

DROMOCRONE PER TERREMOTI VICINI E VELOCITA' DELLE ONDE NELL'ITALIA CENTRALE

D. DI FILIPPO - L. MARCELLI

Richiami. — Il terremoto del 5 settembre 1950 è stato già da noi fatto oggetto di studio (¹2): il suo epicentro, la sua profondità ipocentrale ed il tempo origine risultarono essere i seguenti:

$$\begin{aligned}\varphi &= 42^{\circ} 30',8 \pm 2',0 \text{ N} \\ \lambda &= 13^{\circ} 19',6 \pm 5',4 \text{ E} \\ h &= 5 \text{ km} \\ H &= 04^{\text{h}} 08^{\text{m}} 57^{\text{s}},5 \pm 0^{\text{s}},5\end{aligned}$$

L'energia sviluppata dalla scossa ($E \sim 10^{21}$ erg) e la posizione particolarmente adatta dell'epicentro, ci hanno permesso di rilevare in maniera netta ed in gran numero di stazioni i tempi di tragitto di molti tipi d'onda, sicché ne abbiamo calcolate le dromocrone e di queste poi ci siamo serviti per ottenere le relative tabelle valedoli per l'Italia Centrale.

Spoglio delle registrazioni. — Nella Tabella I sono riportati i risultati dello spoglio delle registrazioni.

Dromocrone. — Delle onde Pn , Pg , P^* , Sn , Sg , trattate particolarmente nei lavori già accennati, riportiamo qui le equazioni delle cinque dromocrone calcolate precedentemente, e riferite al tempo origine del terremoto:

$$\begin{aligned}\text{onde } Pn & \left\{ \begin{aligned} t &= (0,1220 \pm 0,0006) \Delta + (12^{\text{s}},89 \pm 0^{\text{s}},48) \text{ oppure} \\ t &= \frac{\Delta}{8,19 \pm 0,04} + 12^{\text{s}},89 \pm 0^{\text{s}},48 \end{aligned} \right. \\ \text{onde } Pg & \left\{ \begin{aligned} t &= (0,1831 \pm 0,0018) \Delta + (0^{\text{s}},2 \pm 0^{\text{s}},7) \\ t &= \frac{\Delta}{5,46 \pm 0,05} + (0^{\text{s}},2 \pm 0^{\text{s}},7) \end{aligned} \right. \\ \text{onde } P^* & \left\{ \begin{aligned} t &= (0,1567 \pm 0,0012) \Delta + (4^{\text{s}},47 \pm 0^{\text{s}},66) \\ t &= \frac{\Delta}{6,38 \pm 0,05} + (4^{\text{s}},47 \pm 0^{\text{s}},66) \end{aligned} \right.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{onde } S_n & \begin{cases} t = (0,2278 \pm 0,0011)\Delta + (12^s,55 \pm 0^s,84) \\ t = \frac{\Delta}{4,39 \pm 0,02} + (12^s,55 \pm 0^s,84) \end{cases} \\ \text{onde } S_g & \begin{cases} t = (0,3322 \pm 0,0022)\Delta - (1^s,1 \pm 0^s,8) \\ t = \frac{\Delta}{3,01 \pm 0,02} - (1^s,1 \pm 0^s,8) \end{cases} \end{aligned}$$

a) *Onde* Px_1 e Px_2 . — Conrad aveva già notato, nello spoglio di alcuni sismogrammi, subito dopo le P_n un tipo di onda rifratta che chiamò P_x . Successivamente Caloi, nello studio sul terremoto del Consiglio (³), mise in evidenza l'esistenza di due tipi di queste onde e le chiamò Px_1 e Px_2 .

Sulla loro natura egli fece le seguenti considerazioni: supposto l'ipocentro nello strato del granito, la Px_1 parte da esso come onda trasversale finché, incontrando la superficie di discontinuità tra il granito e il basalto, si trasforma in onda longitudinale e conserva questo carattere fino all'arrivo. Invece la Px_2 , pur partendo come onda

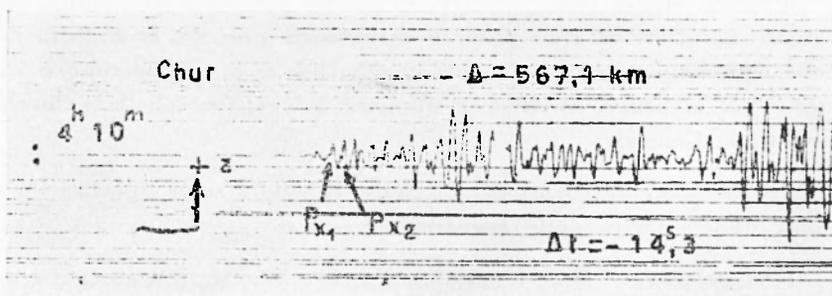


Fig. 1

trasversale, e come tale percorrendo anche lo strato del basalto, in corrispondenza della superficie di Mohorovičić si trasforma in onda longitudinale mantenendosi così per tutto il tragitto rimanente.

Nel nostro terremoto la fase Px_1 si è potuta individuare bene in dieci stazioni: Padova, Trieste, Taranto, Chur, Zürich, Wienn, Neuchâtel, Bâsel, Stuttgart, Jena. Particolarmente chiara a Neuchâtel dove compare con un netto impeto.

La dromocrona calcolata per questo tipo d'onda è stata la seguente (riferita al tempo origine del terremoto):

$$t = (0,1278 \pm 0,0009)\Delta + (12^s,09 \pm 0^s,15) \quad [1]$$

cioè

$$t = \frac{\Delta}{7,83 \pm 0,06} + (12^s,09 \pm 0^s,15) \quad [1']$$

Gli scarti tra i tempi calcolati e quelli osservati compaiono nella Tabella II. La somma dei quadrati degli scarti è risultata

$$[vv] = 5,5336 \text{ concidente con } [11.2] = 5,5336$$

Particolarmente evidenti e numerosi sono risultati gli impulsi dell'onda P_x , ed in questo siamo stati aiutati dal fatto che, data la posizione dell'epicentro, abbiamo potuto disporre di un forte numero

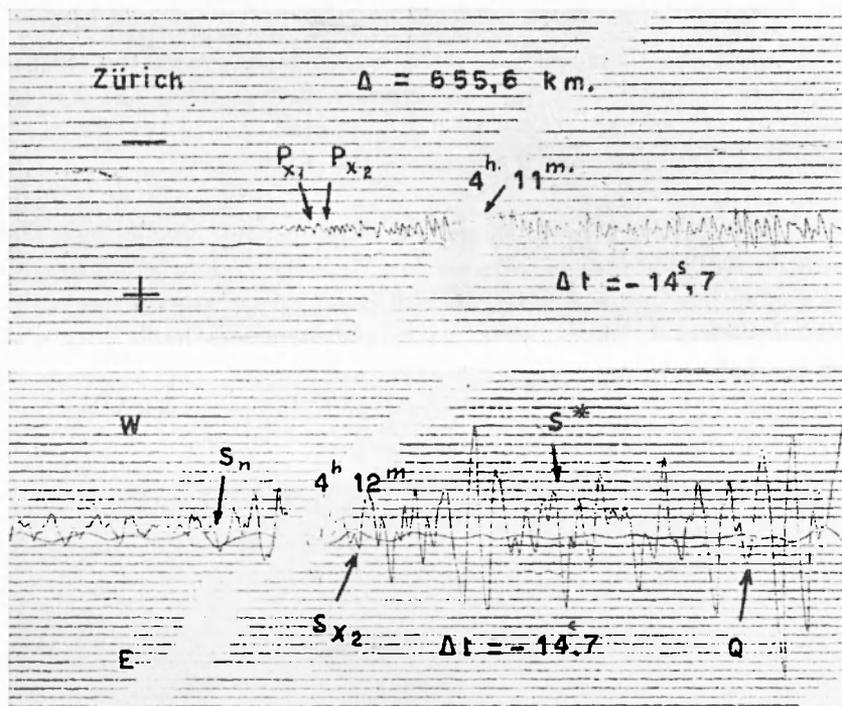


Fig. 2

di ottime stazioni situate a distanze tali da non permettere confusione di quest'onda con le P_{x1} , sì da confermare pienamente le considerazioni di Caloi sulla natura di queste due fasi. Chiarissimi esempi di onde P_x si sono avuti infatti in parecchie stazioni: belli in modo particolare gli impulsi con cui tali onde sono giunte a Chur, Zürich (v. figg. 1, 2), Neuchâtel, Bâsel.

La dromocrona, calcolata con quattordici stazioni (v. Tabella I) è (sempre riferita ad $H = 04^h 08^m 57^s,5$)

$$t = (0,1314 \pm 0,0013)\Delta + (15^s,07 \pm 0^s,91) \quad [2]$$

oppure

$$t = \frac{\Delta}{7,61 \pm 0,07} + (15^s,07 \pm 0^s,91) \quad [2']$$

Anche qui gli scarti sono piuttosto piccoli (v. Tabella II) e la somma dei loro quadrati coincide quasi con [11.2]: infatti

$$[vv] = 7,8602 \quad [11.2] = 7,8605$$

I valori che Caloi nel terremoto del Cansiglio aveva trovato per le velocità di questi 2 tipi di onde erano rispettivamente 7,86 km/sec per le Px_1 e 7,66 km/sec per le Px_2 , e Conrad, per le sue Px aveva trovato 7,87 km/sec (per il terremoto del Schwadorf).

b) *Onde Ri Pg.* — Si intendono con tale nome quelle onde che partendo dall'ipocentro percorrono lo strato del granito e del basalto come onde longitudinali e restano tali dopo essersi riflesse una volta sulla superficie di Mohorovičić. La loro dromocrona ha la forma di una iperbole

$$t^2 = y\Delta^2 + x$$

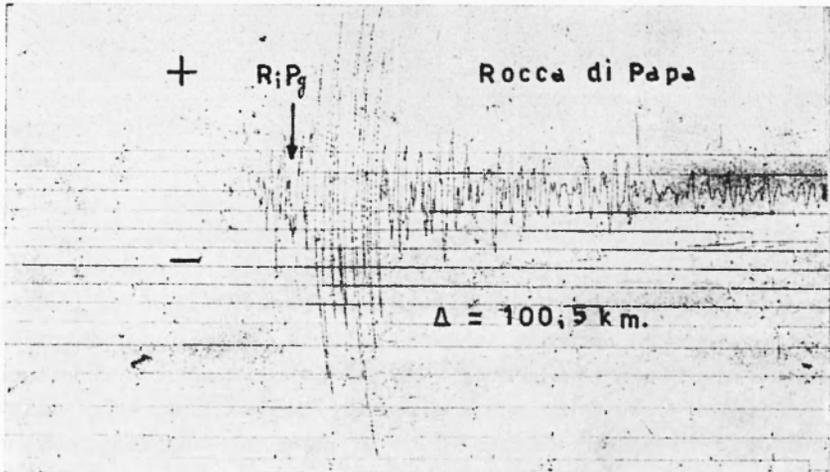


Fig. 3

TABELLA I — Tempi d'arrivo delle varie onde a partire dalle 04^h 09^m 00^s

Stazione	Δ km	Pn	Px ₁	Px ₂	P*	Pg	RiPg	Sn	Sx ₂	S*	Sg	Q	M
1. Roma	95,3					0 ^m 14 ^s ,6	0 ^m 26 ^s ,0				0 ^m 28 ^s ,0		
2. Rocca di Papa	100,5					16,1	27,3						1 ^m 33 ^s ,4
3. Poggio al Vento	186,8					—	—						57,0
4. Firenze (Arcetri)	217,3					—	40,7						2 ^m 00,0
5. Foggia	217,2	0 ^m 38 ^s ,0				—	—	1 ^m 02 ^s ,2			1 ^m 10,1		16,7
6. Prato	236,4	—				38,6	—	—			25,1		—
7. Bologna	272,1	45,3				—	44,0	—			47,6		—
8. Venezia	333,7	—				47,1	50,4	13,1	1 ^m 31 ^s ,0	1 ^m 19 ^s ,2	—		33,8
9. Padova	341,3	51,1	0 ^m 54 ^s ,7		0 ^m 55 ^s ,7	58,2	—	28,5	31,5	38,5	47,6		58,0
10. Trieste	349,4	52,0	54,0		56,4	1 ^m 00,7	1 ^m 02,5	29,5	33,8	40,0	50,0		3 ^m 14,7
11. Taranto	397,7	59,0	59,9	1 ^m 04 ^s ,0	1 ^m 04,7	02,0	—	40,8	48,0	56,0	2 ^m 08,6		36,5
12. Piacenza	406,3	—		06,5	—	10,0	12,3	41,2	—	56,8	—		50,0
13. Pavia	445,7	1 ^m 05,8	—	—	11,4	—	—	51,5	—	2 ^m 08,3	24,0		—
14. Messina	515,4	13,6	—	21,0	22,7	20,1	—	2 ^m 09,1	2 ^m 15,2	26,0	48,7		—
15. Chur	567,1	19,9	1 ^m 21,7	25,9	31,2	31,2	—	20,1	28,9	41,7	3 ^m 04,5		—
16. Beograd	627,4	27,2	—	36,5	41,1	41,7	—	33,4	45,0	—	—		—
17. Zürich	655,6	28,4	33,3	39,1	43,9	38,9	—	38,9	51,3	3 ^m 07,8	—		—
18. Wienn	679,6	32,8	35,0	41,7	47,7	43,8	—	43,8	57,4	14,2	—		—
19. Neuchâtel	706,9	36,0	40,0	45,3	—	49,3	—	49,3	3 ^m 04,1	19,5	—		—
20. Budapest	712,7	—	—	—	—	—	—	—	—	23,0	—		—
21. Basel	717,4	37,8	41,3	45,6	54,5	—	—	51,3	05,8	23,0	45,5		—
22. Stuttgart	765,5	43,7	47,6	53,4	2 ^m 02,4	—	—	3 ^m 02,0	18,0	23,3	45,3		—
23. Praha	814,0	—	—	2 ^m 04,3	—	—	—	22,4	—	37,3	56,0		—
24. Jena	945,0	2	05,2	17,0	—	—	—	42,8	4 ^m 00,7	56,0	4 ^m 21,0		—
25. Göttingen	1035,1	16,4	2 ^m 11,2	28,1	—	—	—	4 ^m 04,1	24,1	49,7	57,0		—
26. Tortosa	1080,5	—	—	—	—	—	—	18,5	—	—	5 ^m 23,1		—
27. De Bilt	1227,8	—	—	—	—	—	—	51,0	—	—	37,5		—
28. Kew Observ	1430,4	3 ^m 06,0	—	—	—	—	—	—	—	—	6 ^m 25,0		—
29. Kobenhavn	1464,6	09,0	—	—	—	—	—	—	—	—	7 ^m 50,0		—
30. Lisbona	1935,9	—	—	—	—	—	—	5 ^m 46,0	—	—	10 ^m 16,0		—
31. Uppsala	1949,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,3		—

Tali onde sono risultate ben visibili in almeno sette stazioni, entro un raggio di circa 400 km, talché se ne è potuta calcolare la dromocrona

$$t^2 = (0,0305 \pm 0,0007)\Delta' + (425,8981 \pm 61,1066) \quad [3]$$

Gli scarti (v. Tabella II) non sono eccessivi: l'unico un po' forte è quello di Rocca di Papa: d'altronde l'impeto con cui arriva l'onda in questa stazione è bello ed inequivocabile (v. fig. 3).

La dromocrona delle *RiPg* tende asintoticamente a quella delle *Pg* come risulta chiaramente dalla fig. 4 nella quale sono disegnati i grafici di tutte le dromocrone calcolate nello studio di questo terremoto.

c) *Onde S**. — Numerosi e abbastanza chiari gli esempi delle onde trasversali *S** che, come è noto, sono le analoghe delle *P**, cioè onde trasversali rifratte in corrispondenza dello strato del basalto.

L'equazione più probabile della dromocrona calcolata con 17 stazioni è riferita come tutte le altre al tempo origine del terremoto:

$$t = (0,2756 + 0,0014)\Delta + (7^s,59 \pm 0^s,91) \quad [4]$$

oppure

$$t = \frac{\Delta}{3,63 \pm 0,02} + (7^s,59 \pm 0^s,91) \quad [4']$$

Gli scarti sono riportati come al solito nella Tabella II. Come vuole la teoria degli errori si ha che

$$[11.2] = 23,6225 \quad [vv] = 23,6225$$

La velocità trovata per le *S** di 3,63 km/sec., è molto vicina a quella trovata da Caloi per la zona del Cansiglio (3,64 km/sec.): valori trovati da altri autori, per altre zone sono i seguenti:

Conrad: per la zona di Schwadorf 3,57 km/sec.

Gräfe: per la zona del Tirolo 3,6 km/sec. e

Caloi: per la zona delle Prealpi Carniche 3,5 km/sec.

d) *Onde Q ed M*. — Le onde trasversali tangenziali superficiali indicate con *Q* sono comparse nettamente in 16 stazioni. La dromocrona calcolata è la seguente:

$$t = (0,3207 \pm 0,0015)\Delta - (5^s,17 \pm 1^s,70) \quad [5]$$

ossia

$$t = \frac{\Delta}{3,12 \pm 0,01} - (5^s,17 \pm 1^s,70) \quad [5']$$

TABELLA II — Scarti. (tempi ecc. — tempi oss.)

Stazioni	P _{X1}	P _{X2}	RiPg	S _{X1}	S*	Q	M
Roma			-1,38		+0,89		-0,57
Rocca di Papa			-2,04	+0,00			
Poggie al Vento				+1,37	+0,66		-0,19
Firenze (Arcetri)			+1,39	+1,07	+1,41		-0,37
Foggia				-1,16	-1,27		-0,23
Prato			+1,13		+0,29		
Bologna			+0,18		-0,35		-0,02
Venezia				+0,75	+1,16		-0,56
Padova			-0,17	-0,18	-0,30		+0,71
Trieste		+0,85		+1,35		+5,55	-0,07
Taranto	+0,52	-0,52	-0,46	-0,69		-2,03	-3,78
Piacenza				-0,84		-1,41	
Fava				-0,78	-2,01	-0,05	
Messin		-0,08			+1,78	-4,59	-2,49
Clair	+0,36	+1,21		+0,11	+0,45	+1,12	+1,12
Leograd		-1,46		-0,21	-0,47	-2,90	+2,55
Zirich	+0,07	-0,56			-1,29	+1,81	+4,58
Wiem	+1,11	+0,20		-0,21	+1,72	+1,99	+3,31
Neuchâtel	-0,07	+0,19			+1,57	-1,60	+2,99
Budapest				+1,51	+0,71	+1,19	
Biel	-0,03	+1,27		+0,40		+1,36	+0,60
Stuttgart	-0,19	-0,22			+1,08	+1,08	-3,59
Praga		-0,79			+1,06	+1,06	+3,96
Jena	-0,84	-0,21			+0,23	+0,23	+1,87
Göttingen					-2,84	-2,84	-4,06
Tortosa					+1,15	+1,15	
De Bilt							
Kew Observ.							
København							
Lisbona							
Uppsala							

con

$$[11.2] = 91,3103 \quad [vv] = 91,3062$$

La velocità di 3,12 km/sec. è in buon accordo con quella trovata da altri ricercatori, secondo cui i valori più frequenti calcolati oscillano tra 3,1 e 3,2 km/sec.

Per calcolare la dromocrona delle onde M ci siamo valsi dei dati di 20 stazioni: l'equazione è risultata la seguente, nelle due solite forme:

$$t = (0,3481 \pm 0,0014) \Delta + (0^s,51 \pm 1^s,23) \quad [6]$$

$$t = \frac{\Delta}{2,87 \pm 0,01} + (0^s,51 \pm 1^s,23) \quad [6']$$

con

$$[11.2] = 120,155 \quad e \quad [vv] = 120,154$$

e) *Onde* Sx_2 . — Durante lo spoglio delle registrazioni, in molti sismogrammi abbiamo notato, subito dopo le S_n , l'esistenza di una fase molto bella, a periodo piuttosto lungo. Abbiamo voluto studiarla, giacché in tutte le 14 stazioni in cui è stata notata, compare con un netto impeto. I tempi d'arrivo (v. Tabella I) si allineano a meraviglia lungo una retta la cui equazione, calcolata col solito metodo dei minimi quadrati è risultata la seguente:

$$t = (0,2474 \pm 0,0012) \Delta + (10^s,95 \pm 0^s,80) \quad [7]$$

$$t = \frac{\Delta}{4,04 \pm 0,02} + (10^s,95 \pm 0^s,80) \quad [7']$$

con

$$[11.2] = 11,0571 \quad e \quad [vv] = 11,0570$$

Dalla Tabella II si vede come gli scarti siano tutti piuttosto piccoli.

Circa la natura di quest'onda avevamo pensato in un primo tempo che potesse identificarsi con la α di Conrad (⁴), cioè con quell'onda che, secondo questo autore, sarebbe una doppia riflessione della S_g sulla superficie di Mohorovič. Però la velocità da noi trovata (4,04 km/sec.) differisce da quella di Conrad (3,81 km/sec.).

Anche Caloi, nei suoi studi sulle scosse del Cansiglio, delle Prealpi Carniche e dell'Appennino Tosco-Romagnolo, trova questo tipo di onda di cui rileva il lungo periodo rispetto alle fasi vicine, e nell'ultimo terremoto ne calcola la velocità che risulta di 4,01 km/sec.: ed anche lui la chiama α .

In un lavoro di prossima pubblicazione condotto parallelamente

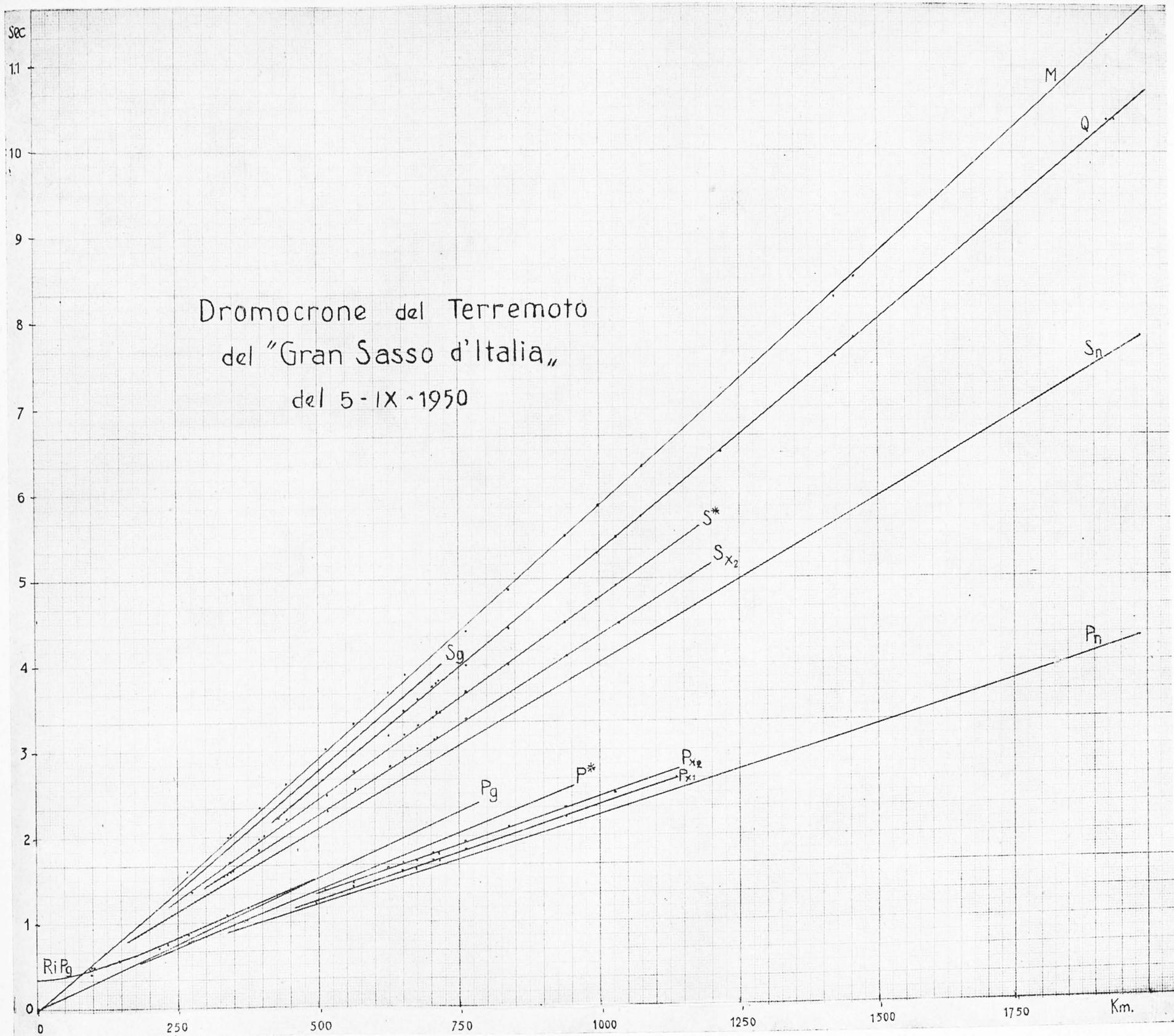


Fig. 4

a questo abbiamo calcolato con vari metodi gli spessori degli strati del granito e del basalto in corrispondenza dell'Italia Centrale e tenendo conto delle velocità nei vari strati, considerando i tragitti delle onde, abbiamo fatto tutte le possibili combinazioni di rifrazioni e riflessioni.

Abbiamo così dovuto escludere l'ipotesi che l'onda in esame fosse la α di Conrad e abbiamo trovato invece che gli scarti minimi fra i tempi di tragitto e quelli calcolati si hanno partendo dalle seguenti ipotesi: l'onda parte dall'ipocentro come longitudinale, si rifrange passando nello strato del basalto e percorre tutto il tragitto mantenendosi ancora longitudinale; giunta alla superficie di Mohorovičić si rifrange cambiando natura e percorre il rimanente tragitto come onda trasversale.

Abbiamo quindi chiamato Sx_2 l'onda in questione giacché dalle considerazioni esposte riteniamo lecito trattarsi dell'analogha delle Px_2 .

Tabelle di interpretazione. — Data la posizione dell'epicentro e l'importanza della zona sismica in cui esso si trova, abbiamo ritenuto utile, ai fini di una interpretazione abbastanza completa, tabellare i risultati ottenuti. Tali tabelle servono a completare le analoghe di Caloi e Rosini (⁵), pure vevoli per l'Italia Centrale.

Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — Luglio 1952.

RIASSUNTO

Si riassumono i risultati conseguiti nello studio del terremoto del 5 settembre 1950. Si espongono i calcoli delle dromocrone delle Px_1 , Px_2 , $RiPg$, S^ , Q , M . Si discute sulla natura di un tipo d'onda Sx_2 (risultata analoga della Px_2) a periodo piuttosto lungo, il cui tempo d'arrivo segue a breve distanza quello delle Sn .*

A fine lavoro sono riportate le tabelle calcolate per l'interpretazione dei terremoti a origine vicina, vevoli per l'Italia Centrale.

SUMMARY

A summarizing of the results obtained in the study of the earthquake of September 5, 1950. The calculation of the travel-times curve of the P_{x_1} , P_{x_2} , RiP_g , $S^{\bar{}}$, Q and M is demonstrated. The nature of a type of wave S_{x_2} (analogous to P_{x_2}) with a rather long period, arriving shortly after S_n , is discussed.

The last section is devoted to calculation tables for the interpretation of earthquakes of nearly origin, and these tables are valid for Central Italy.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DI FILIPPO D., MARCELLI L., *Uno studio sul terremoto del Gran Sasso d'Italia del 5 settembre 1950*. Annali di Geofisica IV, 2 (1951).
- (2) DI FILIPPO D., MARCELLI L., *Tempi di tragitto delle onde P^3 e spessore dello strato del granito nell'Italia Centrale*. Annali di Geofisica IV, 4 (1951).
- (3) CALOI P., *Ricerche su terremoti ad origine vicina. Scosse del Cansiglio del- l'ottobre 1936*. La Ric. Scient., anno IX, vol. II n. 7-8.
- (4) CONRAD V., *Das Schwadorferz Beben vom 8 Oktober 1927*. Gerlands Beiträge zur Geophysik, 1928, Band XX.
- (5) CALOI P., ROSINI E., *Sui tempi di tragitto delle onde P_g ed S_g nell'Italia Centrale*. La Ric. Scient., anno XI, n. 12.

TABELLE DI INTERPRETAZIONE

Δ in km	Pg-H	Pn-H	Sg-H	Sg-Pg	Sn-H	Sn-Pn	Pg-Pn	Sg-Pn
10	2 ^s ,0		2 ^s ,2	0 ^s ,2				
20	3,9		5,5	1,6				
30	5,7		8,9	3,2				
40	7,5		12,2	4,7				
50	9,3		15,5	6,2				
60	11,2		18,8	7,6				
70	13,0		22,2	9,2				
80	14,8		25,5	10,7				
90	16,7		28,8	12,1				
100	18,5		32,1	13,6				
10	20,3		35,4	15,1				
20	22,2		38,8	16,6				
30	24,0		42,1	18,1				
40	25,8		45,4	19,6				
50	27,6		48,7	21,1				
60	29,5		52,1	22,6				
70	31,3		55,4	24,1				
80	33,1		58,7	25,6				
90	35,0		1 ^m 02,0	27,0				
200	36,8	37 ^s ,3	05,3	28,5	0 ^m 58 ^s ,1	20 ^s ,8		28 ^s ,0
10	38,6	38,5	08,7	30,1	1 00,4	21,9	0 ^s ,1	30,2
20	40,5	39,7	12,0	31,5	02,7	23,0	0,8	32,3
30	42,3	41,0	15,3	33,0	04,9	23,9	1,3	34,3
40	44,1	42,2	18,6	34,5	07,2	25,0	1,9	36,4
50	46,0	43,4	22,0	36,0	09,5	26,1	2,6	38,6
60	47,8	44,6	25,3	37,5	11,8	27,2	3,2	40,7
70	49,6	45,8	28,6	39,0	14,1	28,3	3,8	42,8
80	51,4	47,1	31,9	40,5	16,3	29,2	4,3	44,8
90	53,3	48,3	35,2	41,9	18,6	30,3	5,0	46,9
300	55,1	49,5	38,6	43,5	20,9	31,4	5,6	49,1

Δ in km	Px ₁ -H	Px ₂ -H	P*-H	RiPg-H	Sx ₂ -H	S*-H	Q-H	M-H
10				20 ^s ,7				
20				21,0				
30				21,4				
40				21,9				
50				22,6				
60				23,4				
70				24,4				
80				25,4				
90				26,5				
100				27,7				
10				28,9				
20				30,2				
30				31,6				
40				33,0				
50				34,4				
60				35,8				
70				37,3				
80				38,8				
90				40,3				
200				41,9				1 ^m 10 ^s ,1
10				43,4				13,6
20				45,0				17,1
30				46,8				20,6
40				48,2				24,1
50	44 ^s ,0	47 ^s ,9	43 ^s ,6	49,8	1 ^m 12 ^s ,8	1 ^m 16 ^s ,5		27,5
60	45,3	49,2	45,2	51,4	15,3	19,2		31,0
70	46,6	50,6	46,8	53,0	17,7	22,0		34,5
80	47,9	51,9	48,3	54,7	20,2	24,8		38,0
90	49,2	53,2	49,9	56,3	22,7	27,5		41,5
300	50,4	51,5	51,5	58,0	25,2	30,3		44,9

Δ in km	Pg-H	Pn-H	Sg-H	Sg-Pg	Sn-H	Sn-Pn	Pg-Pn	Sg-Pn
300	55 ^s ,1	49 ^s ,5	1 ^m 38 ^s ,6	43 ^s ,5	1 ^m 20 ^s ,9	31 ^s ,4	5 ^s ,6	49 ^s ,1
10	57,0	50,7	41,9	41,9	23,2	32,5	6,3	51,2
20	58,8	51,9	45,2	46,4	25,4	33,5	6,9	53,3
30	1 ^m 00,6	53,2	48,5	47,9	27,7	34,5	7,4	55,3
40	02,5	54,4	51,8	49,3	30,0	35,6	8,1	57,4
50	04,3	55,6	55,2	50,9	32,3	36,7	8,7	59,6
60	06,1	56,8	58,5	52,4	34,6	37,8	9,3	1 ^m 01,7
70	07,9	58,0	2 01,8	53,9	36,8	38,8	9,9	03,8
80	09,8	59,3	05,1	55,3	39,1	39,8	10,5	05,8
90	11,6	1 ^m 00,5	08,5	56,9	41,4	40,9	11,1	08,0
400	13,4	01,7	11,8	58,4	43,7	42,0	11,7	10,1
10	15,3	02,9	15,1	59,8	45,9	43,0	12,4	12,2
20	17,1	04,1	18,4	1 ^m 01,3	48,2	44,1	13,0	14,3
30	18,9	05,4	21,7	02,8	50,5	45,1	13,5	16,3
40	20,8	06,6	25,1	04,3	52,8	46,2	14,2	18,5
50	22,6	07,8	28,4	05,8	55,1	47,3	14,8	20,6
60	24,4	09,0	31,7	07,3	57,3	48,3	15,4	22,7
70	26,3	10,2	35,0	08,7	59,6	49,4	16,1	24,3
80	28,1	11,5	38,4	10,3	2 01,9	50,4	16,6	26,9
90	29,9	12,7	41,7	11,8	04,2	51,5	17,2	29,0
500	31,7	13,9	45,0	13,3	06,5	52,6	17,8	31,1
10	33,6	15,1	48,3	14,7	08,7	53,6	18,5	33,2
20	35,4	16,3	51,6	16,2	11,0	54,7	19,1	35,3
30	37,2	17,5	55,0	17,8	13,3	55,8	19,7	37,5
40	39,1	18,8	58,3	19,2	15,6	56,8	20,3	39,5
50	40,9	20,0	3 01,6	20,7	17,8	57,8	20,9	41,6
60	42,7	21,2	04,9	22,2	20,1	58,9	21,5	43,7
70	44,6	22,4	08,3	23,7	22,4	1 ^m 00,0	22,2	45,9
80	46,4	23,6	11,6	25,2	24,7	01,1	22,8	48,0
90	48,2	24,9	14,9	26,7	27,0	02,1	23,3	50,0
600	50,1	26,1	18,2	28,1	29,2	03,1	24,0	52,1

Δ in km	P _{X₁} -H	P _{X₂} -H	P*-H	RiP _g -H	S _{X₂} -H	S*-H	Q-H	M-H
300	50 ^s ,4	54 ^s ,5	51 ^s ,5	58 ^s ,0	1 ^m 25 ^s ,2	1 ^m 30 ^s ,3		1 ^m 44 ^s ,9
10	51,7	55,8	53,0	59,6	27,0	33,0		48,4
20	53,0	57,1	54,6	1 ^m 01 ^s ,3	30,1	35,8		51,9
30	54,3	58,4	56,2	03,0	32,6	38,5		55,4
40	55,5	59,8	57,7	04,6	35,1	41,3		58,9
50	56,8	1 ^m 01,1	59,3	06,3	37,5	44,1		2 02,3
60	58,1	02,4	1 ^m 00,9	08,0	40,0	46,8		05,8
70	59,4	03,7	2,4	09,7	42,5	49,6		09,3
80	1 ^m 00 ^s ,7	05,0	4,0	11,3	45,0	52,3		12,8
90	01,9	06,3	5,6	13,0	47,4	55,1		16,3
400	03,2	07,6	7,1	14,7	49,9	57,8	2 ^m 03 ^s ,1	19,8
10	04,5	09,0	8,7	16,4	52,4	2 00,6	06,3	23,2
20	05,8	10,3	10,3	18,1	54,9	03,3	09,5	26,7
30	07,0	11,6	11,9	19,8	57,3	06,1	12,7	30,2
40	08,3	12,9	13,4	21,5	59,8	08,9	15,9	33,7
50	09,6	14,2	15,0	23,2	2 02,3	11,6	19,2	37,2
60	10,9	15,5	16,6	24,9	04,8	14,4	22,4	40,6
70	12,2	16,8	18,1	26,6	07,2	17,1	25,6	44,1
80	13,4	18,2	19,7	28,3	09,7	19,9	28,8	47,6
90	14,7	19,5	21,3	30,0	12,2	22,6	32,0	51,1
500	16,0	20,8	22,8	31,7	14,7	25,4	35,2	54,6
10	17,3	22,1	24,4	—	17,1	28,1	38,4	58,0
20	18,5	23,4	26,0	—	19,6	30,9	41,6	3 01,5
30	19,8	24,7	27,5	—	22,1	33,7	44,8	05,0
40	21,1	26,0	29,1	—	24,5	36,4	48,0	08,5
50	22,4	27,4	30,7	—	27,0	39,2	51,2	12,0
60	23,7	28,7	32,2	—	29,5	41,9	54,4	15,4
70	24,9	30,0	33,8	—	32,0	44,7	57,6	18,9
80	26,2	31,3	34,4	—	34,4	47,4	3 00,8	22,4
90	27,5	32,6	36,9	—	36,9	50,2	04,0	25,9
600	28,8	33,9	38,5	—	39,4	53,0	07,3	29,4

A	P*-H	Sx-H	S*-H	Q-H	M-H
600	1 ^m 38 ^s ,5	2 ^m 39 ^s ,4	2 ^m 53 ^s ,0	3 ^m 07,3	3 ^m 29 ^s ,4
20	41,6	44,3	58,5	13,7	36,3
40	44,8	49,3	3 04,0	20,1	43,3
60	47,9	54,2	09,5	26,5	50,3
80	51,0	59,2	15,0	32,9	57,2
700	54,2	3 04,1	20,5	39,3	4 04,2
20	57,3	09,1	26,0	45,7	11,1
40	2 00,4	14,0	31,5	52,1	18,1
60	03,6	19,0	37,0	58,6	25,1
80	06,7	23,9	42,6	4 05,0	32,0
800	09,8	28,9	48,1	11,4	39,0
20	13,0	33,8	53,6	17,8	46,0
40	16,1	38,8	59,1	24,2	52,9
60	19,2	43,7	4 04,6	30,6	59,9
80	22,4	48,7	10,1	37,0	5 06,8
900	25,5	53,6	15,6	43,5	13,8
20	28,6	58,6	21,1	49,9	20,8
40	31,8	4 03,5	26,7	56,3	27,7
60	34,9	08,5	32,2	5 02,7	34,7
80	38,0	13,4	37,7	09,1	41,6
1000	41,2	18,4	43,2	15,5	48,6
20	44,3	23,3	48,7	21,9	55,6
40	47,4	28,2	54,2	28,4	6 02,5
60	50,6	33,2	59,7	34,8	09,5
80	53,7	38,1	5 05,2	41,2	16,5
1100	56,8	43,1	10,7	47,6	23,4
20	3 00,0	48,0	16,3	54,0	30,4
40	03,1	53,0	21,8	6 00,4	37,3
60	06,2	57,9	27,3	06,8	44,3
80	09,4	5 02,9	32,8	13,3	51,3
1200	12,5	07,8	38,3	19,7	58,2

Δ in km	Pn-H	Sn-H	Sn-Pn	Px ₁ -H	Px ₂ -H
600	1 ^m 26 ^s ,1	2 ^m 29 ^s ,2	1 ^m 03 ^s ,1	1 ^m 28 ^s ,8	1 ^m 33 ^s ,9
20	28,5	33,8	05,3	31,3	36,6
40	31,0	38,3	07,3	33,9	39,2
60	33,4	42,9	09,5	36,4	41,8
80	35,9	47,5	11,6	39,0	44,4
700	38,3	52,0	13,7	41,6	47,1
20	40,7	56,6	15,9	44,1	49,7
40	43,2	3 01,1	17,9	46,7	52,3
60	45,6	05,7	20,1	49,2	55,0
80	48,1	10,2	22,1	51,8	57,6
800	50,5	14,8	24,3	54,3	2 00,2
20	52,9	19,3	26,4	56,9	02,9
40	55,4	23,9	28,5	59,4	05,5
60	57,8	28,5	30,7	2 02,0	08,1
80	2 00,3	33,0	32,7	04,6	10,7
900	02,7	37,6	34,9	07,1	13,4
20	05,1	42,1	37,0	09,7	16,0
40	07,6	46,7	39,1	12,2	18,6
60	10,0	51,2	41,2	14,8	21,3
80	12,5	55,8	43,3	17,3	23,9
1000	14,9	4 00,4	45,5	19,9	26,5
20	17,3	04,9	47,6	22,4	29,1
40	19,8	09,5	49,7	25,0	31,7
60	22,2	14,0	51,8	27,6	34,4
80	24,7	18,6	53,9	30,1	37,0
1100	27,1	23,1	56,0	32,7	39,6
20	29,5	27,7	58,2	35,2	42,2
40	32,0	32,2	2 00,2	37,8	44,9
60	34,4	36,8	02,4	40,3	47,5
80	36,8	41,4	04,6	42,9	50,1
1200	39,3	45,9	06,6	45,5	52,8

Δ in km	Pn-H	Sn-H	Sn-Pn	Q-H	M-H
1200	2 ^m 39 ^s ,3	4 ^m 45 ^s ,9	2 ^m 06 ^s ,6	6 ^m 19 ^s ,7	6 ^m 58 ^s ,2
20	41,7	50,5	08,8	26,1	7 05,2
40	44,2	55,0	10,8	32,5	12,2
60	46,6	59,6	13,0	38,9	19,1
80	49,1	5 04,1	15,0	45,3	26,1
1300	51,5	08,7	17,2	51,7	33,0
20	53,9	13,2	19,3	58,2	40,0
40	56,4	17,8	21,4	7 04,6	47,0
60	58,8	22,4	23,6	11,0	53,9
80	3 01,3	26,9	25,6	17,4	8 00,9
1400	03,7	31,5	27,8	23,8	07,9
20	06,1	36,0	29,9	30,2	14,8
40	08,6	40,6	32,0	36,6	21,8
60	11,0	45,1	34,1	43,1	28,7
80	13,5	49,7	36,2	49,5	35,7
1500	15,9	54,3	38,4	55,9	42,7
20	18,3	58,8	40,5	8 02,3	49,6
40	20,8	6 03,4	42,6	08,7	56,6
60	23,2	07,9	44,7	15,1	9 03,5
80	25,6	12,5	46,9	21,5	10,5
1600	28,1	17,0	48,9	28,0	17,5
20	30,5	21,6	51,1	34,4	24,4
40	33,0	26,1	53,1	40,8	31,4
60	35,4	30,7	55,3	47,2	38,4
80	37,9	35,3	57,4	53,6	45,3
1700	40,3	39,8	59,5	9 00,0	52,3
20	42,7	44,4	3 01,7	06,4	59,2
40	45,2	48,9	03,7	12,8	10 06,2
60	47,6	53,5	05,9	19,3	13,2
80	50,1	58,0	07,9	25,7	20,1
1800	52,5	7 02,6	10,1	32,1	27,1
20	54,9	07,1	12,2	38,5	34,1
40	57,4	11,7	14,3	44,9	41,0
60	59,8	16,3	16,5	51,3	48,0
80	4 02,3	20,8	18,5	57,7	54,9
1900	04,7	25,4	20,7	10 04,2	11 01,9
20	07,1	29,9	22,8	10,6	08,9
40	09,6	34,5	24,9	17,0	15,8
60	12,0	39,0	27,0	23,4	22,8
80	14,5	43,6	29,1	29,8	29,7
2000	16,9	48,2	31,3	36,2	36,7