

TERREMOTI

Volta Basilica Assisi, terremoto 1997



Città del Messico, 1985



Turchia 1999



19/8/1999

COSA E' UN TERREMOTO?

Vibrazione più o meno forte della terra prodotta dalla liberazione di energia meccanica da un punto al suo interno detto fuoco o IPOCENTRO del terremoto. La zona posta in superficie sulla verticale dell'ipocentro viene definito EPICENTRO DEL TERREMOTO.

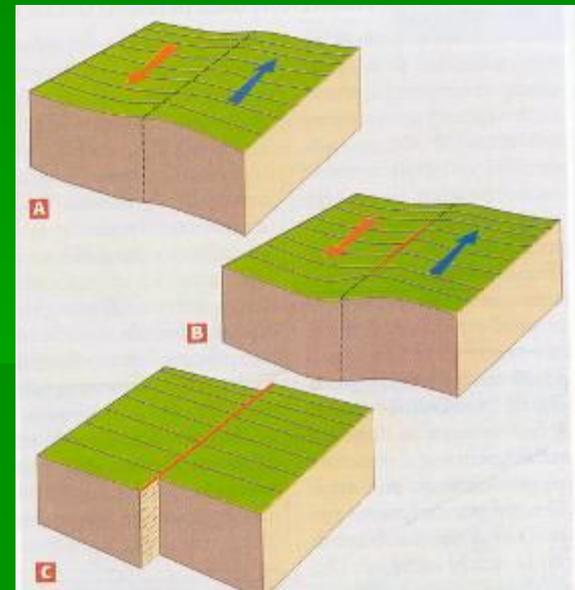
PERCHE' IN UN DETERMINATO LUOGO DELLA TERRA SI VERIFICA UN TERREMOTO?

Teoria del rimbalzo elastico:

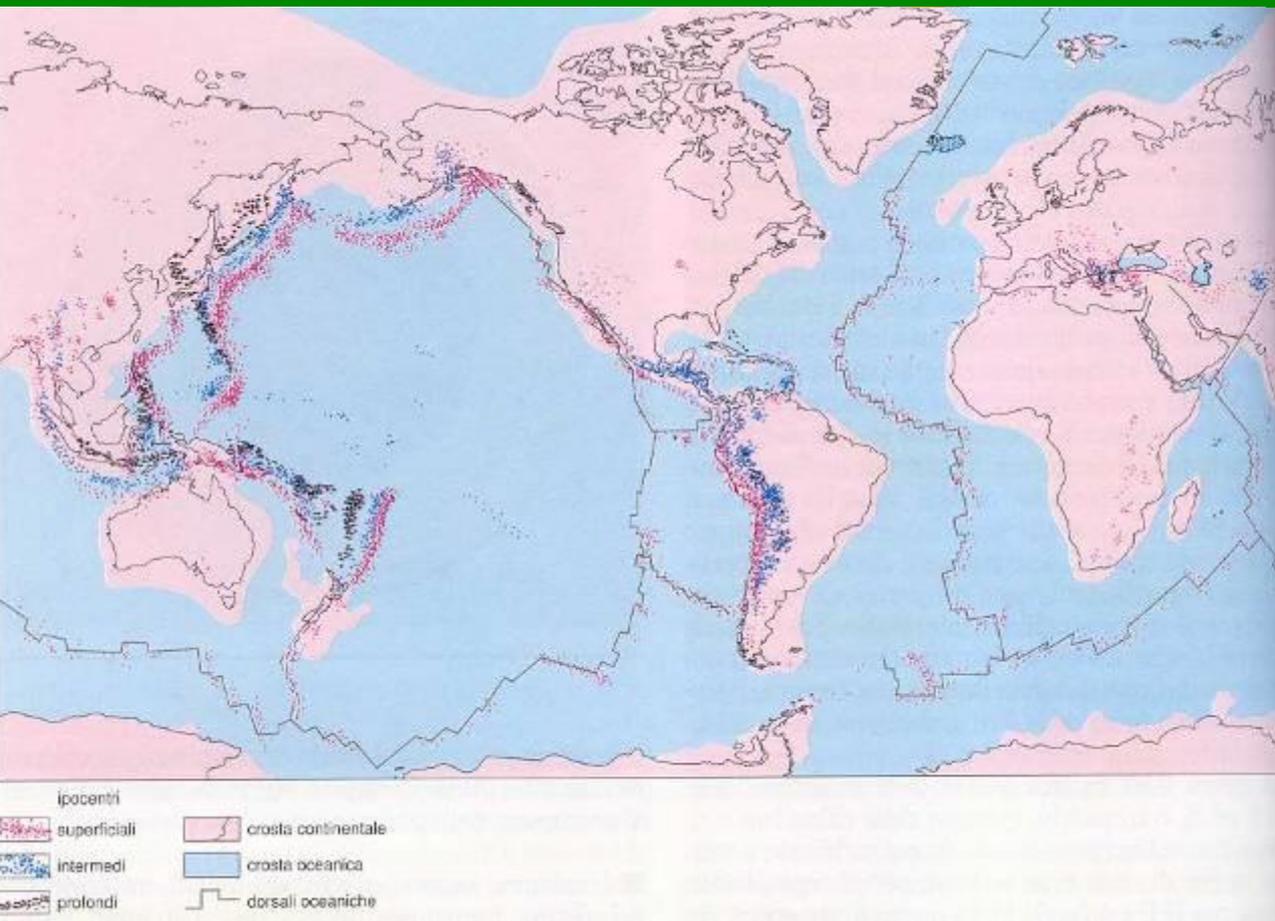
Rocce sottoposte a qualche sforzo (A) (causati da movimenti nella crosta o nel mantello superiore) si comportano in modo elastico, deformandosi progressivamente, fino ad arrivare al momento di rottura(B).

A questo punto(C) nella massa rocciosa si forma una lacerazione (faglia), le due parti della roccia riacquisiscono il loro stato di equilibrio ed il loro volume con una serie di vibrazioni, onde, che si trasmettono alle rocce circostanti.

Concetto di CICLO SISMICO



DOVE AVVENGONO I TERREMOTI?



GLI EPICENTRI SONO DISTRIBUITI IN ZONE BEN PRECISE.

- Lungo le dorsali oceaniche (ipocentri superficiali).
- Lungo le fosse oceaniche (ipocentri da superficiali a profondi, distribuiti lungo la superficie di Benioff)
- Lungo le catene montuose di formazione recente (ipocentri fino a 100km di porfondita)
- Associati ai vulcani.

Distribuzione generale dei terremoti con magnitudo maggiore a 4,5 nel decennio 1963-1972

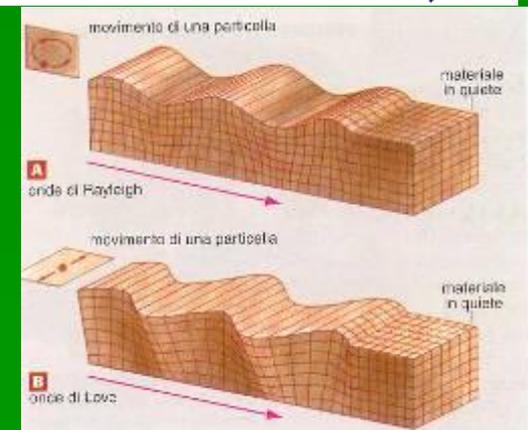
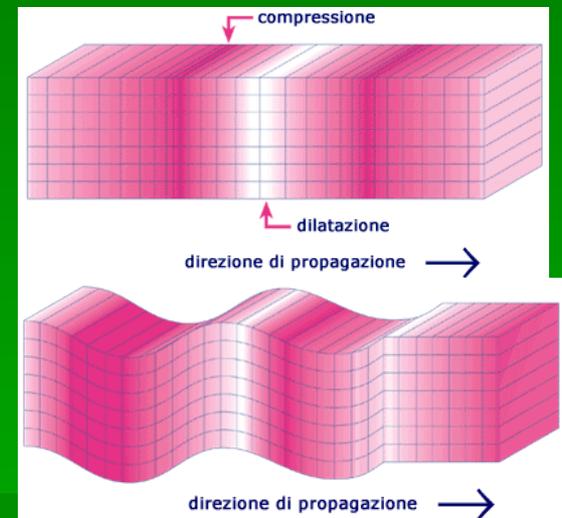
COME SI PROPAGANO LE ONDE DALL'IPOCENTRO?

Dall'ipocentro si propagano differenti tipi di onde, che attraversando materiali diversi all'interno della terra vanno incontro a fenomeni di rifrazione e riflessione. All'epicentro arriva un groviglio di onde con frequenza e velocità differenti. Per riconoscere le diverse onde bisogna porsi ad una certa distanza dall'epicentro. E' quindi possibile riconoscere le seguenti onde:

- **ONDE LONGITUDINALI**(di compressione, onde P)
 - La roccia subisce rapide contrazioni e dilatazioni.
 - Sono le più veloci (4-8 Km/s) per questo sono dette onde prime o P.
 - si propagano in ogni mezzo;
- **ONDE TRASVERSALI**(di Taglio, onde S)
 - Le rocce oscillano perpendicolarmente alla direzione di propagazione.
 - sono meno veloci delle P (2,3-4,6 Km/s).
 - La roccia subisce modificazioni di forma ma non di volume.
 - non si propagano nei fluidi.
- Quando le onde interne raggiungono la superficie si trasformano in **ONDE SUPERFICIALI**:

Si propagano dall'epicentro lungo la superficie terrestre.

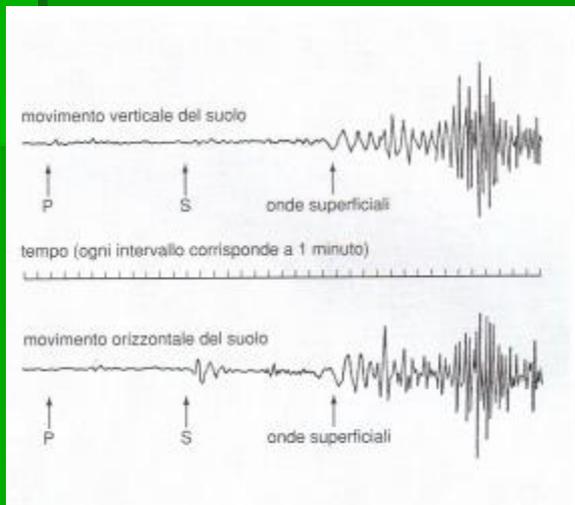
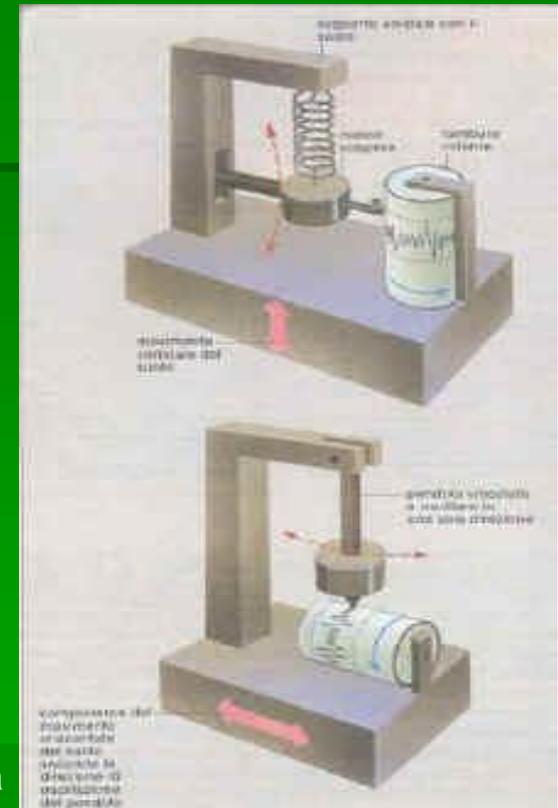
- Onde di Rayleigh(A): fanno vibrare il terreno secondo orbite ellittiche e retrograde rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.
- Onde di Love (B) fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale. Il movimento delle particelle attraversate da queste onde è trasversale e orizzontale rispetto alla direzione di propagazione delle onde.



COME SI OTTENGONO INFORMAZIONI SU UN TERREMOTO?

IL SISMOGRAFO: strumento che consente di trasformare l'insieme delle onde che raggiungono la superficie in una registrazione chiamata SISMOGRAMMA.

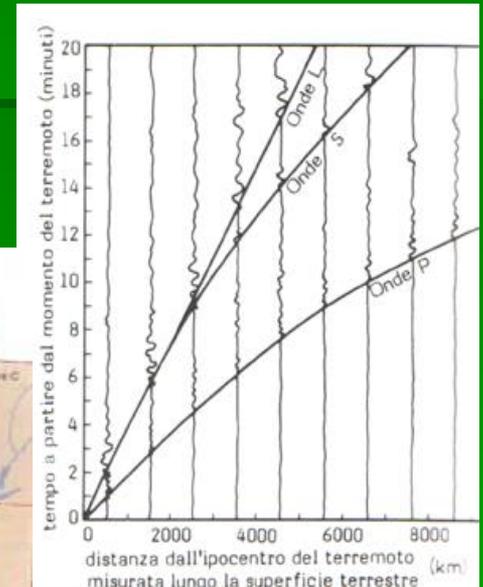
Si basa sull'inerzia di una massa sospesa che tende a rimanere immobile anche quando il supporto inizia a muoversi insieme al suolo per il manifestarsi di una vibrazione. Vengono registrate separatamente le componenti secondo un sistema di tre assi perpendicolari.



Sismogramma: Componente verticale (sopra), orizzontale (sotto). Ad una certa distanza dall'epicentro le onde si separano. Nella prima parte si osservano le onde P, nella parte centrale si sovrappongono le onde S, nella parte terminale prevalgono le onde superficiali.

INFORMAZIONI OTTENUTE DAL SISMOGRAMMA

- **DISTANZA DALL'EPICENTRO:** in base alle differenze dei tempi di arrivo delle onde P ed S che aumentano al crescere delle distanze.
- **LOCALIZZAZIONE DELL'EPICENTRO** come intersezione di tre circonferenze centrate su tre sismografi.



Linee unenti i punti che rappresentano il momento di arrivo delle onde P,S e L in stazioni poste a distanze diverse

Per poter applicare metodi di elaborazione statistica sono necessarie le registrazioni di piu stazioni.

- **PROFONDITA DELL'IPOCENTRO**
- **POTENZA E DURATA DEL TERREMOTO**
- **DIREZIONE, AMPIEZZA DEL MOVIMENTO LUNGO LA FAGLIA CHE HA GENERATO IL TERREMOTO**

COME SI VALUTA LA FORZA DI UN TERREMOTO? MAGNITUDO ED INTENSITA'

MAGNITUDO

Collegata alla quantità di energia emessa

indipendentemente dagli effetti distruttivi.

Determinata misurando l'ampiezza del movimento del terreno in base alla registrazione di uno dei tipi di onda.

E' stato osservato che a parità di distanza dalla sorgente un terremoto più forte fa registrare oscillazioni più grandi.

L'ampiezza massima delle onde registrate (A) può essere usata come misura della grandezza di un terremoto se confrontata con l'ampiezza massima (A_0) delle onde registrate per un terremoto scelto come riferimento.

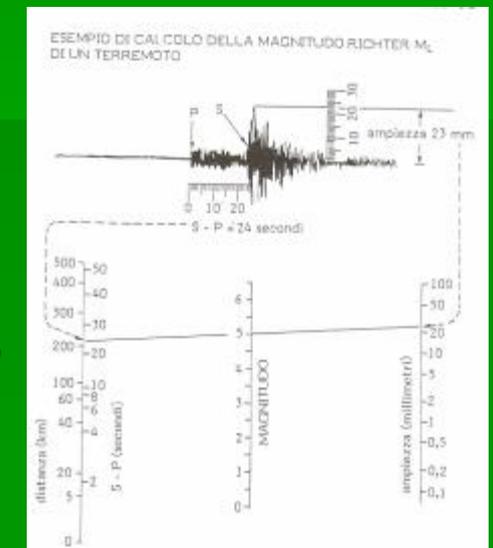
TERREMOTO STANDARD: terremoto che produce su un sismografo standard, posto a 100km dall'epicentro un sismogramma con oscillazione massima uguale a 0,001mm.

$$M = \log_{10} A - \log_{10} A_0$$

TABELLA 9.2. TERREMOTI A CONFRONTO: MAGNITUDO, ENERGIA, EFFETTI

Magnitudo	Energia equivalente ed effetto
-2	Lampada elettrica da 100 W lasciata accesa per 1 settimana
-1	I terremoti di più lieve entità finora registrati
0	Onde sismiche prodotte da 0,5 kg di esplosivo
1	Autocarro di 2000 kg che viaggia alla velocità di 120 km/h
2	Non avvertito, ma registrato dagli strumenti
3	I terremoti di più lieve entità avvertiti dalle persone
4	Onde sismiche prodotte da 10 ⁶ kg di esplosivo
5	
6	Danni da lievi a grandi, secondo la qualità delle costruzioni
7	
8	Terremoto di San Francisco del 1906 (magnitudo = 8,3)
9	Più grande terremoto mai registrato (magnitudo = 8,9)
10	Circa tutta l'energia utilizzata negli Stati Uniti in 1 anno

Servizio Geologico degli Stati Uniti; da F. Hess e R. Siever, *Capire la Terra*, Zanichelli, Bologna, 1987.



INTENSITA'

Valutata in base al danneggiamento delle strutture e all'entità dello sconvolgimento del suolo.

La scala di intensità più usata in Europa e la MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg)

Dal grado di intensità attribuita ad ogni località è riportato su una rappresentazione cartografica tracciando delle linee di confine tra le zone in cui il terremoto si è manifestato con intensità diverse si ottiene una serie di linee chiuse chiamate ISOSISME. Forniscono informazioni sulla struttura geologica dell'area in esame, se appaiono più vicine tra loro hanno subito il fenomeno dello smorzamento, la curva più interna racchiude l'area dell'epicentro macrosismico.



TABELLA 9.1. LA SCALA MCS (MERCALLI-CANCANI-SIEBERG)

I	– Sisma non percepito dall'uomo; registrato solo dai sismografi.
II	– Percepito ai piani alti delle case (i quali oscillano più dei piani a terra) da persone sensibili.
III	– Percepito da più persone, oscillazione di oggetti appesi e vibrazioni.
IV	– Oscillazioni e vibrazioni come al passare di automezzi pesanti, tintinnio di vetri, vibrazioni di vasellame, scricchiolio di pareti.
V	– Scossa che sveglia chi dorme, scricchiolii, tintinnii, spavento; cadono calcinacci.
VI	– Fa fuggire le persone all'aperto, produce rumori e boati, fa cadere oggetti pesanti, provoca qualche lesione agli edifici.
VII	– Provoca panica, caduta di intonaci, camini e tegole, rottura di vetri, danni di scarsa entità ai muri, piccole frane in materiali sciolti, suono di campane, onde sugli specchi d'acqua.
VIII	– Si sente anche guidando automezzi, danneggia murature anche buone ma non di cemento armato; provoca la caduta di tetti, palizzate, alberi e l'apertura di crepacci nel suolo.
IX	– Distrugge edifici non particolarmente resistenti, rompe tubazioni sotterranee, provoca ampi crepacci nel terreno, apre crateri con espulsione di sabbia e fango.
X	– Distrugge buona parte degli edifici, danneggia dighe ed argini, devia fiumi e rotaje, provoca grandi frane, sposta orizzontalmente i terreni che si sono fessurati.
XI	– Rovina completamente gli edifici, rompe ogni tubazione, tronca le comunicazioni, provoca un gran numero di vittime.
XII	– Distrugge ogni opera umana, sposta grandi masse rocciose o vasti tratti di terreno in cui si aprono larghi crepacci, lancia in aria oggetti, provoca grandi frane e può causare migliaia di vittime.

Non c'è sempre corrispondenza tra intensità e magnitudo

DA COSA DIPENDONO I DIFFERENTI EFFETTI

- Tipo di costruzioni (ingegneria antisismica).
- Natura geologica del terreno.
- Tipo di antropizzazione dell'area.
- Prontezza delle misure di soccorso.

EFFETTI DEI TERREMOTI 1

■ LIQUEFAZIONE

Alcuni terreni a causa delle vibrazioni perdono ogni resistenza, per cui gli edifici sovrastanti affondano in essi.



■ FAGLIAMENTO DEL TERRENO

Spostamenti del terreno orizzontali, verticali o obliqui dovuti a rotture lungo le faglie in cui si erano accumulate deformazioni elastiche.

■ INCENDI

Dovuti alla rottura di linee elettriche e di condutture del gas.



EFFETTI DEI TERREMOTI 2

- FRANE E VALANGHE

Favorite dalle condizioni topografiche e meteorologiche.

Si possono verificare scivolamenti di detrito: roccia, fango, ghiaccio, manto nevoso.



Alaska, 1964



EFFETTI DEI TERREMOTI 3

- INONDAZIONI

Causate dalla rottura argini dei corsi d'acqua e da tsunami.

- TSUNAMI



COME POSSIAMO DIFENDERCI DA TUTTO QUESTO?

▪ PREVISIONE DETERMINISTICA

- si basa sullo studio dei fenomeni precursori (basati sul modello del rimbalzo elastico, DILATANZA).
 - Variazione della velocità di propagazione delle onde P.
 - Deformazioni sensibile del suolo.
 - Aumento della quantità di gas radon nelle acque delle falde.

Richiede sorveglianza continua con risultati non ancora del tutto attendibili.

▪ PREVISIONE STATISTICA si basa:

- Sul fatto che la distribuzione delle aree sismiche non è casuale.
- Sulla periodicità dell'attività sismica in una data regione.
- Sullo studio di cataloghi sismici (contengono i dati caratteristici di tutti i terremoti).

E' una previsione a lungo termine, di scarsa utilità per un allarme sismico.

COSA SI PUO' FARE:

- Applicazione norme edilizia antisismica.
- Educazione di massa.

IL RISCHIO SISMICO IN ITALIA

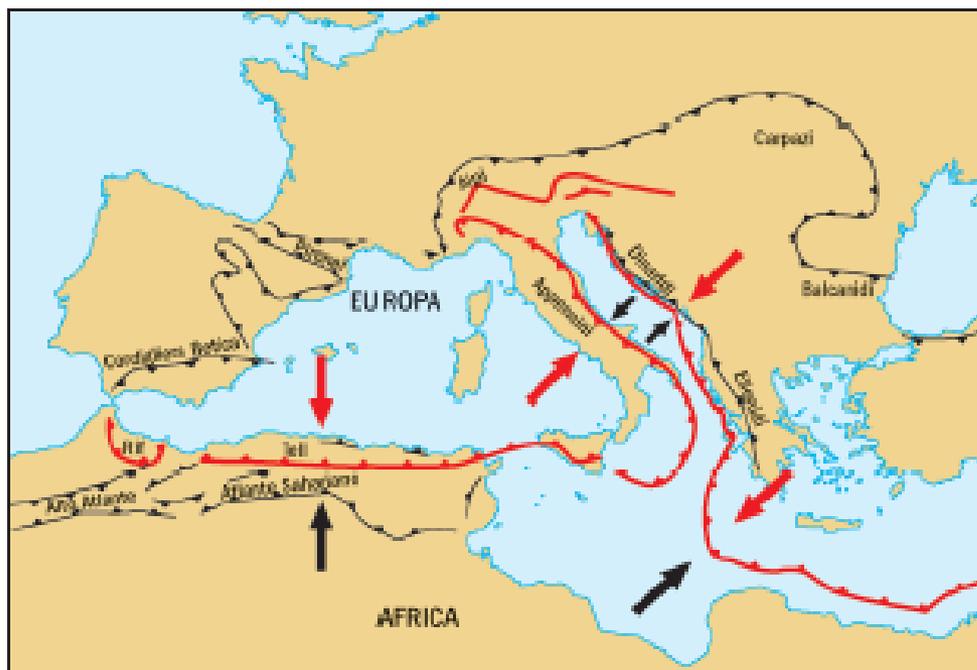
- Negli ultimi 2000 ci sono stati migliaia di terremoti.
- 150 con intensità pari o superiore a I IX grado MCS. Le vittime sono state oltre 450000



una grande urta a di sommissione (figura 2.1) lungo la quale la zona africana scende al di sotto di quella europea. Nel Mediterraneo tale linea passa per Cipro, compie un arco nel Mar Egeo, raggiunge le Isole Iontiche, continua lungo il bordo orientale dell'Adriatico, passa lungo la Linea Irsabetrica, per ridiscendere lungo il bordo occidentale dell'Adriatico e, attraverso la fossa del Bradano, raggiungere la Iontia, dove continua verso sud-ovest lungo il margine meridionale della Sicilia e lungo il fronte della Catena Kabila-Maghrebide in Nord Africa, fino ad arrivare al Rif marocchino. Tale processo di sovrascostamento di Europa su Africa ha anche determinato, nelle zone di retrocatena, l'apertura di bacini estensorali, di cui il Tirreno rappresenta l'esempio più importante.

Figura 2.1

Le sono il sottostante la linea di i
 solidazione lungo la quale la
 crosta continentale africana
 scende al di sotto di quella
 europea. Le frecce nero nel corso
 la parte di territorio che scende al
 di sotto di quella indicata con le
 frecce rosso. L'area in grigio a tale
 linea sismologica è una successione
 di bacini estensorali.



In Italia il rischio sismico costituisce un problema di entità rilevante, visto che nell'ultimo secolo ci sono state almeno 120.000 vittime e ingenti danni economici a seguito di terremoti: solo negli ultimi 25 anni, per la ricostruzione postsismica, sono stati spesi 145.000 miliardi di lire.