

IDROLOGIA DELLE ACQUE DELLA LAGUNA VENETA NEL PORTO CANALE DI MALAMOCCO (Osservazioni preliminari)

per Paolo FRANCO e Aldo TISO

La laguna veneta, come è noto, comprende tre bacini, separati dal Mare Adriatico dal cordone litoraneo, nel quale si aprono le tre bocche portuali di Lido, di Malamocco e di Chioggia, e fra loro solo da fattori idraulici, determinanti però l'esistenza di partiacque ben definiti.

Fra i tre bacini, quello centrale, della superficie complessiva di 16 210 ha (Magistrato Alle Acque, 1939) presenta notevoli ragioni di interesse, dal punto di vista idrologico, determinate, rispetto agli altri due, soprattutto dalla minore influenza degli insediamenti umani, in esso limitati solo agli abitati di Malamocco, Pellestrina e S. Pietro in Volta, e del loro effetto inquinante che influenza profondamente il bilancio chimico lagunare, specie per quanto riguarda i sali nutritivi e l'ossigenazione (FAGANELLI 1954, VATOVA 1958, 1960, 1962) nei bacini settentrionale e meridionale della laguna; tali ragioni di interesse sono inoltre acute dalla scarsità dei dati finora pubblicati sull'argomento.

In vista dei motivi esposti, si è svolto e si sta svolgendo pertanto un piano di ricerca, nell'esecuzione del quale si sono raccolte osservazioni sulla temperatura, salinità, ossigenazione e contenuto in sali nutritivi (azoto ammoniacale, nitroso e nitrico, fosforo da fosfati, e silicio), e di cui si riferiscono qui i risultati preliminari di un periodo biennale (dal giugno 1960 al giugno 1962) per le prime, e dell'ultimo semestre di tale periodo per gli ultimi. I dati qui elaborati sono le medie di quelli rilevati a 0,5 e 3 m di profondità.

Le osservazioni sono state compiute nella bocca portuale di Malamocco, in corrispondenza delle fasi diurne di alta e bassa marea in sizigia e quadratura, nell'assunzione che descrivendo le condizioni delle acque nelle fasi estreme del ciclo di marea si sarebbe avuto un quadro sufficientemente esatto delle condizioni medie e delle acque litoranee ingredienti nella laguna in alta marea e di quelle lagunari da essa uscenti nella fase opposta di marea, dei loro rapporti reciproci e di quelli delle loro variabili chimico-fisiche con quelle idrodinamiche e meteorologiche.

Le informazioni raccolte sono inoltre da correlare e da integrare con quelle biologiche, aventi per oggetto il plancton lagunare ed in corso di elaborazione.

Metodi.

I metodi di raccolta, analisi ed elaborazione riguardanti i dati di temperatura, salinità ed ossigenazione sono stati già descritti in una pubblicazione precedente (FRANCO, 1962): per i sali nutritivi si sono usati rispettivamente il metodo di MULLIN e RILEY (1955a) per l'azoto nitrico, quello di BENDSCHNEIDER e ROBINSON (1952) per l'azoto nitroso, e quello di WITTING-BUCH (BUCH 1923) per l'azoto ammoniacale. Per il fosforo da fosfati si è adottato il metodo proposto da DENIGES (1920) e modificato da ROBINSON e THOMPSON (1948) per permettere la sua applicazione alle acque marine. Il silicio infine è stato determinato con il metodo di

ARMSTRONG (1951), usando come riducente una soluzione acquosa di metolo (solfato di p-metilaminofenolo) e solfito (MULLIN e RILEY, 1955b).

Le analisi sono state effettuate entro le 24 ore dalla raccolta, o, in caso diverso, dopo conservazione dei campioni in bottiglie di polietene a circa -20°C .

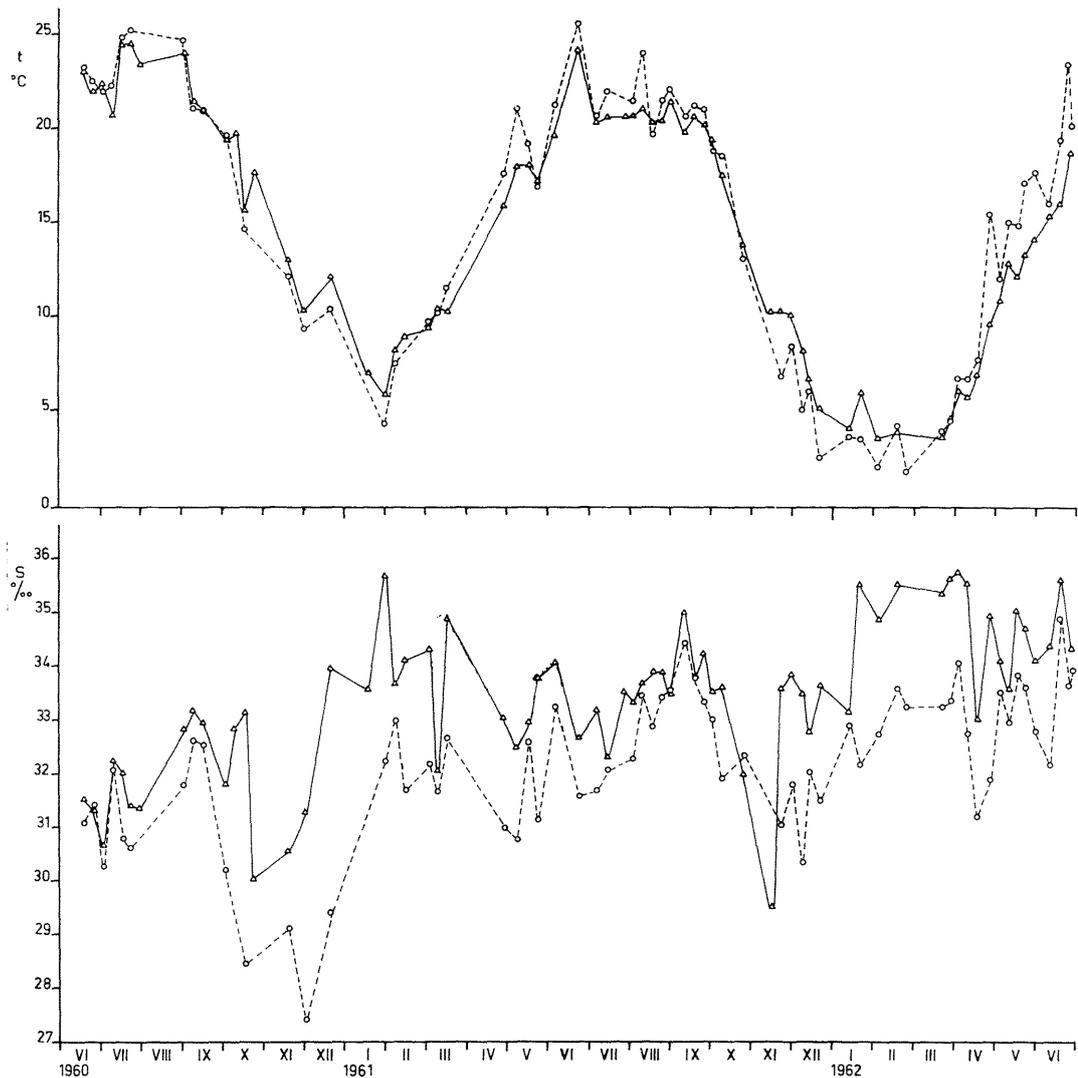


FIG. 1. — Andamento della temperatura (in alto) e della salinità (in basso) dell'acqua: confronto dei valori medi in alta (Δ) e bassa marea (○).

Risultati.

Temperatura.

Nel periodo da noi preso in esame, la temperatura delle acque nel porto canale di Malamocco è variata da un massimo assoluto di $24^{\circ}63$ (il 16/VII/60) ad un minimo di $5^{\circ}90$ (il 30/I/61) in condizioni di alta marea, e da $26^{\circ}92$ (il 10/VIII/61) a $4^{\circ}33$ (il 30/I/61) in bassa marea, con valori medi sull'intero periodo biennale rispettivamente di $16^{\circ}60$ e $16^{\circ}00$.

Come appare chiaramente dall'interpolazione grafica (fig. 1) la temperatura presenta un ciclo di variazione stagionale, che si dimostra direttamente correlato con quello della temperatura atmosferica (1) (fig. 2).

L'esame dei dati presi a diversa profondità e qui non riprodotti (FRANCO 1962) mette inoltre in evidenza che l'effetto termoregolante atmosferico si manifesta in modo più spiccato per lo strato superficiale delle acque che per quello profondo, il che determina lo stabilirsi di gradienti termici inversi nei periodi estivi ed invernali, con fasi di omeotermia nelle stagioni intermedie. Si deve ricollegare altresì a questo fenomeno la caratterizzazione termica stagionale delle acque di provenienza litoranea entranti in laguna in alta marea e di quelle da essa uscenti in bassa marea: le prime sembrano presentare temperature più elevate delle seconde nel periodo invernale, mentre il contrario pare avvenire in quello estivo.

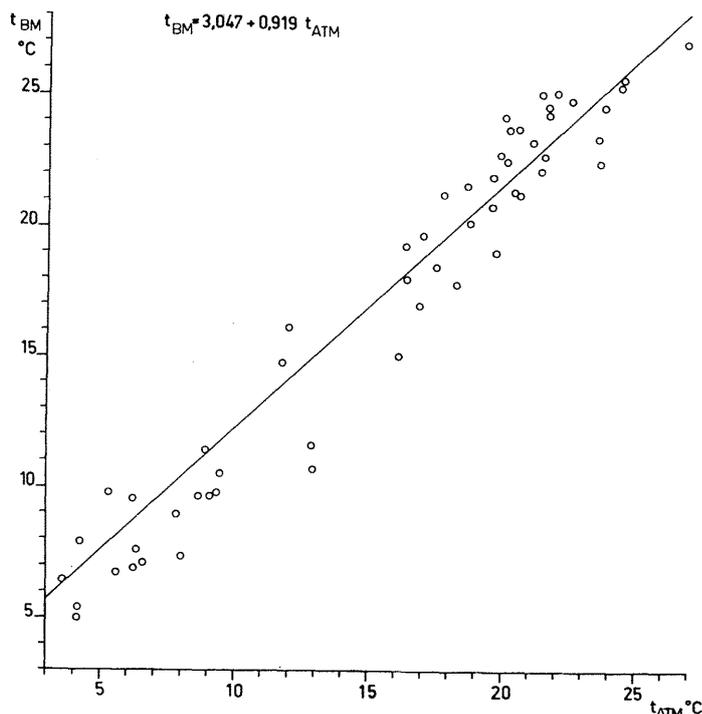


FIG.2. — Retta di regressione della temperatura dell'acqua in bassa marea e temperatura media dell'aria nel giorno del prelievo.

Salinità.

Gli estremi di variazione della salinità nelle acque in esame sono rappresentati in alta marea da un valore massimo del 35,73 ‰ (il 4/IV/62) e da un minimo del 29,47 ‰ (il 16/XI/61), in bassa marea rispettivamente del 34,85 ‰ (il 19/VI/62) e del 27,42 ‰ (1/XII/60): i valori medi biennali sono del 33,32 ‰ per le acque entranti in laguna e del 32,00 ‰ per quelle da essa uscenti.

In generale, l'andamento delle variazioni della concentrazione alina nel tempo (fig.1), palesa l'esistenza di un ciclo annuale, con valori minimi da ottobre a dicembre e massimi da dicembre a giugno: andamento che è presumibilmente regolato in modo prevalente dall'apporto di acque dolci, meteoriche o convogliate alla laguna dai canali drenanti il bacino imbrifero suo tributario.

(1) Dati gentilmente forniti dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia.

Tale presunzione è avvalorata dall'esame della correlazione esistente fra la piovosità totale mensile e la salinità media mensile delle acque lagunari: in bassa marea la correlazione (fig. 3), misurata da un indice di correlazione $R = -0,605$, risulta infatti ampiamente attendibile.

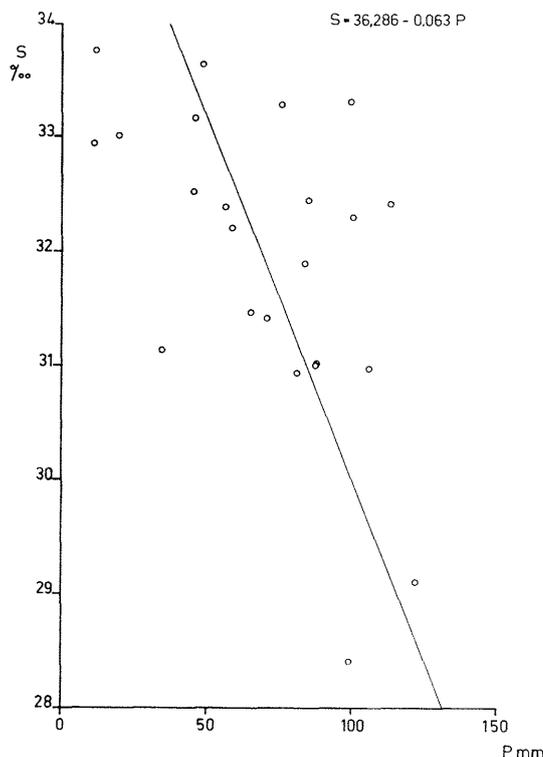


FIG. 3. Retta di regressione della salinità media mensile dell'acqua in bassa marea e piovosità totale mensile.

La minore salinità che in media presentano le acque lagunari rispetto a quelle marine litoranee è presumibilmente da collegarsi allo stesso fenomeno.

Un altro fattore influenzante la salinità delle acque, di cui si può desumere dai dati il verificarsi nel bacino centrale della laguna veneta, anche se in misura molto minore che in quello settentrionale (PICOTTI 1936); è l'ampiezza dell'escursione di marea: la concentrazione alina delle acque lagunari mostra la tendenza ad assumere infatti valori più bassi in quadratura che in sizigia.

Ossigenazione.

Nel periodo biennale in osservazione, l'ossigenazione assoluta delle acque lagunari nel porto-canale di Malamocco mostra un'ampia variazione, tra un valore massimo di $6,90 \text{ cm}^3/\text{l}$ (28/III/62) ed uno minimo di $4,39 \text{ cm}^3/\text{l}$ (19/IX/61) in condizioni di alta marea, e rispettivamente tra uno di $8,49 \text{ cm}^3/\text{l}$ (19/II/61) e di $3,90 \text{ cm}^3/\text{l}$ (3/X/61) in bassa marea con concentrazioni medie di $5,52 \text{ cm}^3/\text{l}$ in alta e $5,90 \text{ cm}^3/\text{l}$ in bassa marea.

Il ciclo di variazione (fig. 4) ha carattere nettamente stagionale, con livelli minimi nei mesi estivi e massimi in quelli invernali, ed appare condizionato particolarmente dalla temperatura delle acque: dai dati raccolti si desume infatti una stretta correlazione fra la concentrazione dell'ossigeno disciolto e la temperatura (per i dati di bassa marea, $R = -0,759$: fig. 5).

Nonostante la tendenza delle acque in fase di bassa marea a mostrare ossigenazioni superiori a quelle dell'alta marea, la differenza di ossigenazione fra le due masse d'acqua non è in media sufficiente a ritenerle significativamente diverse sotto tale rispetto: il che equivale a rilevare che manca quella maggiore ossigenazione assoluta delle acque lagunari rispetto a quelle litorali che era stata ammessa per il bacino centrale della laguna veneta, sulla scorta del comportamento delle acque di quello meridionale.

I dati non sembrano suggerire, inoltre, una dipendenza delle differenze di concentrazione dell'ossigeno disciolto da fenomeni di ossigenazione biologica, piuttosto che da fattori fisici.

Un fenomeno di notevole interesse è invece rappresentato dall'influenza dell'ampiezza dell'escursione di marea sulla concentrazione dell'ossigeno disciolto: le medie degli scarti tra l'ossigenazione assoluta di acque di alta e di bassa marea sono significativamente diverse in condizioni di sizigia e quadratura. L'influenza dell'ampiezza di marea si manifesta a carico delle acque di riflusso: infatti le differenze medie d'ossigenazione fra acque pertinenti a cicli di marea in sizigia e quadratura non sono significative per l'alta marea, mentre lo sono molto nettamente per la bassa marea. La differenze medesime sono inoltre significativamente maggiori

per lo strato superficiale delle acque di riflusso, il che sembra indicare che in corrispondenza ai minimi livelli delle basse maree sizigiali si determina uno scorrimento superficiale di acque provenienti da zone periferiche del bacino lagunare, fortemente ossigenate per l'azione di molteplici fattori fisici e biologici, su quelle della laguna viva.

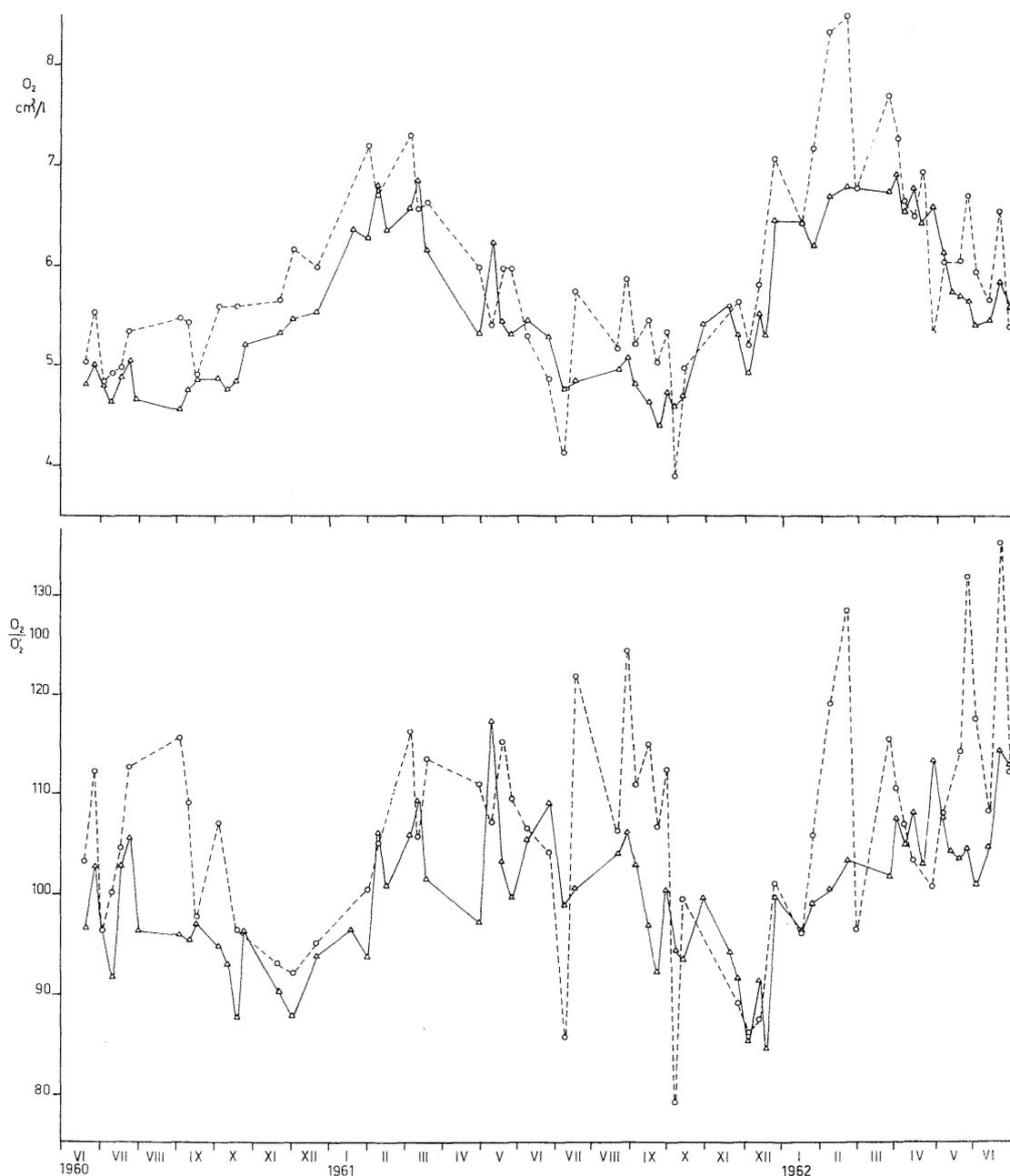


FIG. 4. — Andamento della ossigenazione assoluta (in alto) e dell'indice di saturazione percentuale dell'ossigeno disciolto (in basso): confronto dei valori medi in alta marea (Δ) e bassa marea (\circ).

Per una valutazione complessiva dei fattori fisico-chimici determinanti l'ossigenazione delle acque è utile ricorrere allo indice di saturazione percentuale, parametro che, com'è noto,

viene calcolato dal rapporto della concentrazione d'ossigeno riscontrata e di quella teorica a saturazione: quest'ultima è stata a sua volta calcolata dai dati di temperatura e salinità con la relazione riferita da TRUESDALE e GAMESON (1957).

L'andamento nel tempo dei valori assunti dall'indice di saturazione palesa l'esistenza di un ciclo di variazione annuale delle condizioni di saturazione dell'ossigeno disciolto, con livelli minimi nei mesi decorrenti da ottobre a dicembre e più elevati nei mesi restanti (fig. 4). I valori estremi di tale variazione ciclica sono, nel periodo da noi considerato ed in acque di alta marea un massimo del 114,3 % (19/VI/62) ed un minimo dell'84,5 % (14/XII/62): in acque di bassa marea rispettivamente del 135,1 % (19/VI/62) e del 79,0 % (3/X/61); il più ampio intervallo di variazione nelle acque di bassa marea corrisponde ad una maggior variabilità del parametro nelle acque lagunari.

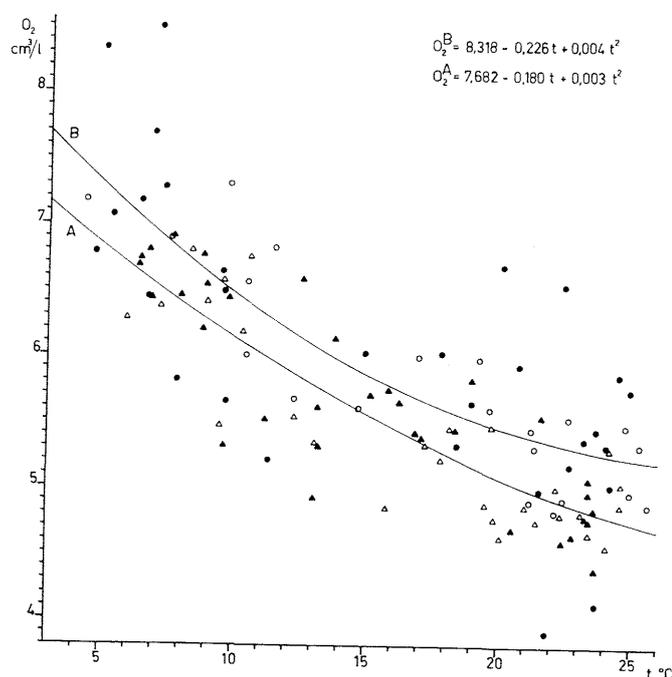


FIG. 5. — Curva di regressione dell'ossigenazione assoluta e della temperatura delle acque in alta (A) e bassa (B) marea. (I simboli vuoti si riferiscono al primo anno di osservazioni, i pieni al secondo.)

I valori medi per il biennio sono del 99,6 % in alta e del 106,2 % in bassa marea.

Le condizioni di saturazione dell'ossigeno disciolto risultano significativamente diverse in acque di alta e bassa marea, come appare dal confronto dei valori medi e dall'analisi della varianza. In altri termini, le acque di alta marea sono un media in condizioni di saturazione attendibilmente diverse da quelle delle acque di bassa marea, che in media si presentano sovrasature.

Da quanto si è andati esponendo appare lecita la conclusione che, mentre le acque del bacino centrale della laguna veneta non si possono attendibilmente caratterizzare per un arricchimento assoluto di ossigeno rispetto a quelle litoranee, lo possono per quanto riguarda le condizioni di saturazione dell'ossigeno in esse disciolto, condizioni dipendenti da un complesso di fattori interferenti, sia fisici (legati questi alla turbolenza delle acque causata dalle correnti di marea o dal vento) che chimici o biologici (connessi alla attività fotosintetica del fitoplancton e della vegetazione di fondo, ed a processi di mineralizzazione delle sostanze organiche) dei quali, sulla scorta dei dati attualmente disponibili, sembra impossibile discriminare l'importanza relativa.

Si deve infine notare che anche l'indice di saturazione conferma l'esistenza nelle acque lagunari di un ciclo d'ossigenazione condizionato dall'ampiezza dell'escursione di marea, con valori più elevati in condizioni di sizigie, specie per quanto riguarda lo strato superficiale.

Sali nutritivi.

Azoto nitrico.

Le concentrazioni di azoto nitrico in alta marea seguono in complesso un andamento parallelo a quelle constatate in bassa marea. Ci sembra di notare (fig. 6) un andamento tipicamente stagionale con concentrazioni relativamente elevate nelle maree sizigiali durante i mesi freddi e un continuo affievolirsi della concentrazione nei mesi caldi. Così ad esempio, in alta marea in condizioni di sizigie si presentano due punte massime di 6,87 e di 10,08 $\mu\text{g-at/l}$ rispettivamente il 5/II e il 18/IV/1962, e poi una continua caduta sino a 0,10 $\mu\text{g-at/l}$ (19/VI/62).

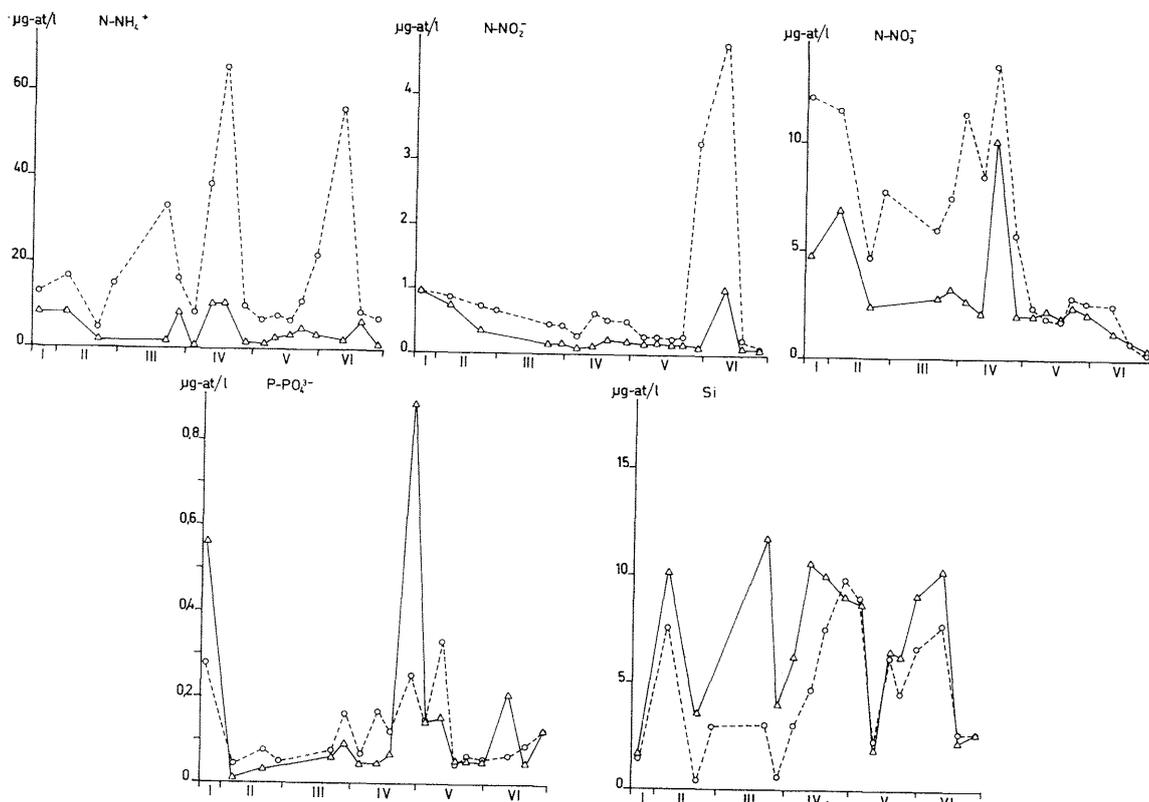


FIG. 6. — Andamento della concentrazione dell'azoto nitrico, nitroso e ammoniacale, del fosforo e del silicio: confronto dei valori medi in alta (Δ) e bassa (O) marea.

In bassa marea la curva dei valori dell'azoto nitrico presenta grosso modo le stesse variazioni nel tempo riscontrate nell'opposta fase di marea ma quasi sempre con una concentrazione alquanto superiore, dovuta probabilmente a processi di demolizione di sostanze organiche. Si notano infatti ancora le due punte massime (il 5/II ed il 18/IV/62) con concentrazioni di 11,50 e rispettivamente 13,60 $\mu\text{g-at/l}$, e poi la continua caduta sino a 0,74 $\mu\text{g-at/l}$ (19/VI/62).

Azoto nitroso.

L'azoto nitroso in alta marea si riscontra in quantità molto piccole con una media di 0,286 $\mu\text{g-at/l}$ e due massimi di 0,964 e 0,999 $\mu\text{g-at/l}$ (rispettivamente il 22/I e l'2/VI).

In bassa marea le concentrazioni di azoto nitroso si presentano costantemente superiori che non in alta marea, con una media di 0,858 $\mu\text{g-at/l}$ e con due valori massimi di 3,29 e 4,80 $\mu\text{g-at/l}$ (il 30/v e rispettivamente l'2/vi).

Azoto ammoniacale.

L'azoto ammoniacale in alta marea segue più o meno fedelmente l'andamento della concentrazione dei nitrati con una media di 4,29 $\mu\text{g-at/l}$. In bassa marea la concentrazione dei sali ammoniacali è molto superiore presentando una media di 19,44 $\mu\text{g-at/l}$, con un massimo di 65,63 $\mu\text{g-at/l}$ (18/IV/62) ed un minimo di 4,80 $\mu\text{g-at/l}$ (19/II/62). L'andamento in bassa marea si differenzia da quello in marea entrante, specialmente nel tratto compreso tra febbraio e aprile, ove l'andamento della concentrazione dell'azoto ammoniacale si presenta contrario e contrastante a quello dell'azoto nitrico.

| Concentrazione media dell'azoto minerale | | | | |
|--|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | N Totale | N-NH ₄ | N-NO ₂ | N-NO ₃ |
| Alta M | 7,43 | 4,29 | 0,28 | 2,86 |
| Bassa M | 26,04 | 19,44 | 0,86 | 5,74 |

TABELLA I

Fosforo.

La concentrazione del fosforo minerale in acque di alta marea è quasi sempre bassa, ad eccezione di due punte massime di 0,568 e di 0,898 $\mu\text{g-at/l}$ (rispettivamente il 22/I ed il 27/IV/62). Durante gli altri prelievi si sono trovate medie oscillanti attorno ai 0,80 $\mu\text{g-at/l}$. La quantità minima riscontrata è di 0,010 $\mu\text{g-at/l}$ (il 5/II/62). In bassa marea la concentrazione del fosforo segue abbastanza fedelmente il decorso tracciato in alta marea mantenendosi però quasi costantemente ad un livello superiore. In coincidenza con le due punte massime in acque d'alta marea si nota però un forte affievolimento in quelle di bassa marea, raggiungendo solo i 0,28 e 0,25 $\mu\text{g-at/l}$ (rispettivamente il 22/I ed il 27/IV/62) contro i corrispondenti valori di 0,568 e 0,898 $\mu\text{g-at/l}$.

Silicio.

A differenza degli altri elementi nutritivi il Silicio presenta nel periodo in esame concentrazioni più elevate in alta marea che non in bassa marea, con medie di 6,73 e rispettivamente di 4,59 $\mu\text{g-at/l}$. L'andamento è molto tormentato, presentando specialmente nel primo periodo un alternarsi di massimi e di minimi. Sembrerebbe di poter vedere una coincidenza tra i minimi e le maree sizigiali, ma il periodo di tempo preso in esame è troppo breve per poterne trarre indicazioni utili.

Conclusione.

Nei limiti posti dalle metodiche di raccolta, esame ed elaborazione dei dati, e nella lecita ipotesi che le acque nel porto-canale subiscano durante il ciclo di marea modificazioni continue tra gli estremi di variazione rappresentati dalle caratteristiche individuate nelle condizioni di marea estreme, possiamo ritenere che quelle stesse siano indici rappresentativi dei caratteri

idrologici delle acque marine litoranee ingredienti nel bacino lagunare e di quelle lagunari da esso defluenti, nelle varie condizioni di ricambio risultanti dalle diverse ampiezze dell'escursione di marea in sizigia e quadratura.

Dall'insieme delle osservazioni e delle considerazioni su di esse svolte, i caratteri relativi delle due masse d'acqua si possono così riassumere :

1) La correlazione fra la temperatura atmosferica e quella dell'acqua risulta particolarmente stretta per le acque lagunari, dando ragione del maggior livello termico di queste rispetto alle acque litorali nel periodo estivo e del fenomeno inverso in quello invernale, e della precocità in esse dei processi di raffreddamento e riscaldamento stagionali.

2) La salinità è in media minore nelle acque lagunari che in quelle marine litorali, ed il fenomeno è inversamente correlato con l'apporto di acque meteoriche.

3) Le acque lagunari non si differenziano da quelle litorali in modo attendibile per quanto riguarda la loro ossigenazione assoluta : mostrano però un ciclo di variazione della concentrazione dell'ossigeno disciolto connesso al ciclo dell'ampiezza di marea, con valori significativamente più elevati in sizigia che in quadratura, specie per lo strato più superficiale.

Sono invece attendibilmente diverse le condizioni di saturazione dell'ossigeno nelle due masse d'acqua, presentandosi quelle lagunari in media sovrasatura, a differenza di quelle del mare antistante la laguna. Il ciclo di ampiezza di marea influisce inoltre direttamente anche sulle condizioni di saturazione nello stesso modo che per l'ossigenazione assoluta.

4) Per i sali nutritivi, infine, il periodo d'osservazione risulta troppo breve per poterne trarre conclusioni attendibili.

RÉSUMÉ

La note que voici se rapporte à une période biennale d'observations, conduites périodiquement dans l'embouchure portuaire de Malamocco (qui met en communication avec la Mer adriatique le bassin central de la lagune de Venise) et concernant la salinité, la température et l'oxygénation des eaux qui entrent dans la lagune avec la haute marée, et qui en sortent avec la basse marée.

Le but de cette communication est de donner une description préliminaire des conditions moyennes des eaux littorales et des eaux de la Lagune, et des corrélations existant entre les susdites variables, le cycle de marée, et quelques variables météorologiques, comme la température de l'air et la pluviosité.

D'après l'examen des données recueillies, il semble pouvoir conclure qu'il existe une corrélation positive bien forte entre la température de l'air et celle des eaux de la Lagune et négative entre la salinité de ces dernières et la pluviosité; tandis que ne paraissent pas être en moyenne significative les différences entre la concentration de l'oxygène dissous des eaux de la mer qui entrent dans le bassin de la Lagune et celles qui en sortent; dans ces dernières en outre elle résulte en relation avec l'amplitude de la marée.

Dans la dernière période d'observation on a considéré aussi la concentration en sels nutritifs (nitrates, nitrites, ammoniaque, phosphates et silice) des masses d'eau décrites.

Centro nazionale di Studi talassografici, Venezia.

BIBLIOGRAFIA

- ARMSTRONG (F.H.J.), 1951. — The determination of silicate in sea water. — *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **30**, p. 149-160.
- ATKINS (W.R.G.), 1923. — The phosphate content of sea water in relation-ship to the growth of the algal plankton. — *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **13**, p. 119-150.
- BENDSCHNEIDER (K.) e ROBINSON (R.J.), 1952. — A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. — *J. Mar. Res.*, **11**, p. 87.
- BUCH (K.), 1923. — Methodisches über der Bestimmung von Stickstoffverbindung im Wasser. — Merentutkimuslait. Julk. (*Havforskn. Inst. Skr., Helsingf.*), **18**, p. 22.
- DENIGES (G.), 1920. — Reaction de coloration extrêmement sensible des phosphates et des arseniates. — *C.R. Acad. Sci. Paris*, **171**, p. 802.
- FAGANELLI (A.), 1954. — Il trofismo della Laguna Veneta e la vivificazione marina. I. Ricerche idrografiche. — *Arch. Oceanogr. Limnol.*, **9**, p. 9-112.
- FISHER (R.A.), 1948. — Metodi statistici ad uso dei ricercatori. — *Torino, U.T.E.T.*, 326 p.
- FRANCO (P.), 1962. — Condizioni fisiche e chimiche delle acque lagunari nel Porto-Canale di Malamocco. I. Giugno 1960 - Giugno 1961. — *Arch. Oceanogr. Limnol.*, **12** (3), p. 225-255.
— Condizioni fisiche e chimiche delle acque lagunari nel Porto-Canale di Malamocco. II. Giugno 1961 - Giugno 1962. — *Arch. Oceanogr. Limnol.* (in prepar.).
- HARWEY (H.W.), 1948. — The estimation of phosphates and of total phosphorus in sea water. — *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **27**, p. 337-359.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE, 1939. — Laguna di Venezia. Superfici dei bacini che compongono la Laguna. — *Pubbl. Magistr. Acque*, **134** bis.
- MULLIN (J.B.) e RILEY (J.P.), 1955 a. — The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. — *Analyt. chim. Acta*, **12**, p. 162-176.
— 1955 b. — The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters with particular reference to sea water. — *Analyt. chim. Acta*, **12**, p. 464-480.
- PICOTTI (M.), 1936. — Il regime alino delle acque lagunari venete. — *Atti Ist. veneto*, **95** (2), p. 237-249.
- ROBINSON (R.J.) e THOMPSON (T.G.), 1948. — The determination of phosphates in sea water. — *J. Mar. Res.*, **7**, p. 33-41.
- SNEDECOR (G.W.), 1961. — Statistical methods. — Ames, The Iowa State Univ. Press, p. 534.
- TRUESDALE (G.A.) e GAMESON (L.H.), 1957. — The solubility of oxygen in saline water. — *J. Cons. int. Explor. Mer*, **22** (2), p. 163-166.
- VATOVA (A.), 1958. — Condizioni idrografiche dell'Alta Laguna Veneta. — *Nova Thalassia*, **2** (8), 110 p.
— 1960. — Condizioni idrografiche e fasi di marea nell'Alta Laguna Veneta. — *Nova Thalassia*, **2** (9), 60 p.
- VATOVA (A.), 1961. — Sur la productivité primaire dans la lagune de Venise. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.* **16** (3), p. 789-791.
— 1962. — Rapporti tra concentrazione dei sali nutritivi e produttività delle acque lagunari. — *Ric. sci.*, **32** (2-B), p. 44-51.
- WIRTH (H.E.) e ROBINSON (R.H.), 1933. — Photometric investigations of Nessler reaction and Witting method for determination of ammonia in sea water. — *Industr. Engng. Chem. (Anal.)*, **5**, p. 293-296.
-