Workshop

Progetto di edifici antisismici con struttura in c.a.

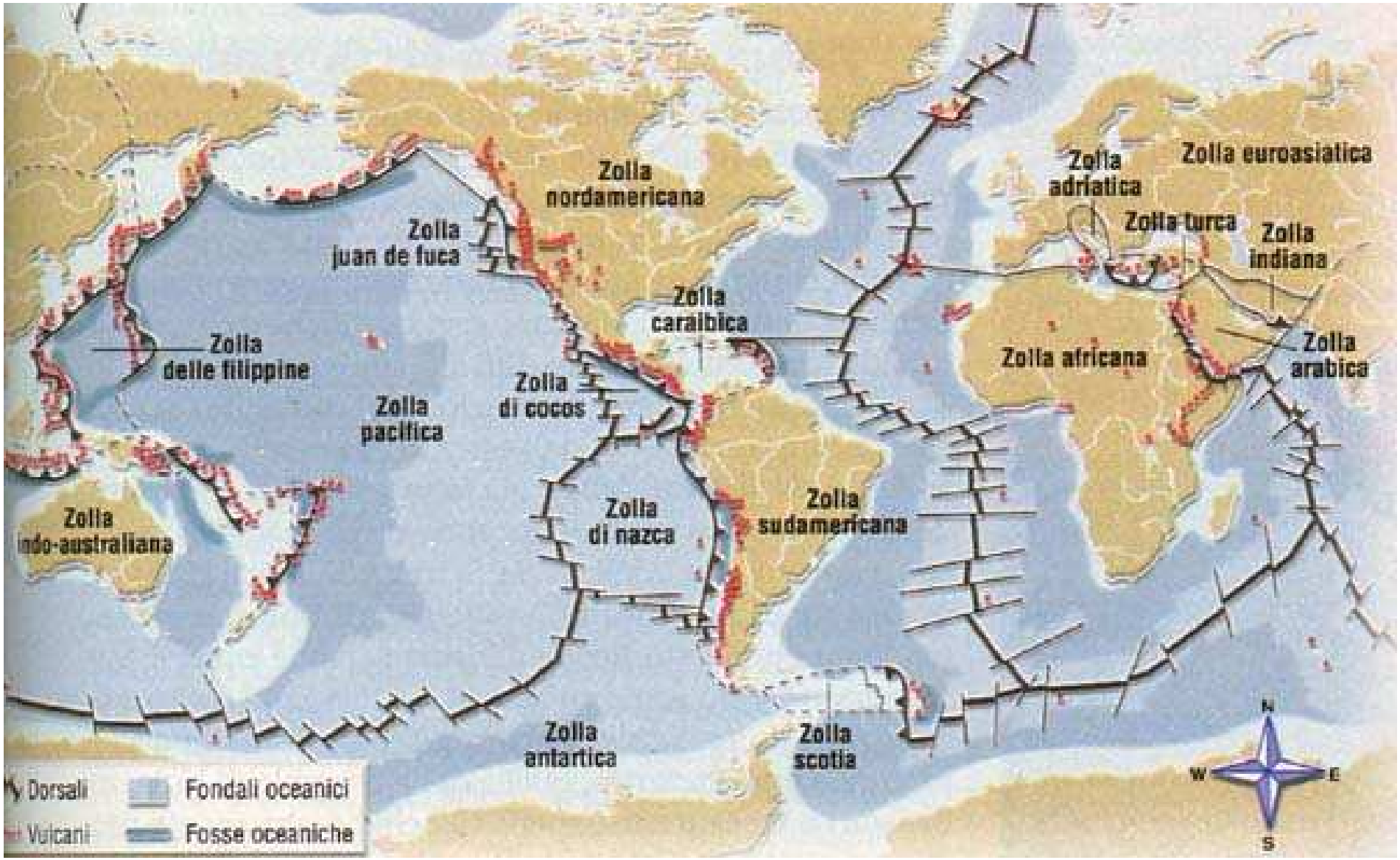
Catania

aula IT del DAU

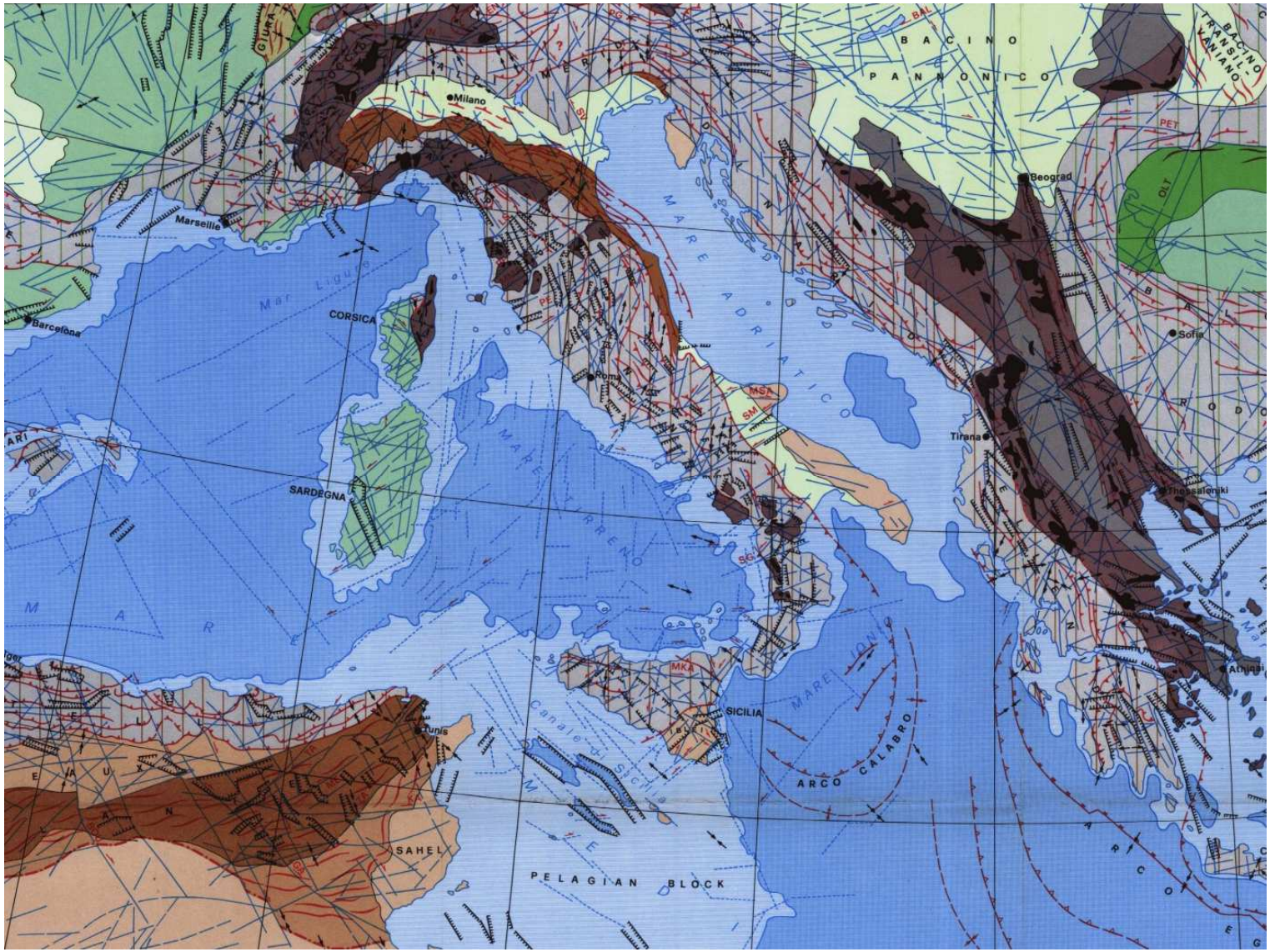
10-20 settembre 2013

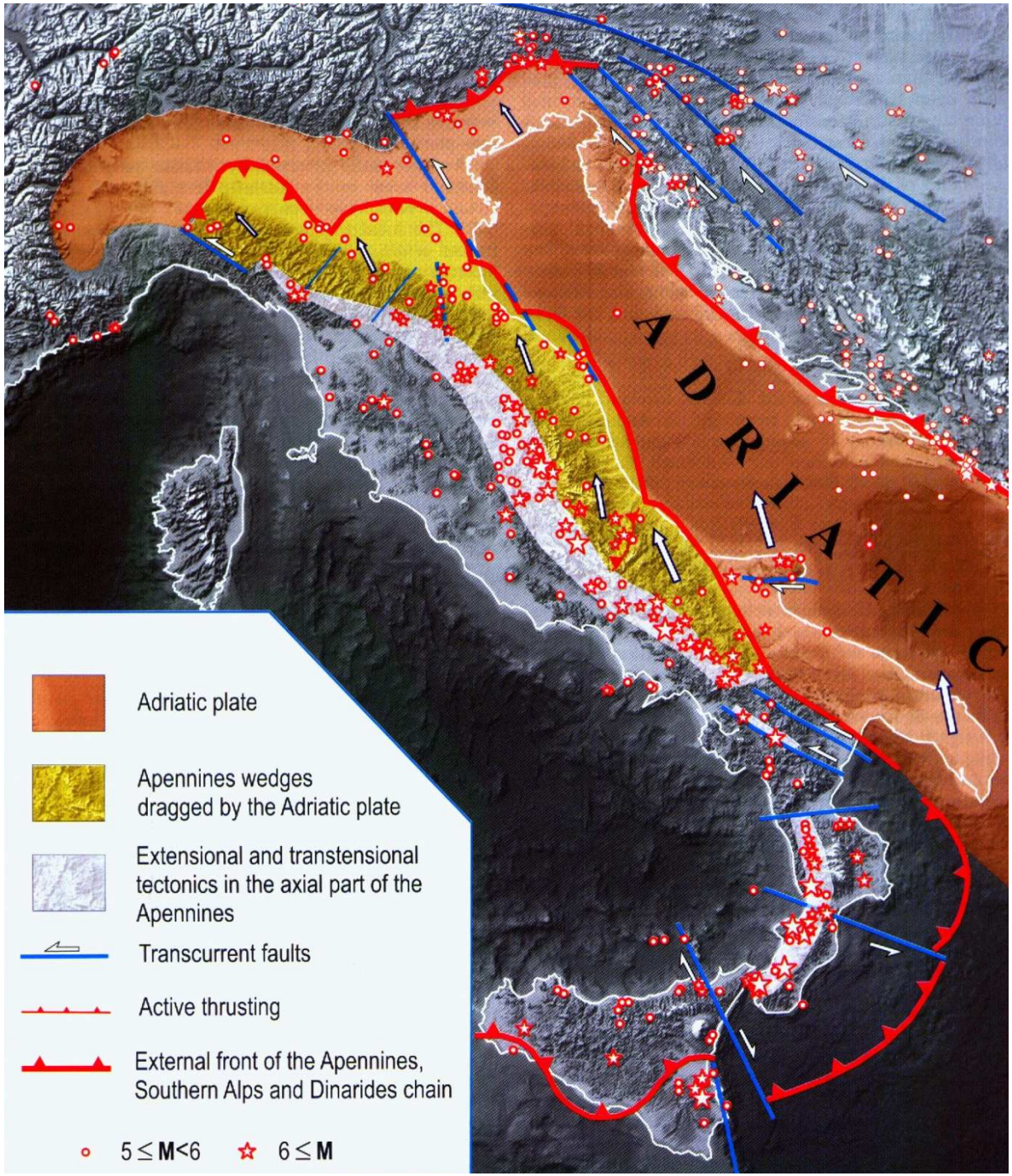
01 – Terremoti, onde sismiche, accelerogrammi

Zolle crostali e vulcani

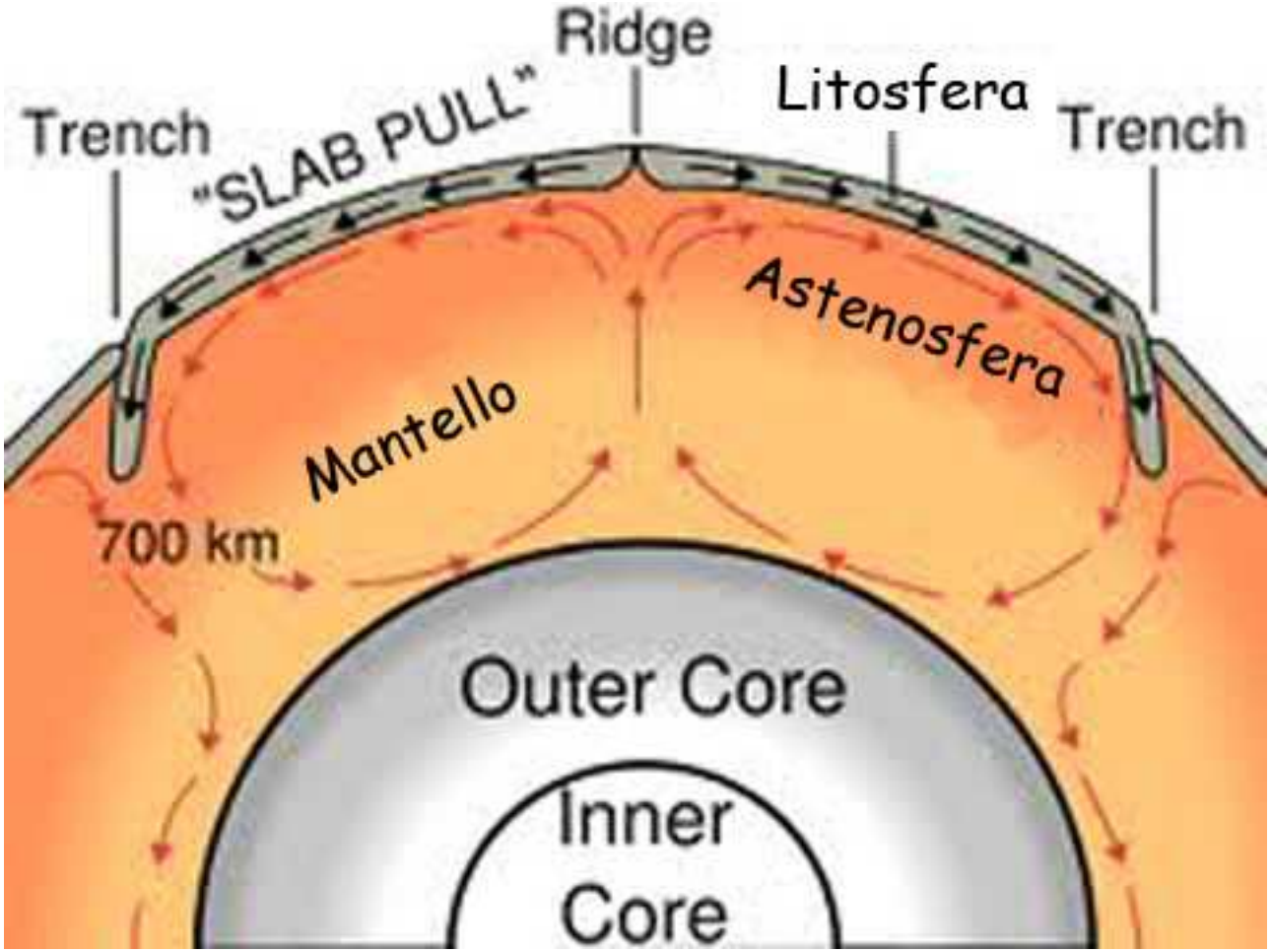


Carta geologica - Italia




ADRIATIC
Adriatic plate
Apennines wedges dragged by the Adriatic plate
Extensional and transtensional tectonics in the axial part of the Apennines
Transcurrent faults
Active thrusting
External front of the Apennines, Southern Alps and Dinarides chain
5 ≤ M<6
6 ≤ M

Moti convettivi nel mantello
e movimento delle zolle



Il meccanismo che scatena un terremoto: scorrimento lungo una faglia

1

blocchi di crosta in riposo

2

scorrimento impedito: deformazione con accumulo di energia

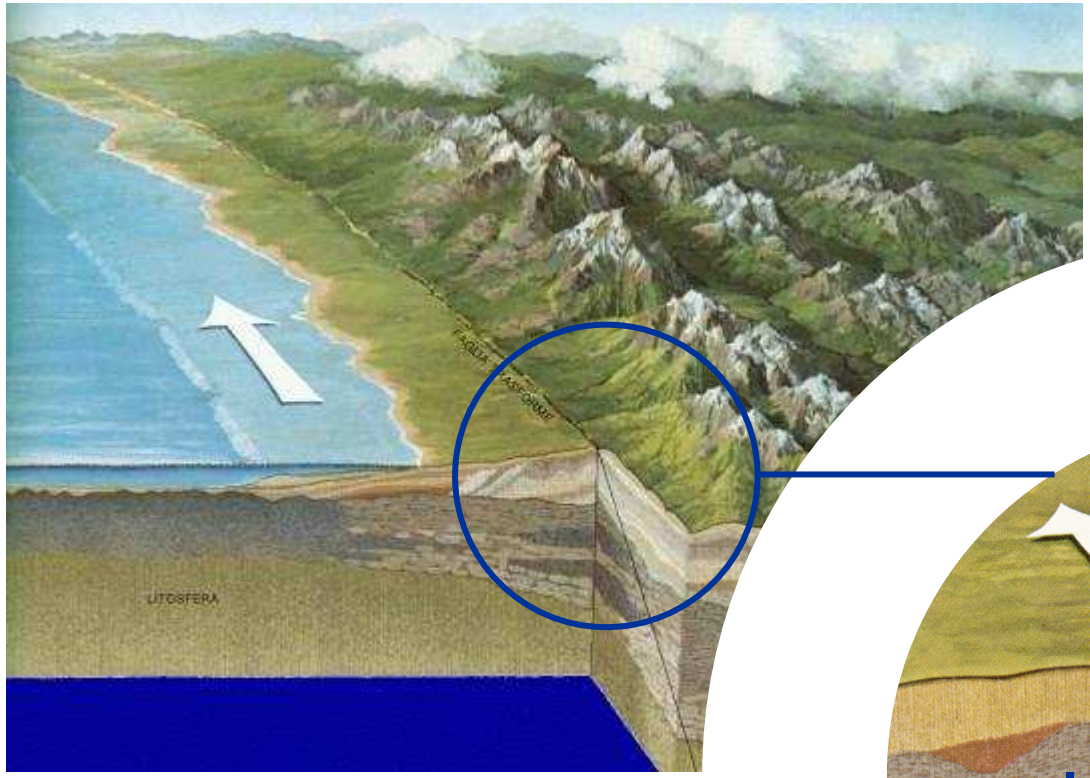
3

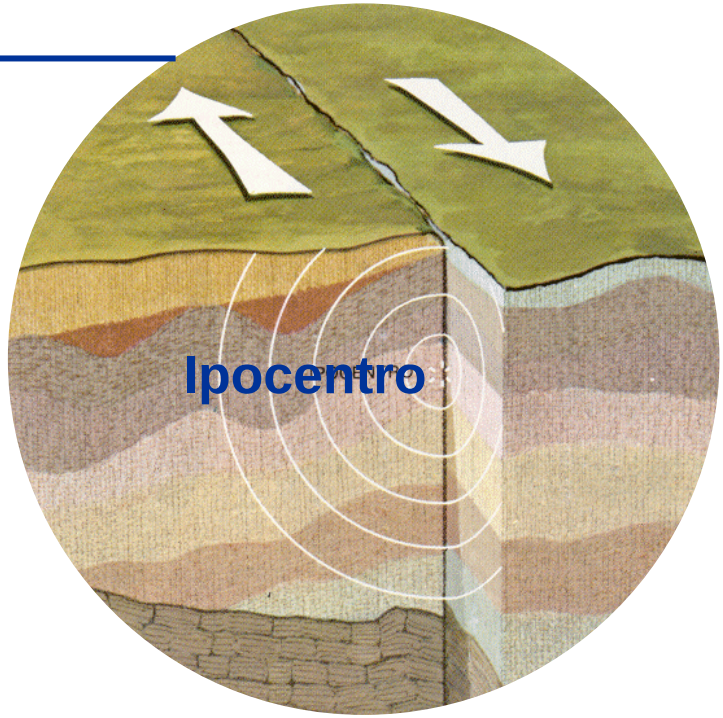
il momento della rottura: rilascio dell'energia

4

brusco scorrimento, verso un nuovo equilibrio

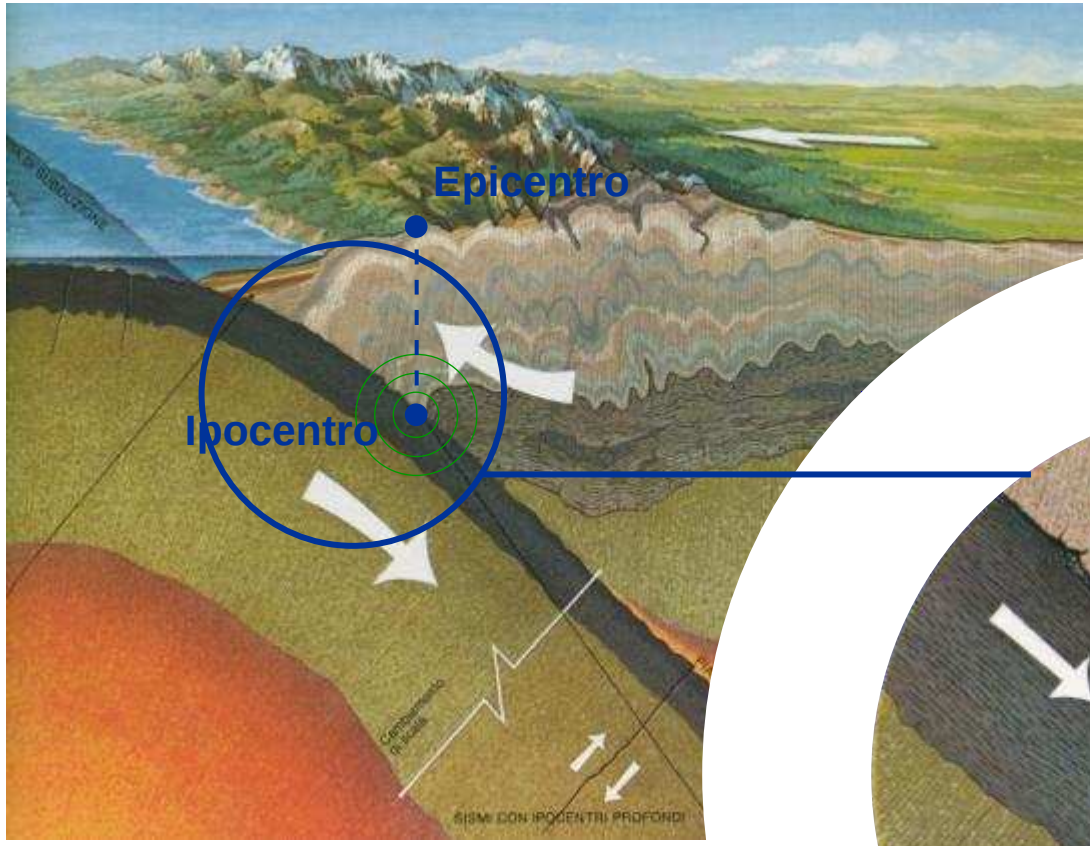
Faglie trasformi

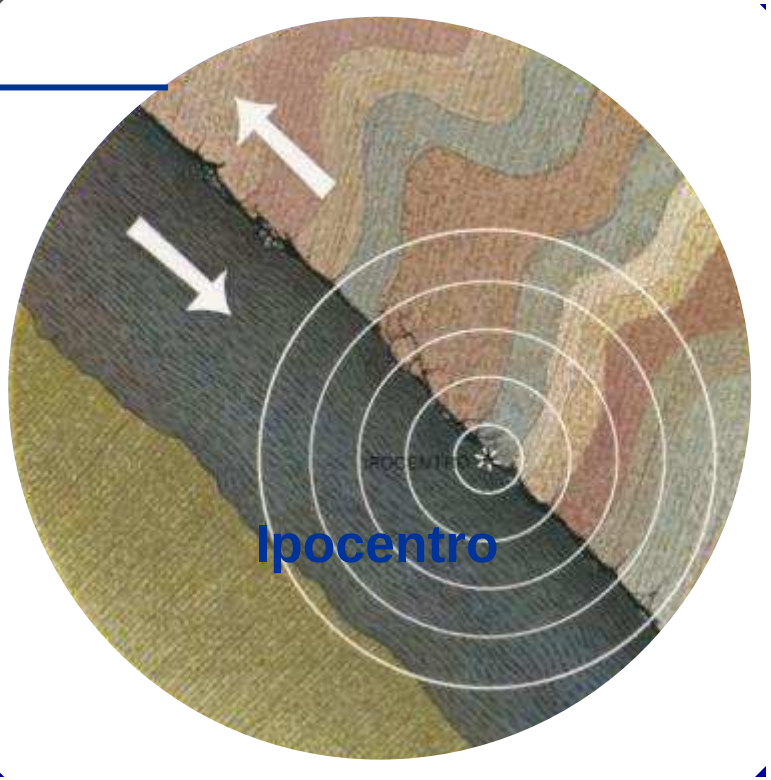




Zolle che scorrono orizzontalmente, l'una rispetto all'altra

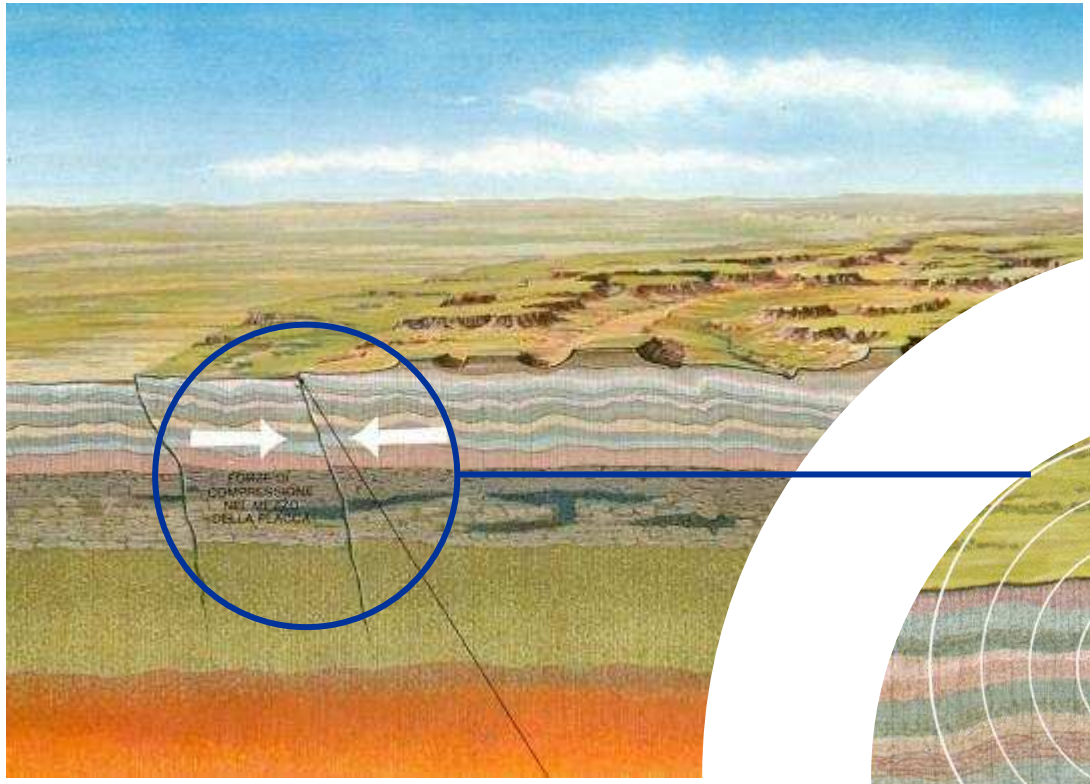
Zone di subduzione

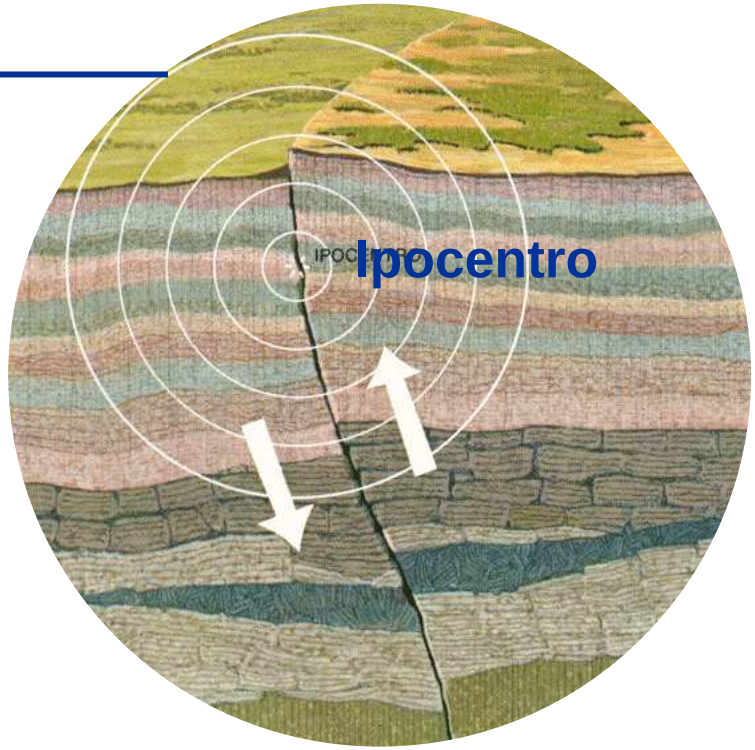




Zolle in movimento, l'una verso l'altra:
la più leggera affonda scorrendo sotto l'altra

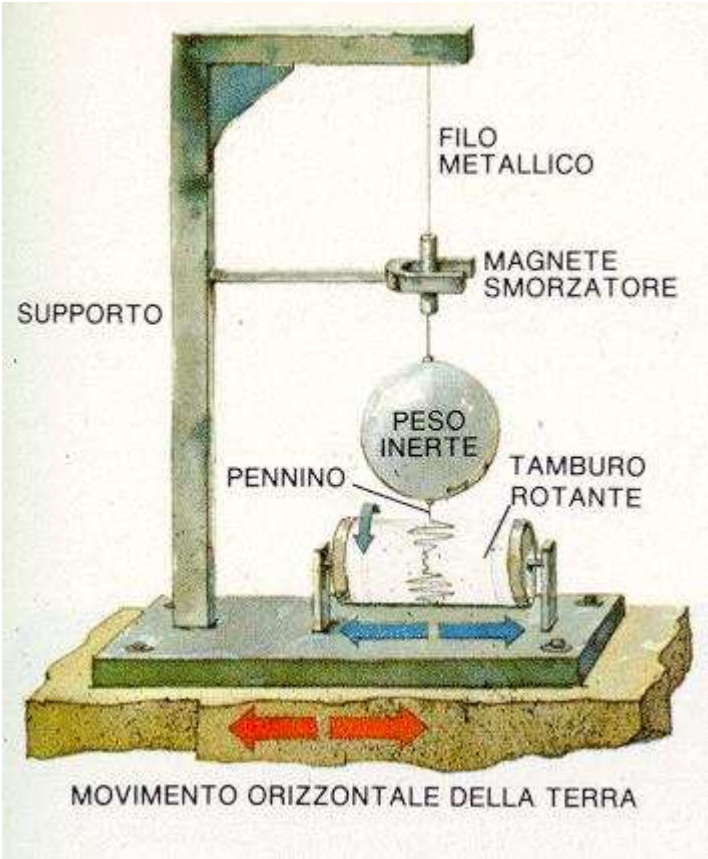
Zolle in collisione





Zolle in movimento, l'una verso l'altra:
se sono entrambe molto spesse, nessuna affonda, ma si hanno spostamenti relativi verticali

Registrazione del moto del terreno



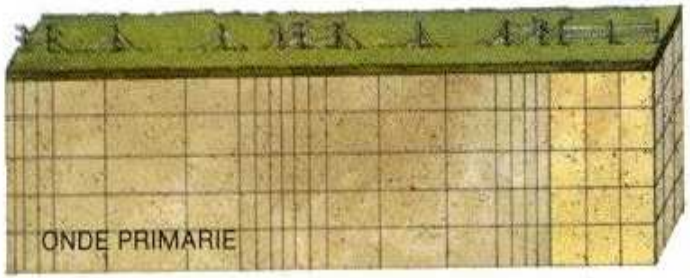
Sismografo:
misura gli spostamenti del terreno

Sismogramma

Onde di volume

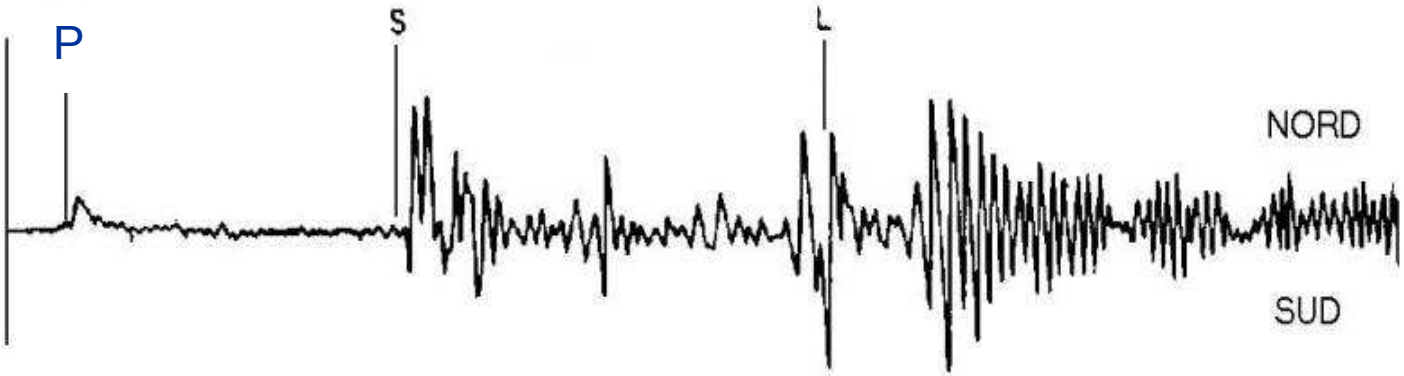
Si hanno:

- Onde primarie (P)
  onde longitudinali,
  di compressione e dilatazione
  sono le più veloci



$$v_P \cong 1.1\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

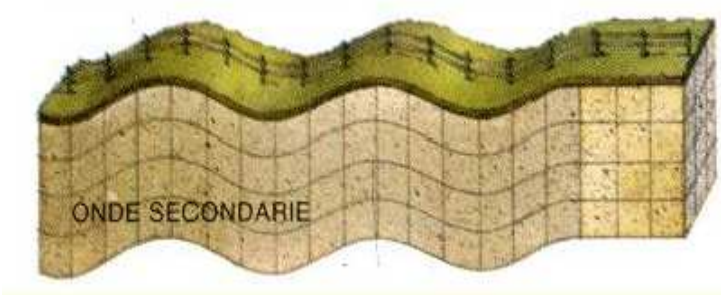
per roccia, $v_P \cong 5 \div 6$ km/s



Onde di volume

Si hanno:

- Onde primarie (P)
- Onde secondarie (S)
  onde trasversali, di taglio



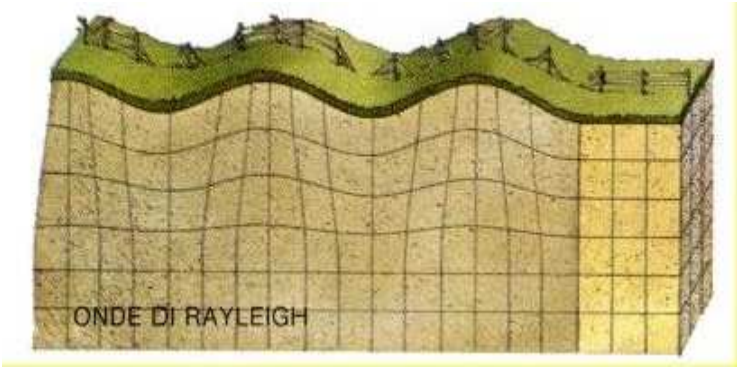
$$v_S = \frac{v_P}{\sqrt{3}}$$

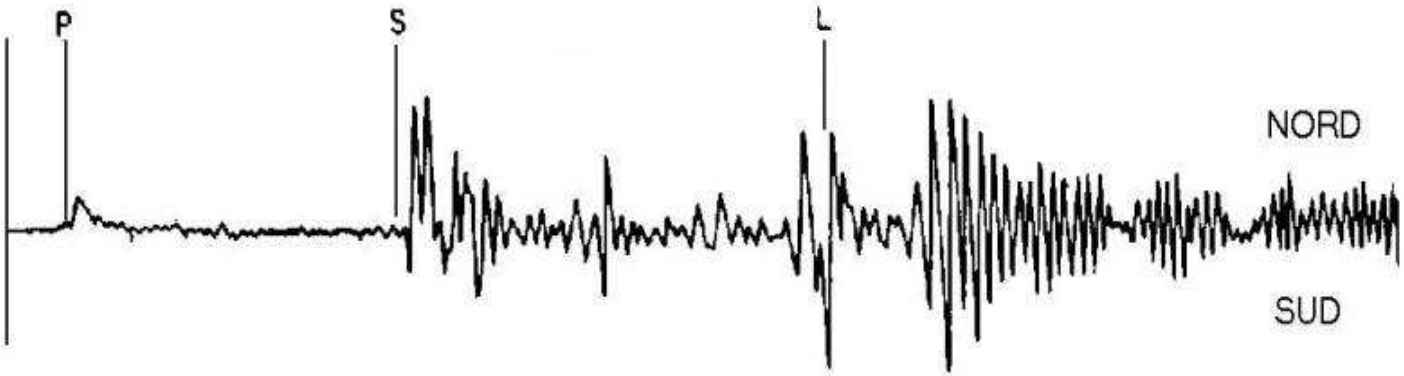
non si propagano
nei liquidi

Onde di superficie

Si hanno vari tipi, tra cui:

- Onde di Rayleigh (R)
  con moto secondo un'ellisse
  nel piano verticale

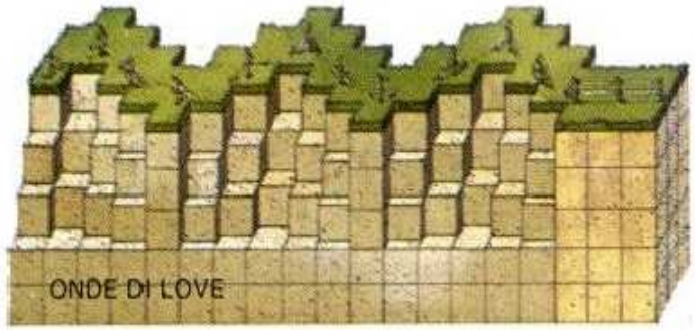


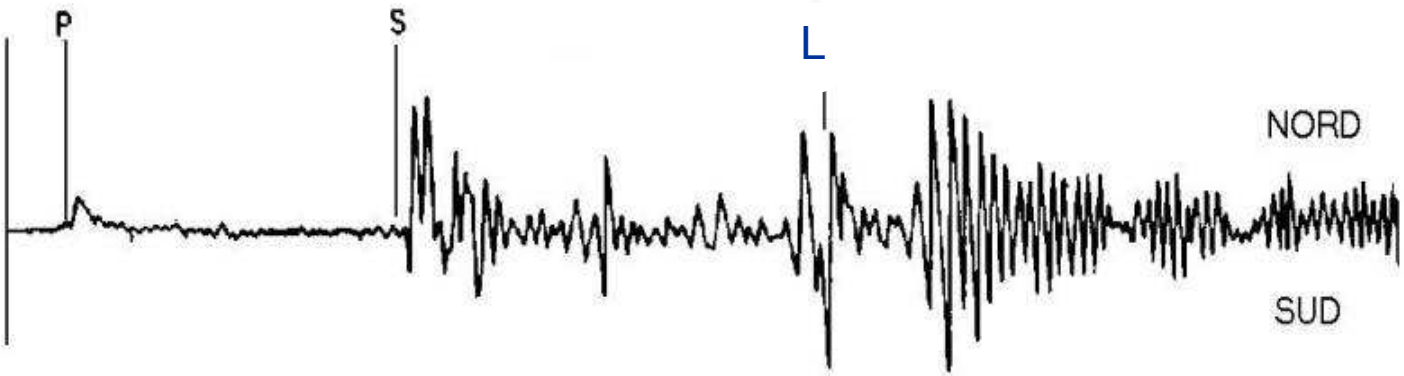


Onde di superficie

Si hanno vari tipi, tra cui:

- Onde di Rayleigh (R)
  con moto secondo un'ellisse
  nel piano verticale
- Onde di Love (L)
  con moto tipo onde di taglio
  nel piano orizzontale



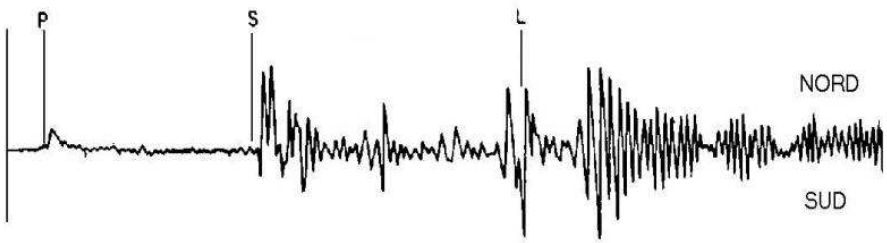


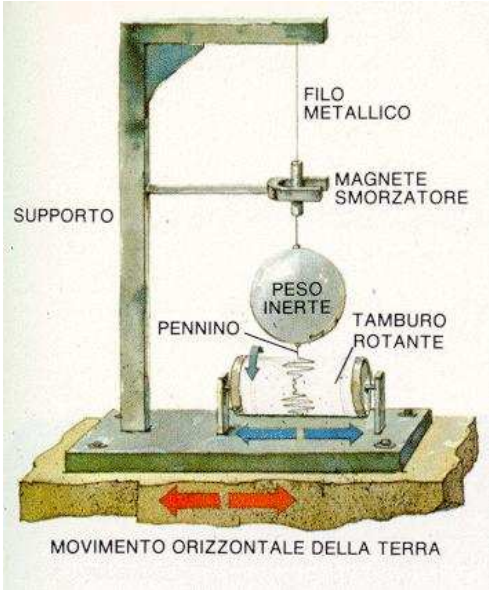
Registrazione di un evento sismico

- In tempi remoti si faceva riferimento al sismogramma (spostamento nel tempo) …

Sismografo:

misura gli spostamenti del terreno





- … e l'intensità di un terremoto veniva misurata con scale empiriche, basate sull'esame dei danni prodotti

Misura dell'intensità sismica

Scala Mercalli (1902, modificata nel 1931 e 1956)

I Non percepito dalle persone.

II Percepito da persone in riposo, nei piani superiori delle case o in posizione favorevole

III Percepito nelle case. Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri leggeri. Stime della durata. Talora non riconosciuto come terremoto.

IV Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri pesanti, o scossa come di una pesante palla che colpisca le pareti. Oscillazione di automezzi fermi. Movimento di porte e finestre. Tintinnio di vetri. Vibrazione di vasellami. Nello stadio superiore del IV, scricchiolio di pareti e di strutture in legname.

V Risentito all'esterno; stima della direzione. Sveglia di persone dormienti. Movimento della superficie dei liquidi, versamento di taluni dai recipienti. Spostamento o rovesciamento di piccoli oggetti instabili. Oscillazione di porte che si aprono o si chiudono. Movimento di imposte e quadri. Arresto, messa in moto, cambiamento del passe di orologi a pendolo.

VI Sentito da tutti. Spavento e fuga all'esterno. Barcollare di persone in moto. Rottura di vetrine, piatti, vetrerie. Caduta dagli scaffali di ninnoli, libri ecc. e di quadri dalle pareti. Spostamento o rotazione di mobili. Screpolature di intonaci deboli e di murature tipo D(*). Suono di campanelli (di chiese, di scuole). Stormire di alberi e di cespugli.

VII Difficile stare in piedi. Risentito dai guidatori di automezzi. Tremolio di oggetti sospesi. Rottura di mobili. Danni alle murature tipo D(*), incluse fenditure. Rotture di comignoli deboli situati sul colmo dei tetti. Caduta di intonaci, mattoni, pietre, tegole, cornicioni (anche di parapetti isolati e ornamenti architettonici). Qualche lesione a murature tipo C(*). Formazione di onde sugli specchi d'acqua; intorbidamento di acque. Piccoli smottamenti e scavernamenti in depositi di sabbia e ghiaia. Forte suono di campane. Danni a canali d'irrigazione rivestiti.

VIII Risentito nella guida di automezzi. Danni a murature tipo C(*), crolli parziali. Alcuni danni a murature tipo B(*), non tipo A(*). Caduta di stucchi e di alcune pareti in muratura. Rotazione e caduta di camini, monumenti, torri, serbatoi elevati. Costruzioni con strutture in legname smosse dalle fondazioni se non imbullonate; pannelli delle pareti lanciati fuori. Rottura di palizzate deteriorate. Rottura di rami di alberi. Variazioni di portata o temperatura di sorgenti e pozzi. Crepacci nel terreno e sui pendii ripidi.

IX Panico generale. Distruzione di murature tipo D(*), gravi danni a murature tipo C(*) talvolta con crollo completo; seri danni a murature tipo B(*) (danni generali alle fondazioni). Gravi danni ai serbatoi. Rottura di tubazioni sotterranee. Rilevanti crepacci nel terreno. Nelle aree alluvionali espulsione di sabbie e fango, formazione di crateri di sabbia.

X Distruzione di gran parte delle murature e delle strutture in legname, con le loro fondazioni. Distruzione di alcune robuste strutture in legname e di ponti. Gravi danni a dighe, briglie, argini. Grandi frane. Disalveamento delle acque di canali, fiumi, laghi ecc. Traslazione orizzontale di sabbie e argille sulle spiagge e su regioni piane. Rotaie debolmente deviate.

XI Rotaie fortemente deviate. Tubazioni sotterranee completamente fuori servizio.

XII Distruzione pressoché totale. Spostamento di grandi masse rocciose. Linee di riferimento deformate. Oggetti lanciati in aria.

(*) A = Buon manufatto, legato insieme con ferri, calcestruzzo ecc., progettato per resistere a forze laterali.

B = Buon manufatto con malta; rinforzato, ma non destinato in particolare a resistere a forze laterali.

C = Manufatto ordinarlo con malta, senza tiranti agli angoli né rinforzi.

D = Materiali deboli, come mattoni cotti al sole; malte povere; manufatto di bassa qualità, debole orizzontalmente.

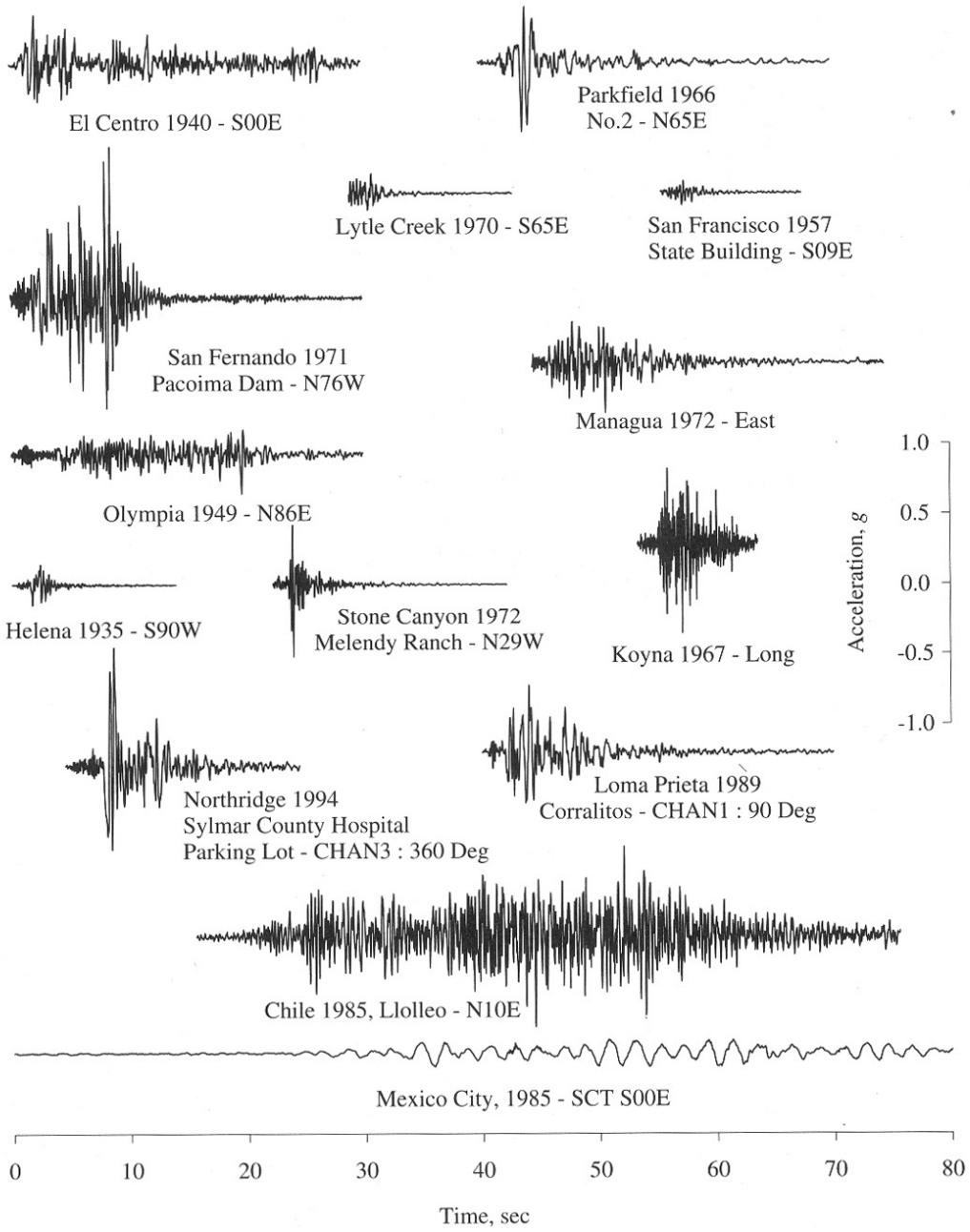
Registrazione di un evento sismico

Oggi si fa riferimento all'accelerogramma, che diagramma l'accelerazione in funzione del tempo

Accelerogramma

Primo parametro di interesse: accelerazione massima

Ma sono importanti anche: durata, contenuto energetico



Accelerogrammi

relativi a sismi di forte intensità in America

Notare:

valori del PGA (Peak Ground Acceleration = accelerazione massima) molto alti, da 0.3 a 0.7 g

forti differenze nel contenuto in frequenza e nella durata

Misura dell'intensità sismica

Magnitudo (Richter, 1935)

È il logaritmo dell'ampiezza massima di oscillazione (in micron), misurata a 100 km dall'epicentro

Energia rilasciata da un sisma:
è legata alla magnitudo dalla relazione

$$\log E = 4.4 + 1.5\,M \qquad \text{(E in joule)}$$

Frequenza annua N di terremoti con intensità $\geq$ M:

$$\log N = a - b\,M \qquad (a \cong 5.5,\ b \cong 1.1 \text{ nel Mediterraneo})$$