

Il terremoto di Jenice del 18.3.1953 e le caratteristiche sismiche dell'Anatolia

F. PERONACI

Il 18 Marzo 1953 alle ore 19 06 ca. è stato registrato un violento terremoto con epicentro macrosismico nella Anatolia settentrionale; in un precedente lavoro abbiamo calcolato le coordinate epicentrali e il tempo origine ottenendo:

$$\begin{aligned}\varphi &= 40^{\circ} 07' 09'' \pm 2' 20'' N \\ \lambda &= 27^{\circ} 17' 29'' \pm 3' 00'' E.G. \\ H &= 1.9^h 06' 12'',3 \pm 0^s,6 \text{ T.M.G.}\end{aligned}$$

mentre per quanto riguarda la profondità ipocentrale, i risultati dei calcoli consentivano di avanzare l'ipotesi di un ipocentro molto prossimo alla superficie terrestre. Nello stesso lavoro furono calcolate, approssimandole con curve di terzo ordine, le dromocrone delle onde spaziali P_n ed S_n fino a 3000 km circa e si stabilì che le velocità di propagazione delle onde stesse alla base della crosta terrestre erano rispettivamente $8,17 \pm 0,036$ e $4,40 \pm 0,01$ km/sec. Proseguendo nella ricerca ci siamo proposti di calcolare le dromocrone di altri tipi d'onda per trarre delle conclusioni sulla struttura della crosta terrestre nei Balcani, nell'Anatolia e nel bacino orientale del Mediterraneo.

I risultati dello spoglio dei sismogrammi sono riassunti nella tabella I, dalla cui analisi abbiamo desunto quanto segue:

a) *Onde dirette nello strato del granito (Pg ed Sg).*

I risultati ottenuti per queste onde sono da ritenersi puramente indicativi, infatti la stazione più vicina a disposizione (Atene) dista dall'epicentro 388 km e le stazioni comprese entro distanze in cui le onde stesse vengono registrate, sono solo 4 (Atene,

Bucarest, Campolugh, Foxani). Eseguiti i calcoli col metodo dei minimi quadrati si è trovato che la dromocrona più probabile delle P_g riferita all'ora epicentrale può essere approssimata con la retta

$$t = \frac{\Delta}{5,49 \pm 0,1} + 0,0029$$

con una velocità media di propagazione nello strato del granito di 5,49 km/sec. Facciamo osservare che la retta passa per l'origine degli assi e questo fatto conforta l'ipotesi della superficialità del fuoco sismico. Per quanto riguarda poi le trasversali S_g , poichè la violenza del terremoto è stata tale da far saltare prima del loro arrivo le pennine dei sismografi nelle stazioni di Bucarest e di Foxani, il tempo di arrivo è stato registrato solo ad Atene e a Campolung per cui la retta

$$t = \frac{\Delta}{3,02} + 0,22$$

ottenuta impiegando solo le due predette stazioni non presenta una attendibilità sufficiente da consentirci di affermare che essa possa assumersi come dromocrona delle onde considerate. In ogni modo, dato che il valore di 3,02 km/sec è ragionevole e dato che la retta, passa anch'essa praticamente per l'origine degli assi come si verifica per la P_g , abbiamo voluto calcolare il $K = \frac{v_l v_t}{v_l - v_t}$ per il terremoto in esame ottenendo $K = 6,77$, mentre per il coefficiente di Poisson si è trovato dalla

$$\frac{v_l}{v_t} = \sqrt{\frac{2(1-\sigma)}{1-2\sigma}}$$

Tabella 1

Stazioni	tempi di registrazione									
	Δ/Km	P_n	P_{x_1}	P_{x_2}	P_1^*	P_2^*	P_g	S_n	S^*	S_s
Atene	388		07m14s,2	07m18s,4	07m14s,2		07m22s,7	07m53s,6	08m00,1	08m21,0
Bucarest	489	07m25s,4	28,2	31,6	28,8	07m34s,2	41,7			
Campolung	601	38,5	42,0	45,9		52,5	08 01,0	08 42,0	54,8	09 31,5
Foxani	621	41,6		48,9	48,2	56,1	05,7	46,4	09 01,3	
Bacau	715	52,2	56,1	08 00,3	08 01,3	08 09,3		09 08,1	26,1	
Jasi	789	08 00,5	08 05,3		11,5	20,6		23,0	45,0	
Reggio C.	1030	31,1	35,5	42,8	45,9	09 00,1		10 19,7	10 46,6	
Messina	1036	31,8	36,4		50,2	01,3		21,8	51,3	
Budapest	1051	32,8	38,7		57,6	04,4		24,2		
Zagabria	1115	41,2	47,5	52,6	09 01,9	14,4		38,1	11 11,2	
Urbanovo	1128	41,9	47,9		19,2			42,9	14,9	
Vienna	1254	57,9	09 12,5	09 12,5	19,8			11 09,9		
Roma	1257	59,1	12,5	12,5		31,6		11,3	44,0	

$\sigma = 0,28$. Insistendo ancora sul fatto che tutti questi valori sono puramente indicativi, non possiamo fare a meno di osservare che Di Filippo-Marcelli nello studio del terremoto del Gran Sasso, zona che come vedremo risulterà notevolmente simile a quella che noi consideriamo, hanno trovato

$$v_l = 5,46 \text{ km/sec} ; v_t = 3,01 \text{ km/sec} ; \\ K = 6,71 ; \sigma = 0,28.$$

impiegando molte stazioni di osservazione.

b) *Onde Px_1 Px_2 .*

Queste onde sono state poste in evidenza e studiate da Caloi in occasione del terremoto del Cansiglio, e l'ipotesi fatta sul meccanismo della loro propagazione è che la Px_1 , partita dall'epicentro come trasversale, diventi longitudinale in corrispondenza della sua rifrazione tra granito e basalto, conservando tale carattere fino alla stazione di osservazione; la Px_2 invece pur partendo ancora come onda trasversale dall'ipocentro, si trasformi in longitudinale in corrispondenza della rifrazione sulla discontinuità di Mohorovicic mantenendo tale carattere per tutto il resto del tragitto.

Nel nostro terremoto la Px_1 è stata registrata in modo nettissimo in quasi tutte le stazioni comprese tra 388 e 1200 km circa, per cui utilizzando dei dati di Atene, Bucarest, Campolung, Bacau, Jasi, Reggio Calabria, Messina, Budapest, Zagabria, Urbanovo, Vienna, Roma, si è pervenuti alla seguente retta che rappresenta la dromocrona più probabile delle Px_1 sempre riferita all'ora origine all'epicentro

$$t = \frac{\Delta}{7,93 \pm 0,04} + 13,65 \pm 0,47$$

in buon accordo con il valore di Caloi $7,68 \pm 0,05$ e con quello di Di Filippo-Marcelli $7,63 \pm 0,06$.

Le Px_2 sono state registrate ad Atene, Bucarest, Campolung, Foxani, Bacau, Jasi, Reggio Calabria, Zagabria, Vienna, Roma, con impulsi particolarmente evidenti e ben separati dalle Px_1 per cui possiamo ad esse attribuire come dromocrona più probabile la retta

$$t = \frac{\Delta}{7,60 \pm 0,04} + 14,69 \pm 0,57$$

Ricordiamo che i valori ottenuti da Caloi e da Marcelli-Di Filippo per tale tipo di onda furono 7,66 km/sec e 7,61 km/sec.

c) *Onde longitudinali e trasversali rifratte in corrispondenza della superficie di separazione granito-basalto.*

Come è noto queste onde che in generale presentano inizi ben chiari vengono indicate con P^* secondo la notazione di Conrad che per primo le pose in evidenza. La loro velocità media è stata fissata tra 6,21 e 7,1 km/sec. cioè ad una serie di valori notevolmente discordanti. Peterschmitt ha recentemente avanzato la ipotesi che non si tratti di un solo tipo di onda, ma che si debba pensare all'esistenza di due onde interessanti due stratificazioni diverse sottostanti allo strato del granito; successivamente nello studio del terremoto di Nograd, Karnik ottiene una sola dromocrona delle P^* con una velocità di 6,21 km/sec (valore indubbiamente notevolmente basso), mentre per le trasversali riesce ad individuare due dromocrona dividendo così le S^* in due tipi di onde: le S_1^* con una velocità 3,78 km/sec e le S_2^* con velocità 3,58 km/sec. Infine Caloi ed altri nello studio del terremoto della Val Padana del 15 Maggio 1951 confermano l'ipotesi che almeno per alcune zone del continente europeo si possa parlare di uno sdoppiamento della stratificazione compresa tra granito e mantello. Impiegando i dati di osservazione di 8 stazioni per le longitudinali, e di 9 per le trasversali, gli autori attribuiscono alle P_1^* e P_2^* le seguenti velocità di propagazione 6,94 km/sec e 6,09 km/sec, mentre per le trasversali, dato il groviglio delle fasi, riescono ad individuare solo la S_1^* cui compete una velocità di 4,2 km/sec.

Anche nello studio del terremoto turco qualunque tentativo di esprimere con un'unica dromocrona i tempi di propagazione delle P^* non ha portato ad alcun risultato e quindi anche in questo caso si è pervenuti alle equazioni di due dromocrona per cui le P^* risultano in realtà dovute a due tipi di onda, le P_1^* e P_2^* con velocità rispettivamente di 6,94 e di 6,30 km/sec. Per le P_1^* furono impiegati i tempi registrati ad Atene, Bucarest, Foxani, Bacau, Jasi, Messina, Budapest, Zagabria, Urbanovo,

Vienna, Roma e l'equazione ottenuta, riferita al tempo origine di 19^h06'12'',3 è

$$t = \frac{\Delta}{6,94 \pm 0,04} + 5,89 \pm 0,9$$

Calcolate le differenze tra i valori osservati e calcolati si è ottenuto per Atene — 0^s,04 sec, Bucarest — 0,1; Foxani — 0,5; Bacau — 0,05; Jasi + 0,4; Messina + 1,6; Zagabria + 1,2; Urbanovo — 1,1; Vienna — 0,3; Roma — 0,5.

La dromocrona delle P_2^* è stata approssimata con la retta

$$t = \frac{\Delta}{6,30 \pm 0,03} + 4,40 \pm 0,8$$

e le differenze tra valori osservati e calcolati nelle stazioni impiegate sono per Bucarest + 0^s,1; Campolung — 0,4; Foxani — 0,8; Bacau + 0,5; Jasi + 1,3; Reggio C. + 0,05; Messina — 0,2; Zagabria + 0,2; Budapest — 0,9; Roma + 0,1 sec.

Questo risultato ci consente quindi di avanzare l'ipotesi che anche per i Balcani e per la parte orientale del bacino del Mediterraneo, la crosta terrestre possa ritenersi formata da tre stratificazioni sovrapposte caratterizzate da velocità per le longitudinali di 5,49; 6,30; 6,94 km/sec.

Siamo quindi passati allo studio delle trasversali corrispondenti; in questo caso il risultato è stato negativo; l'intensità del terremoto è tale che nelle stazioni fino a 1000 km le onde della seconda fase sono state registrate con ampiezze vistose producendo spesso il salto delle pennine, per cui nel groviglio delle fasi e degli impeti non è stato possibile individuare le S_1^* e le S_2^* . Tra i vari tentativi l'unico degno di fede è quello eseguito impiegando le 10 stazioni qui sotto riportate, che han fornito come dromocrona più probabile delle trasversali la retta

$$t = \frac{\Delta}{3,79} + 4,14$$

con i seguenti scarti tra tempi osservati e calcolati: — 1^s,2 Atene; + 0,3 Campolung; — 0,9 Foxani; — 0,9 Bacau; — 0,2 Jasi; + 1,8 Reggio C.; — 1,3 Messina; — 0,4 Zagabria; — 0,6 Urbanovo; + 3,3 Roma. La

velocità di 3,79 km/sec concorda col valore attribuito da moltissimi ricercatori alle S^* (Gutenberg di 3,75; Jeffrey 3,74; Di Filippo-Marcelli 3,63; Caloi 3,64). Un tentativo eseguito con solo 5 stazioni ci ha condotto alla velocità di 4,1 km/sec, valore che potrebbe attribuirsi alle S_1^* , ma preferiamo non riportare l'equazione della dromocrona in quanto esso è stato ottenuto con pochi dati di osservazione e quindi non è molto attendibile; a conforto però di tale risultato ricordiamo che Caloi e altri hanno, nello studio del terremoto già ricordato, ottenuto 4,2 km/sec per lo stesso tipo di onde.

Strato del granito e profondità ipocentrale.

Calcolate le dromocrone delle onde spaziali longitudinali e trasversali abbiamo intrapreso dei tentativi per il calcolo delle profondità delle varie stratificazioni che formano la crosta terrestre. Anzitutto abbiamo calcolato la profondità ipocentrale impiegando la nota formula di Inglada

$$h = \frac{\Delta^2 - v_{P_s}(t_{P_s} - t_E)^2}{2 v_{P_s}(t_{P_s} - t_E)}$$

ora t_E è il tempo origine all'epicentro; utilizzando la stazione di Atene che è la più vicina tra quelle a nostra disposizione si è ottenuto $h = 1,5$ km, mentre con la stazione di Bucarest la profondità ipocentrale è risultata nulla. Questo risultato conferma la superficialità del terremoto il cui ipocentro dovrà trovarsi nei primi chilometri dello strato del granito. Come vedremo più avanti, tale risultato sarà confermato per altra strada. La profondità dello strato del granito è stata calcolata per tre vie diverse: anzitutto impiegando la relazione

$$2 d_{P_s} = \frac{\Delta}{v_{P_s}} - \frac{\Delta}{v_{P_s^*}} - \delta \sqrt{\frac{1}{v_{P_s}^2} - \frac{1}{v_{P_s^*}^2}} + h$$

che ha fornito $d_{P_s} = 22 + h$ km (con h profondità ipocentrale) ove $\Delta = 489$ km e $\delta = t_{P_s} - t_{P_s^*}$ si riferiscono alla stazione di Bucarest. Impiegando la formula degli

strati paralleli sovrapposti che si usa comunemente nella prospezione sismica

$$d_{Pg} = \frac{x_1}{2} \sqrt{\frac{v_{Pg} - v_{P_2^*}}{v_{P_2^*} + v_P}}$$

nella quale si è supposto $h = 0$, mentre x_1 rappresenta l'ascissa del punto di incontro delle dromocrone delle Pg e delle P_2^* che nel nostro caso è risultata di 181,64 km. Questa seconda determinazione ha fornito $d_{Pg} = 24,6$ km; il risultato è in accordo con il precedente e fa supporre che la profondità ipocentrale non superi i 2 o 3 km.

L'ultimo tentativo è stato eseguito partendo dalla relazione suggerita da Caloi e impiegata con successo oltre che dall'autore

realtà non risulta a rigore verificata in pratica.

Concludendo si può ritenere che lo spessore dello strato del granito per la regione considerata non sia inferiore ai 20 km e sia probabilmente prossimo ai 24 km in ottimo accordo con molte altre misure eseguite per regioni limitrofe. Infatti Valle-Festa per il tragitto Calabria-Copenaghen trovano col metodo della dispersione delle onde superficiali 22,4 km, mentre nello studio del terremoto del Turkestan lo scrivente ottiene, sempre con le onde superficiali, dei valori che si aggirano intorno ai 20 km, circa. Le ricerche eseguite poi con le onde spaziali, attribuiscono allo spessore dello strato del granito nell'Eurasia un valore che si aggira tra 20 e 25 km.

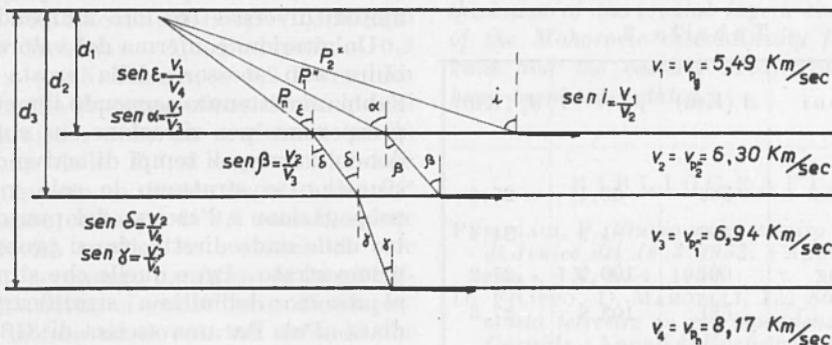


Fig. 1

da altri ricercatori: la formula è basata sulla differenza dei tempi di arrivo delle Px_1 e Px_2

$$d_{Pg} = h + \frac{t_{Px_1} - t_{Px_2}}{\sqrt{\frac{1}{v_{Sg}^2} - \frac{1}{v_{Pn}^2}} \sqrt{\frac{1}{v_{Pg}^2} - \frac{1}{v_{Pn}^2}}}$$

e ha condotto per la stazione di Bucarest a $d_{Pg} = 17 + h$ km con uno spessore dello strato che tenendo conto della profondità ipocentrale si dovrebbe aggirare sui 20 km; questo valore è leggermente inferiore ai precedenti. Ciò potrebbe imputarsi al fatto che la formula prescinde dalla distanza epicentrale, infatti in base alle ipotesi sul tragitto compiuto dalle Px_1 e Px_2 le differenze di tempo di arrivo devono rimanere costanti per qualsiasi distanza, cosa che in

Il valore di 20-24 km da assegnare allo strato del granito, potrebbe sembrare un po' eccessivo se si tiene presente che precedenti ricerche fanno sospettare un assottigliamento dello strato stesso quando si proceda dalle Alpi verso il Meridione, ed in particolare verso la fossa Adrio Ionica, riteniamo però che esso non contrasti con tale ipotesi in quanto è stato ottenuto studiando in prevalenza tragitti continentali che interessano la penisola Balcanica.

Allo scopo di confermare ulteriormente i valori trovati e di ricercare la profondità delle stratificazioni successive ho sviluppato uno dei metodi impiegati nella prospezione sismica per rifrazione, ammettendo per semplicità che le stratificazioni siano parallele e che la profondità ipocentrale sia nulla. Facendo riferimento alla figura (1); i tempi

di tragitto delle P_2^* , P_1^* , P_n possono essere espressi dalle relazioni:

$$a) \quad t_{P_2^*} = \frac{1}{v_1} \frac{2d_1}{\cos i} + \frac{1}{v_2} (\Delta - 2d_1 \tan i)$$

$$b) \quad t_{P_2^*} = \frac{1}{v_1} \frac{2d_1}{\cos \alpha} + \frac{1}{v_2} \frac{2(d_2 - d_1)}{\cos \beta} + \frac{1}{v_3} [\Delta - 2(d_2 - d_1) \tan \beta - 2d_1 \tan \alpha]$$

$$c) \quad t_{P_n} = \frac{2d_1}{v_1 \cos \varepsilon} + 2 \frac{d_2 - d_1}{v_2 \cos \delta} + 2 \frac{d_3 - d_2}{v_3 \cos \gamma} + \frac{1}{v_4} [\Delta - 2(d_3 - d_2) \tan \gamma - 2(d_2 - d_1) \tan \delta - 2d_1 \tan \varepsilon]$$

per cui passando ai calcoli ho trovato per lo strato del granito (d_1) i seguenti valori:

Tabella 2

Stazioni	Δ (Km)	$t_{P_2^*}$ (sec)	d_1 (Km)
Atene. . . .	388	66,1	25,4
Bucarest . .	489	81,9	24,4
Campolung .	601	100,2	27,2
Foxani . . .	621	103,8	27,5
Reggio C. . .	1030	167,8	24,5
Messina . . .	1036	169,0	25,0

Gli unici valori che superano i 25 km si riferiscono alle stazioni di Campolung e Foxani, ma questo fatto potrebbe spiegarsi con la particolare posizione delle stazioni che si trovano nelle Alpi Transilvane.

Impiegando la formula *b*) ho calcolato il valore di d_2 che rappresenta la somma della profondità dello strato del granito e del primo strato sottostante il granito (strato delle P_2^*) ottenendo per Bucarest 30 km; Atene 29,5 km; Messina 31 km; Budapest 31 km. Quindi lo spessore dello strato delle P_2^* si aggira per la regione considerata sui 5-6 km. Per Foxani si è ottenuto 30 km circa e quindi tenendo presente che per tale stazione lo strato del granito ha uno spessore maggiore, si avrebbe che lungo tale allineamento l'aumento di spessore dello

strato del granito avviene a detrimento dello spessore dello strato delle P_2^* . Naturalmente tutto ciò nell'ipotesi che i tempi rilevati dal sismogramma e da me attribuiti alle P_1^* e P_2^* corrispondano effettivamente a quelli delle P_1^* e P_2^* .

Infine la *c*) mi ha consentito la misura della profondità della superficie di Mohorovicic e quindi la valutazione dello spessore della crosta terrestre. Tale spessore è risultato di 60 km circa per Atene; 57 km per Campolung; 56 per Jasi e Bucarest; 58 per Messina; portando quindi a circa 27-28 km la potenza dello strato delle P_1^* . Il valore medio di 58 km circa si accorda con i 60-61 trovati da Di Filippo-Marcelli per la regione del Gran Sasso d'Italia, valore a cui si può attribuire una notevole attendibilità dato che è stato ottenuto impiegando due metodi diversi e tra loro indipendenti.

Un'ulteriore conferma del valore da attribuire allo spessore della crosta terrestre l'abbiamo ottenuta seguendo il metodo della prospezione per rifrazione, in cui prescindendo dai singoli tempi di arrivo delle onde sismiche, si sfruttano le sole velocità di propagazione e l'ascissa del punto d'incontro delle onde dirette che si propagano nel primo strato (P_g) e quelle che si propagano al disotto dell'ultima stratificazione studiata (P_n). Per una ascissa di 313,48 km si è ottenuto dalla

$$d_3 = \frac{x_3}{2} \sqrt{\frac{v_{P_n} - v_{P_1^*}}{v_{P_n} + v_{P_1^*}}} + \frac{d_2 - d_1}{\sin \beta \cos \gamma} + (\cos \beta - \cos \delta) + \frac{d_1}{\sin \alpha \cos \gamma} (\cos \alpha - \cos \varepsilon) + d_2$$

$d_3 = 59$ km, avendo assunto $d_1 = 24$ km; $d_2 = 30$ km; naturalmente nella ipotesi semplificatrice di profondità ipocentrale nulla e strati paralleli.

Concludendo si sarebbe confermata l'esistenza di tre stratificazioni successive nella crosta terrestre, almeno per la zona della penisola Balcanica e dell'Anatolia settentrionale; gli spessori di tali stratificazioni sono, a partire dallo strato del granito, di 24; 6 e 28 km con uno spessore totale della crosta terrestre di 58 km, e uno spessore

dello strato del basalto di 34 km; questi risultati confrontati con quelli ottenuti per il Gran Sasso d'Italia risultano praticamente coincidenti.

Prima di concludere questa seconda parte dello studio del terremoto della Turchia abbiamo voluto eseguire un tentativo per ricavare la dromocrona di una serie di impulsi nettissimi compresi tra le P_1^* e P_2^* e registrati in 10 stazioni. La dromocrona più probabile per tale tipo di onda, che all'arrivo presenta caratteristiche di onda trasversale, può essere approssimata con la retta

$$t = \frac{\Delta}{6,83 \pm 0,04} + 8,56$$

Gli scarti tra tempi osservati e calcolati sono risultati di +0,2 per Bucarest; +0,2 Foxani; -0,3 Bacau; 0,0 Jasi; -0,3 Reggio C.; -0,4 Messina; -1,2 Budapest; +0,2 Zagabria; +0,5 Vienna; -0,2 Roma. La velocità media di propagazione risulta quindi di 6,83 km/sec. e da un confronto con la dromocrona delle P_1^* si osserva che tale onda giunge con un ritardo rispetto alla P_1^* praticamente costante di 4,5 sec. Il valore della velocità media, la costanza di tale ritardo e l'accennato carattere di longitudinalità all'arrivo, ci consentono di sospettare che la fase sia dovuta ad un'onda che nata all'ipocentro come longitudinale si è mutata in trasversale in una delle sue rifrazioni o alla base dello strato del granito, o del primo strato del basalto, conservando tale carattere fino alla stazione di osservazione; abbiamo voluto riportare questo esempio come testimonianza delle difficoltà che si riscontrano per separare le P_1^* dalle P_2^* in quanto tra le due fasi, se il terremoto è intenso, esistono spesso e molto evidenti altri impulsi relativi ad onde che partite dall'ipocentro con un carattere, lo cambiano nelle successive rifrazioni attraverso le superfici di discontinuità della crosta. Roma - Istituto Nazionale di Geofisica - Febbraio 1957

RIASSUNTO

In questa seconda parte dello studio del terremoto di Jenice vengono calcolate le dromocrona più probabili delle onde spaziali

longitudinali e trasversali, ponendo in evidenza la presenza di due stratificazioni distinte della crosta terrestre al disotto dello strato del granito. Impiegando le dromocrona di tali onde si sono anche calcolati gli spessori delle stratificazioni che formano la crosta terrestre e la profondità della superficie di Mohorovicic per i Balcani e il bacino orientale del Mediterraneo.

ABSTRACT

In the second part of the study of the Jenice earthquake the most probable travel-time curves of the longitudinal and transverse waves are calculated, and the existence of two distinct layers of the earth crust under the granitic layer is put in evidence.

By means of these travel-time curves the thickness of the crustal layers and the depth of the Mohorovicic discontinuity for the Balkans and the eastern Mediterranean basin have been computed.

BIBLIOGRAFIA

- PERONACI, F., *Studio microsismico del terremoto di Jenice del 18.3.1953*. « Annali di Geofisica », IX, n. 4, 1956.
- Di FILIPPO, D.-MARCELLI, L., *Struttura della crosta terrestre in corrispondenza dell'Italia Centrale*. « Annali di Geofisica », V, n. 4, 1952.
- CALOI, P., *Ricerche su terremoti ad origini vicine. Scosse del Consiglio*. « Ricerca Scientifica », Vol. II, n. 7-8.
- *Sulla velocità di propagazione delle onde P* e sullo spessore dello strato del granito nell'Europa centrale*. « Ricerca Scientifica », Vol. XI, n. 11, 1940.
- DE PANFILIS, M., Di FILIPPO D., MARCELLI, L., e SPADEA, M. C., *Terremoti della Val Padana del 15-16 Maggio 1951*. « Annali di Geofisica », IX, n. 1, 1956.
- KÁRNIK, V., *Zemětřesení v Novohradských Horách (Nograd) 20.11.1951*. « Travaux de l'Institut Géophysique de l'Académie des Sciences, Geofysikální Sborník », 1953.
- FESTA, C., e VALLE, P. E., *Una valutazione dello spessore dello strato del granito nel Mediterraneo centro occidentale*. « Annali di Geofisica », I, 1948.
- VALLE, P. E., *Sulla struttura della crosta terrestre nel Mediterraneo centro-occidentale e nell'Adriatico*. « Annali di Geofisica », IV, n. 3, 1951.
- PERONACI, F., *Determinazione del valore medio dello spessore dello strato del granito per i tragitti Turkestan-Europa*. « Annali di Geofisica », III, n. 3, 1950.