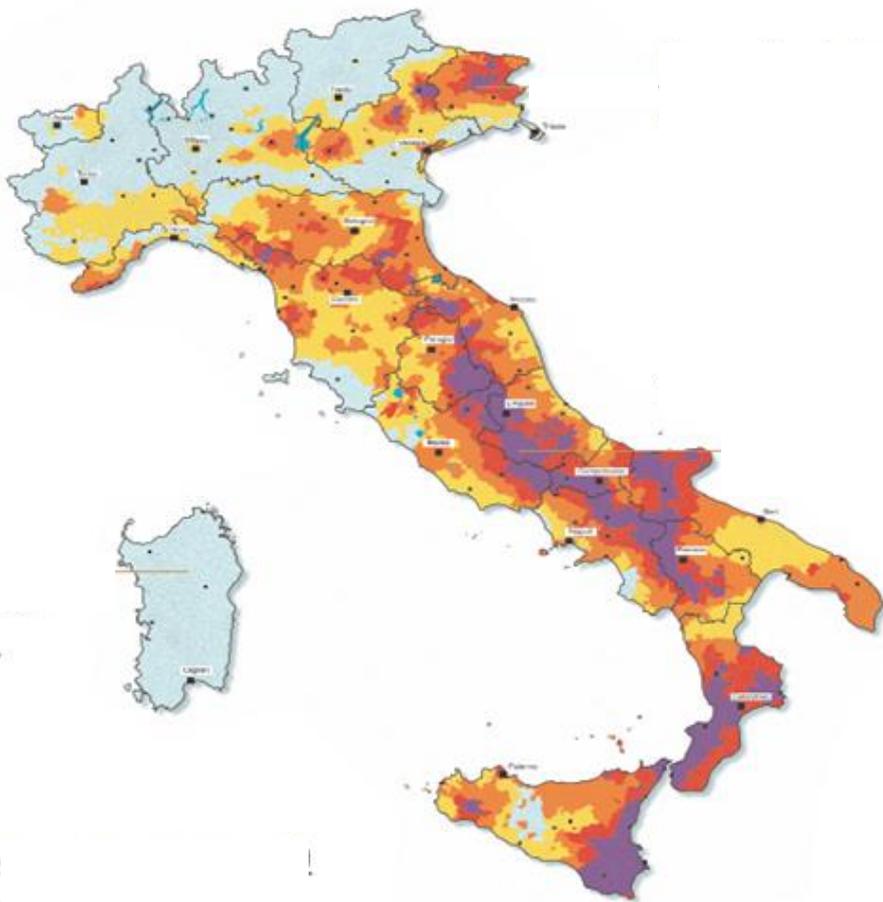


CPTI15 - DBMI15

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



Gli ultimi 1000 anni di storia

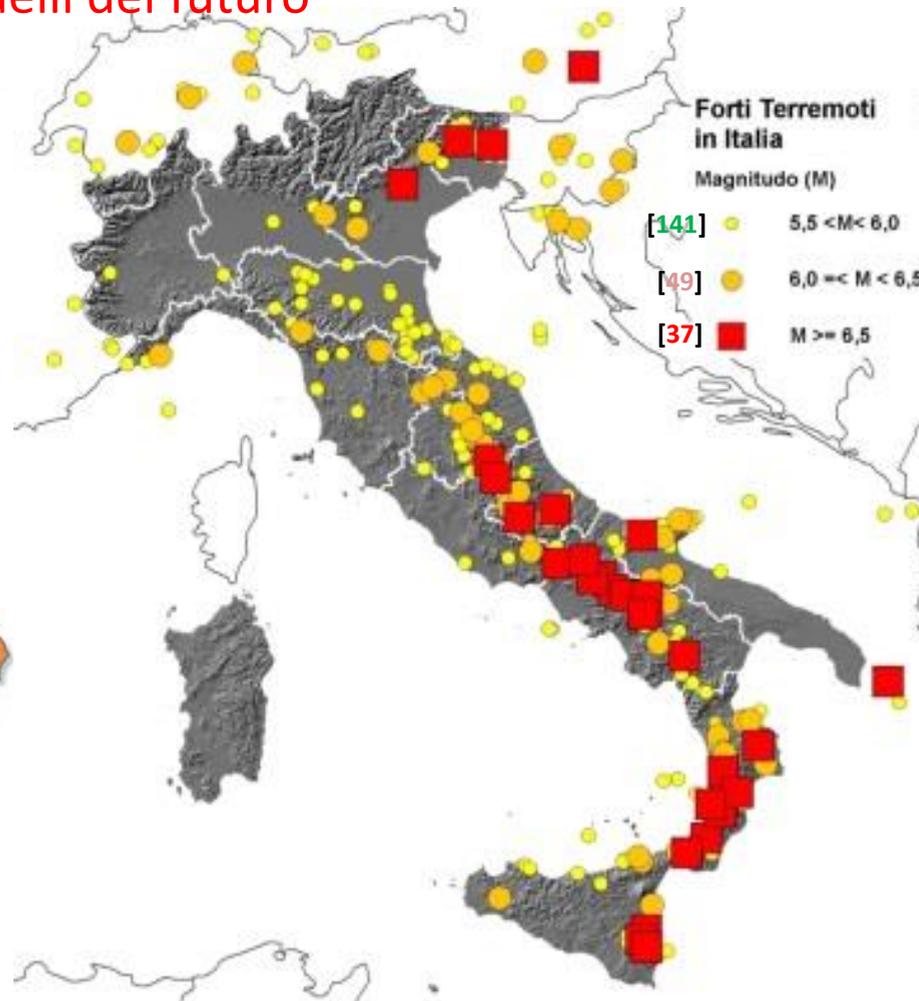


SCALA MCS (Mercalli Cancani Sieberg)

- dal X grado in su
- IX grado
- VIII grado
- VII grado
- dal VI grado in giù



Uno o due millenni di storia umana sono un intervallo di tempo del tutto trascurabile per l'evoluzione dei fenomeni geologici che stanno alla base dell'attività sismica: è quindi logico ritenere che le condizioni per generare forti terremoti nei secoli passati siano ancora presenti e quindi «capaci» di provocare in futuro altri eventi violenti nelle stesse aree.



Forti Terremoti in Italia

Magnitudo (M)

- [141] 5,5 < M < 6,0
- [49] 6,0 <= M < 6,5
- [37] M >= 6,5

In media - ogni cento anni - si verificano in Italia dai 7 ai 10 [dai 20 ai 30] terremoti di magnitudo superiore a 6.0 [a 5.5].

6.5 – 5.9 – 6.0 ITALIA CENTRALE 2016

6.3 ABRUZZO-L'AQUILA 2009

5.7 S. GIULIANO DI PUGLIA 2002

5.7-6.0 e 5.6 UMBRIA-MARCHE 1997

5.9 APPENNINO ABRUZZESE 1984

6.9 IRPINIA-BASILICATA 1980

5.9 VALNERINA 1979

6.4-5.8-6.1 e 6.0 FRIULI V.G. 1976

6.3 VALLE DEL BELICE 1968

5.8 e 6.1 IRPINIA 1962

5.7 CALABRIA CENTRALE 1947

5.8 ASCOLANO 1943

6.1 BOSCO CANSIGLIO 1936

6.0 MAIELLA 1933

5.8 SENIGALLIA 1930

6.6 VULTURE 1930

5.8 CARNIA 1928

7.0 AVEZZANO 1915

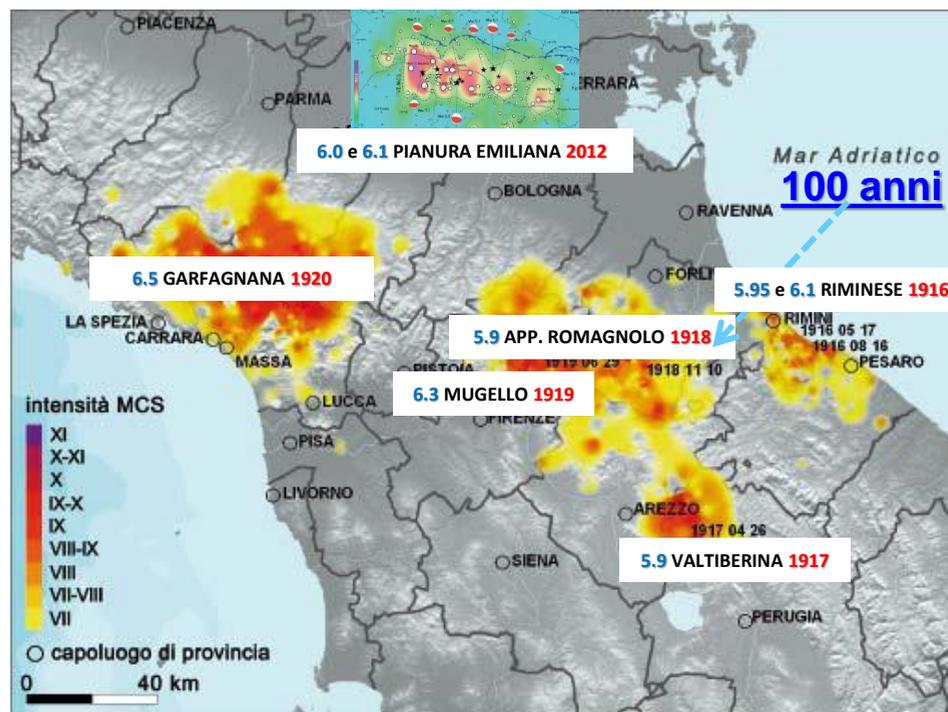
link 7.1 STRETTO DI MESSINA 1908

7.0 CALABRIA MERIDIONALE 1905

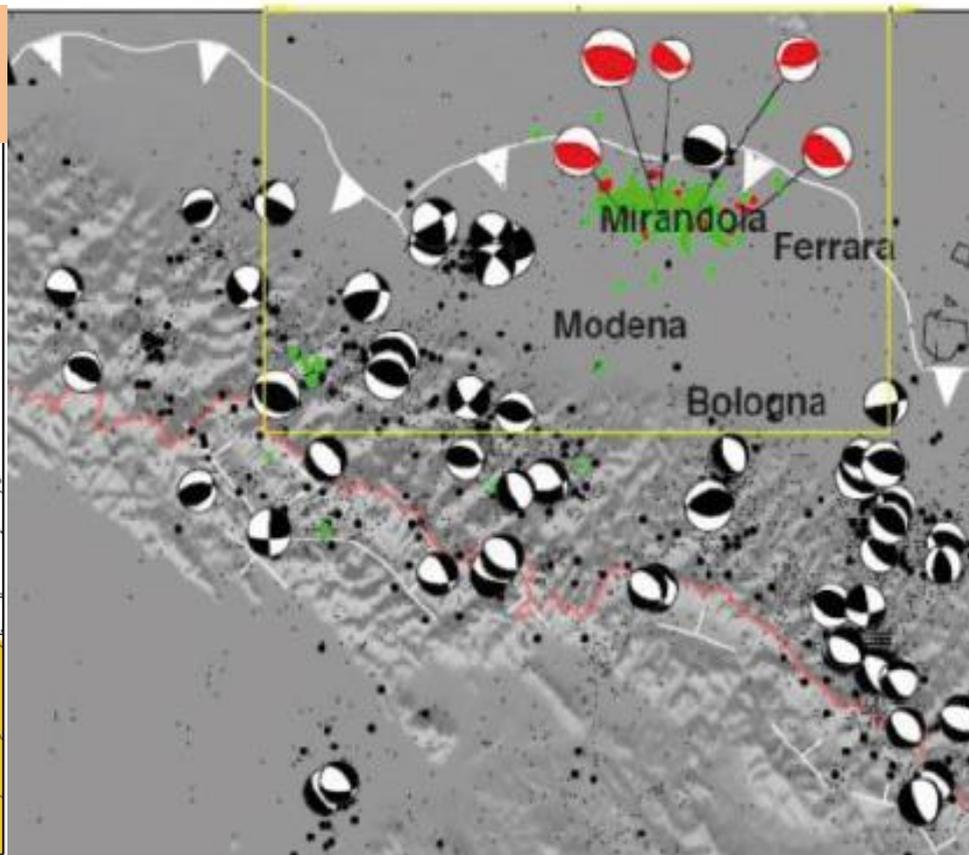
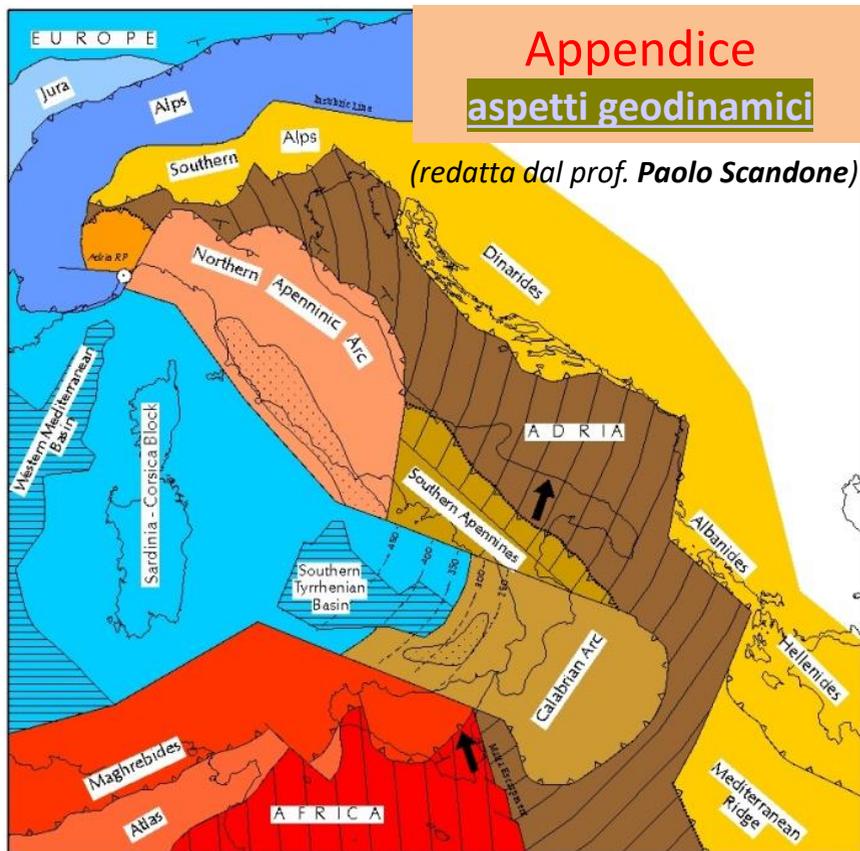
La storia sismica a ritroso di «recenti» 111 anni circa  
(*mainshock con Mw > 5.5*)

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>

Effetti sismici **cumulativi** delle distruttive sequenze di terremoti che colpiscono l'Appennino tosco-emiliano e romagnolo, parte di quello umbro e il riminese negli anni 1916, 1917, 1918, 1919 e 1920 [+ 2012]

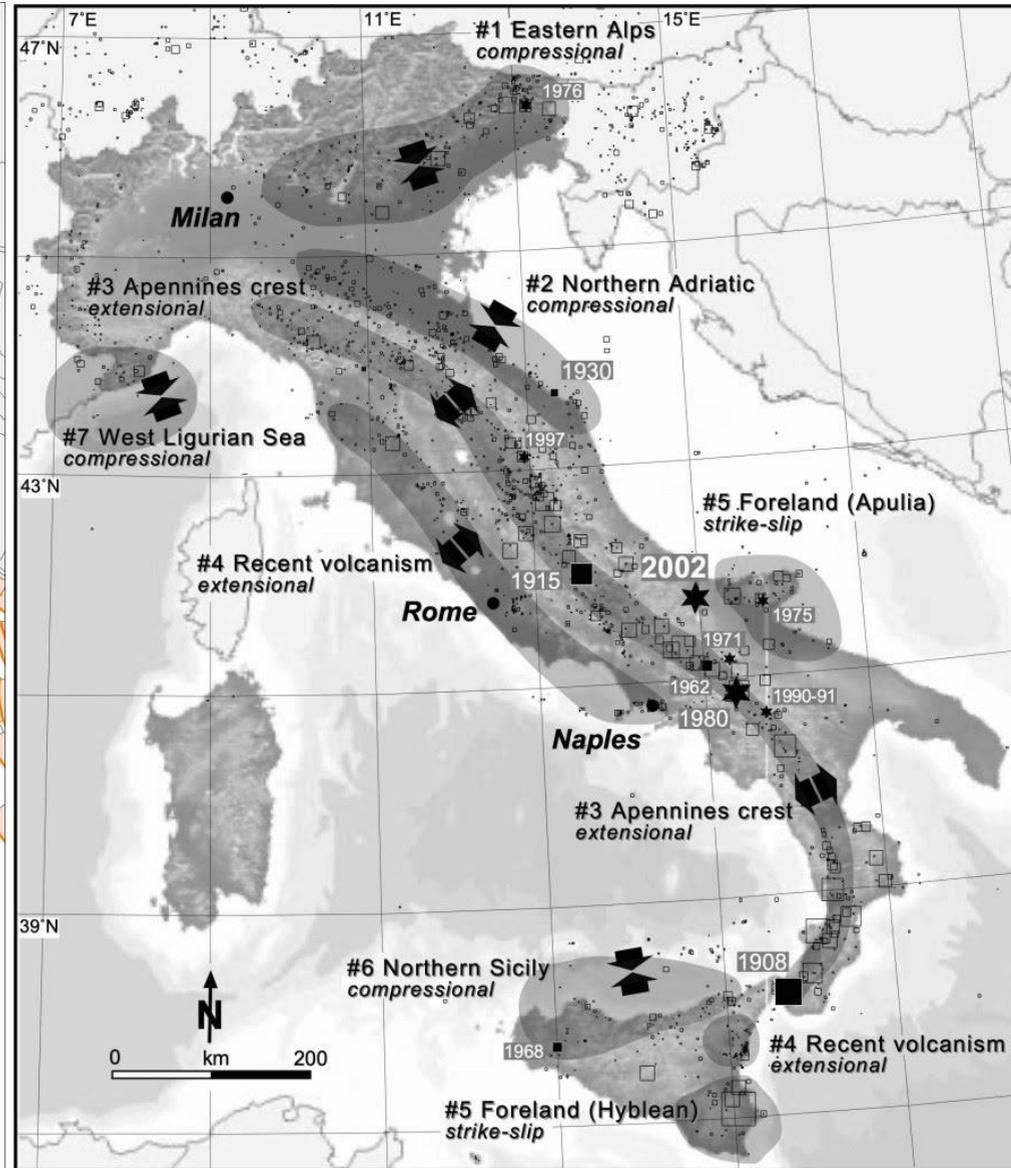
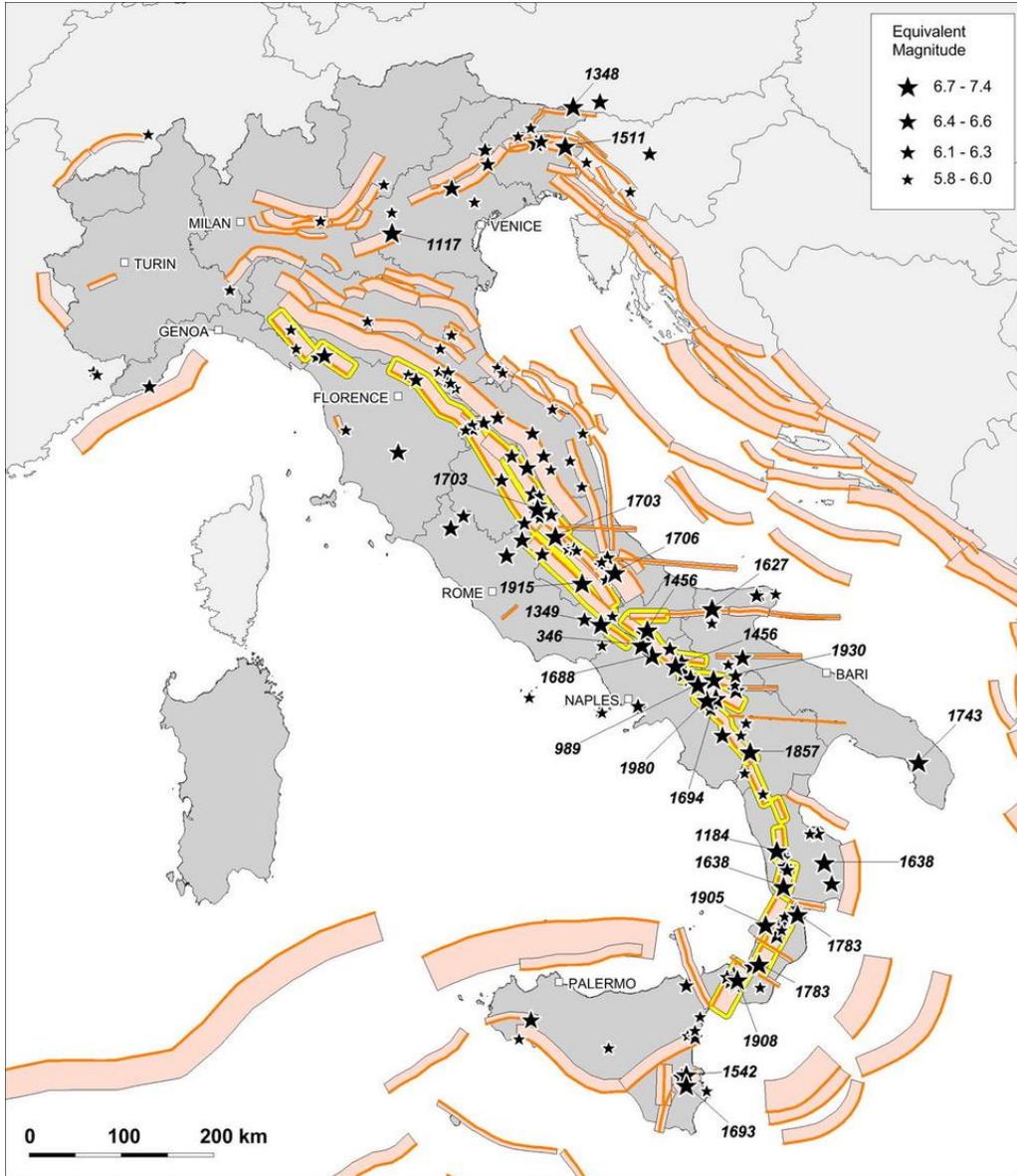


E. Guidoboni, G. Valensise *Il peso economico e sociale dei disastri sismici in Italia negli ultimi 150 anni 1861-2011*, Bologna, BUP, 2011 (pag. 415)



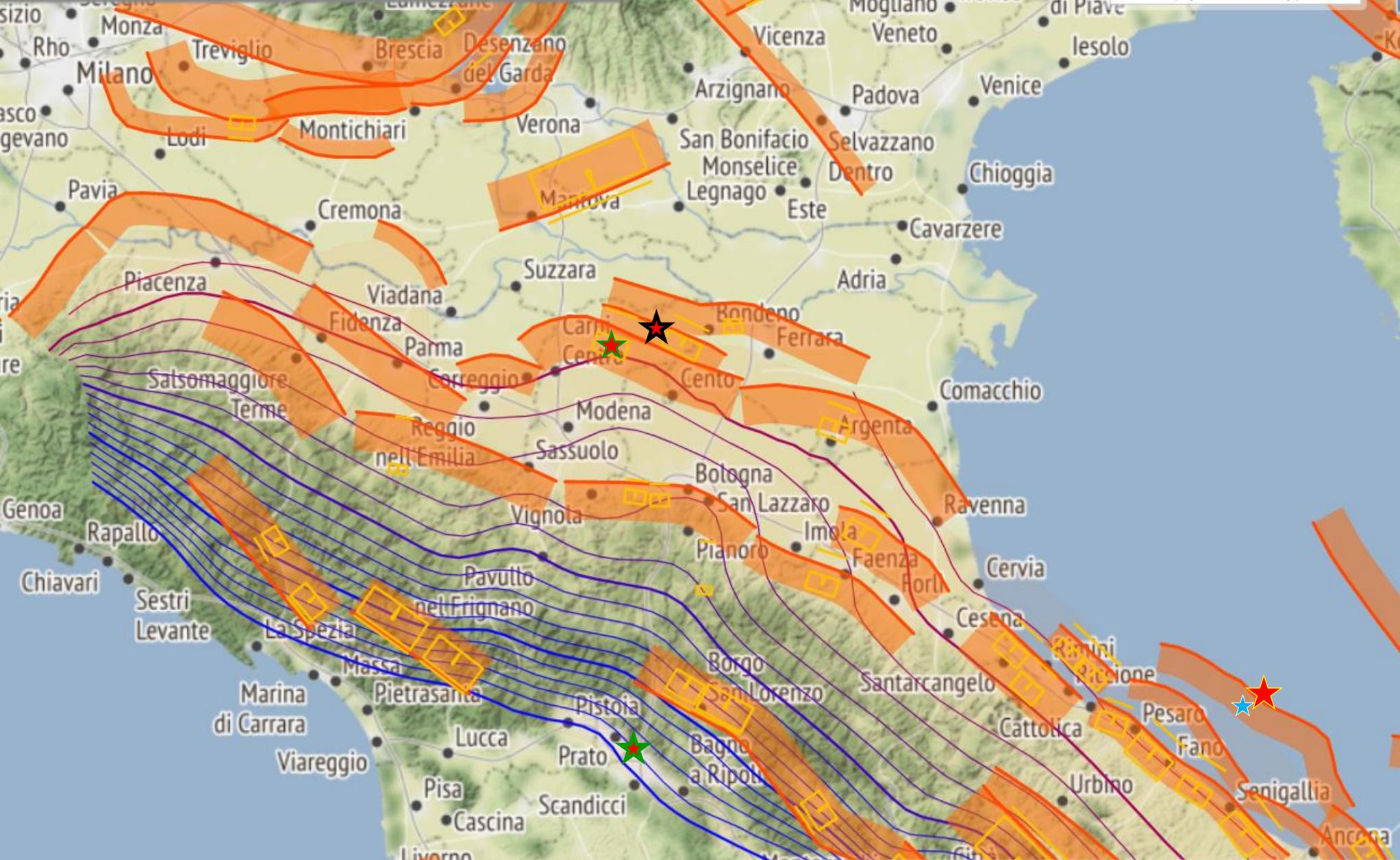
**Meccanismi focali dei terremoti - dal 1976 al 2012 - dell'Appennino settentrionale. In rosso quelli del 2012 nella pianura padana emiliana che evidenziano un fenomeno di compressione attivo.**

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



– L'immagine mostra le sorgenti sismogeniche composite (Composite Seismogenic Sources) tratte dal database DISS (DISS Working Group, 2015 <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>) e i più forti terremoti (Mw 5.8 e superiore) del catalogo CFT15Med. Ogni sorgente rappresenta la proiezione in superficie della presumibile estensione della faglia a profondità sismogenica.

Schema tettonico e geodinamico riassuntivo delle conoscenze accumulate all'epoca di accadimento dei terremoti del 2002. **Era noto che lungo la penisola si alternavano fasce parallele in estensione e compressione .....** <https://ingvterremoti.com/2022/11/03/i-terremoti-nel-molise-del-2002-la-geologia-e-la-sismotettonica/>

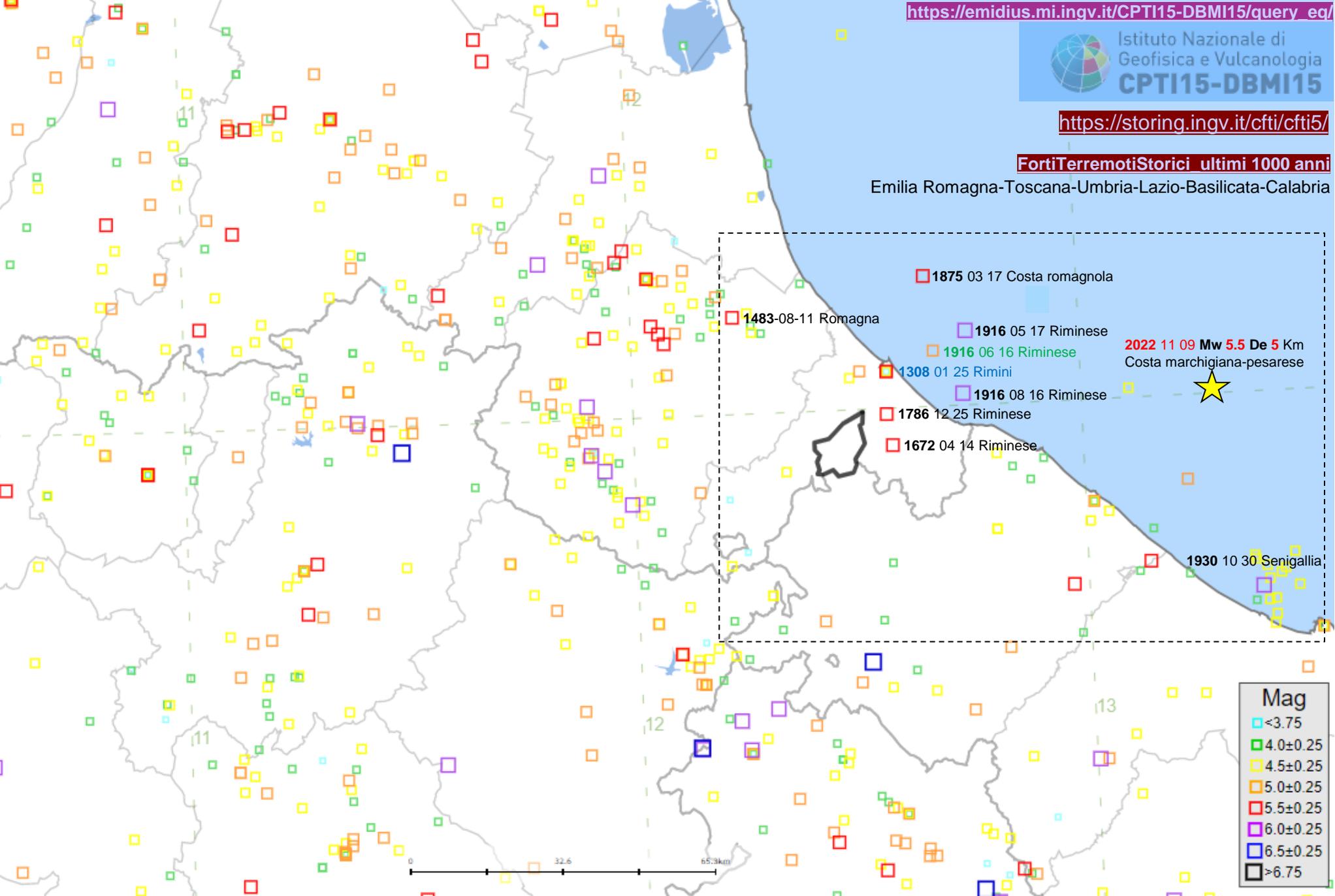


Data e Ora (Italia)	Mag.	Zona	De-km	Lat.	Lon.
20/05/2012 04:03	ML 5.9	Pianura MO-FE	9	44.90	11.26
29/05/2012 09:00	ML 5.8	Pianura MO-FE	8	44.84	11.07

Data e Ora (Italia)	Mag.	Zona	De-km	Lat.	Lon.
09/11/2022 07:07	ML 5.7	Costa Marchigiana Pesarese	5	44.01	13.32
20/11/2022 06:20	ML 4.3	Costa Marchigiana Pesarese	10	43.90	13.26

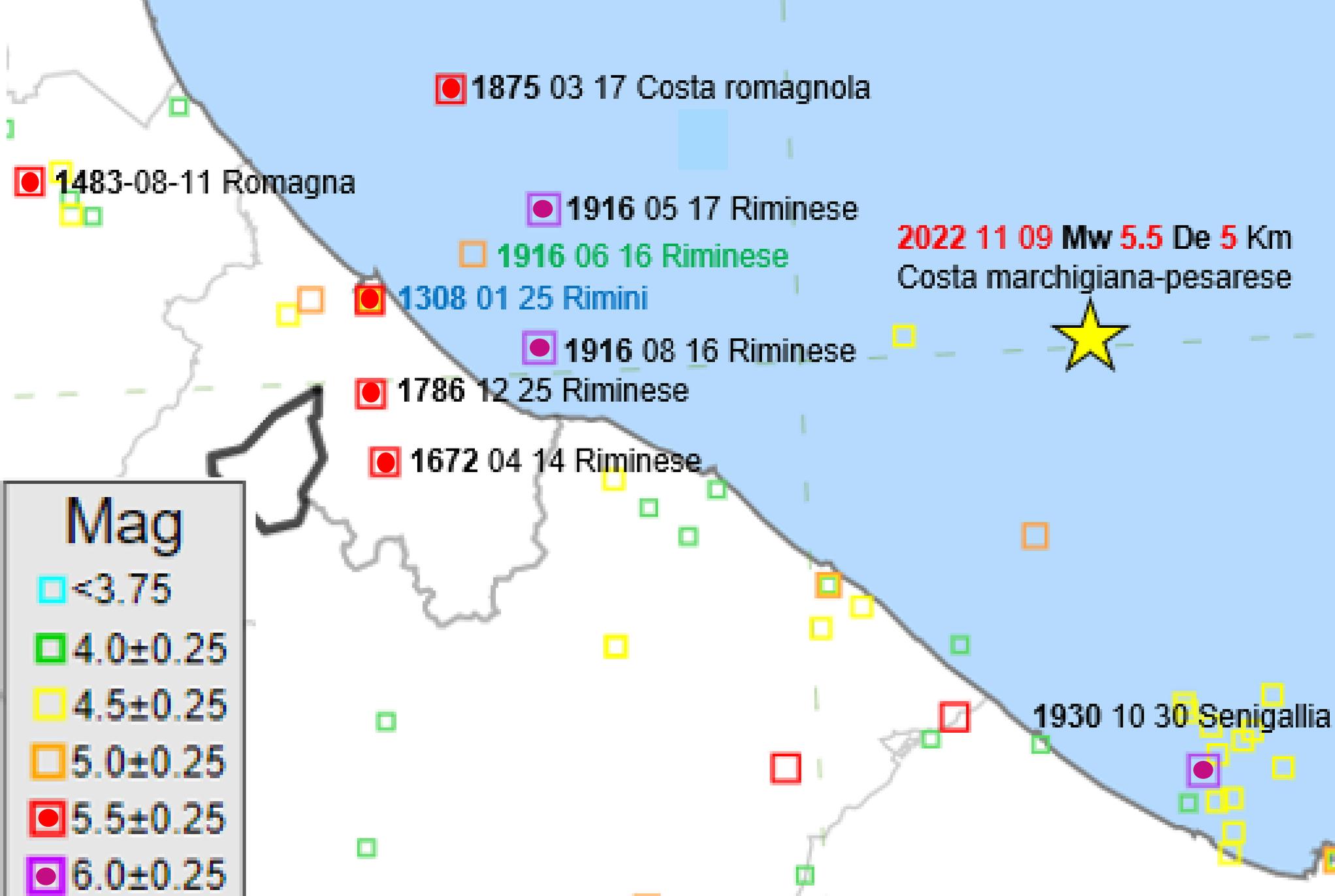
**Forti Terremoti Storici ultimi 1000 anni**

Emilia Romagna-Toscana-Umbria-Lazio-Basilicata-Calabria

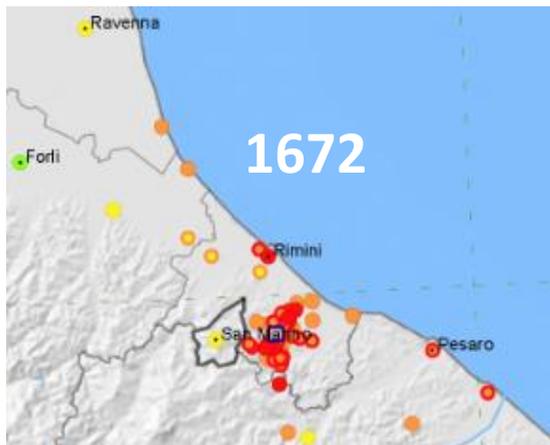


**2022 11 09 Mw 5.5 De 5 Km**  
Costa marchigiana-pesarese





# Principali terremoti storici SETTORE RIMINESE

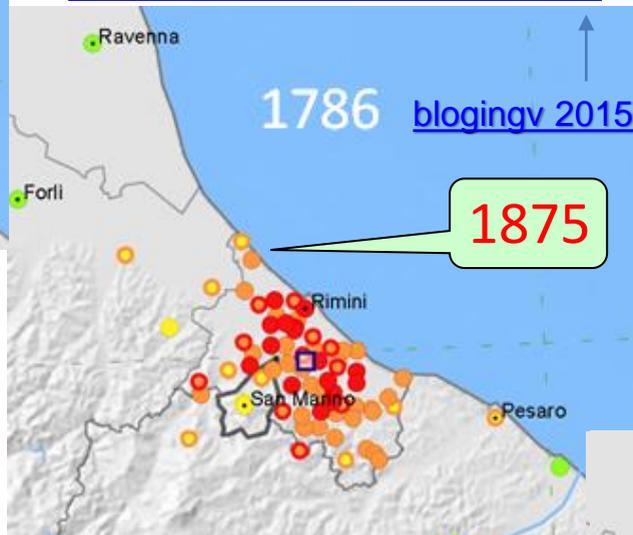


1672

<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>  
consultazione per terremoto



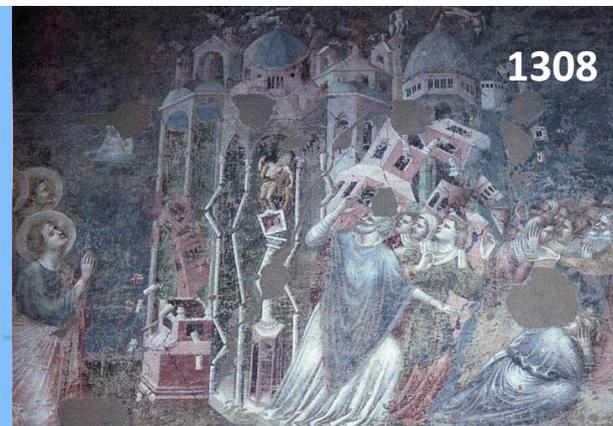
<https://ingvterremoti.com/2015/12/31/i-terremoti-nella-storia-il-terremoto-della-notte-di-natale-rimini-25-dicembre-1786/>



1786

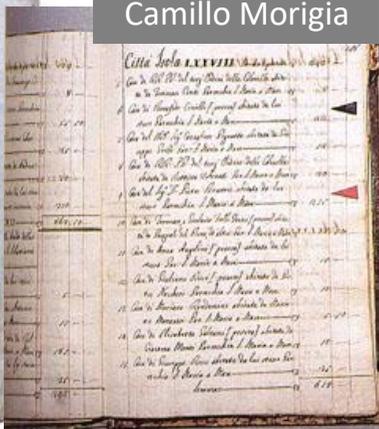
[blogingv 2015](#)

1875



1308

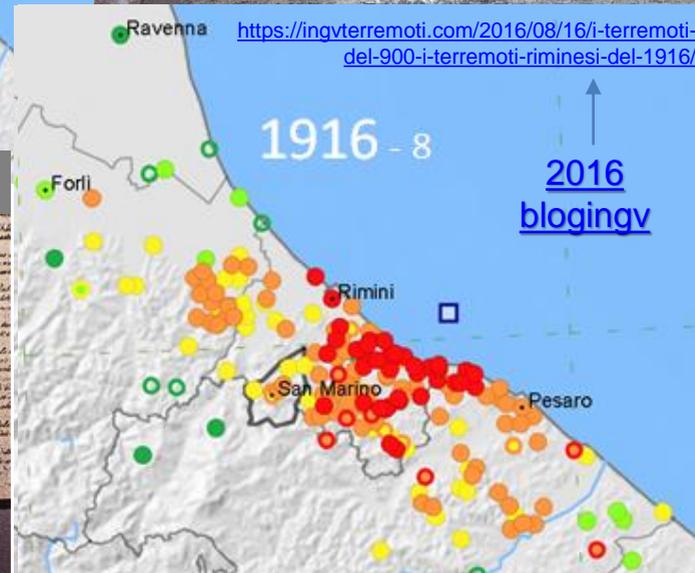
MI B-10 (537) TX A 25 (39)  
**NARRAZIONE**  
DELL' ORRIBILE TERREMOTO  
SENTITOSI NELLA CITTA' DI RIMINO  
Dopo la mezza notte della Vigilia del Santo Natale  
dell' anno scorso 1786.  
DEDICATA  
All' Emo, e Revmo Sig. Cardinale  
**GREGORIO CHIARAMONTI**  
VESCOVO, E CONTE D' IMOLA  
D A  
D. MATTEO ASTOLFI  
Arciprete d. S: Maria in Corte di Rimino.  
  
**IN CESENA**  
PER GREGORIO BIASINI ALL' INSEGNA DI PALLADE  
Con Licenza de' Superiori.  
1787



Camillo Morigia



Giuseppe Valadier

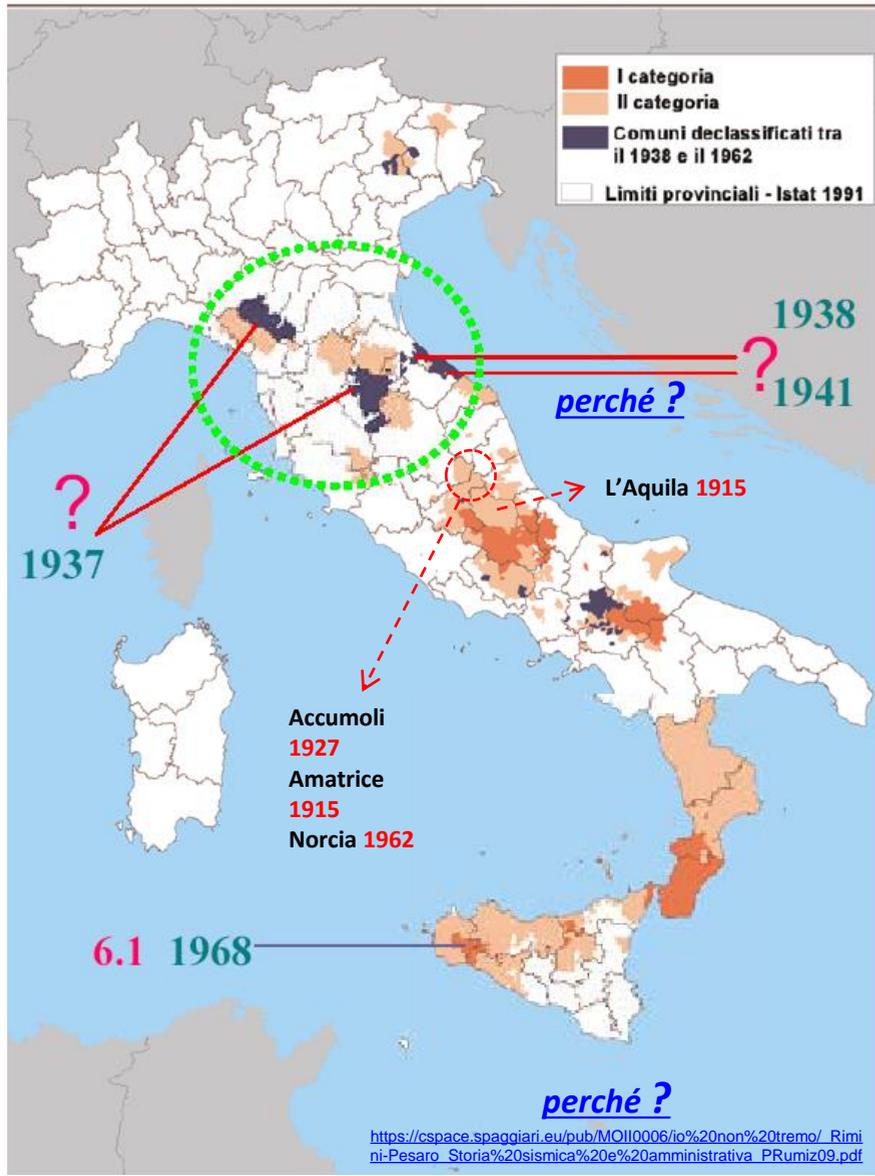


1916 - 8

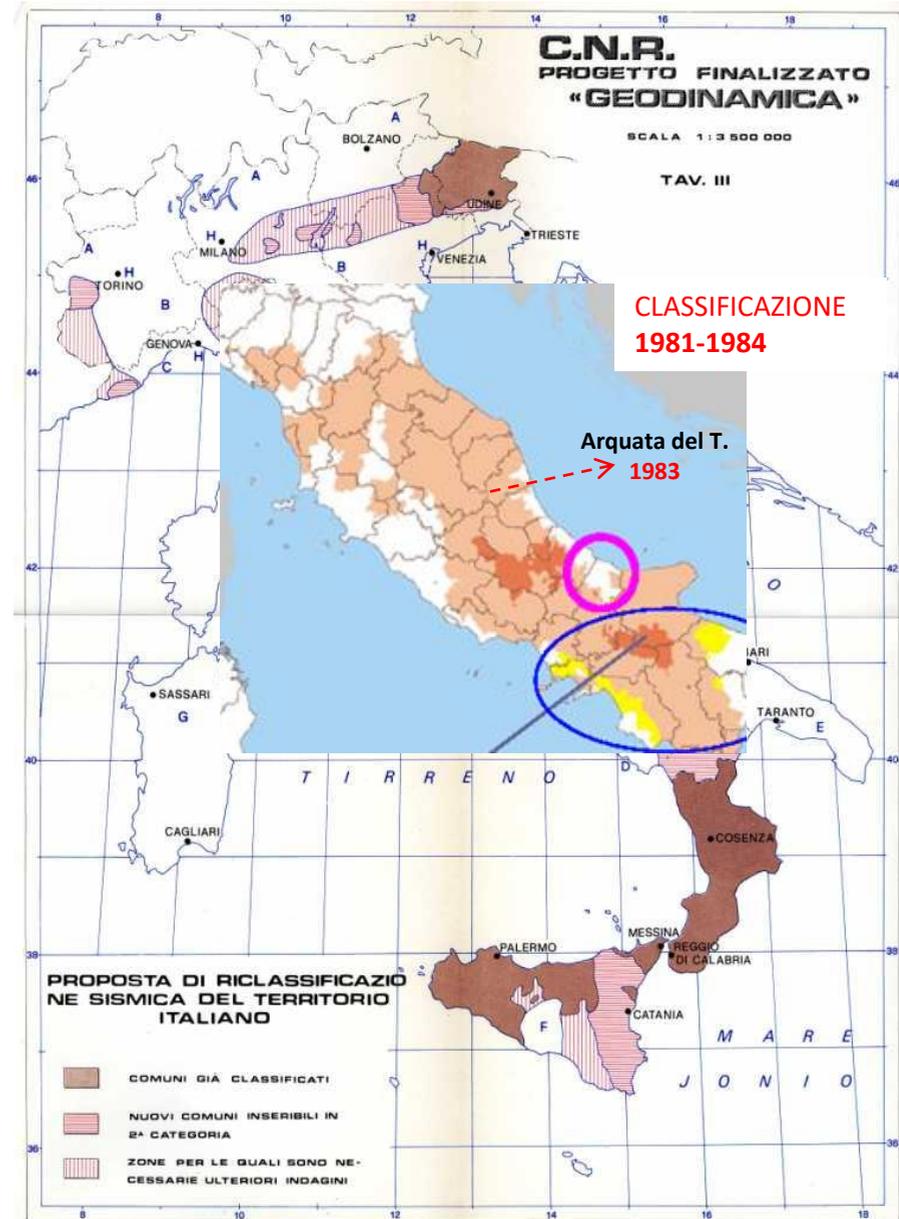
[2016](#)  
[blogingv](#)

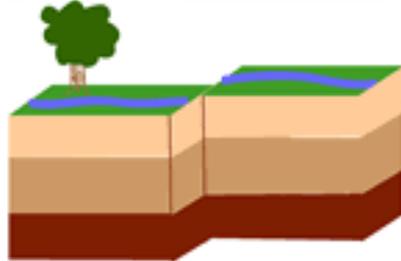
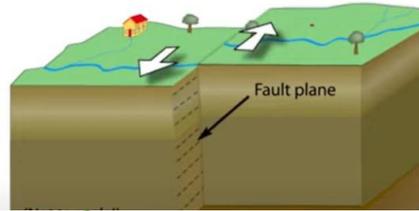
<https://ingvterremoti.com/2016/08/16/i-terremoti-del-900-i-terremoti-riminesi-del-1916/>

# La classificazione alla fine del 1975 con validità estesa fino al 1981÷1984

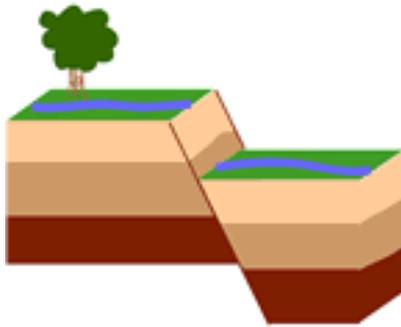


# La proposta P.F.G. – C.N.R. 1981

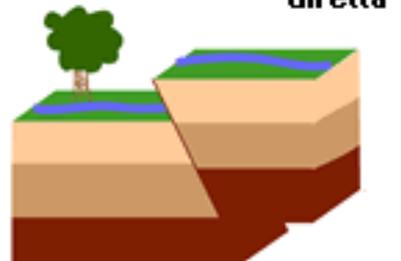




trascorrente



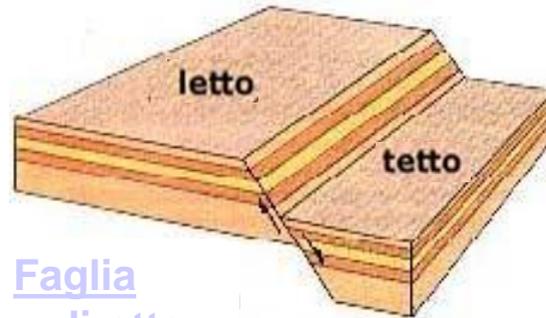
diretta



inversa

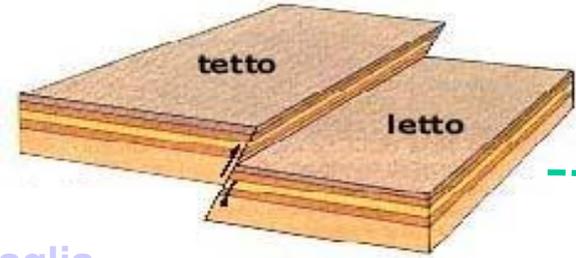
# MECCANISMI DI FAGLIA

[https://youtu.be/r5fS\\_4MA44](https://youtu.be/r5fS_4MA44)



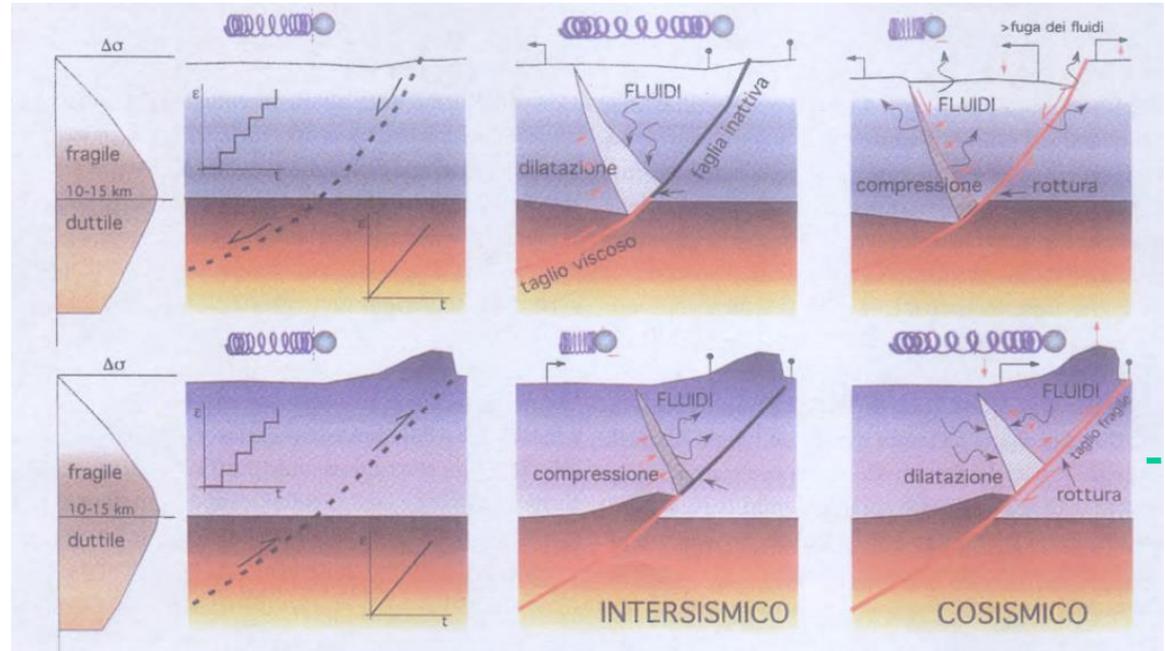
Faglia diretta

<https://youtu.be/tJDnFT1pqhQ>



Faglia inversa

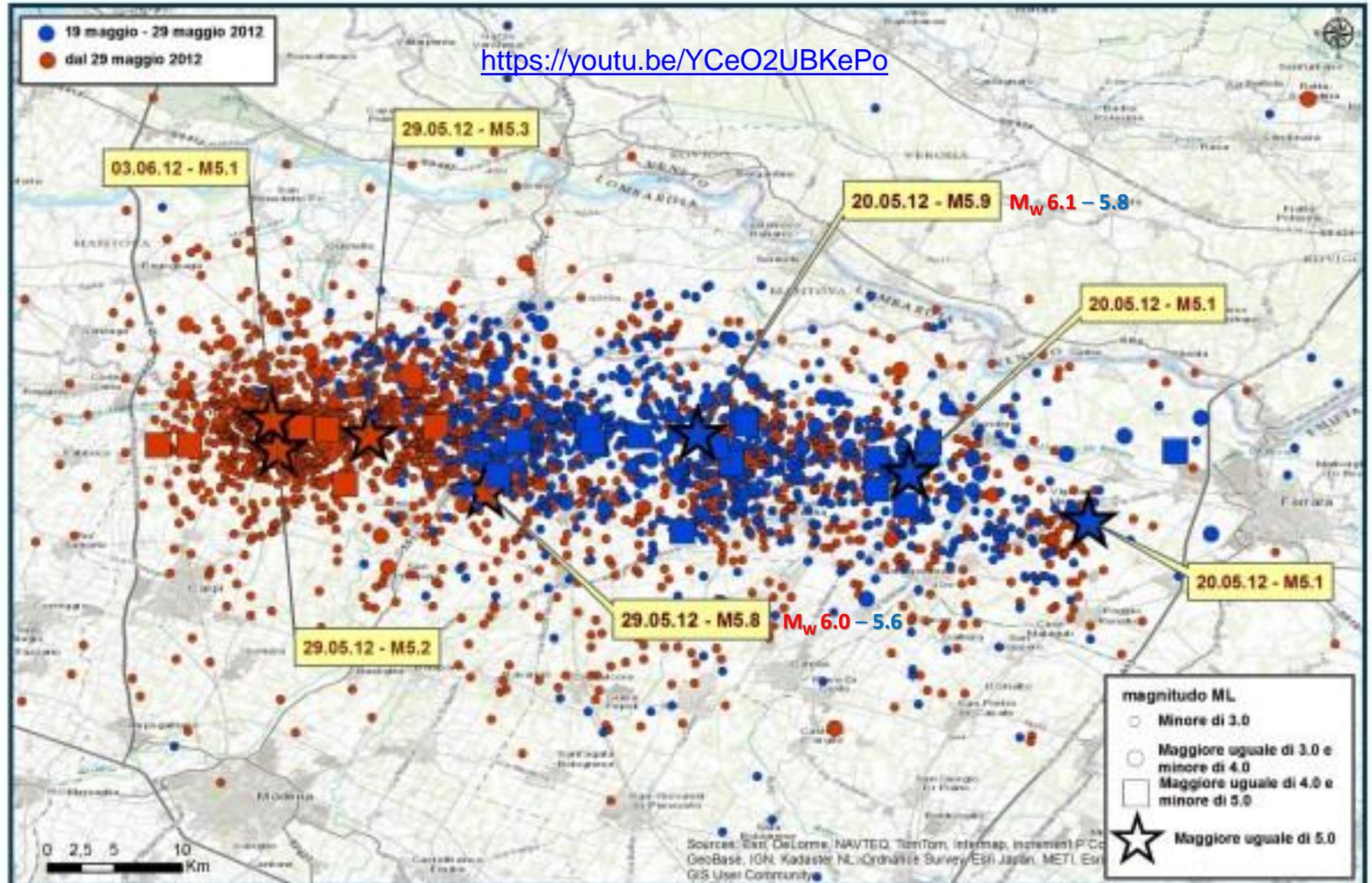
<https://youtu.be/4b81nXSVA34>



*Il cammino dell'uomo tra mito e scienza*, T.Mucci (2014) / **Terremoti**, C.Dogliani (2014)

<https://cspace.spaggiari.eu/pub/MOII0006/io%20non%20tremo/Terremoti.pdf>

# SEQUENZA Pianura Padana Emiliana <https://youtu.be/vqcZOSupPMg>



Evoluzione idrografica del Po, immagini estratte da:

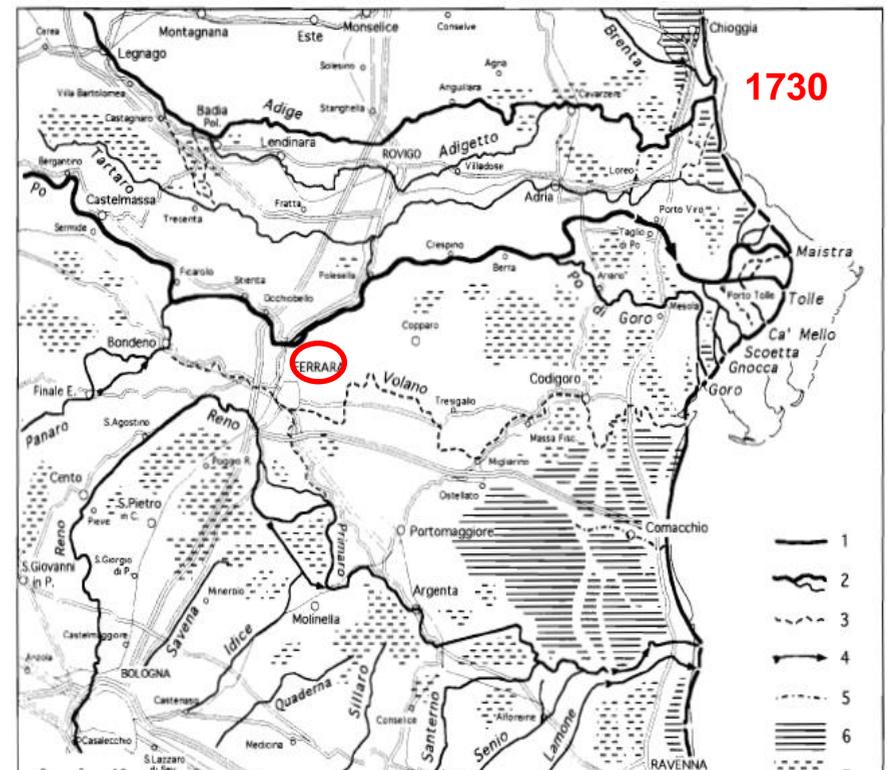
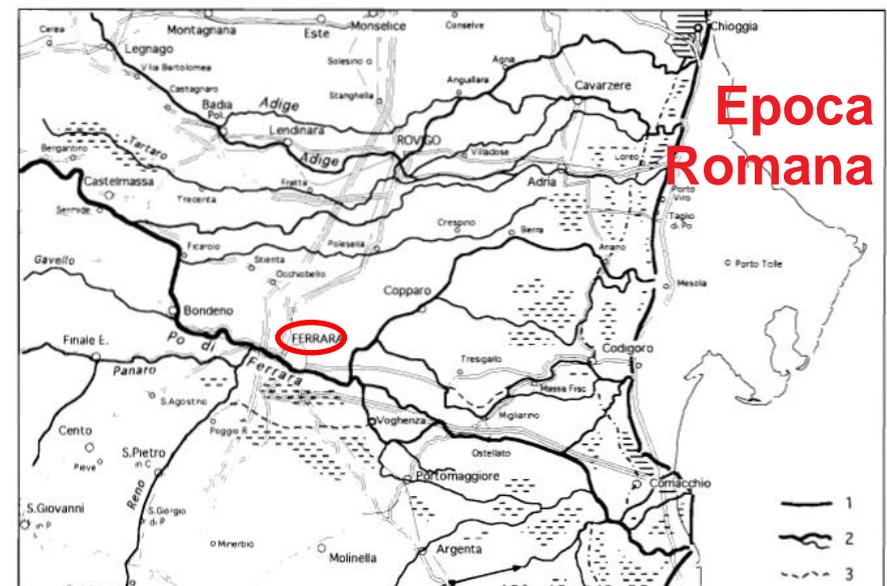
«L'evoluzione idrografica e ambientale della pianura ferrarese negli ultimi 3.000 anni», Marco Bondesan, su *Storia di Ferrara*, Corbo 2001

**Risulta evidente la tendenza nel tempo del fiume a spostarsi più a nord**

*“Il terremoto del 1570 non spostò il fiume Po ma fu un sintomo ulteriore dei movimenti che hanno fatto mutare direzione al fiume.*

*La grande mutazione fu quella che nel XII secolo fu chiamata la Rotta di Ficarolo.*

*L'inaridimento dei rami meridionali del fiume dipendeva dal fatto che Ferrara sta su una cuspide detta "Dorsale ferrarese"”*



**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 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.***

***Gli effetti distruttivi di un terremoto si incrementano se le case sono costruite su rocce poco consolidate in cui le onde sismiche rallentano e aumentano in ampiezza e durata.***

Le onde caratterizzate da bassa frequenza/elevata ampiezza possono essere le più distruttive in bacini sedimentari non consolidati. [https://youtu.be/536xSZ\\_XkSs](https://youtu.be/536xSZ_XkSs)

## Effetti di sito



1. Roccia di base solida

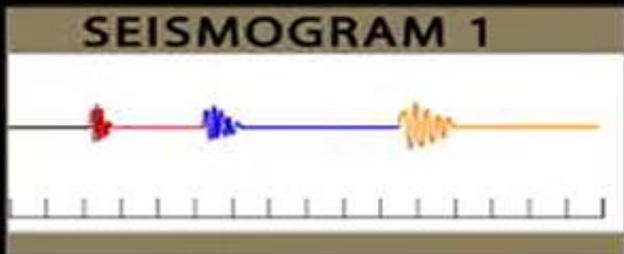
2. Sedimento scarsamente consolidato

3. Sabbie e limi saturi d'acqua

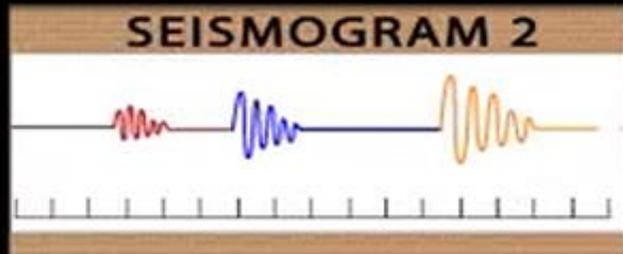
Alta frequenza/bassa ampiezza ←

→ Bassa frequenza/elevata ampiezza

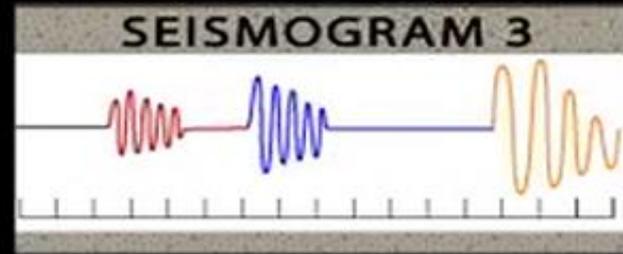
SEISMOGRAM 1



SEISMOGRAM 2



SEISMOGRAM 3



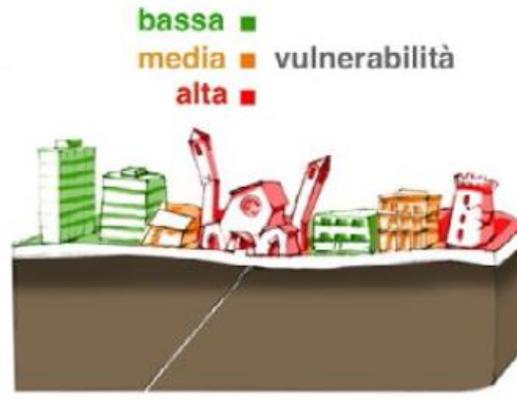
P



E

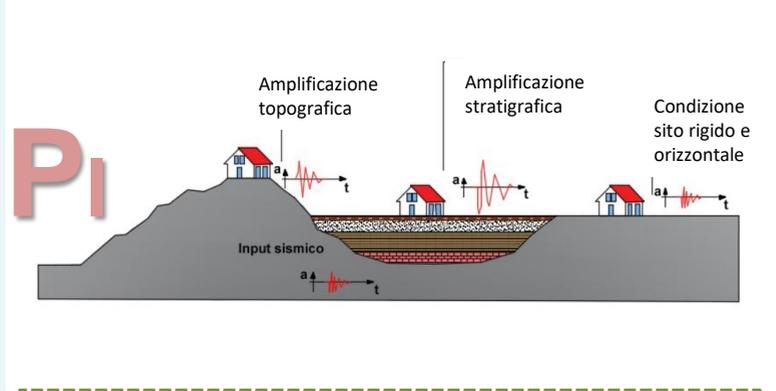


V



Sintesi grafica degli elementi che determinano il Rischio Sismico ([INGV faq-domande-frequenti](#))

$P_b * P_i$



I FATTORI DEL RISCHIO SISMICO **R**

$$R = P * E * V$$

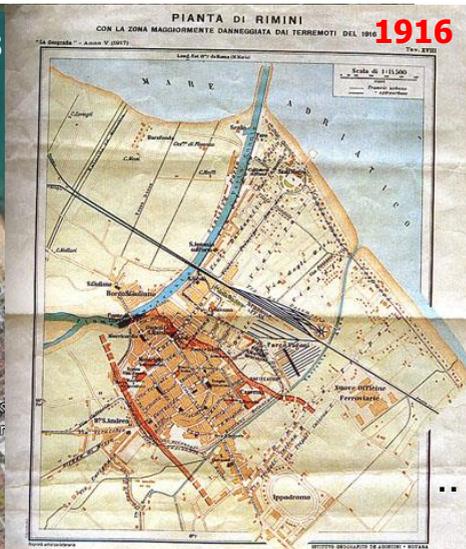
**Approccio consapevole è chiedersi:**  
**che cosa RISCHIO? quanto RISCHIO?**  
**IL RISCHIO NON È MAI NULLO!**  
**MA SI PUÒ E SI DEVE RIDURRE! Come ?**  
**intervenendo sulle vulnerabilità **V****  
**con idonee priorità !!!**

# ESPOSIZIONE

**Blog 2012** <https://www.federicapiersimoni.it/rimini/il-terremoto-a-rimini-quello-che-non-sai-della-riviera-del-divertimento/>

Il Terremoto a Rimini, Quello che non sai della Riviera del Divertimento

*«Questo post doveva uscire a dicembre 2011, poi ho iniziato a tentennare, ho pensato che forse non è sempre bene dire quello che si pensa e si sa, non è sempre bene fare ricerche... Ora mi sento male per aver tardato e per aver sprecato così tanto tempo...»*



# VULNERABILITA'

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

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. Capichieve delle catene al primo piano.

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

**Emilia: crisi sismica 2012 ( $M_W$  6.1) e capannoni ...**



.. chiese, campanili e torri .. e .. strutture miste ...

**Italia Centrale 24 agosto 2016 ( $M_W$  6.2)**

**Conferenza in regione E.R. 26 giugno 2009 su «prevenzione sismica»:** video di presentazione <https://youtu.be/Lo6lI9YY2jc>

# Le azioni sulle strutture

Azione del  
VENTO

Q

Carico su  
Solai e Scale

Esistenza di tensioni in  
elementi strutturali:

es. una trave



Sovraccarico da NEVE

Q

Sovraccarico  
PERSONE

Peso Proprio  
della costruzione

$G_1 + G_2$

Cedimenti delle  
fondazioni

Azione del  
SISMA

E



Tu e il terremoto

<https://youtu.be/ZbLPYG7PkrU>

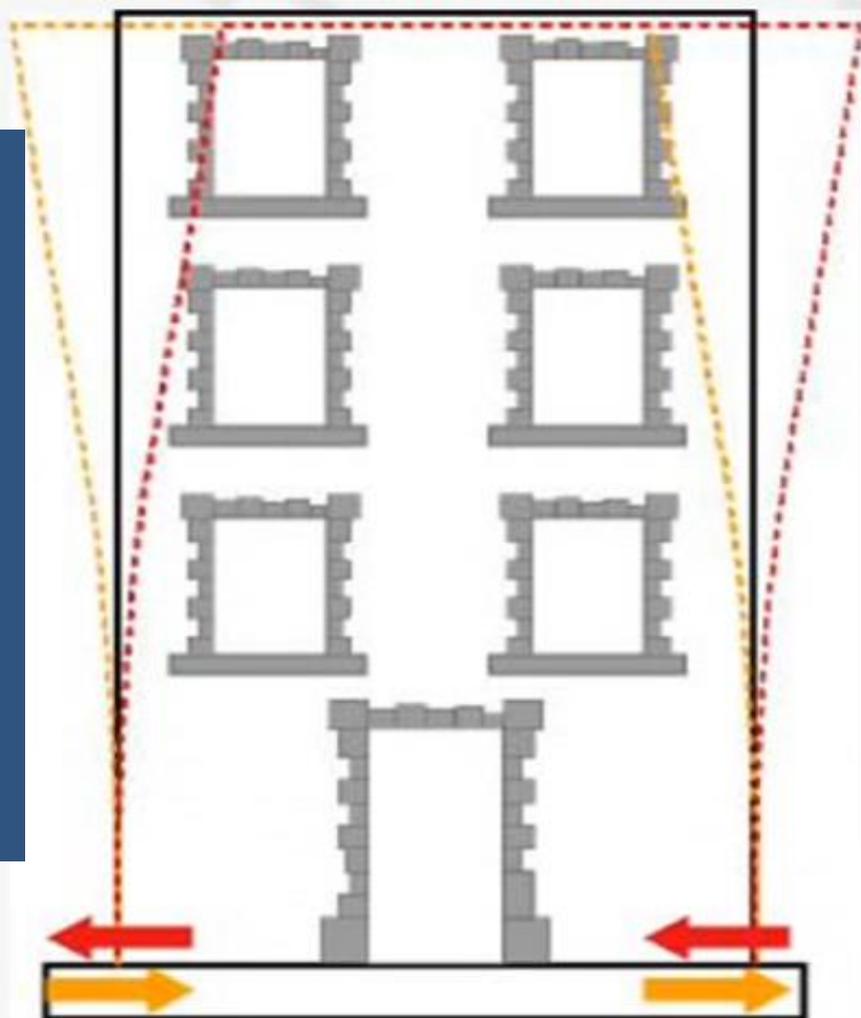
**TAVOLA VIBRANTE ...**  
*...per una iniziale  
informazione didattica*



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.

*Titolo e prime due frasi del documento CTS  
revisionato allora dal compianto Prof. Piero POZZATI*

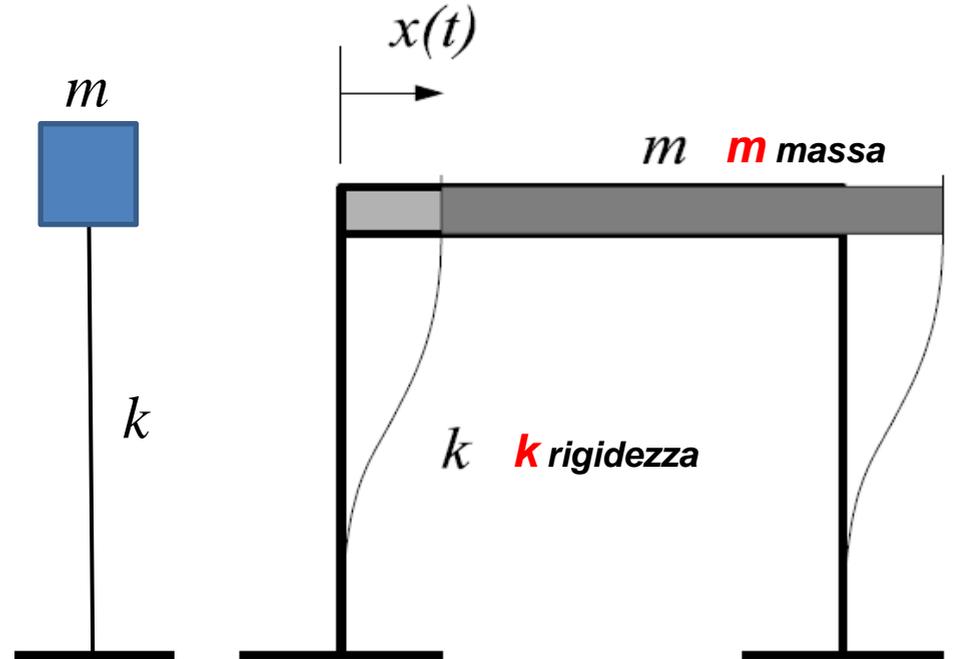
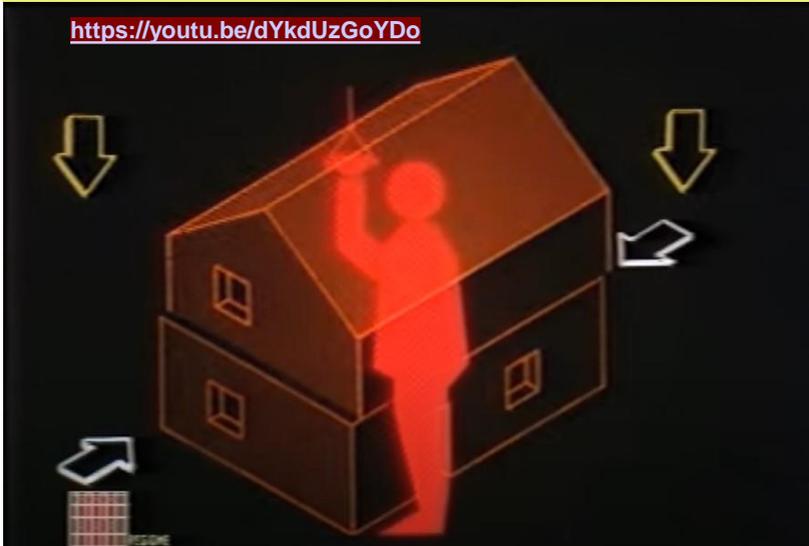


## Moto ondulatorio

Le fondazioni, quando vengono raggiunte dalle onde sismiche, le trasmettono alla sovrastruttura provocando l'oscillazione dell'edificio. 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 rigidità e dalla massa dell'edificio.

# FORZE DI INERZIA

<https://youtu.be/dYkdUzGoYDo>



Se il cinematismo è descrivibile con un solo grado di libertà, la struttura può essere assimilata ad una **massa-*m***, vincolata – nella direzione del grado di libertà – da una molla elastica di **rigidezza-*k***.

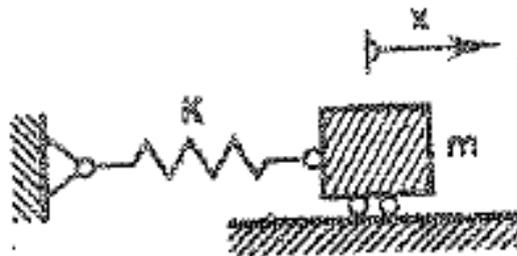
## Oscillatori elementari

a un grado di libertà (1 GdL):

hanno un loro **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)**:

$$f_1 = 1/T_1 \longrightarrow [T_1 = 1/f_1].$$



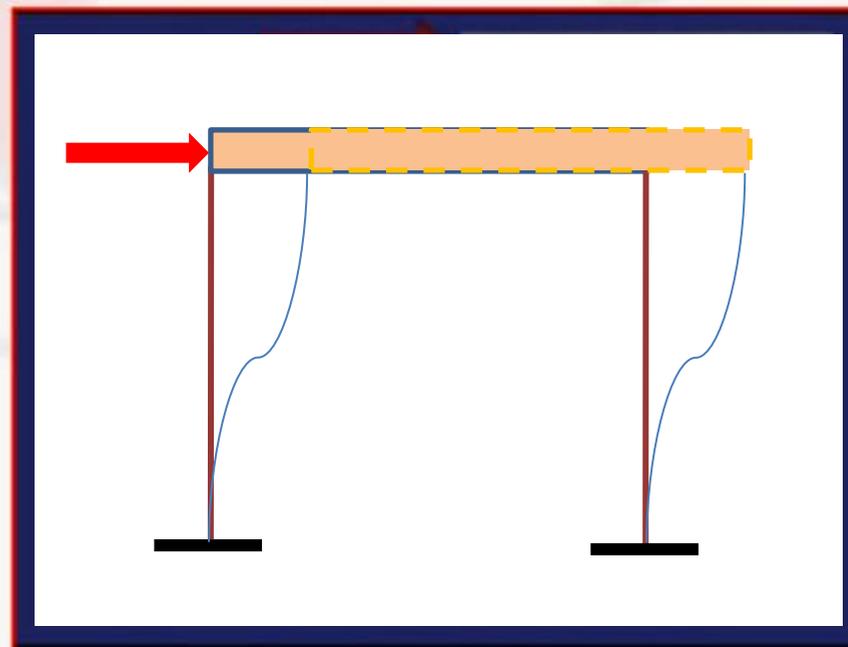
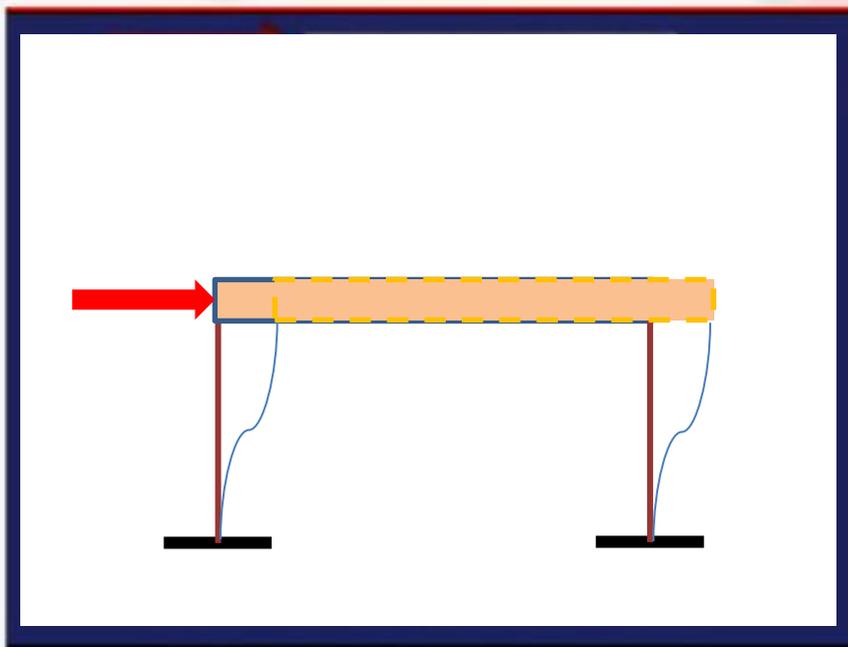
Legge di HOOKE

Forza Elastica

$$F = -K \cdot x$$

## PIU' RIGIDO

*Una struttura è più rigida di un'altra quando, a parità di forza applicata, si deforma in misura minore*

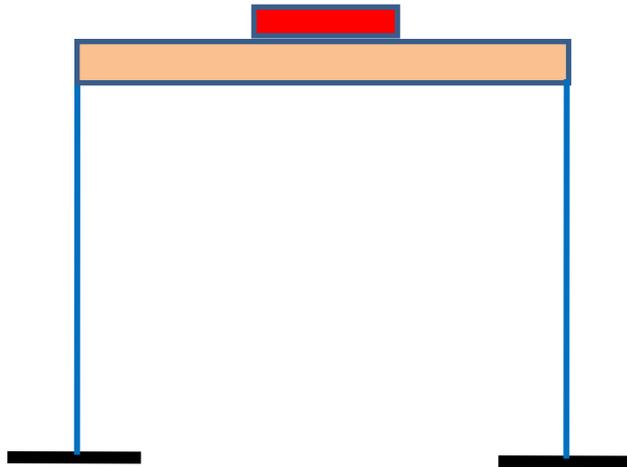


La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) aumenta con la sua rigidità

## CON PIU' MASSA

## CON MENO MASSA

*Il terremoto genera accelerazioni che inducono forze  
tanto più alte quanto maggiore è la massa*



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

## CON PIU' MASSA

*Il terremoto genera accelerazioni che inducono forze tanto più alte quanto maggiore è la massa*

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

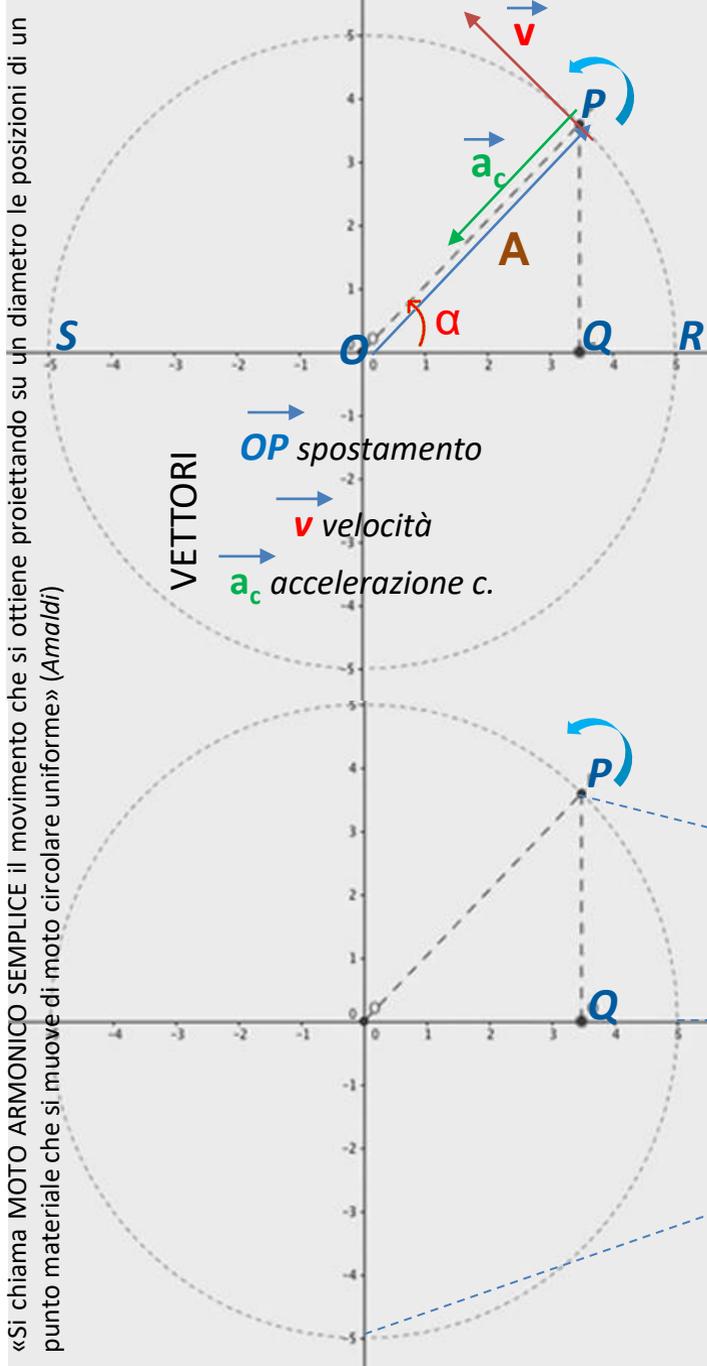
## CON MENO MASSA



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

*(N.B. è però sottintesa la **regolarità di distribuzione spaziale delle masse**)*

«Si chiama **MOTO ARMONICO SEMPLICE** il movimento che si ottiene proiettando su un diametro le posizioni di un punto materiale che si muove di moto circolare uniforme» (Amaidi)



## Moto del punto P

### Moto Circolare Uniforme - MCU

raggio  $A$ ; periodo  $T$  (s); frequenza  $f = 1/T$  (Hz)

velocità angolare  $\omega = 2\pi/T$  (rad/s)  $\Leftrightarrow \omega = 2\pi \cdot f$

modulo velocità  $|v| = 2\pi \cdot A/T = \omega \cdot A$

modulo accelerazione centripeta  $|a_c| = \omega^2 \cdot A$

Moto del punto Q (proiezione del moto di P su diametro RS)

### Moto Armonico Semplice - MAS

ampiezza  $A$ ; periodo  $T$  (s); frequenza  $f = 1/T$  (Hz)

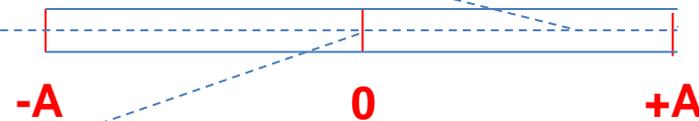
pulsazione  $\omega = 2\pi/T$  (rad/s)  $\Leftrightarrow \omega = 2\pi \cdot f$

«... motoriduttore con albero verticale ... sulla cui parte superiore è calettato un albero con perno, eccentrico di 3,5 mm (e conseguente corsa totale di 7 mm), sul quale è a sua volta montata una bielletta a due testine snodabili...

MECCANISMO  
BIELLA-MANOVELLA

TVB\_2016

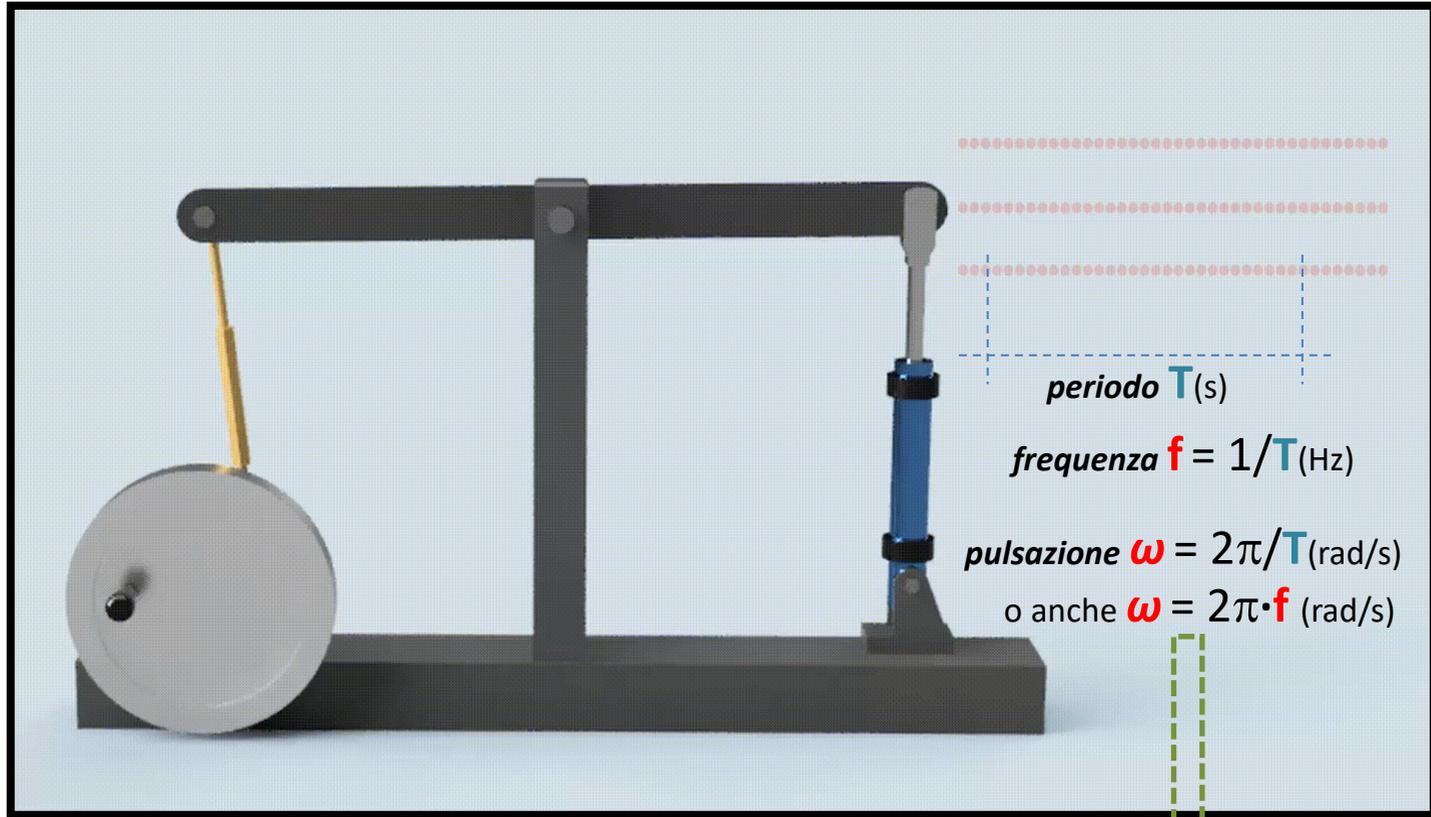
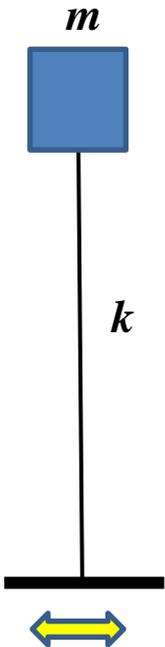
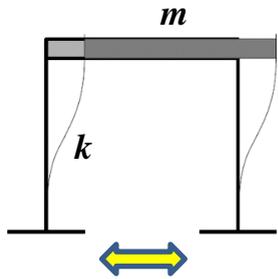
[Manuale tecnico](#)



«...Sulla parte superiore della struttura sono posizionate due guide lineari parallele con relative boccole scorrevoli che sostengono il piano il cui movimento oscillatorio è determinato dal fissaggio della bielletta allo stesso piano.»

# Biella-manovella

Studio di armoniche semplici

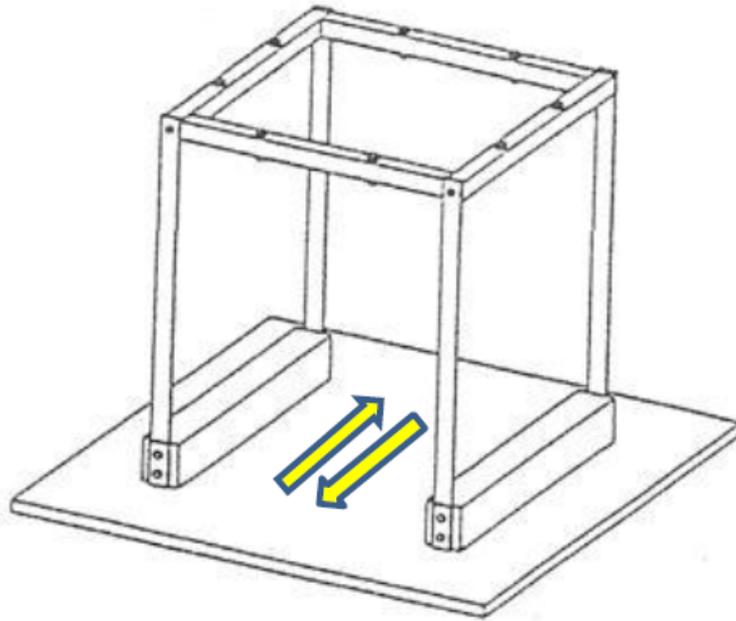


Esiste valore critico  $f_1$  (e -quindi- anche valori critici  $T_1$  e  $\omega_1$ ): «**risonanza**»  
DOCUMENTO DIDATTICO 2011  
dice ... **Si può dimostrare che:**

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$
$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

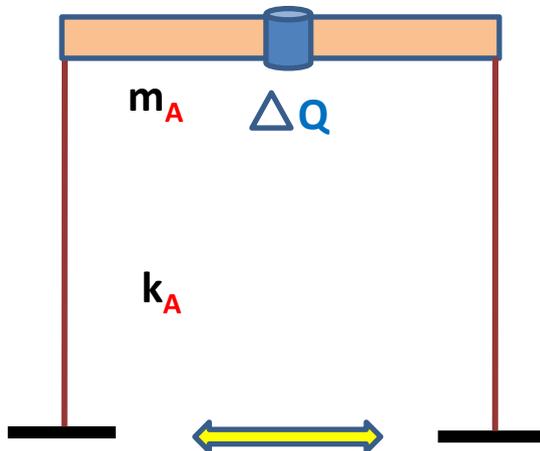
[È però possibile una dimostrazione «semplice»: es. con guida del docente di matematica]



Il caso più semplice è quello di un modello di struttura intelaiata «regolare» di un solo piano fuori terra, quindi con un solo «grado di libertà» (1 G.d.L., ossia lo spostamento del «solaio» rispetto alla «fondazione»), supponendo che tale movimento -per simmetria- si sviluppi sul piano, nella direzione delle frecce gialle che è quella di maggiore flessibilità del modello. E, sempre in tale direzione, le caratteristiche dei materiali e le dimensioni di questo modello (come dei successivi), sono tali da garantire notevole flessibilità dei piedritti («pilastri») sia rispetto alla fondazione che alla intelaiatura di piano («solaio»).

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$



$f_1$ (Hz)	1,50	1,00
$T_1$ (s)	0,67	1,00

Con incremento di massa pari a  $\Delta Q$  di 270 g

$$T_1 = 1/f_1$$

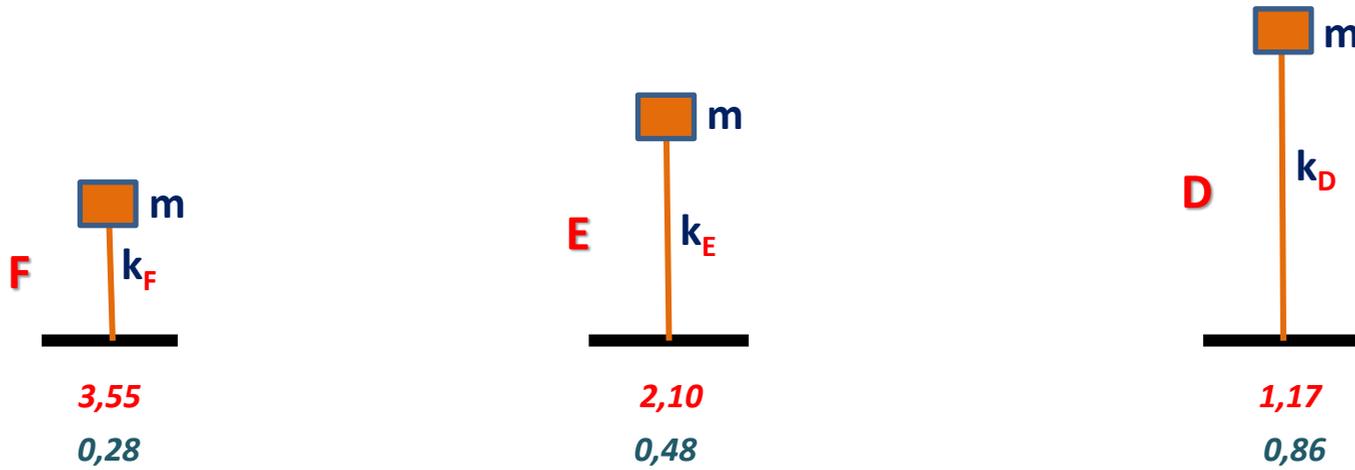
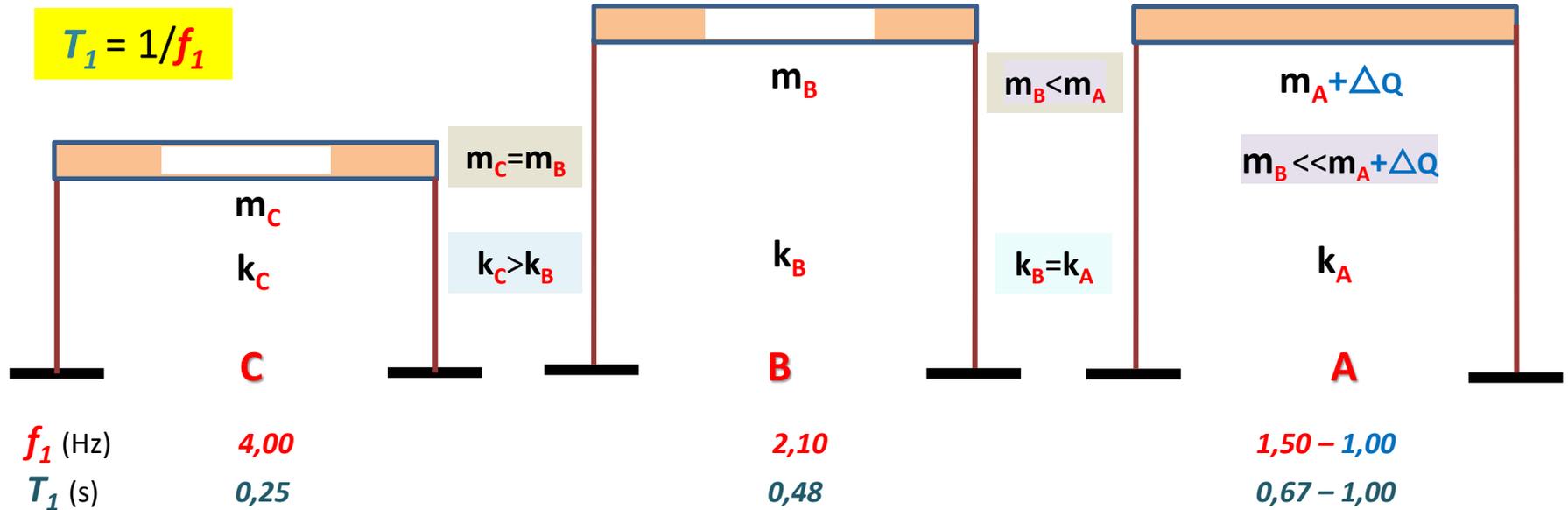
# Esperienza n. 1

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

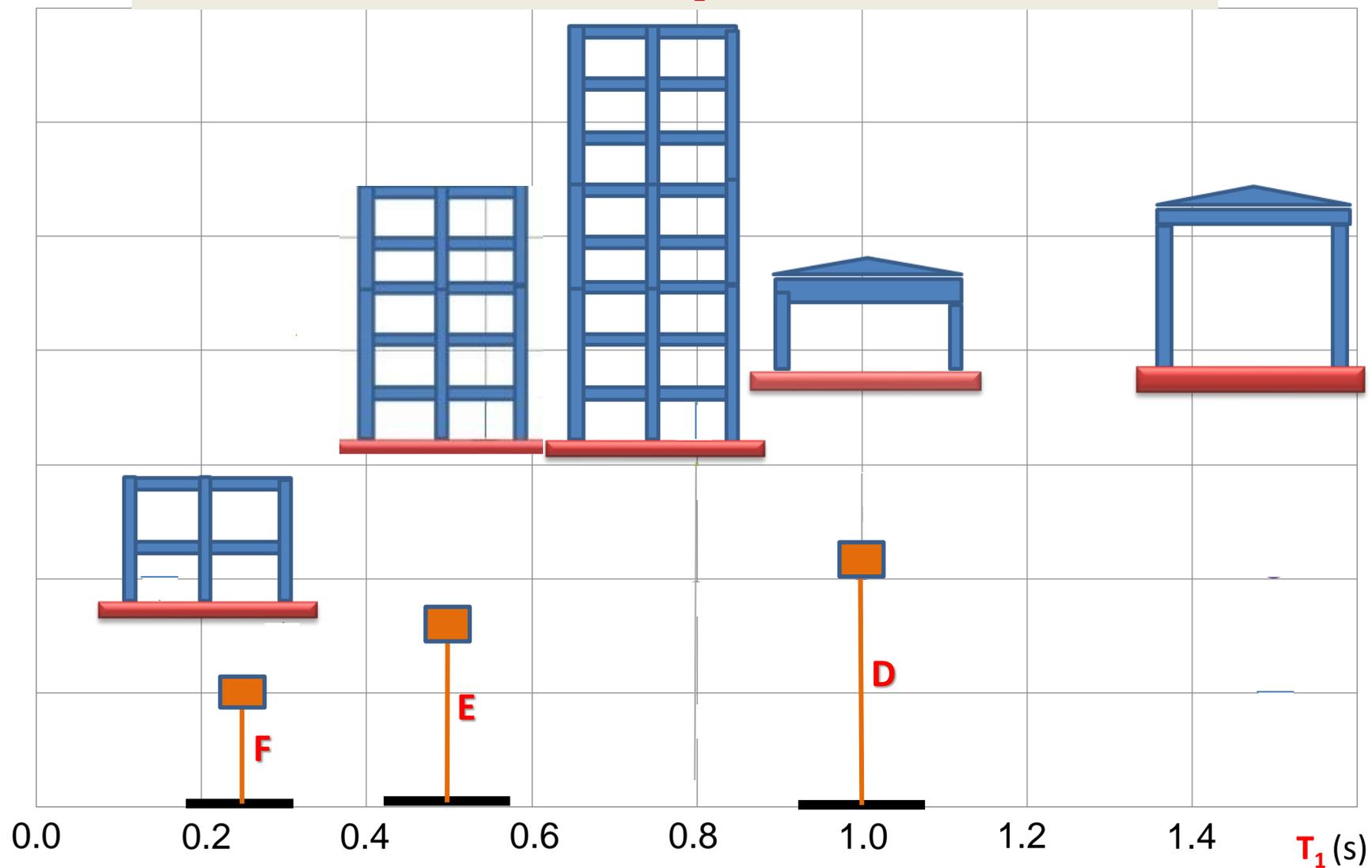
### Identificazione sperimentale delle frequenze proprie

dei tre oscillatori mediante attivazione alla loro base di moti armonici semplici ad ampiezza costante e frequenza variabile

$$T_1 = 1/f_1$$



Periodi propri del primo modo [ $T_1$  (s)] di alcuni edifici campione





*Dopo il terremoto del 24 agosto 2016*

$M_L$  **6.0** -  $M_W$  **6.2**

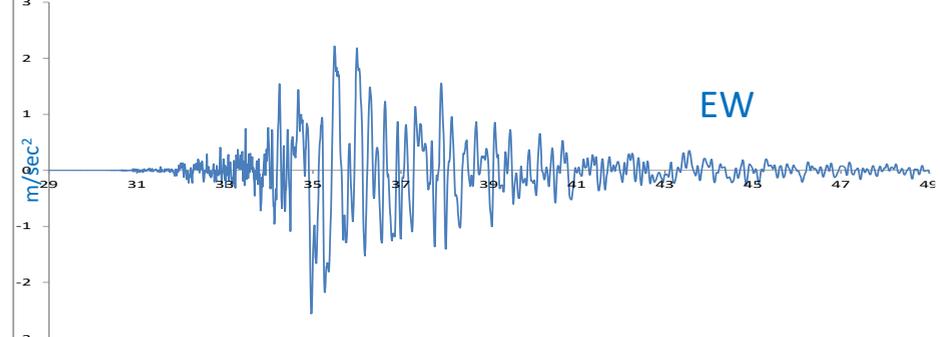
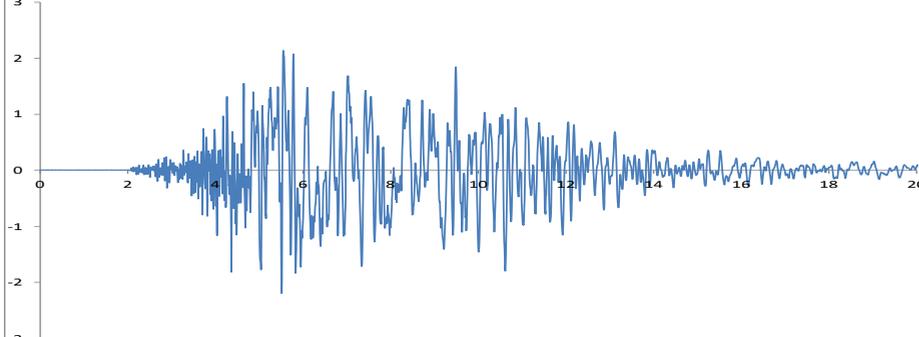
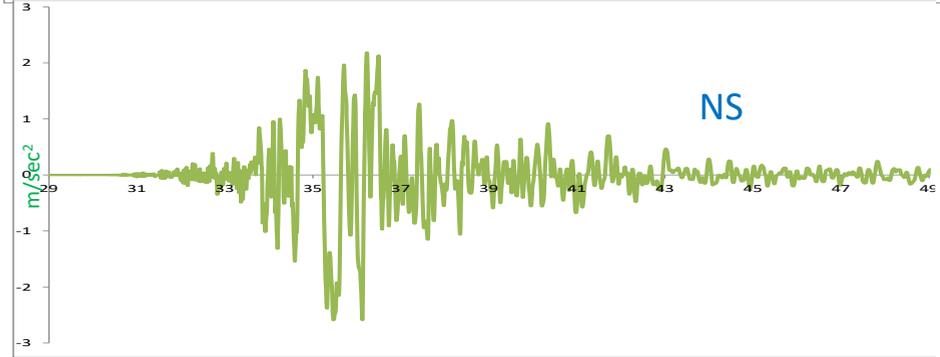
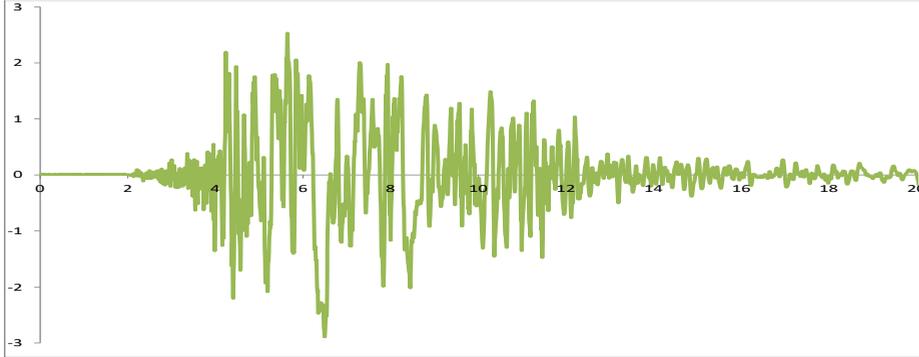
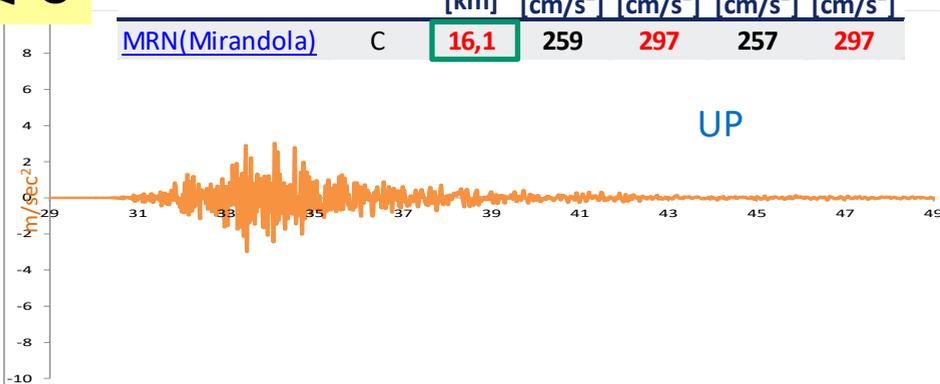
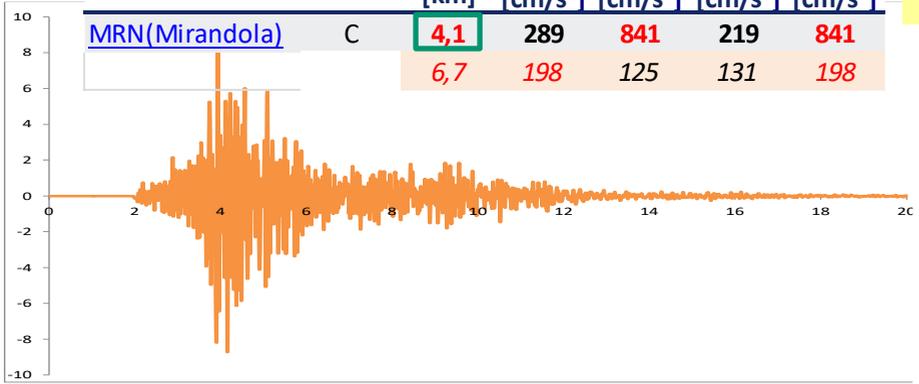
**AMATRICE** dall'alto

**X-XI** grado M.C.S.  $R_{epi}$  9.6 km

Event 2012	Event name	Lat.	Long.	M <sub>L</sub>	M <sub>W</sub>	Depth [km]
<a href="#">29/05/2012 07:00</a>	Pianura MO - FE	44.842	11.066	5.8	<u>6.0</u>	<u>8,1</u>
<a href="#">29/05/2012 10:56</a>		44.865	10.980	5.3	5.5	4,4
Station	EC8	R epi. [km]	NS [cm/s <sup>2</sup> ]	UP [cm/s <sup>2</sup> ]	WE [cm/s <sup>2</sup> ]	PGA [cm/s <sup>2</sup> ]
<a href="#">MRN(Mirandola)</a>	C	<u>4,1</u>	289	841	219	841
		6,7	198	125	131	198

**ACCELERO  
GRAMMI**

Event 2012	Event name	Lat.	Long.	M <sub>L</sub>	M <sub>W</sub>	Depth [km]
<a href="#">20/05/2012 02:03</a>	Pianura MO - FE	44.896	11.264	5.9	<u>6.1</u>	<u>9,5</u>
Station	EC8	R epi. [km]	NS [cm/s <sup>2</sup> ]	UP [cm/s <sup>2</sup> ]	WE [cm/s <sup>2</sup> ]	PGA [cm/s <sup>2</sup> ]
<a href="#">MRN(Mirandola)</a>	C	<u>16,1</u>	259	297	257	297

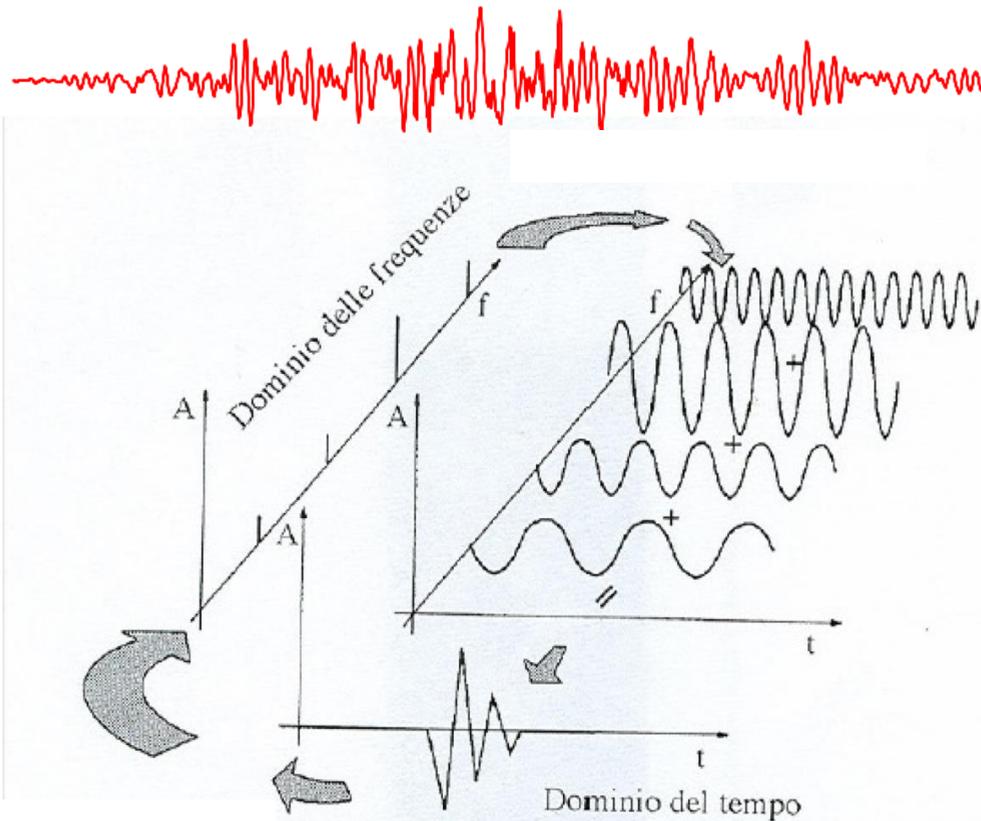


## Sviluppi didattici...

Un qualsiasi ACCELEROGRAMMA, che **evidenzia in genere una variazione** (dell'accelerazione nel tempo) **brusca e apparentemente casuale**, può essere ottenuto come somma di moltissimi moti armonici semplici con periodi e ampiezze diverse.

R.A.N. RQT con Repi\_ 14Km registra 2 su 3 componenti, questa è la HGE (E\_W)

2016-08-24 01:36:33 GMT - Accumoli (RI) MI 6.0, De \_ 8Km



È logico pertanto che **strutture con un periodo proprio  $T_1$  risultino particolarmente sensibili alla componente armonica di periodo uguale o molto vicino a  $T_1$**

Spostamenti composti da più sinusoidi a diverse frequenze



<https://youtu.be/EgE2OXnwUYU>

**Pannello operatore touch screen** Magelis

ON OFF

SETUP

FOURIER

reset

**AldiniValeriani**  
 ISTITUTO DI ISTRUZIONE SUPERIORE  
 40129 Bologna  
 Via Bassanelli, 9/11 - Tel. 051 4156211

Simulazione Terremoto

comando 1 armonica in tempo reale

MODALITA' ONE SINE REAL TIME  
 (regolazione in tempo reale di frequenza e ampiezza)

f (Hz) frequenza 2.00

A (mm) Ampiezza 4.0

START One Sine Attivazione modalita' real time

Fourier

IMPOSTAZIONE FREQUENZE E AMPIEZZE

f1	1.10	f2	2.00	f3	3.22	f4	0.00
A1	4.00	A2	3.50	A3	3.00	A4	0.00
f5	0.00	f6	0.00	f7	0.00	f8	0.00
A5	0.00	A6	0.00	A7	0.00	A8	0.00
f9	0.00	f10	0.00	AZZERA TUTTO			
A9	0.00	A10	0.00				

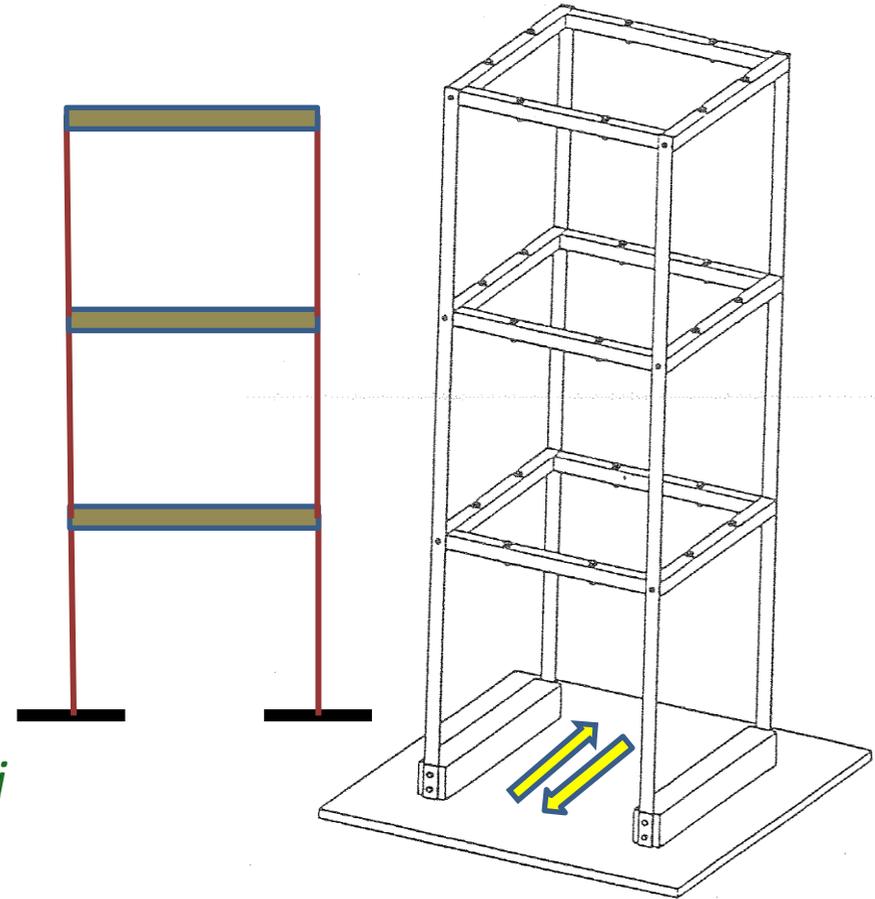
attivazione Fourier

modalita' real time

<https://youtu.be/XdqZDeKWmg4>



**Configurazione  
strutturale regolare** per  
distribuzione di rigidzze e masse  
*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**

In particolare, per il primo dei tre modi di vibrare, c'è un *periodo proprio del 1° modo* (detto anche *periodo fondamentale di vibrazione*)  $T_1$  (s) e, quindi, una corrispondente frequenza  $f_1 = 1/T_1$  (Hz).

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

Modello **G**

**Modo 1**

**Modo 2**

**Modo 3**

$f_1$  (Hz)

$f_2$  (Hz)

$f_3$  (Hz)

Massa vibrante **828**

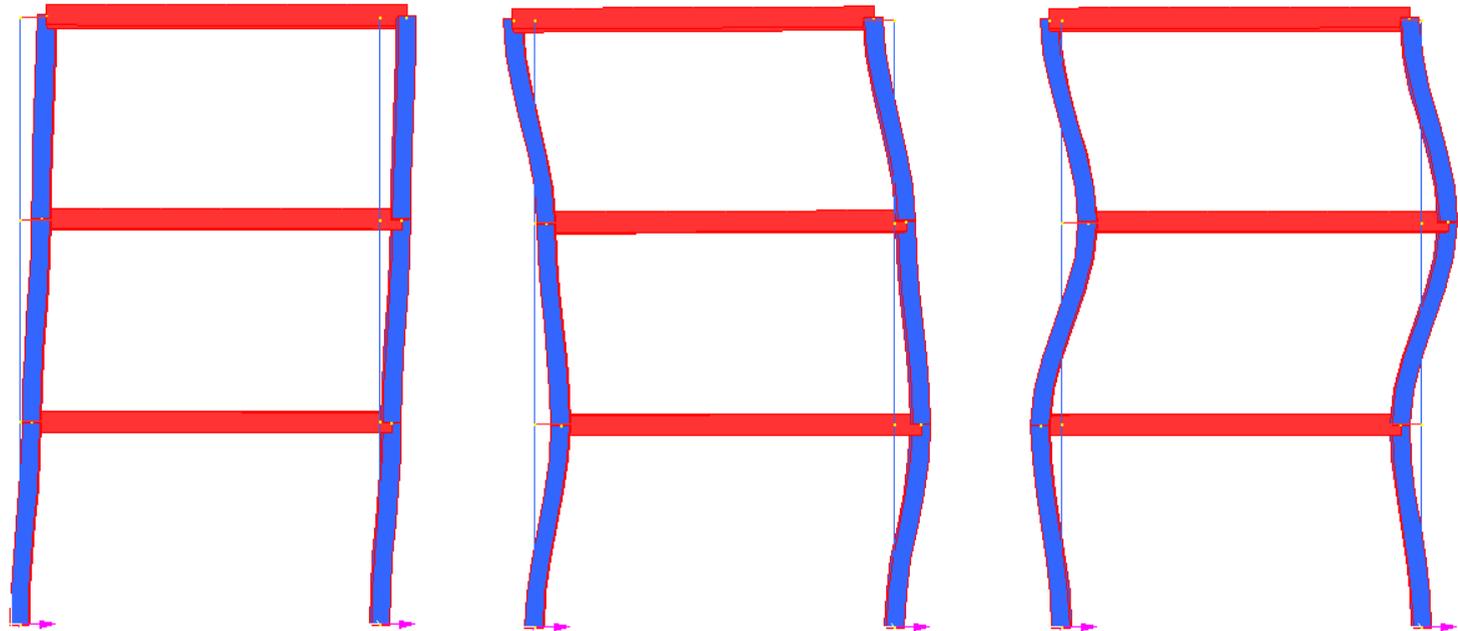
**1,00**

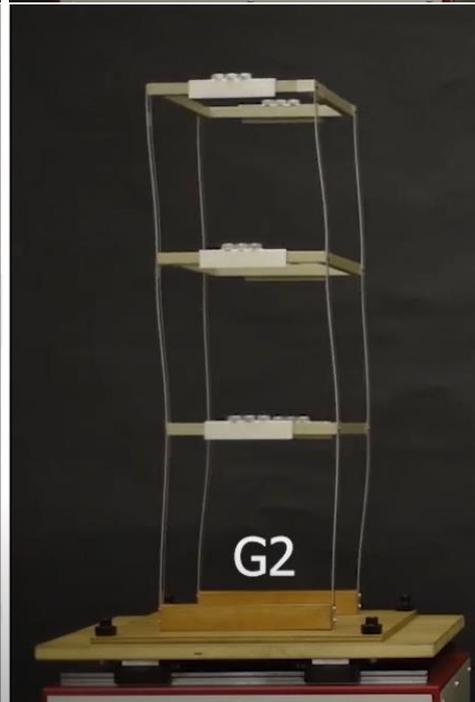
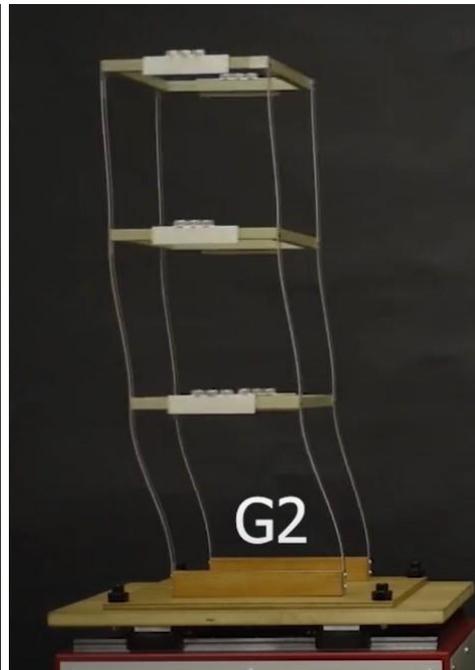
**3,00**

**4,56**

MassaXimpalcato **276 g** [compresa massa addizionale identica pari a **40 g** (+ 17%) su ciascuno dei tre impalcati]

Forme modali





CONFRONTO  
tra due modelli regolari con rigidezze «uguali»  
e con masse vibranti «uguali»  
**ma** distribuite (nel modello  $G_2$ ) con irregolarità in alzata  
*[«scherzo» didattico]*

(n)  
**1° modo di vibrare**

<https://youtu.be/l24sGF2sliM>

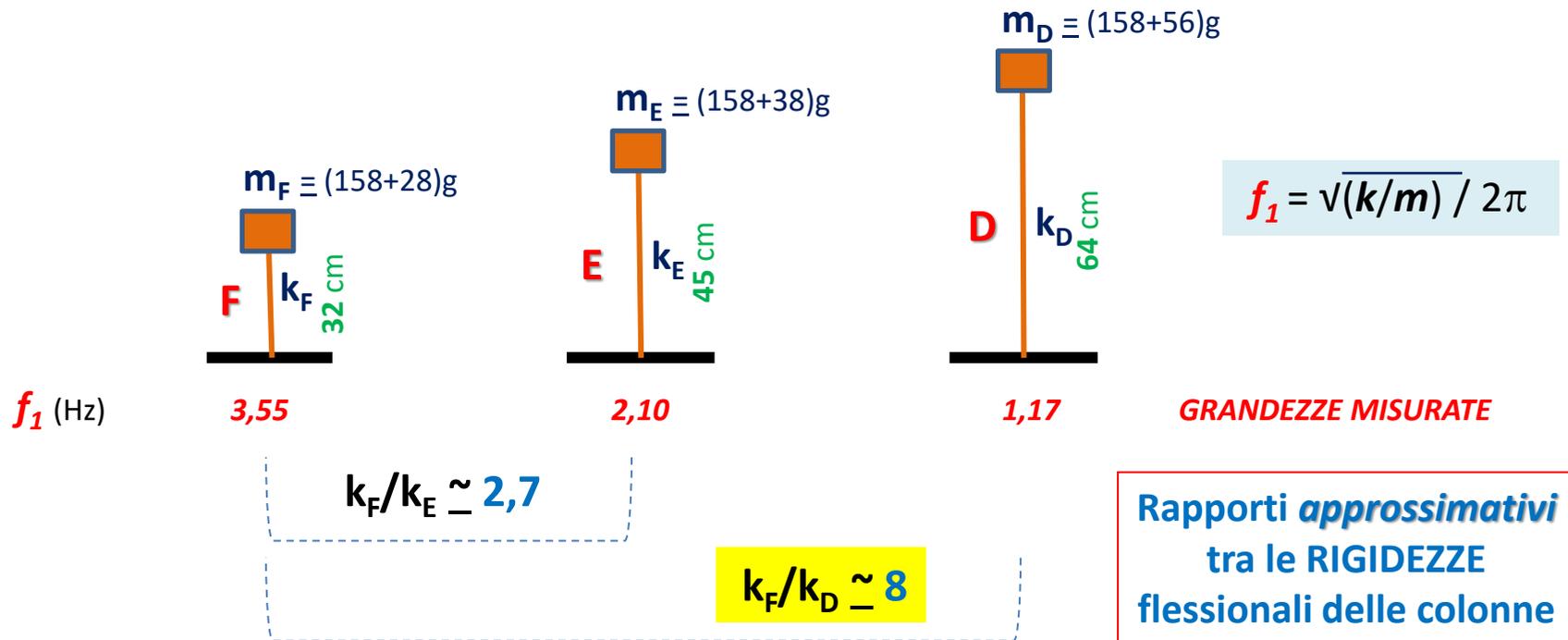
CONFRONTO  
tra due modelli regolari con rigidezze «uguali»  
e con masse vibranti «uguali»  
**ma** distribuite (nel modello  $G_2$ ) con irregolarità in alzata  
*[«scherzo» didattico]*

(o)  
**2° modo di vibrare**

[https://youtu.be/l\\_L2ewR-KSQ](https://youtu.be/l_L2ewR-KSQ)

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

Identificazione sperimentale delle frequenze proprie dei modelli mediante attivazione alla loro base di moti armonici semplici ad ampiezza costante e frequenza variabile



# Esperienza n. 3

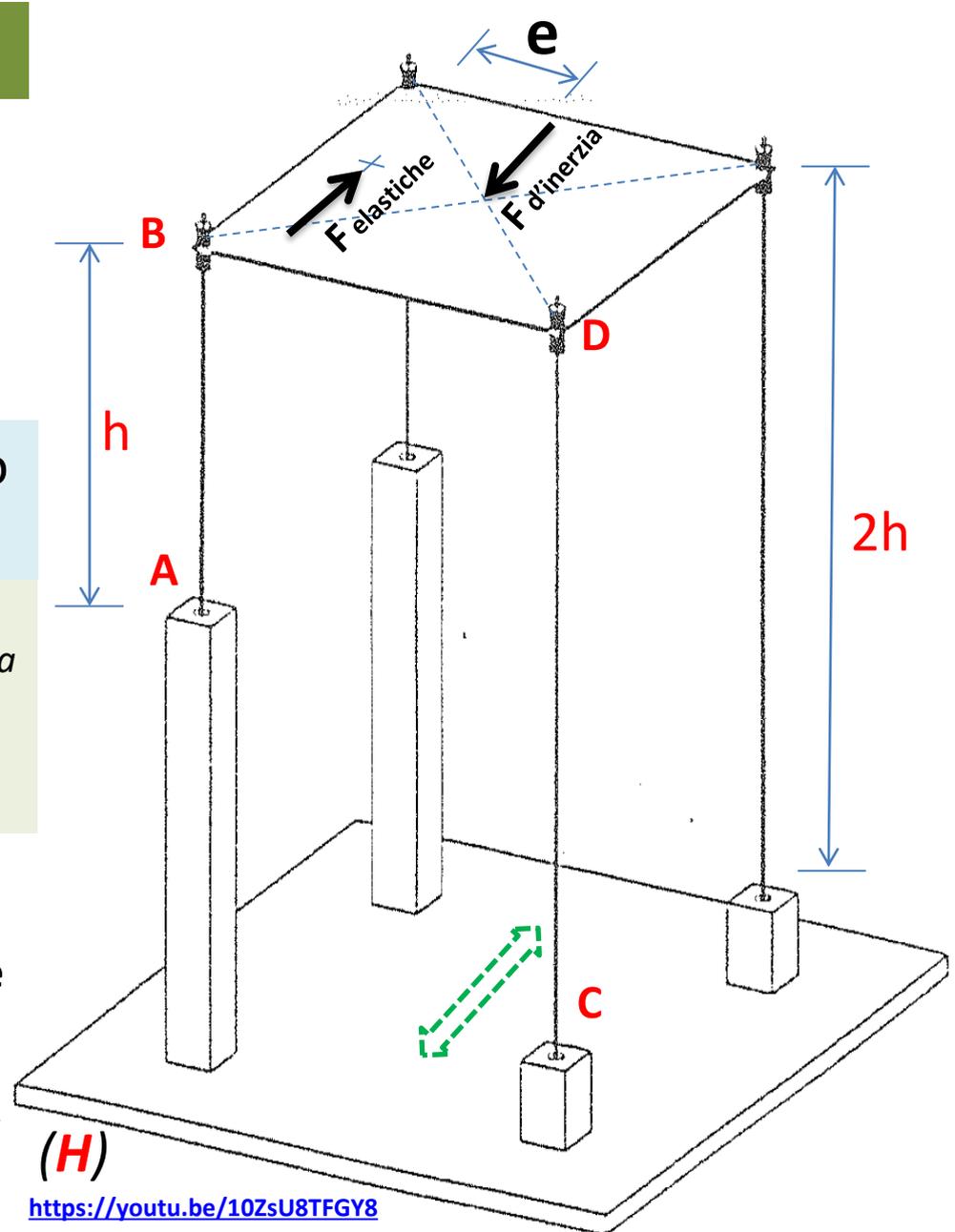


*Configurazione strutturale  
irregolare in pianta*

Il pilastro **AB** è molto più rigido  
del pilastro **CD** (circa 8 volte)

Questo comporta, nella circostanza di moto oscillatorio della base, che la conseguente *forza d'inerzia*, applicata nel baricentro di massa, risulta eccentrica (con braccio  $e$ ) rispetto alla parallela risultante delle *forze elastiche*.

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

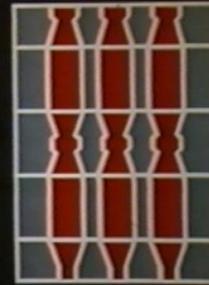


1985

Prof. D.  
Benedetti



Regione  
dell'Umbria  
Giunta Regionale

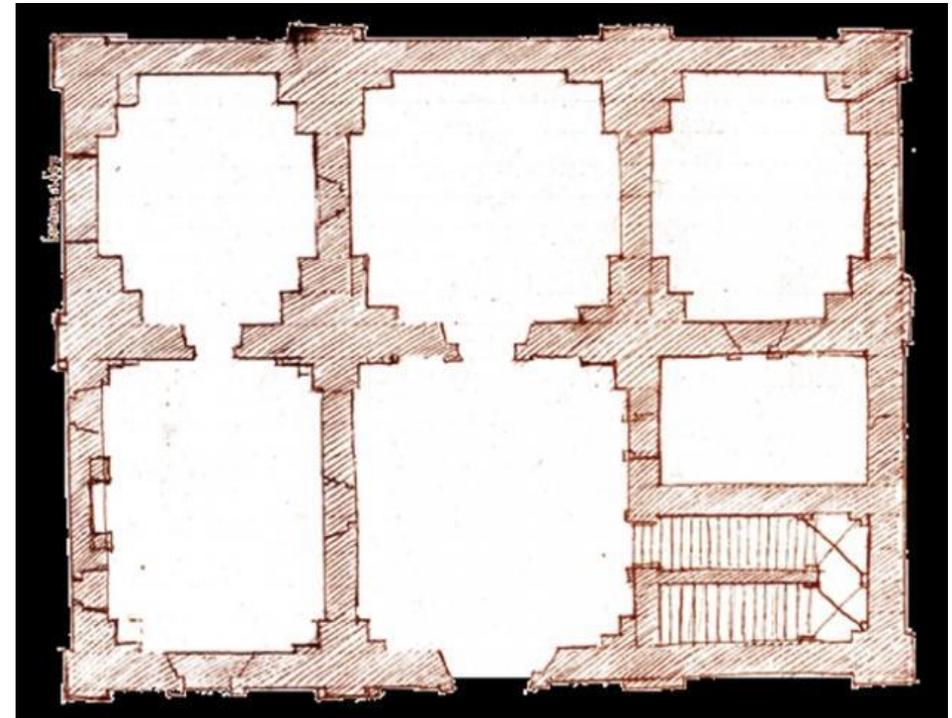
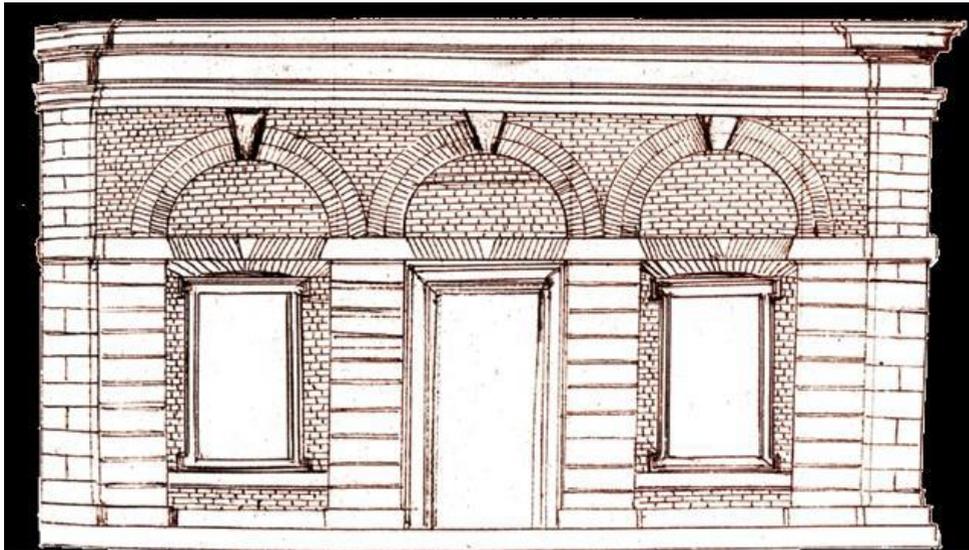


da: **Riparare**  
**Rafforzare**  
**Prevenire**

Regione Umbria  
1985

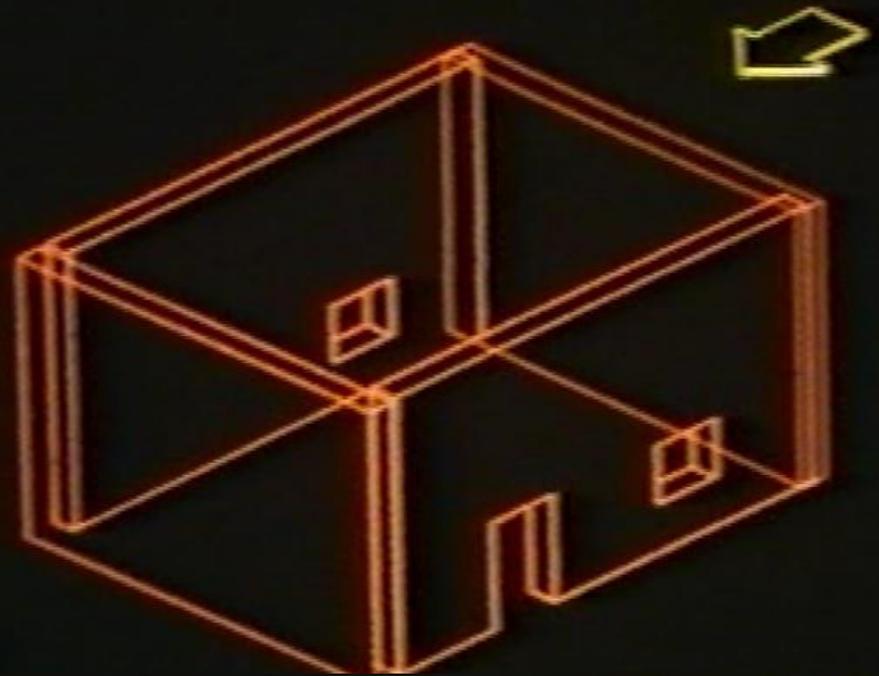
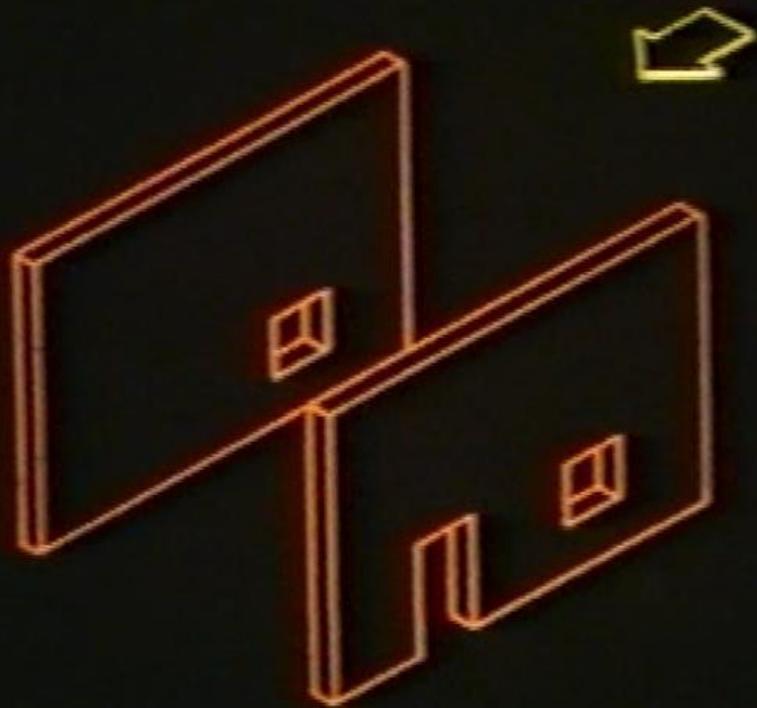
## MODELLO CASA IN MURATURA

<https://youtu.be/Dvhd-GZzm90>



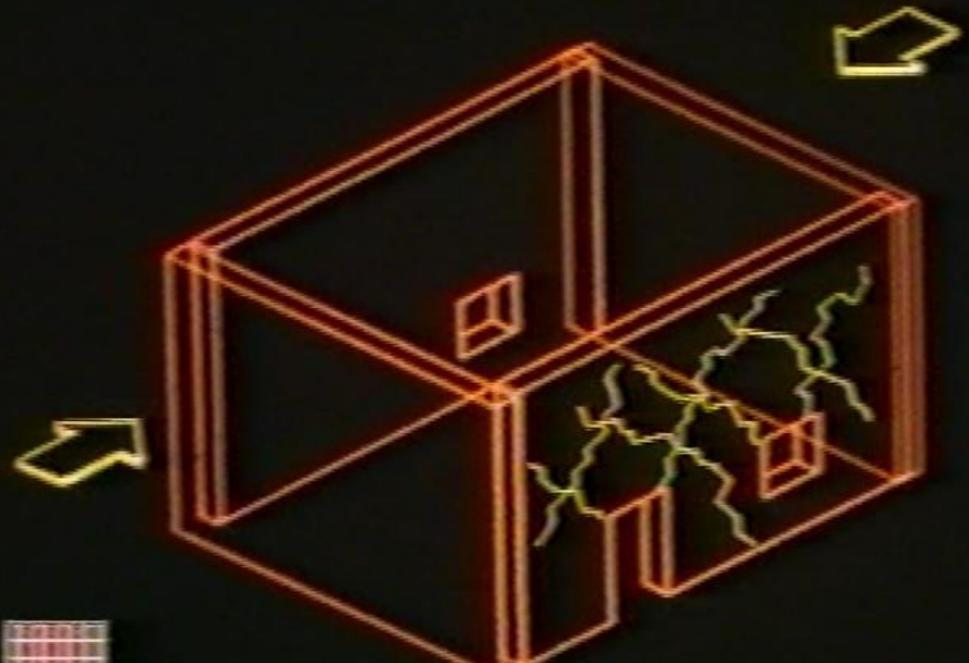
**Pirro Ligorio, 1571**

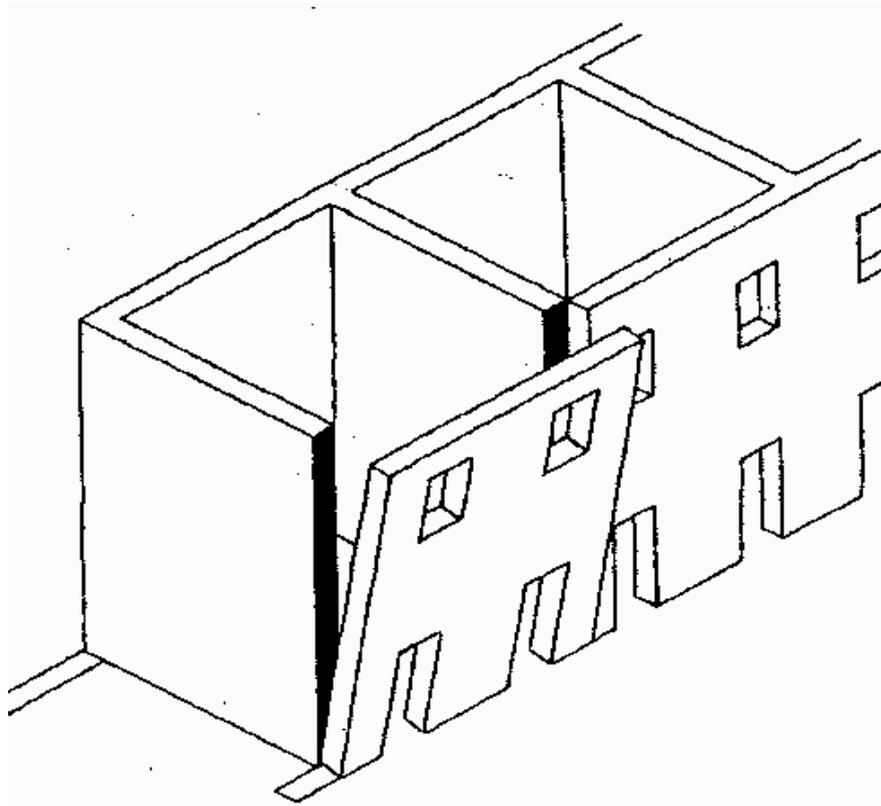
«*Libro, o Trattato de' diversi terremoti*»



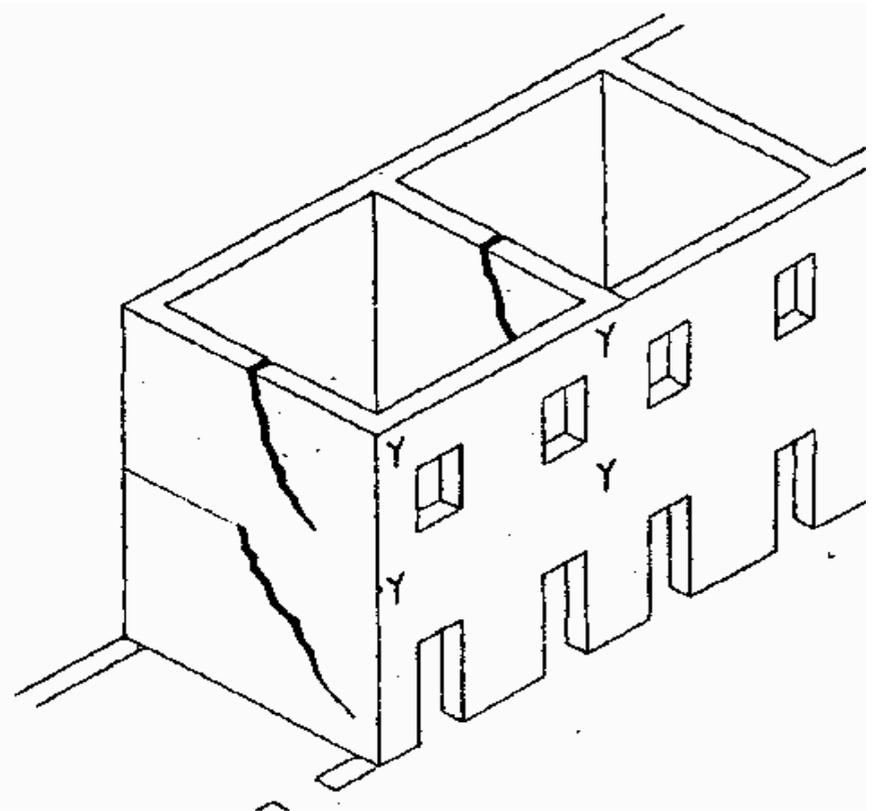
**Meccanismi resistenti globali,**  
per **sollecitazione** delle **pareti**  
murarie **nel proprio piano**

Le risposte di un edificio dipendono  
dalla **qualità dei collegamenti** tra  
elementi strutturali (pannelli murari,  
ma con idonea tessitura, e solaio)





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.

## APPENDICE documentale

- I maggiori terremoti per l'Emilia Romagna (CPTI11) e la classificazione sismica
- I terremoti a Ferrara (DBMI11)
- Crisi sismica 2012 Emilia
- Crisi sismica 2016 Italia Centrale
- Rilievo macrosismico 24-08-2016 Italia Centrale
- Spettri di risposta 2009 Abruzzo - Emilia 1996-2012
- Spettri di risposta 2016 Italia Centrale
- Disegni della classe 2N (Meccanica) dell'IIS "N. Copernico-A. Carpeggiani" A.S. 2016/17
  - Pannello telaio 1 - Pannello telaio 2 - Pannello telaio 3

Scheda attivit  didattica classe 2N (Meccanica) dell'IIS "N. Copernico-A. Carpeggiani" A.S. 2016/17

### APPROFONDIMENTI

### Irpinia – Basilicata 1980-2020

"Irpinia 1980-2020: Rischio sismico e resilienza in un paese fragile" (RemTech EXPO)

Video del Convegno

Interventi 1

Interventi 2

INGV: 1980-2020 terremoto '80 (scienza, memoria e testimonianza) | <http://terremoto80.ingv.it/>

26 novembre 1980: la denuncia del Presidente della Repubblica On.le Sandro Pertini | <https://youtu.be/o1WChq0gQcA>

10 dicembre 1980 "La difesa dai terremoti" - Biblioteca del Senato della Repubblica | [DOCUMENTO INTEGRALE](#) estratto: la relazione Barberi-Grandori

23 novembre 1980 : la doppia verit  sul terremoto in Irpinia (di Sandro Abruzzese) | [Download](#)

Speciale tg1 – FATE PRESTO 23 novembre 1980, storia di un terremoto (durata 53'10") | [LINK](#)

"1861-2011 centocinquantanni - gli italiani e la difesa dalle catastrofi" | [LINK](#)

**Dopo il terremoto (Mw 6.3) in Abruzzo del 6 aprile 2009**

Conferenza 26 giugno 2009 in Regione E.R. sulla prevenzione sismica – *video di presentazione* | [LINK](#)

[Opuscolo didattico 2018 Mirandola \(MO\)](#)



...per la riduzione del rischio sismico

[Documento didattico 2011](#)

TAVOLA VIBRANTE

...per una iniziale informazione didattica



Rimini, 7-21 maggio 2011

[www.konstrans.it](http://www.konstrans.it)



[Attivit  di laboratorio 2012](#)