

Osservazioni limnografiche sul lago di Albano (*)

P. CALOI - G. ROMUALDI

Ricevuto il 1° Novembre 1964

RIASSUNTO. — Si riassumono i risultati di alcune serie di registrazioni limnografiche, eseguite in epoche diverse sul lago di Albano, allo scopo di confrontare le caratteristiche delle oscillazioni libere del lago, calcolate per via teorica, con quelle reali.

È risultato, come per altri laghi italiani, un ottimo accordo tra teoria ed osservazione, per quanto concerne i periodi e gli spostamenti relativi ai due estremi. Conformemente alla teoria di Hidaka, risulta così che l'ampiezza dell'uninodale all'estremo Nord del lago (riva abitata) è circa quattro volte quella che si registra sulla riva opposta.

Una particolarità del lago di Albano - che risulta, sostanzialmente, dalla fusione di due crateri, quello settentrionale in parte franato nel più profondo, meridionale - - fa sì che la parte a settentrione si comporti come golfo aperto sul resto del lago. Poiché il periodo naturale di questa parte del bacino è dell'ordine del periodo dell'uninodale dell'intero lago, molto spesso si registrano, sulla riva a settentrione, oscillazioni di circa 4^m, peculiari dei bacini aperti, in sé conchiuse, e la cui ripetizione è strettamente legata al persistere della causa perturbante.

Da ultimo, si valutano i valori medi dell'energia, associata alle uninodali del lago.

SUMMARY. — The paper reports the results of a series of limnographic surveys, carried out at different times on the lake of Albano, in order to compare the characteristics of free oscillations of the lake, calculated theoretically, with the real ones.

The results have shown, as in the case of other Italian lakes, a very good agreement between theory and observation, both as to the periods and as to the range between the two extremes. In conformity with Hidaka's theory, the uninodal amplitude at the Northern extreme of the lake (inhabited side) appears to be four times higher than that which is noticed on the opposite side.

(*) Questa ricerca è stata condotta con contributi del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

A particular feature of the lake of Albano -- which is composed, basically, by the union of the craters; the Northern one, partly sledged into the Southern one, which is deeper -- is such that the Northern section behaves like a gulf open on the rest of the lake. Since the natural period of this side of basin is in the range of the uninodal period of the whole lake, on the Northern side it is often possible to record oscillations of about 4^m, typical of open basins. The repetition of these oscillations is strictly connected to the continued presence of the cause of perturbation.

Finally, the paper evaluates the average values of the energy associated with the lake's uninodal.

Le caratteristiche fondamentali delle oscillazioni libere del lago di Albano sono state precedentemente calcolate per via teorica mediante i metodi di Defant, Hidaka e Chrystal da uno di noi esposti, con opportune estensioni e correzioni, nel 1948 (¹); nella tabella seguente sono riassunti i dati relativi ai periodi e ai nodi (^{2, 3}).

Oscillazioni libere		I metodo (Defant)	II metodo (Hidaka)	III metodo (Chrystal)
Uninodale	periodo	4,03 min.	4,12 min.	3,56 min.
	nodo (dall'estremo sud)	2122 m.	1656 m.	2009 m.
Binodale	periodo	2,53 min.	2,31 min.	2,03 min.
	I nodo (dall'estremo sud)	1451 m.	1403 m.	1191 m.
	II nodo	3067 m.	2424 m.	2850 m.
Trinodale	periodo	1,90 min.	1,50 min.	1,46 min.
	I nodo (dall'estremo sud)	982 m.	747 m.	703 m.
	II nodo	2543 m.	2004 m.	2125 m.
	III nodo	3251 m.	3093 m.	3097 m.

I tre metodi hanno permesso di studiare l'andamento delle ampiezze in senso verticale lungo l'asse maggiore del lago. È risultato in particolare che all'estremo Nord, in corrispondenza cioè della parte meno profonda del lago, le ampiezze verticali devono essere sensibilmente maggiori che nella parte meridionale, dove si riscontra la massima profondità. Tale caratteristica è stata riscontrata per tutti e tre i tipi d'o-

scillazione e con tutti e tre i metodi, i quali tuttavia differiscono in quel che riguarda l'entità degli spostamenti verticali relativi.

Allo scopo di verificare la validità dei risultati teorici, fra il 1957 e il 1963 sono state compiute delle serie d'osservazioni sul posto. Durante tutti i periodi d'osservazione un limnografo ha funzionato nella parte settentrionale del lago; contemporaneamente nel 1957 sono state effettuate alcune registrazioni in località prossima all'uninodo e nel 1963 nella parte meridionale del lago.

ESPERIENZE ESEGUITE FRA IL 12 E IL 24 APRILE 1957.

Le registrazioni iniziano il 12 Aprile 1957 e proseguono ad intervalli più o meno lunghi fino al 24 Aprile.

Un primo periodo di registrazione inizia il 12 Aprile verso le 18 e prosegue fino alle 22,30 dello stesso giorno. In tale intervallo di tempo vengono registrate *ampie oscillazioni uninodali* ($T = 4^m,16$) alterate da altre oscillazioni e da perturbazioni (Fig. 1). Si può fra l'altro notare che l'uninodale sembra ricevere di quando in quando un impulso più forte, che determina oscillazioni sensibilmente più ampie. Tale fenomeno appare più chiaro fra le 19 e le 21.

Tale fenomeno è dovuto — come vedremo — al contemporaneo insorgere di sesse da zoccolo, la cui uninodale presenta un periodo pressochè uguale al periodo dell'uninodale dell'intero lago.

Alla ripresa della registrazione verso le 9 del 13, l'uninodale ($T = 4,12 \div 4,16$ minuti) presenta un'ampiezza nettamente inferiore (Fig. 1a), mentre appaiono attenuate, ma sempre presenti, le coperiodali sesse da zoccolo.

La registrazione viene interrotta alle 19,15 del 13, senza che nel frattempo si siano avute oscillazioni diverse dall'uninodale.

L'esistenza pressochè esclusiva di oscillazioni uninodali, con periodo sui $4,10 \div 4,12$ min., cui si sovrappongono talvolta « shelf-seiches », caratterizza il periodo di registrazione fra le 9,20 del 14 e le 9,30 del 15 (Fig. 1b). La ripresa della registrazione alle 11,45 del 15 mette in evidenza un complicarsi delle oscillazioni del lago. Tale agitazione prosegue accentuata fin verso le 20 del 16, quando cominciano a prevalere le oscillazioni uninodali, sovrapposte a binodali e trinodali.

Le uninodali presentano però, spiccata la caratteristica propria delle oscillazioni proprie dei bacini aperti (o limitati da zoccolo), che si susseguono l'una all'altra, come impulsi separati (Fig. 2).

Le uninodali (sempre però disturbate) prevalgono verso le nove del 17.

Verso le 13,45 l'uninodale comincia ad essere bordata da « shelf-seiches » ($T \cong 1^m$); successivamente all'oscillazione fondamentale si sovrappongono deboli binodali ($2^m, 3$) e trinodali ($1^m, 7$).

Dalle 18^b alle 21^b (Fig. 3) si ha tutto un seguito di singole uninodali da zoccolo separate da intervalli di qualche minuto, una dall'altra. L'uninodale del lago si presenta alla ripresa delle registrazioni alle 9,30 del 18. L'ampiezza va però diminuendo, mentre intorno alle 11 inizia la registrazione, gradualmente crescente, di « shelf-seiches ». Subito dopo all'uninodale si alternano anche oscillazioni trinodali ($T \cong 1^m, 7$) e binodali ($T \cong 2^m, 4$); quest'ultime appaiono molto chiare fra le 18 e le 20, dopo di che si ha una serie (non molto accentuata) di oscillazioni uninodali alternate a binodali fino alle 23,45. La registrazione riprende, il 19 alle 9,30, con saltuarie serie di oscillazioni uninodali, cui dopo le 17,30 si sovrappongono talvolta delle binodali; le ampiezze dei due tipi di oscillazione sono molto ridotte.

Il giorno 20, dopo le 13 all'uninodale si alternano altre oscillazioni con periodi inferiori ai 2 minuti; dopo le 16 insorgono oscillazioni binodali ($T \cong 2^m, 6$) le quali vanno gradualmente diminuendo d'ampiezza fino a scomparire nelle prime ore del 21. Fra le 9 e le 10 di tale giorno, inizia un periodo di agitazione che si accentua verso le 10,30. Fra le varie oscillazioni disordinate si notano saltuariamente delle serie di oscillazioni a periodo di circa $1^m, 70$ (trinodali), cui verso le 15 seguono oscillazioni più lente ($T \cong 2^m, 40$ binodali) che vanno gradualmente diminuendo d'intensità e scompaiono dopo le 22.

Alle 7 del 22 iniziano oscillazioni uninodali ($T = 4^m, 12$), mentre più tardi verso le 12 segue un nuovo periodo d'agitazione con origine di trinodali molto chiare ($T = 1^m, 70$), sovrapposte a oscillazioni uninodali e binodali meno pronunciate (Fig. 4). Circa alle 17,30 si registra un improvviso abbassamento del livello del lago (Fig. 4a) provocato dal passaggio di un disturbo microbarico positivo. La registrazione termina alle 19,15.

L'apparecchio riprende il funzionamento il giorno 23 alle 8,30. Dopo alcuni accenni di uninodali, cui peraltro si sovrappongono oscillazioni a più breve periodo (circa 1 min.), la registrazione si complica sia per l'accentuarsi di tali oscillazioni sia per la presenza saltuaria di esempi di trinodali (verso le 12,15; $T \cong 1^m, 75 \div 1^m, 70$) o di binodali. Le oscillazioni binodali vanno poi gradualmente prevalendo; dalle 18 in poi si ha infatti la registrazione pressochè esclusiva di tali oscillazioni

che mostrano un periodo medio di $2^m,72$ (Fig. 5 e 5a). Verso le due del 24, la binodale comincia ad essere bordata da oscillazioni a periodo intorno al minuto.

Purtroppo dalle 5 del 24 fino alle 15,50, cioè fino al termine della serie di esperienze, il funzionamento dell'apparecchio è difettoso, la registrazione si ha solo per brevissimi tratti.

Nei giorni 18, 19, 20 e 23-24, oltre alle registrazioni del limnografo situato nella parte settentrionale del lago, si hanno le registrazioni di un secondo apparecchio situato in località prossima all'uninodo.

Nel periodo dal 18 al 20, in tale località non si registra alcuna uninodale, in quanto la posizione dell'apparecchio coincide all'incirca, con l'uninodo. Si hanno solo vibrazioni per vento e qualche traccia di binodale.

Per la registrazione fra il 23 e il 24, rispetto alla registrazione del primo apparecchio si può notare che, restando identiche le caratteristiche generali della registrazione che inizia alle 9,45 quando si ha già la presenza di brevi oscillazioni forzate, diminuisce l'ampiezza della binodale e della trinodale, mentre si accentuano le oscillazioni a più breve periodo.

In ogni modo, come era da attendersi, mancano totalmente le uninodali.

ESPERIENZE ESEGUITE NEL 1958.

Due nuove serie di registrazioni limitate all'estremo Nord del lago, furono eseguite rispettivamente nel Marzo e nel Novembre 1958.

Il 10 Marzo 1958 la registrazione, per quanto saltuaria, sorprende l'insorgere di una serie di oscillazioni uninodali di ampiezza eccezionale (Fig. 6). La registrazione appare analoga a quella del 12 Aprile 1957. Anche qui l'uninodale appare turbata da altre oscillazioni anch'esse di notevole ampiezza. Tali impulsi supplementari spariscono man mano che l'ampiezza dell'oscillazione fondamentale diminuisce. Verso le ore 18 si può infatti osservare come l'uninodale si normalizzi con l'improvviso diminuire dell'ampiezza. Fino a dopo le 0,30 dell'11 Marzo si ha una serie ininterrotta di oscillazioni uninodali (Fig. 7) in cui appare evidente come al decrescere di esterni fattori perturbanti la forma dell'oscillazione si perfeziona con il diminuire dell'ampiezza.

Di pari passo con tale attenuazione dell'onda sembra esservi un aumento del periodo che va dai 3,96 minuti ai 4,15 minuti.

Verso le 0,45 dell'11 l'uninodale appare bordata da « shelf-seiches » mentre l'ampiezza dell'onda comincia ad aumentare.

Partroppo la registrazione va fuori carta poco dopo le 2. Rimessa a posto verso le 7,20 mostra dapprima una fitta serie di oscillazioni a periodo inferiore al minuto (vibrazioni per vento e rapidi disturbi microbarici) su cui prevale gradualmente l'oscillazione uninodale ad ampiezza molto elevata ($T = 4^m,19$). La registrazione continua ad essere saltuaria e cessa verso le 14,30.

L'apparecchio riprende a funzionare il 12 alle 13,30. La registrazione inizia con una serie di chiare oscillazioni uninodali ($T = 4^m,18$) la cui ampiezza aumenta improvvisamente e rapidamente fra le 15 e le 15,30. Contemporaneamente, all'uninodale, si sovrappone un'oscillazione binodale che appare molto chiara (Fig. 8) verso le 16,30 quando diminuisce l'ampiezza dell'uninodale. Fra le 16,30 e le 17,15 la binodale ($T = 2^m,48$) ha il sopravvento sull'uninodale cui torna poi a sovrapporsi. Dopo le 21 è presente solo l'oscillazione uninodale (Fig. 9) che con ampiezze varie, viene registrata fino verso le 22 del 16. Poi va gradualmente scomparendo e fino alle 12 del 15, ora in cui termina la registrazione, non si ha quasi nulla; solo saltuariamente si notano delle deboli uninodali.

La registrazione riprende alle 14,34 del 16 ma fin verso le 21 non si ha alcuna oscillazione. Inizia quindi l'uninodale ($T = 4^m,22$) bordata successivamente da « shelf-seiches »; ambedue i tipi di oscillazioni hanno ampiezze crescenti (Fig. 10). Verso le 0,3 del 17, all'uninodale si sovrappone la trinodale ($T \simeq 1^m,7$).

La registrazione termina il 17 Aprile verso le 11.

La seconda serie di registrazioni del 1958 inizia il 26 Novembre alle 16,38.

Fino alle 20 del 26 non si registra alcuna oscillazione particolare, poi si ha una serie di oscillazioni forzate cui segue una lunga serie di oscillazioni uninodali ($T \cong 4^m,36$), talvolta bordate da « shelf-seiches » e talvolta molto attenuate.

Dalle 13,30 del 27 si ha un lungo periodo con esempi rari e attenuati di uninodali.

L'uninodale si rinforza verso le 01 del 28. Verso le 03 l'uninodale comincia ad essere turbata da ampie oscillazioni forzate (Fig. 11), che si attenuano fra le 8 e le 9 per poi riprendere con rinnovata intensità, fino a circa le 17. In questo periodo l'oscillazione forzata oltre ad essere sovrapposta all'uninodale appare talvolta sovrapposta alla trinodale ($T \cong 1^m,8$) e alla binodale ($T \cong 2^m,6$).

Di scarso interesse risulta il periodo di registrazione che va dalle 16,40 del 30 Novembre alle 16,40 del 1° Dicembre: infatti solo in alcuni momenti si ha la registrazione di un'uninodale molto attenuata.

ESPERIMENTI EFFETTUATI DAL 6 AL 13 MARZO 1963.

Le registrazioni effettuate nel Marzo 1963, avevano come scopo di verificare quanto previsto dalla teoria sull'andamento delle ampiezze.

Furono pertanto effettuate contemporaneamente due serie di registrazioni una all'estremo Nord e una all'estremo Sud.

Nella parte Nord la registrazione inizia verso le 17 del 6 Marzo mentre nella parte Sud inizia verso le 9,30 del 7. Fino a verso le 10,30 del 9 non si registra però alcuna oscillazione.

A tale ora inizia a Nord un'uninodale molto chiara ($T = 4^m,06$) che a Sud appare appena accennata.

La registrazione successivamente diventa incerta anche perché il limnografo è difettoso a causa di forti venti. Un confronto può essere fatto nuovamente per le registrazioni comprese fra le 16,29 del 10 Marzo e 8,30 dell'11 e fra le 10 e le 13 dell'11 (Figg. 12, 13 e 14).

Si può notare come l'uninodale registrata con estrema chiarezza ($T = 4^m,06$) abbia nella parte meridionale del lago (Figg. 13a e 14a) ampiezze inferiori anche di $2/3$ rispetto alla parte settentrionale (Figg. 13 e 14).

Fra le 11 e le 13 dell'11 Marzo 1963 all'uninodale cominciano a sovrapporsi oscillazioni dovute al vento che turbano la registrazione. Inoltre nella parte settentrionale la registrazione si interrompe alle 13, per cui è impossibile un confronto.

Nella parte meridionale del lago dove continua la registrazione fin dopo le 05 del 12, nette oscillazioni dovute al vento continuano a sovrapporsi all'uninodale e in alcuni casi alla binodale.

Un confronto fra oscillazioni della parte meridionale e della parte settentrionale è di nuovo possibile fra le 10 del 12 Marzo e le 12 del 13.

Dalle registrazioni di questo intervallo di tempo si può notare come non solo l'ampiezza dell'uninodale ma anche quella delle altre oscillazioni sia nettamente superiore nella parte settentrionale del lago.

L'inizio delle registrazioni coglie il lago in una serie complessa di oscillazioni: infatti, all'uninodale ($T = 4^m,05$) appaiono sovrapposte oscillazioni binodali ($T = 2^m \div 2^m,5$) e trinodali ($T \cong 1^m,7$), che nella parte settentrionale del lago hanno ampiezze molto accentuate.

Il massimo delle ampiezze si ha fra le 13 e le 15 (Fig. 15); poi si ha contemporaneamente un graduale diminuire delle ampiezze e il prevalere dell'oscillazione uninodale.

Le oscillazioni binodali e trinodali scompaiono verso le 18 nella parte meridionale del lago e verso le 22,30 nella parte settentrionale.

Sempre a causa della minore ampiezza d'oscillazione, l'uninodale, che nella parte settentrionale continua ad essere registrata ininterrottamente dopo le 22,30 fino alla fine della registrazione, nella parte meridionale del lago scompare pressochè definitivamente già verso le 21.

CONCLUSIONI.

I tre periodi d'osservazione sopra riassunti, hanno consentito di trarre alcune conclusioni sull'idrodinamica del lago d'Albano (o di Castelgandolfo, che dir si voglia).

Come avviene per la generalità dei laghi italiani, finora investigati, anche nel lago di Albano l'oscillazione libera predominante, per ampiezza e frequenza, è la fondamentale (uninodale).

A differenza di altri laghi italiani, di analoghe dimensioni, le oscillazioni libere binodali e trinodali si presentano pure di sovente, talora con notevole ampiezza.

Anche il lago di Albano è spesso commosso da lunghe serie di « shelf-seiches » (sesse da zoccolo), con periodi dell'ordine di un minuto, generalmente associate a forti venti o al transito di rapidi disturbi microbarici.

A proposito delle sesse da zoccolo, va fatta un'importante precisazione per quanto concerne il lago di Albano. Una semplice osservazione della sezione longitudinale, centrale, del lago, mostra che esso risulta dalla congiunzione di due bacini (crateri), il più profondo costituendo la parte meridionale del lago. Il bacino settentrionale, più basso, scende a dolce declivio verso quello profondo, che raggiunge praticamente verso l'isobata 40, in corrispondenza della quale il fondo precipita. Il bacino settentrionale, quindi, può ritenersi come un golfo aperto sulla restante parte del lago. Pertanto, se il periodo dell'uninodale risulta inferiore od uguale a quello della fondamentale dell'intero lago, le condizioni fisiche per la sua libera eccitazione sarebbero rispettate. È quanto effettivamente si verifica.

Il valore approssimativo del periodo del bacino settentrionale, considerato come golfo, può ottenersi applicando la nota formula

$$T_{set} = \frac{4l}{\sqrt{gh}}$$

dove l esprime, nel nostro caso, la lunghezza del golfo in parola (contata sulla linea di valle) e h la profondità media lungo tale linea, essendo g l'accelerazione di gravità. Dalla sezione longitudinale del lago e dai dati batimetrici, si ottiene

$$4l = 2880 \text{ m} , \quad h = 15 \text{ m} .$$

L'applicazione della formula conduce allora al valore approssimativo

$$T_{set} = 240^s = 4^m .$$

Il periodo fondamentale della parte meno profonda del lago ha quindi un valore di 4^m circa, dell'ordine cioè dell'uninodale dell'intero lago.

È questa una peculiare particolarità del lago d'Albano, che consente la chiara spiegazione di fatti altrimenti inspiegabili. Sovente oscillazioni con periodo di 4 minuti circa si presentano come impulsi isolati, in se conclusi, separati da brevi intervalli occupati da altri tipi di onde; ciò si verifica specialmente quando l'ampiezza dell'onda è molto accentuata (Fig. 1), ma avviene anche — sia pure meno frequentemente — per piccole ampiezze (Fig. 2). È noto che oscillazioni del genere sono proprie dei bacini aperti: formatasi l'onda propria del bacino (che ha il suo nodo in corrispondenza dell'apertura del golfo), oltre il nodo l'onda stazionaria si trasforma in onda progressiva verso il largo. La formazione di una nuova oscillazione libera richiede il persistere della causa perturbante: più questa dura, più numerosa sarà la serie delle singole onde separate. È così che si spiega, dal punto di vista idrodinamico, l'accennato fenomeno, caratteristico del lago di Albano.

Quando il meccanismo della causa perturbante è tale da interessare l'intero lago, avremo le oscillazioni libere di tutto il bacino: uninodali, binodali, trinodali, ... In questo caso, l'uninodale si susseguirà in lunghe serie senza soluzione di continuità da un'onda alla successiva (Fig. 12): la loro durata è legata al coefficiente di smorzamento naturale delle oscillazioni libere, a meno che, nel frattempo, non intervengano nuove cause di perturbazione.

Se ora passiamo a confrontare i dati dell'osservazione con quelli ottenuti per via teorica, notiamo che — almeno per quanto concerne

i periodi predominanti — il metodo che ha condotto ai valori più prossimi a quelli osservati è il metodo di Hidaka (2). Anche il metodo di Defant ha fornito valori per i periodi in buon accordo con la media di quelli reali. Il metodo di Chrystal (3) porta a valori leggermente inferiori alla media. La schematizzazione della curva normale che tale metodo comporta, talvolta si riflette apprezzabilmente sulla attendibilità dei risultati: nel caso in esame, ha condotto a periodi lievemente inferiori a quelli ottenuti dall'osservazione.

Per quanto concerne i rapporti delle ampiezze delle uninodali dell'intero lago, ai suoi estremi, l'osservazione mostra, in media (nei brevi periodi in cui è stato possibile registrare contemporaneamente ai due estremi), che l'uninodale dal lato settentrionale raggiunge ampiezze circa 3,8 volte quelle raggiunte contemporaneamente al lato opposto. Dei metodi applicati, quello di Defant dà un rapporto dello stesso ordine (circa 4), meno bene il metodo di Chrystal (1,7 circa), peggio quello di Hidaka.

Restano ancora da verificare le posizioni dei nodi e gli spostamenti orizzontali che le particelle liquide subiscono in essi, quali risultano dai metodi applicati. Questa parte viene rimandata ad ulteriori indagini.

Fin d'ora, possiamo invece ottenere — sulla base delle registrazioni eseguite — un valore approssimativo dell'energia associata ad un'oscillazione uninodale di ampiezza medio-massima (fra quelle registrate).

Equiparando l'alveo di un lago ad un bacino di forma parallelepipedica, di lunghezza l , larghezza b e profondità h , si prova (4) che l'energia cinetica E_c , associata ad un'oscillazione libera uninodale di periodo T_0 , assume l'espressione

$$E_c = \frac{1}{4} \rho b h l C^2 \sin^2 \frac{2\pi}{T_0} t,$$

essendo ρ la densità dell'acqua e

$$C = H \sqrt{\frac{g}{h}},$$

dove H rappresenta l'ampiezza dell'uninodale considerata.

Dalle colonne 3^a e 4^a della Tabella I del primo lavoro sul lago d'Albano (2), dove sono riportate le superficie delle sezioni trasversali e delle loro larghezze in superficie, è facile dedurre le profondità medie delle sezioni stesse, equiparate a rettangoli; la media di tali profondità, darà la profondità media h del lago, mentre la media dei valori della su detta

1^a colonna fornirà b ; l è il valore riportato, come ultimo, nella 2^a colonna della stessa Tabella. Per il lago di Albano si ottiene pertanto

$$h = 63,7 \text{ m} ; \quad b = 1590 \text{ m} ; \quad l = 3575 \text{ m} .$$

Fatto $H = 5 \text{ cm.}$, consegue

$$C^2 = 3,8325 \text{ cm/sec} .$$

Per $\rho = 1 \text{ gr/cm}^3$, si ottiene infine

$$E_v = 3,5 \cdot 10^{14} \text{ ergs} \\ = 9,7 \text{ KWh} .$$

Il valore medio dell'energia associata ad uninodale dell'ampiezza di 5 cm. è quindi, per il lago di Albano, dell'ordine di 10 KWh. Poiché nel lato meridionale del lago, l'ampiezza dell'uninodale è circa 1/4 dei valori che essa assume sul lato opposto, possiamo concludere che la corrispondente energia è circa 1/16 di quella ivi sviluppata.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CALOI P., *Le sesse del lago di Garda*. Parte I e Parte II. « Annali di Geofisica », I, 1, 2 (1948).
 - (2) GIORGI M., *Studio sulle sesse del lago di Albano*. « Annali di Geofisica », I, 4 (1948).
 - (3) CALOI P. & GIORGI M., *Sulle oscillazioni libere del lago di Albano*. « Annali di Geofisica », V, 2 (1952).
 - (4) CALOI P., *Oscillazioni libere del lago di Bracciano; loro caratteristiche e loro energia*. « Annali di Geofisica », XI, 1 (1958).
-

LAGO DI ALBANO
12 - IV - 1957

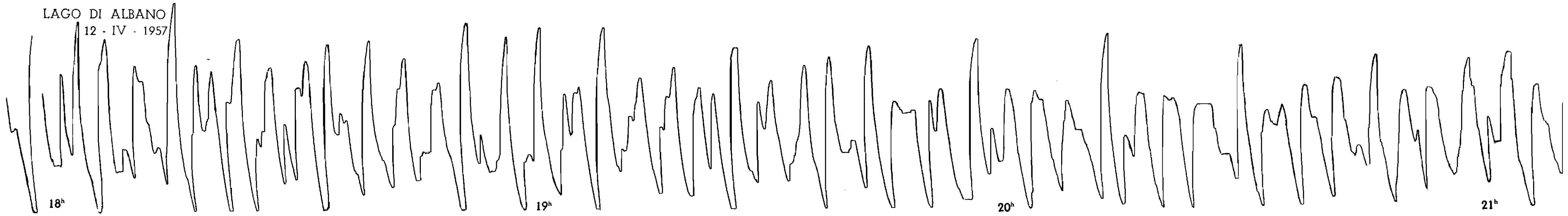


Fig. 1 - Ampie unimodali da zoccolo (vedi testo).



Fig. 1a - Unimodali del lago e unimodali di zoccolo attenuate.



Fig. 1b - Chiari esempi di unimodali, orlate da « shelf-seiches ».

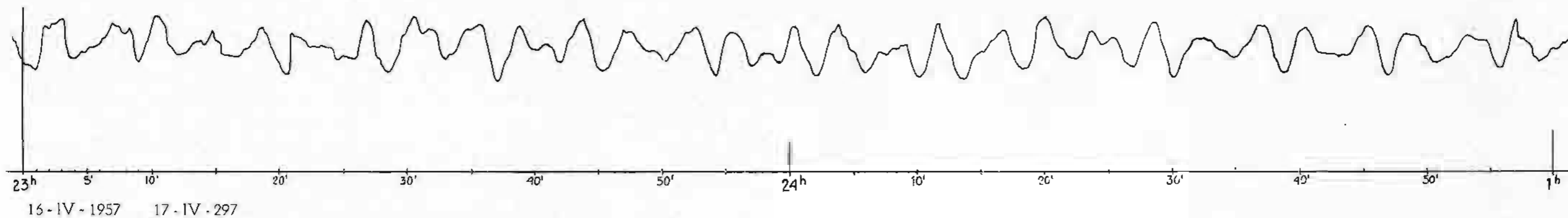


Fig. 2 - Esempi di uninodali da zoccolo: si noti la successione di oscillazioni singole isolate.

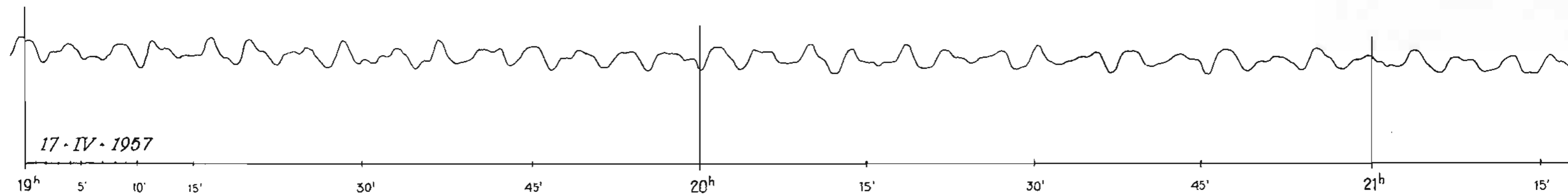


Fig. 3 - Esempi di uninodali da zoccolo: c. s.

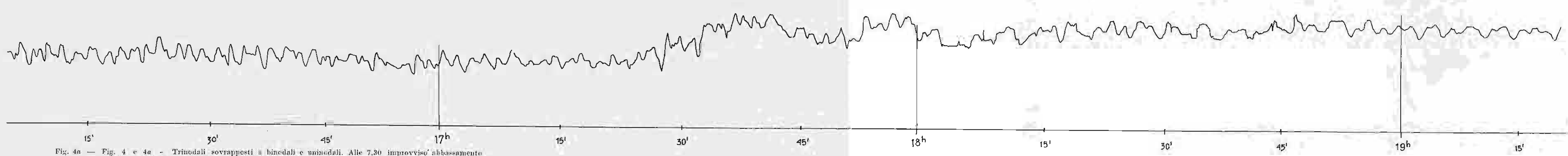
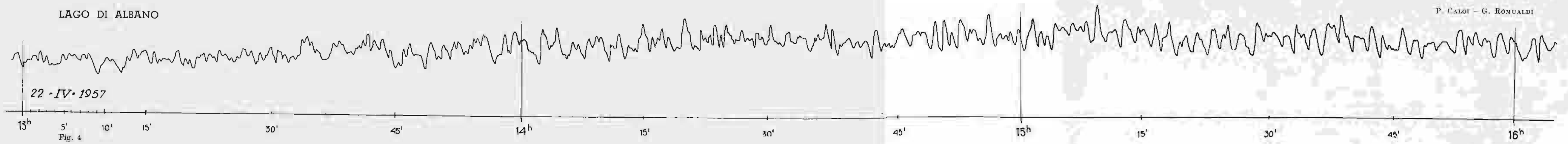


Fig. 4a — Fig. 4 e 4a - Trinodali sovrapposti a binodali e uniodali. Alle 7.30 improvviso abbassamento del lago, seguito da ampia lenta oscillazione probabilmente legata da coperiodale variazione della pressione atmosferica.

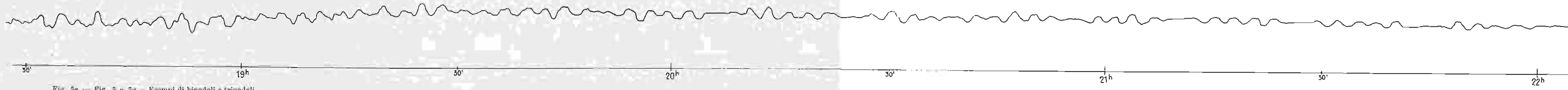
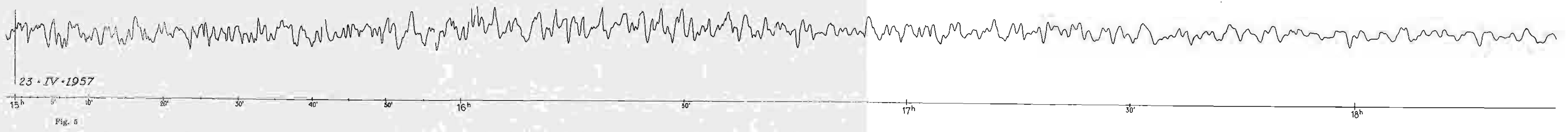


Fig. 5a — Fig. 5 e 5a - Esempi di binodali e trinodali.

LAGO DI ALBANO

10 - III - 1958

($\frac{14^h 30' - 15^h 20' }{}$)

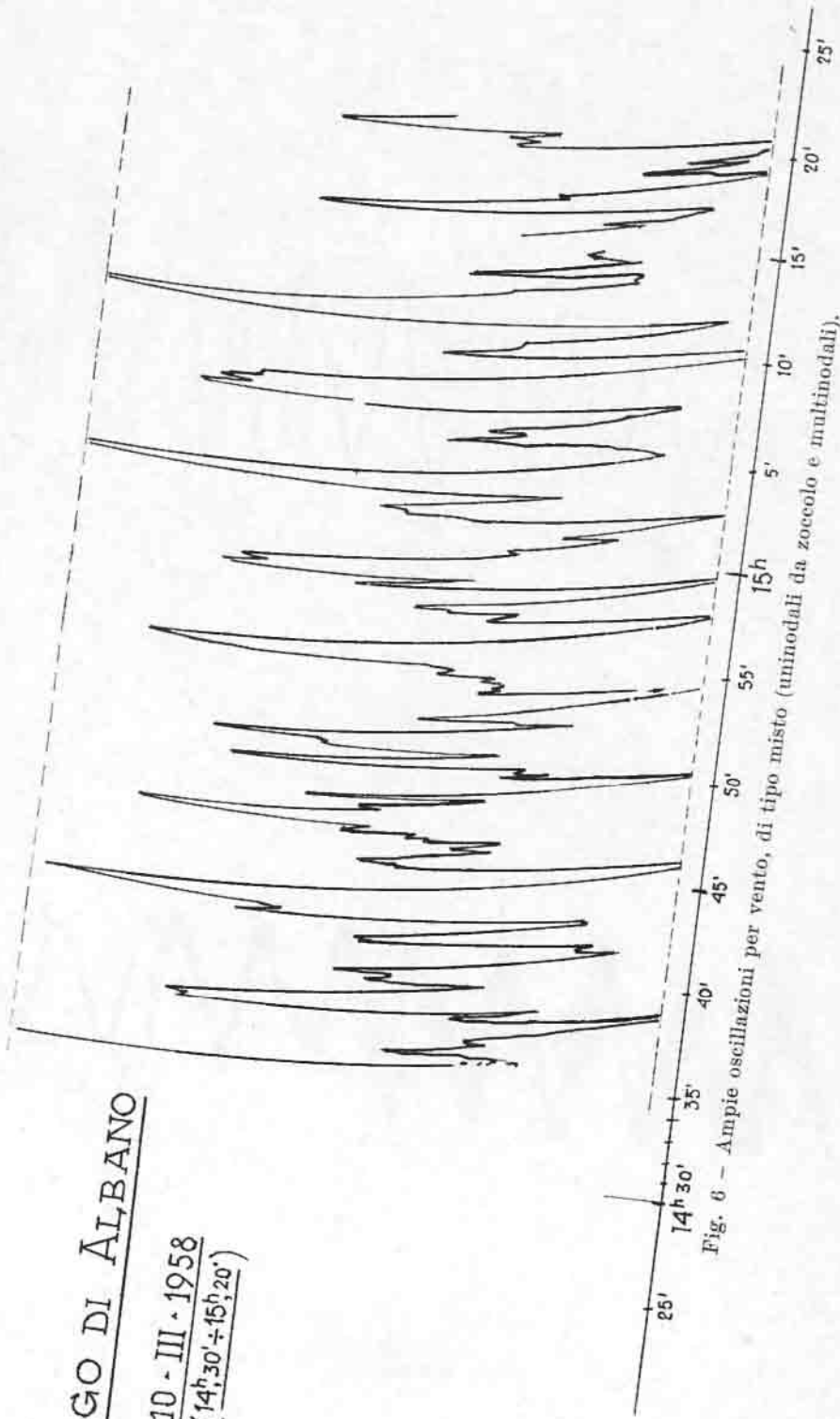
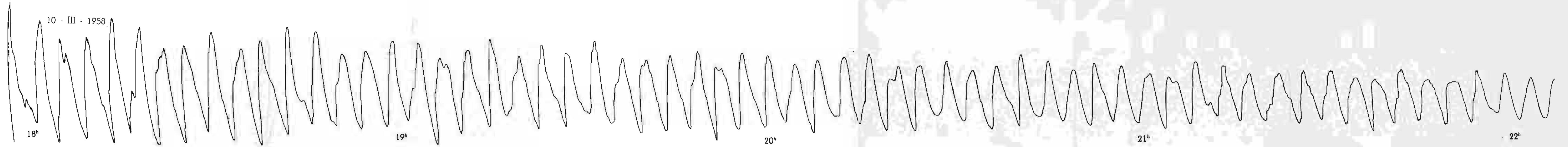


Fig. 6 - Ampie oscillazioni per vento, di tipo misto (unimodali da zoccolo e multimodali).

10 - III - 1958



11 - III - 1958

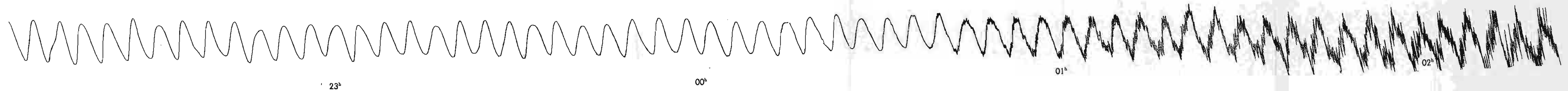


Fig. 7 - Serie ininterrotta di unimodali. La forma si perfeziona con il decrescere dell'ampiezza (nel tratto finale, le unimodali risultano orlate da «shelf-seiches» per vento).

LAGO DI ALBANO

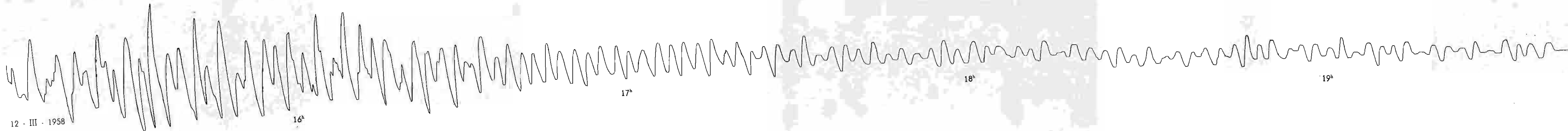


Fig. 8 - Ampie uniodali cui si sovrappongono verso le 16,30 binodali.

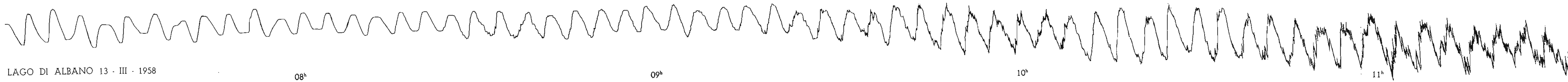


Fig. 9 - Serie ininterrotta di uniodali molto chiare.



Fig. 10 - Ampie uniodali bordate da « shelf-seiches ».

LAGO DI ALBANO

28 - XI - 1958

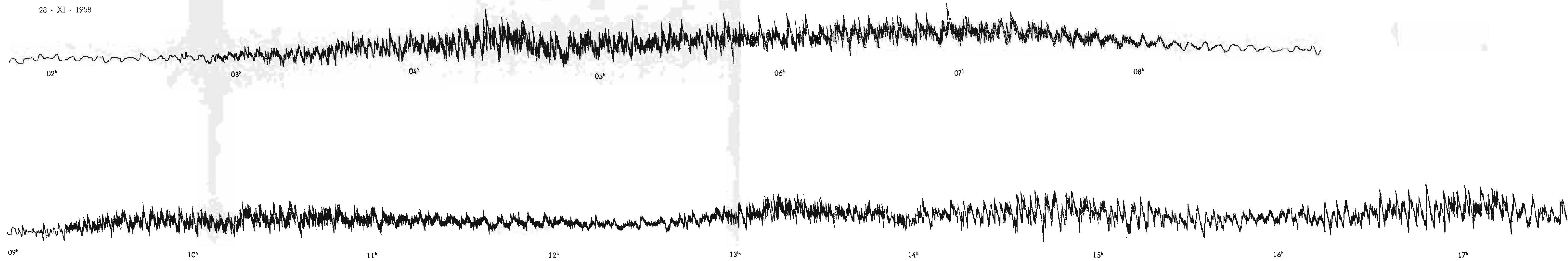


Fig. 11 - Esempio di tempesta.

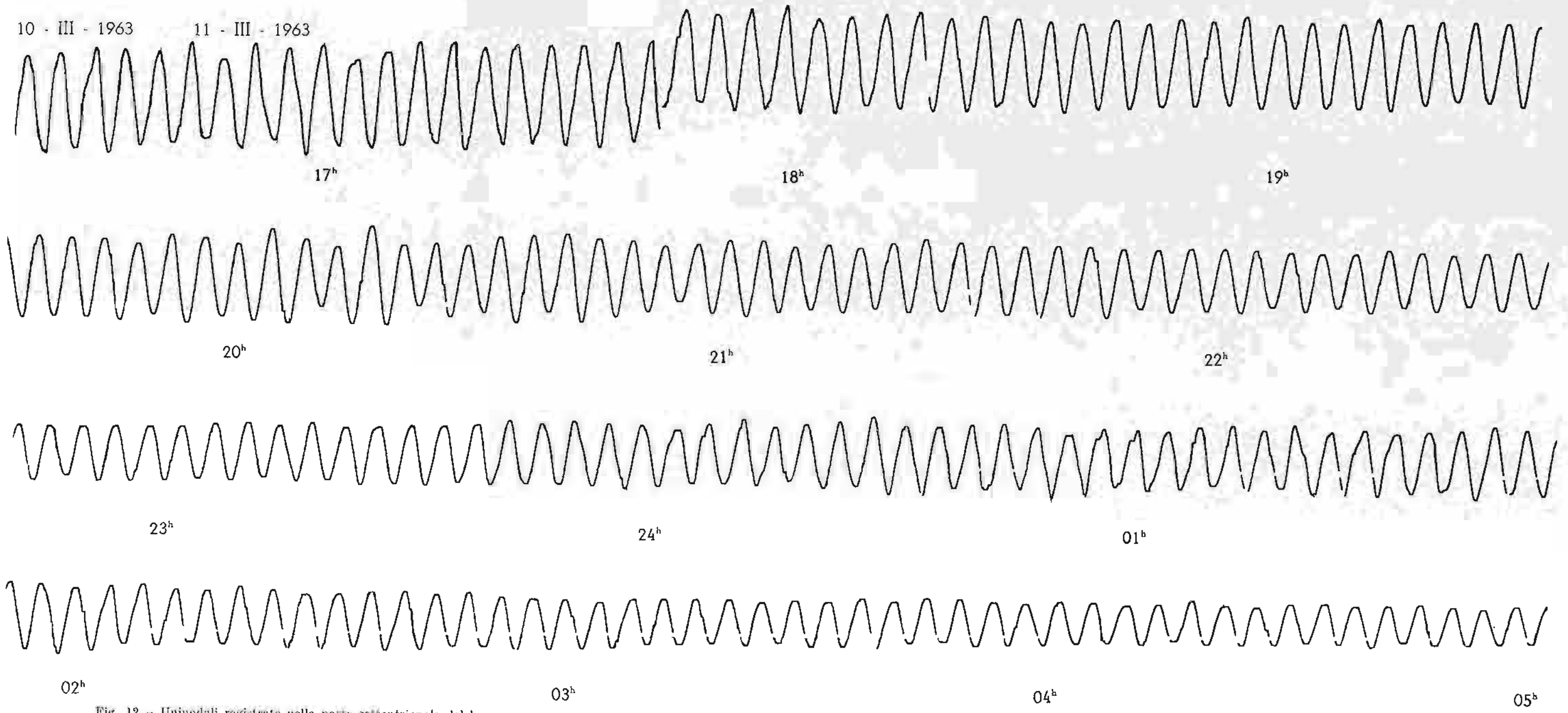


Fig. 12 - Unimodali registrate nella parte settentrionale del lago.

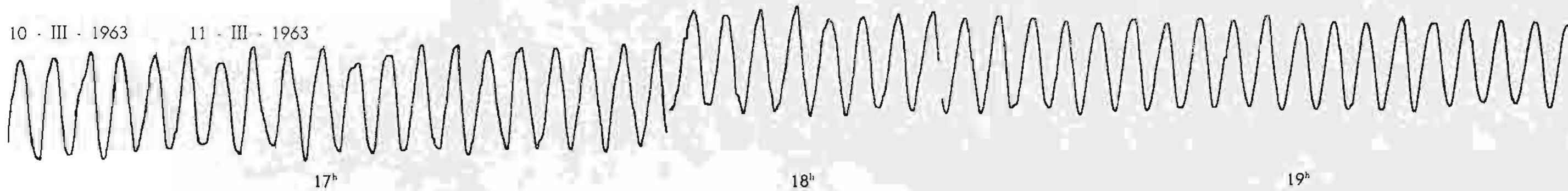


Fig. 13

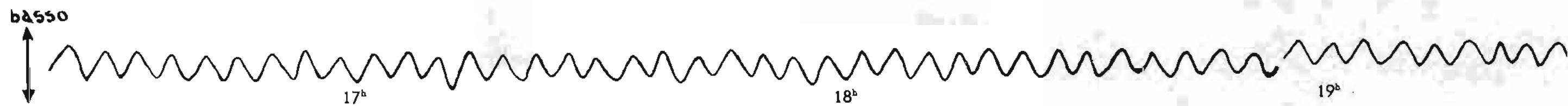


Fig. 13a

Fig. 13 — Fig. 13 e 13a — Confronto fra le registrazioni ottenute nella parte settentrionale del lago (Fig. 13) e nella parte meridionale (Fig. 13a): le uninodali — naturalmente in opposizione di fase — nella parte settentrionale del lago presentano ampiezze circa quadruple di quelle osservate nella parte meridionale.

LAGO DI ALBANO

11 - III - 1963

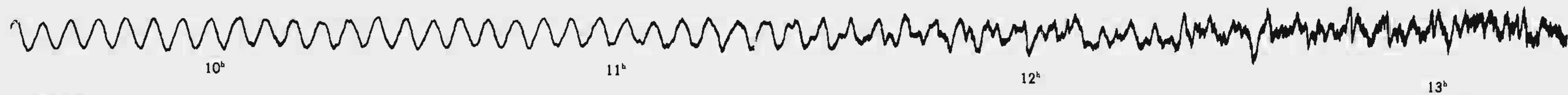


Fig. 14

11 - III - 1963



Fig. 14a - Ulteriore confronto fra le registrazioni ottenute nella parte settentrionale (Fig. 14) e nella parte meridionale del lago (Fig. 14a).

12 - III - 1963



12^h



13^h

14^h



15^h



16^h

Fig. 15 - Uninodali e binodali registrate con ampiezze molto accentuate nella parte settentrionale del lago.