

PULSAZIONI DELLA PRESSIONE ATMOSFERICA A PERIODO BREVISSIMO

FRANCESCO SAVERIO ZANON

Lo scritto presente intende completare un'altra mia pubblicazione ⁽¹⁾ che mancava delle riproduzioni dei microbarogrammi che avrebbero dovuto illustrarla. Si trattava in quella « nota preventiva » delle registrazioni che io ottengo nell'Osservatorio Geofisico del Seminario Patriareale di Venezia dal *Microbarografo Alfani* (fig. 1 e 2), sul quale scrisse pure Silvio Polli ⁽²⁾ in « Annali di Geofisica ». Di tali registrazioni avevo studiate quelle dei giorni 22-26 luglio 1939, giorni di frequenti vicissitudini temporalesche nel Veneto, con la particolarità di una tromba marina passata a poca distanza dal mio strumento, dando una importante, caratteristica registrazione.

Non ripeto qui la descrizione del « microbarografo Alfani » che fu data già in tre periodici diversi ⁽¹⁻³⁾; soltanto aggiungo alla descrizione mia ⁽¹⁾ qualche annotazione. Prima di tutto, che lo strumento Alfani installato a Trieste nel 1936 era uno dei primi modelli e quindi non mi fa meraviglia che avesse qualche imperfezione nella cellula di Marey, per la quale Polli studiò ⁽²⁾ un altro sistema monometrico a liquido. Ma lo strumento mio, che fu l'ultimo costruito dall'Alfani, non presenta gli inconvenienti sopra accennati.

D'altra parte, il lungo e sempre uguale funzionamento dell'apparecchio con sensibilità ottima e registrazioni sempre comparabili e perfettamente analoghe a quelle ottenute a Trieste con la capsula a liquido ⁽²⁾ mi conferma nella bontà del sistema di Marey.

Il Polli misurò anche la sensibilità dell'apparecchio di Trieste mediante confronto con un barografo a Mercurio, e trovò che una variazione di pressione misurata da 1/1000 di mm di mercurio corrisponde nel diagramma Alfani ad uno spostamento di mm 0,25. Il confronto fra i diagrammi pubblicati dal Polli ⁽²⁾ e i diagrammi miei mi fa pensare che l'ingrandimento dello strumento mio sia all'incirca uguale a quello di Trieste. Quando mi sarà possibile ritornerò sull'argomento.

Quanto alla comunicazione del mio strumento con la libera atmosfera, dopo di aver detto che esso, racchiuso in un'ampia vetrina, si trova in una saletta di cui porte e finestre rimangono sempre chiuse (l'aria si cambia abbondantemente attraverso due scale che comunicano con gli altri locali dell'Osservatorio), qui aggiungo che la parte posteriore della vetrina comunica con l'esterno mediante un grosso tubo di cemento curvato ad angolo retto lungo più di mezzo metro e del diametro di 8 cm. Questo tubo attraverso il muro della sala e poi all'esterno si piega in giù, in modo che né pioggia né neve possono penetrare nella vetrina. È lo stesso vento eventualmente è smorzato da una certa quantità di lana di legno che riempie il tubo, dinanzi alla bocca interna del quale è collocato un quadro che la maschera. La comunicazione con l'esterno è quindi assai abbondante, ma resta affatto innocua rispetto a soffi di vento che perturberebbero le registrazioni.

Il tamburo che compie un giro in un'ora ha la circonferenza di 60 centimetri, sicché la velocità è di un centimetro al minuto primo: con ciò si distinguono nettamente anche vibrazioni di un secondo di periodo, aiutandosi con una lente. Volendo, l'apparecchio è dotato di un altro tamburo della circonferenza di un metro. Io preferisco quello di 60 centimetri.

Studio delle registrazioni. — Dieci anni di familiarità con l'uso dello strumento di recente invenzione, mi persuadono a semplificare la descrizione con l'uso di una facile nomenclatura di ciò che nei diagrammi si osserva. Il mio scopo, per ora, è di studiare i *periodi* delle variazioni della pressione atmosferica misurate dallo strumento: variazioni che si presentano in forma di ondulazioni. Ondulazioni di diverso *periodo* e di diversa *ampiezza*.

La struttura del microbarografo Alfani non permette la registrazione di onde atmosferiche aventi periodo maggiore di un'ora. Tali onde, messe in evidenza dai barografi, per la loro lentezza permettono lo sfogo della pressione aerea attraverso la stretta apertura del tubo equilibrante, applicato al grande recipiente che contiene la massa d'aria inerte.

Analizzai le registrazioni, come scrissi (¹), su quattro zone assai accidentate, misurando ad una ad una tutte le onde, anche le più minute e rilevandone il *periodo* e l'*ampiezza*.

Io distinguo nei diagrammi *onde principali ed onde inscritte*. Se il periodo è abbastanza lungo e nel nostro ambiente non c'è vento, o

appena soltanto brezza leggera, sulla zona appaiono ondulazioni larghe e nitide: sono queste che chiamo *onde principali*.

Le onde principali che non presentano dentellature di altre variazioni in esse descritte, le chiamo *onde liscie*. Esse indicano che non esiste vento locale (o al più, come sopra dicemmo, brezza assai leggera): però sulla regione incombe il regime atmosferico di cui dopo diremo.

Ma, più o meno presto, la linea di un'onda principale si vede frastagliata da ondulazioni di periodo più breve e di ampiezza ora maggiore, ora minore. Chiamo queste frastagliature col nome di *onde inscritte*, che subito diremo di *primo ordine*.

Nelle onde inscritte di primo ordine, d'ordinario sono inscritte altre onde di periodo ancora minore, e queste si dicono *onde inscritte di 2° ordine*.

Ancora, nelle onde di 2° ordine, troveremo *onde inscritte di 3° ordine*. Eventualmente si potranno trovare anche onde inscritte di ordine superiore, ma sono rare.

Ora, se, eseguite le misure di periodo e di ampiezza di ciascuna onda, le annotiamo in un registro, a colonne classificate, otteniamo tante tabelle, le quali, unitamente ai diagrammi, esprimono l'andamento del fenomeno fisico che si vuole studiare e ne danno le misure numeriche occorrenti alla ricerca.

Ho detto altrove ⁽¹⁾ che per fissare il significato dei diagrammi e delle relative tabelle, occorre farne il confronto con i diagrammi dati dagli anemografi dell'Osservatorio: anemografi situati a soli m 5,65 al disopra della posizione del microbarografo. Ma occorre anche farne il confronto con le statistiche delle perturbazioni atmosferiche avvenute nella regione in quei giorni, e questo appunto è riportato nella medesima nota preventiva con tutti i dati relativi. Qui non è opportuno ripetere le analisi, già ivi pubblicate, delle zone che stiamo studiando: ma perché le due note si completino a vicenda occorre anche spiegare nella presente il significato delle onde che vi sono contenute.

Incominciamo dalle *onde liscie* della *zona prima* (fig. 1) corrispondente al 22 luglio 1939. Alle ore 14 circa, fino alle 17½ circa troviamo registrate *onde principali lisce* di periodi compresi tra 6 e 16 minuti primi, e con ampiezze varianti da 1 a 4 mm nelle prime due ore, ma salenti fino a mm 13 dalle ore 16 alle ore 17. Sono queste ultime che insegnano l'interpretazione di tutte le nostre registrazioni.

Infatti, stando sulla terrazza dell'Osservatorio in quel giorno, alle

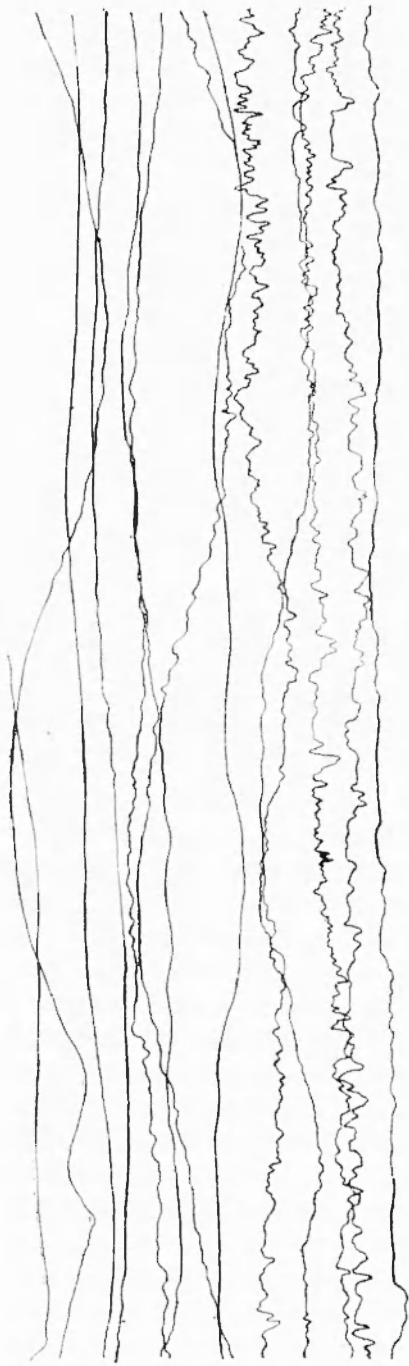


Fig. 1 - Zona prima

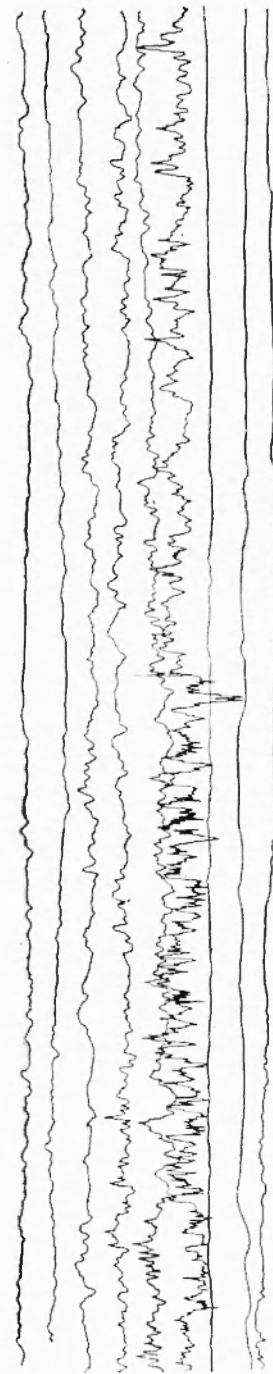


Fig. 2 - Zona seconda

ore 16 osservammo all'orizzonte SW un temporale che non passò sulla nostra città, ma passò su Chioggia, registrato sul Bollettino del Magistrato alle Acque: temporale, dunque, non molto lontano, e cioè a circa una ventina di chilometri. Contemporaneamente al suo svolgimento, il microbarografo registrava sulla prima zona, *onde lisce* dalle ore 16 alle ore 18.

La mia lunga (decennale) esperienza intorno all'analisi quotidiana dei microbarogrammi Alfani — che scriverò d'ora innanzi con l'abbreviazione mbgA — mi insegna, tanto sono numerosi i casi osservati, che la struttura delle registrazioni ad *onde lisce* analoghe a quelle ora dette, corrisponde *sempre* al passaggio a mediocre distanza di un temporale. Tanto costante questa corrispondenza, che ormai per mezzo di essa posso anche prevedere, talora con anticipo di due giorni, l'arrivo a noi del regime temporalesco. Le *onde* sono *lisce* se sulla località del microbarografo l'atmosfera è ancora tranquilla: se è agitata, saranno iscritte *onde* di diversi ordini, come dopo diremo.

Intanto, dunque, dall'uso del mbgA possiamo concludere un primo insegnamento, che esprimeremo così:

LEGGE PRIMA. — *Le onde principali lisce, di periodo medio di 10 minuti primi con ampiezza media di millimetri 5 (ma talora molto maggiore) corrispondono a temporali che stanno sviluppandosi a distanza di parecchi chilometri, mentre nella località dell'Osservatorio l'atmosfera è tranquilla.*

L'esame dello spoglio delle *onde* della *prima zona* ci dimostra un'altra cosa. E cioè, che disponendo in gruppi convenienti i dati di periodo e di ampiezza di tutte, risulta che le *onde* principali appartengono a pulsazioni maggiori che chiameremo *onde lunghe* del periodo medio di minuti primi 50 con massimo di minuti 163 e minimo di minuti 15, nelle quali sono iscritte.

Queste pulsazioni maggiori non appaiono visibili nella zona del mbgA per la ragione sopra esposta, che la struttura dell'apparecchio non lo permette, equilibrandosi nel lungo periodo la pressione della massa d'aria inerte nel serbatoio. Ma sono quasi tutte distinguibili nel diagramma del barografo del giorno 22. Dimostrano la violenta agitazione atmosferica di quei giorni, nei quali però a Venezia non si ebbero che poche gocce di pioggia.

Passiamo a considerare l'energia del vento nelle diverse ore. Esprimeremo qui in breve ciò che nella memoria preliminare è esposto diffusamente. Fino alle ore 19 del giorno 22 il tempo a Venezia

è calmo: l'agitazione temporalesca rappresentata dalle onde lisce sopra vedute è in terraferma. Da noi spira la brezza di mare, dolce e regolare, quasi sempre da SE. Verso le ore 19 si avvanza una massa d'aria, piuttosto fredda, da SW, che domina tutta la notte, con intervallo di NW (ore 21-ore 23) e il mattino seguente fino alle ore 10. La velocità del vento cresce a 9, 12, 18 km/h, per abbassarsi ad 8, 3. 12, 14, 11, 8, 4 dalle ore 3 del mattino alle ore 10 del giorno 23.

A questo regime della massa d'aria corrisponde la registrazione di onde di 1° ordine inscritte nelle onde principali con ampiezze variabilissime.

Finché il vento è debole, con velocità minima di 8 km/h, le onde di 1° ordine hanno periodo lungo (300, 320, 360 sec) ed ampiezze debolissime, minori di un millimetro. Quando cresce la forza del vento, il periodo delle onde di 1° ordine discende a pochi secondi (6-36) e le ampiezze prendono irregolarità massima. Nella prima zona queste ampiezze sono ancora deboli (3-5 mm): con vento a 17-18 km/h.

Le onde inscritte di 2° ordine nella prima zona sono poche. Intorno alla mezzanotte, cresciuto il vento a 18 km/h in una libecciate di quasi un'ora, nelle onde di 1° ordine appaiono inscritte onde di 2° ordine, di ampiezza debole, con periodo compreso tra 6 e 3 sec, ma alcune di esse hanno periodo di secondi $1\frac{1}{2}$. Al diminuire dell'energia del vento, il periodo di queste onde di 2° ordine cresce fino a 13-18 sec. e l'ampiezza scende a mm $3\frac{1}{2}$.

Così la zona seconda (fig. 2) presenta stato atmosferico perfettamente analogo fino alle ore 19 del giorno 23. Ma a quest'ora il vento gira a NE fino alle ore 11 del giorno 24, e assume velocità che variano, prima crescendo, poi diminuendo fino a mezzanotte del giorno 23 con velocità orarie di 17, 20, 28, 24, 21, 19. Corrisponde, dalle ore 19 alle ore 22, nella zona seconda l'attività della registrazione di onde principali con inscritte molte onde di 1° ordine, di periodi assai variabili e di ampiezze piccole, ma irregolari, con inscritte talora molte onde di 2° ordine ridotte a tremiti pure irregolari.

Tutto ciò corrisponde alle velocità del vento riportate. Col declinare della velocità del vento la descrizione della 2ª zona e del principio della 3ª zona ritorna a quanto abbiamo detto sopra sulle onde più o meno lisce.

Riassumendo, possiamo enunciare le seguenti leggi:

LEGGE SECONDA. — Quando un temporale si avvicina, le onde principali vanno aumentando di ampiezza: quando si allontana il loro

periodo si allunga e la loro ampiezza diminuisce fino allo smorzamento completo.

LEGGE TERZA. — *Quando l'intensità del vento locale va crescendo, incominciano ad apparire, nelle principali, onde inscritte di 1° ordine, il cui periodo si fa più rapido col crescere della velocità del vento mentre cresce la loro ampiezza.*

Quando il vento non è più vento debole, incominciano ad apparire le onde inscritte di 2° ordine, di periodo sempre più rapido, e di ampiezza sempre più forte col crescere della velocità del vento.

LEGGE QUARTA. — *Al diminuire del vento, incominciano a smorzarsi le ampiezze delle onde di 2° ordine, che si fanno sempre meno rapide finché scompaiono. Poi incominciano a smorzarsi le ampiezze delle onde di 1° ordine mentre il loro periodo cresce, finché si annullano. Allora le onde principali si fanno sempre più lisce e piatte, fino a scomparire.*

Così i microbarogrammi presentano le vicende aereologiche delle singole giornate.

La *zona terza* presenta i tracciati dalle ore 10,18 del giorno 21 alle ore 9 del giorno 25. Onde principali perfettamente lisce, o quasi, fino alle ore 14 $\frac{1}{2}$: brezza di mare normale di ESE con velocità crescente da 6 a 12 km/h.

Alle ore 14 $\frac{1}{2}$ le cose cominciano a mutare. Si tratta di un temporale che passa sulla città, nel quale si svolge una tromba marina. Non ripeto la descrizione, per la quale rimando alla nota precedente (1). Riproduco invece in gran parte la descrizione della registrazione mibgA, perché quello che importa qui è di insistere sulla imponenza del significato dei tracciati presentati dallo strumento.

Inizio del temporale. — Il vento sull'Osservatorio va crescendo in velocità da 14 a 21 km/h, e fino dalle ore 14 sono apparsi nel cielo a SW, cumuli e nubi.

Alle ore 16,36 un'onda principale liscia con periodo di 7 minuti primi ed ampiezza di 3 millimetri: il vento è debole, 3 m al secondo.

Sul tracciato il temporale incomincia alle ore 16.43 con un'onda principale minacciosa, del periodo di minuti primi 17.5 ed ampiezze di 14 millimetri. Non è liscia; porta tre notevoli onde di 1° ordine di ampiezze fino a 9 mm, tutte con onde di 2° ordine, del periodo medio di 28 secondi (massima 8, minimo 6) e forti ampiezze irregolari (media 5, massima mm 13,5).

L'importante si è che appaiono in tutte queste di 2° ordine una moltitudine di onde inserite di 3° ordine del periodo di 3 secondi con ampiezze varianti irregolarmente da 2 a 5 millimetri.

Alle ore 17^h,0^m,30^s seguono due grandi onde principali con molte onde inserite di 1° ordine e molte di 2° senza onde di 3° ordine. Queste molte onde di 1° e 2° hanno il significato medesimo delle onde di 3° ordine precedenti, cioè la febbrile agitazione atmosferica che antecede il fenomeno violento che sta per succedere: la tromba marina.

La tromba. — Il regime della tromba è presentato alle ore 17,18 da una *unica grande onda principale* del periodo di 5 minuti primi e dell'ampiezza di 12 millimetri.

In queste onde, *prima del passaggio* della tromba sopra di noi, sono inserite tre onde di 1° ordine del periodo rispettivo di 12, 30, 54 secondi, in ciascuna delle quali sono inserite moltissime vibrazioni di periodi di 3 sec., ed anche del periodo di un secondo e due decimi, con piccole ampiezze acutizzanti la agitazione febbrile qui sopra annunciata.

Poi avviene subito il *passaggio della tromba*, che si svolge nel breve intervallo di 3 minuti e 9 secondi. Non descrivo qui il diagramma che si può osservare riprodotto nella fig. 3. Richiamo soltanto l'attenzione sulla presenza di una moltitudine di onde di 2° ordine e di una moltitudine di onde di 3° ordine, insistendo sopra tutto sulla brevità del periodo, che si riduce fino ad un secondo e mezzo, e poi anche ad un secondo, mentre le ampiezze raggiungono nelle onde di 2° ordine mm 18, e 24, e 35, e nelle vibrazioni di 3° ordine irregolarmente da 6 mm passano a 15 e 19 millimetri.

Confronti il geofisico il sismogramma di un forte terremoto locale col microbarogramma di questa tromba: i disastri del terremoto con i disastri della tromba, e consideri che la tromba passò *a due chilometri* di distanza, in linea d'aria, dal microbarografo: distanza che rese insensibili sull'Osservatorio e sul rimanente della città gli effetti meccanici della tromba. Il vento fu disastroso sul posto dove effettivamente passò la tromba (cioè sulla stazione Marittima di Venezia), ed anche lì durò come vedremo pochi secondi, sicché il suo dinamismo scomparve nella media oraria della velocità del vento. Il barografo segnò appena due piccole cuspidi, analoghe a quelle dei soliti gruppi estivi, l'anemometrografo dell'Osservatorio segnò a quell'ora la velocità oraria media di km 21, vento assai moderato. L'anc-

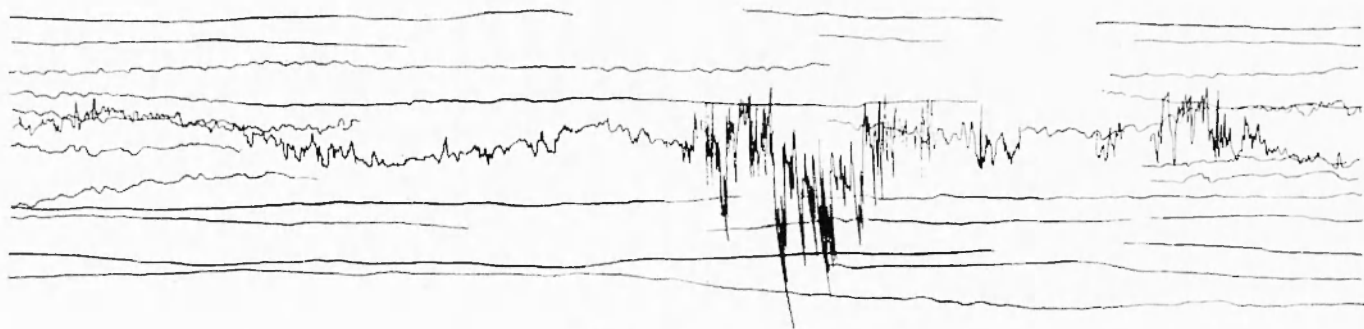


Fig. 3 - Zona terza

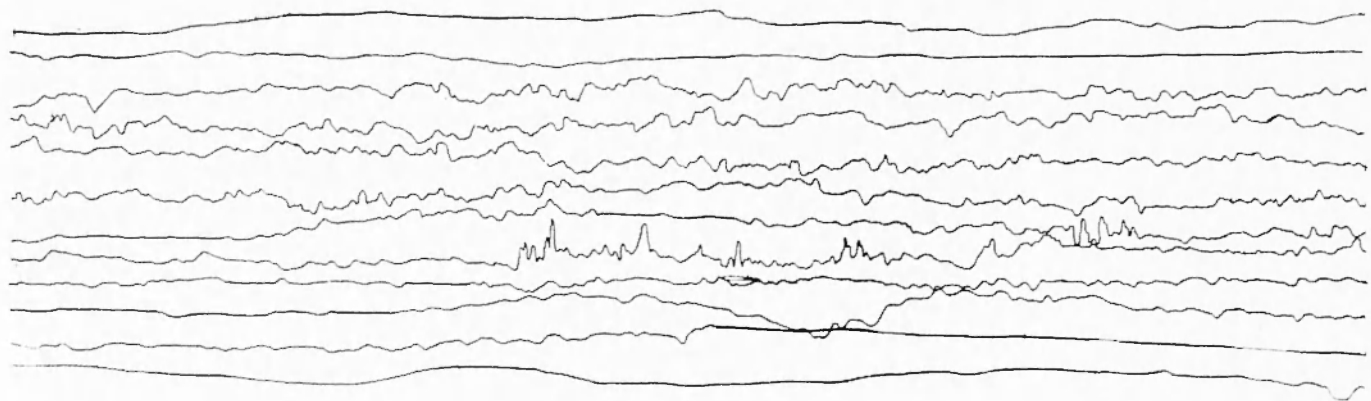


Fig. 4 - Zona quarta

mometrografo del Magistrato alle Acque al Lido segnò raffiche di 10 metri al secondo e il suo barografo non ebbe alcun segno.

Sul microbarografo, dunque, l'azione della tromba passò assai fortemente smorzata, eppure il suo dinamismo è registrato appunto come terrificante. Possiamo ora esporre la

LEGGE QUINTA. — *In un grande fenomeno temporalesco locale il carattere dell'agitazione atmosferica è dato da una (o poche) forte onda principale con un periodo di alcuni minuti primi (5, o più) e di grande ampiezza. In quest'onda, si inscrivono onde di 1°, 2°, 3° ordine con periodi rispettivi tanto minori quanto più violenta è l'energia dei venti, fino ad un secondo e mezzo, ed anche fino ad un solo secondo.*

Le ampiezze di tali onde rapidissime è invece tanto maggiore, quanto più violenta è la tempesta.

Questa legge, non è da pensarsi espressiva del caso singolo della tromba studiata. Questo è certamente un caso tipico, ma nella collezione dei mbgA conservata nel nostro Osservatorio è ripetuta — con diversa intensità — in tutti i temporali che abbiamo avuto dopo di allora a Venezia.

Ormai il lettore è in grado di interpretare da sé le registrazioni della 4ª zona (fig. 4).

In questa zona il tracciato delle prime tre ore (dalle 9½ alle 12½ del giorno 25) corrisponde, come si vede (¹) alla discesa dalle Alpi di un *foehn*, che fu causa di temporali anche violenti in tutta la zona subalpina del Piemonte sino a Fiume. Ma a Venezia il *foehn* arrivò assai indebolito e il nostro mbgA ne dà appena debole riscontro. Dopo le relative deboli registrazioni, il tracciato si riduce a presentare onde lisce sempre più piatte, sino a smorzamento completo.

Studiando i microsismi registrati a Zi-ka-wei (Shanghai) corrispondenti a grandi tifoni del Pacifico, il P. Gherzi considera le pulsazioni della pressione atmosferica (che egli chiama « pumping ») segnate dai barogrammi, e ne dà una riproduzione nella figura che qui riportiamo (fig. 5). Vi si vede un'onda grande del periodo di circa 12 ore, e in essa inscritte pulsazioni delle quali la poca velocità della zona non permette un'analisi più spinta oltre al periodo di un minuto primo. Notiamo che talora i migliori nostri barografi (il barografo modello grande fabbricato dalla S.I.A.P. di Bologna, per esempio) danno registrazioni di queste onde, con ampiezze equivalenti anche a due mm di mercurio. Ma oltre a queste registrazioni non si

va: e quelle portate dal Gherzi è una delle più vistose. Per l'analisi della struttura del vento nei grandi fenomeni aereologici occorre di più, e abbiamo veduto che i nostri risultati arrivano a misurare agevolmente periodi perfino di un secondo.

Una tale frequenza delle pulsazioni aeree più potenti finora non

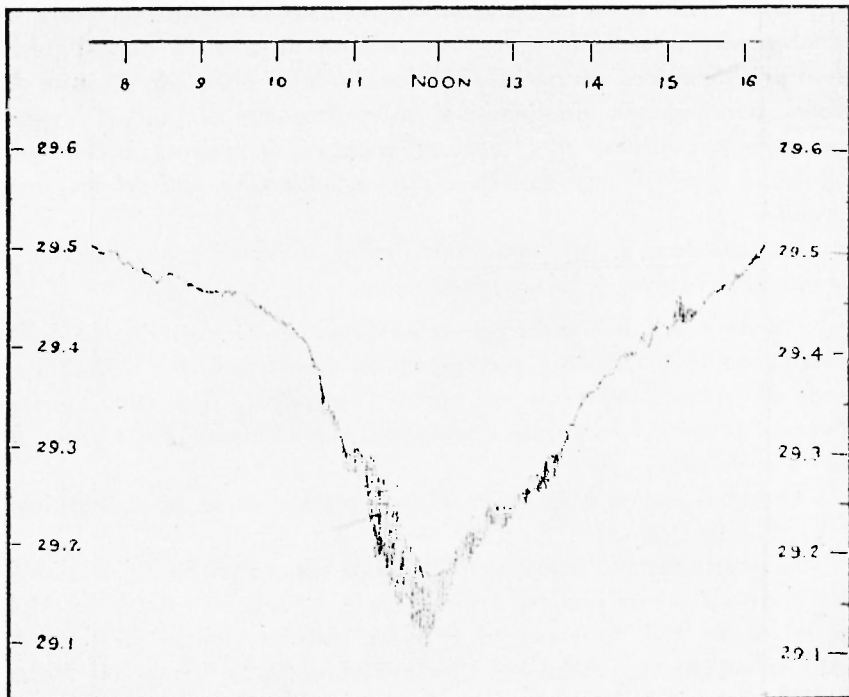


Fig. 5

Barogramma ottenuto ad Hong Kong al passaggio di un ciclone il 1° agosto 1931

semplifica la interpretazione del fenomeno microsismico dovuto ai cicloni che si sviluppano sulle distese oceaniche, se non ammettendo nelle oscillazioni delle masse acquee dell'oceano una risonanza *in armonica* con le oscillazioni delle masse aeree motrici.

Quanto alla corrispondenza fra pulsazioni a brevissimo periodo e microsismi di origine locale, di cui parla anche Morelli (5) io finora non ne ho riscontrato segni evidenti nei sismogrammi Vicentini ed Agamennone, per le condizioni che devo considerare particolarissime dei miei sismografi, in confronto con quelli di altri Osservatori. Come scrissi in altra pubblicazione, il Vicentini, non smorzato, nella com-

ponente N (periodo proprio secondi 8,6) registro soltanto, e con grande ampiezza, per risonanza, i microsismi dovuti a cicloni Atlantici con periodi di secondi 6, 7, 8, 9, 8, 7, 6, e quasi mai risente microsismi locali. Quanto alla componente E del Vicentini e alle due componenti dell'Agamennone, i microsismi locali molto difficilmente si possono sceverare da microsismi di provenienza ciclonica, più o meno lontana.

La bora, per esempio, arrivata a Venezia potrebbe causare microsismi locali. Ma per l'urto delle raffiche contro la terra, o contro la laguna? E la provenienza del microsismo veneziano di bora viene da questi urti, o dai centri ciclonici o anticiclonici, causa di quel vento violento? Per questi problemi, che interferiscono nella questione, non posso per ora pronunziarmi, per quanto concerne la zona veneziana.

Terminerò con un cenno brevissimo intorno alle registrazioni di $mbgA$ in occasione dei venti di bora. Dopo le cose dette, non credo che il lettore abbia bisogno di vedere una analisi minuta della zona: mi pare bastante il riferire che il carattere del fenomeno di bora presenta:

Prima che la bora arrivi a Venezia, *onde liscie* di lungo periodo e di ampiezza crescente, ma molto modesta.

Allo spirare della bora in Venezia, non più si presentano onde a lungo periodo, ma onde molto irregolari a periodo inferiore a un minuto primo, e di ampiezza varia (per esempio, 4-5 millimetri) e tanto maggiore quanto più grande è la velocità del vento.

In queste onde di primo ordine sono inscritte molte onde di 2° e talora di 3° ordine a periodi brevissimi — qualche volta anche di un solo minuto secondo — e ampiezze irregolari, notevole nelle raffiche più forti.

Quando si attenua la violenza della bora, questa agitazione si va smorzando e rimangono per alcune ore onde a lungo periodo e ad ampiezze decrescenti, sempre più liscie, fino a smorzamento completo.

Venezia —

RIASSUNTO

Si presentano quattro caratteristici esempi di registrazione di perturbazioni atmosferiche, ottenuti a Venezia con un microbarografo Alfani. Da essi, e da innumerevoli altri tratti da un decennio di fun-

zionamento, l'Autore deduce cinque leggi che sembrano regolare le perturbazioni di rapido periodo, collegate al transito di particolari perturbazioni atmosferiche.

BIBLIOGRAFIA

(¹) ZANON F. S.: *Pulsazioni della pressione atmosferica con periodi inferiori ad un'ora* - « Geofisica pura ed Applicata » XI, 1-2, 19-41. Milano, 1948.

(²) POLLI S.: *Su di un microbarografo modificato* - « Annali di Geofisica », vol. II, n. 1. Roma, 1948.

(³) ALFANI G.: *Su di un microbarografo* - « La Meteorologia pratica », anno XXI, n. 3. Perugia, 1940.

(⁴) GHERZI E.: *Microséismes durant la formation et la marche d'une dépression extratropicale à Zi-Ka-Wei* - (Notes de séismol. n. 12) Zi-Ka-Wei (Shanghai), Imprim. Miss. Cath., 1937.

(⁵) MORELLI C.: *Contributo allo studio dei microsismi* - « Annali di Geofisica », vol. I, n. 4. Roma, 1948.