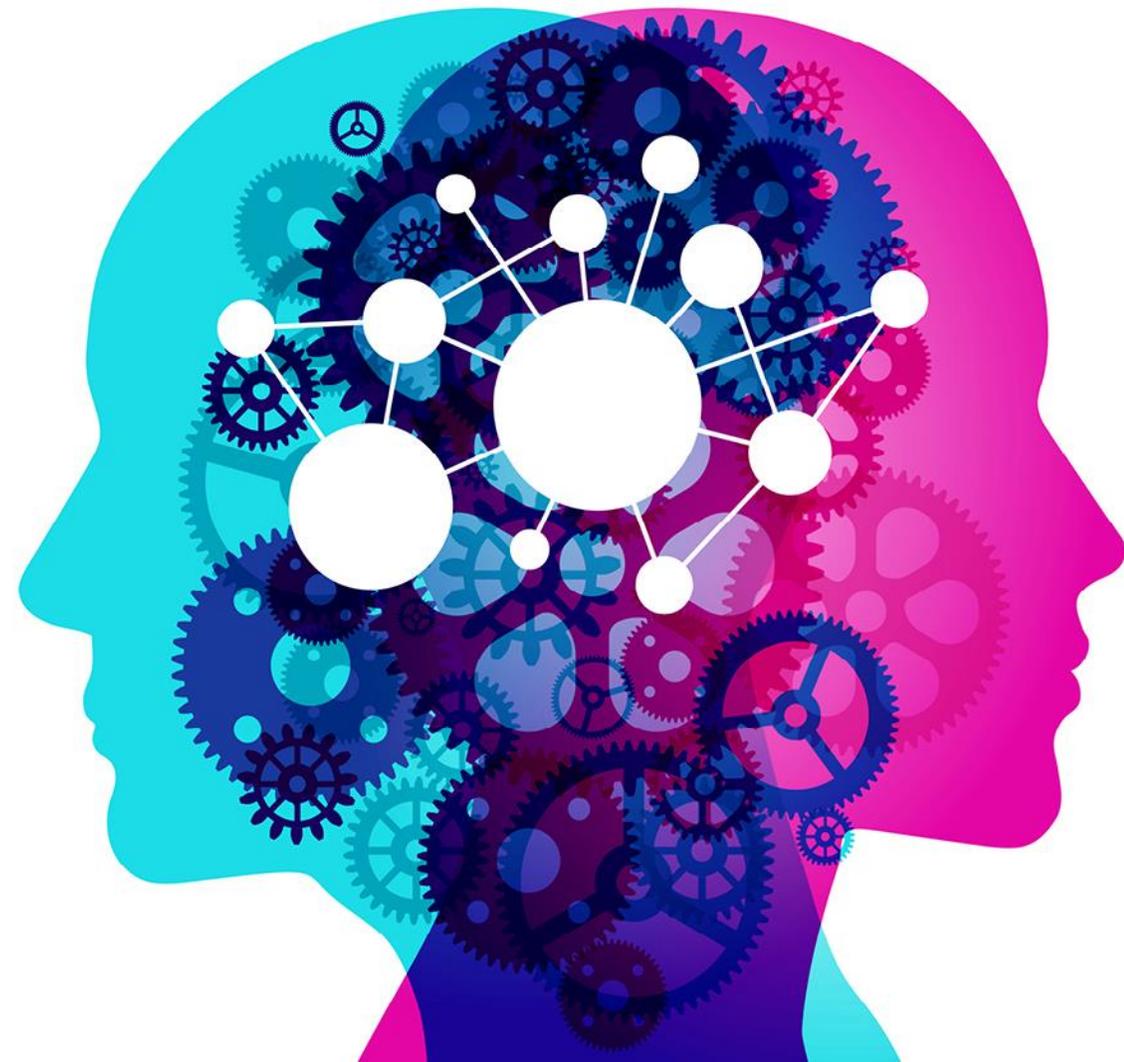




FESTIVAL  
dell'INGEGNERIA

# Shake and roll: avventure nel misterioso mondo dei terremoti

MARIA PINA LIMONGELLI



POLITECNICO MILANO 1863



# FESTIVAL dell'INGEGNERIA

10 • 11 • 12 SETTEMBRE 2021



Perché si verificano i terremoti?

Il loro effetto è lo stesso in qualunque luogo della terra?

Cosa succede alle nostre case, scuole, ospedali durante i terremoti?

Come possiamo ridurre gli effetti?

Scopriremo insieme un mondo di scosse e vibrazioni e le risposte a queste e ad altre domande 'sismiche'.

# PERCHE' SUCCEDONO I TERREMOTI?

## Le tartarughe indiane



Tanto tempo fa, il mondo era fatto solo di acqua. Il Grande Spirito un giorno decise che di creare anche la terra mettendola sul dorso di sette tartarughe.

Quando ebbe finito cominciarono i problemi perché le tartarughe volevano muoversi ognuna per conto suo.

Parte delle tartarughe si mossero verso Est e parte verso Ovest, la Terra cominciò a tremare facendo un orribile rumore, ma dopo un minuto il tremore si fermò.

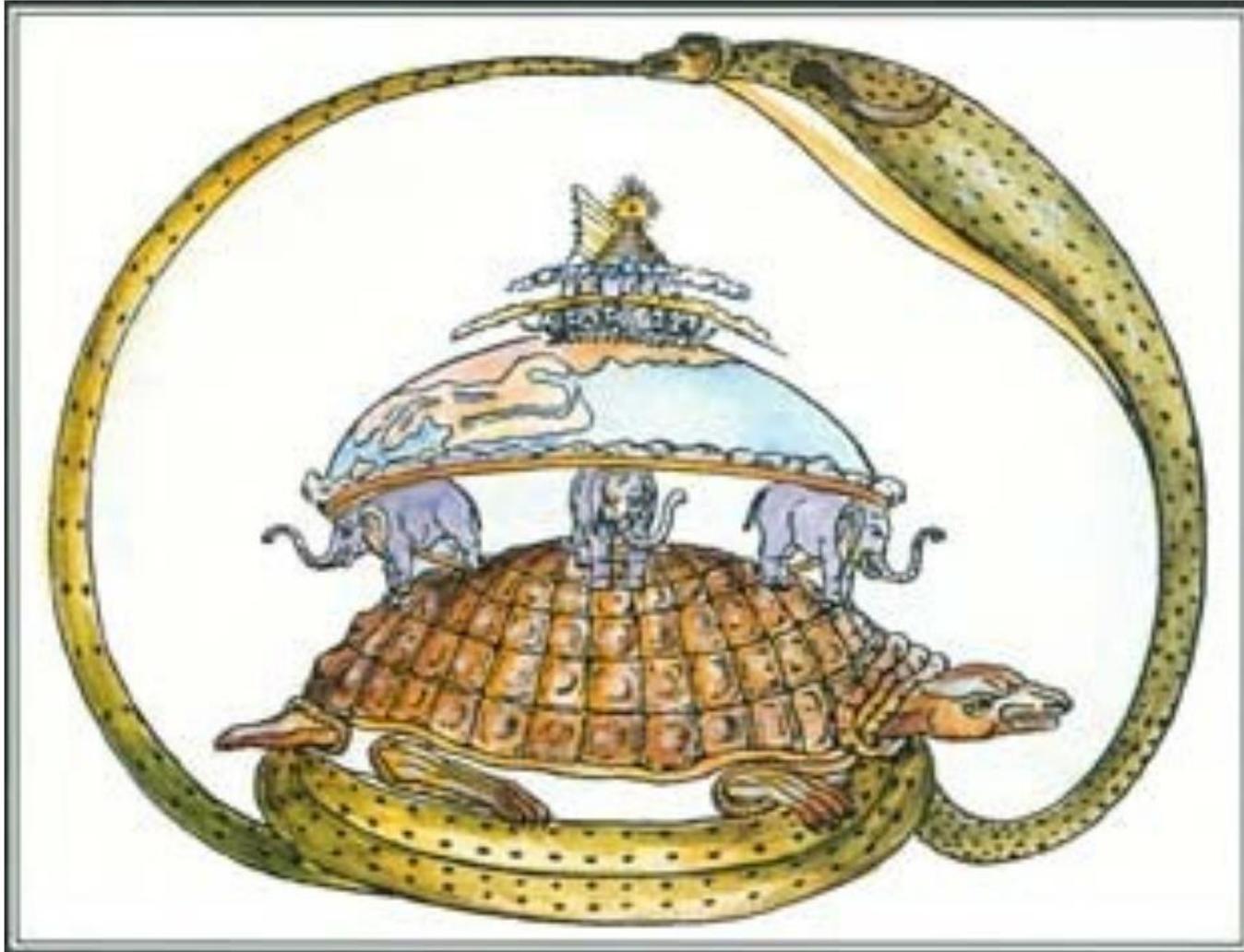
Dopo questo tremore, le sette tartarughe fecero pace, ma ogni tanto litigano ancora su dove andare e allora sulla Terra si sente il terremoto.



## Namazu il pesce gatto giapponese

Namazu viveva nel fango, nel sottosuolo e il Dio Kashima lo sorvegliava e lo teneva sotto controllo, con una pietra.

Quando Kashima si distraeva e lasciava solo Namazu ecco che il pesce gatto si scatenava e provocava violenti terremoti.



## La torre di animali

Gli Indù credevano che il mondo fosse appoggiato sulla schiena di otto elefanti in equilibrio sul dorso di una tartaruga.

La tartaruga, che nuotava nel mare, a sua volta era sostenuta da un serpente.

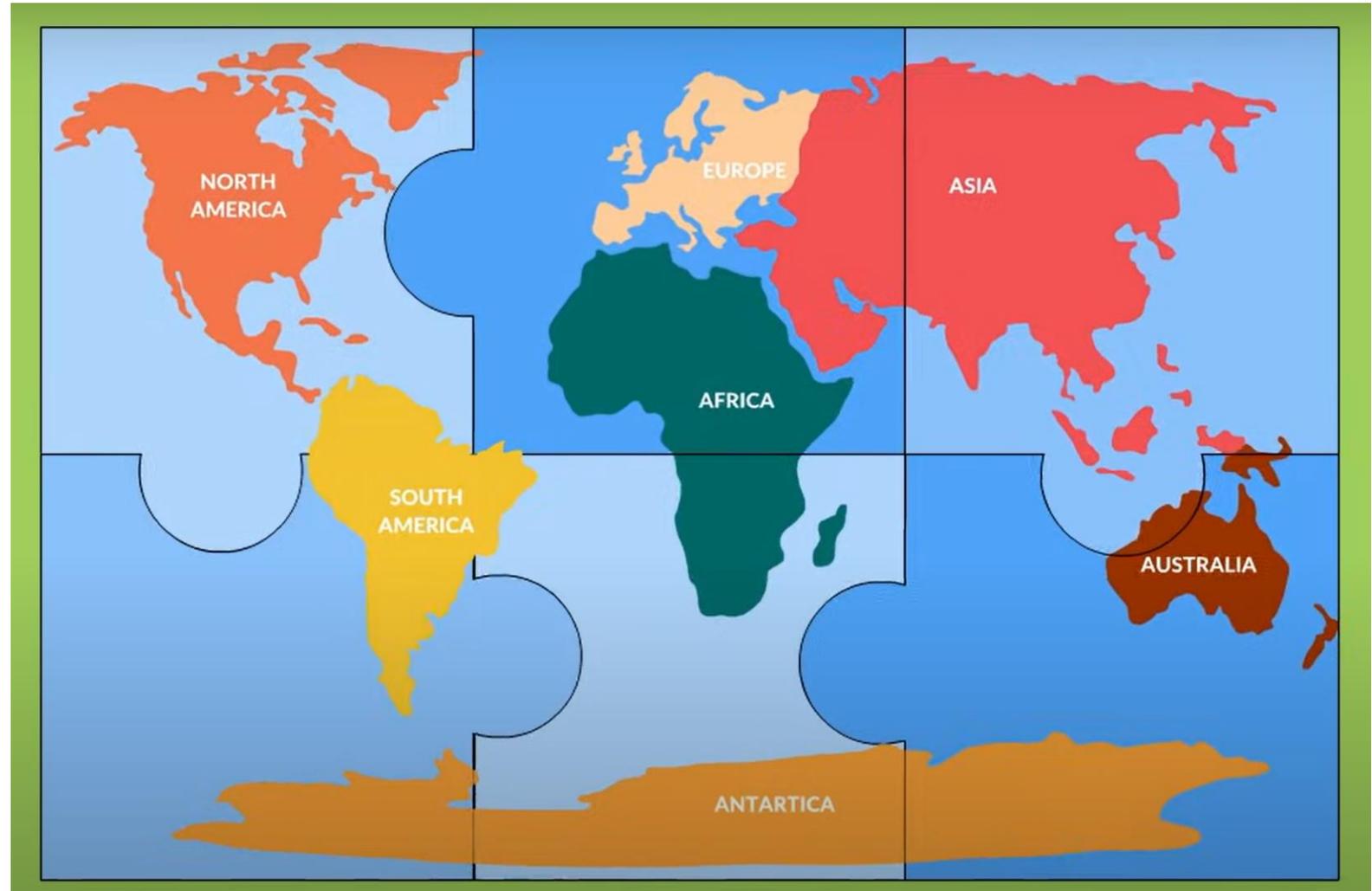
Quando uno degli animali si stancava, scuoteva la testa o il corpo provocando un terremoto.

# Alfred Wegener



1880 – 1930  
geologo, meteorologo e  
d esploratore tedesco.

# Tettonica a placche



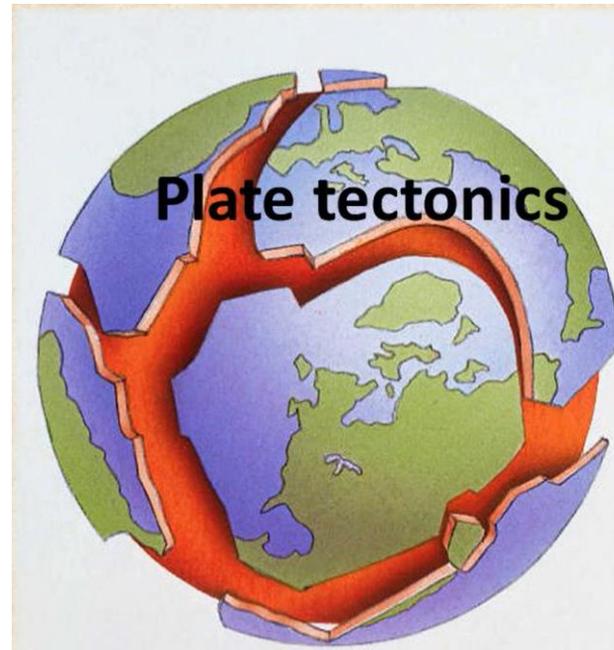


La crosta terrestre è  
fratturata in **placche**

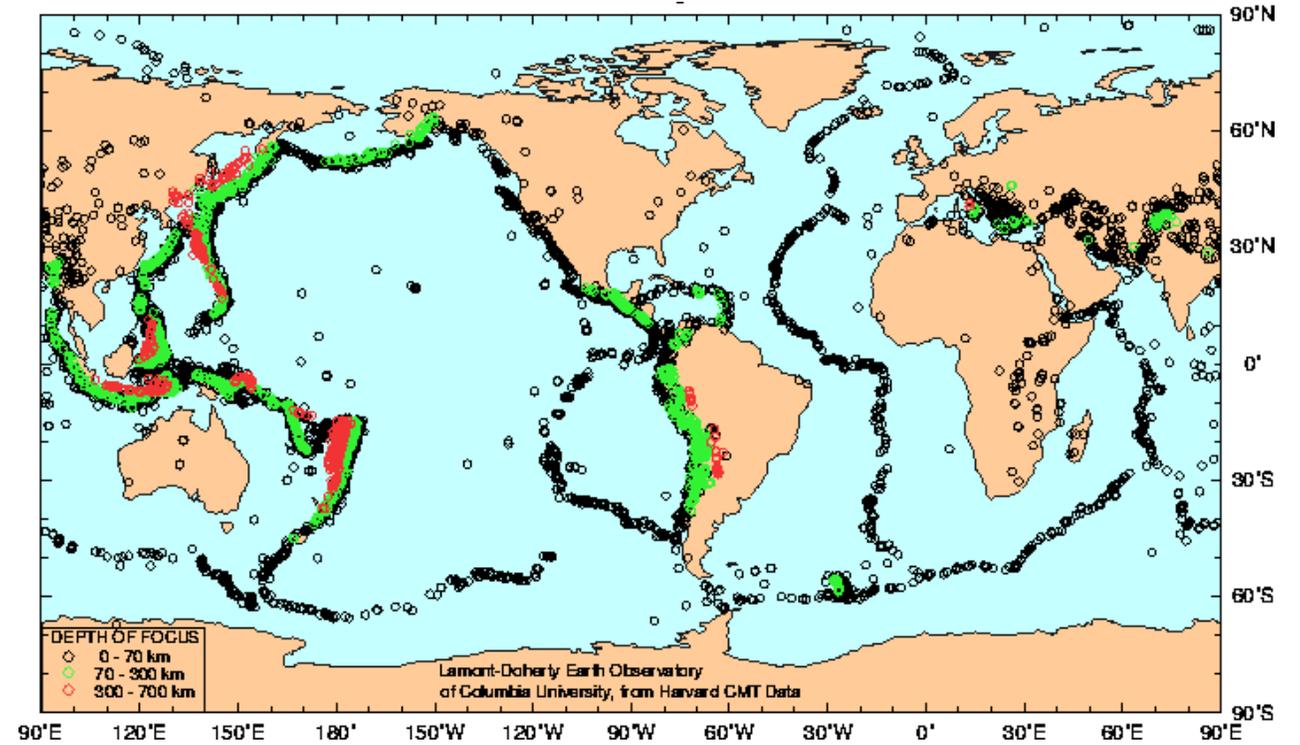
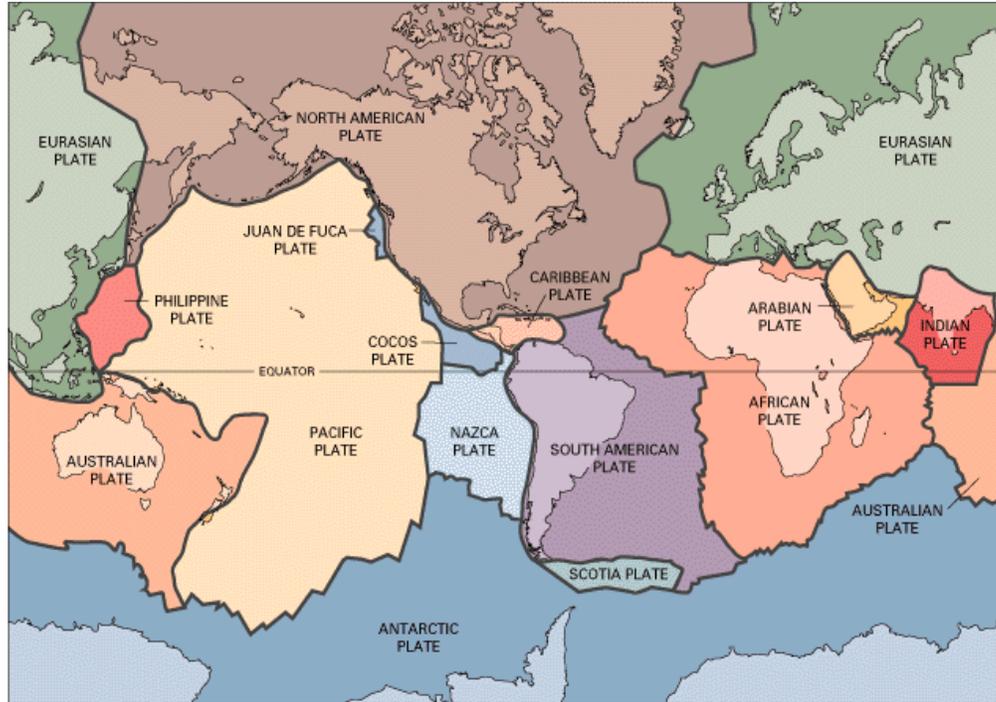
- Crosta
- Mantello
- Nucleo esterno
- Nucleo interno

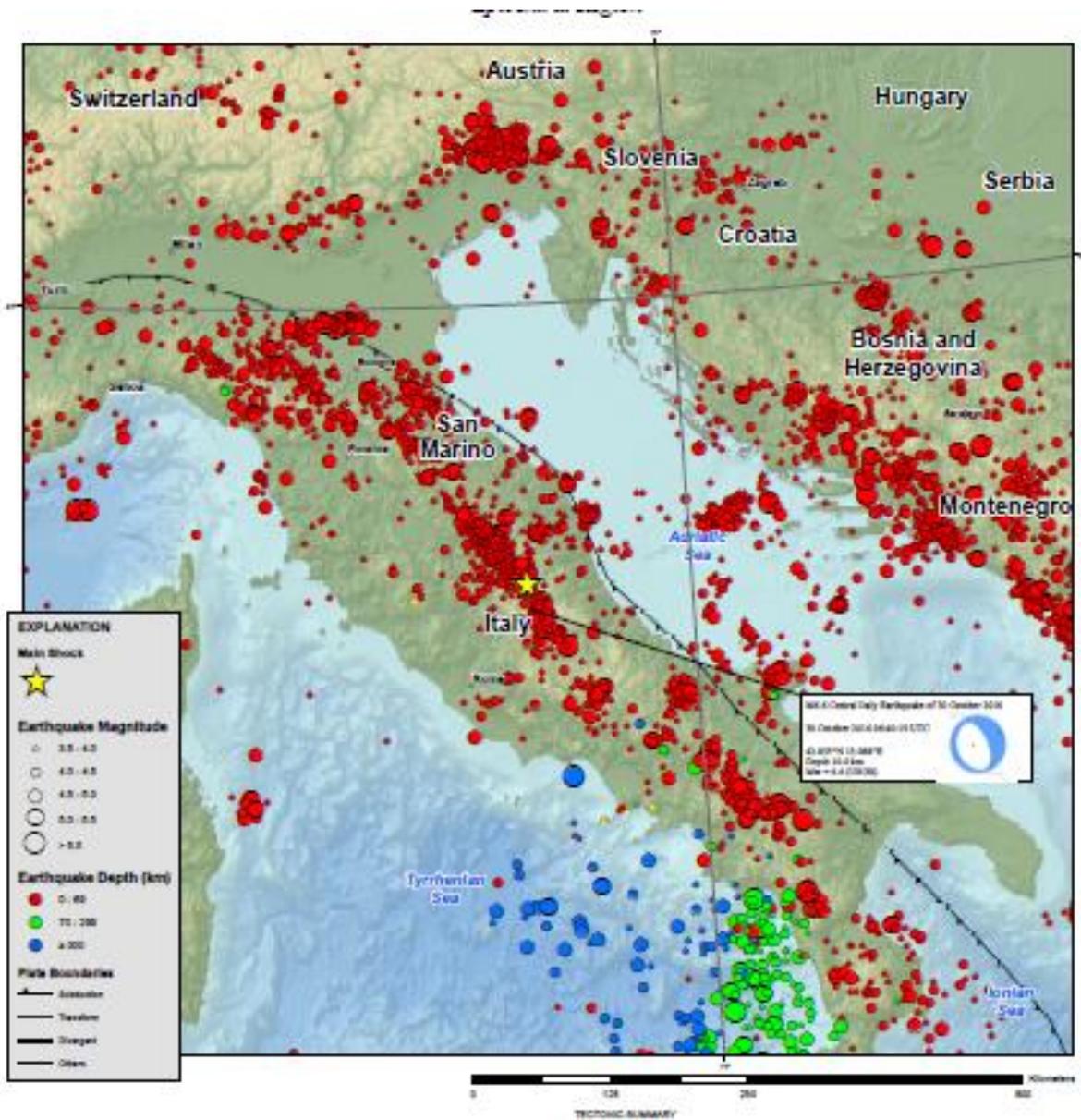


I movimenti delle  
placche danno  
origine a **terremoti e  
vulcani**



# Le placche

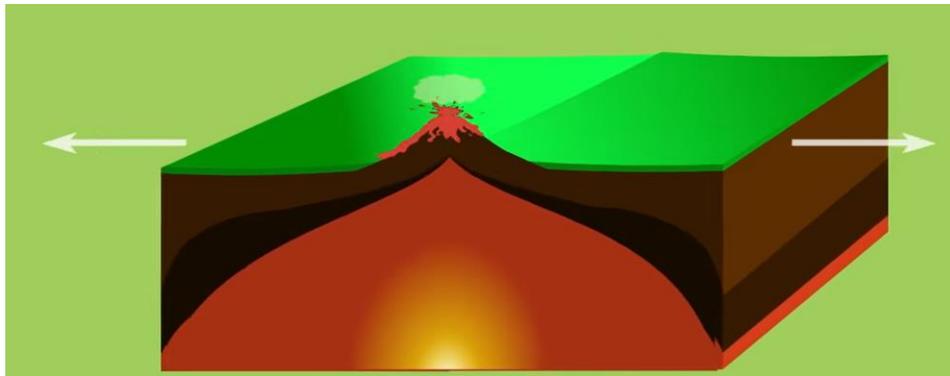




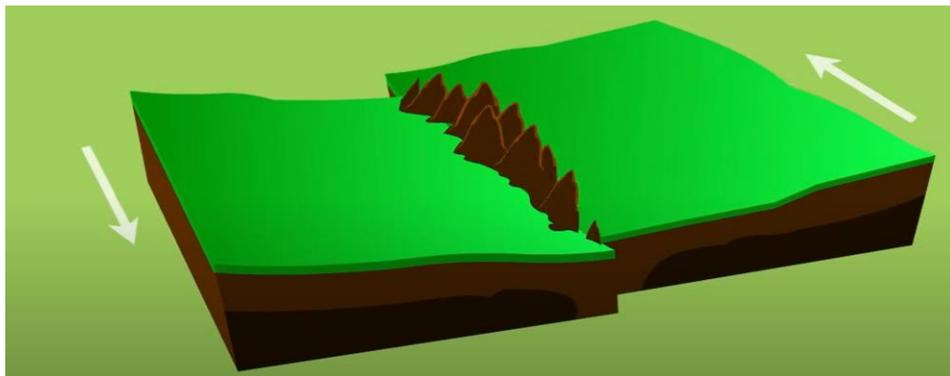
# Movimenti delle placche



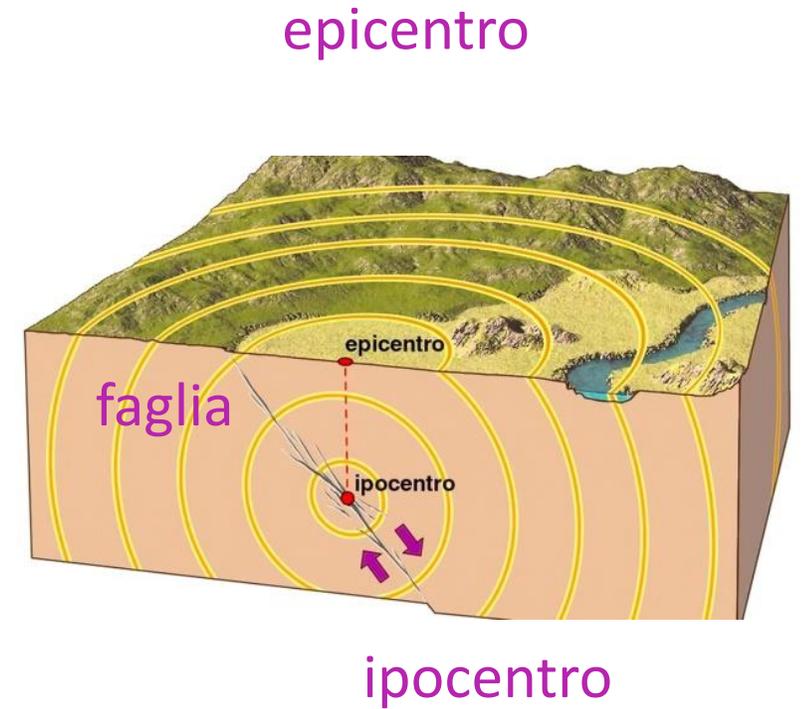
convergenti



divergenti



trascorrenti



epicentro

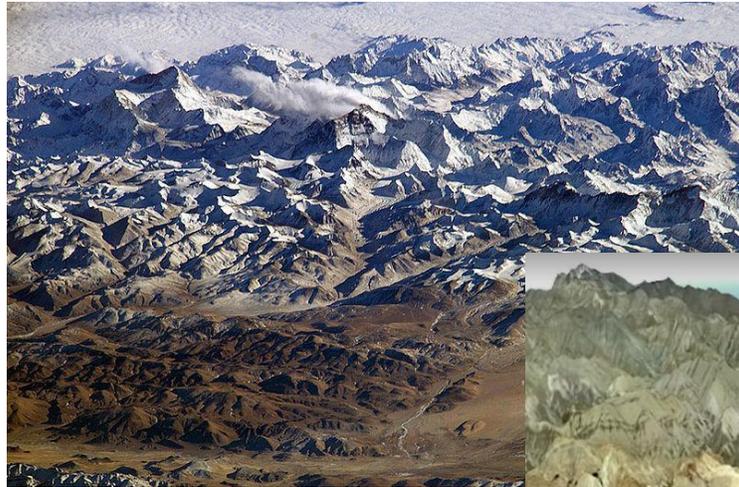
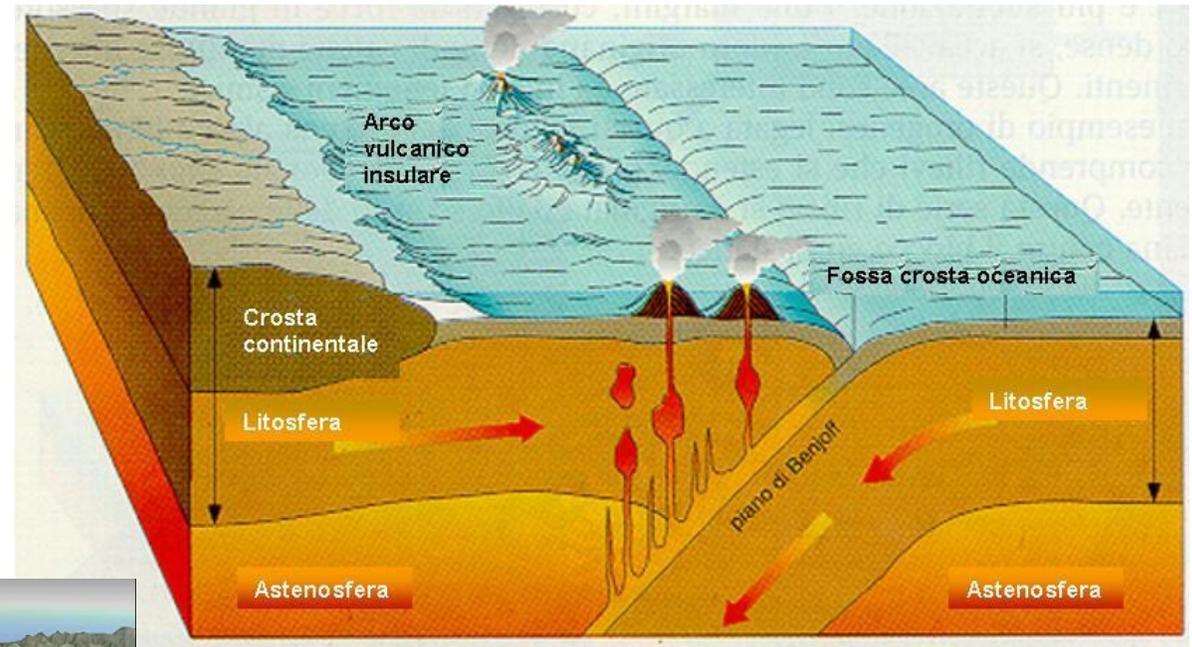
faglia

epicentro

ipocentro

ipocentro

# Movimento convergente

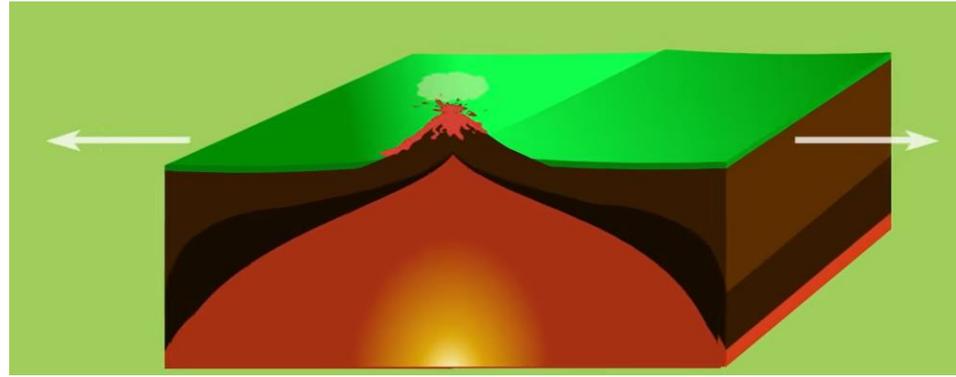


Himalaya

Teheran



# Movimento divergente



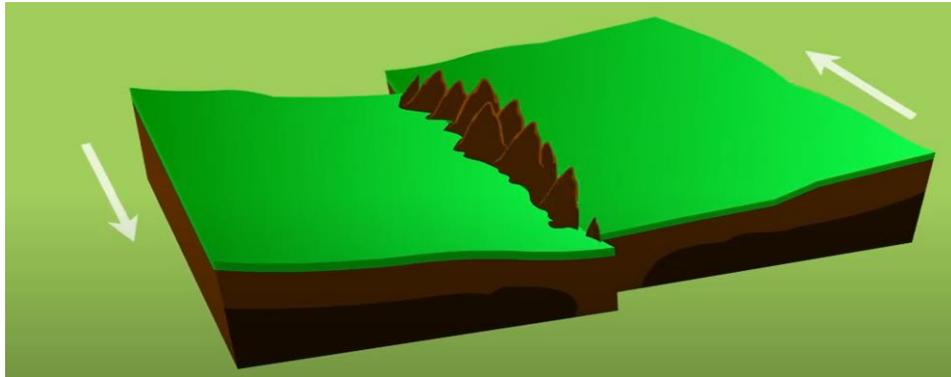
Islanda



Islanda

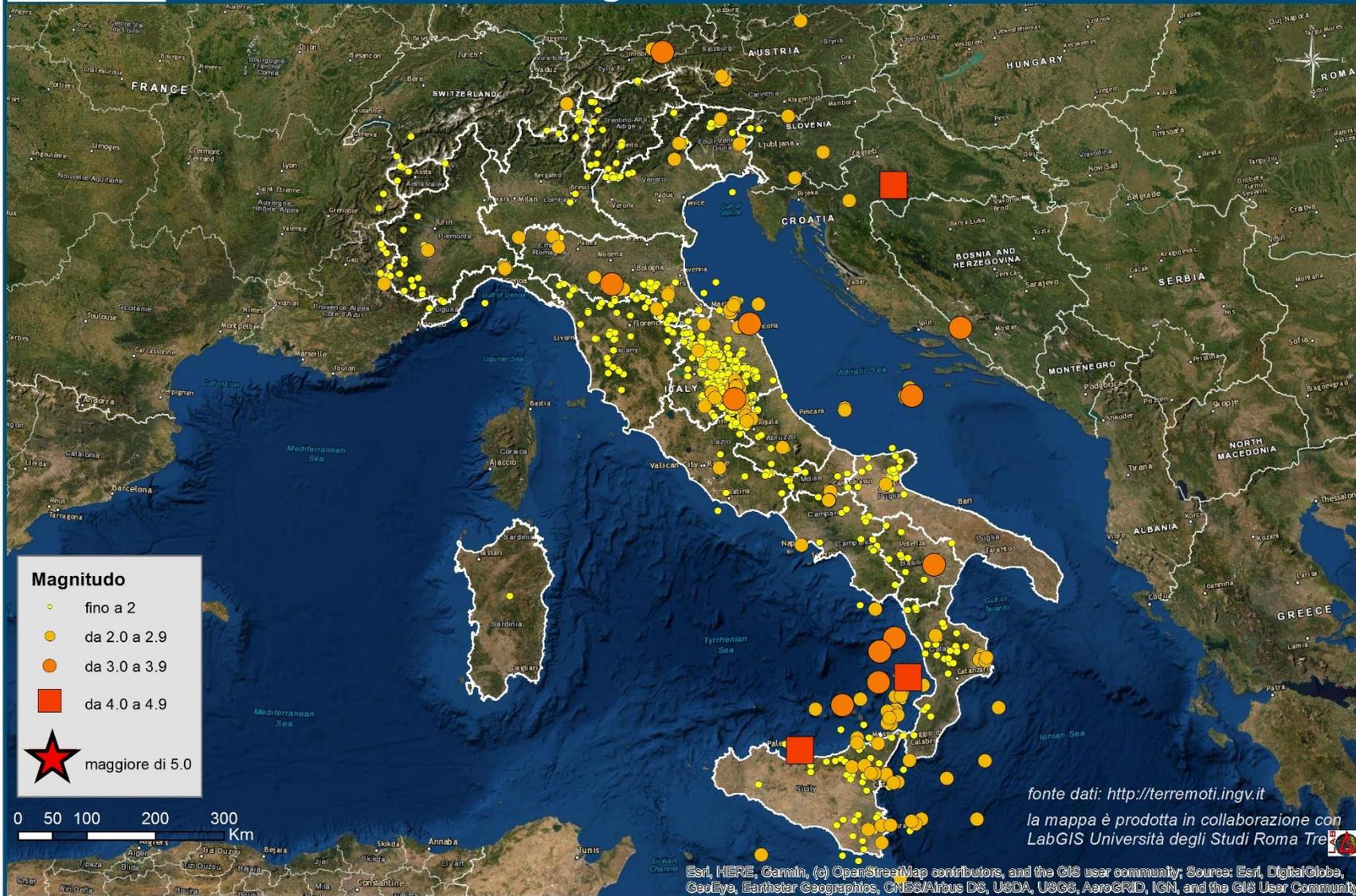


Sant'Andrea,  
California



## Movimento trascorrente





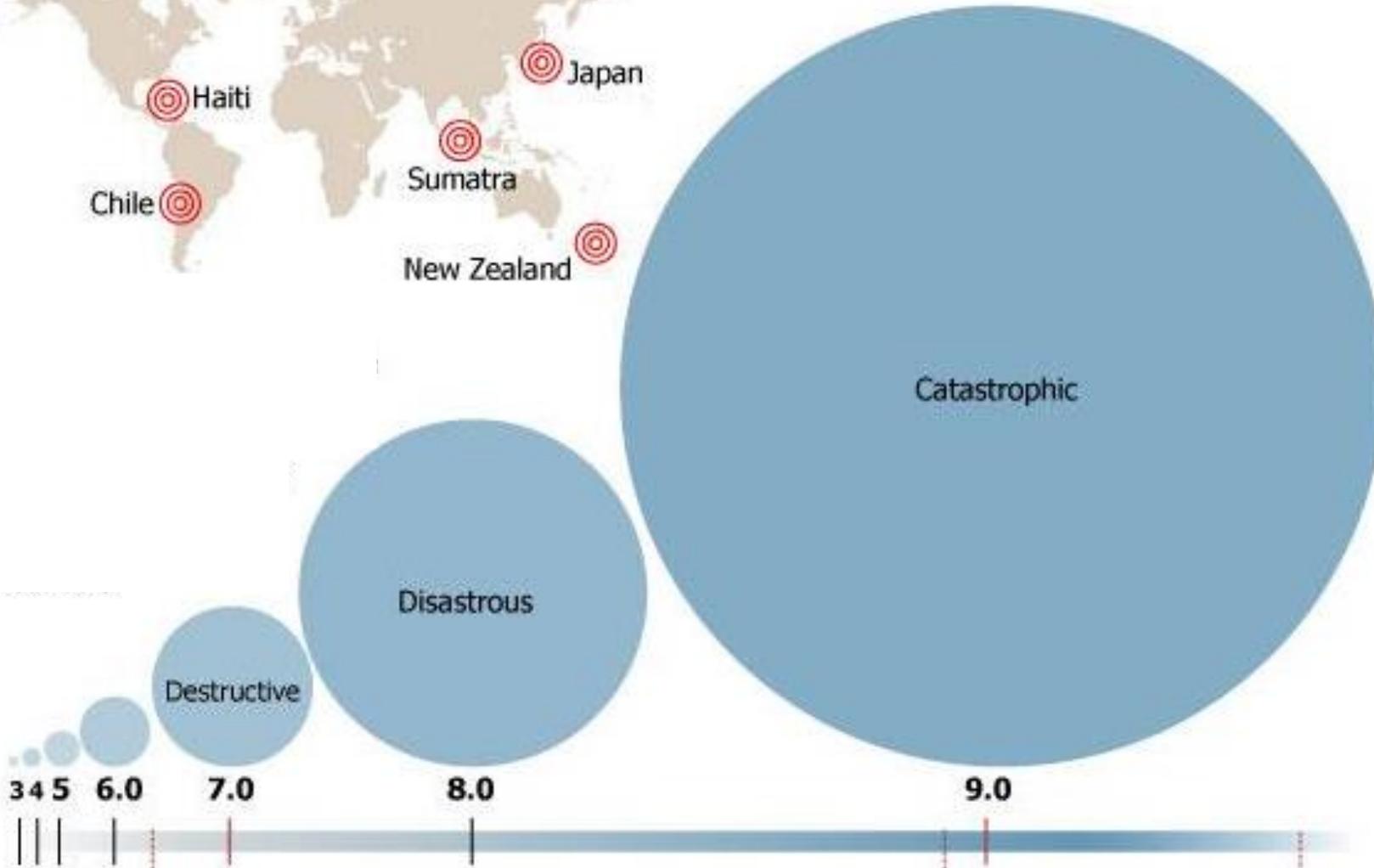
## Quando?

I terremoti accadono continuamente

Spesso sono piccoli terremoti, di bassa intensità e non li sentiamo

In altri casi sono così forti che possono essere sentiti a grandi distanze, anche a centinaia di chilometri

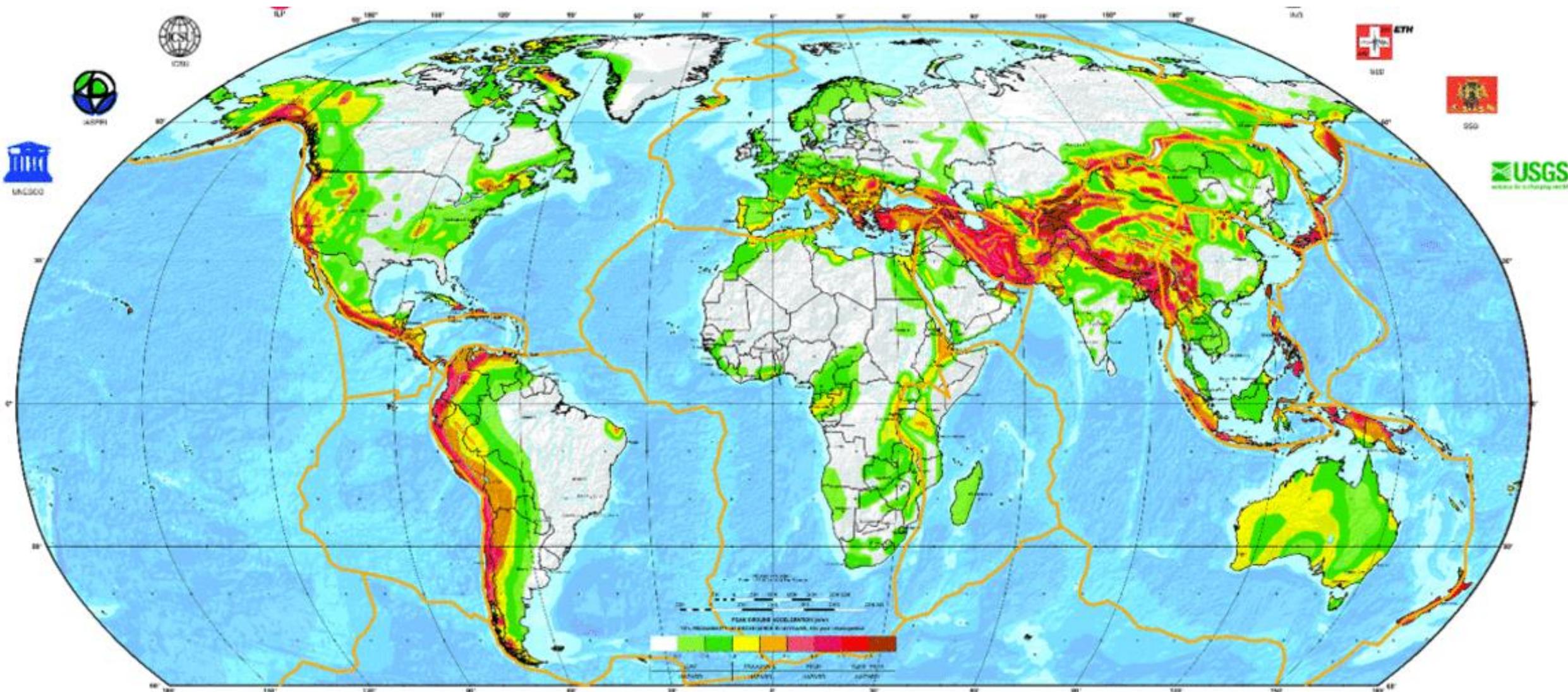
# Misura dell'intensità dei terremoti: magnitudo

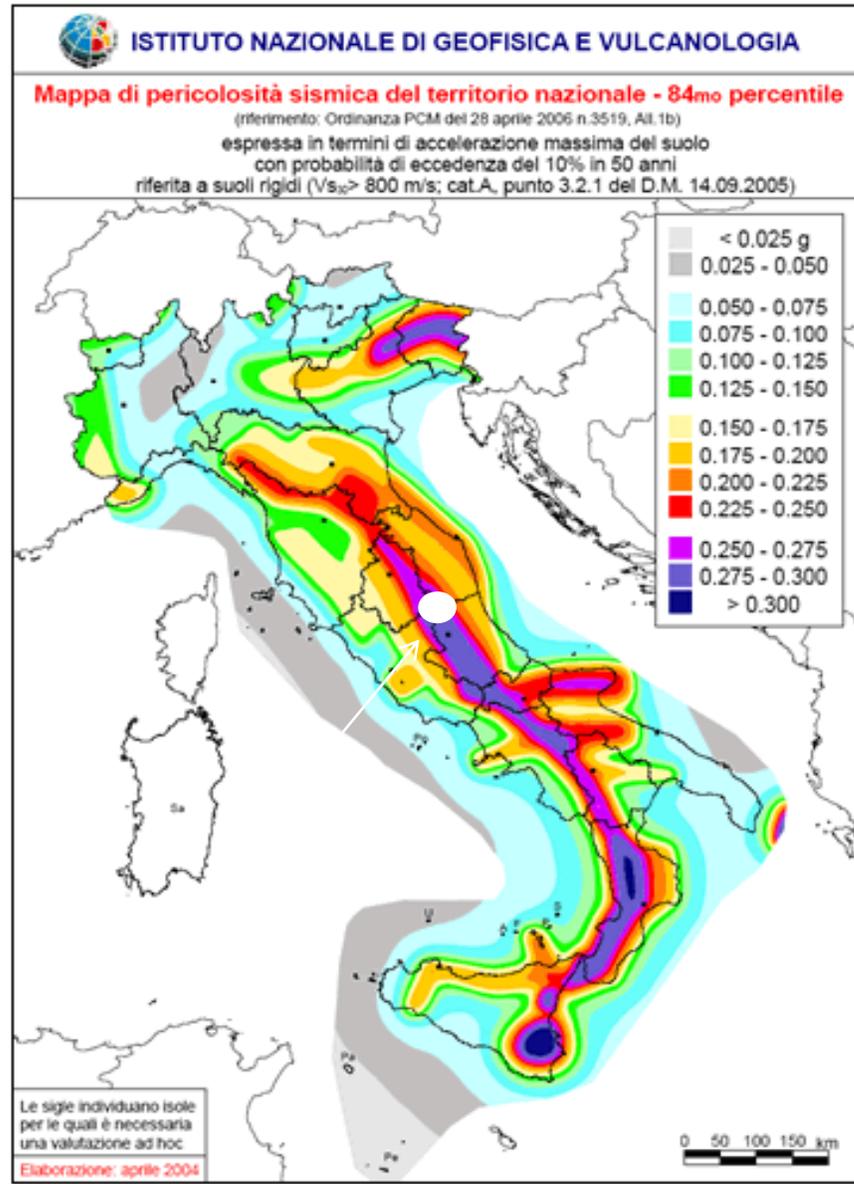


Messina (1908)	M=7.0
Irpinia (1980)	M=6.9
Norcia (2016)	M=6.5
Friuli (1976)	M=6.4
L'Aquila (2009)	M=6.3
San Giuliano (2002)	M=5.9

Cile (1960)	M=9.5
Alaska (1964)	M=9.2
Tohoku (2011)	M=9.0
Mexico (2017)	M=8.2
Sichuan (2008)	M=8.0
San Francisco (1906)	M=7.8

# Pericolosità/hazard





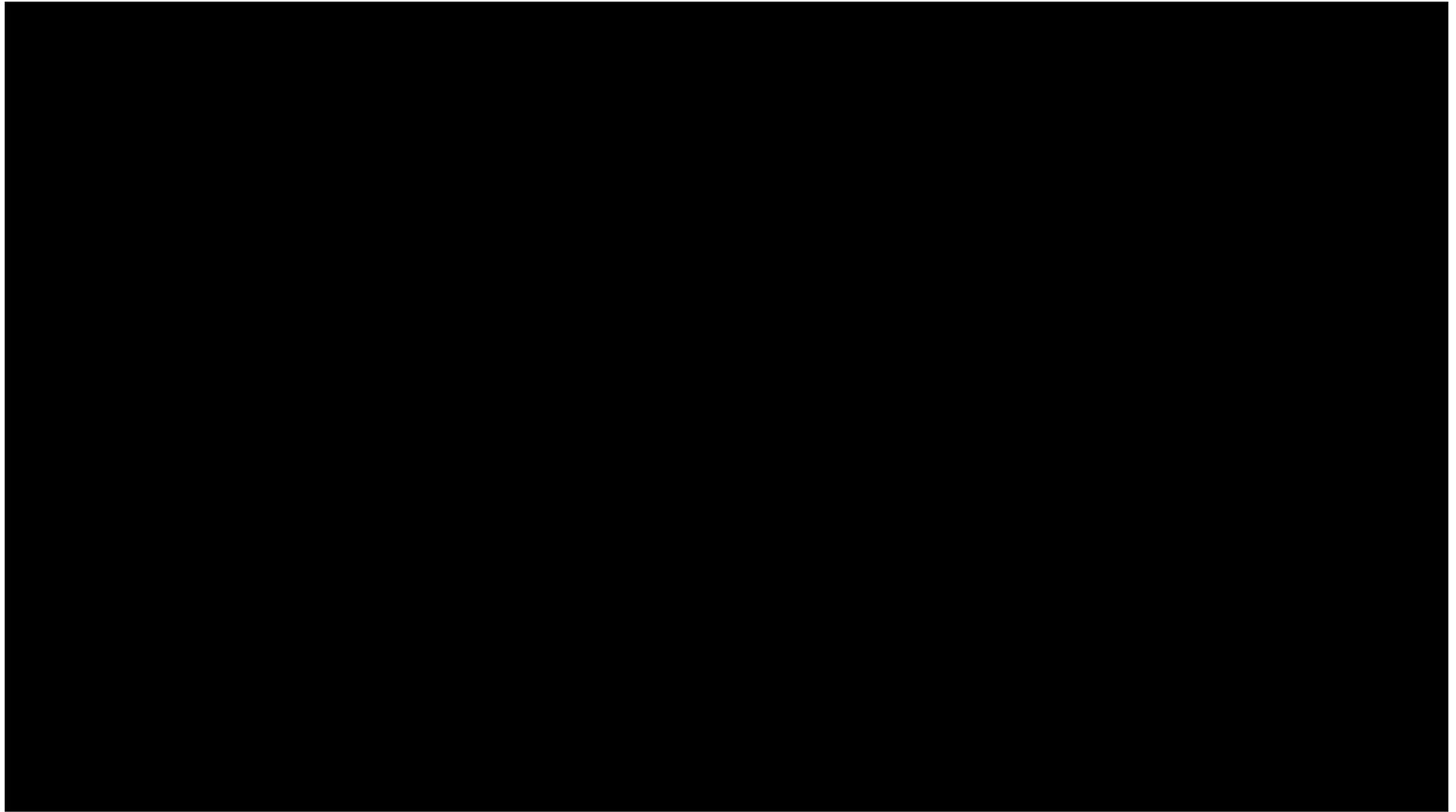
## Misura dell'intensità dei terremoti: accelerazione

Valore di accelerazione con 10% di  
probabilità di essere superata in 50 anni

corrisponde ad un terremoto che si verifica  
'in media' ogni 475 anni

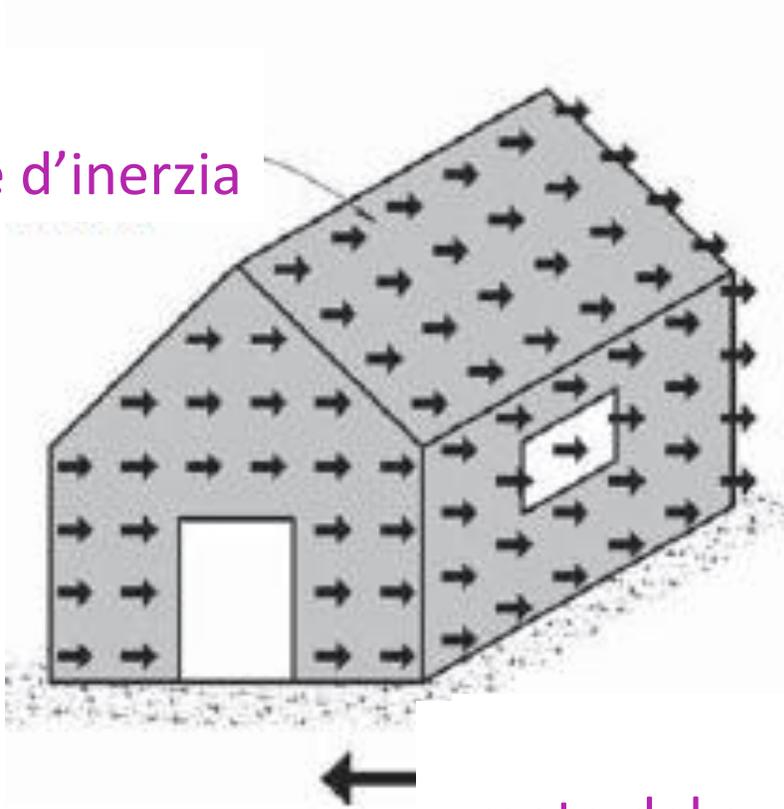
$$0.35g \sim 3.5m/s^2$$

# QUALI SONO GLI EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI?



# Forza d'inerzia

forze d'inerzia



moto del suolo

$$F = Ma$$

Forza d'inerzia

Massa

accelerazione

# Accelerazione



1g



4g

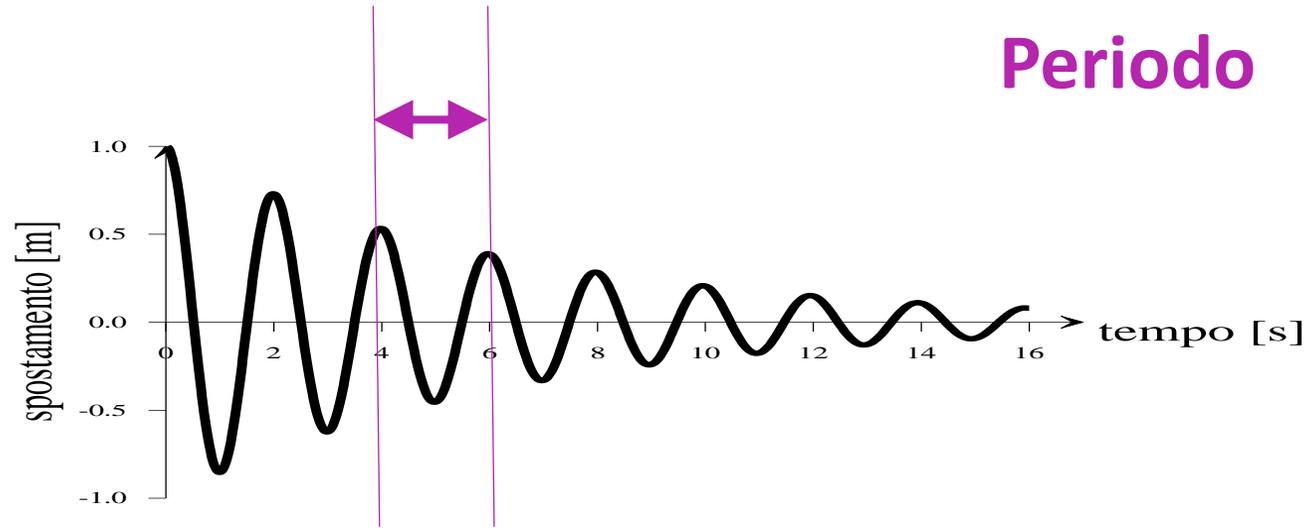


9g

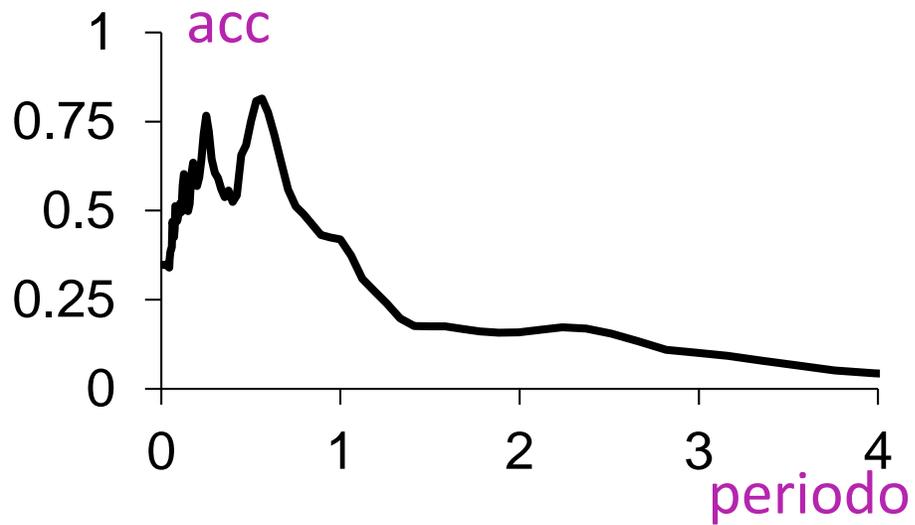


0.1g-2g

# Periodo



60 piani



arredamento



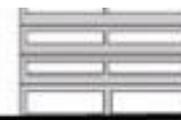
0.05

1 piano



0.1

4 piani



0.5

10-20 piani



1-2



7

periodo

## Vulnerabilità: danni e crolli



Kashmir - Pakistan, 2005. M 7.6

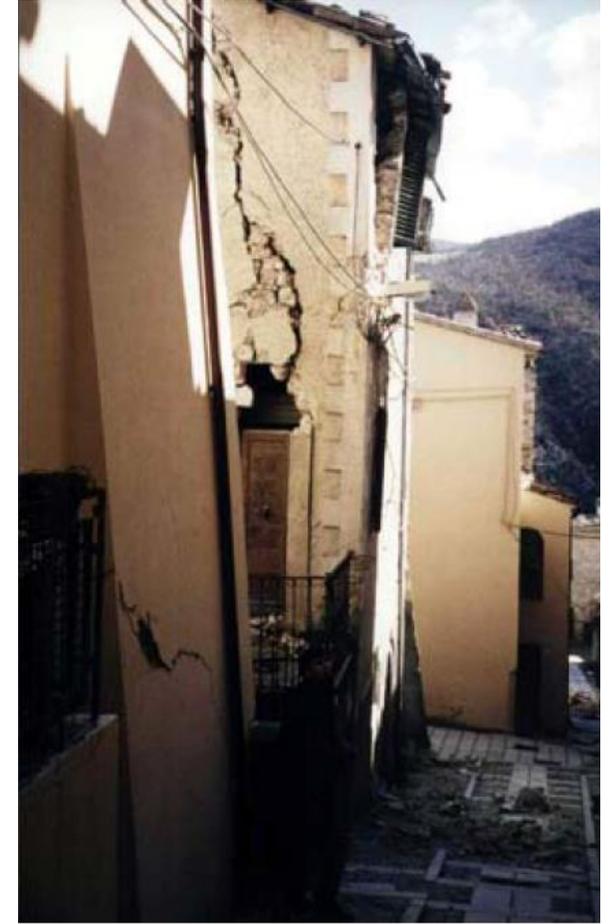
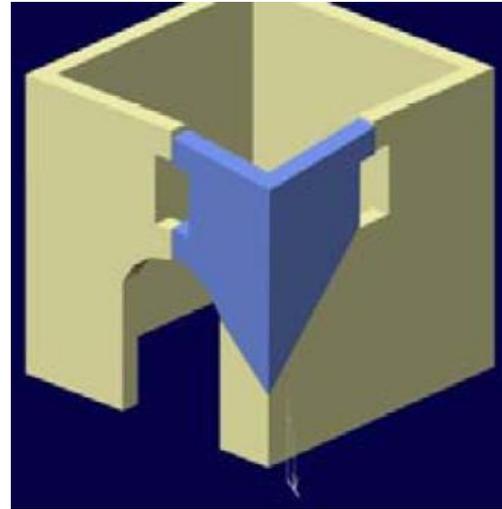
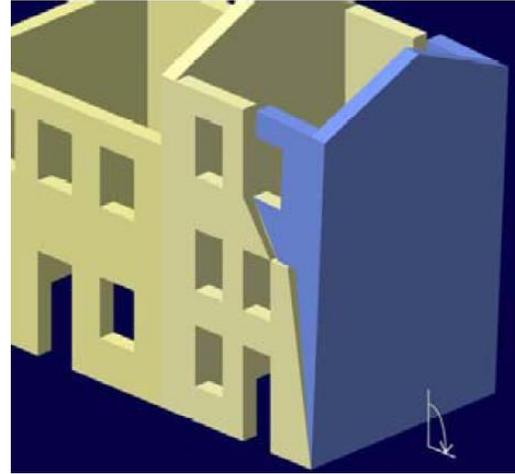
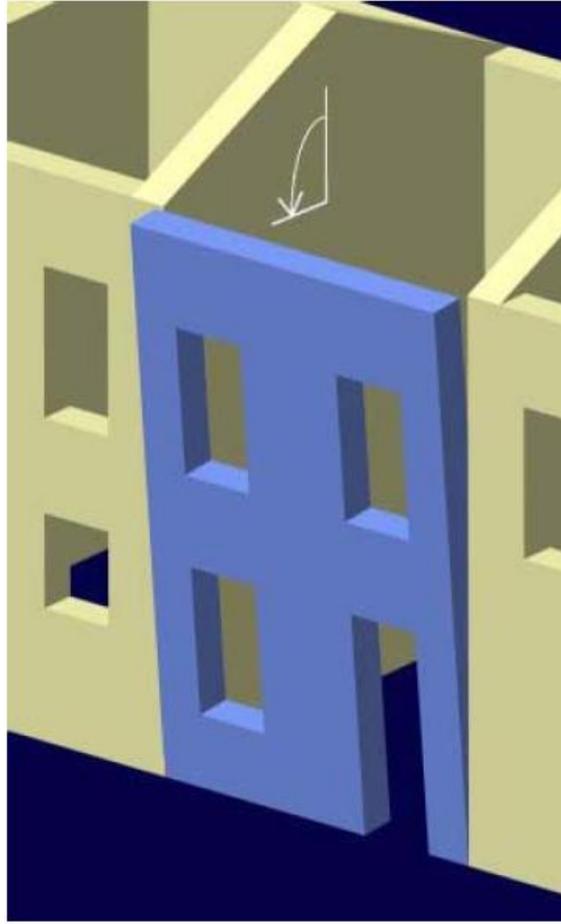


Amatrice - Italia, 2016. M 6.0

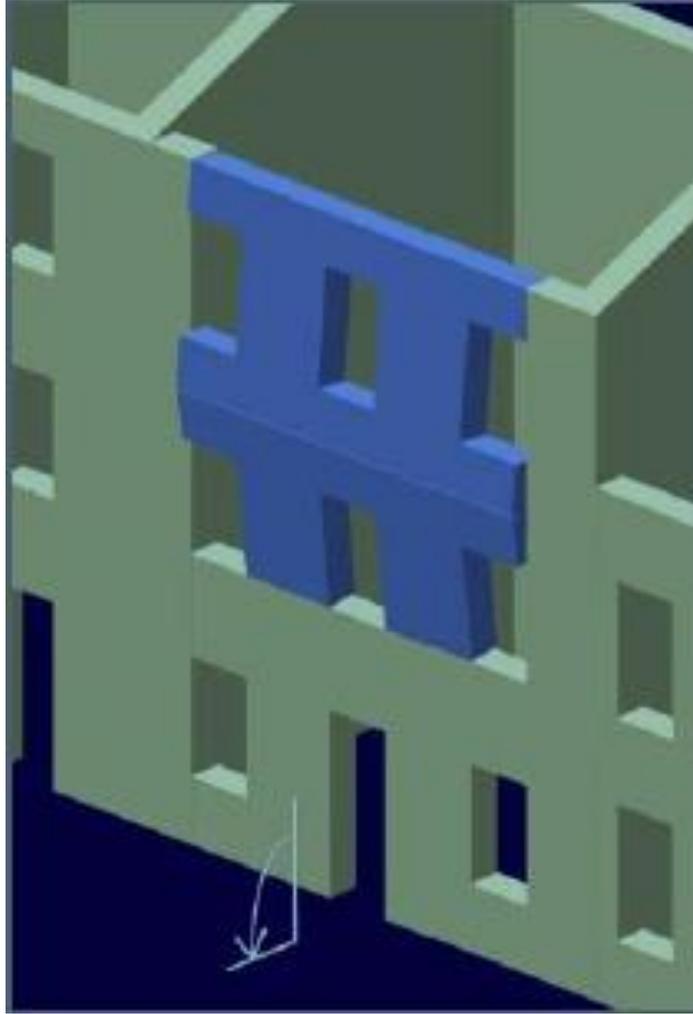
# Costruzioni a pareti portanti



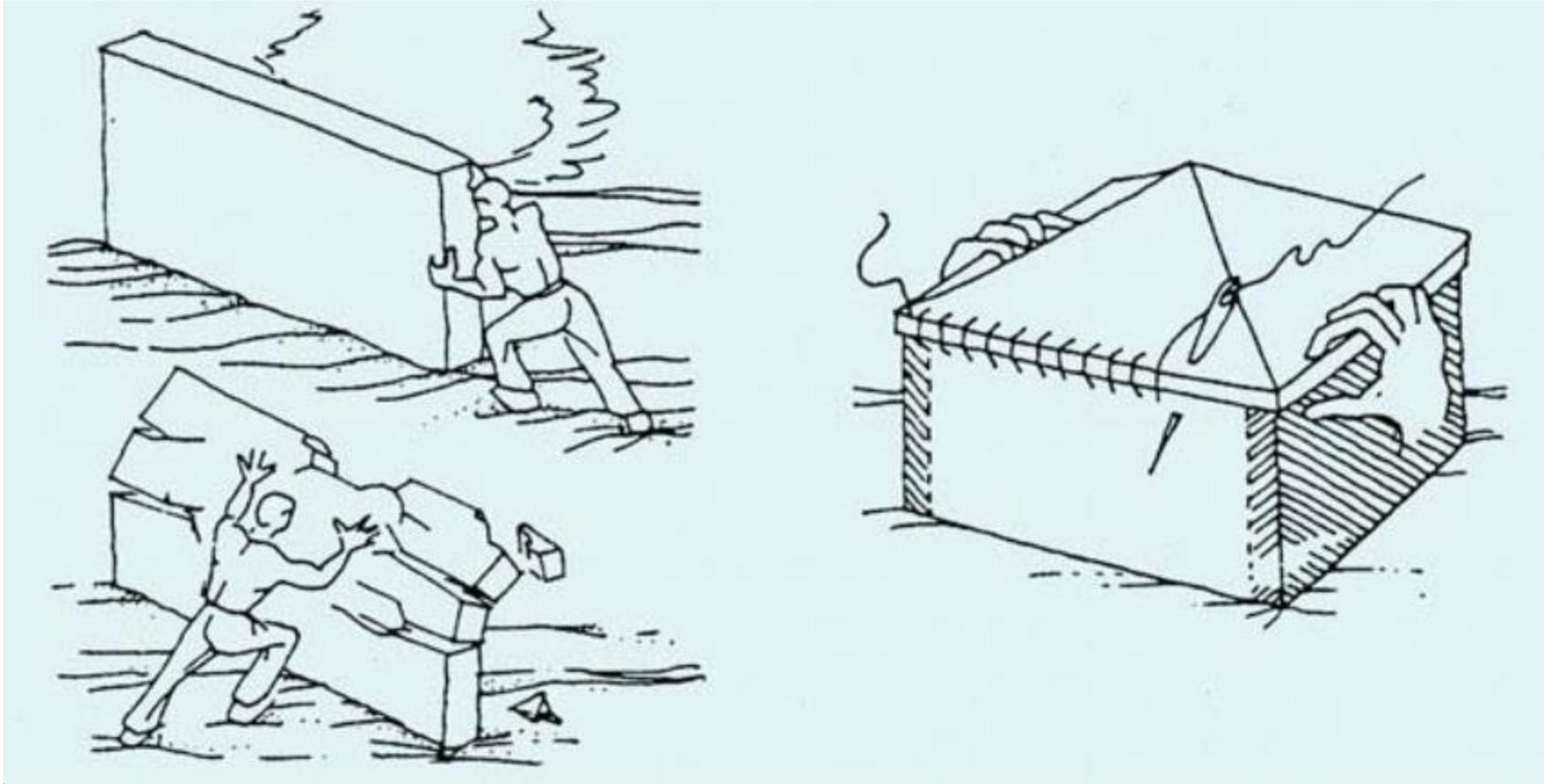
# Costruzioni a pareti portanti



# Costruzioni a pareti portanti



# Costruzioni a pareti portanti



# Costruzioni a telaio

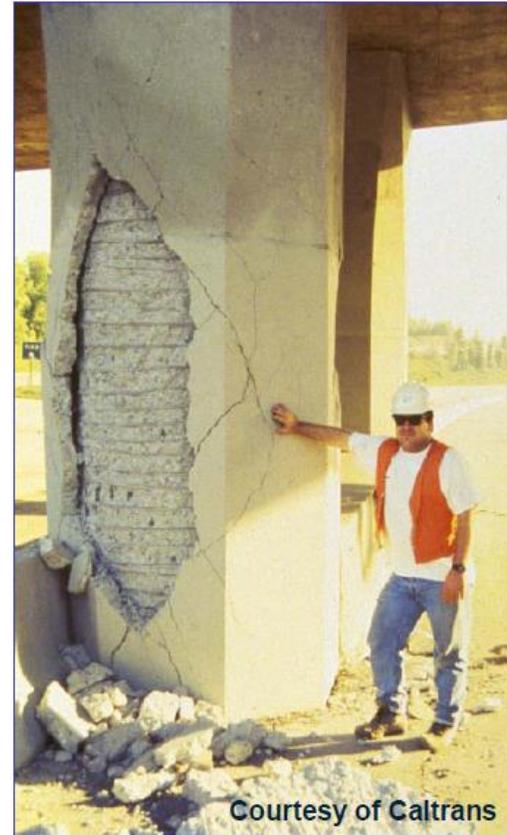


## Older Brittle Details

- Total Failure at  $\sim 0.2g$
- Retrofit Priority

## Modern Ductile Details

- Initial Failure at  $\sim 0.6g$

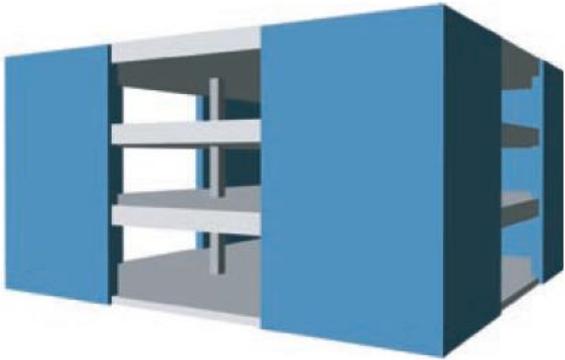
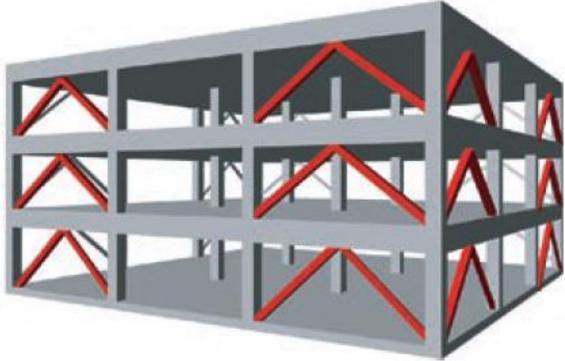
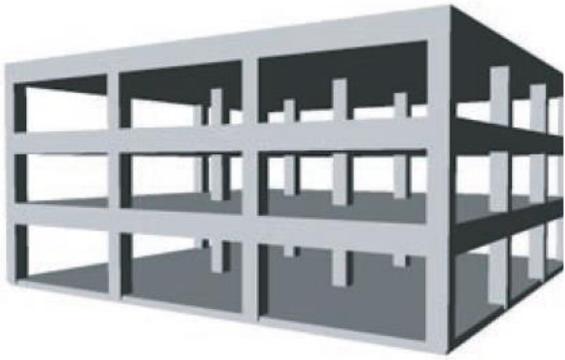


# QUALI STRATEGIE PER MITIGARE GLI EFFETTI DEI TERREMOTI?

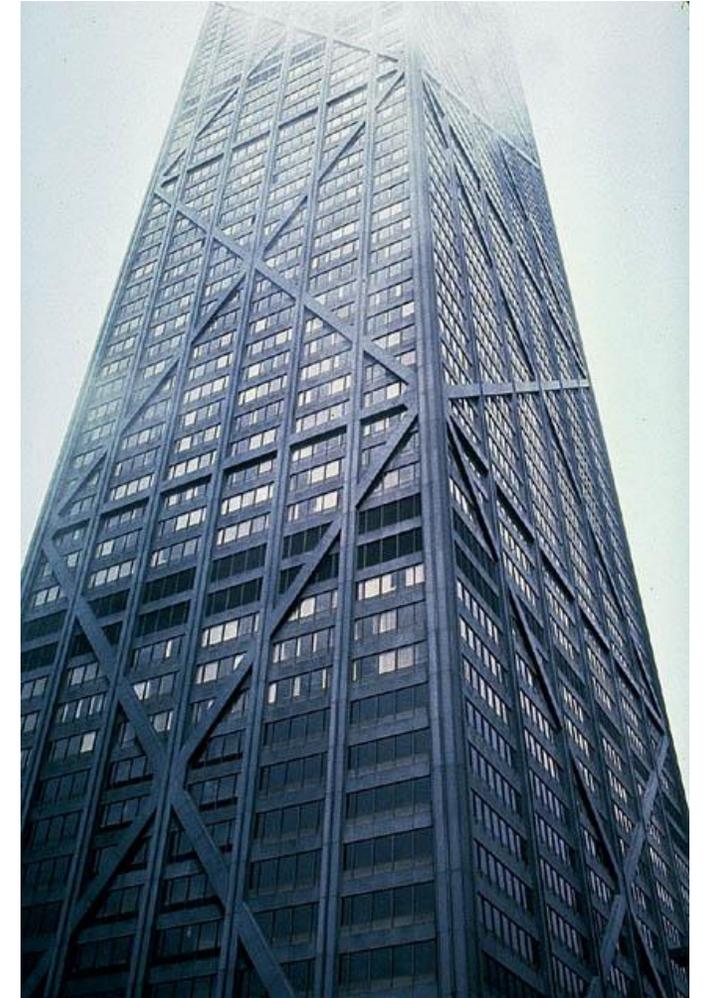
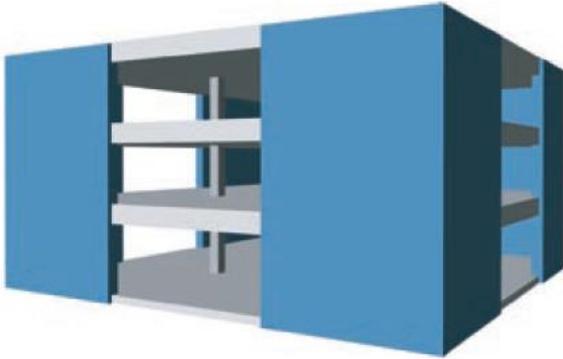
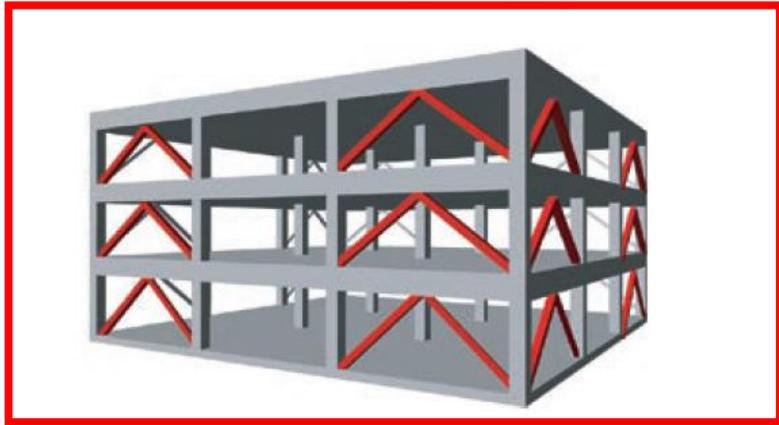
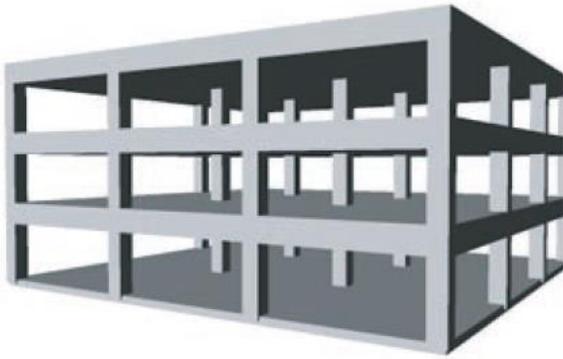
**Aumento della 'capacità'**  
**Riduzione della 'domanda'**

# Aumento della capacità della struttura (resistenza/duttilità)

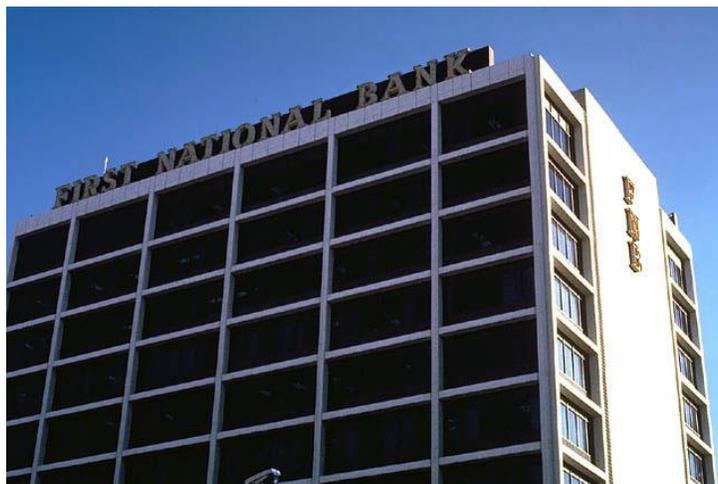
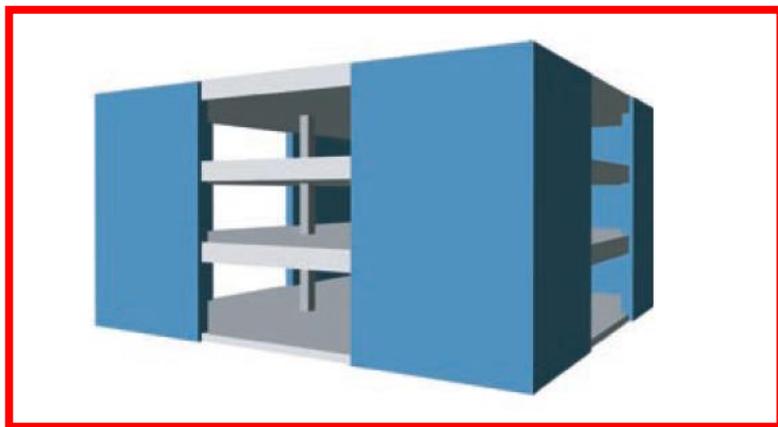
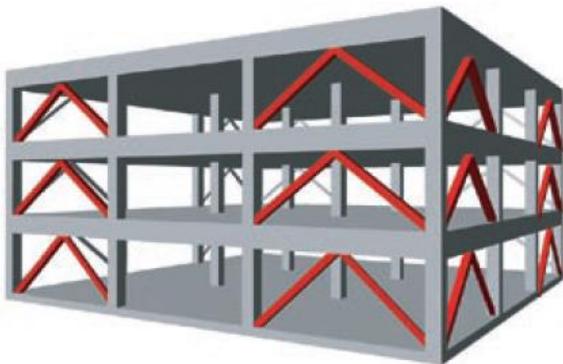
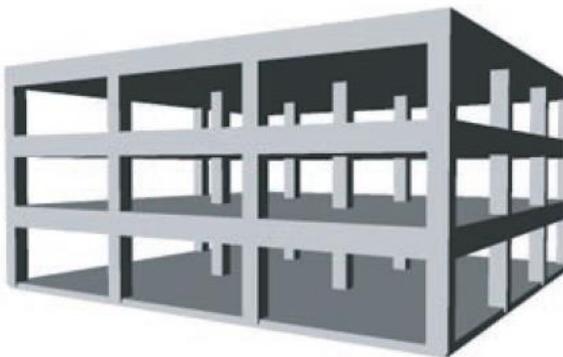
## Telaio a nodi rigidi



# Controventi reticolari

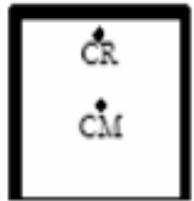
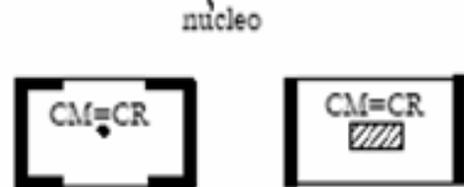
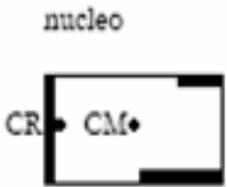
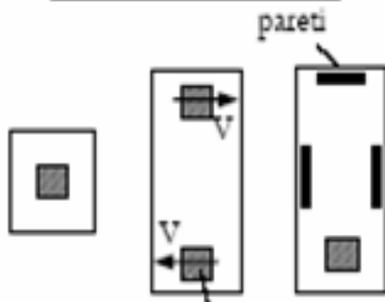
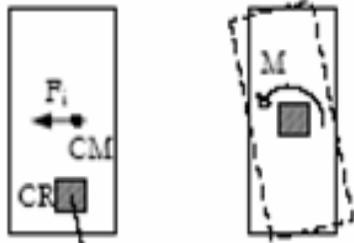
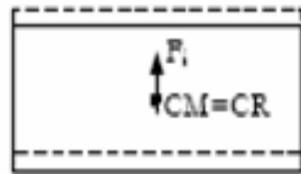
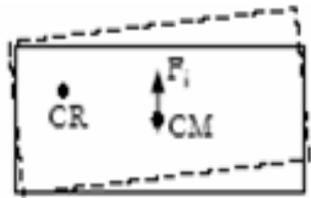


## Pareti di taglio



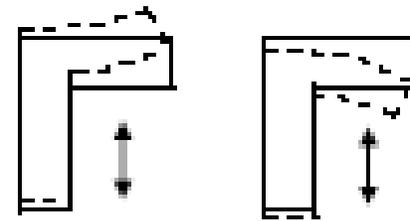
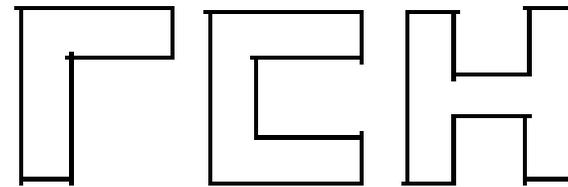
# Riduzione della domanda (forze/spostamenti)

# Regolarità in pianta

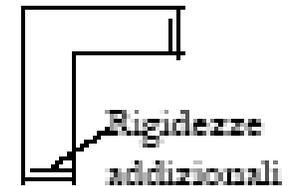
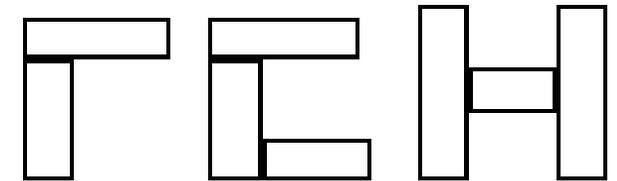
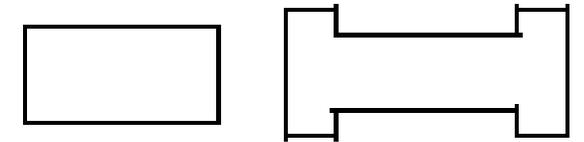


Sfavorevole

Favorevole

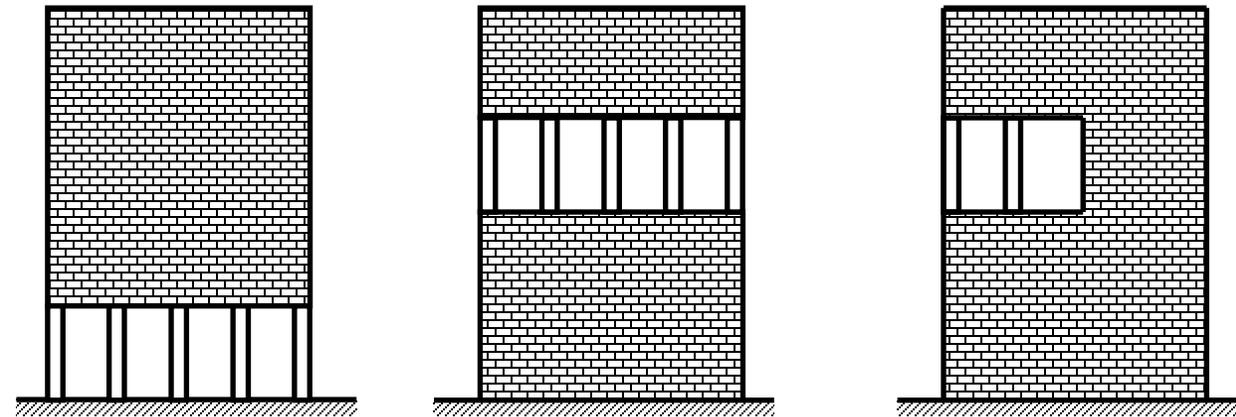


Pericolo di distacchi tra le parti del solaio

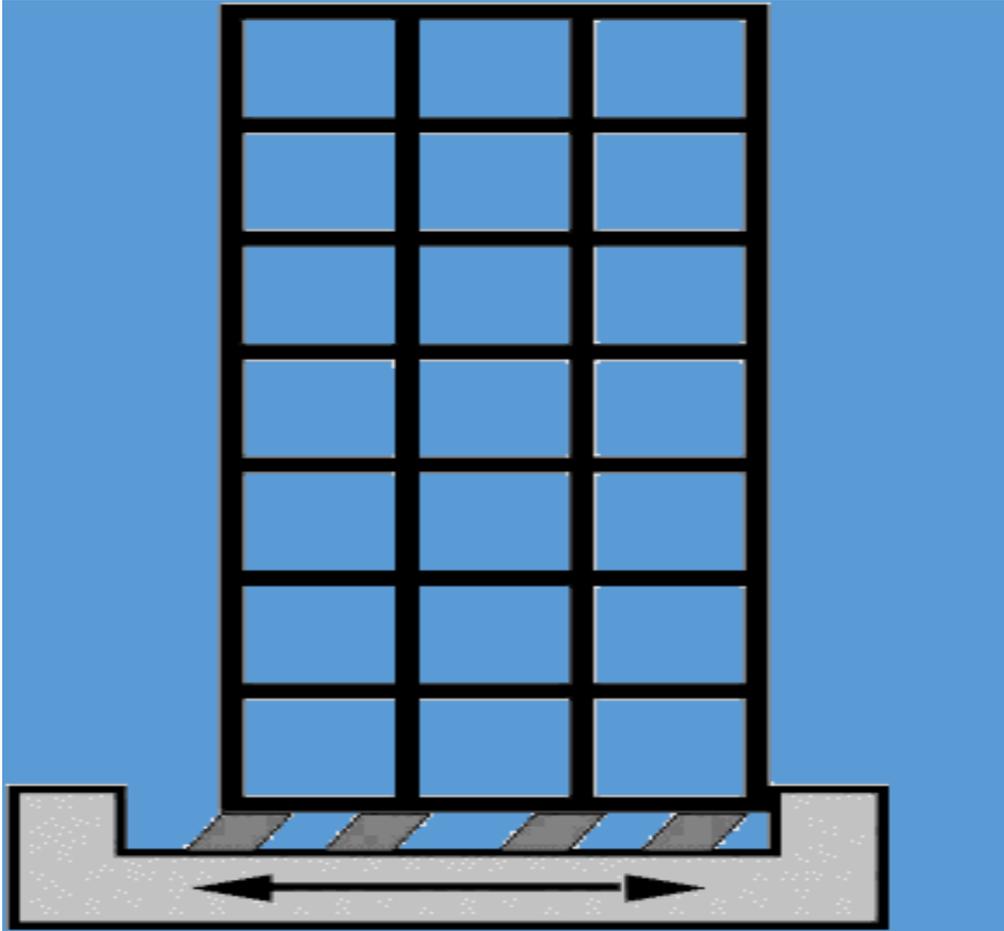


Rigidità  
addizionali

# Regolarità in elevazione

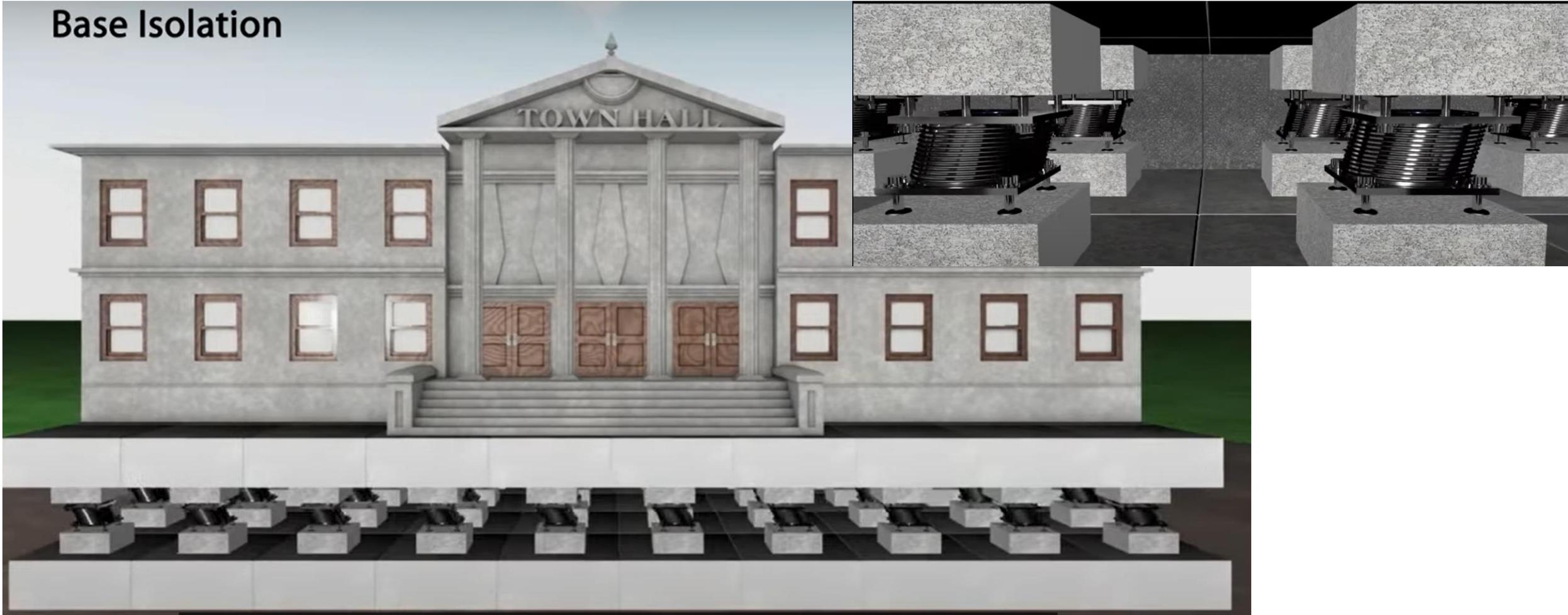


# Isolamento e dissipazione

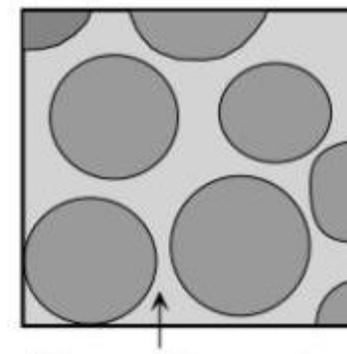
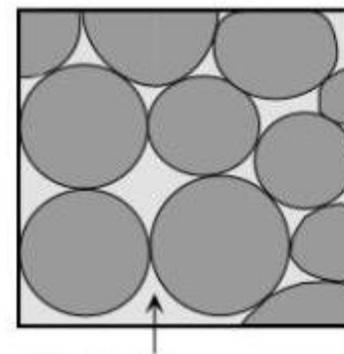


# Isolamento e dissipazione

Base Isolation



## Effetti secondari: liquefazione

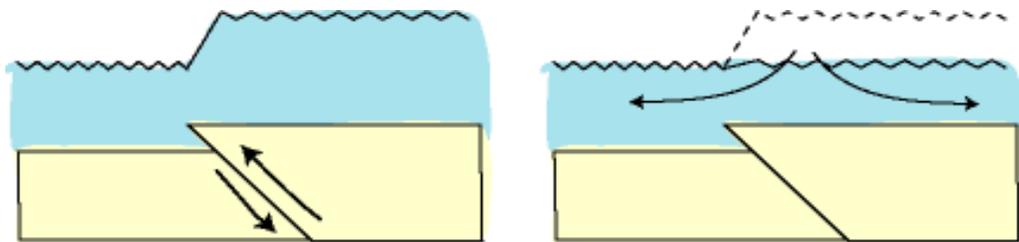


Può accadere nei terreni poco permeabili

# Effetti secondari: frane

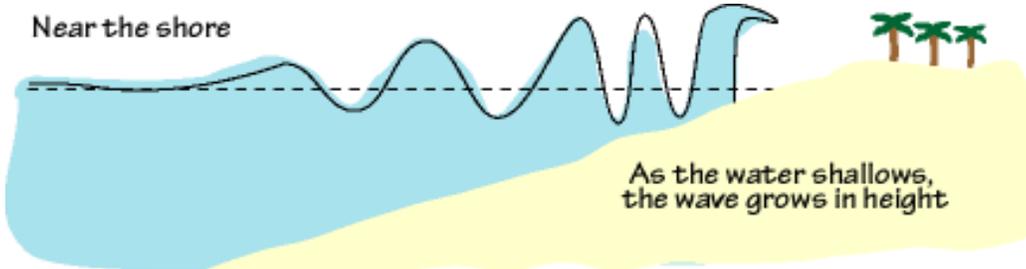
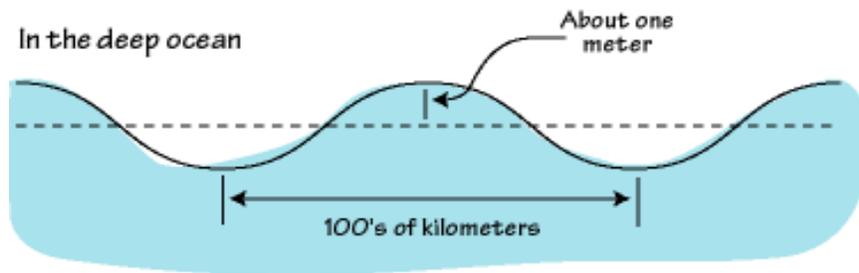


# Effetti secondari: Tsunami - onda di porto



A sudden offset in ocean floor offsets the water.

Gravity pulls the water back to its equilibrium position.



1957 Tsunami di Aleutian

Parte del materiale per questa presentazione è stato preso da:

Youtube

Plate Tectonics | Tectonic plates Theory | Video for kids

<https://www.youtube.com/watch?v=MZ-sVQEIqhE>

Grazie