

CAP. 1

SISMICITA' E RISCHIO SISMICO

ANNO ACCADEMICO 1997/98

Prof. Franco Braga

Due nuove ricerche rivelano che il nucleo del Pianeta non è fluido, ma formato

Viaggio al centro della Terra

Il nocciolo di ferro solido rende più veloci i

di LUIGI BIG

A circa cinquemila chilometri di profondità al di sotto dei nostri piedi, un enorme, scintillante cristallo di ferro puro fa da cuore al nostro pianeta. Iniziò a formarsi circa 1.500 milioni di anni fa e il suo diametro, attualmente, potrebbe essere di oltre 2.600 chilometri, tanto è grande il nucleo interno della Terra. In questo cristallo potrebbero nascondersi molti degli enigmi legati al campo magnetico terrestre.

Sono questi i risultati di approfondite ricerche di diversi gruppi di geologi e geofisici americani che, pur lavorando indipendentemente, sono giunti alle medesime conclusioni. «La mia ipotesi — spiega Ronald Cohen, della Carnegie Institution di Washington — è che nel centro della Terra vi sia qualcosa che somiglia ad un brillante, un unico grande cristallo». Il fatto che la Terra possedesse un nucleo ferroso era noto da tempo. Infatti, in base alla densità del nostro pianeta e in base a quanto conosciamo della formazione dei pianeti del Sistema solare, le parti più interne della Terra devono essere costituite da un elemento molto denso e relativamente abbondante nell'Universo, che, secondo l'ipotesi più sostenibile, deve essere ferro.

Il nucleo esterno, che inizia circa a 2.900 chilometri di profondità, è costituito da ferro fuso, la cui agitazione potrebbe essere la causa prima della formazione del campo magnetico terrestre. Ma più in profondità, dove le pressioni e la densità diventano eccezionali e le temperature superano i 4-5 mila gradi centigradi, il nucleo è solido.

Dopo decenni di studi, durante i quali sono stati analizzati i sismogrammi di migliaia di terremoti, si è abbastanza certi di un fatto: le onde sismiche che viaggiano attraverso il nucleo terrestre da nord a sud

sono più veloci (di quattro secondi) rispetto a quelle che si propagano da est verso ovest. Cohen e il suo collega Lars Stixrude, della Georgia Institute of Technology hanno immesso tutti i dati a disposizione in un supercomputer Cray, chiedendosi quale forma avrebbe dovuto assumere il ferro per spiegare tali caratteristiche, tenendo conto che le pressioni laggiù, sono di circa 3 milioni di volte quelle che si misurano sulla superficie terrestre.

Il ferro, in natura può cristallizzarsi in tre modi diversi, che dipendono dalle temperature e dalle pressioni dell'ambiente in cui avviene la formazione. Il primo può dare origine a cristalli dove gli atomi del metallo si dispongono a formare un cubo, nel quale occupano gli spigoli e il suo centro. Il secondo, dà sempre origine ad un cubo, ma con gli atomi disposti sugli spigoli e al centro delle facce, così che ogni atomo di ferro risulta circondato da altri dodici atomi. Il terzo dà vita a strutture dove ogni atomo è anch'esso circondato da altri dodici, ma anziché dare forma a facce quadrate, dà corpo a facce esagonali leggermente allungate.

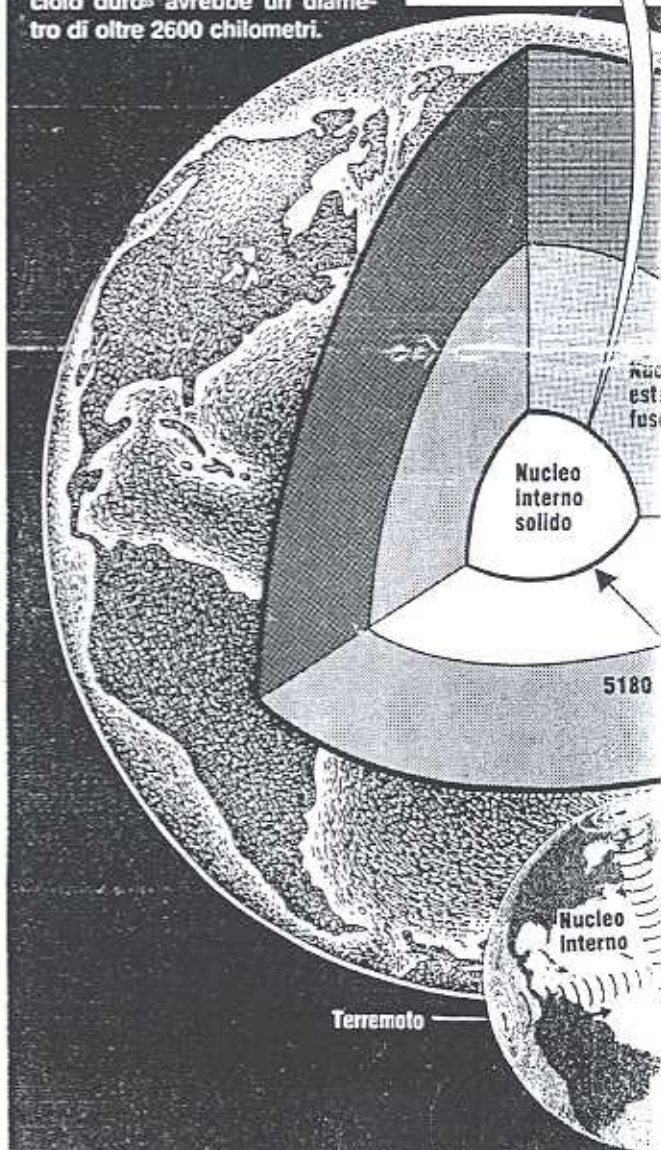
Nel caso in cui tutte le facce esagonali fossero disposte nella medesima direzione, l'enorme cristallo risultante avrebbe una struttura che potrebbe spiegare la diversa velocità delle onde sismiche tra nord-sud ed est-ovest.

È questa ipotesi è sostenuta dai due ricercatori americani. «L'enorme struttura omogenea, ottenuta dai nostri risultati — sostiene Stixrude — ci porta a dire che nel nucleo terrestre vi è un unico grande cristallo omogeneo». Il processo di formazione di questo cristallo non è ancora terminato e, secondo Adam Dziewonski della Harvard University, terminerà solo quando tutto il ferro liquido sarà diventato solido. ●

Una sfera solida di 2600 chilometri

Il disegno mostra lo spaccato del nostro pianeta con i diversi settori che lo costituiscono. Al centro, il nucleo solido formato da un gigantesco cristallo di ferro avvolto da un nucleo esterno ancora allo stato fluido. Il «nocciolo duro» avrebbe un diametro di oltre 2600 chilometri.

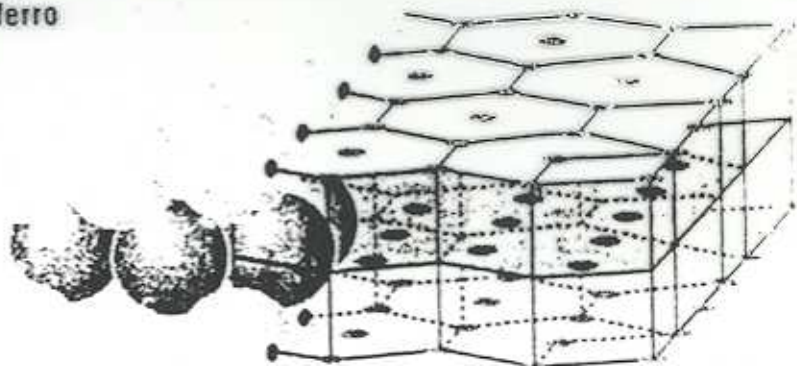
Atomi di ferro



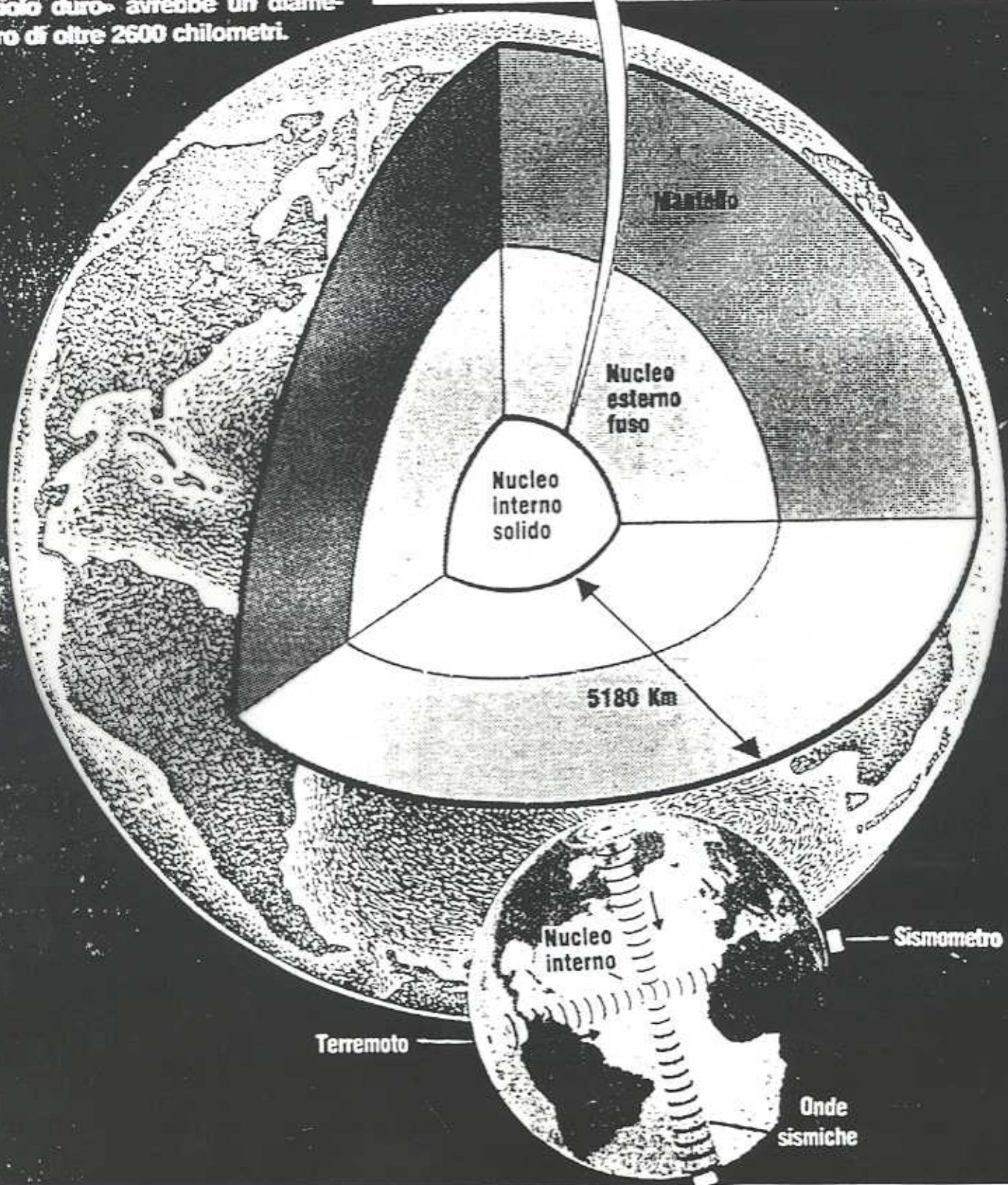
Una sfera solida di 2600 chilometri

Il disegno mostra lo spaccato del nostro pianeta con i diversi settori che lo costituiscono. Al centro, il nucleo solido formato da un gigantesco cristallo di ferro avvolto da un nucleo esterno ancora allo stato fluido. Il «nocciolo duro» avrebbe un diametro di oltre 2600 chilometri.

Atomi
di ferro



Struttura cristallina esagonale



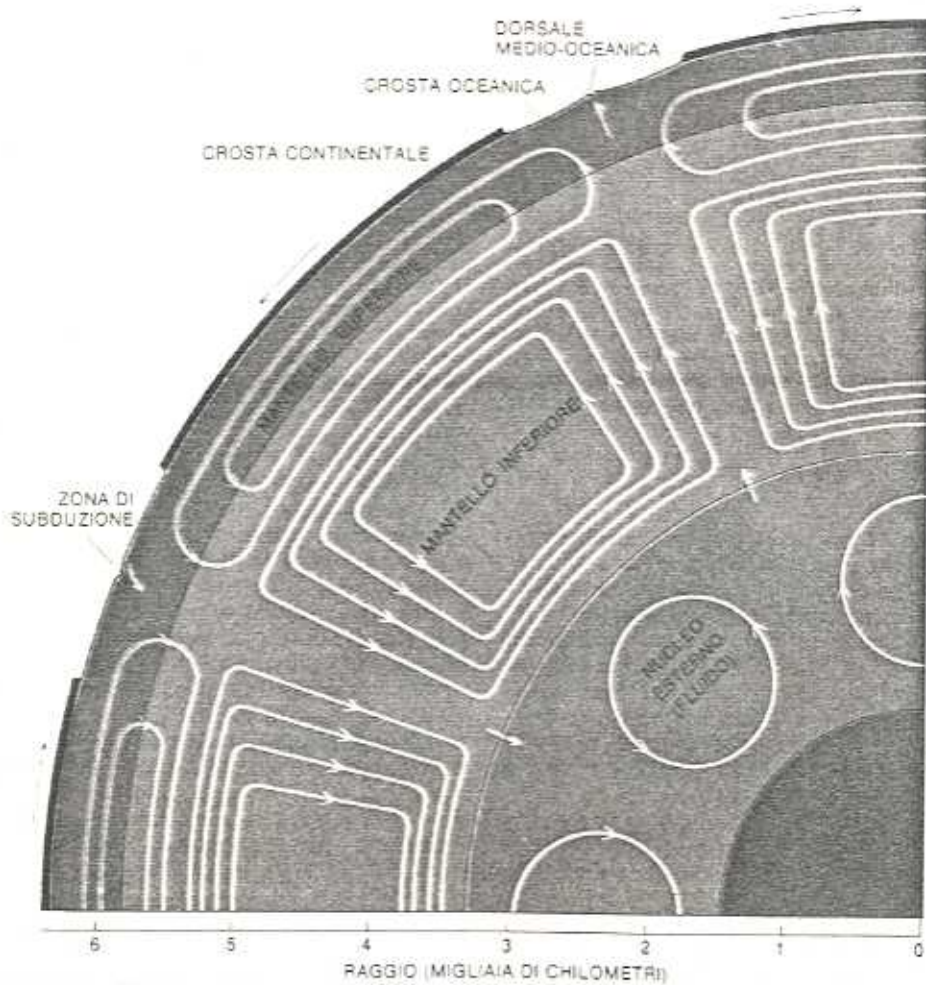
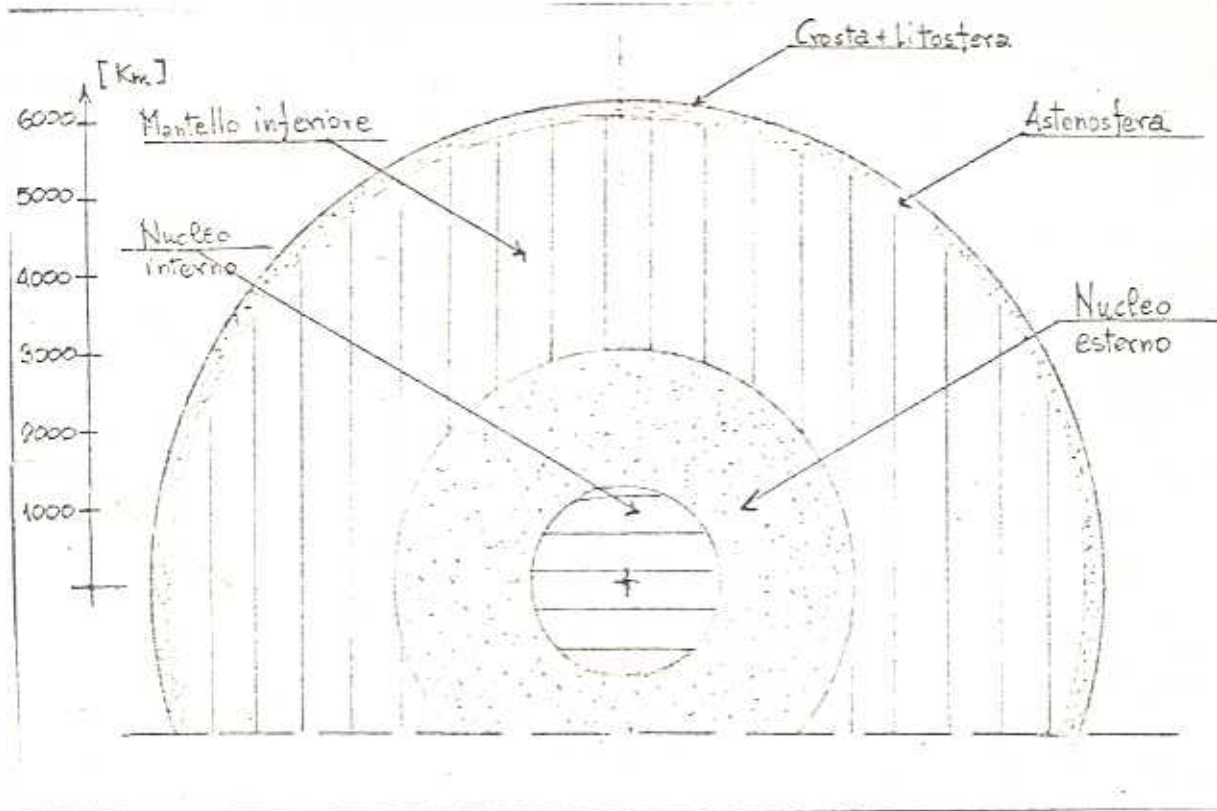


Fig. 1 - Composizione della Terra e suoi meccanismi di funzionamento

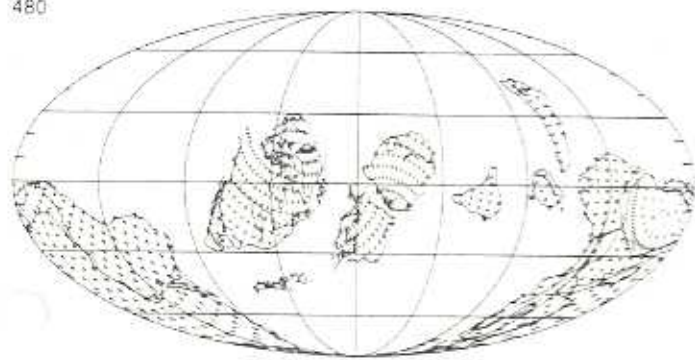
540 MILIONI
DI ANNI
FA



240



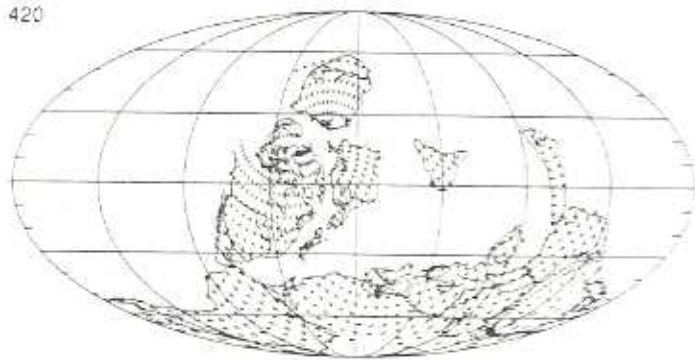
480



180



420



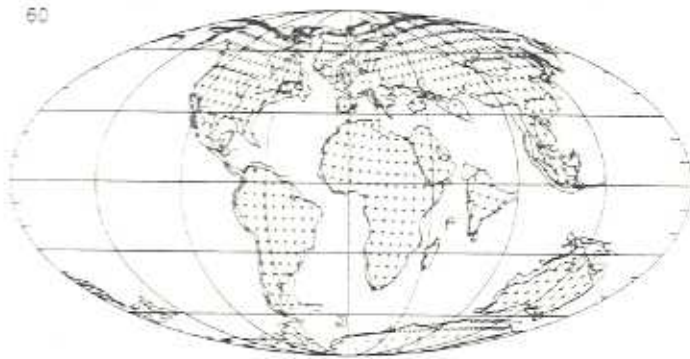
120



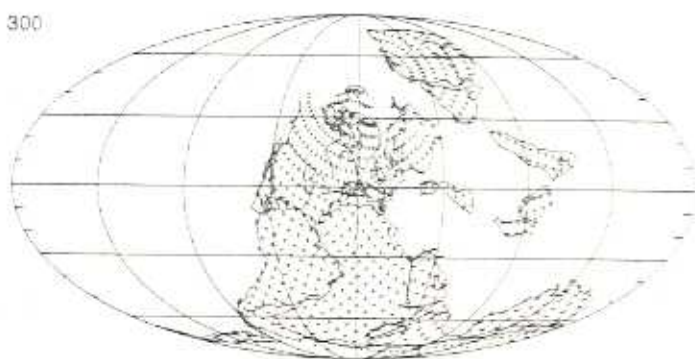
360



60



300



OGGI

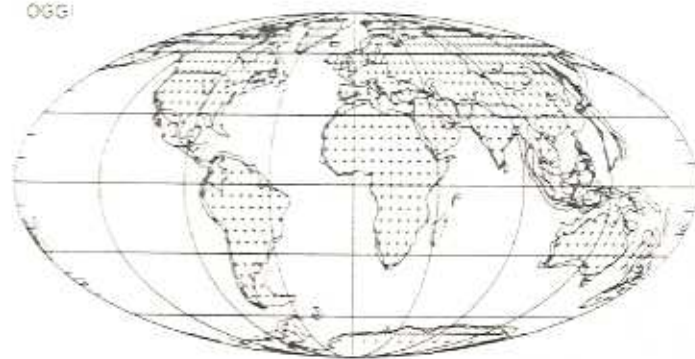


Fig. 3 - Moto delle zolle negli ultimi 500 milioni di anni

onda, si è visto, varia con la radice quadrata della sua età. Crosta con un'e-

relativo di una coppia di zolle può spostarsi varie volte nel corso della storia

si, diventano centri di espansione. In corrispondenza di una faglia trasforme l'asse

trovano molte faglie più piccole, anch'esse causate dal moto delle zolle.

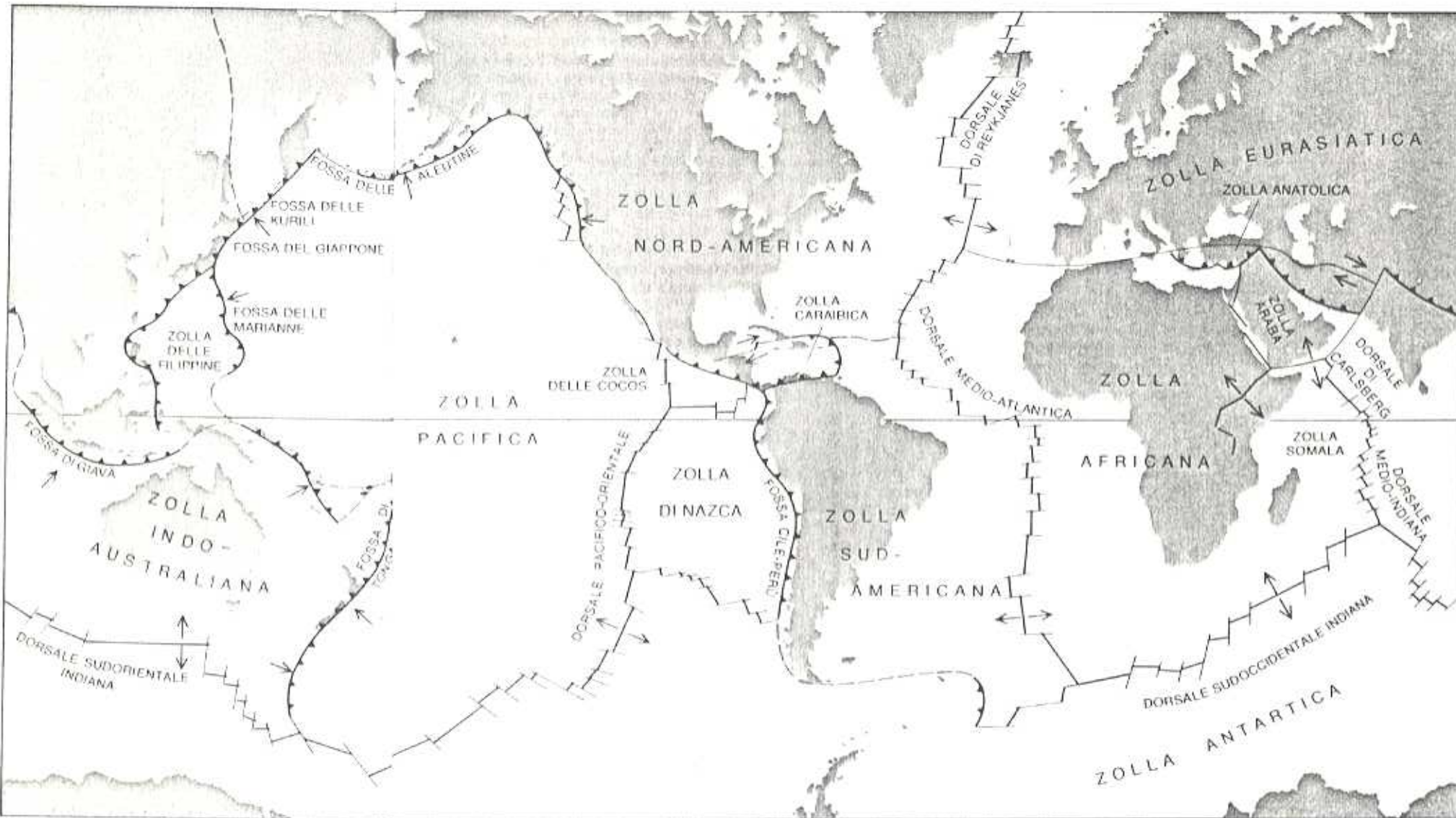


Fig. 4 - Zolle principali

MARGINE DIVERGENTE	-----
MARGINE CONVERGENTE	-----▲▲▲▲
INCERTO	-----▲▲▲▲
FAGLIA TRASFORME	----- _ _ _
DIREZIONE DI MOTO DELLE ZOLLE	----->

In questa carta sono riportate le principali zolle litosferiche con i loro margini. La litosfera è formata dalla crosta e dalla parte superiore rigida del mantello. In mezzo all'oceano, lontano dal centro di espansione, la litosfera presenta uno spessore di circa 100 chilometri: la crosta è costituita dagli ultimi 5-7 chilometri. Le zolle litosferiche sono in moto relativo e i margini sono definiti in funzione di questo. In

corrispondenza dei margini divergenti (come sono i centri di espansione delle dorsali medio-oceaniche), le zolle si allontanano. In corrispondenza dei margini trasformati scorrono l'una a fianco dell'altra, mentre dove i margini sono convergenti si muovono l'una verso l'altra e una si immerge sotto l'altra nel processo di subduzione. Crosta oceanica viene creata in corrispondenza dei primi e distrutta a livello degli ultimi.

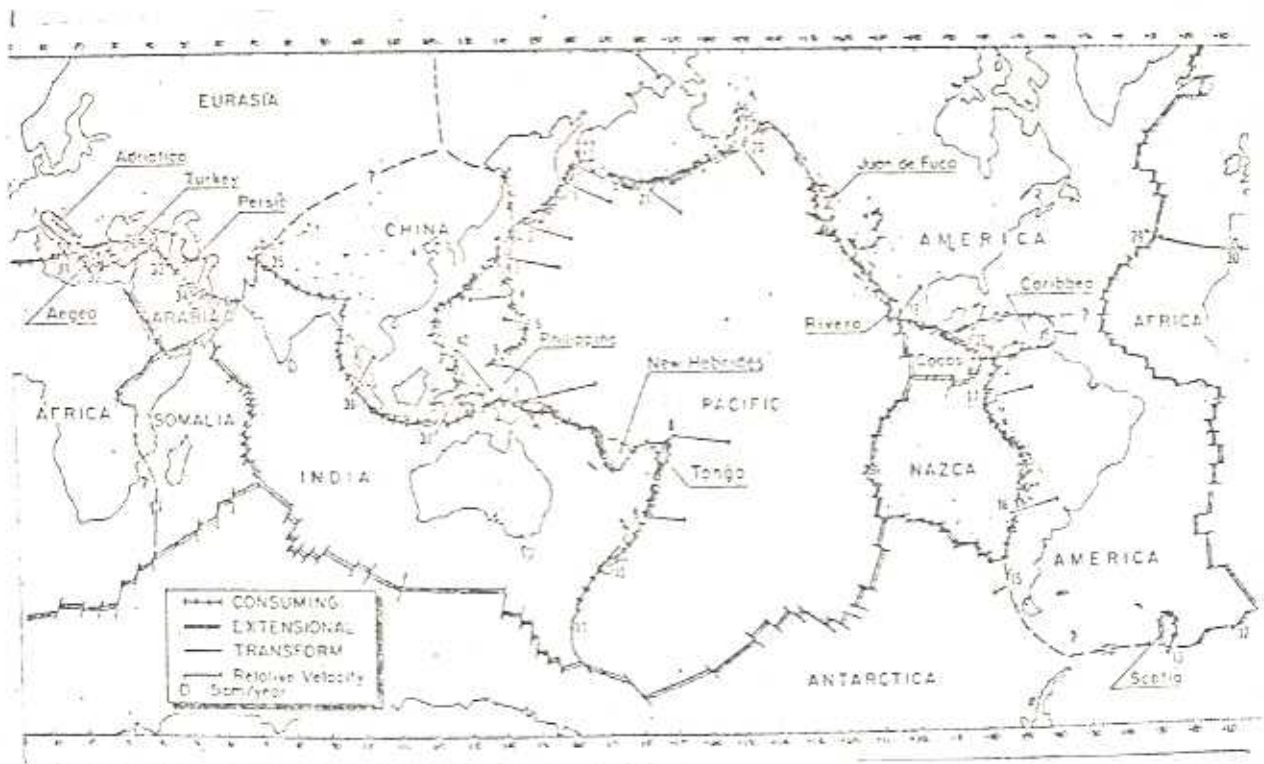
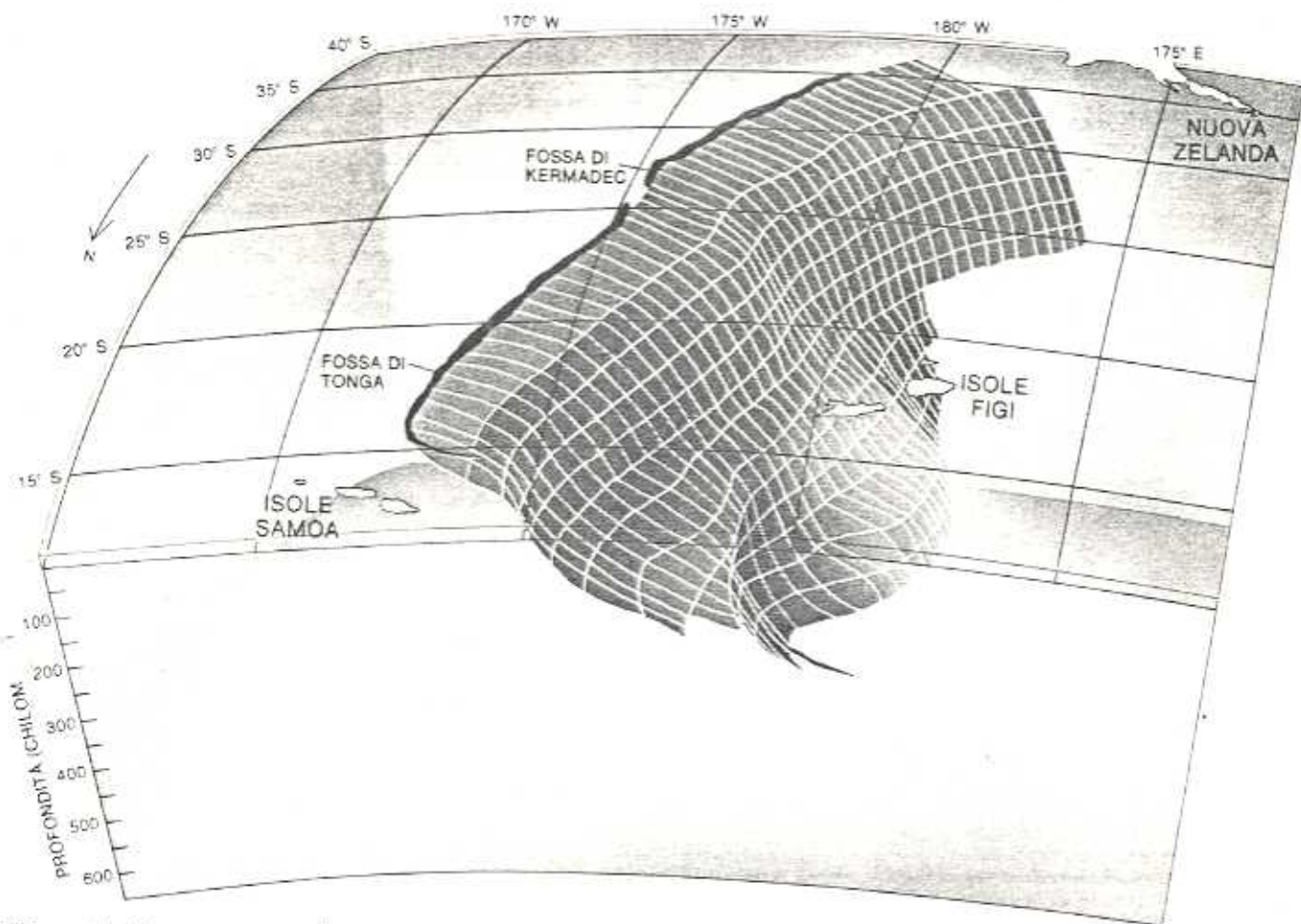


Fig. 6 - legame tra zolle e terremoti negli ultimi 80 anni



Gli ipocentri dei terremoti avvenuti a ovest delle fosse di Tonga e di Kermadec a tutte le profondità sono stati interpolati ed estrapolati dal calcolatore fino a ottenere una superficie inclinata regolare. La superficie può essere pensata come se fosse il piano centrale di un «lastrone» di litosfera che affonda per subduzione nel mantello al di sotto di un arco insulare. La forma generale dell'arco insulare è conservata nel lastrone a

tutte le profondità. Attualmente si pensa che l'arco insulare si trovi sopra il lastrone che affonda e lo modelli come farebbe l'utensile da taglio di un tornio. L'esistenza di questi lastroni costituisce una prova convincente del verificarsi, entro il mantello della Terra, di una circolazione relativamente rapida. Il grafico qui riportato è basato su una superficie generata al calcolatore, ottenuta da Bryan L. Isacks della Cornell University.

salto sono anche eruttati dai vulcani lontani dalle dorsali. La via più semplice per immaginare la formazione di basalto è quella di partire da una roccia solida che ha la stessa composizione e fonderla completamente. Adatta allo scopo è l'eclogite, dato che consiste di granato e pirosseno, minerali densi stabili alle alte pressioni.

Molti ricercatori sono ancora convinti che in gran parte il mantello sia costituito da eclogite, ma questo punto di vista presenta serie difficoltà. Nella prima metà della storia della Terra gran parte del materiale vulcanico eruttato in superficie era troppo ricco di magnesio per essere stato prodotto dalla fusione di eclogite. Un magma del genere però poteva essere stato facilmente prodotto da peridotite, ossia una roccia composta prevalentemente da olivina, un silicato di magnesio (Mg_2SiO_4). Frammenti di peridotite sono trasportati in superficie, da grandi profondità, nel magma basaltico e sono anche predominanti nelle rocce trovate nei «camini» kimberlitici diamantiferi, strutture vulcaniche che devono avere origine nel mantello a profondità di almeno 150 chilometri. Di grande importanza è il fat-

to che la composizione delle condriti carbonacee si accordi bene con la composizione della peridotite e non con quella dell'eclogite.

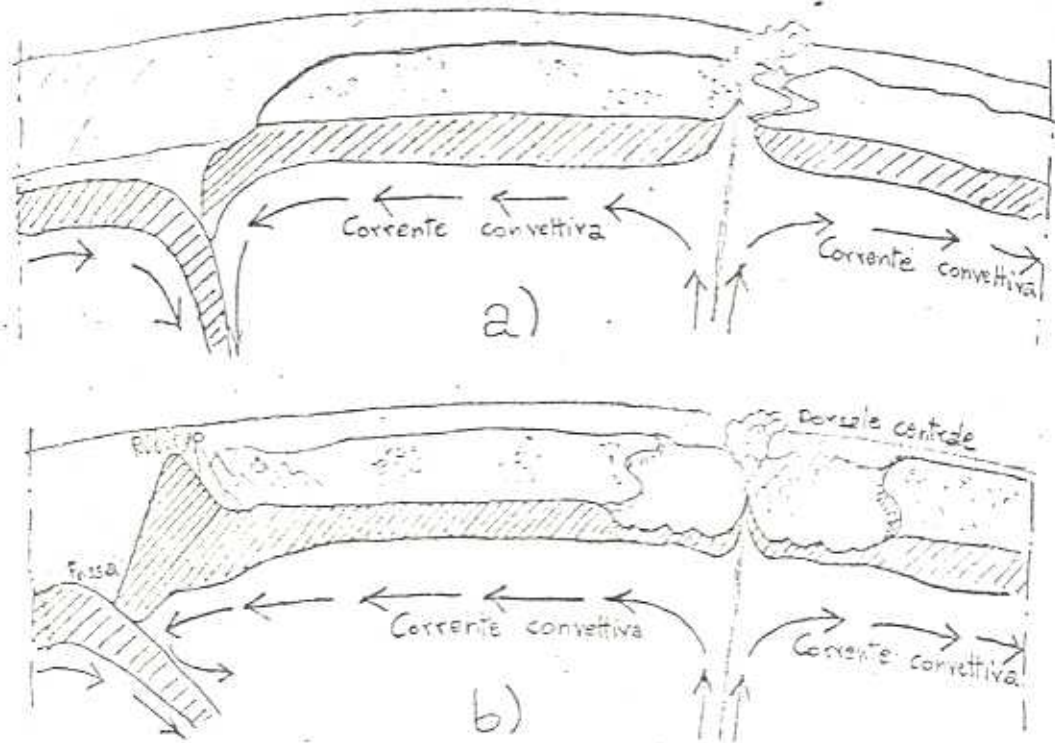
Se la composizione del mantello è analoga a quella della peridotite, prove di laboratorio dimostrano che vi devono essere stati, nella roccia che forma i 700 chilometri superiori del mantello, due cambiamenti di fase solida. In un solido, un cambiamento di fase comporta la riorganizzazione degli atomi nella struttura cristallina in risposta a una variazione di pressione o di temperatura. Si è visto dagli esperimenti che, alle pressioni corrispondenti a profondità comprese tra 390 e 450 chilometri, la struttura cristallina dell'olivina si trasforma in quella dello spinello. Questo cambiamento fa aumentare la densità del materiale del 10 per cento. Il secondo cambiamento di fase trasforma la struttura dello spinello in quella della perovskite e la densità del materiale aumenta di un altro 10 per cento. Le differenze esistenti tra la struttura della perovskite e quella dello spinello sono considerevolmente più importanti delle differenze riscontrabili tra la strut-

tura dello spinello e quella dell'olivina. Nella struttura della perovskite ogni atomo di silicio è circondato da sei atomi di ossigeno, mentre, sia nella struttura dell'olivina sia in quella dello spinello ogni atomo di silicio è circondato da soli quattro atomi di ossigeno. Il cambiamento di fase che porta alla struttura della perovskite ha luogo a una pressione che corrisponde a una profondità di circa 700 metri.

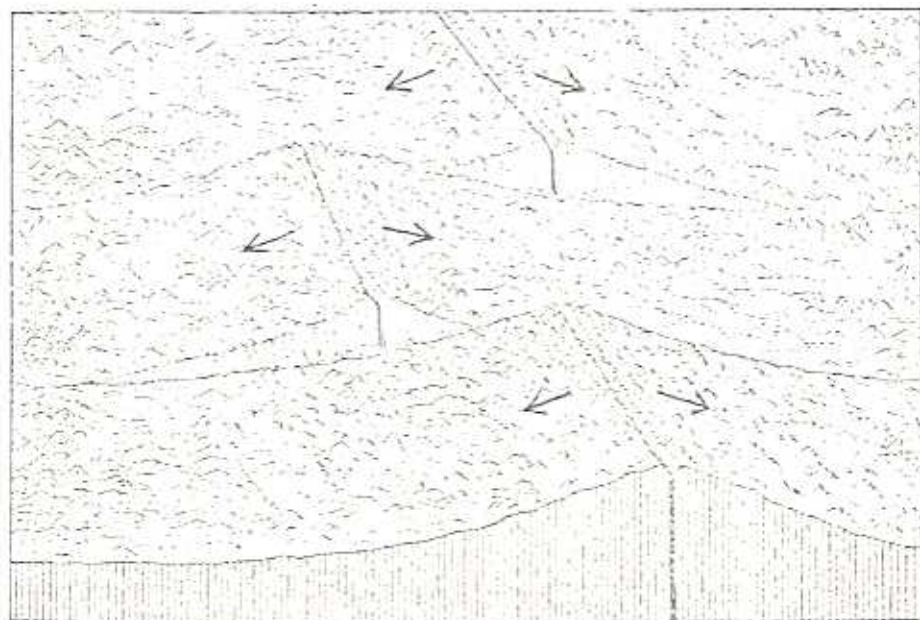
I due cambiamenti di fase coincidono con le zone di transizione individuate nel mantello dai sismologi. La velocità delle onde sismiche generate da un terremoto aumenta bruscamente tra 390 e 450 chilometri e di nuovo in prossimità di 700 chilometri. Va ricordato che i terremoti segnano la profondità massima a cui può scendere un «lastrone» subdotto di mantello freddo senza integrarsi con il materiale circostante.

I progressi che si sono avuti nella comprensione della dinamica del mantello hanno spinto molti geofisici a studiare la storia termica della Terra. L'evoluzione termica è controllata dal mantello dato che, a differenza del nucleo costituito prevalentemente da ferro, il mantello non è un buon conduttore e il calore è traspor-

Fig. 7 - Localizzazione dei terremoti



a) MOVIMENTI DI ZOLLA IN FASE INIZIALE (a) E AVANZATA (b)



b) FAGLIE TRASTORMI

Fig. 2 - Movimenti di zolla (a) e faglie trasformi (b)

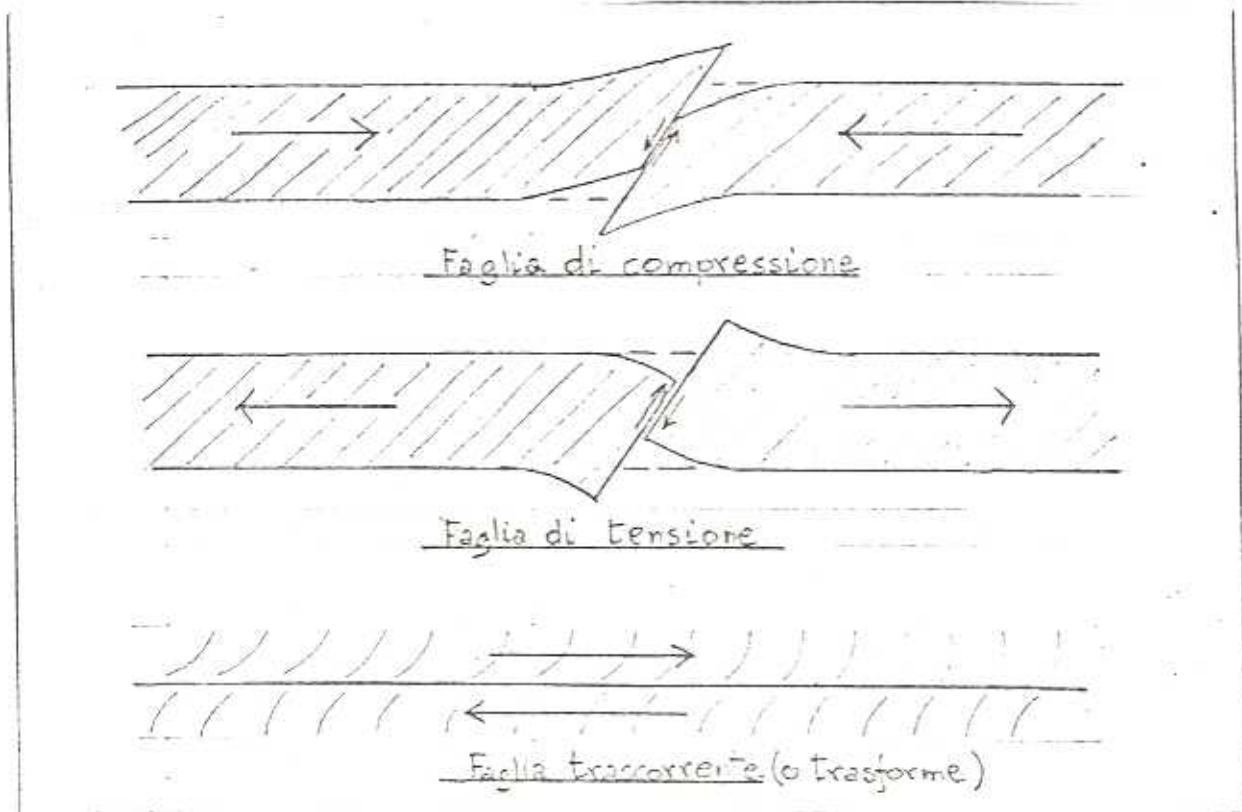
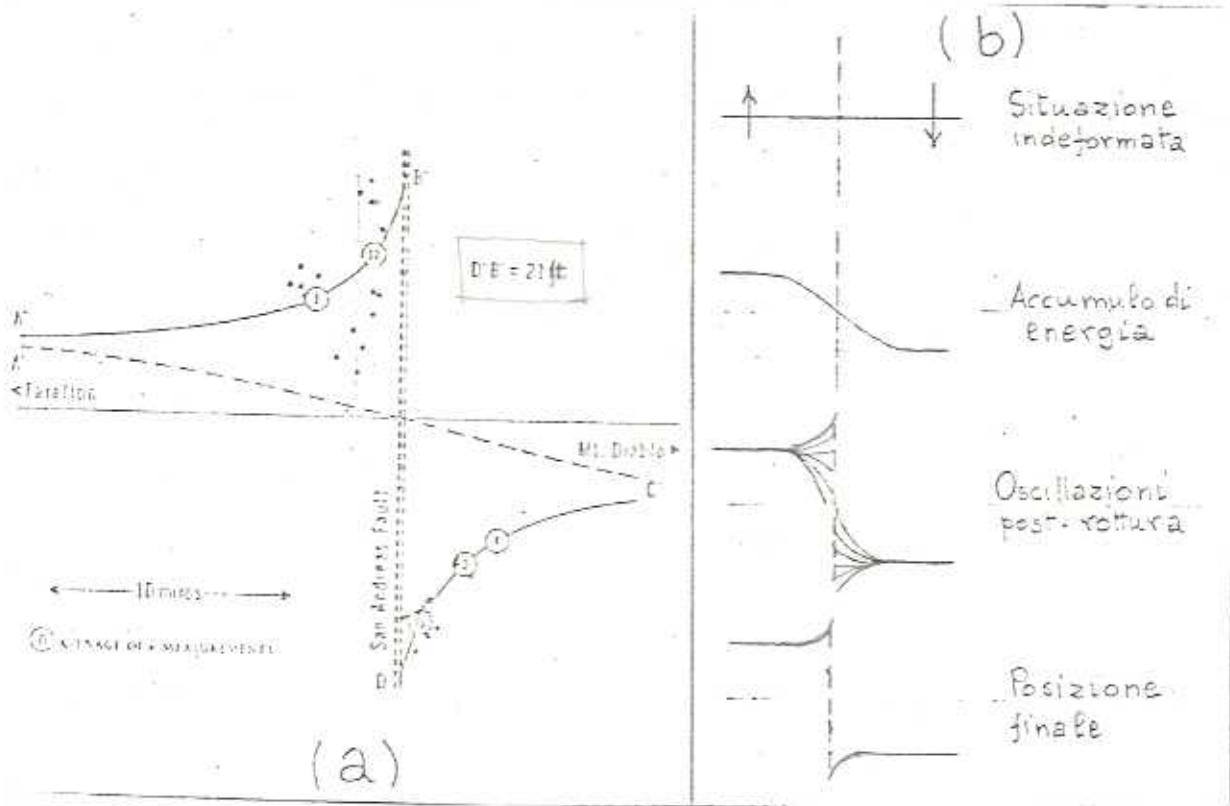
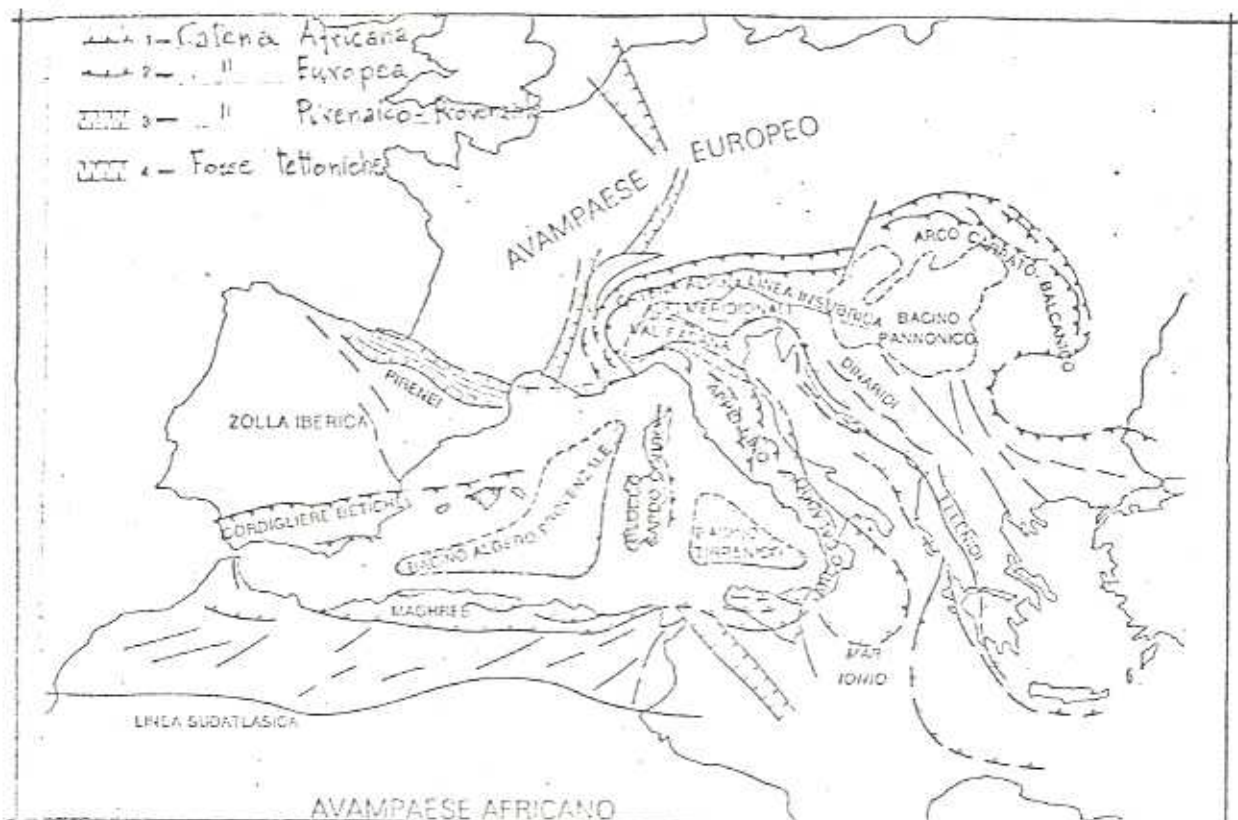


Fig. 8 - Origine dei terremoti e faglie diverse



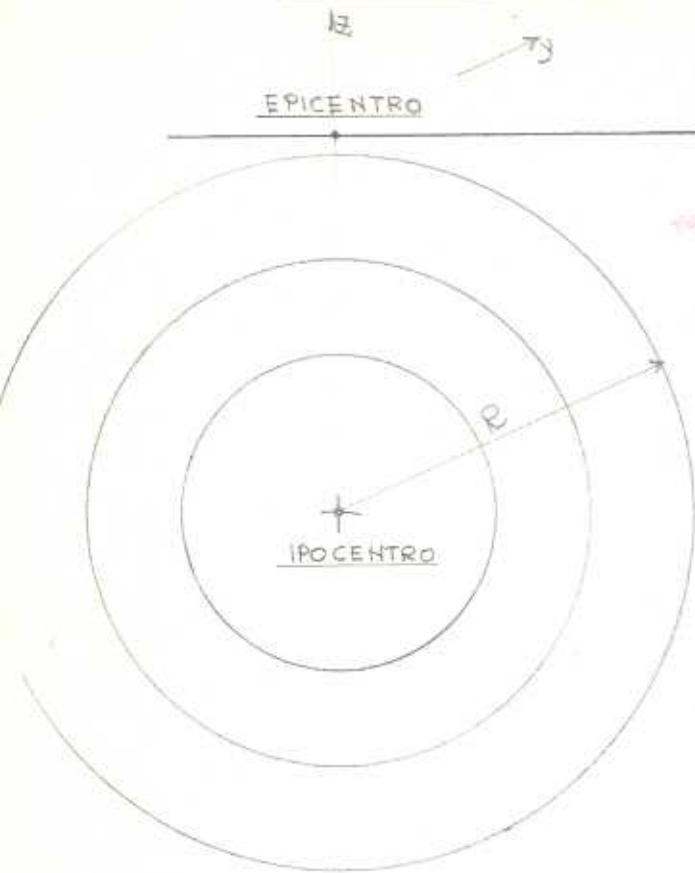
a RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLE ZONE DI CORRUGAMENTO DOVUTE ALL'INTERAZIONE ZOLLA AFRICANA-ZOLLA EURASIATICA



b EPICENTRI SISMICI RILEVATI NEL PERIODO 1901-1965

Fig. 5 - Situazione delle zolle europee e legame zolle - Terremoti negli ultimi 60 anni

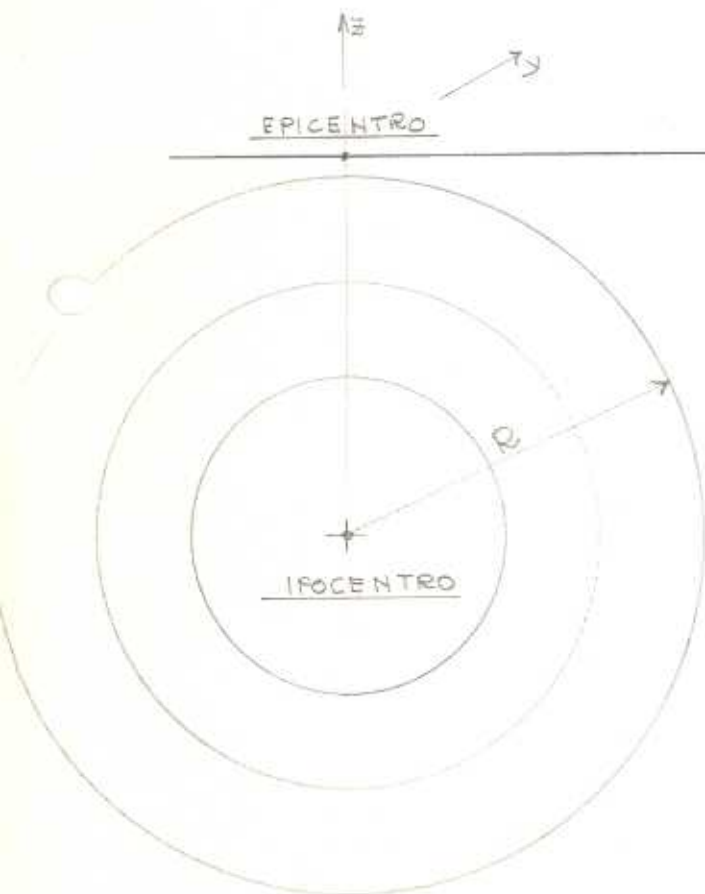
ONDE SISMICHE DI VOLUME



ONDE P = primarie

$$V_p = \text{VELOCITA'} = 1,1 \sqrt{\frac{E}{d}} \approx 5 \div 6 \text{ Km/sec.}$$

ATTENUAZIONE = $\left\{ \begin{array}{l} \text{Piccole distanze con } R^2 \\ \text{Grandi distanze con } R \end{array} \right.$

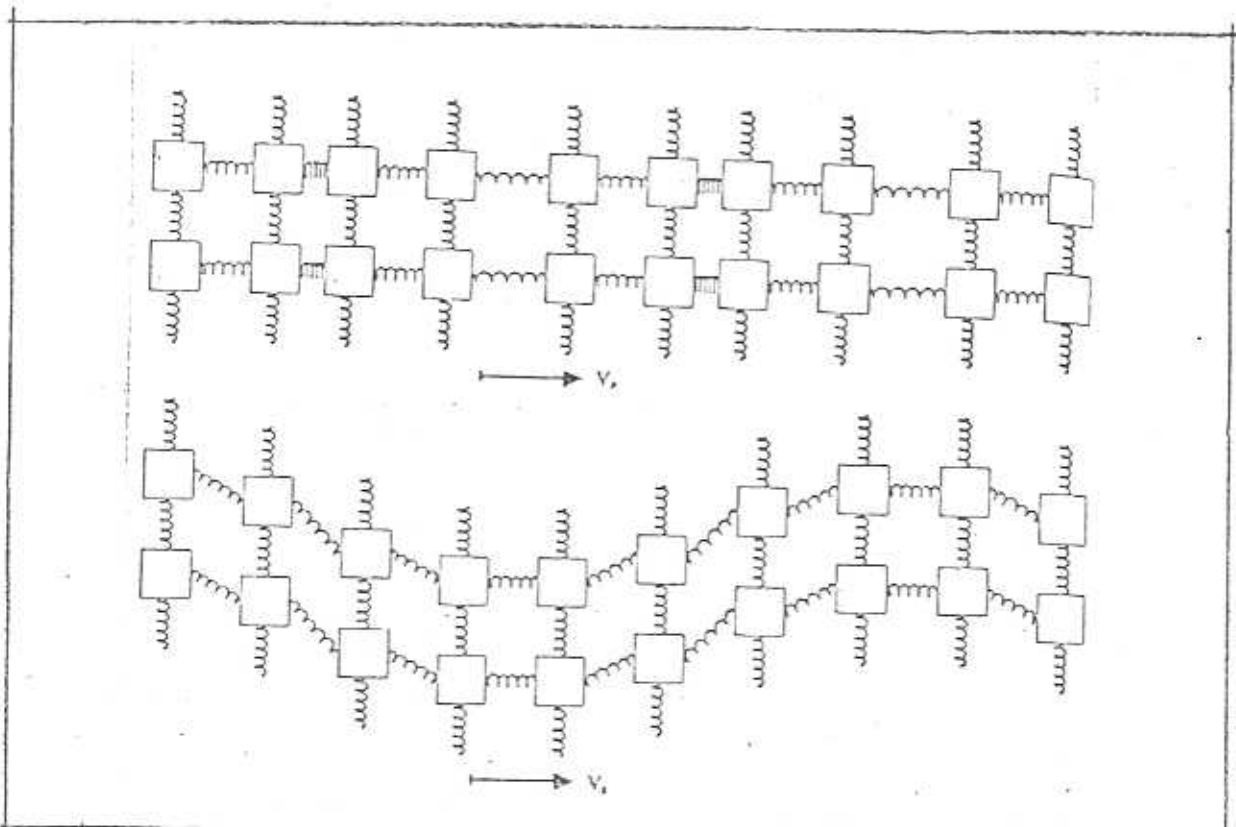


ONDE S = secondarie

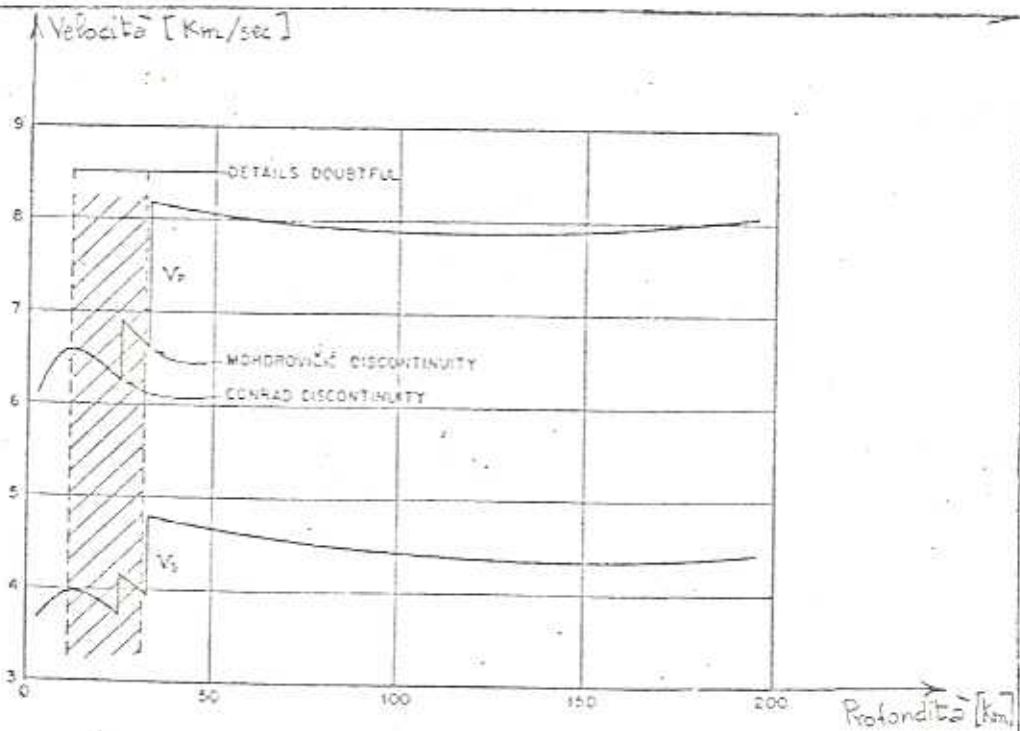
$$V_s = \frac{V_p}{\sqrt{3}} = \text{VELOCITA'} = \sqrt{\frac{G}{d}} \approx 3 \div 3,5 \text{ Km/sec.}$$

ATTENUAZIONE = $\left\{ \begin{array}{l} \text{Piccole distanze con } R^2 \\ \text{Grandi distanze con } R \end{array} \right.$

Fig. 9



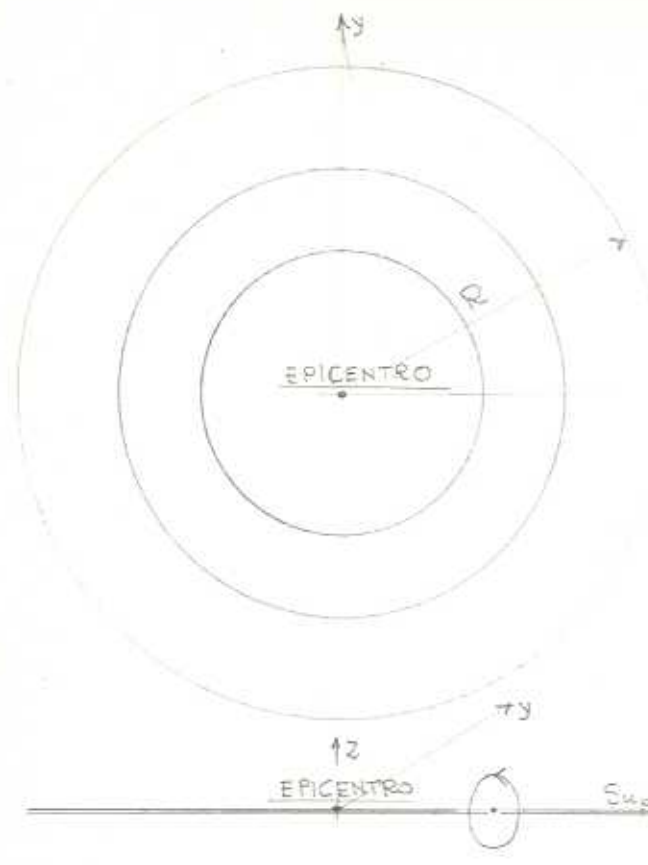
a ANDAMENTO DELLE ONDE P E DELLE ONDE S



b VARIAZIONE DI V CON LA PROFONDITA' PER LE ONDE P E LE ONDE S (v. [5])

Fig. 10 - Andamento delle onde P ed S (a) e variazione di V_p e V_s con la profondità (b)

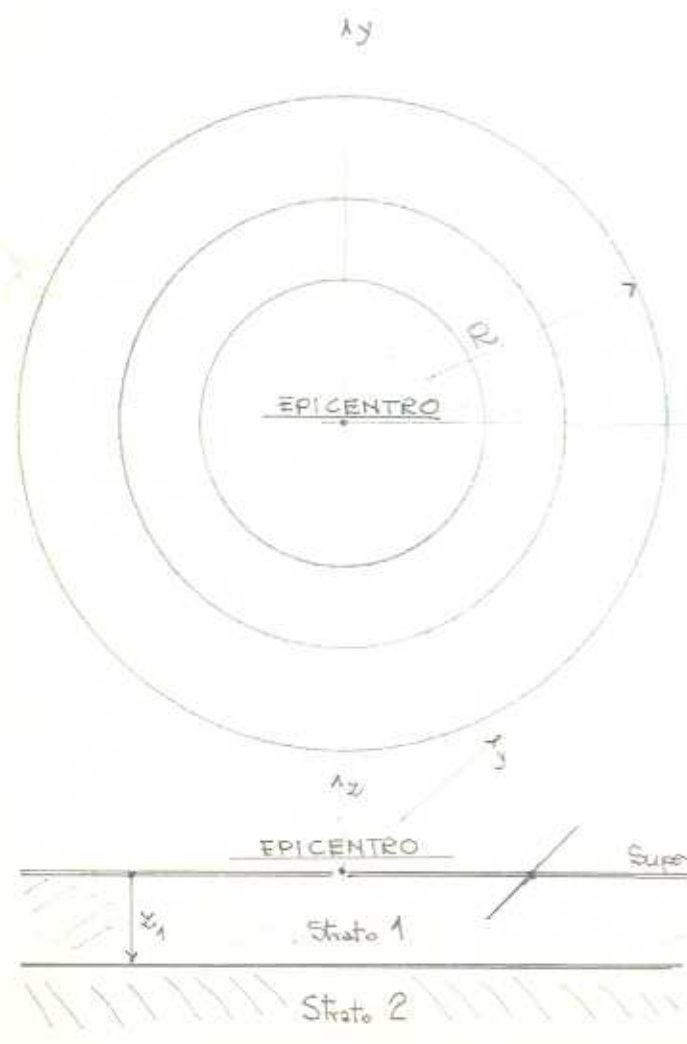
ONDE SISMICHE DI SUPERFICIE



ONDE DI RAYLEIGH

$V_R = 0.9 V_S = \text{VELOCITA'} = 2.7 \div 3.0 \text{ Km/sec}$

ATTENUAZIONE = $\begin{cases} \text{Piccole distanze con } \ln R \\ \text{Grandi distanze con } \sqrt{R} \end{cases}$



ONDE DI LOVE

$V_{S1} < V_L < V_{S2} = \text{VELOCITA'} = 2.7 \div 3.0 \text{ Km/sec.}$

ATTENUAZIONE = $\begin{cases} \text{Piccole distanze con } \ln R \\ \text{Grandi distanze con } \sqrt{R} \end{cases}$

Fig. 11-

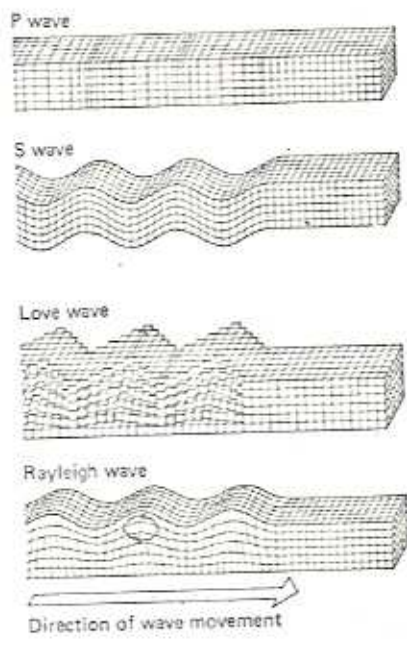


Figure 2-5. Four types of earthquake waves created by a fault rupture. [Redrawn, with permission, from Bruce A. Bolt, *Nuclear Explosions and Earthquakes: The Parted Veil* (San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1976).]

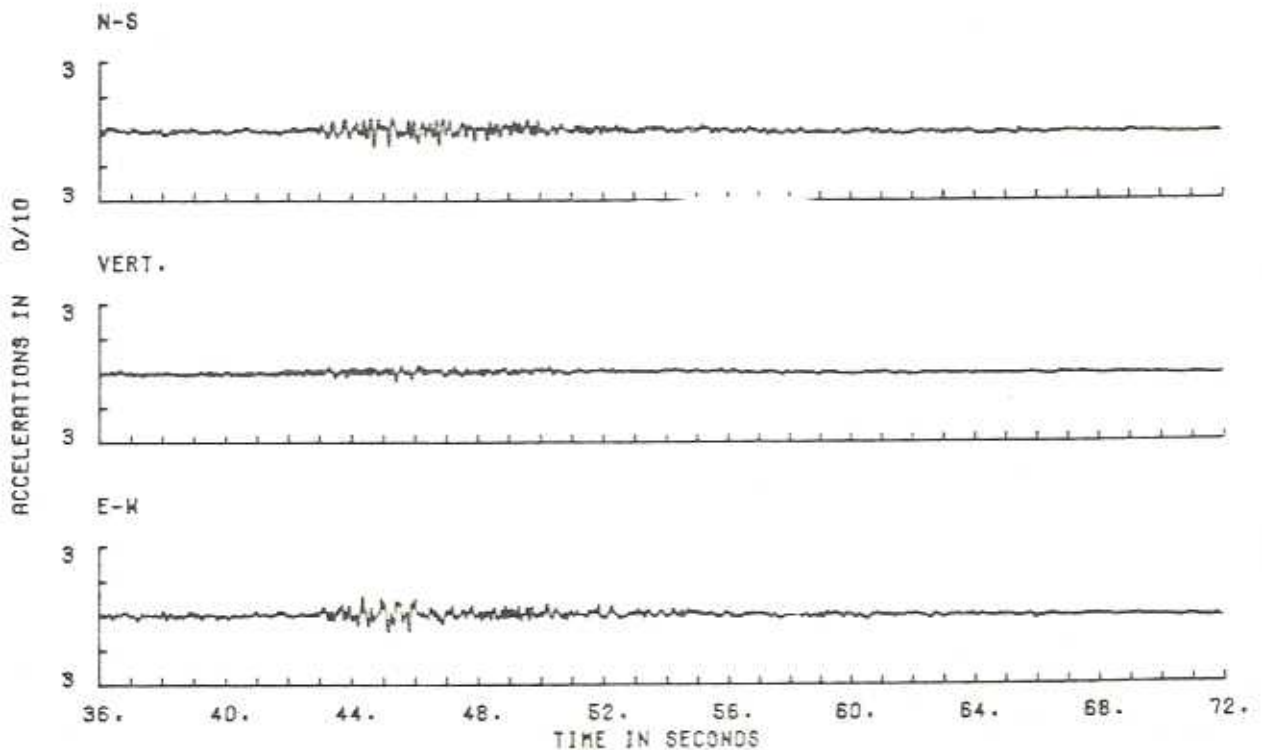
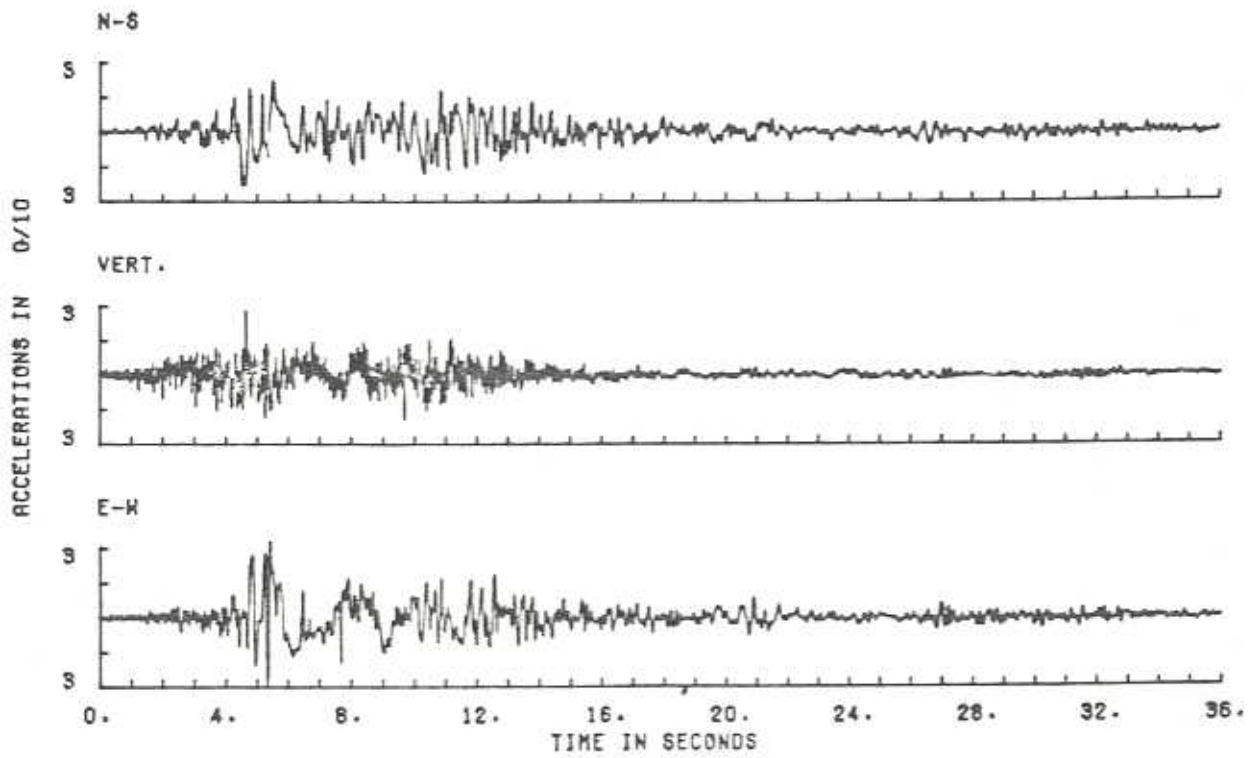


Figure 2-6. Liquefaction, 1964 Niigata Japan earthquake. [Photograph, with permission, from Peter Yanev, *Peace of Mind in Earthquake Country* (San Francisco: Chronicle Books, 1974). Photograph by H. B. Seed.]

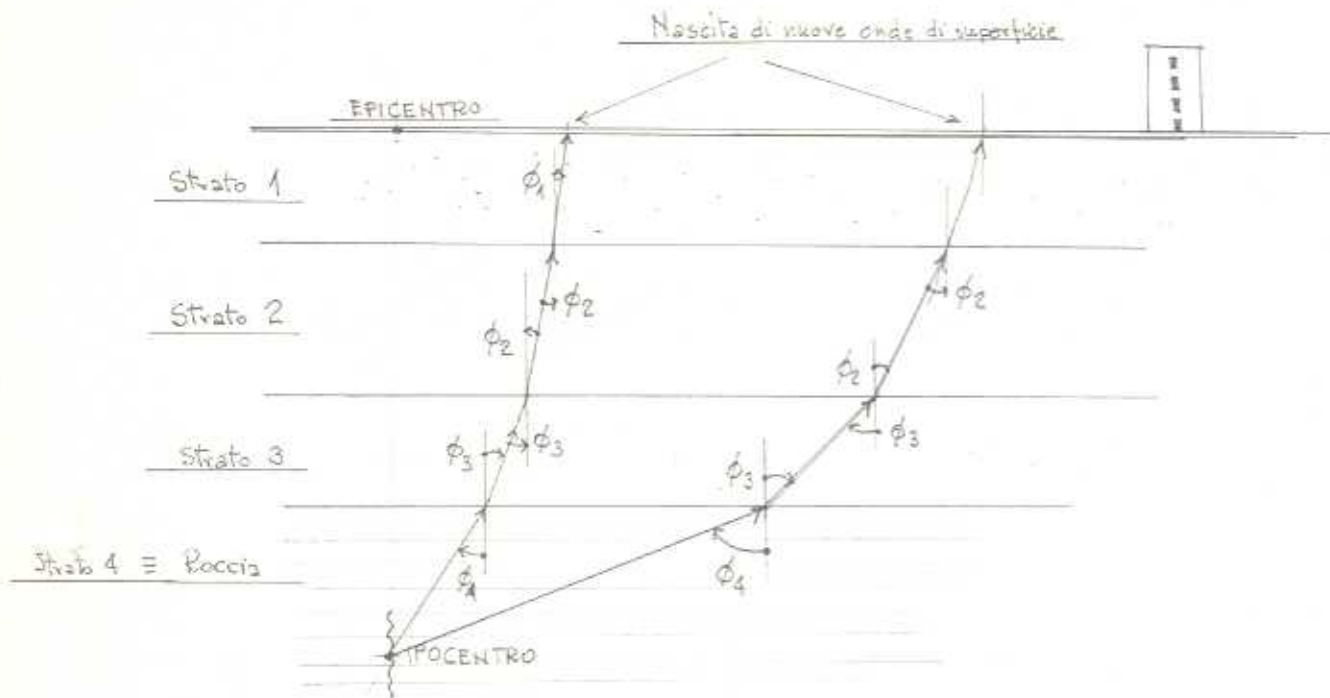
Fig. 14- Terremoto del 23. XI. 80, ore 19 34' 54"

APPENDIX I

ENEL DCO - SERVIZIO GEOTECNICO

0629 EARTHQUAKE 23-NOV-80 19H34M54S
RECORDED AT STURNO

PROPAGAZIONE DELLE ONDE P ED S



LA TRASMISSIONE DELLE ONDE P ED S ATTRAVERSO LA
SUPERFICIE DI SEPARAZIONE TRA DUE STRATI È GOVERNATA
DALLA LEGGE DI SNELL

$$\text{COSTANTE} = \frac{\sin \phi_1}{v_1} = \frac{\sin \phi_2}{v_2} = \frac{\sin \phi_3}{v_3} = \frac{\sin \phi_4}{v_4}$$

Fig. 12

THE RICHTER SCALE

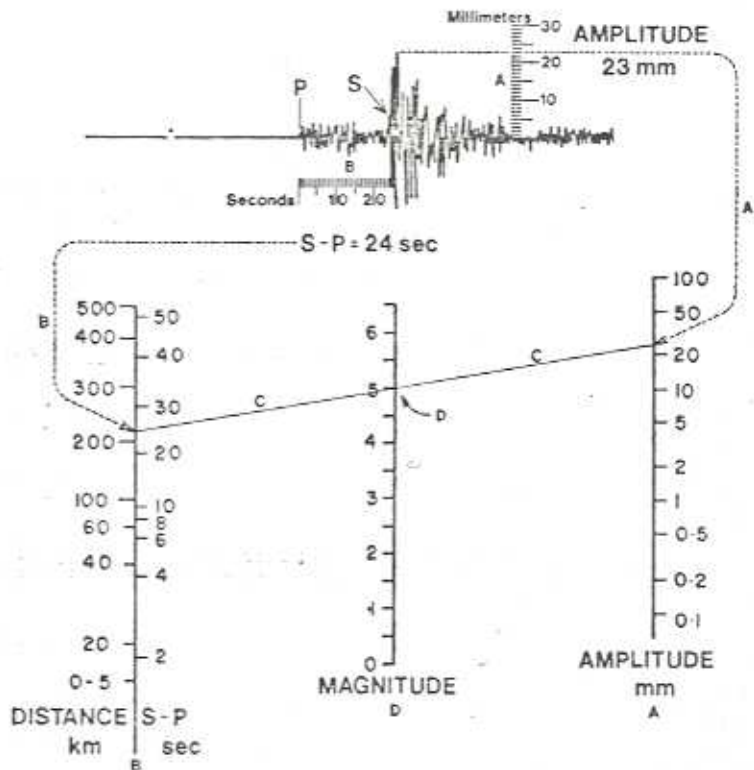


Figure 2-11. To determine Richter magnitude at varying distances from the epicenter, connect on the chart: (A) the maximum amplitude recorded by a standard seismometer and (B) the distance of seismometer from the epicenter of the earthquake (or difference in arrival times of P and S waves) by (C) a straight line, and (D) read the magnitude off the center scale. [Redrawn, with permission, from Bruce A. Bolt, *Earthquakes: A Primer* (San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1978).]

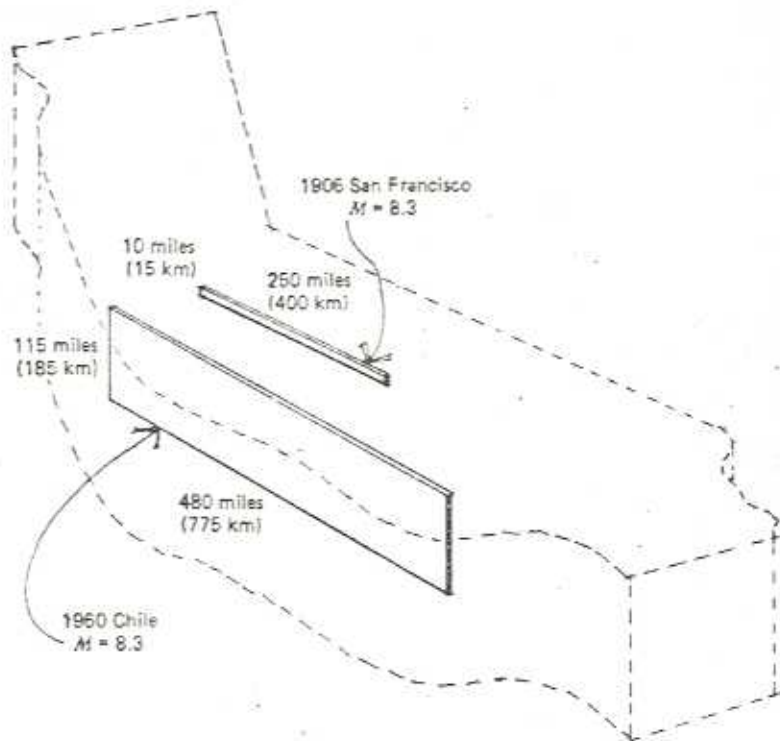


Figure 2-12. Two earthquakes may have equal magnitudes but be distinctly unequal in other respects. The 1906 San Francisco California earthquake ruptured rock over a shorter length and shallower depth—only 1/25 the area—as the 1960 Chilean earthquake. [Adapted, with permission, from David M. Boore, "The Motion of the Ground in Earthquakes," *Scientific American* (December 1977).]

Fig. 19- Saturazione della M

Figure 2-1. Professor Sekiya's wire diagram of the motion of an earthquake, enlarged $12\frac{1}{2}$ times. The actual amount of motion is shown full size in the small diagram to the right. [Drawing reproduced from *Transactions of the Seismological Society of Japan*, Vol. XI, 1887.]

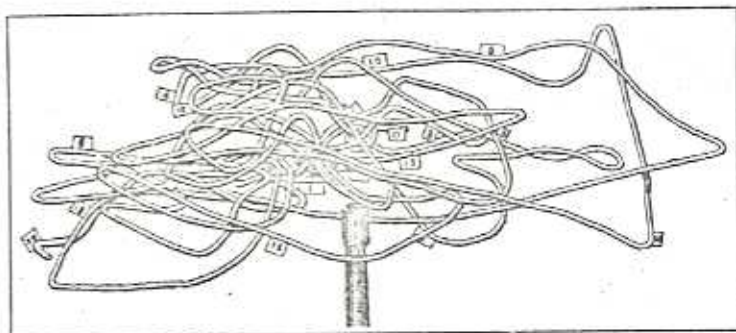


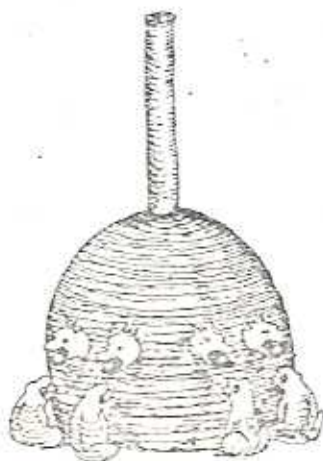
Figure 2-2. Scratch left on the floor by a kitchen range in the 1933 Long Beach California earthquake. [Reprinted in redrawn form, by permission of Princeton University Press, from Nicholas Hunter Heck, *Earthquakes* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1936, 1964), Original drawing by W. L. Luxton.]



When an earthquake occurs, and the bottle is shaken, the dragon instantly drops the ball. . . . With this arrangement, although one dragon may drop the ball, it is not necessary for the other seven dragons to drop their balls unless the movement has been in all directions; thus we can easily tell the direction of an earthquake.

Earthquakes are the result of slippage along a fault plane, often well below the surface of the earth. Geologists have various methods of determining the presence of fault planes and their characteristics. The presence of a fault indicates the possibility of an earthquake, though determination of its likelihood and size is still a very uncertain science. Geologists have a different sense of time from most of us: For them an active fault—one that may be expected to cause an earthquake—is one that has moved in the last 10,000 years. In investigating faults related to nuclear facilities, active faults are defined as those that have moved in the last 500,000 years, a more cautious definition related to the potential danger of a nuclear facility.

Figure 2-3. Chinese seismoscope, 136 AD. [Redrawn from John Milne, *Earthquakes and Other Earth Movements* (New York: D. Appleton and Company, 1886).]



SCALE DI MISURA DELL'INTENSITÀ

Mercalli

Mercalli Modificata (MM)

SOGGETTIVE:

Mercalli Cancani Sieberg (MCS)

Medvedev Sponheur Karnik (MSK)

Magnitudo

OGGETTIVE :

Momento sismico

SCALE DI MISURA DELL'INTENSITA'

1) MAGNITUDO

a) SCALE OGGETTIVE

(Basate su parametri fisici
misurabili oggettivamente
mediante strumenti)

2) MOMENTO SISMICO

b) SCALE SOGGETTIVE

(Basate sullo stato di diversi
indicatori e precisamente
l'uomo, gli edifici, il terreno,
stato valutato soggettivamente)

1) MERCALLI

2) MERCALLI MODIFICATA

3) MERCALLI-CANCANI-SIEBERG
(M.C.S.)

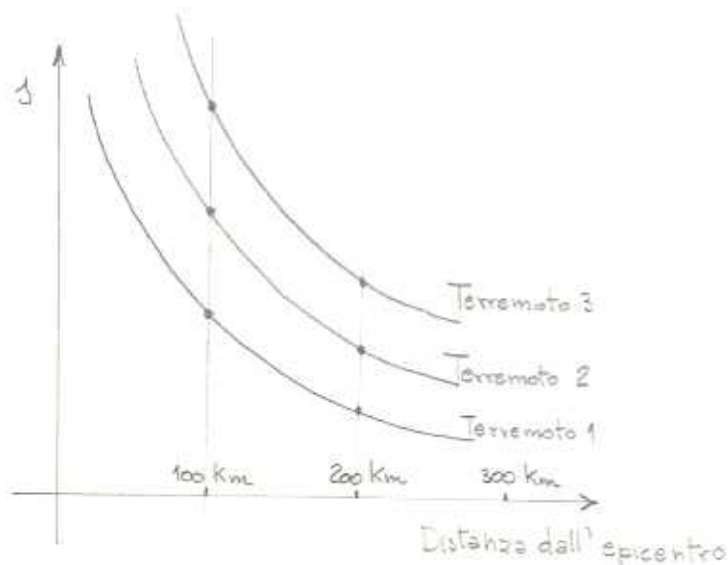
4) MEDVEDEY-SPONHEUR-KARNIK
(M.S.K.)

MISURA OGGETTIVA DELLE INTENSITA'

NEL 1935 RICHTER PROPOSE LA SCALA DELLA MAGNITUDO

$$M = \log_{10}(\Delta_0) \quad \text{con } \Delta_0 = \text{Massimo spostamento misurato in micron a } 100 \text{ Km dell'epicentro}$$

LO SPOSTAMENTO DEVE ESSERE MISURATO CON UN SISMO - METRO WOOD - ANDERSON (Periodo proprio = 0,8 sec., amplificazione statica = 2800, coefficiente di smorzamento 0,8)



$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \text{cost.}; \quad \frac{\Delta_1}{\Delta_3} = \text{cost.}; \quad \frac{\Delta_2}{\Delta_3} = \text{cost.}$$

LA MAGNITUDO M SI LEGA ALL'ENERGIA E COLLEGATA

AL TERREMOTO, MEDIANTE LA FORMULA:

$$1.5 M = \log_{10} (E/E_0) \quad \text{con } E_0 = 25 \text{ tm}$$

STRUMENTI DI REGISTRAZIONE

SISMOGRAFI : REGISTRANO GLI SPOSTAMENTI PRODOTTI DAL SISMA SECONDO TRE DIREZIONI ORTOGONALI

ACCELEROGRAFI : REGISTRANO LE ACCELERAZIONI PRODOTTE DAL SISMA SECONDO TRE DIREZIONI ORTOGONALI

CARATTERISTICHE DI DIVERSI STRUMENTI

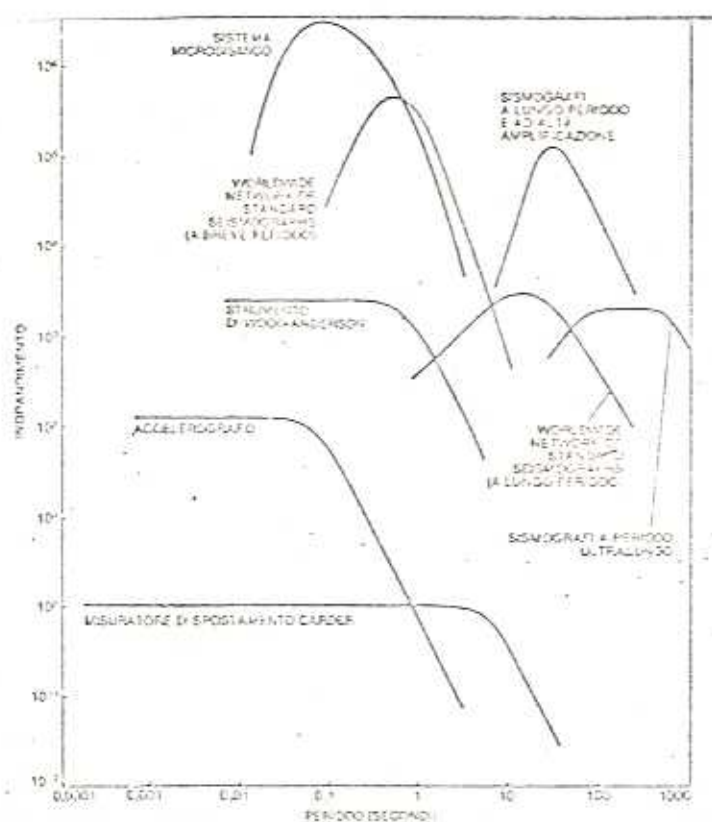


Fig. 13 -

Fig. 20-2

TABELLA 2

SCALA MERCALLI MODIFICATA (1958) DELL'INTENSITA' SISMICA - RICHTER
C. F.)

Grade	Denominazione del terremoto	Corrispondenti valori delle accelerazione a mm/sec^2	
I	Strumentale	< 2,5	Non percepito dalle persone, ma dai soli strumenti sismici.
II	Leggerissimo	2,5 - 5	Percepito da persone in riposo, nei piani superiori delle case o in posizione favorevole.
III	Leggero	5 - 10	Percepito nelle case. Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazione come al passaggio di autoveicoli leggeri. Stimò della durata. Talora non riconosciuto come terremoto.
IV	Sensibile o mediocre	10 - 25	Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri pesanti, o scossa come di una pesante palla che colpisce le pareti. Oscillazione di automobili fermi. Movimenti di porte e finestre. Tintinnio di vetri. Vibrazioni di vasellami. Nello stadio superiore al IV, scricchiolio di pareti o di strutture in legname.
V	Forte	25 - 50	Risentito all'esterno, stima della direzione. Sveglia di persone dormienti. Movimento della superficie dei liquidi, versamento di taluni dei recipienti. Spostamento

Fig. 20-6

Grado	Denominazione del terremoto	Corrispondenti valori della accelerazione in mm/sec^2	
VI	Molto forte	50 - 100	<p>e rovesciamento di piccoli oggetti instabili. Oscillazione di porte che si aprono e si chiudono. Movimento di imposte e quadri. Arresto, messa in moto, cambiamento del passo di orologi a pendolo.</p> <p>Sentite da tutti. Spavento e fuga all'esterno. <u>Barcollare</u> di persone in moto. Rottura di vetrine, piatti, vetriere. Caduta dagli scaffali di annodi, libri ecc. e di quadri dalle pareti. Spostamento o rotazione di mobili. Scricchiolii di intonachi deboli e di murature tipo D¹. Suono di campanelli (Chiese, scuole). Stormire di alberi e di cessuoli.</p>
VII	Fortissimo	100 - 250	<p>Difficile stare in piedi. Risentito dai guidatori di automazzi. Tremolio di oggetti sospesi. Rottura di mobili. Danni alle murature tipo D¹, incluse fenditure. Rotture di cornicioni deboli situati sul colmo dei tetti, cadute di intonachi, mattoni, pietre, tegole, cornicioni (anche di parapetti isolati e ornamenti architettonici). Qualche lesione alle murature tipo C¹. Formazione di onde sugli specchi di acqua, intorbidamento delle acque. Piccoli smottamenti e scavamenti in depositi di sabbie e ghiaie. Forte azione di campane. Danni ai canali di irrigazione rivestiti.</p>

Fig. 20-c

Grado	Denominazione del terremoto	Corrispondenti valori della accelerazione a mm/sec^2	
VIII	Revinoso	250 - 500	Risentito nella guida di automezzi. Danni alle murature tipo C ⁽¹⁾ , crolli parziali. Alcuni danni a murature tipo B ⁽¹⁾ , non tipo A ⁽¹⁾ . Cadute di stocchi e di alcune pareti in muratura. Rotazione a caduta di camini, monumenti, torri, serbatoi elevati. Costruzioni con strutture in legname smosse dalle fondazioni se non imbullonate; pannelli delle pareti lanciati fuori. Rotture di palizzate deteriorate. Rotture di rami di alberi. Variazioni di portata e di temperatura di sorgenti e pozzi. Crepacci nel terreno e sui pendii ripidi.
IX	Disastroso	500 - 1000	Panico generale. Distruzione di murature di tipo D ⁽¹⁾ , gravi danni a murature tipo C ⁽¹⁾ talvolta con crollo completo; seri danni a murature tipo B ⁽¹⁾ (danni generali alle fondazioni). Gravi danni ai serbatoi. Rotture di tubazioni sotterranee. Rilievanti crepacci nel terreno. Nelle aree alluvionali espulsione di sabbia e fango, formazione di crateri di sabbia.
X	Disastroosissimo	1000 - 2500	Distruzione di gran parte delle mureture e delle strutture in legname, con le loro fondazioni. Distruzione di alcune robuste strutture in legname, con le loro

Fig. 20-d

Grado	Denominazione del terremoto	Corrispondenti valori della accelerazione in mm/sec^2	
XI	Catastrofico	2500 - 5000	fondazioni: Distribuzione di alcune robuste strutture in legname e di ponti. Gravi danni a dighe, briglie, argini. Grandi frane. Dissolvimento delle acque di canali, fiumi, laghi, ecc. Traslazione orizzontale di sabbie e argille sulle spiagge e su regioni piane. Rotole debolmente deviate.
			Rotole fortemente deviate. Tubazioni sotterranee completamente fuori servizio.
XII	Molto catastrofico	5000 - 10000	Distruzione pressoché totale. Spostamento di grandi masse rocciose. Linee di riferimento deformate. Oggetti lanciati in aria.

SCALA M.S.K.

Single $\geq 5\%$; Many $\geq 50\%$; Most $\geq 75\%$

Intensità I	Classi delle strutture			a_{max} [g/10]
	A	B	C	
V	Single - 1			0.1-0.3
VI	Single - 2	Single - 1		0.3-0.5
VII	Single - 4 Many - 3	Many - 2	Many - 1	0.5-1.0
VIII	Single - 5 Many - 4	Single - 4 Many - 3	Single - 3 Many - 2	1.0-2.0
IX	Many - 5	Single - 5 Many - 4	Single - 4 Many - 3	2.0-4.0
X	Most - 5	Many - 5	Single - 5 Many - 4	4.0-8.0

Edifici : Classe A = Edifici in prefabbricati

Classe B = Edifici in mattoni

Classe C = Edifici in c.a.

Danni : Livello 0 = Edificio intatto

⋮

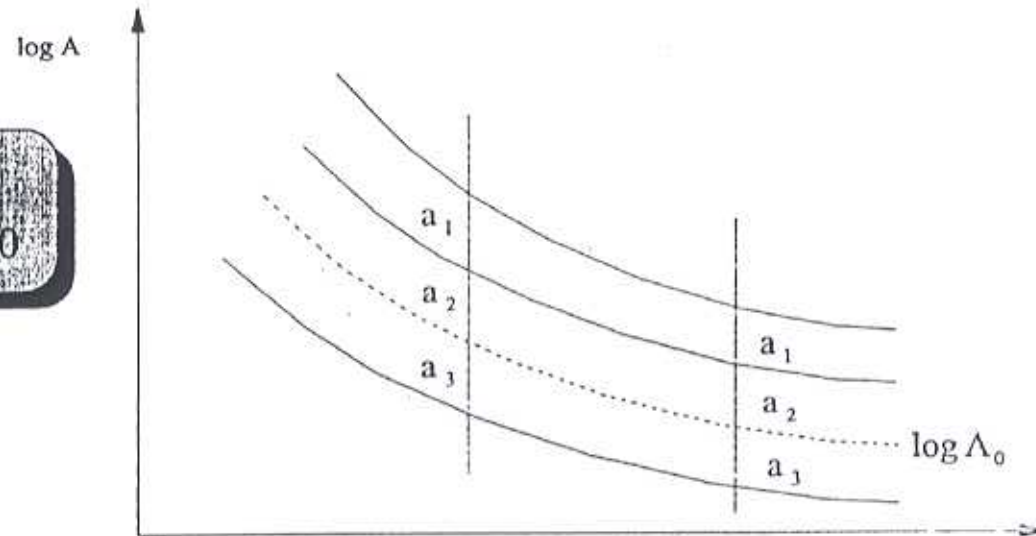
Livello 5 = Edificio crollato

La Magnitudo



$$M = \log A - \log A_0$$

$$5 \leq M \leq 9$$



- Curva di riferimento $\log A_0$:
un terremoto che a distanza 100 km dal fuoco
fa registrare un'ampiezza di 1/1000 di mm