LA REGIONE SOTTOCOSTIERA NORDADRIATICA : FENOMENOLOGIA

P. MALANOTTE RIZZOLI*, A. BERGAMASCO**
L. BERTOTTI***, L. CAVALERI*

* Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse (ISDGM) CNR - Venezia
** Collaboratore Scientifico dello ISDGM - CNR – Venezia
Consulente della Regione Emilia-Romagna
*** Istituto di Matematica Applicata - Università di Padova
Consulente della Regione Emilia-Romagna

RIASSUNTO

II problema della comprensione del fenomeno di eutrofizzazione che da alcuni anni si verifica lungo la fascia costiera dell'Adriatico Settentrionale nell'arco emilio-romagnolo, ha portato alla costruzione di un modello per lo studio dell'ecosistema marino in quella zona. Nella presente nota viene brevemente descritta la fenomenologia di tale sistema atto alla comprensione delle caratteristiche essenziali che ne descrivono l'evoluzione e, quindi, alla individuazione della struttura con cui costruire il relativo modello idrodinamico.

SUMMARY

The undercoastal region in front of the Emilia-Romagna littoral in the Northern Adriatic has been affected in these last years by the phenomenon known as eutrophication. To understand its causes and development, a dynamical model has been constructed for this coastal region. In this paper the phenomenology is discussed of the coastal marine ecosystem, particularly complex being an open ecosystem, thus intercating with the whole Northern Adriatic. The basic characteristics are discussed of this ecosystem necessary to extract the essential features of any dynamical model suitable for its description.

La problematica della circolazione in Mare Adriatico Settentrionale è un problema già affrontato da una serie di studi successivi (Hendershott e Rizzoli, 1972-1976; Malanotte Rizzoli e Gazzillo,1976; Malanotte Rizzoli, 1977; Malanotte Rizzo!i e Dell'Orto, 1980). Tali studi concernono in parti colar modo la dinamica della circolazione media del tardo autunno-inverno, il problema della formazione delle acque dense e profonde, il problema della fascia sottocostiera adiacente alla costa italiana in quanto inserita nella circolazione generale. Tale serie di studi modellistici non era però perseguita con la finalizzazione specifica allo studio dell'ecosistema sottocostiero marino del litorale

Emilio-Romagnolo. Per affrontare propriamente tale problema occorre costruire una modellistica "ad hoc" necessariamente imperniata su una definizione delle fenomenologie dell'ecosistema sottocostiero aperto in quanto facente parte dell'intero bacino Nord-Adriatico.

In questo lavoro sarà appunto data una descrizione sintetica di tale fenomenologia nell'ottica di giungere alle caratteristiche essenziali necessari e di un qualsiasi modello atto a descrivere e prevedere l'evoluzione del sistema.

Occorre anzitutto fare una breve premessa "storica" per spiegare come tale problema di ricerca applicata di avanguardia sia stato portato all'attenzione del mondo oceanografico.

La zona di interesse è quella riportata in fig. 1, in cui avvengono, in particolare nelle stagioni di primavera-estate, importanti fenomeni di eutrofizzazione sottocostiera.

Negli anni 1977 e 1978 la Regione Emilia-Romagna commissionò una serie di misure e campagne sperimentali ripetute regolarmente lungo la direttrice di Cesenatico (Sez. 2 di fig. 1) ed il piccolo quadrilatero ad essa adiacente, preso come quadrilatero campione. Tali serie di misure riguardavano naturalmente i tradizionali parametri oceanografici più una serie di nutrienti, misurati in superficie ed al fondo. Tali serie di dati, seppur sufficiente a dare indicazioni di massima quali bilanci globali nella massa d'acqua o l'individuazione del fattore limitante, sono chiaramente insufficienti non solo per un approccio modellistico, ma anche per le finalità della Regione stessa. I fenomeni di eutrofizzazione, infatti avvengono lungo tutto l'arco costiero Emi1 io Romangolo e sono distinguibili in due grandi categorie:

a) fioriture al gai i a 2-3 km dalla linea costiera, a forma di chiazze "rettangolari" spesse 200-300 m e lunghe qualche chilometro, con l'asse più lungo parallelo alla costa;

b) fioriture alga!i a dimensioni ancora più estese, e forme più irregolari a distanza di 8-10 km dalla costa.

Dal 1979 tale problema è diventato una delle finalizzazioni specifiche per le U.O. operanti in Alto Adriatico nell'ambito del P.F. "Oceanografia e Fondi Marini". Il programma della Regione è stato quindi ri-impostato e ridefinito secondo una linea di approccio modellistico descrittivo-previsionale. Per poter raggiungere gli obiettivi prefissici, occorreva quindi ri-impostare anche il programma di misure sperimentali, in modo da coprire tutta la zona interessata dalle fioriture al gai i e fornire una prima mappatura completa della fascia sottocostiera che potesse servire come input-output al modello specificatamente costruito. Questa campagna comprensiva è stata effettuata nell'Agosto 1979 con il concorso di tutte le U.O. del P.F. Oceanografia operanti in Alto Adriatico, che hanno cooperato con la nave ed i ricercatori della Regione. La campagna è stata organizzata in modo da coprire la fascia sottocostiera con le 5 sezioni marcate in fig. 1. Su ciascuna sezione sono state eseguite stazioni oceanografi che alle seguenti distanze dalla costa:

- 200 m; I km; 3 km; 6 km; 10 km; 15 km; 20 km; stazioni scelte sulla base delle esperienze accumulate nel 1977 e 1978.

Sono state eseguite, in tutte le stazione riportate, misure di:

temperatura - salinità - pH - ossigeno di sciolto - nutrienti (fosfati - - nitrati - nitriti - ammoniaca - silicati) biomassa fitoplanctonica (clorofilla a) e sua differenziazione nelle varie specie-misure sedimentologiche. Simultaneamente, sono stati posizionati quattro correntometri sulle due piattaforme AGIR PCB e Gar A (fig. 1) rispettivamente due nello strato superficiale e due in quello profondo. Questi si sono aggiunti a quelli funzionanti dal Maggio 1979 nei due siti correntometri ci localizzati lungo la direttrice di Cesenatico nelle due locazioni B 1 (un correntometro nello strato superficiale) e C 2 (un correntometro nello strato superficiale ed uno in quello profondo).

Tale campagna costituisce un esempio ottimale del tipo di mappatura necessaria non solo ad una comprensione fenomenologica della zona ma anche come input-output alla relativa modellistica.

Come già detto, questa deve essere impostata "ad hoc" a partire dalle conoscenze fenomenologiche acquisibili dai dati storici.

Saranno mostrati adesso due esempi - necessariamente molto brevi ed esemplificati - relativi alle distribuzioni delle proprietà oceano-grafiche nella zona, distribuzioni sia orizzontali che verticali.

In fig. (2a), (2b), (2c), (2d) sono riportate tipiche distribuzioni per lo strato superficiale Nord-Adriatico per l'estate (a sinistra) e l'inverno (a destra) rispettivamente per i seguenti parametri (da Franco, 1973):

- salinità, in %
- silicio da ortosilicati, in ug-atomi Si/litro
- azoto da nitrati, in ug-atomo N/litro
- biomassa fitoplanctonica come clorofilla A, in mg clorofilla A/m^2 (valori integrati sulla colonna di 20 m).

Quello che immediatamente si nota è come la fenomenologia della zona sia influenzata in modo determinante dalle acque del Po. Non soltanto la salinità dello strato superficiale può essere usata come "tracciante" delle acque del fiume, ma anche proprietà quali il silicio, l'azoto, la stessa biomassa. Infatti, notevole è la correlazione fra le distribuzioni orizzontali stagionali medie di queste diverse proprietà sia nella stagione estiva che in quella invernale. Ciascuna di queste proprietà - anche quelle interessate da interazioni non conservative - può essere quindi considerata come un indicatore dei processi di avvenzione e diffusione delle acque del Po, che evidentemente influenza in modo determinante la dinamica della fascia sottocostiera. Immediata è inoltre la differenza fra le distribuzioni estive e quelle invernali. Nelle prime il piume del Po nello strato superficiale si spinge verso l'interno del bacino, allargandosi "a fungo" prima di portarsi verso sud, seguendo

i1 giro ciclonico della circolazione Adriatica.

Nelle condizioni invernali, invece, le acque del Po rimangono molto più concentrate lungo la costa, dove danno origine ad una ristretta fascia di intensi gradienti orizzontali. Tale fascia d'acqua fluviale si prolunga verso Sud, rimanendo distinta dalle condizioni prevalenti all'interno del bacino, ed influenza direttamente la dinamica della zona sottocostiera.

Quali sono le indicazioni generali che si possono trarre?

In primo luogo che il modello necessario deve essere tanto flessibile da poter rappresentare condizioni fenomenologiche tanto diverse quali quelle estive e quelle invernali. In secondo luogo che la risoluzione spaziale di tale modello in senso orizzontale deve essere notevole, con un grigliato di almeno 2.5 km (come dimensione lineare) ed anche inferiore, per poter correttamente rappresentare l'effetto del Po, che è una delle forze "driving" della dinamica sottocostiera ed è un input al contorno estremamente ristretto e localizzato.

Il secondo esempio di proprietà fenomenologiche è un esempio delle distribuzioni verticali.

Tipiche sezioni oceanografiche per la distribuzione verticale dell'anomalia di densità σ_t sono date in fig. (3a); (3b). (Malanotte Rizzoli, campagna "ADRIA" Novembre 1974).

Queste sezioni trasversali corrispondono rispettivamente:

- Sezione L - altezza di Porto Garibaldi (3a)
- Sezione F - altezza di Rimi ni (3b)

Questo tipo di distribuzione è caratteristico della zona sottocostiera. L'acqua leggera fluviale ($\sigma_t < 28$) rimane concentrata nello strato superficiale, mentre nello strato profondo si trova 1' acqua più densa caratteristica dell'interno del bacino ($\sigma_t \cong 28.26$).Sembra allora che un modello a due strati possa essere sufficiente per la dinamica della fascia sottocostiera. Questo sembrerebbe confermato dai profili verticali di salinità e temperatura, riportati in fig. (4a), presi ad una stazione al di sotto del delta del Po, all'altezza di Lido delle Nazioni, durante la campagna del Laboratorio Grandi Masse del 10-25 Giugno 1979. Le scale sono in unità ancora arbitrarie, in quanto deve essere ancora definito il livello assoluto di riferimento tramite il confronto coi valori degli stessi parametri presi a livelli prefissati, poiché i dati sono ancora in fase di elaborazione.

Questo d'altra parte è di importanza secondaria poiché le indicazioni fenomenologiche che si vogliono trarre da queste distribuzioni sono, perlomeno in questa discussione estremamente semplificata, di tipo orientativo verso il modello da definire quale necessario per la zona allo studio. I profili verticali di temperatura e salinità sembrano quindi indicare che un modello bi-strato possa essere sufficiente.

Ma se guardiamo il profilo della torbidità (4a) e quello della clorofilla A (4b) notiamo un fenomeno diverso. In entrambi questi ultimi, schematizzando, si può distinguere anzitutto uno strato superficiale a:

elevata temperatura - bassa salinità - bassa torpidità

- elevata biomassa.

C'è poi uno strato intermedio a torbidità intermedia - minima clorofilla A ed uno strato di fondo a: massima torbidità - alta clorofilla A.

Se quindi, in una approssimazione di ordine zero, la temperatura e salinità sono assimilabili ad un bi-strato, allo stesso livello di approssimazione zero occorre tener conto di 3 strati per la torbidità e la clorofilla A.

Evidentemente, nell'esempio mostrato, un cuneo formato da una diversa massa d'acqua si è infiltrato nella zona profonda dando origine ad una terza lingua d'acqua non altrettanto netta e distinguibile nei profili dei tradizionali parametri oceanografici.

Questo da l'indicazione essenziale che un modello a due strati non è sufficiente per descrivere la dinamica delle zone sottocostiere. Invece, tale modello deve essere costruito in modo da essere verticalmente "flessibile", in modo da permettere un numero variabile di strati sovrapposti ed interagenti e da poter quindi descrivere sia situazioni verticalmente omogenee che quelle del tipo ora mostrato. Questi naturalmente sono esempi fenomenologici estremamente semplificati sufficienti, però, a dare le indicazioni essenziali per l'approccio teorico. Su uno studio molto più esteso ed approfondito dei dati storici a disposizione, è stato costruito un modello "ad hoc" per tale fascia sottocostiera, in modo da soddisfare ai principi di "flessibilità" richiesti dai due semplici esempi ora mostrati.

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del P.F. "Oceanografia e fondi marini", sottoprogetto "Piattaforma Continentale", del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia, contratto n. 104520/88/8004653, per la finalizzazione allo studio dei fenomeni di eutrofizzazione della Regione Emilia-Romagna.

BIBLIOGRAFIA

FRANCO P., 1970 - Oceanography of Northern Adriatic Sea. 1. Hydrologic features: Cruises July-August and October-November 1965, Arch. Oceanogr. Limnol. , Suppl. 16, pp. 93.

FRANCO P., 1972. - Oceanography of Northern Adriatic Sea. 2. Hydrologic features: Cruises January-February and April-May 1966, Arch. Oceanogr. Limnol., Suppl. 17, pp.97.

MALANOTTE RIZZOLI 0., 1977 - Winter oceanographic properties of Nothern Adriatic Sea. Cruise January-February 1972, Arch. Oceanogr. Limnol., 19, No. 1, pp. 45.

MALANOTTE RIZZOLI P., - Cruises November 1974 and June 1979, unpublished data.

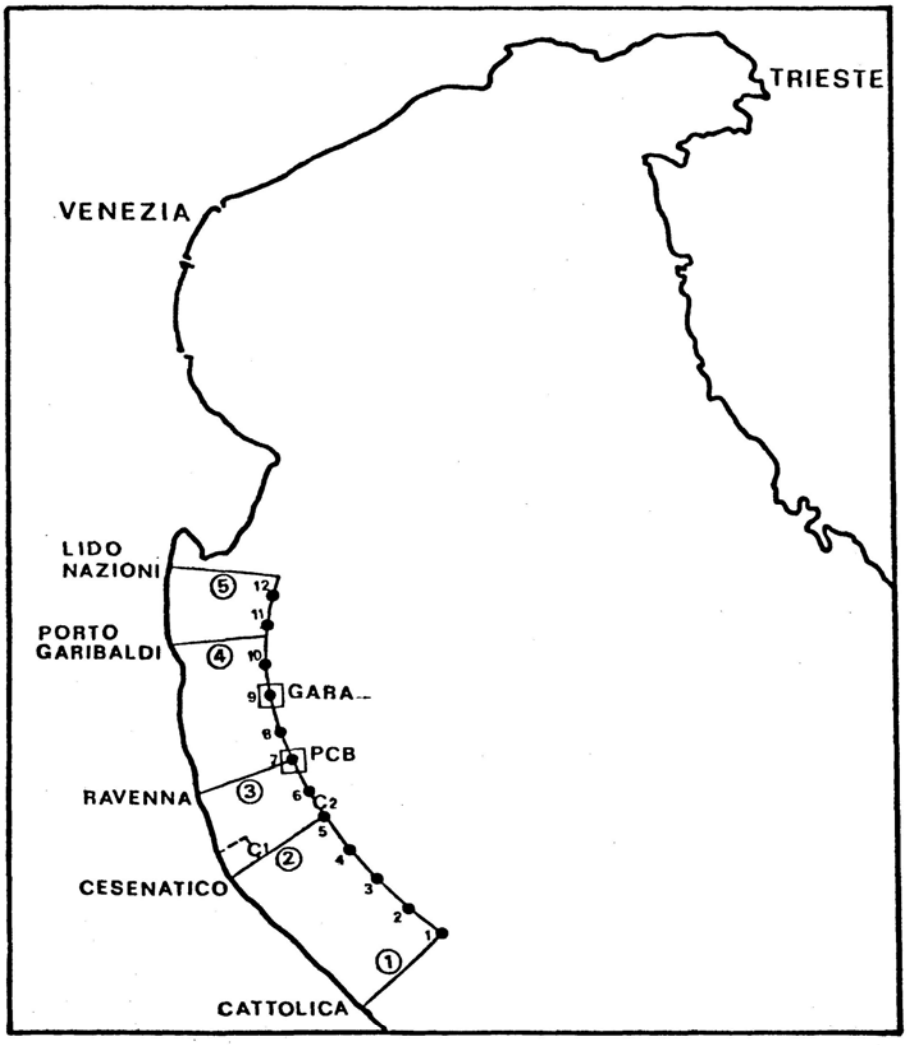


Fig. 1 Zona di campionamento

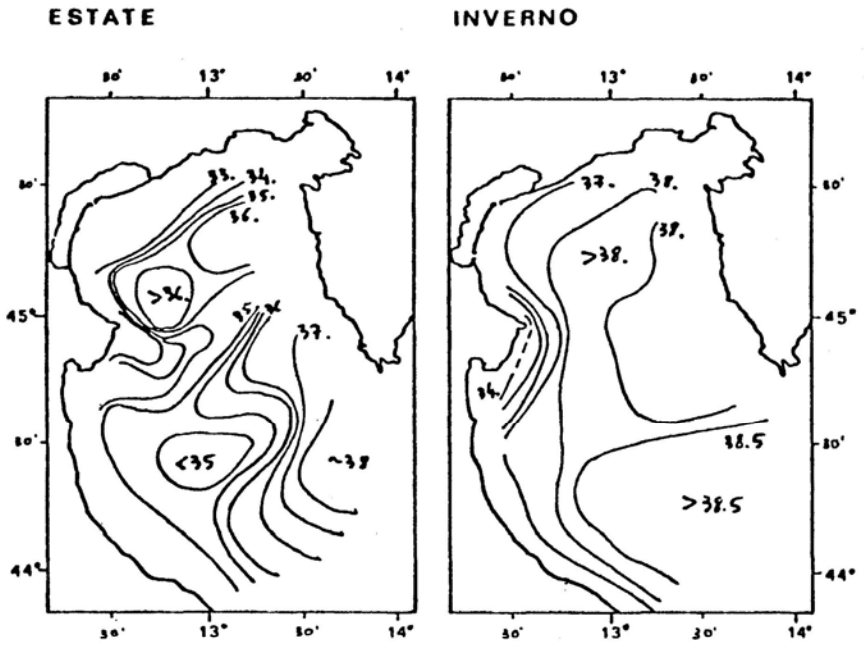


Fig. 2a Salinità in %

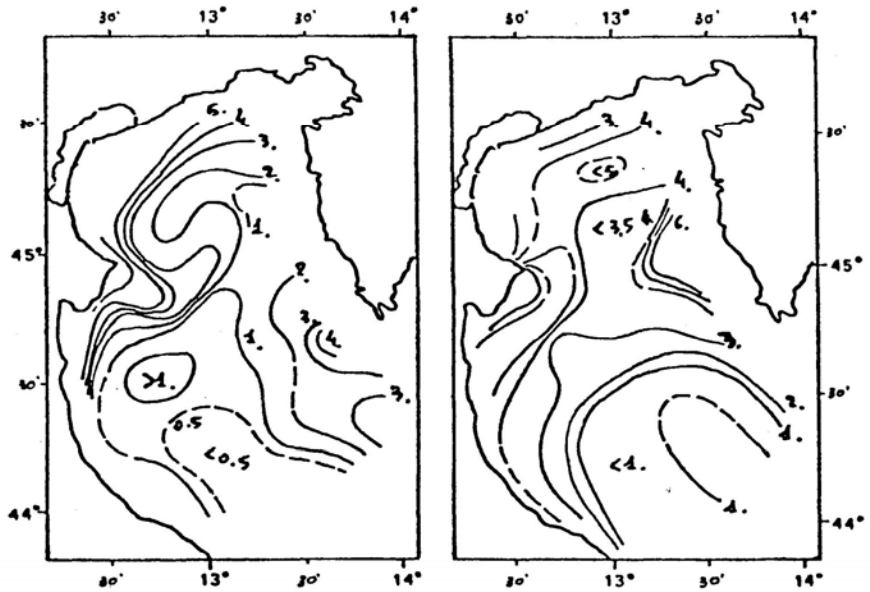


Fig. 2b Silicio da ortosilicati in g-at. Si/l (da Franco, 1973)

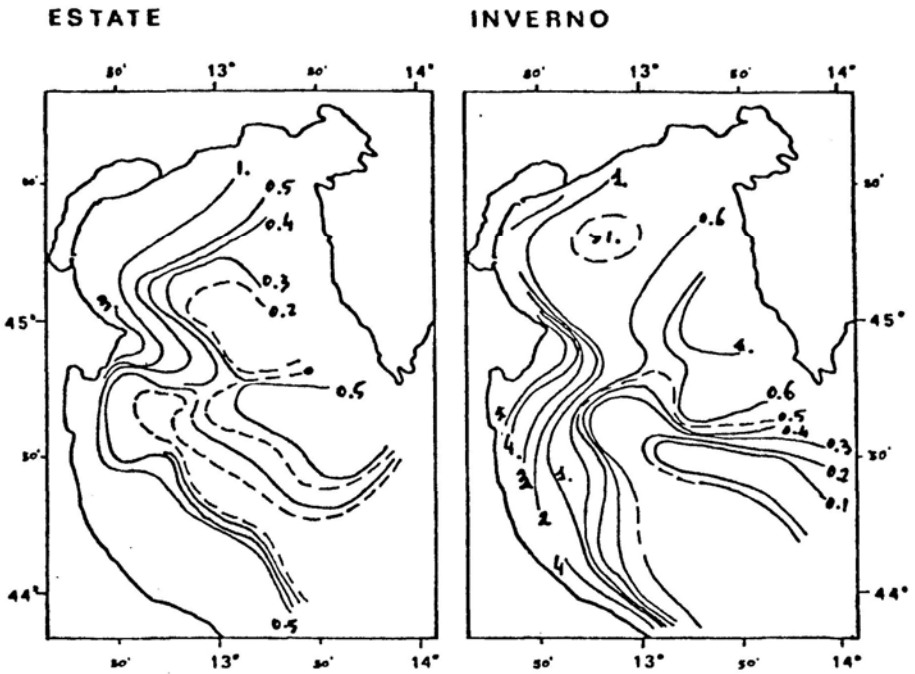


Fig. 2c Azoto da nitrati in g-at. N/l

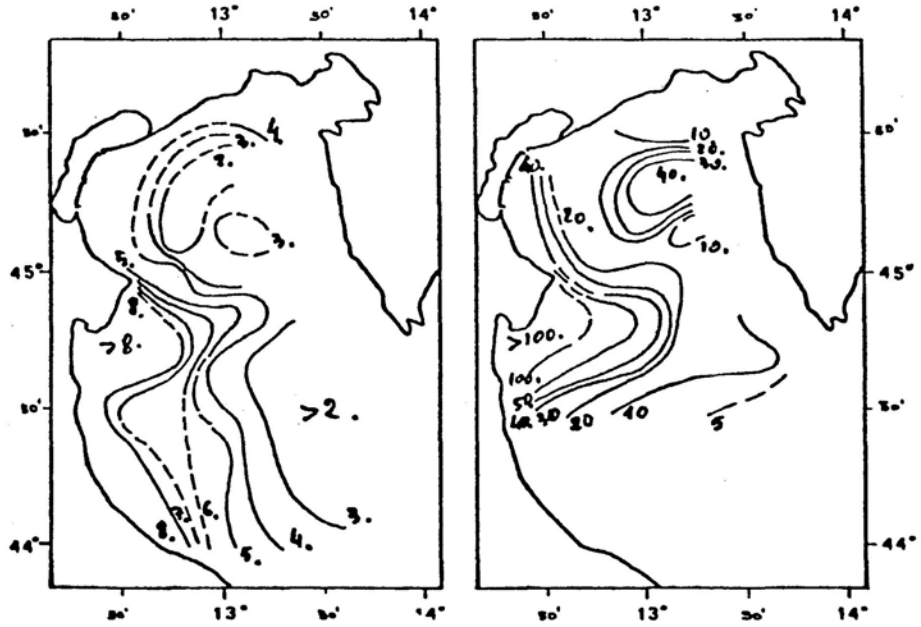


Fig. 2d Biomassa in clorofilla A in mg Clor. A/m^2

(da Franco, 1973)

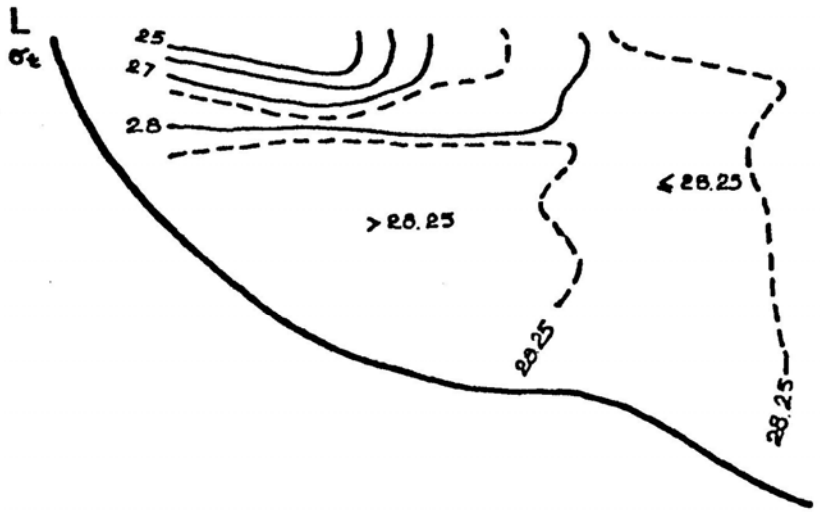


Fig. 3a Anomalia di densità. Sezione L (Porto Garibaldi) (da Malanotte Rizzoli, Campagna "ADRIA" Nov. 1974)

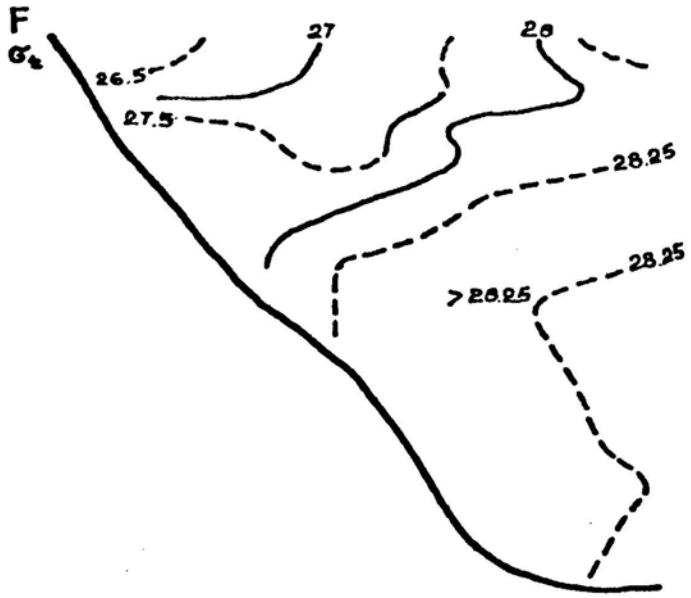


Fig. 3b Anomalia di densità. Sezione F (Rimini) (da Malanotte Rizzoli, Campagna "ADRIA", Nov. 1974)

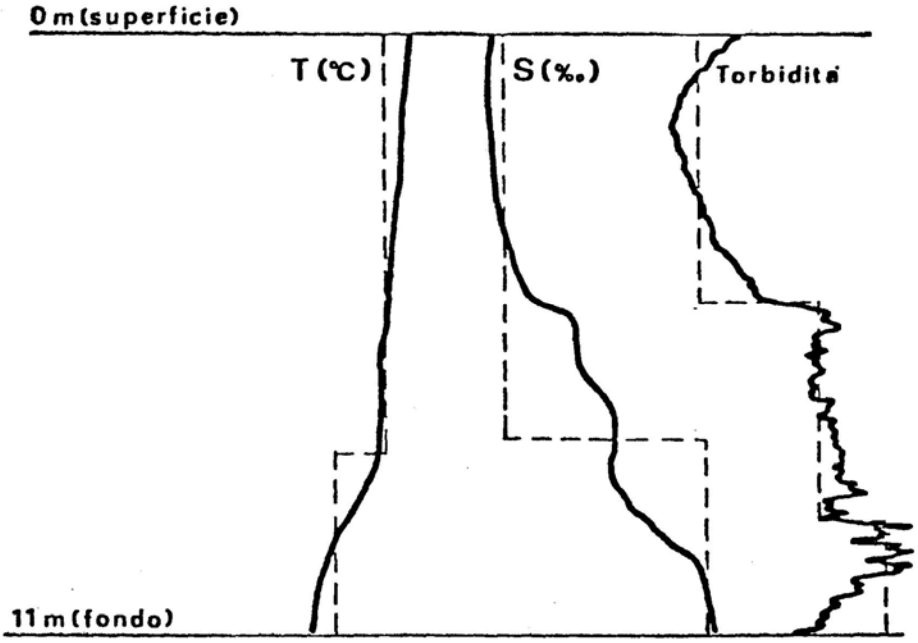


Fig. 4a

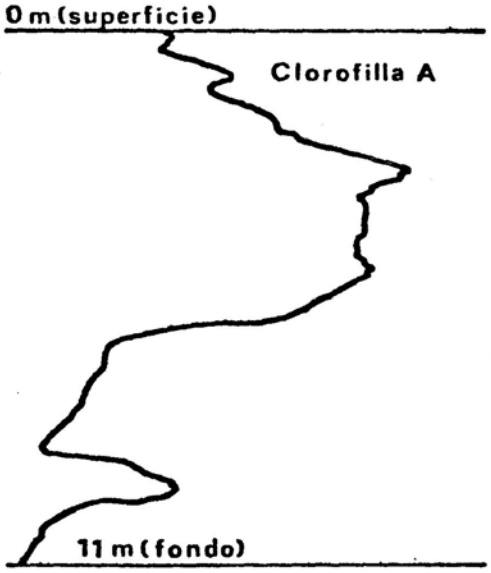


Fig. 4b Profili verticali - Stazione sotto Delta Po (Campagna ISDGM, Giugno 1979)

MISURE DI TRASPARENZA (DISCO SECCHI) NEL GOLFO TRIESTE

F. STRAVISI

C.N.R. - Istituto Talassografico di Trieste

SUMMARY

Secchi disk data in the Gulf of Trieste are examined (Table 1). Mean values at different points (Table 2, Fig. 2) and frequency tables (Table 3) are given; the mean seasonal cycle (Table 4, Fig. 4) show a maximum depth in August and in January, a minimum during spring and late autumn. The mean ratio p = n/b = 0.53 ± 0.10 is found between the black (n) and white (b) Secchi disk depths. The theoretical and experimental relations found in the literature (Tyler 1968, Holmes 1970) are discussed and used to obtain mean values of the attenuation coefficients a and K for collimated and diffuse visible Tight on the base of the known modal values b and n.

RIASSUNTO

La distribuzione media della trasparenza nel Golfo di Trieste ed il suo ciclo stagionale caratteristico sono descritti sulla base di quasi 500 dati ottenuti con dischi Secchi in un periodo totale di 15 anni. In particolare, viene calcolato il rapporto medio p = n/b tra la profondità n del disco nero e quella b del disco bianco. Le relazioni teoriche e sperimentali tra la profondità del disco Secchi ed i coefficienti di attenuazione per la luce collimata a e per l'irradianza K nella banda visibile fornite dalla letteratura vengono riassunte ed usate per un calcolo del valore medio di questi parametri nel Golfo di Trieste, in mancanza di misure dirette al riguardo.

INTRODUZIONE

II disco Secchi è un dispositivo ampiamente usato in oceanografia per la sua semplicità. La profondità alla quale esso scompare alla vista è un dato di trasparenza facilmente rilevabile da chiunque ed ha, nei suoi limiti di precisione, un significato universale.

Le leggi fisiche e fisiologiche che intervengono nella visione del disco sono state esaminate da Vercelli (1950). Tyler (1968) ha introdotto una relazione teorica tra la profondità del disco bianco e la somma dei coefficienti di attenuazione a e K per la luce collimata e diffusa; parametri da determinare in questa equazione restano il potere

riflettente del disco, il rapporto di irradianza e la soglia del contrasto rilevabile dall'osservatore. Holmes (1970) ha misurato indipendentemente in acque costiere torbide sia i coefficienti di attenuazione che la profondità del disco Secchi, ricavando le correlazioni tra queste grandezze e determinando il contrasto minimo rilevato.

Secondo l'esperienza di Tyler e Holmes è dunque possibile determinare sperimentalmente una relazione tra a, K e la profondità del disco Secchi per mezzo di misure ottiche dirette: tali relazioni possono quindi essere utilmente usate per stimare, in prima approssimazione ed in tipi d' acqua otticamente simili, i suddetti coefficienti di attenuazione in base alla sola misura del disco Secchi. Ulteriori ricerche in tal senso hanno quindi una sicura utilità pratica, vista la difficoltà di eseguire in mare misure ottiche accurate, specie in lavori di routine, ed i1 1argo uso fatto e raccomandato a tutt'oggi del disco Secchi in lavori di campagna.

In questa nota vengono presentati e studiati i dati di trasparenza ottenuti con disco Secchi nel Golfo di Trieste (quasi 500 misure, effettuate negli anni '50 e '70). Le informazioni ottenute riguardano la distribuzione spaziale e temporale della trasparenza, e la correlazione tra la profondità del disco bianco e quella del disco nero. Le relazioni teoriche e sperimentali riportate dalla letteratura sono quindi usate per stimare un valore medio dei coefficienti di attenuazione a e K nella banda visibile.

Teoria e pratica del Disco Secchi bianco e nero

Indichiamo con H 1'irradianza (densità superficiale del flusso radiante) ad una data profondità z, diretta dall'emisfero superiore verso il basso (-) e dall'emisfero inferiore verso l'alto (+) ("downward, upward irradiance"; IARSO: E_d, E_u). Sia $R = H_+/H_-$ il rapporto di irradianza, K il coefficiente di attenuazione per la luce diffusa, o coefficiente di attenuazione di H_-, α il coefficiente di attenuazione per la luce collimata ("total attenuation coefficient" ; IAPSO: e). Il disco Secchi orizzontale, con potere riflettente r, è assimilato (Tyler 1968) ad un emettitore di Lambert che riflette verso l'alto V irradianza rH_-, (fig. 1); il suo contrasto sullo sfondo è definito da

$$C_o = \left| H_- r / \pi - H_+ / \pi \right| / (H_+ / \pi) = \left| r - R \right| / R, \qquad (1)$$

dove $r_b >> R$ nel caso del disco bianco, $r_n \leqq R$ nel caso del disco nero.

L'equazione di Duntley-Preisendorfer (Tyler 1968)

$$C(z) = C_o \exp(-(\alpha + K)z) \qquad (2)$$

descrive l'attenuazione del contrasto intrinseco del disco guardato in verticale alla profondità z, supposti a e K costanti con la profondità. Per definizione operativa, le profondità b ed n di sconparsa del disco Secchi, bianco e nero rispettivamente, sono tale che

$$C(b) = C(n) = C, \qquad (3)$$

dove C è il contrasto minimo osservabile. Dalle (2,3) si ricava il valore medio verticale tra O e b della somma dei coefficienti di attenuazione

$$\alpha + K = B/b = N/n, \qquad (4)$$

con

$$B = \ln(C_{ob}/C), \qquad N = \ln(C_{on}/C) \qquad (5)$$

funzione del contrasto intrinseco C_{ob}, C_{on} (1) del disco bianco e nero, e quindi di R. La (4) mostra pure che, nel caso di attenuazione α e K costante, le profondità n e b sono direttamente proporzionali:

$$n = \rho\, b, \qquad p = N/B. \qquad (6)$$

Tyler (1968), assumendo $C_{ob} = 0.82$, R = 0.02 e C = 0.0066, ha stimato che B = 8.7; l'autore raccomanda di osservare il disco Secchi da sotto la superficie, per rimanere nel caso contemplato dalla (2), e di appurare che il disco stesso rimanga orizzontale e al di fuori del cono d'ombra della nave, affinché non risulti alterato il suo contrasto (1) sullo sfondo.

I risultati di Holmes (1970), sulla base di alcune osservazioni di disco Secchi ($r_b = 0.93$, $2<b<12$ m) eseguite in acque costiere (Goleta Bay), e di misure contemporanee di R, α e K, si possono riassumere nelle relazioni

$$\alpha = \ln\,(1007(5.3\, b - 3.4)), \qquad (7)$$

$$\alpha = 0.88\,(a + K) - 0.10, \qquad (8)$$

nella determinazione del valore di soglia del contrasto osservato

$$C = 0.0014 \pm 0.0013, \qquad (9)$$

e di un valore medio B = (a + K) b = 9.4. Controllando inoltre le raccomandazioni di Tyler, Holmes trova che il diametro del disco (20 - 50 cm) e l'uso o meno di un visore per l'osservazione introducono nella determinazione della profondità differenze inferiori alle deviazioni standard tipiche di misure omogenee (4%).

Osservazioni di Disco Secchi nel Golfo di Trieste

I dati citati ed usati in questa nota sono stati ottenuti con dischi generalmente di 30 cm di diametro, talvolta 25 cm, in ore variabili dalla mattina al primo pomeriggio, senza visore, da piccole imbarcazioni (5-9 m). Il procedimento seguito per la determinazione di b ed n è quello indicato nel paragrafo precedente (Holmes 1970); i dati sono giudicati omogenei ed affetti da un errore relativo inferiore al 5%.

La Tab. 1 elenca i dati di trasparenza disponibili osservati col disco Secchi nel Golfo di Trieste; i punti e le zone citate sono rappresentati nella Fig. 2. Nella Tab. 2 e nella Fig. 2 sono riportate per zona le profondità medie b ed n del disco bianco e nero con le rispettive deviazioni standard s; il rapporto medio p è calcolato come coefficiente angolare della retta di regressione per l'origine (6), simmetrica in b ed n. La correlazione tra le misure contemporanee di b ed n (serie a, d in Tab. 1) è buona (e = 0.095, fig. 3): i punti al di sopra della retta n = pb rappresentano situazioni in cui lo strato superficiale ($0<z<n$) è più trasparente dello strato sottostante ($n<z<b$), e viceversa. In Fig. 3 sono rappresentati pure gli istogrammi delle distribuzioni di b ed n, per un totale N = 108 misure; la Tab. 3 riporta le corrispondenti distribuzioni di frequenza. I valori medi per la profondità del disco Secchi nella parte orientale del Golfo di Trieste e per il loro rapporto sono dunque

$$b = 9.9 \pm 4.1 \text{ m}, n = 5.2 \pm 2.3 \text{ m}, p = 0.53 \pm 0.10. \qquad (10)$$

La corrispondenza tra la profondità del disco Secchi osservata nei punti D e P5 e la direzione media della corrente superficiale ivi misurata (Berger 1979, Pocecco 1973, Stravisi, Pieri, Berger 1981) è abbastanza stretta. Ad una corrente da W verso E corrispondono infatti profondità maggiori a quelle che si hanno con correnti da N verso S, il che è in accordo con la distribuzione rappresentata in Fig. 2.

Ciclo stagionale della trasparenza nel Golfo di Trieste

La Tab. 4 riporta i valori medi mensili delle profondità del disco Secchi rilevate da Specchi (1970-1976) in una stazione fissa (G2) al largo di Grignano (Miramare), ed in varie stazioni nel Golfo di Trieste da Pieri (1951-1954), Pocecco (1973) e Stravisi (1979-1980) (Tab. 2).

La serie di Specchi mostra un andamento ben definito con valori di trasparenza massimi in luglio-settembre (10 m) e gennaio (9 m), e minimi in aprile-maggio (6 m) ed ottobre-dicembre (7 m), in corrispondenza dei periodi di maggiore fioritura planctonica.

La serie ricavata dalle misure degli altri autori (Fig. 5) offre un andamento paragonabile al precedente, ma non così ben caratterizzato, causa la distribuzione nel Golfo delle stazioni ivi rappresentate e la scarsità delle osservazioni in alcuni mesi. I cicli del disco bianco e nero sono ben correlati (e = 0.860), com'era logico aspettarsi. Il rapporto n/b (Tab. 4) è maggiore del valore medio 0.53 nei mesi da ottobre a marzo, minore da aprile a settembre, con l'eccezione di agosto: ciò indicherebbe che la torbidità nei mesi freddi aumenta con la profondità, mentre nei mesi caldi si concentra verso lo strato superficiale.

Stima di α e K nel Golfo di Trieste

Un calcolo teorico del coefficiente B (5) si basa sulla conoscenza del contrasto C_o (1) del disco Secchi, parametro che presenta un'ampia variabilità. Recenti misure nel Golfo di Trieste indicano che il rapporto di irradianza alla profondità b un valore R = 0.05 ± 0.02; assumiamo per il contrasto minimo osservabile C e per il potere riflettente del disco i valori misurati da Holmes, (9) e rispettivamente r_b=0.93 ± 0.05, stimando per quest'ultimo parametro un errore probabile del 5%. Si ottiene così il valore "teorico" B = 9.4 ± 1.0, identico al valore ottenuto da Holmes (1970) e, per le (6,10), N = 5.0 ± 0.5.

I coefficienti B ed N possono essere calcolati indipendentemente in base alle (4), in funzione dei valori medi α e K, 1/b, 1/n. Dai dati del Golfo di Trieste si ha che

$$1/b = 0.124 \pm 0.042\ m^{-1},\ 1/n = 0.236 \pm 0.085\ m^{-1} \qquad (11)$$

i cui inversi (b = 8.0 ± 2.7 m, n = 4.2 ± 1.5 m) coincidono con i valori modali delle rispettive distribuzioni (Fig. 3). I valori medi di αe K non sono sperimentalmente noti; si possono tuttavia usare le relazioni (7,8), che nel nostro caso (11) permettono di calcolare

$$\alpha = 0.94 \pm 0.36\ m^{-1}, \qquad K = 0.24 \pm 0.05\ m^{-1}, \quad (12)$$
$$\alpha + K = 1.18 \pm 0.36\ m^{-1};$$

è chiaro che tali valori devono essere intesi come una stima preliminare dei valori medi di α e K, affetti da un errore relativo probabile di circa 30%. Notiamo che, tramite la classica relazione di Poole ed Atkins (1929), si otterrebbe K = 1.7/b = 0.21. Su queste basi si può quindi

stimare (4,11,12) che

$$B = 9.4 \pm 2.9, \qquad N = 5.0 \pm 1.5, \qquad (13)$$

uguali ai valori ottenuti teoricamente, con un errore circa tre volte maggiore.

Al valore (12) del coefficiente di attenuazione K per 1'irradianza nella banda visibile corrisponde una profondità media per la zona eufotica (1% dell'irradianza in superficie) pari a 19 m, circa il doppio della profondità media del disco Secchi bianco. L'acqua del Golfo di Trieste, il cui fondale è inferiore a 25 m, corrisponderebbe dunque in media, dal punto di vista ottico, ad un'acqua costiera tipo 3 nella classificazione di Jerlov (1968, cap. 10).

CONCLUSIONE

La distribuzione della trasparenza, espressa come profondità del disco Secchi bianco, nel Golfo di Trieste, indica valori crescenti dai 4 m delle acque portuali e dagli 8 m tipici della zona costiera sino a 15 m verso il centro del Golfo (Fig. 2). L'andamento medio annuale mostra differenze significative tra i valori minimi caratteristici della primavera e dell'autunno ed i valori massimi tipici dei mesi più caldi.

La determinazione sperimentale delle relazioni tra le profondità del disco Secchi bianco e nero e parametri ottici quali i coefficienti di attenuazione della luce collimata e diffusa a e K è di pratica utilità; si auspica che ricerche in tal senso, iniziate recentemente nel Golfo di Trieste, siano condotte anche in altri tratti di mare. Stando alle conoscenze attuali, si propongono le relazioni

$$\alpha + K = 9.4/b, \qquad \alpha + K = 5.0/n \qquad (14)$$

e la (8) per una stima preliminare dei parametri ottici α e K con errori probabilmente contenuti entro il 30%.

L'uso del disco nero può essere utile assieme al disco bianco per un grossolano confronto della trasparenza tra la metà superiore ed inferiore dello strato superficiale di profondità b; può anche essere utile in sostituzione del disco bianco in acque trasparenti poco profonde, dove b, maggiore della profondità, può essere stimato con $b = n/0.53$.

BIBLIOGRAFIA

BERGER P., 1969 - "Studio preliminare sulle correnti nella rada di Trieste". Tesi in Oceanografia, Fac. di Scienze, Univ. di Trieste, A.A. 1978/79, 187 pag.; rel. F. Stravisi.

HOLMES R.W., 1970 - "The Secchi disk in turbid coastal waters", Limnology and Oceanography., XV, 688-694.

JERLOV N.G, 1968 - "Optical Oceanography", Elsevier Pub.Co., 194 pag.

OTOBE H., NAKAI T., HATTORI A., 1977 - "Underwater irradiance and Secchi disk depth in the Bering Sea and the northern North Pacific in summer", Marine Science Comm. 3(3), 255-270.

POCECCO P., 1973 - "Contributo alla conoscenza di alcune caratteristiche correntometriche e chimico fisiche del Golfo di Trieste in funzione della progettazione delle opere di depurazione e smaltimento delle acque di fogna", Tesi di laurea, Fac. di Ingegneria, Univ. di Trieste, A.A. 1972/73; rei. F. Ramponi, corr. R.Olivotti.

POOLE H.H.,ATKINS W.R.G., 1929 - "Photo electric measurements of submarine illumination throughout the year", Journ.Mar.Biol.Ass. U.K., 16, 297-324.

STRAVISI F., PIERI G., BERGER P. , 1981 - "Golfo di Trieste: risultati delle misure correntometriche 1951-1954", in stampa.

TYLER J.E., 1968 - "The Secchi disc", Limnology and Oceanography, XIII, 1-6.

VERCELLI F. , 1955 - "Trasparenza e colore delle acque della laguna di Venezia", Archo. di Oceanografia e Limnologia., VII, 1, 3-14.

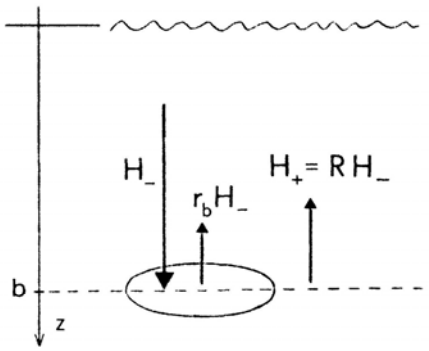


Fig. 1 - Il disco Secchi.

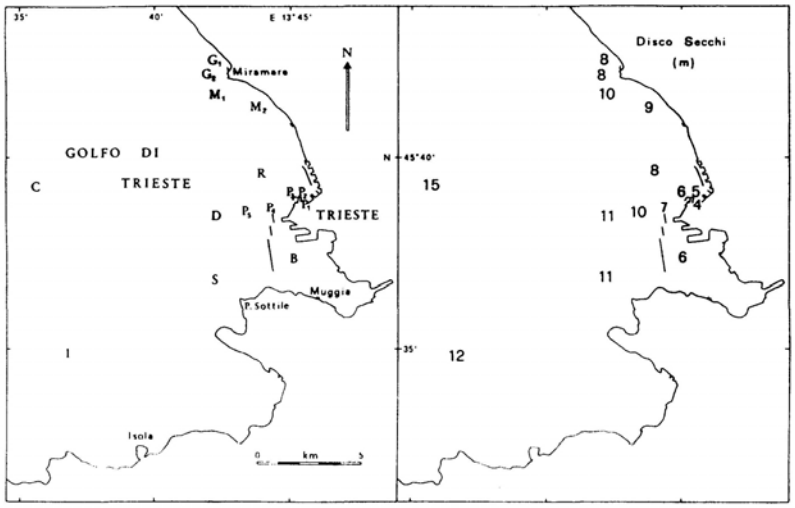


Fig. 2 - Ubicazione delle stazioni e valori medi della profondità del disco Secchi bianco nel Golfo di Trieste.

TABELLA 1

	Autore	periodo	punto o zona	num.oss.	b,	n
a)	Pieri	1951 - 1954	M,R,D,S,C,I		49	49
b)	Specchi	1970 - 1976	G		166	-
c)	Pocecco	1973	P		90	-
d)	Stravisi	1979 - 1980	M,D,S,B		69	59

Dati di trasparenza (disco Secchi) nel Golfo di Trieste

TABELLA 2

Zona	autore	N	b ± s	n ± s	ρ	c
G_1	(b)	28	7.8 ± 2.1	-		
G_2	(b)	138	7.5 ± 2.6	-		
M_1	(a,d)	22	9.8 ± 3.4	5.7 ± 3.3	0.534	0.833
M_2	(a)	3	9.2 ± 1.7	5.1 ç 1.8	0.569	0.999
R	(a)	4	8.4 ç 4.8	3.9 ç 1.9	0.458	0.999
D	(a,d)	22	11.2 ± 4.2	6.2 ± 2.7	0.556	0.843
P_1	(c)	18	4.4 ± 2.3	-		
P_2	(c)	18	4.8 ± 2.3	-		
P_3	(c)	18	5.5 ± 2.9	-		
P_4	(c)	18	7.1 ç 3.1	-		
P_5	(c)	18	9.7 ç 2.9	-		
S	(a,d)	19	10.9 ç 3.4	5.6 ç 1.8	0.513	0.899
B	(d)	12	5.5 ç 3.0	2.8 ç 1.7	0.513	0.983
C	(a)	3	14.9 ç 7.2	7.5 ç 2.8	0.485	0.938
I	(a)	2	12.3 ç 0.4	6.3 ç 1.1	0.512	-

Profondità medie b,n e deviazione standard s del disco Secchi bianco e nero in diverse zone del Golfo di Trieste (Fig. 2). Rapporto medio p = n/b e coefficiente di correlazione c.

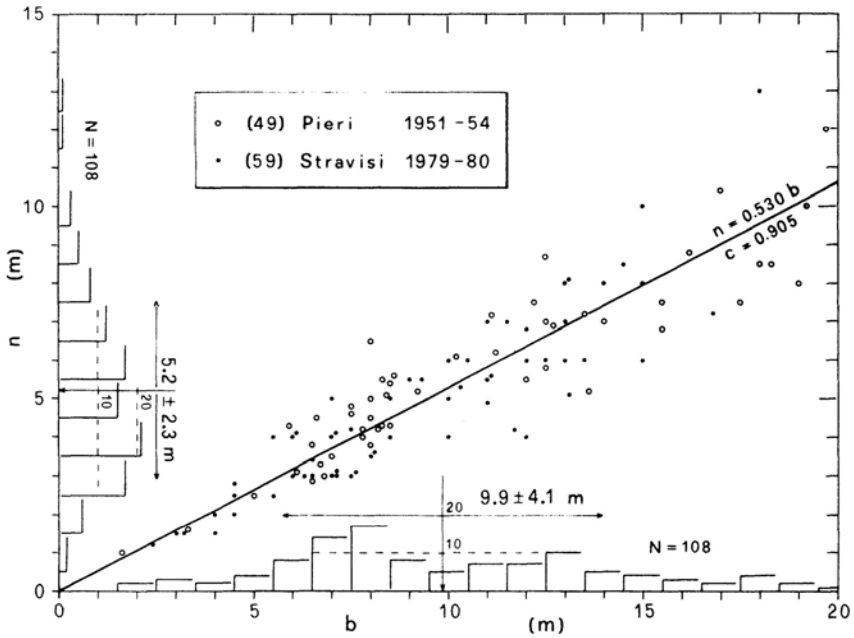


Fig. 3 - Profondità del disco Secchi bianco (b) e nero (n) nel Golfo di Trieste: istogrammi e retta di regressione n = ρb.

TABELLA 3

(m)	b %	n %	(m)	b %	n %
1		1.8	11	6.4	0.0
2	1.8	5.5	12	6.4	0.9
3	2.8	15.6	13	9.2	0.9
4	1.8	19.3	14	4.6	
5	3.7	13.8	15	3.7	
6	7.3	15.6	16	2.8	
7	12.8	11.0	17	1.8	
8	15.6	7.3	18	3.7	
9	7.3	4.6	19	1.8	
10	4.6	2.8	20	0.9	

Frequenze percentuali della profondità del disco Secchi bianco e nero (Fig. 3) nel Golfo di Trieste.

TABELLA 4

	b	s	N	b	s	N	n	s	N	ρ
1	9.1	2.5	7	8.5	0.1	2	5.3	0.2	2	0.621
2	7.5	1.8	11							
3	6.9	2.4	14	13.3	3.7	5	7.6	2.6	5	0.579
4	5.6	1.7	18	10.9	2.3	2	5.5	0.4	2	0.500
5	5.7	1.5	14	8.8	2.3	7				
6	6.7	2.0	13	7.6	1.6	6	3.3	1.0	3	0.505
7	9.7	2.7	10	9.8	4.2	19	4.8	1.9	17	0.480
8	10.7	2.4	10	11.8	3.5	27	6.5	2.3	25	0.553
9	9.6	3.3	10	11.3	3.9	23	5.4	2.2	20	0.487
10	7.3	2.2	11	8.4	2.7	8	4.2	1.6	7	0.554
11	7.1	1.3	10	5.5	-	1	4.0	-	1	
12	7.3	2.0	10	7.1	0.9	8	4.7	0.5	8	0.662
Tot	7.5	2.6	138	10.2	3.7	108	5.5	2.1	90	
Aut.		(b)			(a,c,d)			(a,d)		

Valori medi mensili della profondità in m del disco Secchi bianco (b) e nero (n) nel Golfo di Taranto; numero di misura (N) e deviazione standard s. Rapporto ρ = n/b. Serie di misure (a,b,c,d) riferite alla Tabella 1.

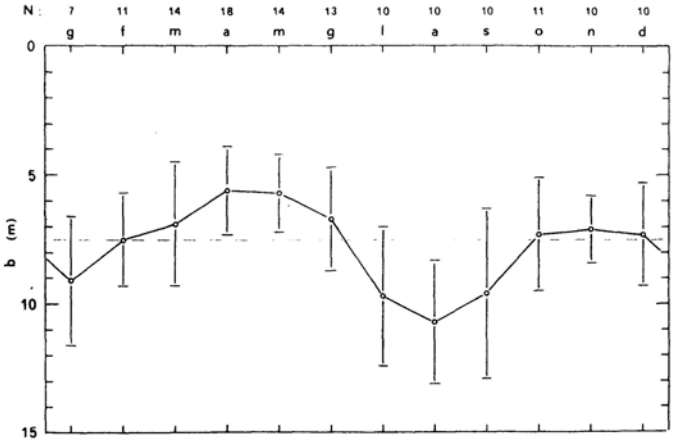


Fig. 4 - Profondità del disco Secchi nel punto G_2 (Specchi 1970-1976); valori mensili medi, deviazioni standard e numero N di osservazioni.

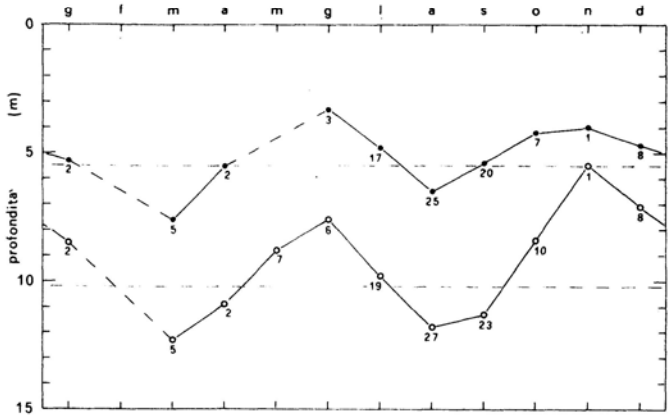


Fig. 5 - Profondità del disco Secchi bianco (o) (serie a,c,d, Tab. 1) e nero (o) (serie a,d) nel Golfo di Trieste; valori medi e numero di osservazioni.

DISTRIBUZIONE DI ALCUNI ELEMENTI NUTRIENTI ALLA BOCCA DI PRIMERO
(Laguna di Grado)

D. BREGANT, G. CATALANO (*)

C.N.R. - Istituto Talassografico, Trieste

RIASSUNTO

Vengono esaminate le concentrazioni di CI, 02> disciolto, A.O.U., nonché dei nutrienti N-NO_3, P-PO_4 e Si-SiO_3 rilevati alla bocca di Primero nella laguna di Grado.

In questo canale, che unisce la laguna al mare, sotto l'azione del flusso e riflusso della marea si forma una massa d'acqua le cui caratteristiche sono influenzate contemporaneamente dall'acqua salmastra della laguna, dall'acqua marina del Golfo di Trieste e dall'acqua dolce del fiume Isonzo.

Le considerazioni fenomenologiche sono basate sui dati ottenuti da una serie di campioni raccolti in alta e bassa marea con frequenza pressoché quindicinale ed in situazioni diverse di sizigia e quadratura. Esse riguardano sia le reciproche caratteristiche dei tipi d'acqua interessati, sia il processo di mescolamento, di volta in volta verificatosi, per un arco di tempo che va dal luglio 1976 al dicembre 1977.

SUMMARY

Chlorosity, dissolved oxygen, A.O.U. and nutrients (N-N03, P-P04, Si-Si03) nave been determined twice in a month, during periods of maximum and minimum tidal excursions, from July 1976 to December 1977 at Bocca di Primero. The station was in a channel joining the Grado lagoon and the sea (Gulf of Trieste, Northern Adriatic); the mixing occurs there between sea water, lagoon water and fresh water from the Isonzo river owing to tidal currents, wind driven currents and run-off.

The characteristics of these different water types and the mixing processes are analyzed and discussed on the base of the observed chemical parameters.

(*) Si ringraziano i Sigg. Mario Maselli e Raniero Marcolin per il valido contributo dato sia nel lavoro di campagna che in quello di laboratorio, che ha permesso la preparazione di questa nota.

INTRODUZIONE

Nel periodo fra gli anni 1976 - 77 è stata effettuata dall'Istituto Talassografico di Trieste, una serie di misure tendenti a stabilire il comportamento e le caratteristiche della massa d'acqua che si trova nel canale di Primero.

Questo canale mette in comunicazione la laguna di Grado con il mare ed in esso, attraverso la spinta della marea, vengono a mescolarsi l'acqua salmastra della laguna e quella marina del Golfo di Trieste. A loro volta questi due tipi d'acqua vengono influenzati da quella del fiume Isonzo, rispettivamente sia attraverso il canale Isonzato, sia dalla piume del fiume, la cui foce dista circa 3.7 miglia a NE della bocca lagunare.

Questa indagine conoscitiva è stata rivolta ad ottenere un inquadramento del problema dello scambio fra mare e laguna ed a stabilire entro quali limiti era da attendersi la variabilità nei parametri presi in esami.

In questa finalizzazione sono stati scelti ; la clorosità, l'ossigeno disciolto, l'A.O.U., i nutrienti : $N\text{-}NO_3$, $P\text{-}PO_4$, $Si\text{-}SiO_3$. In base ai risultati dei due prelievi effettuati nei momenti consecutivi di alta e bassa marea, sono state fatte delle considerazioni sulla reciproca influenza mare - laguna. Il campionamento si è protratto per circa un anno e mezzo, dal luglio 76 al dicembre 77. La frequenza è stata pressoché quindicinale, possibilmente nei momenti di sizigia o di quadratura. Ciò ha permesso l'osservazione delle situazioni dovute ai cicli stagionali e degli effetti sulle singole maree.

In base alle situazioni osservate durante le misure è stato formulato il seguente schema fenomenologico :

a) Misure eseguite durante la stasi, chiamata comunemente "stanca" sopraggiungente dopo la fine di un'alta marea, seguite poi da misure durante la "stanca" di bassa marea. I dati della prima fase rispecchieranno una situazione prevalentemente lagunare, avendosi tra questi due momenti una corrente di riflusso verso il mare.

b) Misure eseguite durante la "stanca" di bassa marea, seguite poi da misure in "stanca" di alta marea. I dati iniziali rispecchiano una situazione lagunare, quelli finali la situazione marina, dopo una corrente di flusso dal mare verso la laguna.

L'andamento delle escursioni di marea, specie durante le condizioni di sizigia o di quadratura, gli effetti meteorologici soprattutto del vento, l'influenza del fiume Isonzo possono esaltare o capovolgere la sequenza esposta.

METODOLOGIE

II prelievo dei campioni è avvenuto in una stazione fissa (fig. 1), ogni volta nei momenti unenti di "stanca" consecutivi all'alta o bassa marea. Quali

quote più significative per gli effetti di flusso e riflusso sono state scelte le profondità di 0.5, 1, 3, 5, 7.5 m. La frequenza del campionamento è stata bimensile, come già detto, facendola coincidere, per quanto possibile, con i momenti di escursione massima (sizigia) e di escursione minima (quadratura) della marea, ricavati dalle previsioni per la marea del vicino porto di Trieste. Le uscite in fase di sizigie sono risultate prevalenti rispetto a quelle in fase di quadratura.

I campioni, dopo la raccolta, venivano immediatamente filtrati e congelati. Le analisi dei nutrienti, sul filtrato, erano condotte successivamente in laboratorio secondo quanto riportato in Bregant e Catalano (1978).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Lo scambio d'acqua fra la laguna ed il mare attraverso una bocca lagunare dipende direttamente dal verso e dall'intensità della corrente derivante dal 1'alternarsi della marea (Blumberg 1976).

Mentre è assodato che nei casi di sizigia fra un'alta ed una bassa marea si veri fi chi un riflusso d'acqua verso il mare e che il contrario accadda per una sequenza bassa - alta marea, nelle condizioni di quadratura la situazione non è sempre così lineare in quanto il passaggio tra i due estremi di marea avviene in maniera poco evidente a causa della minima escursione. Ne consegue che fattori più vari, specie meteorologici, possono influire sull'andamento della corrente. Infatti sui nove campionamenti totali in quadratura, ben cinque hanno mostrato un andamento del verso della corrente contrario a quello atteso dal l'alternarsi della marea.

Richiamandoci allo schema fenomenologico esposto, la conoscenza del senso di flusso tra i due momenti di misura è necessario per sapere in quale contesto: lagunare o marino, siano da presentare e confrontare i risultati analitici.

Con questi presupposti, per il susseguirsi delle fasi lunari in ogni mese, ci si aspetterà una sorta di pulsazione dei parametri considerati, in quanto le condizioni di sizigie e di quadrature dovrebbero rappresentare rispettivamente limiti di massima e minima variabilità delle caratteristiche dell'acqua durante l'alta e bassa marea. Perciò per ricavare informazioni sui "trends" stagionali, sono stati confrontati tra loro i valori osservati in sizigia ed in quadratura, ammettendo comunque che l'andamento reale sia intermedio tra questi due "trends" limite.

Dall'esame dei valori medi mensili dei parametri chimici analizzati (figg. 2, 3, 4, 5, tab. 1, 2, 3) si rileva come per la clorosità, siano gli apporti in laguna di acqua dolce di origine fluviale a causare le variazioni stagionali più marcate. Sono proprio questi apporti, con il loro carattere contingente e difficilmente quantizzabile, a deviare il ciclo dei nutrienti dal quadro normale.

I nitrati ed i silicati risultano più abbondanti nelle acque lagunari che in quelle marine e mostrano il caratteristico andamento sinusoidale, con il massimo nei mesi di dicembre e gennaio ed un minimo nei mesi estivi. Le anomalie sono rappresentate, nel luglio del 77, da valori molto alti riscontrabili anche per l'A.O.U. sui quali non si possono formulare ipotesi, se non quella delle conseguenze determinatesi a seguito della situazione generale del bacino dell'Alto Adriatico nell'estate di quell'anno. L'altro caso, colto durante una quadratura, è dovuto al verificarsi di una piena del fiume Isonzo nell'agosto sempre dello stesso anno, la quale ha fatto registrare il minimo assoluto di clorosità ed un improvviso aumento dei due nutrienti.

I fosfati invece non hanno presentato in modo così evidente queste situazioni. Le acque dolci della zona infatti sono povere di tali sali ed il loro maggiore o minore riversamento nella laguna non riesce in tal caso ad alterare significativamente lo schema marino del ciclo dei fosfati. Si sottolinea, a questo proposito, come sia proprio questa carenza nell'apporto fluviale a permettere l'abbattimento dei fosfati nei mesi estivi, esercitando così un limite alla produttività in questa zona della laguna.

Le tabelle 1, 2, 3 riassumono quanto esposto. Nelle prime due, per ogni sizigia come per le quadrature, vengono riportati i valori medi mensili dei singoli parametri e le differenze riscontrate tra la bassa e l'alta marea. Nella terza sono tabulati i valori medi di tutte le misure fatte durante lo svolgimento del lavoro con i valori massimi i minimi osservati.

Si può notare come le differenze tra le alte e le basse maree siano leggermente più contenute in quadratura che in sizigia, come era intuibile. Mentre si osserva che i valori medi totali sono leggermente più alti in quadratura rispetto a quelli in sizigia. Ciò è da attribuire alla circostanza che le misure in quadratura non sono distribuite in modo omogeneo nell'arco dell'anno. Infatti si ha una prevalenza di misure invernali e di conseguenza i valori specie dei nutrienti sono più alti.

Per i nutrienti infine si è cercato di calcolare, volta per volta, il bilancio di mescolamento fra l'acqua marina e lagunare per effetto dell'alternanza di marea.

Siano Cl ed N e concentrazioni della clorosità e di un generico nutriente, distinguiamole ancora con gli indici "i" ed "f", a seconda che si riferiscono a valori appartenenti alla fase iniziale o finale del processo di mescolamento stesso. I rapporti che verrano a determinarsi tra queste concentrazioni possono essere così trascritti :

$$\frac{\frac{N_f}{N_i}}{\frac{Cl_f}{Cl_i}} = 1 \qquad (1) \qquad \frac{\frac{N_f^I}{N_i}}{\frac{Cl_f}{Cl_i}} = y \qquad (2)$$

La (1) rappresenta la condizione generale di ugual diluizione o concentrazione nel processo di mescolamento fra una soluzione in CI e N e un'altra di acqua pura o comunque esente in Cl ed N, oppure che li contenga entrambi nel medesimo rapporto.

La (2) rappresenta la condizione generale del processo di mescolamento fra due soluzioni aventi stessi soluti, ma in rapporto diverso tra loro (N e Cl).

Dividendo la (1) per la (2) si ottiene :

$$N_f = \frac{1}{Y} \cdot N_f^I \qquad (3)$$

La (3) permette di calcolare, noto y dalla (2), la concentrazione teorica del nutriente N rispetto alla concomitante variazione in Cl, in un mescolamento i cui termini differiscono solo per le condizioni permesse dalla (1).

Applicando questa relazione al fenomeno del riflusso (laguna-mare) la differenza tra la concentrazione reale (N^I_f) e quella calcolata (N_f) rappresenta 1'arricchimento o l'impoverimento nel componente N dell'ultima acqua lagunare uscente verso il mare. Questi a sua volta, nel riceverla, subirà un analoga variazione nei valori di concentrazione del componente N.

Nel fenomeno di flusso invece la differenza tra la concentrazione reale e quella calcolata rappresenta il contributo dell'acqua di mare (positivo o negativo) alla laguna; con conseguente variazione dei valori di concentrazione del componente N lagunare.

Il confronto tra N^I_f e N_f (fig. 3 e 5) mostra come sia sempre 1'acqua uscente lagunare ad arricchire di nutrienti il mare, mai quest'ultimo, entrando, ad arricchire la laguna (osservazioni del nov. 76, feb., lug., nov. 77). Fanno eccezione i fosfati che, come già detto, trovandosi nell'acqua di mare, specie nel periodo invernale, in quantità maggiore che nella laguna, arricchiscono quest'ultima durante le ingressioni di acqua marina.

CONCLUSIONI

II comportamento dei nutrienti, durante il periodo d'indagine, non si è discostato molto dallo schema classico più volte descritto dai vari autori. Utilizzo dei nutrienti durante il periodo primaverile estivo e loro ripristino durante il periodo autunnale-invernale. Delle anomalie si sono verificate nella seconda metà del 77, quando condizioni ambientali particolari hanno determinato degli scostamenti da questo schema.

E' stato confermato il contributo in nutrienti delle acque lagunari a quelle costiere marine, specie in periodo di sizigie.

I processi che avvengono in quadratura non hanno potuto essere completamente chiariti a causa del minor numero di uscite. Il graduale passaggio tra la alta e la bassa marea in questa circostanza costituisce un equilibrio delicato che sembra risentire facilmente delle influenze esterne, specie meteorologiche. Si rende perciò necessario un ulteriore approfondimento del fenomeno, specie dal punto di vista dinamico.

BIBLIOGRAFIA

BLUMBERG A.F., 1976 - A two dimensional numerical mode! for the simulation of partially mixed estuaries, Estuarine Processes, Vol. II, M. Wiley ed. Academic Press., 323-331.

BREGANT D, CATALANO G., 1978 - Condizioni fisico-chimiche alla Bocca di Primero, Luglio 1976 - Dicembre 1977, Pubbl. n° 546 Istituto Talassografico, Trieste (in stampa).

BREGANT D., CATALANO G., 1978 - Osservazioni sull'alcalinità nelle acque della Bocca di Primero (Laguna di Grado), Atti 3° Congresso A.I.O.L., 319-325.

DORICO L. , 1975 - La laguna di Grado e le sue foci, Pubbl. n° 155, Ufficio Idrografico Magistrato alle Acque, Venezia.

FERRARO S., 1975 - Tabelle di previsione delle maree per Trieste per l'anno 1976, Pubbl. n° 511 Istituto Talassografico, Trieste.

FRANCO P., TISO A. - 1963 Idrologia delle acque della laguna veneta nel porto canale di Malamocco, (Osservazioni preliminari), Rapp. Proc. Ver B C.I.E.M. XVII, 3, 761-770.

ODUM H.T., 1956 - Primary production in flowing waters, Limnol Qceanogr. 1, 102-117.

STEVENSON C.J., HEINLED.R., FLEMERD.A., SMALLR.J., ROWLAND R.A. , USTACH J.F., 1976 - Nutrient exchanges between brackish water marshes and the estuary, Estuarine Processes, Vol. II, M. Wiley ed. Academic Press, 219-238.

——, 1976 - Previsioni di marea Golfo di Trieste 1977, Pubbl. n°527, Istituto Talassografico Trieste.

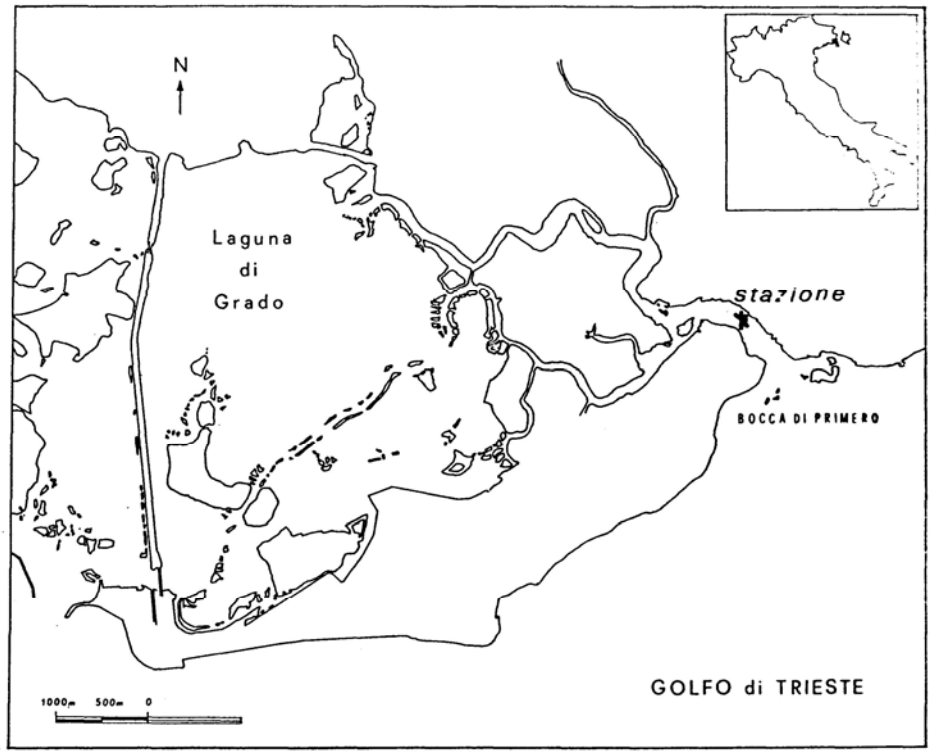


Fig.1 La stazione di campionamento alla Bocca di Primero

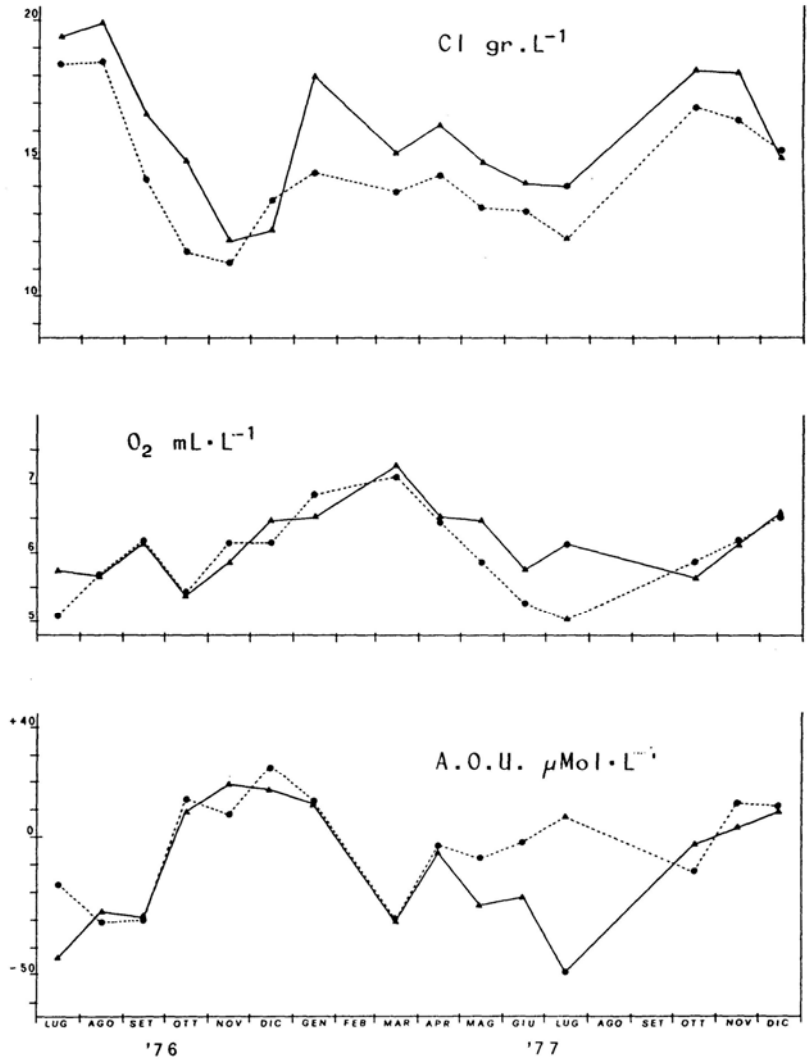


Fig.2 Valori medi mensili sulla colonna d'acqua durante od in prossimità di sizigie. —— dati ottenuti in alta marea; --- dati ottenuti in bassa marea. ▲ fase iniziale; ● fase finale

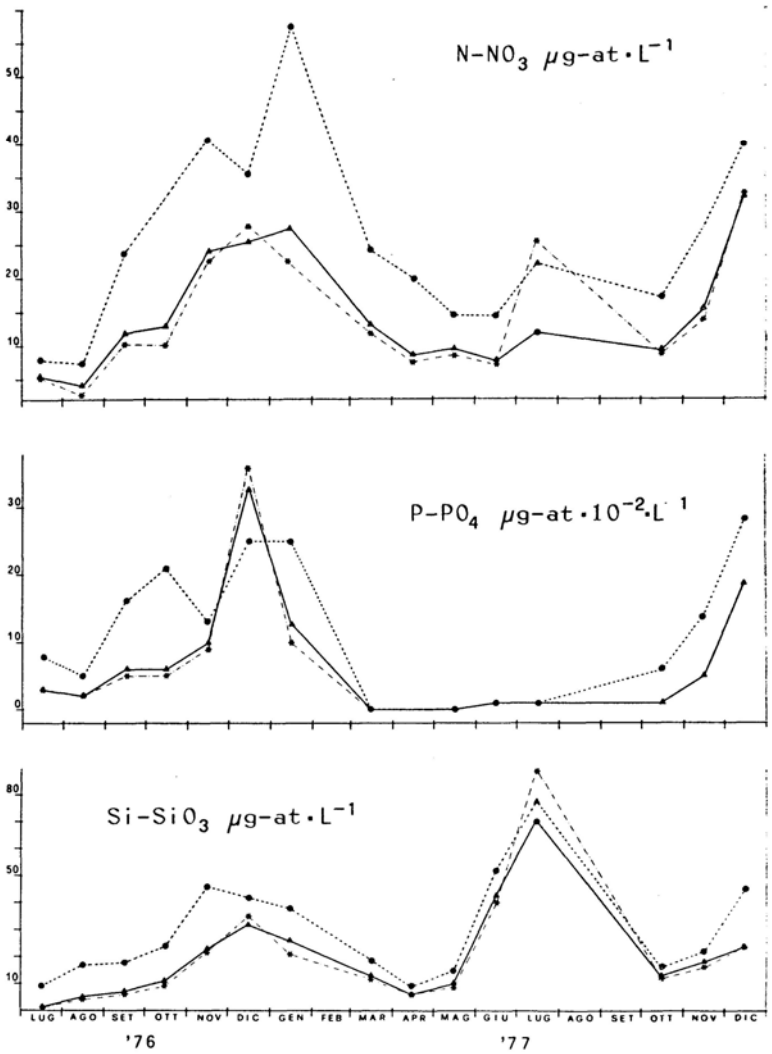


Fig.3 Valori medi mensili sulla colonna d'acqua durante od in prossimità di sizigie. —— dati ottenuti in alta marea; --- dati ottenuti in bassa marea. ▲ fase iniziale; ● fase finale; ∗ concentrazione teorica calcolata in base alla relazione (3).

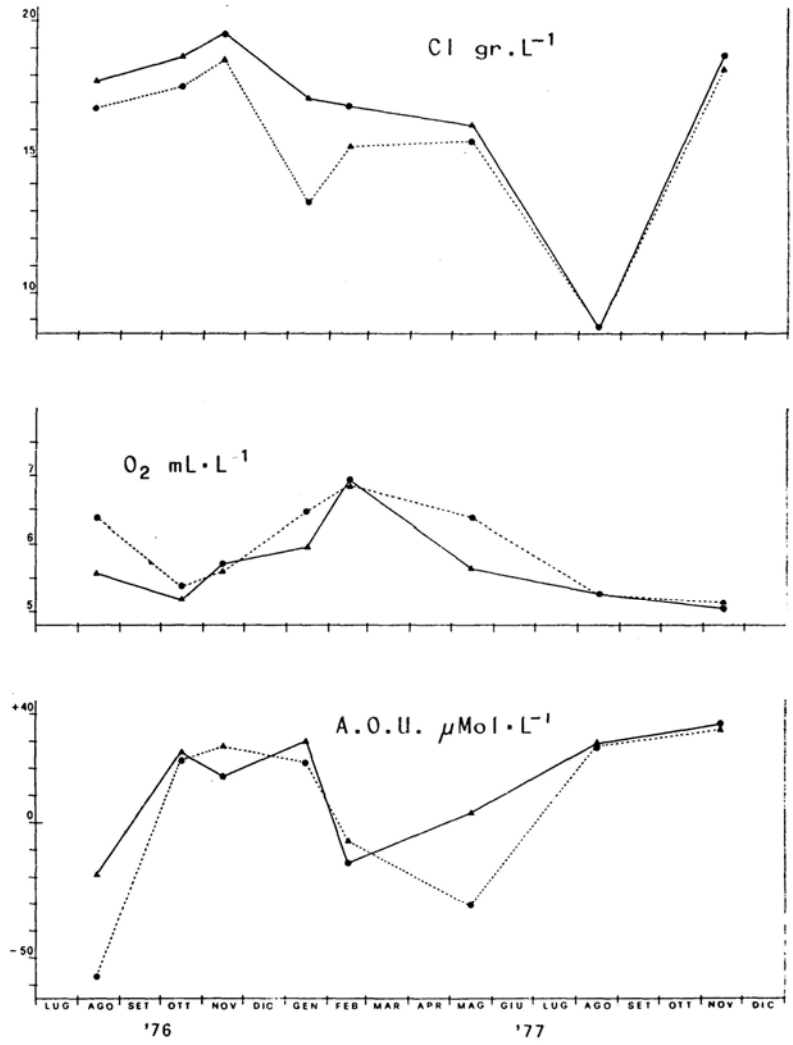


Fig.4 Valori medi mensili sulla colonna d'acqua durante od in prossimità di quadrature. —— dati ottenuti in alta marea; --- dati ottenuti in bassa marea. ▲ fase iniziale; ● fase finale.

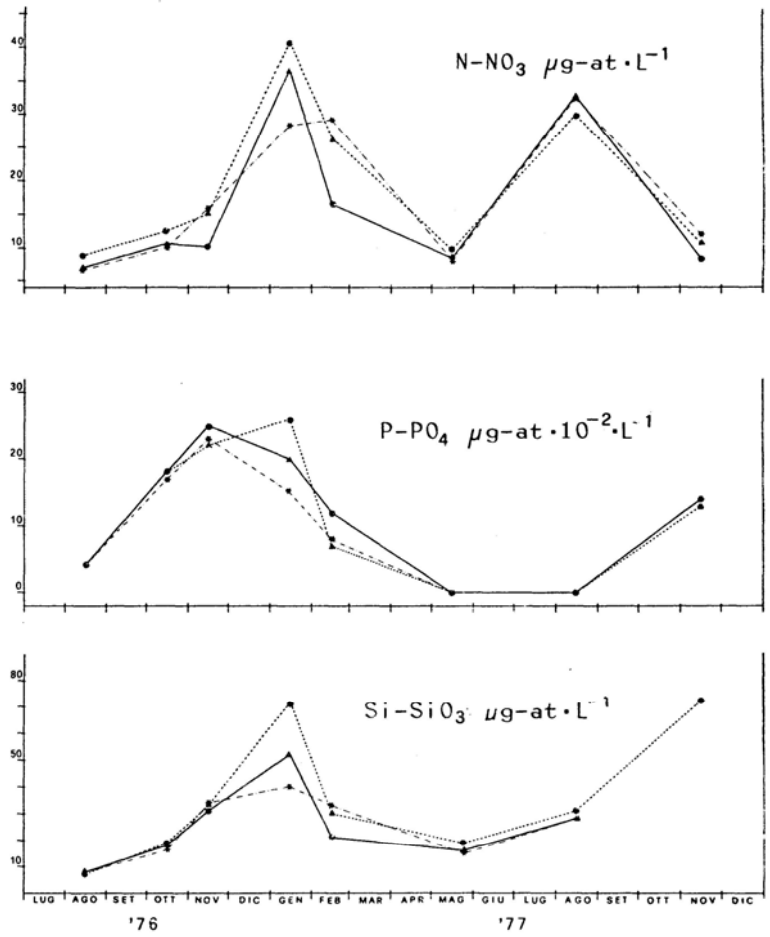


Fig.5 Valori medi mensili sulla colonna d'acqua durante od in prossimità di quadrature. —— dati ottenuti in alta marea; --- dati ottenuti in bassa marea. ▲ fase iniziale; ● fase finale; * concentrazione teorica calcolata in base alla relazione (3).

Tabella 1. Valori medi mensili e differenze fra i valori misurati in bassa marea (B) e quelli in alta marea (A).

SIZIGIE

Mese	$\frac{Cl^B + Cl^A}{2}$	$Cl^B - Cl^A$	$\overline{O_2}$	ΔO_2	$\overline{A.O.U.}$	$\Delta A.O.U.$	$\overline{N\text{-}NO_3}$	$\Delta N\text{-}NO_3$	$\overline{P\text{-}PO_4}$	$\Delta P\text{-}PO_4$	$\overline{Si\text{-}SiO_3}$	$\Delta Si\text{-}SiO_3$
7/76	18.879	-0.915	5.41	-0.66	-30.76	26.51	6.64	2.44	0.06	0.05	4.99	7.57
8/	19.201	-1.409	5.68	0.03	-29.20	- 3.93	5.69	3.34	0.04	0.03	10.90	12.24
9/	15.425	-2.316	6.16	0.03	-29.83	- 0.71	17.84	11.85	0.11	0.10	12.50	10.78
10/	13.269	-3.264	5.40	0.03	11.79	5.18	22.46	19.06	0.14	0.15	17.99	13.00
11/	11.601	-0.891	6.01	0.28	13.26	-10.63	32.37	16.63	0.12	0.03	34.57	22.19
12/	12.938	1.145	6.31	-0.33	21.52	9.28	29.99	9.10	0.29	-0.08	37.11	9.58
1/77	16.271	-3.531	6.68	0.33	12.72	0.80	42.51	30.10	0.19	0.12	32.87	10.71
2/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/	14.513	-1.411	7.18	-0.15	-30.49	1.25	18.67	11.10	0.00	0.00	15.97	6.56
4/	15.280	-1.786	6.49	-0.07	- 4.56	2.49	14.43	11.38	0.00	0.00	7.63	2.87
5/	14.085	-1.685	6.18	-0.59	-16.79	17.32	12.13	4.87	0.00	0.00	12.34	4.44
6/	13.612	-1.064	5.54	-0.53	-11.97	19.91	11.16	6.69	0.01	0.00	47.10	9.84
7/	13.030	-1.854	5.58	-1.10	-20.81	55.53	17.16	10.12	0.01	0.00	74.74	7.22
8/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/	17.724	-1.666	5.76	0.24	- 7.65	-10.19	13.23	7.90	0.04	0.05	14.36	3.66
11/	17.247	-1.616	6.16	0.05	7.46	8.31	21.41	12.32	0.10	0.09	19.69	4.08
12/	15.153	0.234	6.57	-0.05	10.05	1.55	36.29	7.83	0.24	0.09	34.26	20.98

Tabella 2. Valori medi mensili e differenze fra i valori misurati in bassa marea (B) e quelli in alta marea (A).

QUADRATURE

Mese	$\frac{Cl^B + Cl^A}{2}$	$Cl^B - Cl^A$	O_2	ΔO_2	A.O.U.	ΔA.O.U.	$N\text{-}NO_3$	$\Delta N\text{-}NO_3$	$P\text{-}PO_4$	$\Delta P\text{-}PO_4$	$Si\text{-}SiO_3$	$\Delta Si\text{-}SiO$
7/76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8/	17.302	-0.963	5.99	0.82	-38.53	-37.95	8.01	1.85	0.04	0.00	7.55	- 1.19
9/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/	18.153	-1.080	5.28	0.20	24.56	- 3.21	11.60	1.79	0.18	0.00	18.40	0.31
11/	19.056	-0.901	5.67	-0.11	22.33	10.53	12.63	4.98	0.24	0.03	31.72	2.15
12/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/77	15.276	-3.918	6.22	0.52	26.21	- 8.49	38.82	4.33	0.23	0.06	61.77	20.47
2/	16.195	-1.494	6.90	-0.08	-11.23	7.82	21.53	9.98	0.10	-0.05	25.19	9.23
3/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/	15.885	-0.536	6.02	0.75	-14.06	-33.84	9.11	1.29	0.00	0.00	17.62	3.23
6/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8/	8.699	-0.083	5.27	-0.01	28.58	- 1.07	31.42	-3.02	0.00	0.00	29.55	3.46
9/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/	18.516	-0.472	5.10	0.09	34.69	- 1.87	10.09	3.15	0.14	-0.01	-	-

Tabella 3. Riassunto dei valori osservati in periodo di sizigia (S) e di quadratura (Q) durante tutto il periodo delle misure con la media delle differenze riscontrate tra bassa (x^B) ed alta (x^A) marea

	PARAMETRO	ALTA MAREA Max.	ALTA MAREA Media	ALTA MAREA Min.	BASSA MAREA Max.	BASSA MAREA Media	BASSA MAREA Min.	$\frac{\sum_i \left\lvert x_i^B - x_i^A \right\rvert}{n}$
S	Clorosità $grxL^{-1}$	19.905	15.925	12.046	18.496	14.481	11.155	1.652
	O_2 disciolto $mlxL^{-1}$	7.35	6.15	5.88	7.15	5.99	5.03	0.30
	A.O.U. μMxL^{-1}	18.57	-11.11	-48.57	26.16	- 2.93	-36.52	11.57
	$N\text{-}NO_3$ μMxL^{-1}	32.37	14.64	4.02	57.56	25.62	7.36	10.98
	$P\text{-}PO_4$ μMxL^{-1}	0.33	0.07	0.00	0.28	0.11	0.00	0.05
	$Si\text{-}SiO_3$ μMxL^{-1}	71.13	20.16	1.20	78.35	30.00	8.77	9.71
Q	Clorosità $grxL^{-1}$	19.506	16.726	8.740	18.605	15.545	8.657	1.181
	O_2 disciolto $mlxL^{-1}$	7.47	5.67	5.05	7.45	5.94	5.14	0.32
	A.O.U. μMxL^{-1}	35.62	13.32	-19.55	33.75	4.81	-57.50	13.10
	$N\text{-}NO_3$ μMxL^{-1}	36.65	16.38	7.08	40.98	19.42	8.93	4.66
	$P\text{-}PO_4$ μMxL^{-1}	0.22	0.13	0.00	0.26	0.11	0.00	0.02
	$Si\text{-}SiO_3$ μMxL^{-1}	51.53	24.71	8.14	71.76	35.30	6.95	7.11

DISTRIBUZIONE DEI NUTRIENTI NELLE ACQUE COSTIERE DEL MARE TIRRENO MERIDIONALE.(*)

E.DE DOMENICO, G.PULICANO'

Istituto di Idrobiologia - Università di Messina
(Direttore: Prof. S.Genovese)

RIASSUNTO

Dall'insieme delle ricerche svolte dal Luglio 1976 al Settembre 1979, nell'ambito del P.F. "Promozione della qualità dell'ambiente", nell'area costiera del Mar Tirreno Meridionale compresa tra Capo Palinuro e Capo S.Vito è stata presa in esame la distribuzione di ammoniaca, nitrati e fosfati. Con un totale di 650 campioni, raccolti dalla superficie fino ad un massimo di 100 m in 10^3 stazioni, è stata esaminata un'area dell'estensione approssimativa di 3500 Km^2 e relativa ad una linea di costa di circa 700 Km. I valori medi per le singole zone esaminate mostrano per i golfi di S.Eufemia e Gioia massimi di ammoniaca mentre i nitrati hanno presentato il livello più elevato nei golfi di Patti e Milazzo. Ancora nel Golfo di S.Eufemia è segnalato il massimo per il fosforo da ortofosfati, i cui valori medi minimi sono stati registrati nel Golfo di Castellammare, lungo la costa siciliana tra Capo Gallo, Capo Calava ed alle Isole Eolie.

SUMMARY

The authors report of ammonia, nitrate and phosphate distribution in the coastal area from Cape Palinuro to Cape S.Vito (Southern Tyrrhenian Sea). The studied area was about 3500 Km^2 wide, along an about 700 Km long shore-line. 650 samples, collected from surface to a maximum depth of 100 m in 103 stations, were examined. The mean values of ammonia reached the highest levels in Gulf of S. Eufemia and in Gulf of Gioia. The highest mean values of nitrate were found in Gulf of Patti and in Bay of Milazzo. As regards the mean values of phosphate, they were lowest in Gulf of Castellammare, along Sicilian coast from Cape Gallo to Cape Calavà, and near Eolian Islands, while the highest values were found in Gulf of S. Eufemia.

(*) Ricerca svolta nell'ambito del P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente", Contratti C.N.R. n° 79.01494.90; 78. 01115.90;77.00461.90.

PREMESSA

Fin dalla costituzione del P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente" l'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Messina ha svolto un articolato programma di ricerca che prevedeva l'esame della qualità delle acque costiere dell'Italia meridionale, con particolare riferimento al problema dell'eutrofizzazione ed alle relazioni tra nutrienti ed attività microbica. Nell'ambito di tale programma sono state fino ad ora esaminate 229 stazioni, ubicate a distanze comprese tra 0,5 e 20 m dalla riva, per un totale di 1373 campioni lungo le coste tirreni che dell'Italia meridionale e nell'area costiera ionica compresa tra Siracusa e Crotone. Nell'area esaminata sono state determinate le proprietà oceanografi che (temperatura, salinità, densità, ossigeno, pH), i nutrienti (ammoniaca, nitriti, nitrati, fosfati, fosforo solubile e totale, silicati) il contenuto in pigmenti fotosintetici, la carica microbica e, per i campioni superficiali, coliformi totali e batteri ossidanti idrocarburi. Resta ancora da studiare, per completare il programma previsto, la zona del Canale di Sicilia ed una parte delle coste ioniche calabresi.

Risultati preliminari sulla distribuzione dei nutrienti sono stati già comunicati (De Domenico E., 1979) nel corso del convegno sull'Eutrofizzazione in Italia tenutosi nell'ottobre 1978 a Roma presso il C.N.R.. L'insieme dei risultati raccolti nella zona tirrenica sarà oggetto di una pubblicazione, attualmente in fase di stesura. Con la presente nota si intende dare un quadro generale della distribuzione di parte dei nutrienti esaminati nell'area del Mar Tirreno, compresa tra Capo Palinuro e Capo S.Vito.

MATERIALI E METODI

Le ricerche sono state condotte, sempre in periodo estivo, dal luglio 1976 al settembre 1979 nell'area indicata in Figura 1 a bordo di diversi natanti (C/P 2004; M/P Palma II; N/R Algesiro M.), esaminando 103 stazioni per un totale di 650 campioni d'acqua. I prelievi sono stati effettuati dalla superficie fino ad un massimo di 100 m con bottiglie Van Dorn o Niskin ed i campioni d'acqua, in funzione delle condizioni di lavoro offerte dai diversi natanti impiegati, sono stati immediatamente filtrati su Millipore 0,45 µm e congelati o conservati a bassa temperatura fino all'arrivo in laboratorio.

Nella presente nota vengono esaminati e discussi i valori di ammoniaca (Solorzano per i campioni del 1977 e Liddicoat per quelli del 1979), nitrati (riduzione a nitriti su Cd-Cu ed analisi secondo Bendschneider e Robinson) ed ortofosfati (Murphy e Riley modificato). Dai risultati analitici sono stati calcolati i valori medi integrati sulla colonna d'acqua d'ogni singola stazione e per ogni zona studiata sono stati calcolati i valori medi per ciascuna profondità. Tali procedure, per un certo verso criticabili, permettono d'altro canto una visione generale delle singole zone e della intera area esaminata. Una più ampia discussione sui metodi analitici adottati come pure sulla distribuzione dei risultati lungo opportune sezioni dell'area studiata sarà presentata nella pubblicazione che, come accennato, raccoglierà i risultati dell'interno programma svolto.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

Dall'esame della Fig. 2 è possibile osservare la distribuzione dei valori di ammoniaca nell'area di studio. Tali valori, che corrispondono alla media su colonna d'acqua integrata, sono compresi tra 225 e 5024 µg-at/m^3 N-NH_3 (Stazioni C3/H e 27/A rispettivamente). E1 evidente la presenza di fonti localizzate di contaminazione (Stazioni 4/B, 19/B, 5/B, 08/E, 06/E, 02/E) il cui effetto, nel più ampio mezzo neritico, resta comunque limitato. Distribuzione differente presentano invece i golfi di S.Eufemia e Gioia dove il livello di ammoniaca risulta elevato per tutta l'area in oggetto. Tale zona è stata studiata nel luglio 1977, mentre le rimanenti sono state esaminate tra luglio e settembre 1979 ed il differente periodo, insieme a lievi modifiche metodologiche, potrebbe spiegare tale distribuzione eterogenea, ma i risultati da noi ottenuti nel Golfo di S.Eufemia, nell'ambito di un altro programma di ricerca nel giugno 1979, confermano l'elevato livello di ammoniaca per tali acque con un massimo di 5,41µg-at/l N-NH_3 ed un valore medio superiore ad 1,50 µg-at/l(De Domenico E. et al., 1980). Anche l'andamento dell'ammoniaca in relazione alla profondità evidenzia per i citati golfi le quantità notevoli di tale nutriente, come pure la marcata eterogeneità dei valori che presentano, in confronto alle altre zone esaminate, una elevata dispersione. Per le rimanenti zone l'ammoniaca resta compresa entro bassi valori, con una distribuzione statisticamente omogenea dei risultati. I valori massimi si riscontrano per lo più negli strati superficiali.

Per quanto concerne i nitrati, i valori ottenuti rimangono compresi tra 155 e 1483 µg-at/m^3 N-NO_3, riscontrati rispettivamente alle stazioni 2/A, 16/E e 6/F. I valori più elevati sono distribuiti in aree ristrette di tutte le zone esaminate tranne le Isole Eolie. Buona parte del Golfo di S. Eufemia, la zona di Strombo!i e la stazione 35/F (Golfo di Castel1ammare) presentano valori bassi, in alcuni casi prossimi al minimo. L'intera area studiata presenta valori compresi nell'ambito 500-1000 µg-at/m^3 N-NO_3. Generalmente i nitrati aumentano con la profondità raggiungendo i valori massimi alle quote maggiori. Qualche valore elevato negli strati intermedi, rilevato nelle zone E ed F (Fig.3), è probabilmente ascrivibile alla stratificazione termica propria del periodo di studio. In genere la distribuzione dei risultati sembra abbastanza omogenea, pur con i picchi prima menzionati. I golfi di S.Eufemia e Gioia presentano una maggiore omogeneità rispetto alla distribuzione dell'ammoniaca. I golfi di Milazzo e Patti e le limitrofe Isole Eolie mostrano la minore dispersione dei risultati.

Il fosforo da ortofosfati (Figura 4) ha presentato risultati nell'ambito 29-309 µg-at/m^3 P-PO_4 (rispettivamente stazioni 15/F e 17/A). I valori più elevati sono concentrati nella parte interna del Golfo di S.Eufemia, al centro del Golfo di Gioia ed in alcune stazioni esterne dell'area calabrese settentrionale. La gran parte dell'area tirrenica studiata ha presentato valori compresi tra 30 e 100 µg-at/m^3. Quanto ora esposto sulla distribuzione dei valori medi integrati trova conferma nell'andamento degli ortofosfati in funzione della profondità. Infatti la maggiore dispersione si riscontra nei golfi di S.Eufemia e Gioia e lungo le coste settentrionali calabresi mentre le rimanenti zone presentano limitate escursioni di valori con bassa dispersione. Sembra

esistere, in genere, un lieve incremento alle quote più profonde ed a quelle superficiali.

La Tabella 1 riporta il valore medio di ciascun parametro esaminato per le singole zone studiate e per l'intera area costiera. In accordo a quanto mostrato nei grafici (Figure 2,3,4) i valori massimi di ammoniaca appartengono al Golfo di Gioia (2,188 µg-at/1 $N\text{-}NH_3$), mentre i valori complessivamente più bassi (0,225 µg-at/1 $N\text{-}NH_3$) sono nell'area delle Isole Eolie. Per i nitrati i golfi di Milazzo e Patti, entrambi con 0,916 µg-at/1 $N\text{-}NO_3^-$, presentano il massimo, in confronto al minimo nel Golfo di S. Eufemia (0,421 µg-at/1). Da notare che le coste calabresi settentrionali (0,859 µg-at/1) ed il Golfo di Gioia (0,803 µg-at/1) sono prossimi al massimo. I fosfati, infine, mostrano una media appena superiore a 0,050 µg-at/1 $P\text{-}PO_4^{-3}$ nella gran parte dell'area esaminata, mentre tutta la costa calabra presenta valori fino a 0,128 µg-at/1 (Golfo di S.Eufemia) cui si accompagna la media di 0,074 e 0,089 nelle vicine zone esaminate. In funzione del numero statisticamente significativo di campioni esaminati (Tabella 1) ci sia consentito indicare in 0,801 µg-at/1 N-NH3, 0,751 µg-at/1 $N\text{-}NO_3^-$ e 0,070 µg-at/1 $p\text{-}PO_4^{-3}$ il valore medio indicativo per i nutrienti in periodo estivo nell'area costiera del Mar Tirreno Meridionale.

Un confronto con quanto noto sulla distribuzione dei nutrienti nei mari italiani, e nel Mar Tirreno in particolare (Carrada et al., 1977; Faganelli, 1961; Franco, 1973; Magazzù et al., 1969; Zunini Sertorio et al., 1977) presenta considerevoli difficoltà di ordine generale. Infatti è estremamente difficile paragonare mari che presentano caratteristiche fisiografiche marcatamente differenti, in cui i nutrienti sono stati peraltro determinati con metodologie diverse, non sempre di ottima sensibilità. Inoltre le peculiarità dell'ambiente neritico possono determinare ulteriori problemi comparativi legati agli effetti di singoli e localizzati apporti contaminanti.

In conseguenza di ciò 1 'interpretazione dei risultati conseguiti non può prescindere dall'esame delle caratteristiche idrografiche delle singole zone, all'atto dei prelievi, e nel quadro della circolazione generale del basso Tirreno. Pertanto le considerazioni contenute nella presente nota devono ritenersi di carattere generale e preliminari ad un più approfondito esame comparativo che sarà possibile nella nota di prossima pubblicazione che, come accennato, raccoglierà l'insieme dei dati conseguiti nell'area di studio.

BIBLIOGRAFIA

CARRADA G.C., BONADUCE G. , MARINO D. , MODIGH M., SCOTTO DI CARLO B. , JANORA A., RIBERA D'ALCALA1 M., 1977 - Gulf of Naples Ecology Program.Data Report, June 1977, Stazione Zoologica Napoli, rapporto interno.

DE DOMENICO E., 1979 - Le acque costiere della Sicilia e della Calabria. Atti Convegno sull'Eutrofizazzione in Italia, Roma, 3-4 Ottobre 1978. Collana P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente", AC/2/60, 257-267.

DE DOMENICO E. , CORTESE G. , CRISAFI E. , DE DOMENICO M. ; GRASSO S. , PULICANO1 G. , 1980 - Caratteristiche -fisiche, chimiche e microbiologi che delle acque del Golfo di S.Eufemia - Mar Tirreno Meridionale - Note del Laboratorio di Biologia Marina e Pesca - Fano (in corso di stampa).

FAGANELLI A., 1961 - Primi risultati relativi alla concentrazione dei sali nutritivi nelle acque del Mar Mediterraneo Centrale e mari adiacenti. Archo Oceanogr. Limnol., 12 (2), 191-208.

FRANCO P. , 1973 - L'influenza del Po sui caratteri oceanografici e sulla distribuzione della biomassa planctonica dell'Adriatico Settentrionale. Studi e Ricerche sul delta del Po. Annali Univ. Ferrara, 1(1), 95-117.

GENOVESE S., 1979 - L'eutrofizzazione nelle acque costiere. Atti Convegno sull'Eutrofizzazione in Italia. Collana P.F. Promozione della Qualità dell'Ambiente", AC/2/59, 239-255.

MAGAZZU'G., CAVALLARO G. , GUGLIELMO L. , 1969 - Considerazioni preliminari sulle condizioni chimico-fisiche e sullo zooplancton delle acque costiere fra Capo Milazzo e Capo d'Orlando. Comm. Italiana Oceanografia, Serie B, n.45, 71-90.

ZUNINI SERTORIO T. , DELLA CROCE N. , CONTARDI V. , FABIANO M. , 1977 - Iponeuston e caratteristiche fisico-chimiche delle acque costiere (Mar Ligure - Alto Tirreno). Rapp. Comm.int. Mer Medit., 24 (10), 117-118.

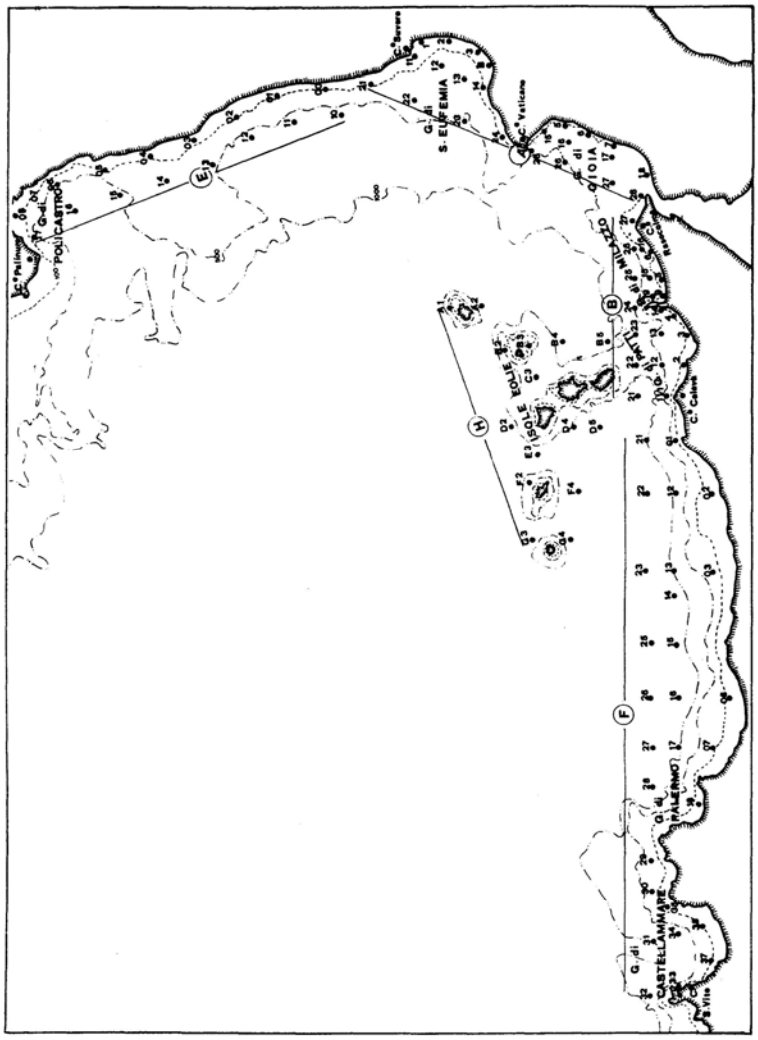


Figura 1 Mar Tirreno Meridionale. Ubicazione delle stazioni di prelievo.

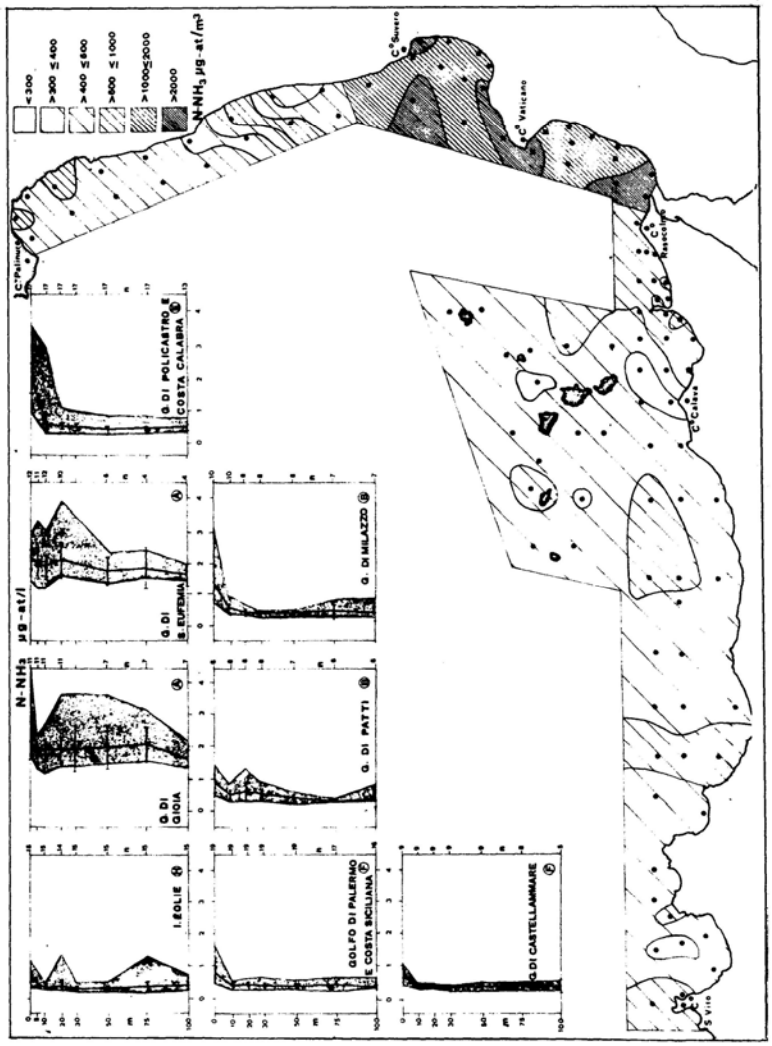


Figura 2 Distribuzione dei valori di ammoniaca nell'area esaminata ed andamento medio in funzione della profondità nelle singole parti del bacino.

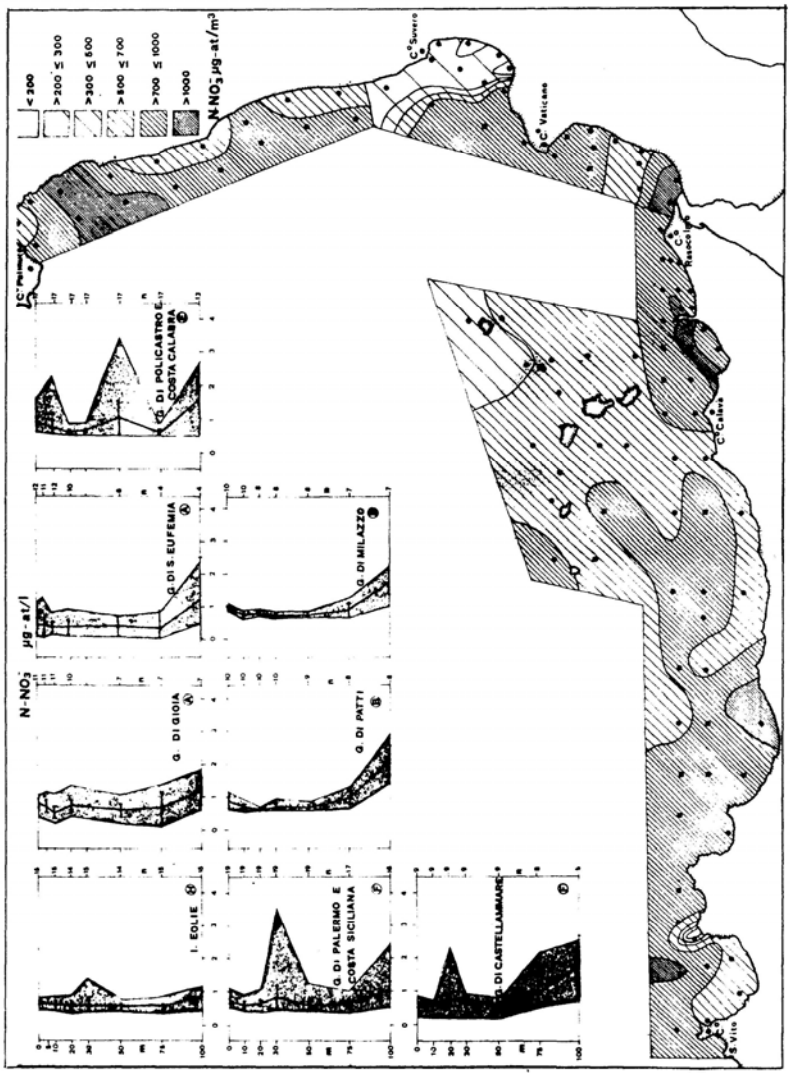


Figura 3 Distribuzione dei valori dei nitrati nell'area esaminata ed andamento medio in funzione della profondità nelle singole parti del bacino.

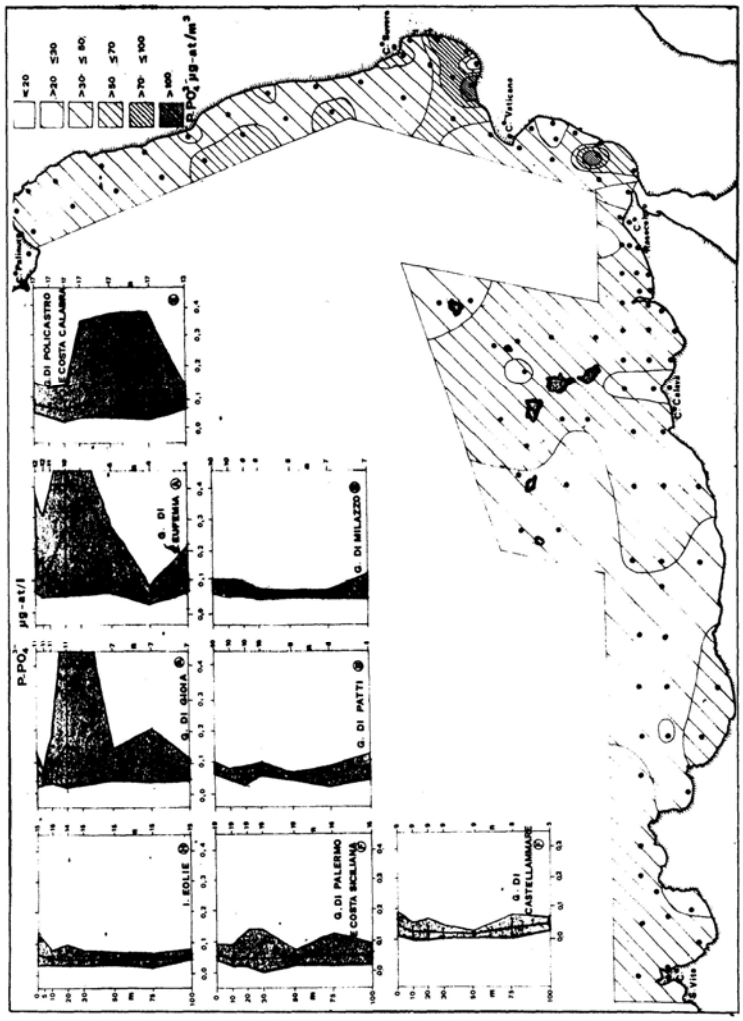


Figura 4 Distribuzione dei valori degli ortofosfati nell'area esaminata ed andamento medio in funzione della profondità nelle singole parti del bacino.

Tab. 1 Valori medi e limiti fiducciali delle medie di ammoniaca, di nitrati e di ortofosfati per le singole parti e per l'intera area esaminata.

	N-NH_4		N-NO_3^-		P-PO_4^{3-}	
ZONA CONSIDERATA	n° staz.(camp.)	$\bar{X}$ µg-at/l	n° staz.(camp.)	$\bar{X}$ µg-at/l	n° staz.(camp.)	$\bar{X}$ µg-at/l
Costa settentrionale Calabria	17 (115)	$0,49_8 \pm 0,05_8$	17 (115)	$0,85_9 \pm 0,13_0$	17 (115)	$0,07_4 \pm 0,01_4$
Golfo di S. Eufemia	12 (59)	$1,94_6 \pm 0,31_9$	12 (59)	$0,42_1 \pm 0,19_8$	12 (59)	$0,12_6 \pm 0,03_6$
Golfo di Gioia	11 (65)	$2,12_8 \pm 0,71_2$	11 (64)	$0,80_3 \pm 0,13_1$	11 (65)	$0,08_9 \pm 0,05_1$
Isole Eolie	15 (104)	$0,35_6 \pm 0,05_1$	15 (103)	$0,62_5 \pm 0,05_0$	15 (104)	$0,05_3 \pm 0,00_7$
Baia di Milazzo	10 (58)	$0,51_9 \pm 0,06_6$	10 (58)	$0,91_6 \pm 0,05_2$	10 (58)	$0,05_7 \pm 0,00_5$
Golfo di Patti	8 (51)	$0,47_1 \pm 0,14_9$	10 (65)	$0,91_6 \pm 0,09_3$	10 (65)	$0,05_7 \pm 0,00_7$
Costa nord-occidentale Sicilia	19 (128)	$0,39_3 \pm 0,03_6$	19 (128)	$0,75_6 \pm 0,09_9$	19 (127)	$0,05_2 \pm 0,00_7$
Golfo di Castellammare	9 (58)	$0,36_6 \pm 0,04_3$	9 (58)	$0,75_3 \pm 0,20_0$	9 (58)	$0,05_4 \pm 0,00_7$
Coste Mar Tirreno Meridionale	101 (638)	$0,80_1 \pm 0,07_6$	103 (650)	$0,75_1 \pm 0,03_5$	103 (651)	$0,07_0 \pm 0,00_7$

CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PIGMENTI CLOROFILLIANI IN AREE COSTIERE LIGURI (Maggio 1977 e Ottobre 1978)

M. FABIANO

Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura.
Università di Genova

RIASSUNTO

L'autore confronta i dati ambientali, le concentrazioni di pigmenti clorofilliani e di sali nutritivi di campioni raccolti su 8 stazioni della platea continentale ligure. Il campionamento è stato eseguito in due stagioni (Maggio 1977 - Ottobre 1978) lungo quattro trasversali perpendicolari alla costa in corrispondenza di Alassio, Savona, Chiavari e Corniglia. In primavera lo strato superficiale mostra differenti situazioni idrologiche. In autunno, in tutte le aree in esame, il termoclino è evidente tra i 20 e i 50 m di profondità. In entrambi i campionamenti, le basse concentrazioni dei pigmenti e dei nutrienti ci fanno ritenere che i periodi in esame siano relativamente poco importanti per la stima delle potenzialità produttive delle acque costiere liguri.

SUMMARY

The author compares environmental data, chlorophyll pigments and nutrients concentrations of samples collected on 8 stations of the Ligurian Continental shelf. The sampling was carried out in two different seasons along four transversal lines in front of the coast (Alassio, Savona, Chiavari and Corniglia). In spring the superficial layer shows different hydrological features. In autumn, in all tested areas, the thermocline is clearly evident between 20 and 50 m of depth. In both seasons the low concentrations of nutrients and pigments prove that the periods under examination have 1 itti e importance as regards the evalutation of the potential productivity of the Ligurian coastal waters.

INTRODUZIONE

Le acque costiere liguri sono state oggetto negli anni passati di vari studi, la maggior parte dei quali si riferisce a ricerche relative alla composizione e alla distribuzione del popolamento planctonico (Bernhard N., Rampi L., 1966; Carli A., 1971; Della Croce N., 1952); per contro poco o nulla si conosce sulla distribuzione e sul ciclo dei sali nutritivi e dei pigmenti clorofilliani. La conoscenza di tali parametri è di base per ogni studio avente quale scopo la comprensione e la valutazione delle potenzialità trofiche di una massa d'acqua.

La presente ricerca si inserisce in un più ampio studio teso a valutare la produzione, a livello planctonico, delle acque del Mar Ligure. Tale studio viene condotto mediante osservazioni quindicinali e stagionali. Le osservazioni quindicinali, su piccola scala, riguardano la zona campione di Chiavari con una stazione costiera ed una del largo; quelle stagionali,su grande scala, interessano le acque della platea continentale ligure con 8 stazioni disposte su 4 trasversali in corrispondenza di Alassio, Savona, Chiavari e Corniglia (Fig. 1).

Questa nota riferisce sui risultati ottenuti dall'analisi dei dati idrologici, delle concentrazioni dei sali nutritivi e dei pigmenti clorofilliani rilevati nelle stagioni sino ad oggi campionate, con l'intento di dare una prima definizione delle caratteristiche ambientali delle acque della platea continentale ligure e di verificare, inoltre, se esiste contemporaneità lungo tutto l'arco costiero nell'evolversi dei processi idrobiologici.

METODICHE

I campionamenti sono stati eseguiti durante le campagne oceanografi che del Gruppo Ricerca Oceanologica - Genova con la N/0 "L.F.Marsili" in primavera (maggio 1977) ed in autunno (ottobre 1978).

In ciascuna delle quattro zone si è campionata una stazione costiera su fondali di ca. 60 m ed una del largo su fondali di ca. 250 m (Fig. I).

La trasparenza è stata misurata con il Disco di Secchi. I valori di temperatura e salinità sono stati rilevati con la batisonda "Neil Brown" in dotazione alla nave. In alcuni casi si è dovuto ricorrere all'uso del XBT per la temperatura e all'analisi chimica per la salinità. L'ossigeno, i sali nutritivi ed i pigmenti clorofilliani sono stati analizzati dallo stesso campione d'acqua raccolto, a diverse quote, con bottiglie tipo "Van Dorn". Nel maggio 1977 si sono utilizzate le quote standard sino a 30 m per la stazione costiera e a 200 m per quella del largo; nell'ottobre 1978 allo scopo di uniformarsi alle quote scelte per la zona campione di Chiavari si è campionato a 0, 10, 20, 30 e 50 m nella stazione costiera ed a 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 m in quella del largo.

I metodi utilizzati in laboratorio sono quelli riportati da Strickland e Parsons (1968). Per il calcolo delle concentrazioni pigmentarie si sono usate le formule SCOR-UNESCO (UNESCO 1966).

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

II confronto fra i due periodi di campionamento risulta di particolare interesse in quanto le due stagioni sono caratterizzate da situazioni idrologiche differenti (Fig. 2).

In maggio il processo di riscaldamento dello strato superficiale è ormai iniziato ed appare ben consolidato sulle Stazioni della Riviera di Levante con temperature superficiali comprese tra 17.9 e 19.6°C, mentre

nella Riviera di Ponente le temperature in superficie variano tra 15.6 e 16.9°C. La salinità, inferiore a 37.00 ‰ in superficie nelle stazioni delle trasversali di Savona e Chi avari, si mantiene lungo la colonna d'acqua su valori compresi tra 37.50 e 38.00 ‰ ed aumenta decisamente tra le isobate di 75 e 100 m. La trasparenza presenta valore medio 13.0 m per le stazioni costiere e 14.1 m per quelle del largo. In questa stagione risulta quindi evidente uno strato superficiale che presenta discordanze tra ponente e levante per quanto riguarda i valori di salinità. Con la profondità, in entrambi i casi, i valori tendono ad essere uniformi in tutte le stazioni.

In ottobre il termoclino è ben stabilizzato tra i 20 e 50 m. In superficie la temperatura varia tra i 19.1 e 20.8°C, valori caratteristi ci di tale periodo, la salinità è compresa tra 38.00 e 38.11 ‰ in superficie ed aumenta con la profondità. La trasparenza, più elevata che in maggio, ha valore medio 20.9 m per le stazioni costiere e 24.5 m per le stazioni del largo. In questa stagione tutte le stazioni mostrano un comportamento simile.

CARATTERISTICHE CHIMICHE

In primavera le concentrazioni di ossigeno sono in media superiori a quali e del periodo autunnale. I valori medi delle percentuali di saturazione delle stazioni primaverili costiere sono soprasaturanti, mentre nelle stazioni primaverili del largo ed in entrambi i casi nel periodo autunnale i valori si situano intorno al 100%. La distribuzione verticale, in autunno delle concentrazioni di ossigeno presenta in tutte le stazioni del largo un massimo compreso tra 5.54 e 5.84 ml/1 alla quota di 50 m in corrispondenza dei 15°C per scendere con la profondità al di sotto di 5 ml/1 (Fig. 2). Tale distribuzione si accorda con quanto riscontrato da Gostan (1967) nel periodo estivo su stazioni disposte lungo una trasversale tra la Riviera Francese e la Corsica sulla platea continentale e in mare aperto.

Le analisi relative alle concentrazioni di nutrienti confermano, nei due momenti stagionali, la carenza di fosfati inorganici reattivi (<0.03 µg.at P/l), peraltro già osservata in una ricerca a durata biennale svolta nell'area prospicente Chiavari (Fabiano 1980). Considerando lo strato 0 - 50 m nelle stazioni costiere e del largo le concentrazioni di nitrati (NO^2 + NO^3) si equivalgono nel periodo autunnale (0.2 - 0.7 ug.at N/l), mentre nel periodo primaverile la colonna d'acqua della stazione costiera presenta concentrazioni più elevate particolarmente nelle stazioni della Riviera di Ponente (>1.0 µg.at N/l). Nei due periodi campionati le concentrazioni aumentano con la profondità sino a valori compresi tra 2 e 6 µg.at N/l (Fig. 2).

PIGMENTI CLOROFILLIANI

Le concentrazioni di clorofilla-a per m^3 sono nel complesso più elevate nel periodo primaverile. Le stazioni costiere di ponente presentano in tale momento concentrazioni decisamente superiori rispetto a quelle d'altura; a levante le concentrazioni sono in media inferiori ed il

rapporto tra costa e largo è invertito. Per contro in autunno i valori delle stazioni costiere sono in ogni area superiori a quelli delle stazioni d'altura. L'andamento delle concentrazioni con la profondità risulta molto irregolare.

Il massimo carico vegetale della colonna, espresso come mg di clorofilla-a per m^2, si ha nella stazione costiera - primaverile di Savona (78.80 mg/m2) quello minimo nella stazione costiera primaverile di Corniglia (1.80 mg/m^2) (Fig. 3). Nelle stazioni del largo la biomassa calcolata per la colonna d'acqua 0 - 100 m varia da 25.16 mg/m^2 a Chi avari in primavera a 59.90 mg/m^2 a Corniglia in autunno; con i valori medi complessivi in maggio di 41.27 mg/m^2 ed in ottobre di 30.95 mg/m^2.

La clorofilla-b presenta, particolarmente in autunno, concentrazioni inferiori alla clorofilla-a, tra il 12 - 16% della clorofilla totale (Tab. 1). La clorofilla-c più abbondante, tra il 46 - 60% della clorofilla totale, raggiunge valori elevati in primavera. Si osserva inoltre come nel caso delle stazioni costiere primaverili si abbiano valori percentuali elevati di clorofilla-a che suggeriscono la presenza di popolazioni fitoplanctoniche fisiologicamente attive.

CONCLUSIONI

II campionamento primaverile evidenzia la coesistenza nello strato superficiale della fascia costiera di due differenti situazioni; a ponente le temperature superficiali sono quelle caratteristiche del periodo iniziale del processo di riscaldamento delle acque, le concentrazioni di clorofilla-a e di nitrati sono elevate particolarmente sulle stazioni costiere; a levante il processo di riscaldamento è già avanzato ed i valori di clorofilla-a e nutrienti sono decisamente minori. Considerando che lo scarto di tempo massimo tra i campionamenti nelle due Riviere è di 12 giorni, si può supporre che tale periodo sia sufficiente per determinare i cambiamenti osservati; non è da escludere tuttavia la possibilità, suggerita anche da altri dati non ancora pubblicati, che tale processo possa avvenire in tempi diversi lungo la costa ligure.

Nel campionamento autunnale si osserva un evidente termoclino che isola la fascia d'acqua superficiale, con concentrazioni basse di nitrati (0.2 - 0.7 ng.at N/l), da una seconda zona, al di sotto dei 75 m di profondità, con concentrazioni di nutrienti 10 volte più elevate (2-6 ug.at N/l). La quantità media di clorofilla-a lungo la colonna d'acqua 0 - 100 m è in questo momento (31.0 mg/m^2) inferiore di circa il 25% rispetto ai valori calcolati in maggio (41.3 mg/m^2). Ci si trova quindi di fronte a due periodi che per le loro caratteristiche risultano di scarsa rilevanza per quanto riguarda la produzione organica; infatti in maggio la produzione si è ormai quasi del tutto esaurita (valore medio totale di clorofilla-a 0.8 mg/m^3) ed in ottobre il mancato rimescolamento estivo delle acque dello strato superficiale ha privato queste delle necessarie sostanze nutritizie (valore medio totale di clorofilla-a 0.3 mg/m^3).

Nei due periodi inoltre, le concentrali oni di fosforo inorganico sono al di sotto di 0.03 µg.at P/l avvalorando quanto già affermato da Berland et al. (1978) circa l'attività limitante di tale elemento per la produzione primaria delle acque del Mar Ligure.

La conoscenza dei dati relativi alle stagioni in cui non si è ancora effettuato il campionamento, tenuto conto dei risultati emersi dalla ricerca biennale svolta nell'area di Chiavari (Della Croce et al. 1979 e 1980), permetterà di meglio definire le caratteristiche ecologiche delle acque costiere liguri.

Si deve inoltre osservare che le concentrazioni dei pigmenti clorofilliani e dei sali nutritivi riscontrati nei due momenti stagionali non si discostano da quanto rilevato in acque di mare aperto (Zunini-Sertorio et al., 1977; Fabiano 1980); ciò fa ritenere, per quanto riguarda tali parametri nei tempi e nelle aree in esame, che l'evidenza dell'impatto antropico debba ricercarsi su stazioni più vicine alla costa.

BIBLIOGRAFIA

BERLAND B.R., BONIN D.J., MAESTRINI S.Y. 1978 - Facteurs limitant la production primaire des eaux oligitrophes d'une aire còtiere méditerranéenne (Calanque d'En-Van, Marseille). Int. Revue ges. Hydrobiol. , 63 (4), 501-531.

BERNHARD N. , RAMPI L. 1967 - The annual cycle of the "Uthermohl phyto-plankton" in the Ligurian Sea in 1959 and 1962. Pubbl. Staz. Zool. , Napoli 35, 137 - 169.

CARLI A. 1971 - Ricerche planctologiche italiane III. Osservazioni sullo zooplancton raccolto nel Mar Ligure nel 1957 - 58 (superficie). Boll. Pesca Piscic. Idrob., 26, 1 - 2.

DELLA CROCE N., 1952 - Variazioni stagionali dello zooplancton di superficie pescato a Punta del Mesco (La Spezia) tra il 15.10.1949 ed il 30.3.1951. Boll. Mus. e Ist. Biol. Univ. Genova, XXIV, 87 - 116.

DELLA CROCE N. , FABIANO M. , ZUNINI SERTORIO T. , 1979 – Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici. (Chiavari): Ottobre 1977 - Ottobre 1978. Catt. Idrob. Pescic. Univ. Genova Rapp. Tecn., 8,1- 13.

DELLA CROCE N., FABIANO M., ZUNINI SERTORIO T. , 1980 – Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici. (Chiavari): Ottobre 1978 - Ottobre 1979. Catt. Idrob. Pescic. Univ. Genova Rapp. Tecn. , 11, 1 - 14.

FABIANO M. 1980 - Sali nutritivi in Mar Ligure. La chimica e l'industria. 62 (6), 529.

GOSTAN J. 1967 - Condition hydrologiques observées pendant l'été entre la Riviera et la Corse. Cahiers Oceanogr., 20 (1), 37 - 66.

STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. 1968 - A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd Canada Bull., 167, 1 - 311.

UNESCO 1966 - Determination of photosynthetic pigments in seawater. Mong. Oceanogr. Method.,1,1- 69.

ZUNINI SERTORIO T., DELLA CROCE N., CONTARDI V., FABIANO M., 1977. Iponeuston e caratteristiche fisico - chimiche delle acque costiere (Mar Ligure - Alto Tirreno). Rapp. Comm. int. Mar Medit., 24 (10), 117.

Contributo del Gruppo Ricerca Oceanologica - Genova.

Contratto C.N.R. n° 79.01410.88/115.0907

Contratto C.N.R. n° 79.01433.88/115.0907

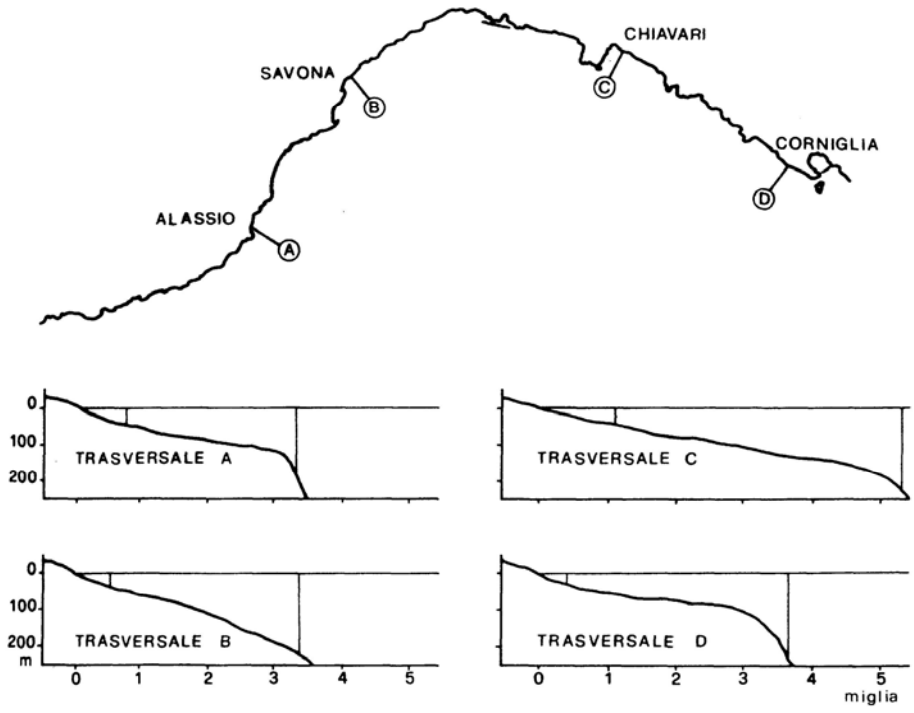


Fig. 1 Posizioni delle stazioni di campionamento.

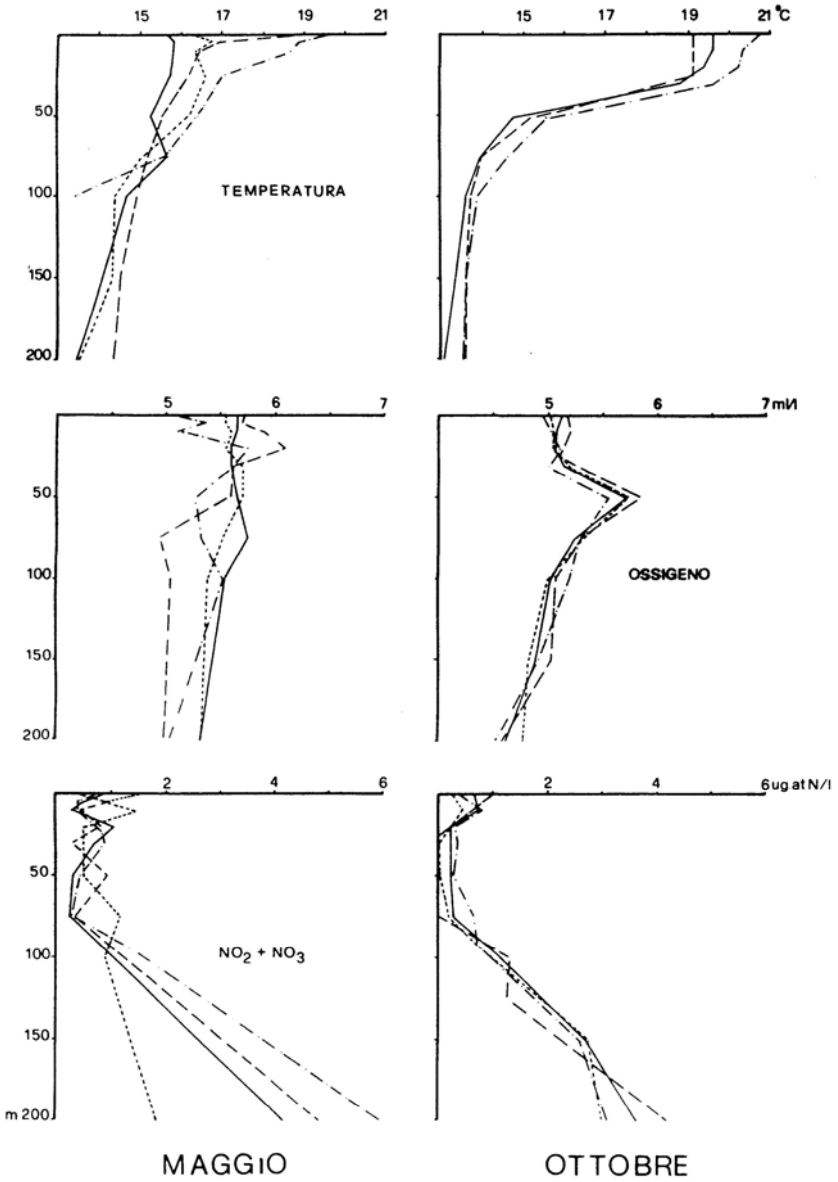


Fig. 2 Profili di temperautra e distribuzione verticale delle concentrazioni di ossigeno e di nitrati delle stazioni d'altura di Alassio (_____), Savona (-------), Chiavari (_ _ _ _ _) e Corniglia (_ . _._).

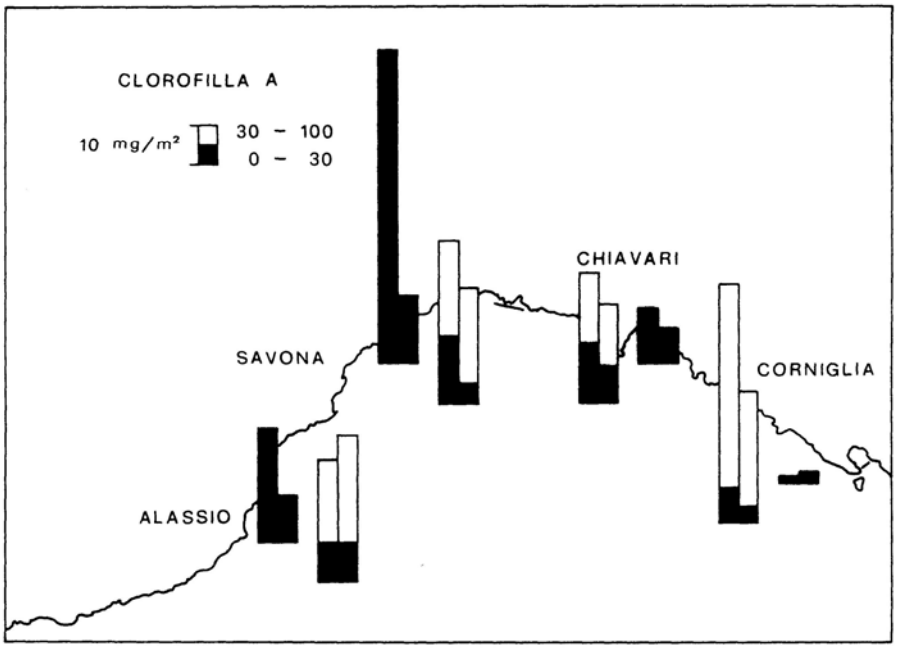


Fig. 3 Concentrazione di clorofilla (mg/mq) dello strato d'acqua 0 - 30 m di ogni stazione e 0 - 100 m delle stazioni del largo in primavera (sinistra) ed in autunno (destra).

TABELLA I

Concentrazioni medie di clorofilla a, b e c per le colonne d'acqua costiere e d'altura, in maggio ed in ottobre, e relative percentuali.

	STAZIONI COSTIERE				STAZIONI D'ALTURA			
	MAGGIO		OTTOBRE		MAGGIO		OTTOBRE	
	mg/mc	%	mg/mc	%	mg/mc	%	mg/mc	%
CLOROFILLA A	1.12	40.9	0.36	26.5	0.45	24.1	0.27	27.8
CLOROFILLA B	0.34	12.4	0.22	16.2	0.30	16.0	0.14	14.4
CLOROFILLA C	1.28	46.7	0.78	57.3	1.12	59.9	0.56	57.8
CLOROFILLA TOTALE	2.74	100.0	1.36	100.0	1.87	100.0	0.97	100.0

EFFETTI BIOCHIMICI DEL CROMO ESAVALENTE IN FEGATO DI SALMO GAIRDNERI RICH. (*)

A.ARILLO, C.MARGIOCCO, F.MELODIA, P.MENSI, N.MANISCALCO

Istituto di Zoologia dell'Università di Genova

RIASSUNTO

Lunghe esposizioni a 200 µg Cromo/1 da bicromato di potassio producono in Salmo gairdneri un notevole depauperamento delle riserve glucidiche epatiche e un'alterazione della relazione tra glucidi e attività proteolitica caratteristica dei controlli. Nei maschi tali effetti si mantengono anche dopo tre mesi di recovery, facendo supporre che i danni biochimici provocati dal metallo non siano facilmente reversibili.

SUMMARY

Long-term exposures to 200 µg Cr/1 (administered as potassium dichromate) induce in Salmo gairdneri liver 1) a remarkable decrease in glucidic stores, and 2) an alteration of the relationship, observed in controls, between glucidic content and proteolytic activity. Such effects can be noted in males even after a 3-months recovery.

La forma esavalente del cromo, somministrata come cromato o bicromato, è liberamente permeabile alle membrane biologiche, al contrario della forma trivalente. Il Cr(VI), una volta penetrato nella cellula, viene ridotto rapidamente in Cr(III). In particolare nei Mammiferi la frazione microsomiale epatica e gli eritrociti, in cui il cromo viene concentrato (Gray et al. 1950, Crogan 1958), sono in grado di operare molto efficacemente questa riduzione, che peraltro viene attuata da numerosi altri tessuti con poche eccezioni quali ad esempio muscolo striato e milza. (Gruber et al., 1978; Petrilli et al., 1978-1980; Feldman 1968; De Flora 1979).

Sebbene il cambiamento di valenza possa essere prodotto da singoli agenti

---

(*) L'indagine fa parte di una ricerca collegiale promossa e coordinata dall'IRSA (CRN) sugli effetti causati da esposizioni a lungo termine a vari metalli pesanti.

riducenti come il NADPH, NADH, GSH, acido ascorbico ecc., tuttavia solamente i sistemi biologici integri hanno la capacità di operare con efficacia una rapida riduzione del Cr(VI) soprattutto attraverso quelle vie biochimiche che portano alla produzione di NADPH. La forma esavalente che non viene ridotta dall'attività biologica presente nel citoplasma, passa attraverso la membrana nucleare e giunta nel nucleo, presumibilmente dopo riduzione a Cr(III), agisce come mutageno legandosi sia alle basi del DNA, sia ai residui fosfati (Tamino et al., 1980). L'attività biologica che si svolge nel citoplasma e soprattutto quella microsomiale epatica, previene pertanto l'effetto mutageno del cromo esavalente (crf. Petrilli et al., 1980; De Flora 1978) e probabilmente previene anche effetti pericolosi a livello di quelli organuli la cui membrana è impermeabile al Cr(III). Da un punto di vista più generale i danni biochimici provocati dal Cr(VI) si esplicano direttamente a causa dell'azione ossidante della forma esavalente e indirettamente dal Cr(3+) da essa originato, noto per legarsi a molteplici molecole organiche a basso (Sanderson 1976) e ad alto peso molecolare (Mertz 1969; Gray 1950). Tra l'altro la riduzione biologica dei cromati da origine, a composti cancerogenetici (Schoental 1975), mentre l'effetto combinato del Cr(VI) e del Cr(III) influisce sulla concentrazione intracellulare del pool dei precursori degli acidi nucleinici, nonché sull'efficienza della sintesi proteica (Levis et al. , 1978).

Nei pesci indagini sugli effetti biochimici provocati dal cromo sono scarse e frammentarie (crf. Buhler et al., 1977; Strik et al., 1975; Kuhnert et al., 1976; Stokes et al., 1965). A tutt'oggi manca pertanto un preciso quadro di riferimento circa il meccanismo di tossicità di questo metallo nei Teleostei e soprattutto mancano studi che abbiano verificato se una concentrazione di Cromo esavalente pari a quella considerata soglia di rischio (200 µg/1) da Marchetti et al (1973) provochi o meno, nel corso di esposizioni prolungate, evidenti alterazioni biochimiche nei Salmonidi.

Nell'ambito di ricerche molto più ampie promosse dall'IRSA (CNR) tese ad individuare gli effetti di vari metalli pesanti, abbiamo apportato un contributo a questi problemi studiando le variazioni biochimiche in vari tessuti di Salmo gairdneri esposte per sei mesi a 200 µg Cr(VI)/l. Al termine del trattamento gli animali sono stati sottoposti per tre mesi ad un periodo di recovery.

In questo lavoro si riferiscono i dati concernenti il contenuto di riserve glucidiche epatiche e l'attività proteolitica totale rilevabile nel fegato. Questi due parametri costituiscono noti markers biochimici la cui modificazione è in grado di riflettere (assommandole) singole alterazioni che si possono verificare in vari steps di una catena di reazioni e di indicare uno stato di disagio fisiologico quale quello che si verifica quando l'omeostasi biochimica è mantenuta con un grosso dispendio energetico. Tali parametri comunque potrebbero essere alterati non solo a causa di uno stato generale di stress indotta dal cromo, ma anche per un'azione specifica operata direttamente dal metallo stesso. Infatti il ruolo fisiologico del cromo è proprio quello di partecipare al controllo di alcuni aspetti del metabolismo glucidico attraverso il GTF (glucose tolerance factor), molecola contenente tale metallo e che svolge funzioni da cofattore dell'insulina.

Inoltre il cromo è costituente di alcune proteasi lisosomiali (Bresler et al., 1951) e provoca un'alterazione dell'attività proteolitica almeno a livello dei macrofagi alveolari (Waters et al., 1975), nonché un'inibizione della beta-glucoronidasi di Mammiferi (Fernley 1962).

MATERIALI E METODI

Trattamento.

Esemplari adulti di Salmo gairdneri sono stati esposti a Cr(VI), somministrato come bicromato di potassio, in vasche con impianto a flusso continuo e mantenuti in condizioni fotoperiodiche pressoché naturali. L'acqua usata aveva le seguenti caratteristiche:

temperatura = 15 ± 1 °C;
durezza compresa tra 320 e 340 mg $CaCO_3$/l ;
PH = 7.4;
O^2 = 8.9 mg/1.

Il trattamento, i frequenti controlli della concentrazione del tossico e delle condizioni sperimentali, nonché tutte le operazioni necessarie per assicurare il buon esito dell'esperimento sono state compiute dal dott. Calamari dell'IRSA.

Metodi di analisi.

I fegati privi di cistifellea, prelevati rapidamente dagli animali (trattati e controllati) sacrificati mediante decapitazione, sono stati immediatamente immersi in azoto liquido e successivamente conservati a -80°C fino al momento delle determinazioni biochimiche. Le analisi sono state compiute in triplicato, separatamente per ogni organo prelevato.

Al momento dell'analisi i tessuti sono stati finemente triturati in azoto liquido al fine di ottenere una polvere omogenea che fu suddivisa in due aliquote: la prima, deproteinata ed omogeneizzata in PCA secondo il metodo di Keppler et al. (1974) fu usata per la stima dei glucidi totali; la seconda, direttamente omogeneizzata in saccarosio 0.25 M, per il dosaggio dell'attività proteolitica. I glucidi totali furono determinanti sul crudo omogenato (pellet compreso) con il metodo di Dubois et al. (1956) basato sulla reazione colorimetrica con fenolo-acido solforico. Tale metodo da risultati simili a quelli ottenibili con un dosaggio del glicogeno epatico, idrolizzato con amyloglucosidasi e dosato come glucosio con esocinasi e glucosio 6 fosfato deidrogenasi, ma presenta il vantaggio di essere molto più rapido (Arillo et al. , 1979 a).

L'attività proteolitica totale è stata saggiata calcolando l'incremento del materiale ninidrino positivo (tricloroacetato solubile) dopo incubazione dell'estratto in presenza di substrato, secondo la procedura riportata in Arillo et al. (1979 b).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dati relativi agli animali di controllo.

Glucidi totali.

I dati ottenuti rivelano che tale parametro biochimico è grandemente influenzato dal sesso degli animali esaminati, soprattutto nel corso della maturazione gametica (tab. 1). Nel periodo marzo-giugno non è stato possibile discriminare con assoluta certezza i maschi dalle femmine a causa dell'immaturità degli esemplari campionati. Tuttavia poiché l'errore standard della media relativo al pool dei dati ottenuti è modesto, si ritiene che in questo periodo non esista una notevole differenza fra i due sessi: i dati relativi agli animali immaturi presentati nella tabella possono pertanto considerarsi con buona approssimazione espressione dei valori presenti sia nei maschi che nelle femmine.

Nell'ultima parte dell'esperimento (settembre-dicembre), nella quale i maschi sono stati divisi dalle femmine, si è potuto evidenziare che queste ultime subiscono un brusco calo nel contenuto di glucidi epatici.

II fenomeno notato è in accordo con quanto riportato in Salmo salar: in questa specie, nel corso dello spawning, le femmine depauperano in maniera drammatica le scorte di glicogeno epatico, che tendono ad accumularsi in quantità equimolecolari nelle uova, mentre nei maschi il polisaccaride si mantiene su livelli molto elevati (crf. Hoar 1957).

Attività proteolitica totale.

I dati ottenuti (le cui medie appaiono nella tabella 1) hanno messo in evidenza che nel fegato degli animali non trattati l'attività proteolitica è inversamente proporzionale al contenuto di glucidi secondo un pattern sufficientemente descritto (ai fini della rielaborazione statistica più avanti riferita) da un tratto di parabola (r = 0.87) avente la seguente formula:

$$\text{attività proteol.} = 3.533\text{-}10^{-5} \bullet \text{glucidi}^2 + 1.604\text{-}10^{-2} \bullet \text{glucidi} + 1.855.$$

La relazione evidenziata riveste probabilmente un significato ben preciso nell'ambito del ruolo regolativo che hanno alcune proteasi lisosomiali su enzimi gluconeogenetici (Pontremoli et al., 1975; Arillo et al., 1979 b). In ogni caso va rilevato che entrambi i parametri biochimici sono sotto il controllo ormonale, soprattutto attraverso VAMP ciclico, il quale, come è noto, oltre ad esplicare a livello epatico un effetto glicogeno-litico, produce anche un aumento del numero di lisosomi (Rosa, 1971). Il tipo di relazione osservata fra glucidi ed attività proteolitica potrebbe pertanto essere il risultato di fluttuazioni nella concentrazione di questo nucleotide legate al ciclo biologico della specie esaminata.

Dati relativi ai trattati.

Dai dati riportati in tabella 1 si rileva quanto segue.

A) glucidi.

Nei maschi esposti al cromo i glucidi si mantengono sempre ad un livello inferiore a quello riscontrato nei rispettivi controlli per tutto il corso del trattamento a anche dopo il periodo di recovery. Invece nelle femmine trattate con il metallo le scorte glucidiche subiscono solo una lieve diminuzione al limite della significatività statistica e tornano a valori simili a quelli dei controlli dopo il periodo di recovery.

I dati ottenuti mostrano che 200 µg/1 di Cr(VI) sono in grado di influenzare notevolmente il metabolismo glucidico dei maschi, ma non quello delle femmine. Questo diverso comportamento dei due sessi dipende probabilmente dal fatto che il contenuto glucidico nelle femmine di controllo è particolarmente basso. E' noto infatti che l'utilizzazione dei polisaccaridi di scorta in Salmo gairdneri procede più rapidamente e più facilmente quanto più alti sono i livelli di glicogeno iniziali (Hochacka et al., 1962; Ellis 1956; Mc Leay 1977; Nakano et al., 1967). Comunque il complesso dei risultati ottenuti è in accordo con i notati fenomeni di iperglicemia indotti dal cromo nei teleostei (Strik et al., 1975) e nei mammiferi (Caujolle et al., 1967), nonché con il fatto che tale metallo abbassa significatamente l'assorbimento di glucosio a livello intesti naie in Salmo gairdneri (Stokes et al. , 1965).

Le osservazioni compiute mostrano che concentrazioni tissulari relativamente elevate di cromo hanno un'azione pressoché opposta a quella svolta da questo metallo quando esso è presente in quantità fisiologi che come cromo(III). In quest'ultimo caso infatti, come accennato precedentemente, il cromo riveste un ruolo determinante nel funzionamento del GTF per cui una deficienza del metallo porta alla simulazione di un diabete mellito, mentre un'opportuna somministrazione di cromo consente ai mammiferi digiuni di mantenere relativamente alte le loro scorte di glicogeno epatico (crf. Mertz 1969; Underwood 1971; Doisy et al. , 1976).

Probabilmente gli effetti sul metabolismo glucidico causati dal Cromo (VI) si esplicano soprattutto in seguito all'azione ossidante del bicromato sui gruppi SH di membrana o di enzimi.

E' noto infatti che gli inibitori dei gruppi ti oli ci somministrati in eccesso, quali ad esempio Cadmio, allossana etc., inducono alterazioni a livello delle cellule beta pancreatiche nonché a livello epatico e renale, che portano nel loro complesso a tracciare un quadro biochimico simile a quello descritto per il Cromo. Ad esempio il Cadmio produce nei mammiferi, anche a dosi subletali, iperglicemia e depauperamento delle riserve di glicogeno; anche in questo caso tali effetti non vengono reversibilizzati nemmeno da lunghi periodi di recovery (crf. Ghafghazi et al., 1973; Singhal et al., 1974). Il meccanismo che sta alla base di questa azione del Cadmio consiste appunto nel fatto che questo metallo colpisce selettivamente le cellule beta del pancreas (ricche di gruppi tiolici) provocando anche a dose modesta un danno irreversibile che si ripercuote negativamente a livello della secrezione dell'insulina e quindi sull'utilizzazione del glucosio (Havu 1969, Barbieri et al., 1961). Non viene tuttavia escluso che danni ai tessuti extrapancreatici

operati dal Cadmio (aumento dell'attività della glicogeno-fosforilasi, degli enzimi gluconeogenetici etc.), uniti a disfunzioni renali, partecipino in maniera determinante all'osservato impairment nel metabolismo glucidico epatico (Singhal et al. , 1974; Havu 1969).

B) Attività proteolitica.

I dati riportati nella Tab. 1 evidenziano che il Cromo influenza scarsamente l'attività delle proteasi epatiche, almeno in apparenza. Infatti l'attività proteolitica totale nei maschi esposti al Cromo tende ad aumentare solo in taluni lotti sperimentali e comunque dopo il periodo di recovery tale parametro biochimico assume valori simili a quelli dei relativi controlli.

Inoltre nelle femmine trattate con il metallo l'attività proteolitica non differisce in alcun momento del periodo sperimentale da quella riscontrata nei rispettivi controlli.

Poiché in vitro il Cromo (VI), alle concentrazioni presumibilmente presenti nel fegato degli animali trattati, inibisce in maniera netta gli enzimi proteolitici epatici (Tab. 2), è nostra opinione che l'apparente omeostasi riscontrata negli animali trattati in vivo sia frutto di un'azione antagonista di due diversi effetti: 1) un aumento del numero di lisosomi, probabilmente mediato, come riferito in precedenza, dall'AMP ciclico, noto per subire un incremento in presenza di stressors ambientali; 2) un'azione diretta inibitrice operata dal Cromo sulle proteasi lisosomiali.

C) Relazione tra glucidi totali e attività proteolitica.

I risultati ottenuti circa l'attività proteolitica fanno ritenere che la relazione in oggetto, precedentemente descritta in base ai dati riscontrati nei controlli, venga meno in alcuni lotti sperimentali. Al fine di verificare questo aspetto del problema si sono trasformati i dati originali, legati da una relazione di tipo parabolico, in modo che la correlazione fosse di tipo lineare (r = 0.89) secondo la seguente formula:

$$\log (\text{att.prot.} - 2.4237\text{-}10^{-2}) = 2 \log (227\text{-glucidi}) - 10.25$$

In queste condizioni è possibile effettuare un'analisi di covarianza fra singoli gruppi di dati (trattati contro controlli). I risultati di questa elaborazione (Tab. 1) hanno mostrato che negli esemplari trattati per 6 mesi con Cromo la relazione tra questi due parametri è significativamente diversa, sia nei maschi che nelle femmine, da quella presentata dai controlli. Dopo il periodo di recovery detta relazione si mantiene alterata nei maschi ma non nelle femmine. Il diverso comportamento rilevato nei due sensi può dipendere dal fatto che gli ormoni sessuali sono noti per influenzare alcune caratteristiche fisiologiche dei lisosomi (Weissmann 1969).

Non è noto se l'alterazione di questa correlazione costituisca un fatto patologico o meno. Tuttavia poiché detta alterazione è probabilmente indotta da un'azione inibitrice del Cromo sulle proteasi lisosomiali, non si può escludere che abbia effetti fisiologici negativi a livello dei complessi equilibri biochimici che legano proteasi lisosomiali e gluconeogenesi.

RINGRAZIAMENTI.

Si ringrazia vivamente il Dott. A. Lattes dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Genova per l'aiuto cortesemente prestato nella elaborazione matematica dei dati.

BIBLIOGRAFIA

ARILLO A., MANTOVANI R. , MARGIOCCO C. , MELODIA F., MENSI P. , 1979a - Ef-fects of exposure to high environmental pH and to sublethal ammoni a concentrations on li ver carbohydrates in Salmo gairdneri. Mem.Ist. Ital. Idrobiol. , 37, 51-61.

ARILLO A., MANISCALCO N., MARGIOCCO C., MELODIA F., MENSI P. , 1979b - Fructose 1,6-biphosphatase and total proteolytic activity in the liver of Salmo gairdneri: effects of pH and ammonia. Comp. Biochem. Physiol. , 63c, 325-331.

BARBIERI L. , COLOMBI R. , STRANEO G. , 1961 - Modificazioni istologiche delle isole pancreatiche del coniglio dopo intossicazione cronica da cadmio. Folia Med., 44, 1120-1133.

BRESLER B.F., ROZENTSVERG N.A., 1951 - Proteolytic enzymes are metallo-proteins. Biokhimiya, 16, 84-94.

BUHLER D.R., STOKES R.M., CALDWELL R.S., 1977 - Tissue accumulation and enzymatic effects of hexavalent chromium in rainbow trout (Salmo gairdneri). J.Fish.Res.Board Can., 34, 9-18.

CAUJOLLE F. , PHAM-HUU-CHANH, 1967 - Comparative toxicity of sodium chromate, molybdate, tungstate and metavanadate. Agrossologie, 8, 265-273.

DE FLORA S. , 1978 - Metabolic deactivation of mutagens in the Salmonella microsome test. Nature, 271, 455-456.

DE FLORA S. , 1979 - Metabolic activation and deactivation of mutagens and carcinogens. It.J.Biochom., 28, 81-103.

DOISY R.J., STREETEN D.H.P., FREIBERG J.M., SCHNEIDER A.J., 1976 - Chromium metabolism in man and biochemical effects. In: "Trace elements in human health and disease." Vol.II: "Essential and toxic elements" (H.S. Prasad and D. Oberleas eds.) Pagg. 79-104. Academic Press New York.

DUBOIS M., GILLES K.A. , HAMILTON O.K., REBERS P.A., SMITHS F., 1956 - Colorimetrie method for determination of sugars and related substances. Anal.Chem. 28, 350-356.

ELLIS S. , 1956 - The metabolic effect of epinephrine and related ammines. Pharmacol. Rev. 8, 485-562.

FELDAM F.J., 1968 - The state of chromium in biological materials. Fed. Proc. , 27, 482.

FERNLEY H.N., 1962 - Effects of some heavy-metal ions on purified mammalian beta-glycuronidase. Biochem.J. , 82, 500-509.

GHAFGHAZI T. , MENNEAR J.H., 1973 - Effects of acute and subacute Cadmium administration on carbohydrate metabolism in mice. Toxicol.Appl. Pharmacol., 26, 231-240.

GRAY S.J., STERLING K. , 1950 - Tagging of red cells and plasma proteins with radioactive chromium. J. Clin.Invest. , 29, 1604-1613.

GROGAN C.H., 1958 - Experimental studies in metal cancerogenesis. IX. On the penetration of chromium into the cell nucleus. Cancer 1, 1195-1203.

GRUBER J.E., JENNETTE K.W., 1978 - Metabolism of the carcinogen chromate by rat liver microsomes. Bioch.Biophys.Res.Comm., 82, 700-706.

HAVU N., 1969 - Sulphydryk inhibitors and pancreatic islet tissue. Acta Endocrinol. Suppl. 139, 1-231.

HOAR S.W. , 1957 - The gonads and reproduction. In: The physiology of fishes (Brown M. E. ed.) Vol. I, pagg. 287-322. Academic Press New York.

HOCHACHKA P.W., SINCLAIR A.C., 1962 - Glycogen stores in trout tissues before and after stream planting. J.Fish.Res.Board Can. , 19, 127-136.

KEPPLER D., DECKER K., 1974 - Glycogen: determination with amyloglu-cosidase. In: "Methods of enzymatic analysis" Bergmeyer H.U. ed. Academic Press New York. Vol.III: 1127-1131.

KUHNERT P.M., KUHNERT B.R., STOKES R.M., 1976 - The effect of in vivo chromium exposure in Na^+/K^+ and Mg^{++} - ATPase activity in several tissues of the rainbow trout (Salmo gairdneri). Bul1.Envir. Contam.Toxicol., 15, 383-390.

LEVIS A.G., BUTTIGNOL M., BIANCHI V., SPONZA G., 1978 - Effects of potassium dichromate on nucleic acid and protein syntheses and on precursor uptake in BHK fibroblasts. Cancer Res., 38, 110-116.

MARCHETTI R., GERLETTI M., CALAMARI D., GHIAUDANI G., 1973 - Elementi e criteri per la definizione del livello di accettabilità delle acque di scarico. Quaderni IRSA N° 24, CNR, ROMA.

McLEAY D.J., 1977 - Development of a blood sugar bioassay for rapidly measuring stressful levels of pulpmill effluents to salmonid fish. J.Fish.Res.Board Can., 34, 477-485.

MERTZ W. , 1969 - Chromium occurrence and function in biological systems. Physiol.Rev. 49, 163-239.

NAKANO T. , TOMLINSON N., 1967 - Catecholamine and carbohydrate concentrations in rainbow trout (Salmo gairdneri) in relation to physical disturbances. J.Fish.Res.Board Can., 24, 1701-1715.

PETRILLI F.L., DE FLORA S. , 1978 - Methabolic deactivation of hexavalent chromium metagenicity. Mutation Res., 54, 139-147.

PETRILLI F.L., DE FLORA S., 1980 - Mutagenicity and chromium compounds. Chromate Symposium 80 (IHF/ORC). Rockville (USA), September 16-18.

PONTREMOLI S. , DE FLORA A., SALAMINO F., MELLONI E., HORECKER B.L., 1975 - Hormonal effects on structures and catalytic properties of fructose 1,6-bisphosphatase. Proc.Natl.Acad.Sci. U.S.A., 72, 2969-2973.

ROSA F. , 1971 - Ultrastructural changes produced by glucagon, cyclic 3', 5'-AMP and epinephrine on perfused rat li ver. J.UItrastruct. Res., 34, 205-213.

SANDERSON C.J. , 1976 - The uptake and retention of chromium by cells. Transplantation, 21, 526-529.

SCHOENTAL R., 1975 - Chromium carcinogenesis formation of epoxyaldehydes and tanning. Brit.J.Cancer, 32: 403-404.

SINGHAL R.L. , MERALI Z. , KACEW S., SUTHERLAND D.J.B., 1974 - Persistence of cadmium-induced metabolic changes in liver and kidney. Science, 183, 1094-1096.

STOKES R.M., FROMM P.O., 1965 - Effect of chromate on glucose transport by the fut of rainbow trout. Physiol.Zool. , 38, 202-205.

STRIK J.J.T.W.A., De IONGH, VAN RIJN VAN ALKEMADE, WUITE T.P., 1975 - Toxicity of chromium (VI) in fish, with special reference to organoweights, liver and plasma enzyme activities, blood parameters and histological alterations. In: "Sublethal effects of toxic Chemicals on aquatic animals" KoemanJ.H., Strik J.J.T.W.A. eds. Elsevier.

TAMINO G. , PERETTA L., 1980 - Variations of DNA physico-chemical parameters and its interactions with mutagenic and-or carcinogenic compounds. In: "Developments in biophysical research" (Borsellino A., Omodeo P. , Storm R. , Vecli A., Wanke E. eds.) Plenum Press New York.

UNDERWOOD E.J., 1971 - Trace elements in human and animal nutrition. Pagg. 253-266. Academic Press New York.

WATERS M.D., GARDNER D.E., ARANYI C., COFFIN D.L., 1975 - Metal toxicology for rabbit alveolar macrophages in vitro. Environm.Res., 9, 32-47.

WEISSMANN G. , 1969 - The effects of steroids and drugs on lysosomes. In: "Lysosomes in biology and pathology" Dingle J.T. ed. I: 276-295.

TABELLA 1

MESI	SESSO	GLUCIDI TOTALI (mg/g)		ATTIVITA' PROTEOLITICA (U/mg proteine)		COV.
		CONTROLLI	CROMO	CONTROLLI	CROMO	
MARZO (Iniz.trattam.)		(5) 50.24 ± 6.07	/	(5) 1.046 ± 0.068	/	/
APRILE		(5) 57.45 ± 2.29	(5) 46.65 ± 4.24[b]	(5) 1.078 ± 0.062	(5) 1.312 ± 0.19	/
GIUGNO		(5) 48.06 ± 3.75	(5) 34.26 ± 3.81	(5) 1.122 ± 0.08	(5) 1.25 ± 0.04	/
SETTEMBRE	♂	(6) 80.91 ± 3.96	(6) 42.16 ± 5.05[a]	(6) 0.793 ± 0.045	(6) 0.986 ± 0.063[b]	*
(Term.trattam.)	♀	(3) 28.48 ± 1.84	(3) 23.7 ± 1.16[c]	(3) 1.34 ± 0.08	(3) 1.138 ± 0.06	*
DICEMBRE	♂	(3) 49.59 ± 9	(4) 19.1 ± 1.22[a]	(3) 1.1 ± 0.08	(4) 1.06 ± 0.05	*
(recovery)	♀	(3) 22.44 ± 1.93	(3) 23.86 ± 3.03	(3) 1.75 ± 0.042	(3) 1.79 ± 0.12	/

Glucidi totali epatici ed attività proteolitica epatica (media ± errore standard) in esemplari di Salmo gairdneri trattati con Cromo esavalente a concentrazione di 0.2 mg/l. In parentesi é indicato il numero di esemplari su cui si é eseguita la determinazione.

a = P<0.01 al test t di Student (trattati VB controlli)
b = P<0.05 " "
c = P<0.1 " "
* = differenza statisticamente significativa all'analisi di covarianza effettuata al fine di verificare se la relazione tra glucidi e attività proteolitica riscontrata nei trattati é significativamente diversa da quella individuata nei controlli.

TABELLA 2

CONCENTRAZIONE DI CROMO VI (µg/ml)

	0	1.5	3	6	12
SENZA DIALISI	100	90	65.2	59.1	50.1
DOPO DIALISI	100	93	59	56	47

Inibizione (espressa come percentuale di attività) dell'attività proteolitica saggiata in vitro su estratti epatici in presenza ed in assenza di Cromo (VI). Tali estratti consistevano in un omogenato in saccarosio 0.25 M, sottoposto a 3 freezing and thawing e centrifugato a 10.000 xg per 10 minuti. Agli estratti è stato aggiunto bicromato di potassio in qunatità tali da raggiungere concentrazioni di Cromo (VI) variabili secondo quanto riportato in tabella. Sugli estratti, lasciati in incubazione a 0°C per 15 minuti, è stata saggiata l'attività proteolitica totale secondo quanto descritto in Materiali e Metodi. Per operare nelle stesse condizioni di analisi seguite per il dosaggio condotto su animali trattati in vivo, e verificare se esse influissero o meno sui risultati ottenibili in vitro, la prva è stata condotta anche dopo dialisi.

IDENTIFICAZIONE DI ALCUNI MODELLI PER LA MISURA INDIRETTA DI VARIABILI FUNZIONALI IN ECOSISTEMI ACQUATICI

F. ARGENTESI*, L. GUZZI**

*Dipartimento A - C.C.R. EURATOM – Ispra
**ENEL - Centro Ricerca Termica e Nucleare – Milano

RIASSUNTO

Si esamina una classe di modelli stocastici per la misura indiretta di variabili importanti a fini ambientali in ecosistemi acquatici. Il problema della identificazione viene trattato da un punto di vista applicativo. Viene presentato e discusso un esempio radioecologico.

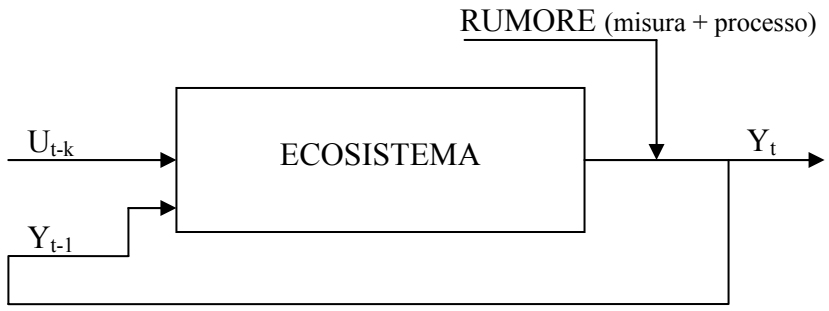
INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Conoscere le caratteristiche funzionali, a livello di processo, di un ecosistema significa accedere a variabili dello stesso, in genere non misurabili con la stessa facilità ed economicità dei parametri fisici e chimici che lo condizionano come fattori forzanti. Ad esempio, i parametri chimico-fisici che condizionano la trofia di un ecosistema acquatico (P, N, ecc.) sono facilmente accessibili mentre è molto più problematica la misura delle grandezze biologiche che rappresentano la trofia del sistema (produzione primaria, produzione secondaria, velocità di mineralizzazione della sostanza organica, ecc.).

Scopo del presente lavoro consiste dunque nell'esame della possibilità di identificare una classe di modelli stocastici, che una volta studiate le proprietà relazionali del sistema, permetta, a partire dalla conoscenza dei parametri di facile osservazione, una stima non distorta e di minima varianza delle variabili funzionali del sistema.

Supponiamo di poter rappresentare l'ecosistema acquatico come una scatola chiusa in cui:

- U_{t-k} è una serie temporale vettoriale di parametri chimico-fisici;
- Y_t è una serie temporale di variabili funzionali dell'ecosistema;
- k, i sono parametri che stabiliscono i ritardi nelle relazioni tra variabili del sistema.



ECOSISTEMA

Se una rappresentazione di questo tipo è in grado di descrivere, con sufficiente accuratezza e precisione, il comportamento dell'ecosistema, in un intervallo di variabilità da valutarsi caso per caso, allora si tratta di definire una classe di modelli stocastici opportuna e di progettare un insieme di esperimenti (osservazioni del sistema in esame) che diano luogo ad una stima e previsione della Y_t migliore possibile (minima varianza e non distorta).

La possibilità di prevedere le variabili funzionali di un ecosistema acquatico, in base a semplici misure dei parametri forzanti dell'ecosistema, per mezzo di tali modelli stocastici, può essere di notevole interesse pratico nei casi in cui si disponga di misure assai frequenti dei parametri.

Tale situazione si riscontra spesso sia in nelle indagini ambientali relative all'inquinamento convenzionale sia in quelle di inquinamento radioattivo. Si possono citare a tal proposito, in campo convenzionale, tutte le indagini in cui si abbia un monitoraggio in continuo di parametri da utilizzare nell'interpretazione dell'andamento temporale di variabili funzionali; ad esempio l'influenza della temperatura e della radiazione luminosa sulla produzione primaria in un ecosistema acquatico.

Ancora in campo convenzionale, tali modelli potrebbero essere utilizzati per la gestione delle acque invasate nei bacini idrici artificiali per i quali sia prevista una utilizzazione multipla delle acque (potabile, agricolo, idroelettrico). Ciò consentirebbe di ottenere elementi di previsione in tempo utile per predisporre di tecniche di intervento, quando siano stabilite le relazioni tra parametri e biomassa algale e si sia identificato il modello più adeguato che le definisce.

In campo radioecologico, un'applicazione di estremo interesse ci sembra sia quella di poter predire la concentrazione di alcuni radioisotopi nelle matrici ambientali più significative. E' noto inoltre che ogni centrale nucleare dispone di una rete di sorveglianza ambientale tra i cui compiti è quello di misurare, con una certa frequenza, le concentrazioni dei radionuclidi nelle componenti bietiche, in un raggio di alcuni chilometri attorno alla centrale. Anche in questo caso, identificato il modello che meglio soddisfa le relazioni funzionali tra parametri e variabili, è possibile una sua applicazione per una stima delle concentrazioni dei radionuclidi nelle matrici che hanno un elevato

valore radioprotezionistico e radioecologico, in seguito ad un rilascio di radioattività, comunque effettuato nel pieno rispetto dei limiti ("formule di scarico") previsti dall'autorità di controllo.

UNA CLASSE DI MODELLI STOCASTICI PER L'IDENTIFICAZIONE DEL COMPORTAMENTO DI ALCUNI ECOSISTEMI ACQUATICI.

Formulazione dei modelli

Consideriamo un sistema causale in cui l'uscita può essere espressa in termini di entrate ed uscite passate del sistema. Per sistemi a tempo discreto consideriamo modelli del tipo:

1) $Y_t = f(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \ldots\ldots, U_t, U_{t-1}, U_{t-2}, \ldots\ldots, t)$

in cui $\{Y_t\}$ e $\{U_t\}$ stanno ad indicare le sequenze di uscita e di entrata. Nel caso di un sistema lineare la (1) diventerà:

2) $$Y_t = -\sum_{k=1}^{m} F_k Y_{t-k} = \sum_{k=0}^{n} G_k U_{t-k}$$

II modello (2) può essere generalizzato a molte entrate ed uscite semplicemente trasformando in vettori gli scalari Y, U e le funzioni F_t e G_t (Goodwin e Payne, 1977).

Nel caso in cui le funzioni F_t e G_t non variano nel tempo avremo:

3) $$Y_t + \sum_{k=1}^{m} F_k Y_{t-k} = \sum_{k=0}^{n} G_k U_{t-k}$$

Assumiamo che $\{Z_t\}$ sia un processo puramente casuale con media zero e varianza σ^2_Z.

Il processo $\{X_t\}$ è detto processo a media mobile di ordine m se:

4) $$X_t = \beta_o Z_t + \beta_1 Z_{t-z} + \ldots\ldots + \beta_p Z_{t-p}$$

dove $\{\beta\}$ sono delle costanti.

Segue immediatamente che:

$$E(X_t) = 0$$

$$\text{Var.}(X_t) = \sigma_z^2 \sum_{i=0}^{m} \beta_i^2$$

poiché gli elementi Z sono indipendenti.

Supponiamo ora che il modello (3) venga trasformato in un processo stocastico associandolo con un processo a media mobile di ordine p del tipo (4) ed eventualmente assumendo l'entrata, o le entrate, U_t come stocastiche stazionarie. In queste condizioni si avrà:

$$5) \qquad Y_t = -\sum_{k=1}^{m} F_k Y_{t-k} + \sum_{k=0}^{n} G_k U_{t-k} + X_t^{(p)}$$

La classe di modelli data dalla equazione (5) è nota con il nome di ARMAX (Auto Regressive Moving Average eXogenous).

In questo studio considereremo, per la particolare applicazione in esame, una forma ridotta del modello (5), con una sola entrata ed una sola uscita e con il processo X_t di ordine 0.

$$6) \qquad Y_t = \sum_{k=1}^{m} F_k Y_{t-k} + \sum_{k=0}^{n} G_k U_{t-k} + \beta_0 Z_t$$

In pratica, assumeremo che le serie Y. e U. siano eventualmente nonstazionarie sulla media e la stazionarietà ottenuta per differenziazione in modo che la forma previsionale del modello non differenziato sia:

$$7) \qquad Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{m+d_1} F_i Y_{t-d_1} + 1 - i + \sum_{i}^{n+d_2} G_i U_{t-d_2} + 1 - i$$

Dove $F_1, \ldots\ldots F_{m+d1}$ e $G_1, \ldots G_{n+d2}$ sono i parametri del modello da stimare.

Stima parametrica

L'algoritmo utilizzato nel presente lavoro permette di ottenere la stima di massima verosimiglianza dei parametri regressivi F_i e G_i per una stima a molte entrate ed una sola uscita (cioè U_t può essere sia uno scalare che un vettore).

Come primo passo l'algoritmo trasforma ogni serie temporale secondo il valore del parametro d_i, cioè la serie i-esima viene sottratta dalla media e differenziata d volte. Successivamente vengono costruite e risolte le equazioni normali (Box e Jenkins, 1976; Robinson, 1967). Infine viene calcolato il termine β_o del processo a media mobile. I parametri stimati corrispondono alle serie originali non-differenziate.

RISULTATI E CONCLUSIONI

I dati utilizzati per verificare l'applicazione di questa classe di modelli sono stati ricavati da un lavoro (Benison et al., 1969) relativo allo studio, per un periodo temporale di circa un mese, dell'accumulo di 90_{sr} in Elodea sp., in condizioni di non equilibrio della concentrazione della radionuclide nell'acqua. Per tale scopo gli Autori di tale lavoro hanno utilizzato acquari della capacità di 500 1., in cui veniva fatta variare la concentrazione del radionuclide in modo irregolare ma opportunamente controllato. Le concentrazioni di radioattività nelle due matrici, ottenute per spettrometria γ, sono espresse in pCi/ml per l'acqua, e in pCi/g peso fresco per Elodea.

Tale sistema sperimentale ha fornito le due serie temporali U_t (concentrazione del radioisotopo nell'acqua) e Y_t (concentrazione del radioisotopo in Elodea sp.). La struttura di questo sistema può schematizzarsi, per i nostri scopi, come segue:

In questo studio si è identificato un modello della classe proposta. L'ordine del modello si è ricavato dalle informazioni elaborate dagli Autori del lavoro originale. Il risultato ottenuto è dato dalla seguente equazione:

$$Yt = 1.1376Y_{t-1} - 0,1376Y_{t-2} + 619,543W_{t-1} - 0,691543W_{t-2}$$

L'aderenza dei valori previsti dal modello rispetto ai dati sperimentali è rappresentata in figura 1.

L'esempio studiato e l'insieme degli aspetti metodologici introdotti in questo lavoro sembrano aprire qualche interessante prospettiva per l'uso di modelli del tipo ARMAX (o ARIMAX) in campo ecologico.

D'altro canto questo tipo di modelli stocastici è già di largo uso in molti settori applicativi (idrologia, meteorologia, controllo automatico, ecc.). L'aspetto più interessante di questo approccio è la possibilità di gestire e prevedere in certa misura l'evoluzione dei processi ecologici (per esempio produzione di biomassa in ecosistemi acquatici, distribuzione di radioelementi in matrici biologiche, ecc.).

BIBLIOGRAFIA

BENISON D. , GANCIO D. , MENOSSI C.,1969 - Etude du transfert et de la fixation des produits de fission dans quelques especes dulcicoles en conditions de non equilibre. Actes du Symposium International de Radioecologie, Cadarache, 1969, pagg. 361-398.

BOX G.E.P., JENKINS G.J., 1976- Time Series Ana1ysis,fgrecasting and control. Holden - Day, S.Francisco, pagg. 575.

GOODWINN G.C., PAYNE R.L., 1977 Dynamic System Identification; Experiment Design and Data Analysis. Academic Press, London pagg. 291.

ROBINSON E.A., 1967 - Multichannel Time Series Analysis with Digital Computer Programs. Holden - Day, S.Francisco, pag. 298.

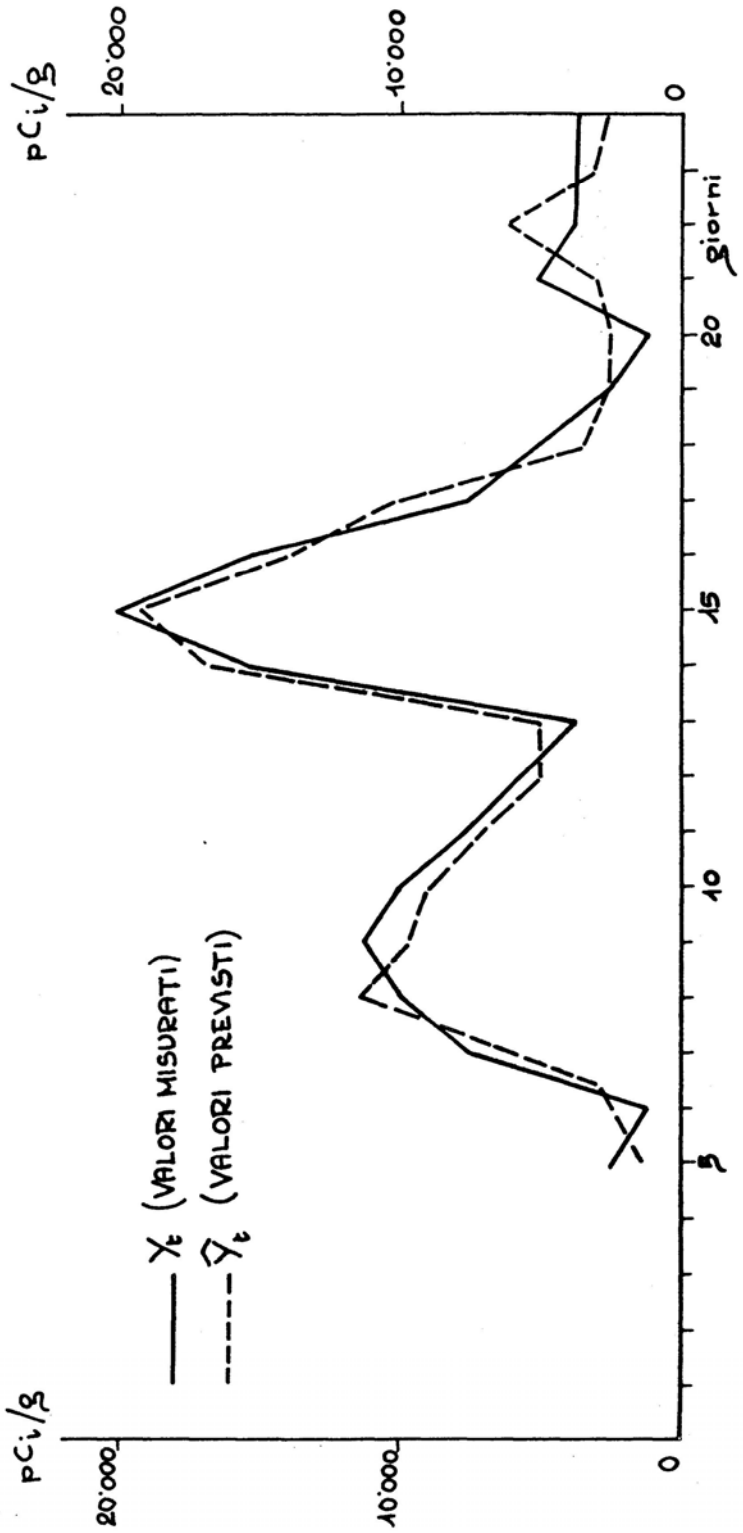


Fig. 1 Confronto tra le concentrazioni misurate e quelle previste dal modello.

STUDI PRELIMINARI SULLA COMPOSIZIONE IN ACIDI GRASSI DELLO ZOOPLANCTON DEL MAR LIGURE

A. CARLI*, D. CHIAPPERINI**, T. VALENTE**

Istituto di Zoologia dell'Università, Via Balbi, 5, Genova
** Istitutori Medicina del Lavoro dell'Università,
Viale Benedetto XV, 10, Genova

SUMMARY

The fatty acids present in the lipids of zooplankton were analised by gas-chromatographic method; the analysis carried out on samples drew out in the Ligurian Sea from 1978/79 revealed on evident prevalence of 16:0 and acids of low molecular weight.

INTRODUZIONE

Per la valutazione della produzione marina a livello delle biocenosi planctoniche nella parte settentrionale del Golfo di Genova, vengono prese in esame due stazioni litorali al largo di Camogli e di Varazze su fondali di circa 100 m.

Dal maggio 1978 all'agosto 1979 su campioni raccolti con periodicità mensile sono state valutate le popolazioni planctoniche (Bruzzone et al., 1979), le concentrazioni pigmentarie fitoplanctoniche (Carli et al. 1980), la biomassa zooplanctonica e le concentrazioni degli acidi grassi (Carli et al. 1979).

Un aspetto meno affrontato ma non certo secondario ai fini dello sfruttamento delle risorse marine è quello riguardante i primi stadi di trasformazione biologica delle sostanze energetiche (lipidi, proteine e carboidrati) dalla sede di produzione (fitoplancton) agli organismi consumatori.

In questa nota prendiamo in esame la composizione qualitativa e quantitativa degli acidi grassi presenti nei lipidi dei campioni di zooplancton raccolto.

MATERIALI E METODI

I campioni di plancton da sottoporre ad analisi sono stati prelevatifiltrando due colonne d'acqua da -100 m. a 0 m. e da -50 m. a 0 m. mediante un retino da plancton con maglie da 200 p.

Su questi campioni è stata eseguita l'analisi ponderale con successiva estrazione dei lipidi con cloroformi o e metilazione degli acidi grassi. (Carli et al. 1979).

I metil esteri degli acidi grassi, così ottenuti, sono stati analizzati mediante gascromatografo Hewlett-Packard 5830A con registratore, integratore e campionatore automatico, su colonna di vetro riempita con DEGS-PS 5% su Supelcoport 100/120 (lunghezza 2 m; ID 2 mm), isoterma iniziale di 2 min. a 100°C e temperatura programmata a 5°C/min. fino a 200°C.

Questa metodica analitica ha consentito la separazione dei metilesteri a basso peso molecolare e l'identificazione di 17 metilesteri degli acidi fra C_6 e C_{24}.

Nella figura 1 riportiamo un tracciato gas-cromatografico standard dei metil esteri esaminati.

RISULTATI

Le analisi eseguite sui campioni prelevati in entrambe le stazioni hanno evidenziato la preponderanza, in assoluto, degli acidi di grassi con 16 e 18 atomi di carbonio, saturi ed insaturi; inoltre è emersa la presenza di acidi a basso peso molecolare, in particolare l'8:0, in concentrazioni non trascurabili.

Nelle tabelle 1 e 2 vengono riportate le concentrazioni dei singoli acidi grassi ottenute dall'analisi dei campioni di zooplancton prelevati a Camogli e a Varazze.

Nella figura 2, a titolo esemplificativo, viene riportato il tracciato gas-cromatografico dei metil esteri del campionamento eseguito il 5-6-1979 dalla profondità di -100 m. alla superficie.

La figura n° 3 mostra la distribuzione quantitativa, nei periodi di campionamento delle biomasse zooplanctoniche nelle due stazioni di prelievo, per gli strati compresi fra -50 m. e la sup. e fra -100 m. e la sup. Dall'analisi dei dati ottenuti risulta che la concentrazione delle biomasse era maggiore nello strato compreso fra -50 e la sup. rispetto a quello sottostante.

Questi dati si possono ricavare dalla differenza fra i due valori riportati nella figura n° 3.

Si noti che questa non è una regola fissa, ma presenta due eccezioni sui tredici campionamenti eseguiti.

La prima riguarda il campione prelevato nel mese di settembre 1978, nella stazione di Camogli, nel quale si è ottenuto che la differenza fra le quantità reperite nel campione -100 -O ed in quello -50 -O era superiore a quest'ultimo valore.

La seconda, relativa al campionamento del mese di aprile 1979 nella stessa stazione, nel quale la quantità globale di biomassa zooplanctonica reperita nel campione -100 -O era inferiore a quella da -50 alla sup.

Quest'ultimo fenomeno può essere giustificato solo dal fatto che i due dati derivano da due diversi campionamenti che, anche se vengono eseguiti in sequenza, rappresentano comunque due situazioni differenti e quindi il confronto fra i due strati può essere soli di tipo statistico.

DISCUSSIONE

Lo studio sistematico della presenza degli acidi grassi nei lipidi del plancton è stato affrontato da vari autori su campioni prelevati prevalentemente in acque del nord Atlantico mentre per il Mediterraneo la letteratura relativa è tuttora scarsa (Ackman et al., 1964; Brockerhoff et al., 1964; Watanabe et al., 1974; Ackman et al., 1974; Lee 1974, Childs 1974).

In generale gli acidi grassi riportati da vari autori sono quelli superiori al 16:0, mentre solo alcuni riportano la presenza di 12:0, 10:0 e 8:0 (Williams 1965; Chuecas et al. 1966; Ackamn et al. 1968 - 1974; Jeffries 1975, Eaton et al 1975; Dorè et al. 1977).

I risultati delle nostre analisi evidenziano che, sui campioni di zooplancton prelevati nel mar Ligure, si verifica una preponderanza, in senso assoluto, di 16:0 (acido palmitico) in entrambe le stazioni esaminate; questo acido è presente anche in maggior quantità nei planctonti analizzati dai vari autori in altri mari.

Le nostre analisi hanno mostrato ampie variazioni nella composizione degli acidi grassi presenti. In particolare il 16:0 è risultato, rispetto agli acidi grassi totali, in concentrazione variabile fra il 15% ed il 30% (con massimi nei mesi estivi) il 16:1 è risultato compreso fra il 9% ed il 18% (con valori massimi a luglio e novembre), il 18:0 era compreso fra l'8% ed il 17% con valori massimi nei mesi estivi) mentre il 14:0 variava fra il 5% ed il 16% (con valore massimo a luglio).

E1 necessario sottolineare che nel mese di luglio la quantità totale di acidi grassi è risultata inferiore agli altri mesi; i dati riportati nelle tabelle e figure indicherebbero che, in un periodo particolarmente povero in acidi grassi, si ha la preponderanza in senso relativo di quelli con numero di atomi di carbonio compreso fra 14 e 18.

La concentrazione totale di acidi grassi rispetto alla biomassa zooplanctonica secca è risultata più elevata, come mostrato dalle tabelle 1 e 2, nei mesi autunnali (prelievi di settembre e novembre) sia nella stazione di Camogli che in quella di Varazze.

Abbiamo notato che nel periodo maggio-giugno 1978 si aveva una concentrazione molto bassa di acidi grassi totali rispetto agli altri prelievi nella stazione di Camogli. Questo dato non trova riscontro

nell'altra zona di prelievo e nella stessa stazione durante la primavera del 1979. I dati in nostro possesso non sono sufficienti a giustificare questo fenomeno.

Per quanto riguarda la presenza di acidi a basso peso molecolare abbiamo riscontrato che la loro concentrazione sulla massa totale è in genere bassa, con una preponderanza del 10:0. In due situazioni, nel mese di settembre 1978 a Camogli e nel mese di luglio 1978 a Varazze, si è evidenziata una concentrazione molto alta di acido caprinico (8:0).

I prelievi eseguiti da -100 m. alla sup. in queste campionature hanno mostrato altre variazioni rispetto alla media dei restanti campioni.

A Camogli, il 27-7-1978, si è ottenuto che la concentrazione del I18:0 era la più elevata fra tutti gli acidi reperiti e fra questi ultimi il 18:0 ed il 18:1 erano superiori al 16:0.

Invece a Varazze, il 22-9-1978, si è riscontrato che l'acido arachidonico (20:4) era in concentrazione più elevata rispetto agli altri acidi e quella del I18:0 era inferiore solo al gruppo di quelli a 14, 16, 18 atomi di carbonio.

Nel prelievo eseguito lo stesso giorno partendo da -50 m., l'8:0 è risultato inferiore solo al 16:0 mentre la concentrazione di 20:4, seppure elevata, era notevolmente inferiore rispetto al corrispondente prelievo da -100 m alla sup.

Tutte queste osservazioni richiedono ulteriori analisi per verificare l'eventuale correlazione fra le concentrazioni riscontrate e gli altri parametri quali la composizione zooplanctonica e le caratteristiche chimico fisiche delle zone di prelievo nei periodi esaminati.

E1 infatti possibile che la presenza di specie diverse possa modificare la composizione dei lipidi nel plancton. In questa ottica l'analisi della composizione lipidica delle differenti specie correlata con la composizione planctonica nei prelievi eseguiti potrà fornire chiarimenti sugli andamenti riscontrati.

Si ringrazia il Prof. Alfredo D. Bonsignore Direttore dell'Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Genova per aver messo a disposizione le apparecchiature necessarie per le analisi eseguite.

BIBLIOGRAFIA

ACKMAN R.G. , JANGAARD P.M., HOYLE R.J. and BROCKERHOFF H. , 1964 -Origin of marine fatty acids. I. Analyses of the fatty acids produced by the diatom Skeletonema costatum., J. Fish Res. Bd. Canada, 21, (4) : 747-754.

ACKMAN R.G., TOCHERC.S., 1968 - Marine phytoplankter fatty acids. J. Fish Res. Bd. Canada, 25, (8): 1603-1620.

ACKMAN R.G., HOOPER S.N., 1974 - Long-chain monoethylenic and other fatty acids in heart, liver, and blubber lipids of two harbor seals (Phoca vitulina) and one grey seal (Halichoerus gripus), J. Fish Res. Bd. Canada, 31, (3): 333-341.

ACKMAN R.G., EPSTEIN S. , KELLEHER M., 1974 - A comparison of lipids and fatty acids of the ocean Quahaug, Arctica Islandica, from Nova Scotia and New Brunswick, J. Fish. Res. Bd. Canada, 31, (11): 1803-1818.

BROCKERHOFF H. , YURKOWSKI M., HOYLE R.J., ACKMAN R.G., 1964 - Fatty acid distribution in lipids of marine plankton, J. Fish. Res. Bd. Canada, 21, (6): 1379-1384.

BRUZZONE C. , CARLI A. , CEVASCO M. , CHIAPPERAI D. , PELLEGRINO G. , VIGNOLA R.S., 1979 - Primi risultati sulle ricerche relative alla produzione marine nelle acque costiere del golfo di Genova. Atti del Convegno Scientifico Nazionale Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, Roma.

CARLI A., CHIAPPERINI D. , DAGNINO I. VALENTE T. , 1979 - Determinazione dell'ambiente fisico-chimico delle acque costiere del golfo di Genova nei mesi estivi-autunnali 1978, Atti Soc. Ital.Sci. Nat. Museo Civ. Soc. Nat. Milano, 120, (1-2): 141-150.

CARLI A., CHIAPPERINI D. , VALENTE T. , 1979 - Determinazioni degli acidi grassi presenti nei lipidi del plancton, quali fattori essenziali nella catena alimentare marina, Atti del XLVII Convegno dell'U.Z.I. Boll. Zool. 46, 291-292.

CARLI A., CHIAPPERINI D. , VALENTE T. , 1980 - Aspetti quantitativi della concentrazione dei pigmenti fitoplanctonici nella parte settentrionale del golfo di Genova. Atti del Convegno Nazionale di Biologia Marina, Bari.

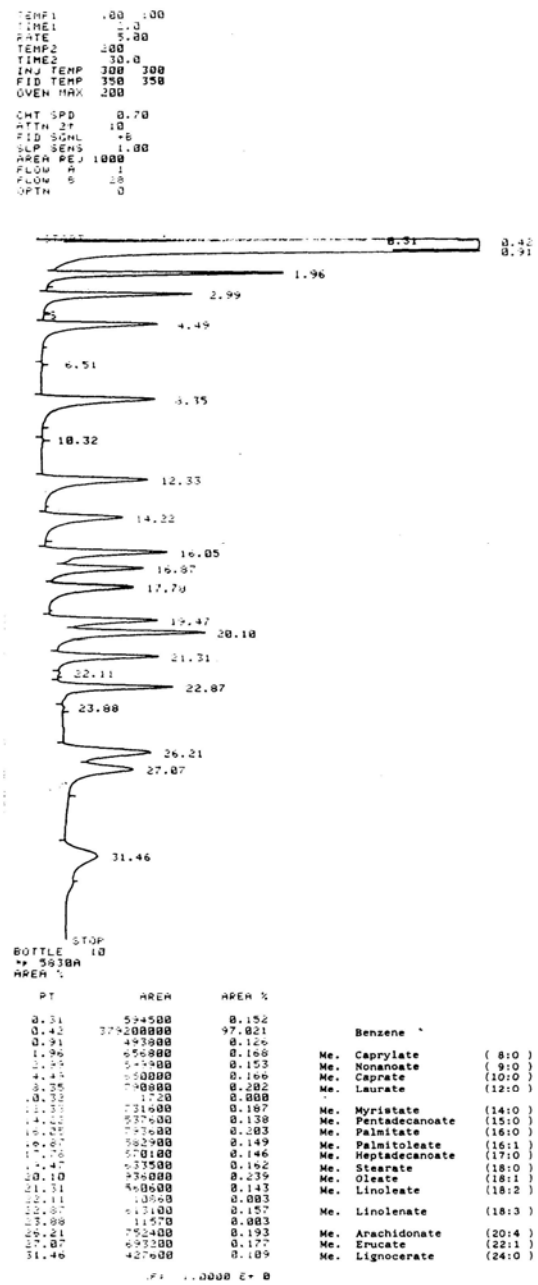
CARLI A. , CHIAPPERINI D. , VALENTE T. , 1980 - Seasonal variation of the fatty acids in the zooplankton, Rap. Comm. Int. Mer. Médit. (in stampa).

CHILDS E.A., 1974 - Interaction of free fatty acids with fish muscle in vitro, J. Fish. Res. Bd. Canada, 31, (1): 111-116.

CHUECAS L. and RILEY J.P., 1966 - The component fatty acids of some sea-weed fats., J. Mar. Biol. Ass. U.K., 46, 153-159.

DORÈ B., MARZONA M., RANZANI M., GARELLI G., MINA S., 1977 - Composizione lipidica di Tubifex tubifex : grassi neutri, steroidi e vitamine 1iposolubili, Atti del XLV Congresso Unione Zoologica Italiana.

EATON C.A., ACKMANR.G., TOCHERC.S., SPENCERK.D., 1975 - Canadian acids apelin 1972-1973. Fat and moisture composition, and fatty acids of some oils and lipid extract triglycerides, J. Fish. Res. Bd. Canada, 32 (4), 507-513.



RT	AREA	AREA %			
0.31	594500	0.152			
0.42	379200000	97.021		Benzene	
0.91	493000	0.126			
1.96	656000	0.168	Me.	Caprylate	(8:0)
2.99	599900	0.153	Me.	Nonanoate	(9:0)
4.49	650000	0.166	Me.	Caprate	(10:0)
8.35	790000	0.202	Me.	Laurate	(12:0)
10.32	1720	0.000			
12.33	731600	0.187	Me.	Myristate	(14:0)
14.22	537600	0.138	Me.	Pentadecanoate	(15:0)
16.05	793600	0.203	Me.	Palmitate	(16:0)
16.87	582900	0.149	Me.	Palmitoleate	(16:1)
17.70	570100	0.146	Me.	Heptadecanoate	(17:0)
19.47	633500	0.162	Me.	Stearate	(18:0)
20.10	936000	0.239	Me.	Oleate	(18:1)
21.31	560600	0.143	Me.	Linoleate	(18:2)
22.11	10860	0.003			
22.87	613100	0.157	Me.	Linolenate	(18:3)
23.88	11570	0.003			
26.21	752400	0.193	Me.	Arachidonate	(20:4)
27.07	693300	0.177	Me.	Erucate	(22:1)
31.46	427600	0.109	Me.	Lignocerate	(24:0)

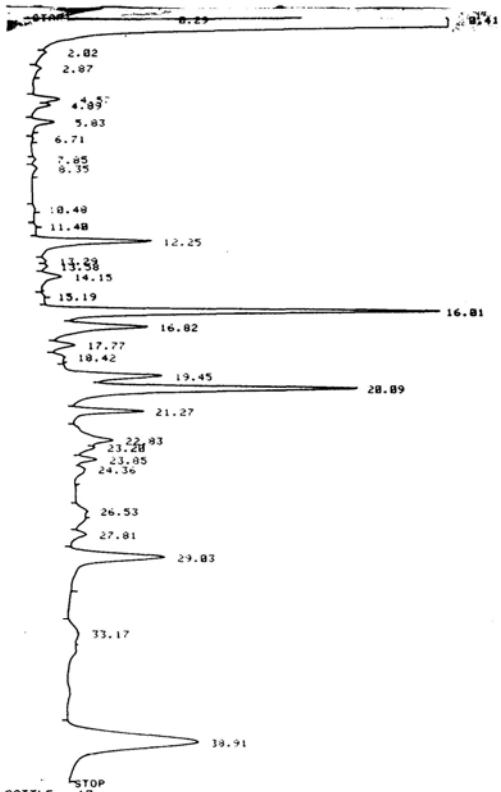
Fig. 1 Standard gas-chromatogram of the examined methyl esters

Tab. 1 Concentrazione dei singoli acidi grassi nei campioni di zooplancton prelevati a Camogli. Risultati espressi in μg totali: * 18:3 più 20:0; § 20:4 più 22:0; n.d.= non dosabile

Fatty acid	15 - 5 - 1978		14 - 6 - 1978		26 - 7 - 1978		22 - 9 - 1978		9 - 11 - 1978		10 - 4 - 1979		5 - 6 - 1979	
	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0
8:0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	295	230	5	n.d.	2	10	16	1
9:0	38	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	74	50	12	14	7	5	8	4
10:0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	71	39	36	53	25	45	18	15
12:0	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d	10	7	10	8	5	7	3	1
14:0	20	34	191	62	52	112	331	175	88	165	112	228	83	47
15:0	6	8	28	12	8	18	48	25	18	26	16	35	24	8
16:0	122	134	350	97	77	192	620	287	179	300	217	470	233	141
16:1	35	6	254	90	51	118	380	200	147	218	166	331	122	95
17:0	10	24	64	34	19	49	98	39	41	62	19	52	29	20
18:0	30	46	166	48	34	92	212	120	54	162	252	192	91	133
18:1	66	90	229	37	52	135	412	144	66	152	247	425	185	139
18:2	30	38	60	16	20	54	101	22	6	14	147	214	78	71
18:3 *	30	40	50	65	34	86	96	28	51	38	45	268	84	6
20:4 §	106	58	795	37	18	23	694	42	30	100	n.d.	2	n.d.	n.d.
22:1	n.d.	n.d.	56	n.d.	n.d.	n.d.	108	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15	n.d.	n.d.
24:0	7	n.d.	49	n.d.	n.d.	n.d.	10	n.d.	1	2	n.d.	n.d.	n.d.	3

Tab. 2 Concentrazione dei singoli acidi grassi nei campioni di zooplancton prelevati a Varazze. Risultati espressi in μg totali: * 18:3 più 20:0; § 20:4 più 22:0. n.d.= non dosabile; --- = prelievo non eseguito

Fatty acid	30 - 6 - 1978		27 - 7 - 1978		27 - 9 - 1978		3 - 11 - 1978		14 - 5 - 1979		29 - 8 - 1979	
	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0	-100-0	-50-0
8:0	15	n.d.	237	n.d.	---	18	n.d.	n.d.	2	1	4	1
9:0	8	n.d.	71	13	---	18	3	7	n.d.	3	1	3
10:0	12	n.d.	27	45	---	73	14	24	7	14	18	18
12:0	22	n.d.	9	1	---	12	3	4	33	1	2	1
14:0	382	220	94	24	---	375	30	33	n.d.	5	87	48
15:0	56	34	21	4	---	43	9	10	10	2	19	10
16:0	1015	616	193	59	---	571	79	105	130	31	297	154
16:1	153	116	145	38	---	335	53	54	69	12	103	91
17:0	87	50	45	10	---	163	21	21	10	1	17	25
18:0	150	270	225	45	---	270	78	76	97	20	114	57
18:2	95	50	52	11	---	59	22	14	14	3	81	79
18:3 *	129	149	44	3	---	162	36	11	n.d.	7	10	9
20:4 §	255	316	13	n.d.	---	169	46	30	1	n.d.	n.d.	4
22:1	53	75	n.d.	n.d.	---	41	n.d.	n.d.	8	1	3	5
24:0	48	10	n.d.	n.d.	---	3	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.



BOTTLE
** 5838A
AREA %

RT	AREA	AREA %
0.29	196100	0.043
0.41	447300000	97.158
2.02	127300	0.028
2.87	55150	0.012
4.57	141600	0.031
4.89	93200	0.020
5.83	114200	0.025
6.71	4234	0.001
7.85	7424	0.002
8.35	26560	0.006
10.40	7860	0.002
11.48	2106	0.000
12.25	715800	0.155
13.29	37120	0.008
13.58	46670	0.010
14.15	149800	0.033
15.19	3695	0.001
16.01	2178000	0.473
16.02	837600	0.182
17.77	193900	0.042
18.42	151400	0.033
19.45	682400	0.148
20.09	2045000	0.444
21.27	517800	0.112
22.83	605300	0.131
23.20	229500	0.050
23.85	229700	0.050
24.36	279400	0.061
26.53	81740	0.018
27.81	71920	0.016
29.03	915800	0.199
33.17	86040	0.019
38.91	2250000	0.489

XF: 1.0000 E+ 0

Fig. 2 Gas-chromatogram of the methyl ester of the sampling carried out on June 5th 1979 at the depth from -100 m up to surface

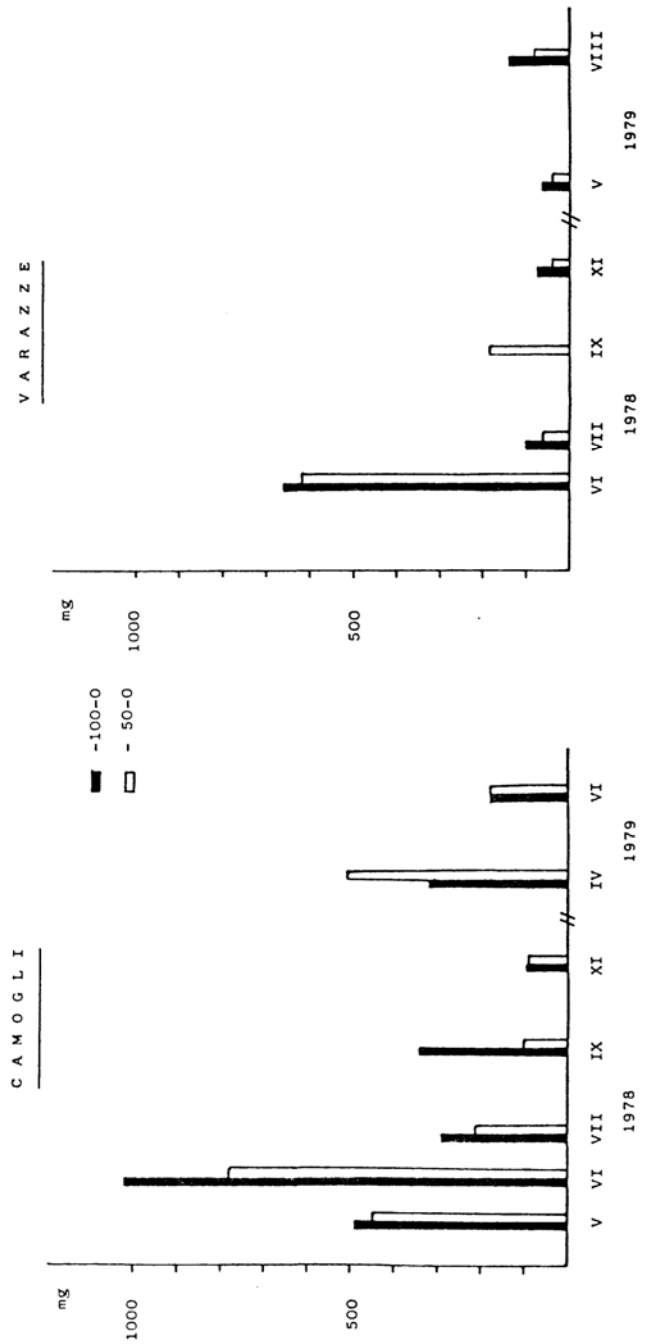


Fig. 3 Distribuzione quantitativa della biomassa zooplanc tonica

INTERPRETAZIONE DI RILIEVI DI CORRENTI LITORANEE A LAVAGNA

S. STURA

Istituto di Idraulica, Fac. di Ingegneria, Università di Genova.

RIASSUNTO

La presente nota riferisce sull' interpretazione e l'elaborazione di rilievi delle velocità di correnti litoranee generate dall'attacco obliquo del moto ondoso ottenuti in una campagna di misure effettuata nel 1977 da Cortemiglia lungo la spiaggia di Lavagna. La loro elaborazione ha consentito di pervenire a nuovi valori sperimentali in buon accordo con la distribuzione spaziale delle velocità proposta da Longuet Higgins per la zona sottocosta.

SUMMARY

This paper deals with the interpretation and the elaboration of data of longshore currents due to an oblique wave approach. Fata are drawn from measures carried out by Cortemiglia in 1977 along the Lavagna beach. The elaboration supplies some new experimental results in agreement with the current profile across the nearshore zone predicted by Longuet Higgins theory.

INTRODUZIONE

1.1 - II problema della determinazione delle correnti litoranee generate dall'attacco obliquo del moto ondoso è stato affrontato da numerosi Autori con l'introduzione di differenti modelli :

- uno di essi (sviluppato da Inman e Bagnold e da Bruun, 1963) si basa su considerazioni di continuità della massa d'acqua;
- un altro (Putnam Munk e Traylor, 1949) fa riferimento alla componente longitudinale del flusso medio di energia del moto ondoso;
- un'altro ancora utilizza l'equazione della quantità di moto applicata globalmente ad un volume di controllo che comprende tutta la zona a terra rispetto alla sezione di frangimento (schema già introdotto nel 1949 da Putnam Munk e Traylor e sviluppato nel 1965 da Eagleson).

I modelli citati forniscono il valore medio della velocità della corrente litoranea nella zone dei frangenti in funzione delle caratteristiche del moto ondoso e del fondale.

1.2 - Un sostanziale progresso nel 1'interpretazione della generazione delle correnti litoranee provocate dall'incidenza obliqua del moto ondoso e della distribuzione spaziale delle correnti medesime è stato apportato, intorno al 1970, dagli studi di Bowen, Inman, Longuet Higgins, Thornton che hanno reso operativo il concetto di "radiation stress" già introdotto da Longuet Higgins e Stewart nel I960- 1964.

La "radiation stress ", dagli stessi Autori definita come "eccesso di flusso di quantità di moto dovuto alla presenza delle onde", è rappresentabile mediante un tensore a 4 componenti. Assumendo un riferimento cartesiano ortogonale con asse y parallelo alla linea di battigia e asse x rivolto verso il largo (Fig. 1), ed indicando con S_{xx} , S_{xy} , S_{yx} , S_{yy} le componenti della "radiation stress" si ha che:

- al gradiente secondo x della S_{xx} sono dovute le variazioni trasversali del livello medio dell'acqua (set up e set down);
- ai gradienti secondo y della S_{yx} e S_{yy} sono riconducibili le correnti delle celle di circolazione e le correnti di ritorno (rip currents);
- al gradiente secondo x della S_{xy} sono correlate le forze che generano le correnti litoranee.

Nel caso in cui sia utilizzabile lo schema che prevede una battigia indefinita, batimetrie sensibilmente rettilinee e parallele, onde con altezza al largo uniforme lungo il fronte, assenza di oscillazioni stazionarie trasversali nella zona di frangenti, la velocità (media nel periodo) della corrente longitudinale è determinabile a partire dal bilancio

$$\frac{dS_{xy}}{dx} + \tau_b + \tau_m = 0 \qquad (1)$$

in cui $\frac{dS_{xy}}{dx}$ rappresenta la forza attiva (per unità di superficie del fondo) e τ_b e τ_m sono le componenti secondo y delle tensioni derivanti dall'attrito sul fondo e dall'attrito laterale dovuto al miscelamento orizzontale.

1.3 - La soluzione dell 'eq. ne (1) fornisce il valore della velocità della corrente litoranea in corrispondenza ad una prefissata ascissa x a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del moto ondoso di attacco e del fondale nella sezione di frangimento (x = xf).

Indicando con

Hf 1'altezza dell'onda al frangi mento;

hf la profondità dell'acqua nella sezione di frangimento misurata dal 1ivello di quiete;

τf il rapporto Hf/hf;

s la pendenza media del fondo nella zona dei frangenti;

c il coefficiente di attrito relativo alla scabrezza del fondo;

αf l'angolo compreso tra il fronte d'onda al frangimento e la linea di battigia;

ed introducendo alcune ipotesi semplificative, Longuet Higgins ha ottenuto una relazione in forma chiusa del tipo

(2) $$\bar{v}(x)/\bar{v}_o = f(x/x_f, P)$$

in cui $\bar{v}_o$ è una velocità di riferimento fornita dall'espressione

(3) $$\bar{v}_o = \frac{5\pi}{16}\gamma_f \frac{s}{c}\sqrt{gh_f}\,\sin\alpha_f\,\cos\alpha_f$$

e P un parametro di miscelamento che dipende dal livello di turbolenza nella zona dei frangenti, dall'attrito sul fondo e dalla pendenza del fondale.

Longuet Higgins ha fornito per l'eq.ne (2) le relazioni

(4a) $$\frac{\bar{v}(x)}{\bar{v}_o} = A\frac{x}{x_f} + B_1\left(\frac{x}{x_f}\right)^{p_1} \qquad \text{per } 0 < x < x_f$$

(4b) $$\frac{\bar{v}(x)}{\bar{v}_o} = B_2\left(\frac{x}{x_f}\right)^{p_2} \qquad \text{per } x > x_f$$

essendo

(5a) $$A = \frac{1}{1 - 2{,}5P}$$

(5b) $$p_1 = \frac{3}{4} + \sqrt{\frac{9}{16} + \frac{1}{p}}$$ (5c) $$p_2 = -\frac{3}{4} - \sqrt{\frac{9}{16} + \frac{1}{p}}$$

(5d) $$B_1 = \frac{p_2 - 1}{p_1 - p_2}$$ (5e) $$B_2 = \frac{p_1 - 1}{p_1 - p_2} A$$

Alcuni autori tra i quali Komar (1975), Madsen , Ostendorf e Reyman (1978), mantenendo sostanzialmente la distribuzione espressa dalle eq.ni (4) e (5), hanno introdotto precisazioni nell'eq.ne (3) modificando la pendenza s per adeguarla a quella della superficie media del mare nella zona dei frangenti. Altri, come Jonsonn, Skovgaard e Jacobsen (1974), mediante procedimenti numerici hanno direttamente risolto passo passo l'eq.ne (1) associata a quella che fornisce il valore locale del set down o del set up; le distribuzioni spaziali di velocità da essi ottenute poco si discostano da quelle dedotte a partire dalle eq.ni (4) e (5).

DATI SPERIMENTALI

La determinazione sperimentale delle onde di attacco sul litorale di Lavagna è consistita nella misura delle seguenti caratteristiche:

- H_4, altezza delle onde prima del frangimento, su una profondità di 4 m;
- T, periodo del moto ondoso;
- α_{12}, angolo compreso tra il fronte d'onda e la battigia misurato su una profondità di 12 m.

Dalla serie di eventi rilevati sono stati estratti quello che presentano maggiore regolarità e altezza d'onda H4 non inferiore a 1 m.

In corrispondenza alla misura di moto ondoso è stata rilevata, mediante il lancio di drifter, la velocità media v della corrente litoranea ad una distanza di circa 10 m dalla linea di battigia. E' stato possibile effettuare tale misura per altezze d'onda H4 non superiori a 2,20 m.

Rilievi batimetrici successivi hanno consentito inoltre di calcolare la pendenza media s del fondale nella zona dei frangenti; essa è risultata pari a 0,15, valore in buon accordo con il profilo di equilibrio medio della spiaggia determinato con il metodo di Swart prendendo in

considerazione l'effettivo clima ondoso del paraggio nel periodo di tempo in cui sono stati fatti i rilievi ed assumendo un diametro D50 del sedimento pari a 1 mm, come è mediamente risultato da indagini granulometriche.

DETERMINAZIONE DEI PUNTI SPERIMENTALI

3.1 - Mediante l'usuale procedimento energetico (qui applicato nell'ipotesi di poter trascurare l'espansione nelle ortogonali d'onda e il trasferimento laterale di energia nell'ultimo brevissimo tratto di evoluzione) (Scarsi e Stura; 1970, 1974) è determinabile, a partire dalla conoscenza di H_4 e T, l'altezza d'onda H corrispondente ad una profondità generica h. Associando a tale procedimento una condizione di frangimento che correli la H alla h risulta individuata la profondità h_f nella stazione di frangimento, l'altezza H_f ed il rapporto Y_f nella sezione stessa.

La condizione di frangimento utilizzata è quella di Weggel (1972) scritta nella forma proposta in una recente nota di Scarsi e Stura (1980)

$$\frac{H_f}{h_f} = \frac{b}{1 + a\dfrac{h}{gT^2}} \tag{6}$$

con a e b funzioni della pendenza del fondale, date dalle espressioni

(6a) $a = 43{,}75\ (1 - e^{-19s})$

(6b) $b = 1{,}56\ (1 + e^{-19{,}5s})-1$

La scelta della relazione (6) è stata suggerita dalla sua forma analitica particolarmente adeguata al presente uso, e dal fatto che, come evidenziato nella nota prima citata, essa fornisce risultati che bene si adeguano ai punti sperimentali nel caso di spiagge a forte pendenza.

3.2 - Noto il valore di h_f e calcolati i valori della lunghezza d'onda sulla profondità di 12 m (L_{12}) e sulla profondità h_f (L_f), è stato determinato il valore di α_f applicando la legge di rifrazione di Snell scritta con riferimento alle lunghezze d'onda.

$$\frac{\sin\alpha_{12}}{\sin\alpha_f} = \frac{L_{12}}{L_f}$$

valida quando le batimetriche si possono considerare rettilinee e

parallele alla battigia. In base ai dati così ricavati risulta nota la velocità di riferimento v_o.

3.3 - Per la determinazione del coefficiente di attrito e si è utilizzata un'espressione dedotta da quella recentemente introdotta da Swart e Fleming (1980).

$$c = 6{,}25\ s^{0{,}85}\ (c_w\ c_c\ )^{0{,}5}$$

che tiene conto dell'attrito dovuto all'agitazione del moto ondoso (c_w) e di quello correlato alla corrente idraulica (c_c) generata dal moto ondoso stesso.

Si è assunto

$$c_w = 0{,}01$$

valore indicato da Jonsson ed adottato da molti altri Autori;

$$c_c = [\ 2 \log \frac{h_f}{\varepsilon} + 1{,}74\ ]^{-2}$$

espressione proposta da Eagleson (1965) e qui utilizzata assumendo un coefficiente di scabrezza £ =0.03 m per tenere conto delle irregolarità del fondo nella zona dei frangenti.

3.4 - Nell'ipotesi di poter assumere l'origine delle x sulla retta intersezione tra il livello di quiete (da cui si sono qui misurate le profondità h secondo l'approssimazione di Longuet Higgins) ed il piano inclinato del fondo, si può calcolare, per ciascuna profondità h_f, l'ascissa x_f della sezione di frangimento e il rapporto x/x_f con x = 10 m come precedentemente detto.

Inoltre, noti i valori di $\bar{v}$ misurati, risultano individuati sul piano adimensionale x/x_f, $\bar{v}/\bar{v}_o$ i punti sperimentali.

I dati di partenza ed i risultati dei calcoli sono riportati nella Tab. 1.

CONFRONTO TRA TEORIA E PUNTI SPERIMENTALI

4.1 - Per il tracciamento della curva teorica a cui riferire i punti sperimentali è necessario determinare il parametro di miscelamento P che la individua all'interno della famiglia di curve descritte dalle eq.ni (4) e (5). A tale scopo si è usata la relazione di Longuet Higgins (1972)

(7) $$p = \frac{\pi s N}{\gamma c}$$

in cui il valore di N, che rappresenta una costante adimensionale nell'espressione del coefficiente di diffusione turbolenta (eddy viscosity), è stato calcolato mediante la relazione

(8) $$N = M\left(\frac{5\gamma^2 f}{16}\right)^{1/£}(s)^{4/3}$$

(M costante di ordine 1) introdotta da Battjes (1975) ed utilizzata da Van Der Graaf e Van Overeem (1979).

Le eq.ni (7) e (8), applicate nei casi esaminati, forniscono mediamente un valore di P pari a circa 0,9.

4.2 - Nella Fig. 2 sono riportati i punti sperimentali e la curva tracciata con riferimento alle eq.ni (4) e (5) ed al predetto valore di P. Dal confronto si può osservare che i punti sperimentali confermano bene la teoria di Longuet Higgins nella zona a mare rispetto alla sezione di frangimento ($x/x_f > 1$). Per quanto riguarda la zona a terra rispetto alla sezione stessa ($x/x_f < 1$) il confronto mostra ancora un sostanziale accordo pur risultando meno probante a causa del limitato numero di punti sperimentali ivi disponibili. La mancanza di punti sperimentali per valori di $x/x_f < 0{,}75$ si giustifica osservando che le onde presentano in generale sul litorale di lavagna una forma di frangimento "a cascata" (per i casi esaminati il parametro di Battjes (1972, 1974) $\xi_f = s/\sqrt{H_f / L_o}$ assume valori compresi tra 0,7 e 1,4 e cioè molto interni al campo del detto tipo di frangimento caratterizzato da valori di 4f compresi tra 0,4 e 2,0). In accordo con quanto osservato direttamente da Cortemiglia, i drifter, che in occasione delle forti mareggiate si trovavano decisamente a terra rispetto alla sezione di frangimento dati gli alti valori di h_f, venivano in tali circostanze sospinti a riva dal getto d'acqua e ciò impediva la misura della velocità della corrente.

BIBLIOGRAFIA

BATTJES J.A., 1972 - Surf Similarity, XIV ICCE, Copenhagen, Vol. I.

BATTJES J.A. , 1974 - Computation of Set-up, Longshore Currents, Run Up and Overtopping Due to Wind-Generated Waves, Delft Univ. of Tech. , Rep. n° 74-2.

BOWEN A.J., INMAND.L., 1969 - Rip. Currents, 2: Laboratory and Field Observations: J. Geoph. Res. , 74.

BRUUN P. , 1963 - Longshore Currents and Longshore Troughs; J. Geoph.Res. , 68.

CERC, 1977 - Shore Protection Manual, Vol. I.

CORTEMIGLIA G.C., 1979 - Caratteristiche correntometriche della surf zone di un tratto di litorale di Lavagna, Atti del Convegno Naz. Difesa Litorale Chiavari, Lavagna, Sestri Levante, Cavi di Lavagna.

EAGLESON P.S., 1965 - Theoretical Study of Longshore Currents on a Piane Beach; M.I.T. Tech. Rep. n° 82, Cambridge.

INMAN D.L., BAGNOLO R.A., 1963 - Littoral Processes, The Sea, M.G.H., New York.

IPPEN A.T., 1966 - Estuary and Coastline Hydrodynamics M.G.H., New York.

JONSONNI.G., SKOVGAARD 0., JACOBSEN T.S., 1974 - Computation of Longshore Currents, XIV ICCE, Copenhagen, vol. II.

KOMAR P.D., 1975 - Longshore Currents and Transport on Beaches, Ocean Engineering, ASCE 3.

KOMAR P.D., 1976 - Beach Processes and Sedimentation, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

LONGUET HIGGINS M.S., 1970 - Longshore Currents Generated by Obliquely Incident Waves, 1, 2, J. Geoph. Res. , 75.

LONGUET HIGGINS M.S., 1972 - Recent Progress in the Study of Longshore Currents, Waves on Beaches, R. Meyer Acc. Press., New York.

MADSENO.S., OSTENDORF D.W., REYMANA.S., 1978 - A Longshore Current Mode!, Proc. Coastal Zone, Vol. III, San Francisco.

SCARSI G., STRURA S., 1970 - Trasformazioni di onde cilindriche di ampiezza e rapidità finite su fondali a dolce acclività, l'En. Elettrica, n° 3.

SCARSI G. , STURA S., 1974 - Sulla propagazione delle onde di gravita trimensionali, Atti II Congresso Aimeta, Napoli.

SCARSI G. , STURA S. , 1980 - II frangimento delle onde su profondità molto basse, Atti Ist. Lomb. Acc. Scienze e Lettere, Milano.

SWART D.H., 1974 - Offshore Sediment Transport and Equilibrium Beach Profiles, Delft Hyd. Lab., Rep. n° 131.

SWART D.H., FLEMING C.A., 1980 - Longshore Water and Sediment Movement, (Abstract in depth) XVII ICCE, Sydney.

THORNTON E.B., 1970 - Variation of Longshore Current Across the Surf Zone, XII ICCE Washington D.C.

VAN DER GRAAF J., VAN OVEREEM J. , 1979 - Evaluation of Sediment Transport Formulae in Coastal Engineering Practice, Coastal Engineering, Elsevier, Amsterdam.

WEGGELJ.R. , 1972 - Maximum Breaker Height for Design, XIII ICCE, Vancouver.

TABELLA 1

n°	H_4 (m)	T (s)	α_{12} (gradi)	$\bar{v}$ (m/s)	h_f (m)	H_f (m)	γ_f (-)	α_f (gradi)	$\bar{v}_o$ (m/s)	x/x_f (-)	$\bar{v}/\bar{v}_o$ (-)
1	1.20	6.50	33	0.49	1.15	1.53	1.33	11.8	5.18	1.30	0.095
2	1.50	6.10	14	0.28	1.42	1.80	1.27	5.9	2.92	1.05	0.096
3	1.20	6.35	14	0.26	1.17	1.53	1.31	5.4	2.42	1.28	0.108
4	2.20	8.00	11	0.43	1.95	2.56	1.31	4.9	3.09	0.77	0.139
5	1.00	6.80	20	0.12	0.98	1.33	1.36	6.8	2.79	1.53	0.043
6	1.00	6.40	25	0.15	0.98	1.32	1.34	8.7	3.50	1.53	0.043
7	2.00	6.36	2	0.13	1.85	2.30	1.24	0.9	0.52	0.81	0.249
8	1.50	6.55	25	0.60	1.41	1.83	1.30	10.1	5.01	1.06	0.120
9	1.50	5.80	25	0.47	1.43	1.79	1.25	10.7	5.14	1.05	0.091
10	1.50	5.96	33	0.70	1.42	1.80	1.27	13.6	6.52	1.06	0.107
11	1.40	5.21	4	0.08	1.36	1.65	1.22	1.8	0.83	1.10	0.096
12	1.00	4.23	37	0.37	0.99	1.19	1.20	16.0	5.59	1.52	0.066
13	2.00	7.99	13	0.61	1.79	2.36	1.32	6.3	3.77	0.84	0.162
14	1.20	6.00	5	0.08	1.13	1.48	1.31	2.0	0.88	1.33	0.091
15	1.00	3.85	30	0.27	1.00	1.15	1.15	14.4	4.91	1.50	0.055
16	1.00	4.20	32	0.15	0.99	1.18	1.20	14.1	4.99	1.52	0.030
17	1.20	6.30	21	0.30	1.15	1.52	1.32	7.8	3.46	1.30	0.087
18	2.00	7.10	6	0.20	1.81	2.33	1.29	2.7	1.60	0.83	0.125
19	1.50	7.10	9	0.17	1.39	1.85	1.33	3.6	1.84	1.08	0.092
20	1.30	6.80	11	0.13	1.23	1.64	1.33	4.2	1.98	1.22	0.066
21	1.00	5.50	18	0.15	0.98	1.28	1.30	6.7	2.63	1.53	0.057
22	1.10	5.40	5	0.06	1.08	1.38	1.28	2.0	0.83	1.39	0.072
23	1.80	7.80	14	0.43	1.62	2.16	1.33	5.8	3.28	0.93	0.131
24	1.30	7.70	19	0.25	1.22	1.67	1.36	6.8	3.24	1.23	0.077
25	1.20	7.00	16	0.23	1.15	1.54	1.34	5.8	2.62	1.30	0.088
26	1.00	5.90	40	0.38	0.98	1.30	1.33	13.5	5.27	1.53	0.072
27	2.00	6.80	14	0.50	1.82	2.31	1.27	5.9	3.44	0.83	0.145
28	1.00	6.20	14	0.08	0.98	1.31	1.33	4.9	1.98	1.53	0.041
29	1.00	5.70	34	0.22	0.98	1.28	1.31	12.0	4.65	1.53	0.047
30	1.20	9.10	26	0.17	1.01	1.42	1.41	6.0	2.61	1.49	0.065
31	1.20	8.60	17	0.15	1.14	1.58	1.39	5.7	2.66	1.32	0.056
32	1.50	7.30	5	0.15	1.40	1.86	1.33	2.0	1.03	1.07	0.145
33	1.30	6.80	8	0.10	1.23	1.64	1.33	2.7	1.28	1.22	0.078
34	1.00	4.20	29	0.38	0.99	1.18	1.20	12.9	4.59	1.52	0.083
35	1.50	6.00	7	0.23	1.42	1.81	1.27	3.0	1.49	1.06	0.154

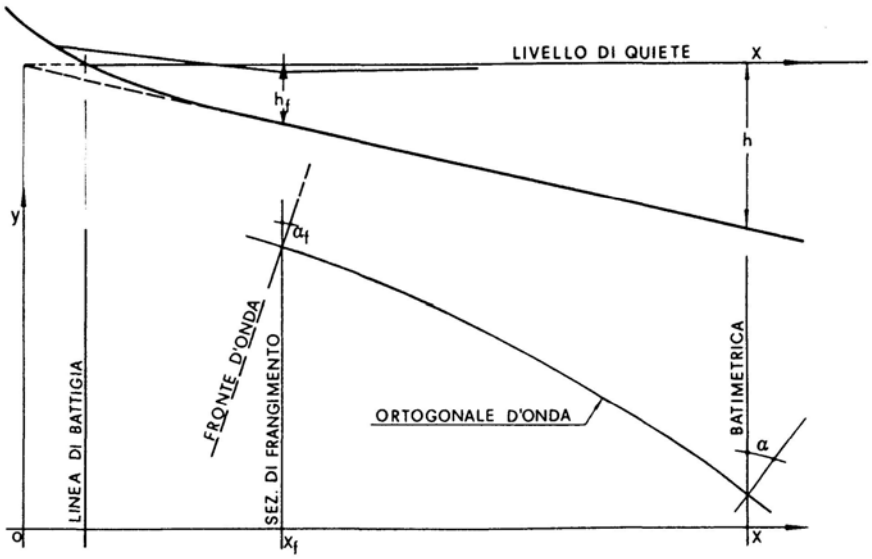


Fig. 1 - Schema di riferimento

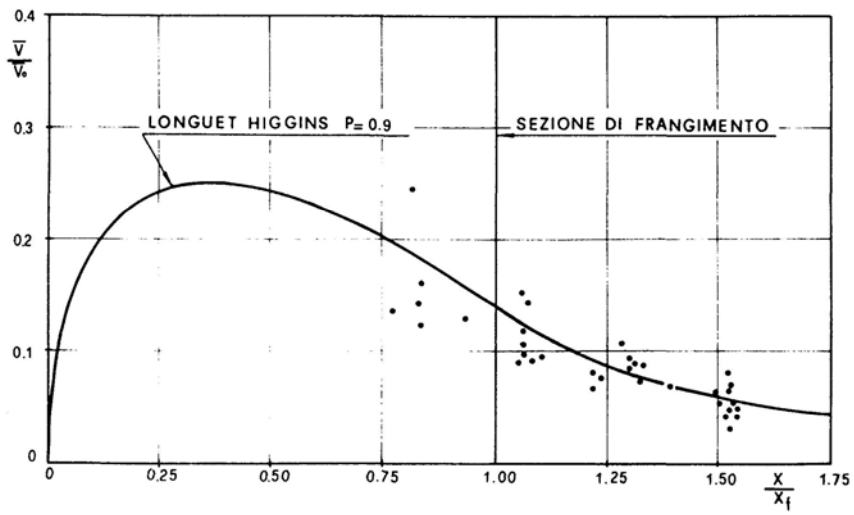


Fig. 2 - Curva teorica e punti sperimentali

BIO-MEL EASTERN CANADIAN ARCTIC CRUISE (Summer 1980)
METHODOLOGY AND ZOOPLANKTON PRELIMINARY OBSERVATIONS

L. GUGLIELMO

Istituto di Idrobiologia - Università di Messina

SUMMARY

In spite of the numerous oceanographic expeditions that have taken place recently in the Arctic waters, we have, until now, possessed little data about the most important biological processes of the trophic chain of pelagic organisms. With the aim of tackling these problems, according to the most modern techniques of Ecology, the Bedford Institute of Oceanography (BIO) organized, from July 24 to August 29, 1980, an important oceanographic cruise in the Canadian Arctic. The aim of the research was to investigate the physiology and ecology of planktonic organisms in relation to the role they play in the various steps of the food chain. The research devices used, in the biological or physical fields, were the most modern systems now available for marine ecological studies. Water samples at fixed stations have been collected with Niskin bottles, rosette System with CTD, and pumping System. For the spatial distribution of the various parameters, including zooplankton counts the Batfish has been used, which, working continuously at the Constant speed of 6 knots, allowed long distances to be covered even with adverse marine conditions. Zooplankton have been collected with a Bongo net for grazing studies and with BIONESS to determine the organisms1 vertical distribution. An initial on board examination of some zooplankton samples collected with BIONESS has concluded that Copepods in these waters are assuming, essentially in the 20-50 m layer, the predominant role with Calanus hyperboreus species. Other groups, quantitatively important in the surface layer, are Molluscs with the two species Clione limacina and Limacina helicina, amphipodas with the genus Parathemisto and Chetognatas principally with Sagitta elegans arctica. At depth, Mysids, Ctenophores and Ostracods are assuming a certain role. Euphausiids are represented by isolated individuals of Thysanoessa inermis.

RIASSUNTO

Nonostante numerose spedizioni oceanografiche che in questi ultimi anni hanno operato nelle acque dell'Artico, finora si dispone di pochi dati sui più importanti processi biologici della catena trofica degli organismi pelagici. Essenzialmente con l'intento di affrontare tali problemi, secondo gli schemi della più moderna ecologia, il Bedford Institute of Oceanography (BIO) ha organizzato, dal 24 luglio al 29

agosto 1980, una impegnativa spedizione oceanografica nell'Artico Canadese. Lo scopo della ricerca era quello di indagare sulla fisiologia ed ecologia degli organismi planctonici in rapporto al ruolo che essi giuocano nelle varie tappe della catena alimentare.

I mezzi di indagine utilizzati, sia nel campo fisico che biologico, sono i più moderni sistemi attualmente disponibili negli studi di ecologia marina. Campioni di acqua in stazioni fisse sono stati prelevati con bottiglie Niskin, sistema a rosette con CTD e pumping system. Per la distribuzione spaziale dei diversi parametri, compreso il conteggio dello zooplancton, si è fatto uso del Batfish, che lavorando in continuo alla velocità costante di 6 nodi, ha dato la possibilità di coprire lunghi percorsi anche con avverse condizioni marine. Lo zooplancton è stato raccolto con la rete Bongo per gli studi sul grazing e con il BIONESS per la distribuzione verticale degli organismi.

Da un primo esame di alcuni campioni di zooplancton raccolti con il BIONESS, effettuato direttamente sulla nave, è risultato che i Copepodi assumono in queste acque, essenzialmente nello strato 20-25 m, il ruolo predominante con la specie Calanus hyperboreus. Altri gruppi quantitativamente importanti nello strato superficiale sono i Molluschi con le due specie elione li macina e Limacina helicina, gli Anfipodi con il genere Parathemisto ed i Chetognati principalmente con Sagitta elegans arctica. In profondità assumono un certo ruolo anche i Misidacei, gli Ctenofori e gli Ostracodi. Gli Eufausiacei sono rappresentati da isolati individui di Thysanoessa inermis.

INTRODUCTION

Although numerous marine biological expeditions have operated in the Arctic, there have been exceptionally few measurements made of important ecological rates. The Marine Ecology Laboratory (MEL) of the Bedford Institute of Oceanography (BIG) proposed, as a first step in a continuing research program, a biological oceanographic cruise to cover in one season as much of the accessible water as possible, including sites known to be of high biological productivity. Emphasis will be on measuring significant ecological and physiological rate processes.

The peculiar ecological characteristics of some key sites in the Arctic have long intrigued biologists. Such a site is undoubtedly the Meiville Bay area where permanent glaciers are in contact with the sea. The biological and chemical implications of this phenomenon are discussed in the light of recent findings.

Kane Basin is an important source of Arctic water flowing south into Baffin Bay. At its south end lies the famous North Water, an area that stays permanently free of ice. A pronounced sill along Smith Sound may be the site of local upwelling. Jones Sound is another avenue for supplying water from the Arctic archipelago to Baffin Bay. It is of interest to look for biological gradients associated with the mixing of Arctic and Baffin Bay water. Coburg Islands, at the entrance to Jones Sound, is the site of a major sea bird colony, indicative of high biological productivity.

Lancaster Sound is thought to be unusually productive in the biological sense, and is a major source of Arctic Water. The channels of the south side (Prince Regent Inlet, Admiralty Inlet and Navy Board Inlet) are unexplored from the point of view of modern ecology. An important white whale feeding ground exists in Creswell Bay in Southern Prince Regent Inlet and a major sea bird colony is to be found at the north end, Prince Leopold Island.

I am indebted to my friend and colleague Dr. T. Platt, chief scientist of the Arctic cruise, and Dr. D.D. Sameoto, responsible for the BIONESS program, not only for inviting me to participate in the expedition but for their useful suggestions in preparing this manuscript.

NATURE OF THE EXPEDITION

Our objectives have mainly been concerned with investigating biological rate processes with emphasis on the planktonic food chain. The work has covered three general areas: 1) primary production; 2) secondary production; 3) planktonic (primary/secondary) interactions.

Primary production studies stress the effects of environmental variables on photosynthetic activity. The experimental approach to primary production is expanding to consider the relationship between photosynthesis and light at intensities beyond saturation and commonly inhibitory to photosynthesis. Preliminary results have shown that the incipient levels and degree of photo-inhibition vary significantly with regard to location, time of day and composition of phytoplankton (Platt and Jassby, 1976; Platt and Denman, 1977a). Previous work of MEL (Jassby and Platt, 1976; Platt and Denman, 1977b; Platt, 1978) has determined that a hyperbolic tangent is the most consistently useful mathematical representation of the relationship between photosynthesis (carbon fixation) and light for natural phytoplankton populations. Both parameters have been found to vary significantly with season and have also demonstrated a marked diurnal fluctuation. As part of a larger investigation of the dependence of phytoplankton photosynthetic rate on light and other environmental parameters, such as temperature and nutrient supply, a search has been undertaken for reliable indicators of metabolic activity of value in predicting primary production rates (Irwin and Platt, 1978; Irwin, Evans and Platt, 1978). Inorganic micronutrients (nitrogen, phosphorus, silicon, etc.) are essential for phytoplankton growth and at times, either singularly or in combination, are found in such short supply as to limit photosynthetic production. Through the use of both radioactive and stable isotope tracer techniques, studies are underway to examine fluxes of nitrogen and phosphorus mediated by natural phytoplankton populations. Water samples collected from discrete depth have been analyzed for $^{14}CO_2$ incorporation, particulate and dissolved Chemical constituents and taxonomic composition. Experimental studies have been primarily performed on board ship.

Secondary production studies stress energetics of feeding respiration and growth of important zooplankton organisms. Ali the recently acquired feeding data support the hypothesis recently put forward that zooplankton

animals in nature acclimate to the quality and quantity of food available. Recent experiments have al so shown that several common copepod species can be conditioned to select certain sizes of inert particles. It has al so been shown that digestive enzymes used to process different nutritional substrates are highly correlated with the abundance of such substrates in the particulate food of zooplankton (Mayzaud, 1976; Conover, 1978a, 1978b). Sampling was accomplished by nets (Bongo and other ring nets) and an over-the-side pumping system. Biological measurements were done in ship's laboratories.

To understand the interactions of rate processes from the two plankton levels described, detailed information of the time and space distributions of phyto-and zooplankton were necessary. This objective was accomplished through use of the BIONESS, LHPR and Batfish towed net and biological sensor systems.

Seabirds are an important component of Arctic food chain. Dr. R. Brown, ornithologist at CWS, qualitatively and quantitatively studied seabird populations encountered during the course of this cruise.

MATERIAL AND METHODS

The oceanographic arctic cruise, from July 24th to August 29th 1980 with the BIO's ship "CSS Hudson", was organized by Dr. Trevor Platt, head of the Marine Ecology Laboratory of the Bedford Institute of Oceanography. The staff included 25 researchers and 60 crew members.

On July 24th the expedition moved out from Saglek (Labrador) and proceeded in a NE direction at a cruising speed of 13 knots in order to reach the Greenland coast. Then, following the northern route (along the 67° 30' W longitude) we crossed the Davis Strait to reach Meiville Bay. During this journey several hydrological samples at fixed stations (attenuance meter, CTD, Niskin bottles and submersible pump) and neuston hauls were made. In the meantime, biological oceanographic sensors (BIONESS and Batfish) were checked.

Before reaching Meiville Bay, sampling was done at the mouth of Parker Snow Bay. Several transects were made in Meiville Bay, from the coast outwards and then, after several days, we moved in the direction of Lancaster Sound. During the course of our navigation, numerous stations were sampled with the CTD and for Biological material, essentially at the greatest depths in Baffin Bay. Many transects were made in Lancaster Sound; several samples were collected with the BIONESS to Prince Leopold Island.

The first part of the expedition ended August 11th with a changing of the crew at Pond Inlet. Dr. Sameoto and his party, including myself, were substituted by Dr. Longhurst and his collaborateurs. BIONESS was also replaced by LHPR. Going north, until about the 78° N of latitude, the cruise ended on August 29th in Thule.

a) Physical Oceanographic Sensors

It was important to put the biological results in their proper physical setting. For this reason the CTD was deployed on all stations. The unit, known as a multiparameter CTD (MPCTD) is based on a Guildline Model 8705 digital CTD and Model 87102 control Unit (modified for multiparameter). The BIO Larsen Light Attenuance meter and a General Oceanics rosette water sampler were integrated with the CTD on a framework that protected them during sea operations. The digital code used to transmit data to the surface was altered to a biphase code and teletype format to provide better noise immunity, limited error detection, and unavailability of a computer-compatible data format. For data acquisition, shipboard computers HP 2100, using the disc-based Rea! Time Executive (RTE), were utilized.

b) Biological Oceanographic Sensors

The variability (both spatial and temperal) of phytoplankton and zooplankton in our oceans has generated the need for high resolution and rapid profiling of these organisms. Metrology has been involved in a program with Biological Oceanography (MEL), the National Research Council of Canada (NRCC) and Guildline Instruments Ltd. in the development of such biological instrumentation and measurements methods.

The Batfish underwater towed vehicle system (Dessureault, 1976), is equipped in addition to the digital CTD Unit, with sensors for biological data collections: the variosens fluorometer and the electronic zooplankton counter. The variosens fluorometer is used to measure in situ chlorophylla, which can be related to phytoplankton biomass concentration (Herman, 1977; Herman Denman, 1977; Denman and Mackes, 1980). It is constructed by Impulsphysik GmbH (Hamburg) and the servo-controller of the Batfish towed by Hermes Electronics Ltd. (Dartmouth, Canada).

The zooplankton sensor was designed by Dr. Dauphinee (1977) of NRCC and prototype units were manufactured by Guildline Instruments Ltd. One aspect of development was the design of a sampler net that would concentrate and feed zooplankton into the sensor and, above all, would not clog with algal matter during continuous towing. This problem was alleviated by oscillating the sampler net from side to side at a frequency of 5 hertz thus enabling a transverse flow of water through the side of the net and maintaining open mesh pores. The results allow continuous towing for periods of up to 6 hours. In our arctic cruise, the sampler net utilized for the Batfish tows had the following dimensions: 6.5 or 9.5 cm on the side and 3 or 5 mm at the apex. During the cruise, the data were verified by a comparison of zooplankton catches with larger plankton nets (such as BIONESS) and calibration of the sensor enabling physical measurements of length and volume for individual zooplankters. The same organisms that passed through the Colter Counter were collected in a small nylon sac and later determined specifically. A first-order calibration algorithm has been generated and has been tested on individual animals by comparing the dimensions obtained with the algorithm (using in situ electronic measurement) against those dimensions obtained from microscope measurements. On board ship the organisms were

separated by a zooplankton size discriminator for a 5 volume range and calibrated for Copepods.

During the Arctic cruise, the Batfish was towed sinusoidally at 6 knots, from the surface and 80 m depth.

c) BIONESS (Bedford Institute of Oceanography Net and Environment Sensing System).

The Bioness and the acoustic methods of measuring zooplankton were used in the Arctic cruise for the study of the abundance and vertical and horizontal distribution of zooplankton. This multi-net zooplankton and micronekton sampler (Sameoto, Jaroszynski and Fraser, 1979, 1980) involved the use of rigid box-type construction, which made this sampler easier to handle, more compact, and in addi tion capable of being towed at a speed of 3 knots while still maintaining a vertical angle. The box frame allowed us to mount a variety of sensors on the sampler including a CTD, pitch, roll, and yaw sensors, light meter, 35 mm camera, and strobe light, as well as the internal and external flowmeter. The BIONESS is al so equipped with an oxygen probe and an in situ fluorometer which was not used in the present cruise. With this sampler it was possible, during each tow, to collect ten individual samples of a large size range of animals and at the same time obtain in situ measurements of temperature and salinity. We were al so able to photograph the animals in front of the net prior to their being caught. This latter observation is important in detecting possible net avoidance and animal aggregations. The large number of biological samples taken in the Arctic have been accompanied by a 120 Kz sounder (SIMRAD) that was very useful for detecting the biomass and number of zooplankton.

d) Other nets

Zooplankton samples for grazing studies were caught with a Bongo net (505 µm and 233 µm mesh sizes) towed at discrete depths for high organism concentration. Usually oblique tows at the 30 m depth were performed. Other ring nets have also been used for grazing studies.

At all stations neuston samples were collected with a sampler described by Sameoto and Jaroszynski (1969).

For microzooplankton samples at selected stations, ten small nets (15 cm mouth diameter, 30 δm diameter size, 150 m total length) including the BIONESS tows, were utilized.

ZOOPLANKTON PRELIMINARY OBSERVATIONS

BIONESS samples were collected at 18 stations and comprised a total of 180 samples. The data presented below refer to 40 zooplankton samples collected at 4 stations in the vicinity of Meiville Bay. As can be seen in Tabl e 1, the samples were taken at rather shallow depths, depending on the depth of the station which in all case never exceeded the 100 m depth. Samples were taken between 1300 and 1900, and the duration of the

haul depended on the depth and on the "quantity" of zooplankton registered on our echo scanner. The observations on these samples were made on board "CSS Hudson".

Figure 2 shows the high zooplankton biomass values recorded from the surface to the 50 m depth, essentially due to the presence of copepods. The taxonomic composition in this area seems to be more or less the same as that recorded in Arctic waters during this period of the year (few species and many individuals). Differences have been recorded in deeper waters (up to 500 m) where a higher species diversity is due to the appearance of other number of species.

These preliminary data refer to Meiville Bay area. Copepods comprised the largest fraction of the zooplankton by number. In particular, Calanus hyperboreus was the most dominant copepod species, having a maximum density below the thermocline, between the 15 and 20 m depth. This depth al so corresponds to the maximum value recorded for chlorophylla by the Batfish.

In Lancaster Sound Copepods comprised 75% of the zooplankton biomass in the 0-150 m depth level (Sekerak et al., 1976) and about 77-86% of the biomass in the Arctic basin as a whole.

The first few meters of water are dominated by two species of pteropods, Clione limacina and limacina helicina. This distribution conforms with that found in all of the other areas investigated during the summer period. The highest biomass values were recorded just below the surface, in the 3-5 m depth level. Neuston samples, however, did not always demonstrate this relative richness of pteropods in the upper meters of the water column. On the other hand, these organisms don't seem to show a uniform distribution (Grainger, 1965). Our samples, as well as others taken in Lancaster Sound, indicate that L.helicina predominates over C. limacina. Furthermore, this latter species (the larger of the two) feeds almost exclusively on the former.

Amphipods significantly augment the zooplankton biomass at almost ali of the depth levels examined. This is particularly the case in the surface layers due to the presence of rather large species characterizing these depths such as the genus Parathemisto (in particular P.gaudichaudi/P. libellula).

Sagitta elegans arctica is the most common chaetognath present in surface waters. In the deeper layers it is in large part substituted by Eukronia. The only species of euphasiid recorded was Thysanoessa inermis, sampled in small numbers between 50 and 200 m, at a station depth of 400-500 m in the vicinity of Parker Snow Bay.

The studies conducted recently in the Arctic indicate with certainty that copepods are the major constituents of the zooplankton community of Arctic waters (Zenkevitch, 1963; Grainger, 1965; Minoda, 1967; Hopkins, 1969; Sekerak et al., 1976). The presence of few species of Copepods and other taxonomic groups, has favoured the study of marine food webs by examining the gut contents of such organisms as sea birds, and grazing studies conducted in the field and in laboratories.

Research by various Authors on the summer Arctic food chains, would indicate that Copepods (in our Arctic cruise the herbivore species of Calanus particularly) would reach the maximum development below the thermocline layer, where , al so, a higher phytoplankton biomass has been noted. Copepods would be in their time, prey for the larger carnivores planktors, such as Chaetognath Sagitta elegans arctica and the Amphipods of the genus Parathemisto. On the other hand, Copepods seem to constitute the direct food for the most common seabirds Northern Fulmars and Black-legged Kittiwakes (Bradstreet, 1976). Al so surface Amphipods Parathemisto are common in the diet of seabirds and other animals.

Pteropod molluscs contribute significantly to the biomass of surface waters and their role in the Arctic food chain is not clear. According to Conover and Lalli (1972, 1974), gymnosomatous pteropods, among which Clione limacina, are extremely specialized in the feeding behaviour. For this reason, in the Arctic waters, Clione feeds exclusively on Limacina so that, as reported by Sekerak et al. (1976) in Lancaster Sound and by us in the cruise, is around 70 times more abundant than the first one. Al so pteropods are a direct prey for the most common arctic seabirds.

Other studies would indicate that Copepods do not graze in the available phytoplankton standing crop with 100% efficiency rate. At this purpose supplementary food for zooplankton nutrition might come from leptopelic particles formed in situ (Dunbar, 1957) and from the organic matter under-surface of glaciers (English, 1961). English (1963) suggested also that particulate organic matter, heterotrophically synthetized by bacteria, fungi and nannoplankton, would increase the summer photosynthetic production.

BIBLIOGRAFIA

BRADSTREET, M.S.W., 1976 - Summer feeding ecology of Seabirds in Eastern Lancaster Sound. Unpubl. Report by LGL Ltd. to Norlands Petroleum Ltd. 187 pp.

CONOVER, R.J., 1978a - Feeding interactions in the pelagic zone. Rapp.P-V. Reun.Cons.Int.Explor.Mer. 173: 66-76.

CONOVER, R.J., 1978b - Transformation of organic matter. In Marine Ecology - A comprehensive, integrated treatise on life in the oceans and coastal waters. Vol.IV. Dynamics. John Wiley and Sons, Chapter 5 : 221-499.

CONOVER, R.H. and C.M. LALLI, 1972 - Feeding and growth in CI ione limacina (Phipps), a pteropod moli use. J.Exp.Mar.Biol.Ecol. 9: 279-302.

CONOVER, R.J. and C.M. LALLI, 1974 - Feeding and growth in Clione Limacina (Phipps), a pteropod mollusc. II. Assimilation, metabolism, and growth efficiency. J.Ecp.Mar.Biol.Ecol. 16: 131-154.

DAUPHINEE, T.M., 1977 - Zooplankton measurements using a countance celi. MTS-IEEE Qceans'77 Conference Record, 2 39B.

DENMAN, K. L. and D.L. MACKAS, 1980 - Collection and analysis of underway data and related physical measurements. In: Spatial Pattern in Plankton Communities, ed. J.H. Steele. Plenum Publ. Corp., New York, N.Y.: 85-109.

DESSUREAULT, J.G., 1976 - "Batfish": a depth controllable towed body for collecting oceanographic data. Ocean.Eng. 3: 99-111.

DUNBAR, M.J., 1957 - The determinants of production in northern seas: a study of the biology of Themisto libellula. Con.J.Zool., 35: 797-819.

ENGLISH, T.S., 1961 - Some biological oceanographic observations in the Central North Polar Sea, Drift Station Alpha, 1957-1958. Arctic Inst. No.Am.,Final Contract Rept., AF 19(604) 3073, 59 pp.

ENGLISH, T.S., 1963 - Some remarks on Arctic Ocean plankton. In: Proc. Arctic Basin Symp., October 1962, Washington, D.C. Arctic Inst.No.Am. 184-196.

GRAIGER, E.H., 1965 - Zooplankton from the Arctic Ocean and Adjacent Canadian waters. J. Fish. Res. Bd.Canada 22: 543-564.

HERMAN, A.W., 1977 - In situ chlorophyll and plankton measurements with the Batfish vehicle. MTS-IEEE Oceans'77 Conference Record, 2, 39D.

HERMAN, A.W. and K. L. DENMAN, 1977 - Rapid underway profiling of chlorophyll with a in situ fluorometer mounted on a Batfish vehicle. Deep-sea Res 24: 385-397.

HOPKINS T.L., 1969 - Zooplankton standing crop in the Arctic Basin. Limnol.Oceanogr. 14: 80-85.

IRWIN B. and T.PLATT, 1978 - Phytoplankton productivity experiments and nutrient measurements in Bedford Basin, Nova Scotia, from September 1975 to December 1976. FMS, Tech.Rep. 762.

IRWIN B., EVANS P. and T. PLATT, 1978 - Phytoplankton productivity experiments and nutrient in the Labrador Sea from 15 October to 31 October 1977. FMS, Data Rep.83.

JASSBY A.D. and T. PLATT, 1976 - Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. Limnol.Oceanogr. 21: 540-547.

MAYZAUD P., 1976 - Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. IV. the influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species. Mar.Biol. 37: 47-58.

MINODA T., 1967 - Seasonal distribution of Copepoda in the Arctic Ocean from June to December 1964. Recent.Oceanog.Works Japan 9: 161-168.

PLATT T., 1978 - Spectral analysis of spatial structure in phytoplankton populations. In: Spatial Pattern in Plankton Communities, ed.J.H.Steele. Plenum Publ.Corp., New York, NY 73-84.

PLATT T. and A.D. JASSBY, 1976 - The relationship between photosynthesis and light for natural assemblages of coastal marine phytoplankton. J.Phycol. 12: 421-430.

PLATT T. and K.L. DENMAN, 1977a - Biological prediction in pelagic marine ecosystems. In: Oceanic Sound Scattering Prediction, ed. N.R. Andersen and B.J. Zahuranec. Plenum Press., New York, N.Y.: 803-809.

PLATT T. and K.L. DENAMN, 1977b - Organization in the pelagic ecosystem. Helgol.Wiss.Meeresunters 30: 575-581.

SAMEOTO D.D. and L.O. JAROSZYNSKI, 1969 - Otter surface sampler: a new neuston net. J.Fish.Res.Bd.Canada 25: 2240-2244.

SAMEOTO D.D., JAROSZYNSKI L.O. and W.B. FRASER, 1979 - Bedford Institute of Oceanography Net and Environmental Sensing System (BIONESS) construction details. Fish.Mar.Serv.Tech.Rep. 903.

SAMEOTO D.D., JAROSZYNSKI L.O. and W.B. FRASER, 1980 - BIONESS, a new design in multiple net zooplankton samplers. J.Fish.Res.Bd. Canada 37:722-724

SEKERAK A.D., BUCHANAN R.A., GRIFFITHS W. and M.G. FOY 1976 - Biological oceanographic studies in Lancaster Sound, 1976. Unpublished Report by LGL LTD. to Norlands Petroleum Ltd. 169 pp.

ZENKEVITCH L. , 1963 - Biology of the seas of the USSR. Allen and Unwin, London 955 pp.

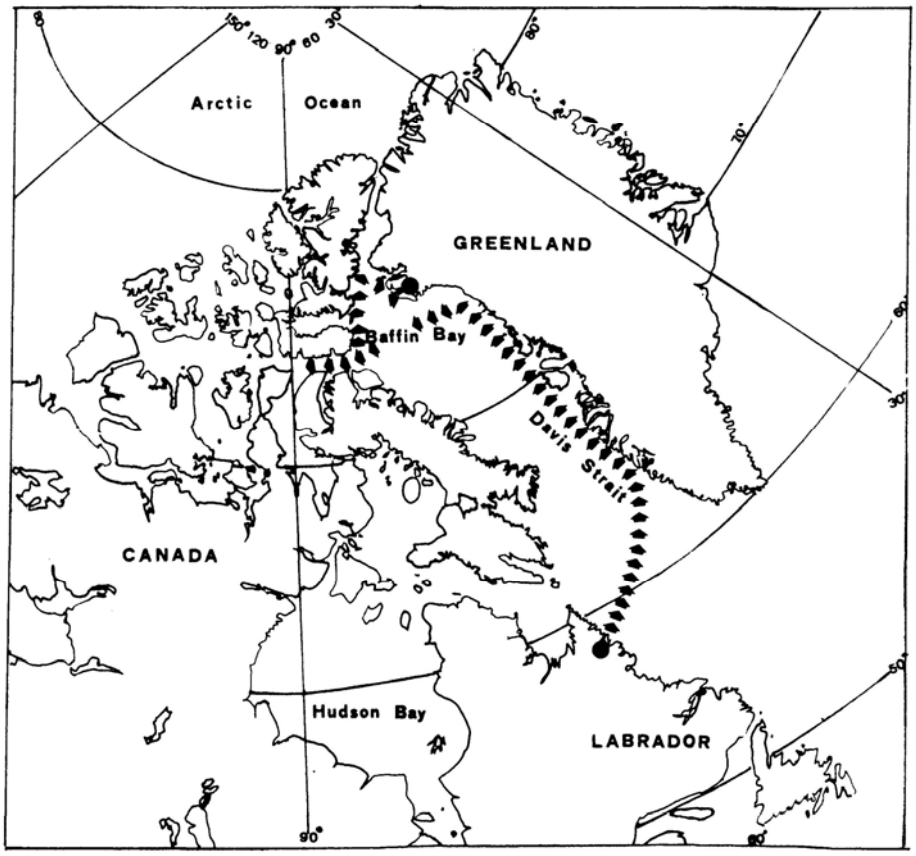


Fig.1. General trading of the eastern Canadian Arctic cruise (Summer 1980)

Table 1. BIONESS tows in the vicinity of Melville Bay area

Tow 2	31.7.80	75° 44.10N 69° 13.23W	Tow 3	31.7.80	75° 44.21N 69° 15.47W
Net	Depth (m)	m^3	Net	Depth (m)	m^3
1	5	256	1	4,5	241
2	5-12	138	2	4,4	205
3	13-22	-	3	4,4	127
4	22-37	127	4	7,5	101
5	37-50	107	5	7,5	103
6	50-75	172	6	7,1-7,5	111
7	75-8	189	7	7,0-7,5	125
8	8	144	8	7,0-7,5	135
9	3,5	168	9	7,5-25	187
10	3,5	155	10	25-50	222
Tow 4	31.7.80	75° 39.19N 68° 49.39W	Tow 4	31.7.80	75° 25.86N 67° 54.12W
1	7-8	141	1	0-8	142
2	7	113	2	8	140
3	9-8	105	3	8	126
4	8-21	150	4	8	160
5	21-23	217	5	8	124
6	20-26	195	6	8	209
7	24	208	7	8	146
8	24-21	209	8	8-11	139
9	24-50	236	9	11	151
10	50-100	261	10	11-16	123

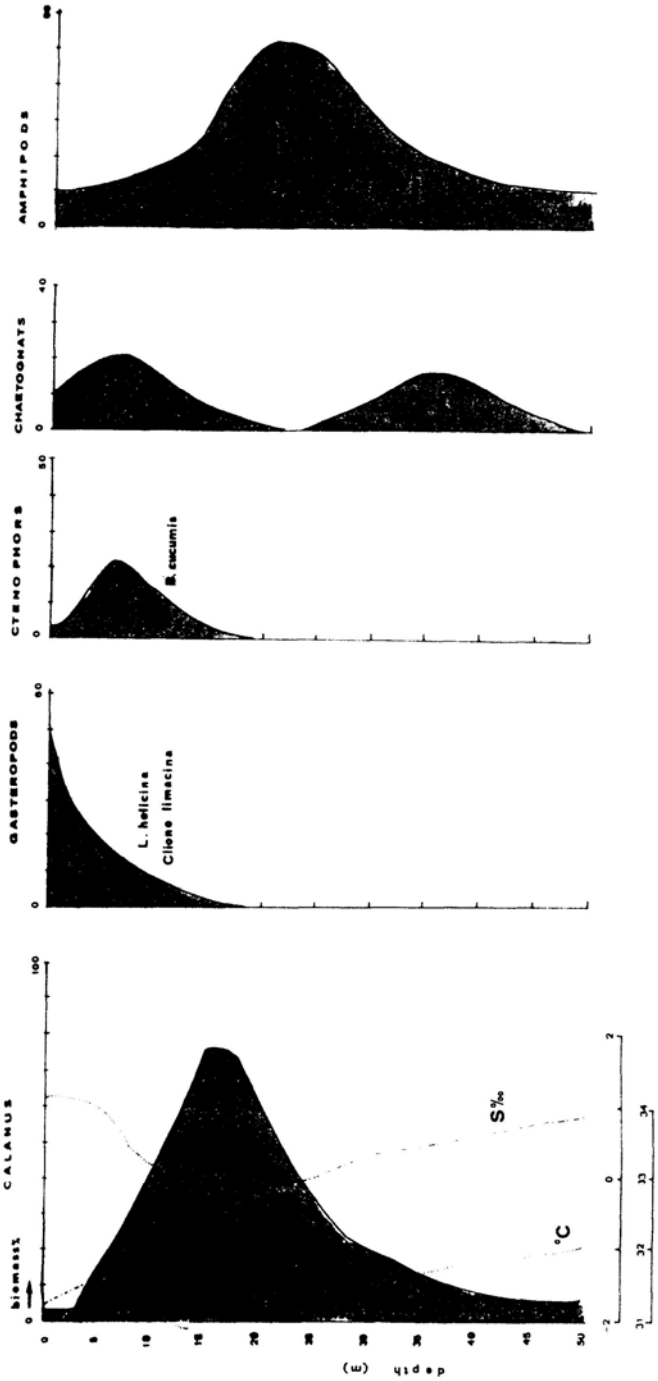


Fig.2. Temperature, salinity and vertical distribution of zooplankton biomass in the surface layer (0-50 m), near Melville Bay. The species indicated are the most common in the collected samples.

PRIMI RISULTATI SULLE LARVE DEI CROSTOCEI DECAPODI (escluso BRACHIURI) DELLO STRETTO DI MESSINA E DEI MARI LIMITROFI

N.CALAFIORE

Istituto di Zoologia e di Anatomia Comparata
Università di Messina (Direttore Prof. A.Bolognari)

SUMMARY

This paper reports the preliminary data about the first of four research cruises, carried out in 1979 by the R/V "Algesiro" of the Istituto di Zoologia of the University of Messina. The aim of this work is to give a contribution to the knowledge of composition, distribution and development of the larvae of Decapod Crustaceans (with the exception of Brachiura) in the Straits of Messina and in the neighbouring areas. The samples were collected in Spring, by using four small plankton nets having meshes of different size, inserted in a rigid frame so to get a simultaneous sampling in an oblique record within a 100 meters isobath. The results show that some species, like Gennadas elegans and Catapaguroides timidus, seem to achieve their development within the area in which they were collected. The Macrum reptantia are very rare, at least in this season, while an eigh number of Anomura has been noticed, particulary in the genus Paragus, Anagurus and Catapaguroides. Besides i was pointed out the presence of larvae wich belonged to the n?3 species, described by Pike and Williamson (1960) in the Bay of Naples. Certainly, these and other considerations could be better investigated, in future, when the results of the other three seasonal cruises will be available.

RIASSUNTO

Vengono riferiti i dati preliminari sulla prima di quattro campagne di ricerca effettuate nel 1979 con l'ausilio del M/P/R "Algesiro" dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina. Scopo di questo lavoro è quello di portare un contributo alla conoscenza della composizione faunistica, della distribuzione e dello sviluppo larvale dei Crostacei Decapodi (esclusi Brachiuri) nell'area dello Stretto di Messina e nei mari ad esso adiacenti. I campioni, raccolti in primavera, sono stati prelevati utilizzando quattro retini con apertura di maglia differenziata, inseriti in campionamento simultaneo in metri.

un'incastellatura rigida per consentire il una pescata obliqua entro l'isobata di cento

Dai risultati è emerso che alcune specie, come Gennadas elegans e Catapaguroides timidus sembrano compiere il loro sviluppo nella stessa zona in cui sono stati catturati. I Macrura reptantia sono molto rari,

almeno per questa stagione, mentre è stato notata una buona presenza di Anomura, specialmente con i generi Pagurus, Anaparugus e Catapaguroides. Viene segnalata, inoltre, la presenza di forme larvali appartenenti alla specie n°3, descritte da Pike e Williamson (1960) nella baia di Napoli. Certamente questa ed altre considerazioni meglio si potranno approfondire, in futuro, quando sarà possibile avere a disposizione tutti i risultati di questa campagna e di quelle successive.

MATERIALI E METODI

Tecnica di prelievo

La raccolta dei campioni è stata effettuata mediante pescate oblique entro l'isobata dei cento metri. La tecnica della pescata è stata la seguente: un retino quadruplo è stato calato in mare filando circa 190 metri di cavo d'acciaio: quando l'inclinazione del cavo raggiungeva un angolo di circa 45°, il retino veniva salpato con una velocità tra 0,8 - 1 m/sec.. L'angolo ideale d'inclinazione del cavo è stato facilmente raggiunto poiché il retino è stato opportunamente zavorrato. I campioni sono stati posti in contenitori di plastica secondo le dimensioni della maglia, quindi è stata aggiunta formalina 4% neutralizzata con borace. Per quanto riguarda l'analisi dei campioni è stato utilizzato un microscopio stereoscopico Zeiss IV B ed un microscopio standard RA Zeiss.

Descrizione dei retini

I retini sono stati collocati entro una struttura rigida di acciaio inox, formata da un cerchio con diametro di cm. 143 posto in alto e da uno più piccolo posto in basso con diametro di cm. 93. A questi due cerchi sono stati collegati quattro tondini di acciaio inox 0 14 in modo da formare una struttura rigida con una lunghezza totale di cm. 250. Nel cerchio più grande sono stati inseriti quattro retini con apertura di maglia rispettivamente: 150, 195, 275, 325 p; le dimensioni di ogni singolo retino sono state quelle standard del WP-2. Il cerchio più piccolo è servito da alloggio ai collettori dei retini, i quali sono stati mantenuti in ordinato assetto da robusti elastici. Il peso totale di questa attrezzatura è risultato circa 30 kg.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Questo lavoro vuol costituire un contributo alla conoscenza della composizione faunistica delle larve dei Crostacei e Decapodi nell'area dello Stretto di Messina e nei mari ad esso adiacenti.

A tale scopo nel 1979 sono state effettuate quattro campagne stagionali con l'ausilio del M/P/R "Algesiro" dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina. Questo primo lavoro si riferisce alla campagna primaverile (fig. 1) mentre le altre saranno oggetto di ulteriori pubblicazioni.

I Decapodi costituiscono un gruppo rilevante di Crostacei sia per il gran numero delle specie, sia per il loro diverso habitat. Come è noto, la fase larvale si riscontra nel Plancton; in età post-larvale certe specie sono nectoniche e vivono su diversi substrati, principalmente in zone neritiche. Per quanto concerne il Plancton costiero, che comprende il maggior numero delle larve, lo studio dei modelli di distribuzione nel tempo e nello spazio ed i diversi stadi di accrescimento, potranno fornire dati di rilievo per comprendere meglio la biologia, l'ecologia e l'etologia delle differenti specie.

Nel cercare di compilare un primo elenco faunistico della zona, mi sono avvalso, per quanto concerne la sistematica dei lavori di Holthuis (1955), di Gurney (1942), di Bourdillon-Casanova (1960) e di Zarriquiev--Alvarez (1968). Lo studio delle larve dei decapodi riscontrate nel plancton è stato limitato ai sub-ordine dei Natantia, Macrura Reptantia ed Anomura. Per quanto concerne la distribuzione stagionale dei Natantia (divisi secondo Holthuis (1955) nelle famiglie dei Penaeidea, Caridea e Stenopoidea) come pure per lo sviluppo larvale, Kurian (1956) trovò in Adriatico le maggiori concentrazioni di larve di Solenocera membranacea da agosto a settembre ed in gennaio.

Lo sviluppo di queste specie non sembra essere del tutto noto: la fase naupliare si sconosce completamente, mentre la fase di protozea comprende tre stadi e quella di mysis due stadi (J.Heldt 1938; 1955; Kurian 1956). Di questa specie sono state raccolte due sole III protozoea, una nel mar Tirreno e l'altra nel mar Ionio. In questo ultimo è stato rinvenuto anche un II stadio di mysis. Gennadas elegans è stata segnalata in diversi punti del Mediterraneo da vari Autori. Heldt (1938) descrisse due stadi di protozoea (II e III) e quattro di mysis, mentre la fase di nauplius è totalmente sconosciuta. Lo Bianco (1909) riferì che detta specie è tipicamente abissale ed il suo sviluppo larvale avviene a piccole profondità, dove è possibile reperire larve a stadi giovanili, mentre allo stadio adulto scende nel suo habitat di profondità.

In seguito alle mie osservazioni, questa specie è risultata la più diffusa poiché rinvenuta in quasi tutti i punti di prelievo (ad eccezione delle stazioni 4, 5 e 6) con tutti i sei stadi di mysis e due fasi di protozoea (II e III).

Pure i Sergesti di appartengono alla sezione Penaeidea e sono tra le forme più primitive fra i Crostacei Decapodi. Kurian (1956) in Adriatico trovò lo stadio di elaphocaris di Sergestes robustus in in gennaio, di acanthosoma in febbraio, di mastigopus da febbraio a giugno, ad una profondità di -50 m.; Hansen (1922) trovò lo stadio di mastigopus al largo di Marsiglia e di Monaco ad una profondità tra i -850 m. e i -1000 m. Questa specie, con quasi tutti gli stadi di sviluppo, è stata da me trovata nelle stazioni 1, 2 e 3 situate lungo la costa siciliana del basso Tirreno, con una concentrazione massima nelle stazioni 2 e 3. Lo stesso si può dire per Sergestes arcticus in quanto rinvenuta sempre assieme a Sergestes robustus. Più raro, invece, S. corniculum, trovato soltanto nella stazione 2 con un solo esemplare al I stadio di acanthosoma. Guglielmo, Costanze, et al. (1973) nel riportare i Crostacei Decapodi spiaggiati lungo il litorale dello Stretto di Messina hanno osservato che S. arcticus sembra una specie meno comune tra i Sergestidi spiaggiati, mentre

S.corniculum costituisce un reperto nuovo per le acque dello Stretto di Messina.

La sezione Caridea comprende numerose famiglie; Thorson (1946) ha riassunto le osservazioni di vari Autori studiando il periodo di riproduzione di Pandalina brevirostris in primavera ed in estate. D.I. Williamson (1956) ha trovato nel periodo estivo nel mar d'Irlanda larve della stessa specie, come pure Gurney (1926, 1942) e Lebour (1931b, 1936a) hanno studiato lo sviluppo larvale e descritto i primi cinque stadi di zoea.

Nelle mie pescate Pandalina brevirostris è comparsa in numero non rilevante ma presente in quasi tutte le stazioni con una o due larve al massimo, e con stadi di sviluppo dal I al IV. Due esemplari di Acanthephyra purpurea appartenenti alla famiglia Hoplophoridea sono stati pescati pure nelle stazioni 1 (il IV stadio di mysis) e nella stazione 14 (il V stadio). Riggio (1905) ha segnalato per primo un maschio adulto proveniente da una pescata superficiale nello stretto di Messina.

Anche altre specie, come Porcellana platycheles e P.longirostris, Thoraius cranchii, Hyppolyte varians, Palemon elegans, Pontonia pinnophylax, sono state trovate in numero di 1 o 2 individui per campione ed a diverso stadio di sviluppo nelle stazioni 12, 13 e 14. Per quanto riguarda la famiglia degli Alpheidae, in particolare Athanas nitescens, si conoscono il periodo di riproduzione e le mute per i lavori di H.C. Williamson (1905).

Carli e Pessani (1973) hanno segnalato nelle acque delle isole Egadi una presenza numerosa di Alpheus macrocheles e A.glaber con tutti gli stadi larvali.

Dalle mie osservazioni, gli Alpheidi sono risultati rari per questa stagione e per queste acque, solo si è potuto osservare nella stazione 6 un V stadio di A.glaber e un primo stadio nella stazione 14; mentre per Athanas nitescens nella stazione 9 solo un IV stadio. Lo sviluppo larvale della famiglia Grangonidea è stato studiato da Lebour (1931b) che descrisse cinque stadi. Nelle mie pescate sono stati osservati pochi individui di cui tre larve di Crangon crangon (IV stadio) nelle stazioni 1, 7 e 9; tre larve di Pantophilus bispinosus (I, III e IV stadio) nelle stazioni 9, 11 e 14; una larva di P.trispinosus (V stadio) nella stazione 14; nelle stazioni 1 e 14 sono state pure trovate tre larve (I stadio) di Phillocheras sculpitus.

Dai campionamenti eseguiti in questa stagione, risulta che solo la specie Jaxea nocturna di cui è stata ritrovata una sola larva (II stadio) nella stazione 14, rappresenta i Macrura reptantia. Lo sviluppo larvale di questa specie è stato studiato da Caroli (1924) che descrisse sei stadi larvali, mentre la presenza nel plancton venne segnalata da Kurian (1956) in Adriatico che pescò le larve da aprile a dicembre; a Genova Issel (1922) in estate e Boraschi (1921) da aprile a maggio; a Napoli Caroli (1921) da aprile ad agosto e Cano (1891) da agosto ad ottobre.

La tribù Anomura è stata rappresentata dalle famiglie Galatheoidea e Paguridea. Lo sviluppo larvale delle Galatheoidee ed in particolare per

la specie Galathea strigosa e G.dispersa è stato conosciuto per i lavori di Lebour (1939 b). Queste specie sembrano poco numerose almeno per questa stagione, infatti, ho trovato solo due primi stadi G.strigosa nelle stazioni 1 e 12, mentre per G.dispersa è stata osservata anche qualche larva in più, nonché il II stadio nelle stazioni 1, 4, 12 e 14. Dechancé (1961) riportò la morfologia esterna e gli stadi larvali di Catapaguroides timidus. Di questa specie ho trovato tutti gli stadi larvali nella stazione 11 mentre nelle stazioni 1, 6 e 14 è risultato un buon numero di individui con una maggioranza di primi stadi. Bookhout (1972) descrisse lo sviluppo larvale di Pagurus alatus in laboratorio mentre nelle mie pescate, assieme ai numerosi individui di questa specie presenti nelle stazioni 1, 7, 11, 12 e 14, sono stati notati pure i primi tre stadi di sviluppo sempre per il genere Pagurus, nelle stazioni 1 e 9 ho rinvenuto P.anacoretus con il primo e secondo stadio e, nelle stesse stazioni, con i medesimi stadi, anche il genere Anapagurus con A.bicorniger. Nelle stazioni 1, 7 e 14 ho ritrovato ancora lo stesso genere con la specie A.chiroachantus, con il primo e secondo stadio. Pike e Williamson (1960), studiando il plancton della baia di Napoli, determinarono le chiavi analitiche per il riconoscimento degli stadi di zoea della specie mediterranea di Paguridea, descrivendo per la prima volta tre forme larvali di cui ancora non è stato attribuito il genere. Serridji (1968) segnalò la specie n°3 nella baia di Algeri e Ihiot (1964) la segnalò a Bonyulus-SUR-MER.

Anche nel plancton proveniente dall'area da me studiata, sono state individuate queste forme tipiche. Una prima zoea della specie n°3 nella stazione 1 nel basso Tirreno e nella stazione 11 del mar Ionio . In quest'ultimo, e precisamente nella stazione 14, è stata osservata una seconda zoea della stessa specie. Forme queste, segnalate e pescate al largo del Portogallo, dal golfo di Guascogna e dal NW dell ' Irlanda, da Pike e Williamson (1960).

TABELLA 1

Località	n°indiv.	n°staz	n"sp.pres
Basso Tirreno	142	6	20
Stretto di Messina	26	2	11
Alto Ionio	102	4	25

CONSIDERAZIONI E RISULTATI

In base ai risultati ottenuti in questa prima campagna di studio si possono ricavare le seguenti considerazioni:

1. nelle tre aree prese in esame, basso Tirreno, Stretto di Messina ed alto Ionio, vi sono delle diversità nella distribuzione delle larve dei Crostacei Decapodi. Questo fatto potrebbe trovare riscontro nelle diverse caratteristiche chimico-fisiche delle acque come si evince da quanto noto in letteratura. La composizione chimico-fisica delle acque del basso Tirreno differisce da quella dello Ionio per i valori medi di temperatura, salinità, densità (Magazzù e Cavallaro, 1972), con temperature medie più alte nel basso Tirreno (Magazzù e Andreoli, 1971). In particolare periodi dell'anno lo scarto di temperatura può raggiungere i due gradi, viceversa i valori di salinità sono mediamente maggiori nell'Alto Ionio. Tali differenze influiscono sui valori di densità, specialmente a medie profondità. Una situazione intermedia risulta, invece, per lo Stretto di Messina in cui le acque dei due mari confluiscono ad intervalli di circa sei ore, con le correnti montante e scendente, intese la prima da sud verso nord, la seconda da nord verso sud. Tale mescolamento (Bossolasco e Dagnino, 1957, 1959) si estende lungo una vasta area delle coste calabre. Ciò giustifica assieme ad altre considerazioni (Creazzo, 1980) di natura correntometrica (gradiente, deriva e marea) la confluenza di acque nelle stazioni 4, 5 e 6, quindi il particolare stato di turbulenza riscontrato.
2. nei prelievi eseguiti lungo le coste calabre del mar Tirreno (stazioni 4, 5 e 6) la presenza delle larve è risultata inconsistente, poiché nella stazione 4 sono state pescate quattro larve, nella stazione 5 nessuna, mentre nella stazione 6 appena sette. Carli e Pessani (1973), analizzando i vari parametri capaci di dare indicazioni sul reperimento delle larve, riferiscono che questi variano di volta in volta. Tuttavia, si possono distinguere fattori positivi e negativi. Tra i fattori negativi, che sembrano giustificare il mancato reperimento di larve nella suddetta zona, si potrebbero elencare: l'ora di prelievo mattutina, la forte luce solare e, non ultimo, il complicato regime di corrente riscontrato che potrebbe causare fenomeni di dispersione delle larve.
3 confrontando il numero delle specie presenti con le pescate effettuate, sembra evidenziarsi, per la fascia costiera del mar Ionio, un incremento di specie rispetto alle altre. Infatti sono state effettuate quattro pescate, due lungo la costa calabra e le rimanenti lungo quella siciliana, con parametri comuni (cielo sereno, temperatura sul fondo di circa 14°C, temperatura superficiale compresa tra 14,20 e 14,50 gradi centigradi, fondo misto a rocce e sabbia, forte luce solare, presenza di cibo abbondante come fitoplancton Copepodi ed altri zooplanctonti). Dai prelievi eseguiti risultano sempre presenti le specie appartenenti a Gennadas elegans, Pandalina brevirostris, Processa edulis, mentre soltanto per il mar Ionio si segnala la presenza di Thoralus cranchii, Jaxea nocturna, Palaemon elegans e Pontonia pinnophylax, come pure Athanas nitescens

per lo Stretto e Sergestes corniculum per il Tirreno. Inoltre sembra che si possa confermare quanto riferito da Carli e Pessani (1973), cioè che esistono zone preferenziali dove è possibile riscontrare molti individui appartenenti a stadi diversi e dove fattori ambientali combinati tra loro contribuiscono a rendere favorevole lo sviluppo di questi animali. Inoltre la presenza di tutti i quattro stadi di Zoea di Catapaguroides timidus (staz. 11) potrebbe indicare il probabile sviluppo nello stesso habitat presunto per l'adulto.

BIBLIOGRAFIA

BOOKHOUT C.C., 1972 - Larval development of hermit crab Pagurus alatus reared in the laboratory, Crustaceana Suppl. 22, 215-238.

BORSCHI L., 1921 - Osservazioni sulle larve dei Crostacei Decapodi Brachiuri ed Anomuri. Mem.Reg. Com. Talassogr. Ital. 87, 1-32.

BOSSOLASCO M. DAGNINO I., 1957 - Sulla turbolenza delle correnti marine nello stretto di Messina. Geofis. Pura e Appl. Milano Vol. 37, 318-324.

BOSSOLASCO M., DAGNINO I., 1959/III - La diffusione delle acque ioniche nel Tirreno attraverso lo stretto di Messina. Geofis. Pura e Appl. Milano Vol. 44, 168-178.

BOURDILLON-CASANOVA, 1960 - Le Meroplancton du Golfe de Marseille: les larves de Crustaces Decapodes. Rec.Trav. Stn. Mar. Endoume, 30, 7-286.

CANO G., 1981c - Sviluppo post-embrionale delle Gebia, Axius, Cal1ianassa e Calliaxis. Morfologia dei Thalassionidi. Boll.Soc.nat. Napoli, 5, 5-30.

CARLI A. PESSANI D. , 1973 - Studio delle larve di Crostacei Decapodi (Natantia e Reptantia) raccolte durante la campagna di pesca del giungo 1968 alle isole Egadi (Sicilia). Boll.Pesca Piscic. Idrobiol. 28, 317-337.

CAROLI E., 1921 - Talassinidi nuovi o rari del Golfo di Napoli. Pubbl.Staz. Zool. Napoli. 3, 253-274.

CAROLI E., 1921c - Sullo sviluppo larvale dei Crostacei Decapodi. Rend.Union. Zool.Ital.Trieste, 16-18 in: Monit.Zool.Ital. Firenze, 32, 12.

CAROLI E., 1924 - Sviluppo larvale e primo stadio post-larvale della Jaxea nocturna, Nardo. Pubbl.Staz.Zool. Napoli, 5, 153-197.

CREAZZO S. , 1979 - Nota sulla distribuzione delle correnti di gradiente del basso Tirreno. Att.Soc.Tose.Sci.Nat.Mem.ser. P, 86, suppl. 398 -401.

DECHANCE M., 1961 - Sur la morphologie exsterne des larves de Pagurides. I Catapaguroides timidus, Crustaceana, Suppl. 2, 53-67.

GUGLIELMO L. COSTANZO G. BERDAR A., 1973- ulteriore contributo alla conoscenza dei Crostacei spiaggiati lungo il litorale Messinese dello Stretto. Atti. Soc. Peloritana,Scienze, Fis.Mat. e Nat. III/IV, 129-156.

GURNEY R. , 1926 - The protozoeal stage in decapod development. Ann.Mag. nat.Hist., 18, 19-27.

HANSEN H.J.,1922 - Crustaces Decapodes (Sergestides) provenant des campagnes des yachts "Hirondelle" et "Princesse Alice" (1885-1915). Res. Camp. sci.Pr.Monaco, 64, 232 p.

HELDT J.M.,1939 - La reproduction chez les Crustaces Decapodes de la fami Ile des Pénéides. Ann. Inst.océanogr.18, 31-206.

HELDT J.M.,1955 - Contribution a 1'étude de la biologie des Crevettes Pénéides. Forme larvaires de Solenocera membranacea (H.M. - Edw.). Bui 1 .Staz.océanogr.Saiammbò, 51, 29-56.

HOLTHUIS L.B.,1955 - The Recent genera of the Caridean and Stenopodidean shrimps (class Crustacea, Order Decapoda, Supersection Natantia) with keys for their determination. Zool.Verhand. Leiden, 26, 157 p.

ISSEL R.,1922 - Nuove indagini sul plancton nelle acque di Rovigno. Mem. Comit.Talass.Ital..102, 36 p.

KURIAN C.,1956 - Larvae of Decapod Crostacea from the Adriatic Sea, Acta Adriat. 6, 3-108.

LEBOUR M.V.,1930b - The larvae of the Plymouth Galatheidae. I: Munida banffica, Galathea strigosa and Galathea dispersa. J.Mar.Bio1.Ass.U.K.17, 175-187.

LEBOUR M.V.,1931b - Notes on the species of Spirontocaris.Proc. Zool. Soc. London. 89-104.

LO BIANCO S.,1909 - Notizie biologiche riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del Golfo di Napoli. Mitt.Zool. Staz. Neapel.19, 513-763.

MAGAZZU1 G. e Andreoli C.,1971 - Trasferimenti fitoplanctonici attraverso lo Stretto di Messina in relazioni alle condizioni idrologiche. Boll.Pesca Piscic.Idrobiol. 26, 125-193.

MAGAZZU1 G. e CAVALLARO G.,1972 - Contributo alla conoscenza delle condizioni idrologiche e della produzione primaria nelle acque costiere dell'alto Jonio. Mem. Biol .Mar.Ocean.2, 99-118.

PIKE R.B. e WILLIAMSON D.I.,1960 - Larvae of Decapod Crustacea of the families Diogenidae and Paruriadae from the Bay of Naples. Pubbl.Staz.zool. Napoli, 31, 493-552.

RIGGIO G.,1905 - Contributo alla carcinologia del Mediterraneo. I Nota sopra alquanti Crostacei del mare di Messina. Nat.Sicil.17, 93-96, 117-120, 134-140, 179-186, 208-216, 237-242, 254-263, 274-287.

SERIDJI R.,1968 - Note préliminaire sur la repatition des larves de Crustacés Décapodes en Baie d'Alger, Pelagos, 10, 91-107.

IHIRIOT A.,1974 - Larves de Décapodes Macrura et Anomura, especes europeennes; Caractéres morphologiques et observations écologiques. Thalassia jugoslavica, 10, 341-378.

THORSON G.,1946 - Reproduction and larvai development of Danish marine bottom invertebrates. Medd.Kom.Danmarks.Fisk.Hav.ser.Plankton, 4, 523 p.

WILLIAMSON D. I. ,1956 - The plankton in the Irish Sea, 1951 and 1952. Bull. mar.Ecolg., 4, 87-114.

WILLIAMSON H.C.,1915 - Decapoden. I teil (Larven). Nordisches Plankton, 3, 315-588.

ZARIQUIEY ALVAREZ R. ,1968 - Crustaceos Decapodos Ibericos. Inv.Pesq. 32, 1-499.

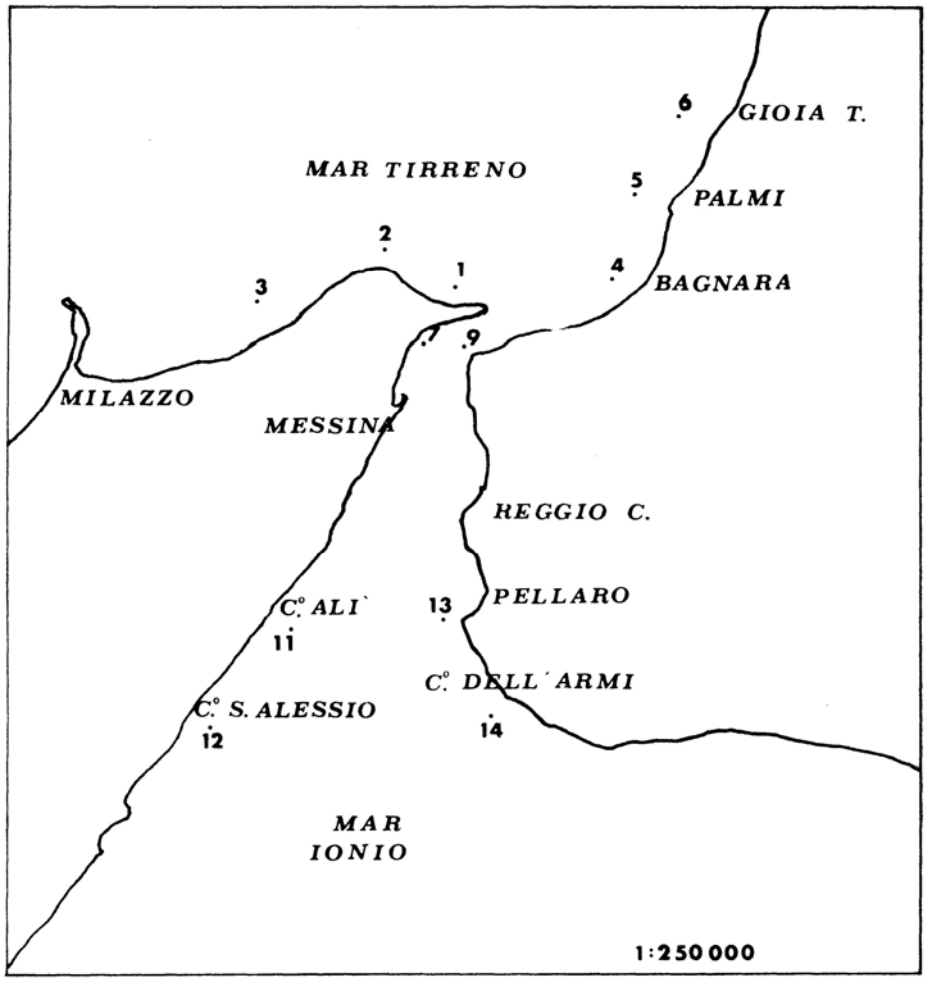


Fig. 1 - Distribuzione dei punti di prelievo

ASPETTI STAGIONALI DELLO ZOOPLANCTON LUNGO LE COSTE LIGURI (*)

T.ZUNINI SERTORIO, P.SALEMI PICONE, N.DELLA CROCE

Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura,
Università di Genova

RIASSUNTO

Le indagini sul plancton delle acque costiere e d'altura del Mar Ligure hanno interessato diversi e molteplici aspetti della struttura e del popolamento zooplanctonico, ma solo da alcuni anni stanno affrontando il problema della produzione (Della Croce et al. 1980). Un aspetto con cui si cerca di giungere ad una valutazione globale della produzione delle acque della platea continentale ligure consiste nel saggiare stagionalmente in diverse località i pigmenti clorofilliani, i sali nutritivi e la biomassa planctonica. Tale aspetto trova valido supporto, su piccola scala, in una indagine continuativa condotta per due anni sulle stazioni pilota di Chi avari (Della Croce et al. 1979, 1980; Bogliolo et al. 1979). Nel quadro della valutazione globale, si deve premettere che le osservazioni stagionali su larga scala costituiscono visioni "istantanee" di un processo che viene seguito in continuo (quindicinalmente) nella predetta area pilota. Nel presente lavoro si espongono i risultati dell'indagine zooplanctonica relativa a due dei quattro momenti stagionali di questo aspetto della ricerca sulla produzione; i dati di parametri ambientali e pigmenti clorofilliani vengono trattati a parte (Fabiano 1980).

SUMMARY

Zooplankton samples collected in shore and off-shore over the Continental shelf on 8 stations along the Ligurian coast have been studied. These stations, located over four transects (Alassio, Savona, Chiavari and Corniglia), have been visited up to now twice, in spring and autumn, and the sampling has been carried out with the same methodology used at the pilot stations (Chiavari) which were visited fortnightly for two years. The zooplankton composition, at surface, in and off-shore, presented a certain degree of uniformity; density variations of the main components along each transect ranged within those found for the same seasons in the pilot area. Spring biomass was lower in off than in-shore waters, where

(*) Contratto C.N.R. n°.79.01410. n°.79.01433

Contratto C.N.R. 88/115 0907 88/115 0907

Contributo del "Gruppo Ricerca Oceanologica. Genova".

high dry weight values were partially due to inorganic detritus and invertebrate skeletrons.

METODICHE

I campionamenti sono stati effettuati in primavera (14/5 - 2/6, 1977) ed in autunno (14-22/10, 1978) su otto stazioni distribuite su quattro trasversali disposte lungo l'arco costiero in corrispondenza di Alassio, Savona, Chiavari e Corniglia (Fig. 1).

Come nella zona pilota di Chiavari, su ognuna delle quattro trasversali è stata fissata una stazione sulla batimetria di 50 metri (stazione costiera o interna) ed una su fondali di poco superiori ai 200 metri (stazione del largo o esterna).

I saggi di plancton sono stati prelevati in superficie sulle stazioni costiere; in superficie e sulla colonna d'acqua 0-200 m su quelle del largo. Il campionamento è stato effettuato mediante retino internazionale WP 2 (Unesco 1968) con maglie di 200 u di apertura, munito di flussometro; ogni prelievo consisteva in due pescate successive, una per l'esame ponderale e l'altra per il conteggio degli organismi (°). Tutti i campioni sono stati conservati in formalina al 4%.

La determinazione ponderale, effettuata secondo i metodi consigliati da Lovegrove (1966), è stata eseguita almeno due mesi dopo la raccolta. Gli organismi sono stati conteggiati in subcampioni noti, prelevati dopo accurata omogenizzazione del saggio portato a volume costante. I valori sono riportati al metro cubo.

Composizioni del popolamento

Lo studio dei dati dei singoli campioni superficiali ed il confronto tra quelli dei campioni prelevati in costa e al largo ha messo in evidenza che, dal punto quantitativo, la componente prevalente è quella dei Copepodi, ma in diversa quantità in maggio (65,8-65,7 %) ed in ottobre (41,3-39,3%). All'interno di tale gruppo, dove alcune forme sostituiscono altre nei due momenti stagionali, la struttura di base risulta caratterizzata da generi che appaiono essere i più rappresentativi sia in costa che al largo, con differenze più o meno marcate a livello delle singole stazioni. Tali condizioni si ritrovano anche prendendo in esame le altre componenti (Tab. 1).

Il quadro suggerisce una struttura piuttosto uniforme dello zooplancton di superficie sulla batimetria dei 50 m e su quella dei 200 m, nei momenti presi in osservazione.

(°) Solo in maggio il campione per l'esame ponderale è stato preso in doppio ed i risultati sono la media dei due prelievi successivi.

Biomassa zooplanctonica

Dall'esame dei valori di biomassa medi tra le stazioni interne e medi tra quelle esterne si osserva che nelle acque di superficie, in maggio, la biomassa è maggiore vicino a costa (Tab. 2); in particolare il peso secco è quasi doppio (24.42 mg/mc) e la sostanza organica quasi tripla (15.82 mg/mc) rispetto alla zona del largo (rispettivamente 13.32 e 5.61 mg/mc). Per contro, se si confrontano i dati delle singole trasversali, a Chiavari si trova maggior peso secco al largo ed a Corniglia simili quantità di sostanza organica al largo ed in costa, mentre a Savona e ad Alassio sia il peso secco che la sostanza organica risultano decisamente più bassi al largo (Fig. 1).

Questi dati mostrano pertanto che le maggiori differenze interessano le stazioni del largo. E1 interessante rilevare che a Corniglia il contenuto in sostanza organica rispetto al peso secco è notevolmente ridotto in costa, mentre al largo peso secco e sostanza organica si equivalgono. L'elevato contenuto di materiale inorganico in questa zona, in costa, può essere dovuto, oltre che ad apporti terrigeni, alla cospicua presenza di resti scheletrici, soprattutto Radiolari (*). Tale situazione si ritrova in diverso grado anche negli altri campioni costieri (Tab. 3).

In ottobre la biomassa è molto scarsa. In costa i valori medi di peso secco e quelli di sostanza organica tra le quattro stazioni si riducono a meno di un decimo dei rispettivi valori primaverili e differiscono poco da quelli del largo dove la diminuzione tra i valori medi primaverili e quelli autunnali è meno accentuata (Tab. 2)

Sulla colonna d'acqua 0-200 m i pesi della sostanza organica sono compresi tra 2.45 e 5.05 mg/mc in maggio e tra 0.80 e 2.02 mg/mc in ottobre.

Le osservazioni condotte sulle stazioni pilota di Chiavari mettono in evidenza come nelle acque di superficie la quantità di sostanza organica giunga ai massimi valori in maggio e in giugno, e si avvicini in ottobre ai minimi annuali. In questi due momenti stagionali i valori della situazione istantanea colta sulle quattro trasversali sono stati messi a confronto con quelli della zona pilota (**). A tale scopo le quantità per metro cubo riscontrate nelle stazioni interna ed esterna di ciascuna delle quattro radiali sono state mediate ed assunte come espressione della ricchezza della zona; uguale procedimento è stato seguito per la zona pilota.

(*) Tutti i campioni costieri, ed a Chiavari anche quello del largo, contenevano mucillagine che riduceva il potere filtrante della rete e tratteneva grandi quantità di materiale.

(**) I valori mensili della zona pilota rappresentano la media dei dati dei campionamenti effettuati quindicinalmente durante un anno

(Ottobre 1977 - Ottobre 1978).

II fatto che i valori di sostanza organica delle quattro trasversali trovino rispondenza in quelli ottenuti nella zona campione nei rispettivi momenti stagionali avvalora l'idea che la sostanza organica presente in superficie nelle quattro zone in esame rispecchi a grandi linee l'andamento del ciclo di produzione delineato nella zona pilota (Fig. 2).

Questo risultato trova inoltre conferma di massima nelle densità per metro cubo delle principali forme del popolamento zooplanctonico nella zona pilota e, nelle quattro trasversali, negli stessi momenti stagionali. Rispetto alle situazioni osservate per Paracalanus, Centropages, Clausocalanus e Appendi cui ari e singolare appare quella dei Cladoceri (Fig. 3 e Fig. 4). Al riguardo si deve osservare che in maggio nelle acque superficiali delle due stazioni di levante si è trovata una temperatura maggiore di oltre 2°C rispetto a quella delle due stazioni di ponente, e ancora che la temperatura è uno degli elementi scatenanti il loro processo riproduttivo, sempre caratterizzato da esplosioni di popolazione.

Anche sulla colonna d'acqua si ritrova, riguardo alla sostanza organica, corrispondenza tra le quantità registrate in maggio ed in ottobre sulle stazioni fisse e sulle radiali.

CONCLUSIONI

Limitatamente alle osservazioni sino ad oggi condotte lungo l'arco costiero si può dedurre:

- un certo grado di uniformità nella composizione dello zooplancton di superficie nell'ambito della platea continentale a partire dalla batimetrica dei 50 metri verso il largo, nei momenti stagionali considerati.
- Le variazioni di densità per metro cubo delle forme più rappresentative lungo l'arco ligure rispecchiano di massima le variazioni di tali forme nella zona pilota;
- una più elevata produzione nella zona costiera rispetto a quella del largo;
- l'andamento del ciclo della biomassa nella zona pilota trova di massima corrispondenza nelle "istantanee" lungo l'arco ligure, riconfermando un certo grado di uniformità nella acque della platea continentale;
- il valore di biomassa, quando espressa come peso secco e come sostanza organica particolata, lascia vedere la presenza di una variabile entità di apporti terrigeni.

BIBLIOGRAFIA

BOGLIOLO A., CEVASCO G. , DELLA CROCE N. , ZUNINI SERTORIO T. , 1979 --Composizione qualitativa e quantitativa dello zooplancton. (Chiavari): Ottobre 1977 - Ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic. Univ.Genova, Rapp.Tecn., 9, 1-14.

DELLA CROCE N., FABIANO M., ZUNINI SERTORIO T., 1979 - Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chi avari): Ottobre 1977 -Ottobre 1978. Catt. Idrob.Pescic.Univ.Genova, Rapp.Tecn., 8, 1-14.

DELLA CROCE N. , FABIANO M., ZUNINI SERTORIO T. , 1980. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chi avari): Ottobre 1978-Ottobre 1979. Catt.Idrob.Pescic. Univ.Genova, Rapp.Tecn., 11, 1-14.

DELLA CROCE N., ZUNINI SERTORIO T., 1980 - Production studies on the Ligurian continental shelf. Rapp.Proc.Verb.Reun.Comm.int.Explor. Scient.Mer Médit. (In stampa).

FABIANO M., 1980 - Caratteristiche ambientali e pigmenti clorofilliani in aree costiere liguri (Maggio 1977 e Ottobre 1978). Atti IV Congresso A.I.0.L. (In stampa).

LOVEGROVE T. , 1966 - The determination of the dry weight of plancton and the effect of various factors on the values obtained. In: "Some contemporary studies in Marine Sciences" H.Barnes,Ed.), 429-467. George Allen and Unwin Itd., London.

UNESCO, 1968 - Zooplancton sampling. Monog.Oceanog.Method., 2, 1-174.

TABELLA 1

Struttura media del popolamento a Copepodi (A) e dello zooplancton (B), in costa ed al largo, nelle acque superficiali della platea continentale ligure (maggio e ottobre).

	MAGGIO			OTTOBRE		
	Stazioni			Stazioni		
	in costa	al largo		in costa	al largo	
A						
Paracalanus	62.6%	79.0%		Paracalanus	59.2%	53.7%
Centropages	23.5	6.2		Temora	10.2	12.0
Acartia	4.0	1.8		Clausocalanus	8.8	8.8
Oithona	3.4	3.9		Centropages	7.7	8.2
B						
Copepodi	65.8%	65.7%		Copepodi	41.3%	39.3%
Cladoceri	14.5	13.1		Cladoceri	22.9	9.3
Appendicolarie	10.2	5.1		Appendicolarie	16.7	21.4
Meroplancton	4.9	2.5		Chetognati	4.8	3.6

TABELLA 2

Biomassa planctonica espressa in peso ed in numero di organismi come valore medio tra le stazioni di Alassio, Savona, Chiavari e Corniglia (maggio e ottobre).

MAGGIO 1977	P.SECCO mg/mc	SOST.ORG. mg/mc	ZOOPLANCTON N°/mc	COPEPODI N°/mc
Superficie				
in costa	24.42	15.82	1523	1003
al largo	13.32	5.61	1461	960
0 - 200 m	5.61	3.96	603	424
OTTOBRE 1978				
Superficie				
in costa	1.69	1.51	390	183
al largo	2.30	1.91	240	115
0 - 200 m	1.79	1.40	355	241

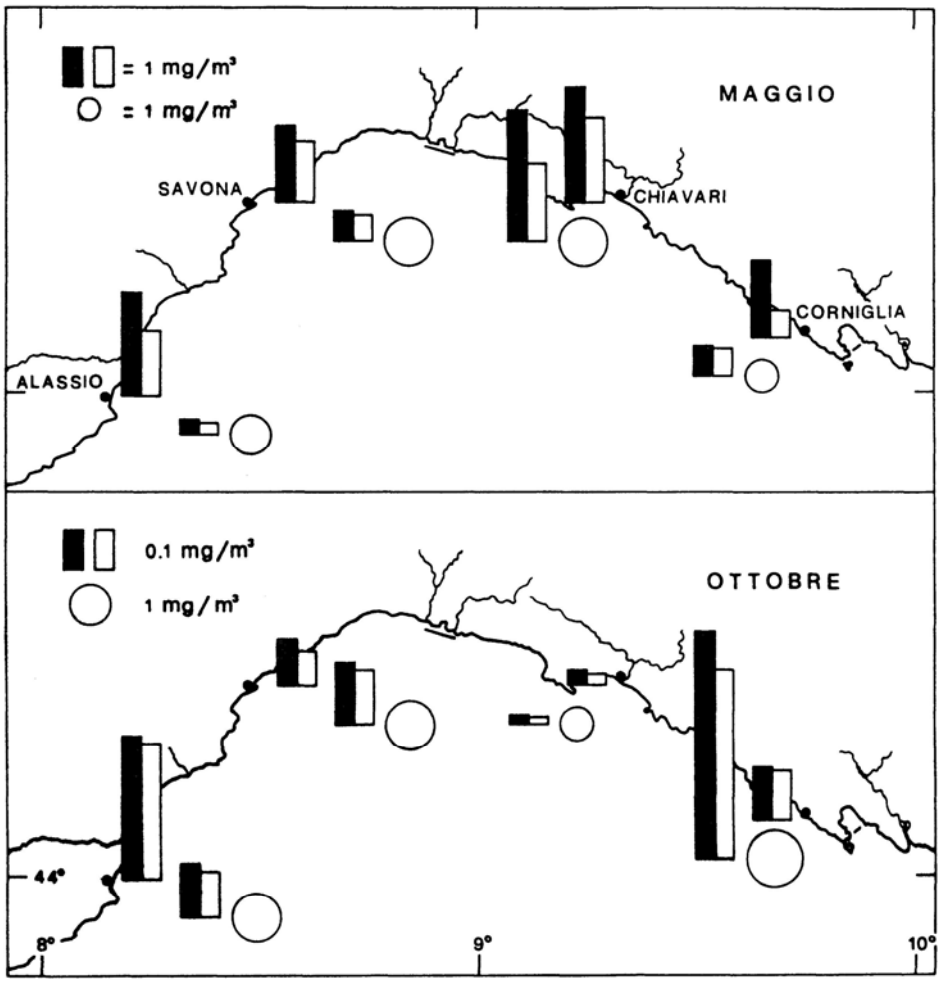


Fig. 1 Biomassa planctonica espressa in peso secco (nero) e sostanza organica (bianco) in superficie (istogrammi) e sulla colonna d'acqua 0-200 m (cerchi con superficie proporzionale alla quantità).

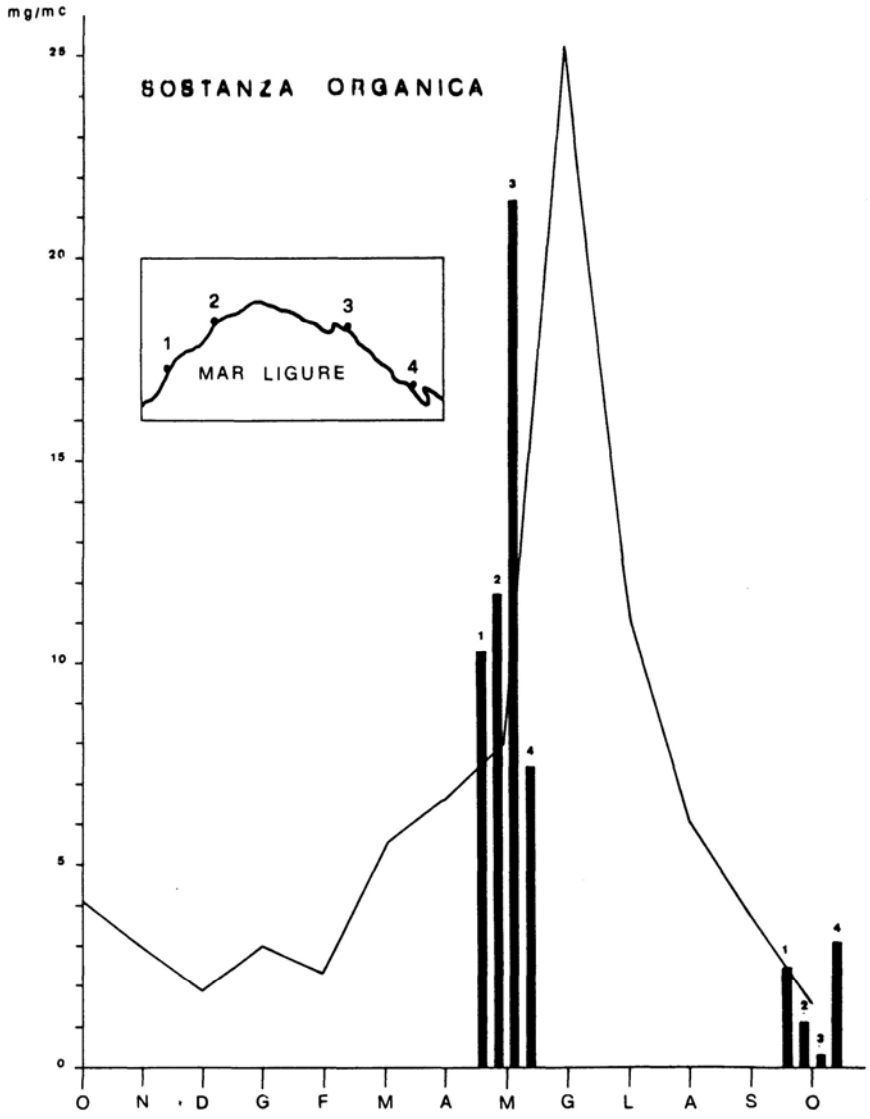
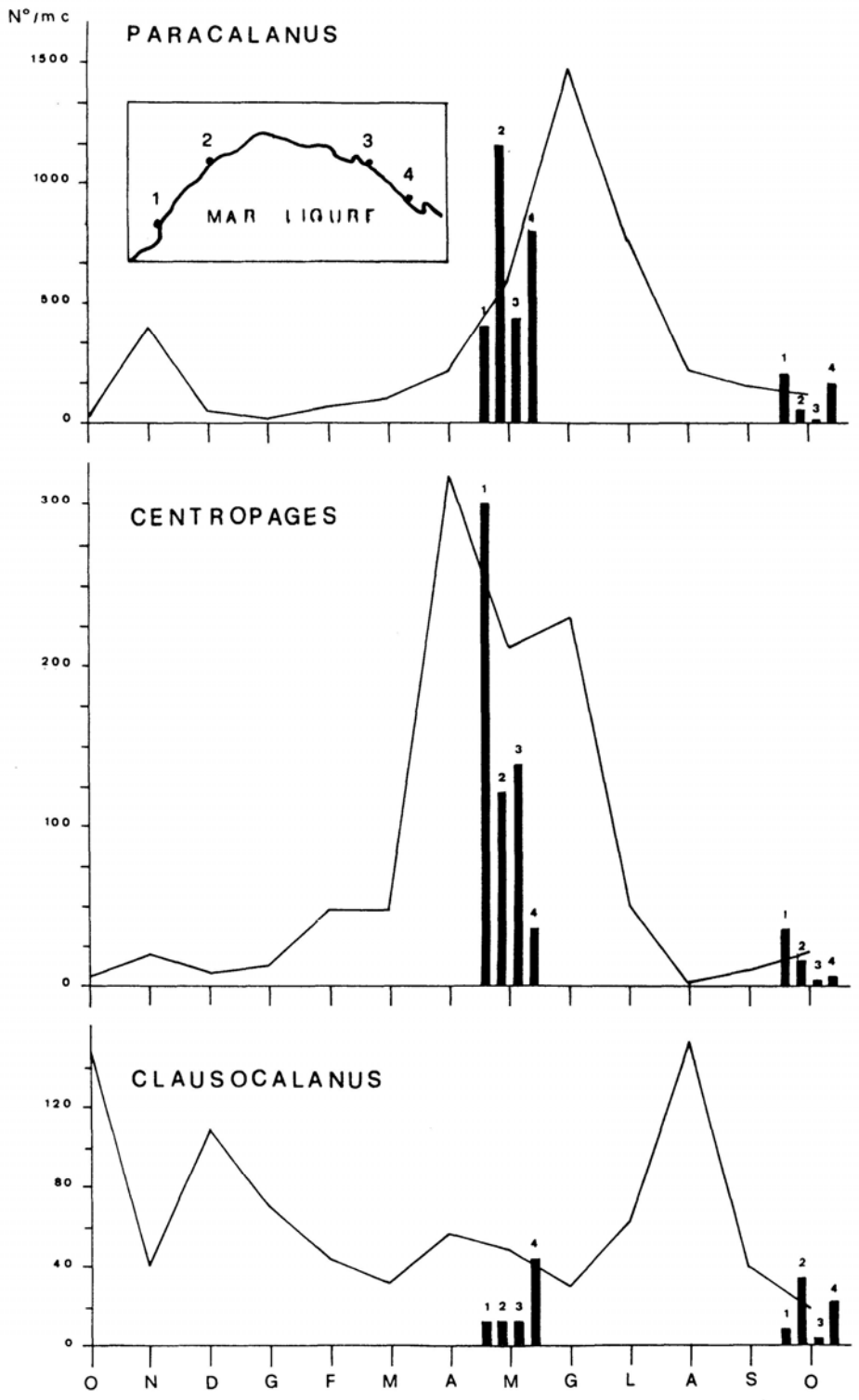


Fig. 2 Variazione annuale della sostanza organica nella zona pilota e quantità sulle quattro trasversali (istogrammi) in maggio ed in ottobre.



. 3 Variazione annuale dei Copepodi più rappresentativi nella zo
pilota e quantità sulle quattro trasversali (istogrammi)
maggio ed in ottobre.

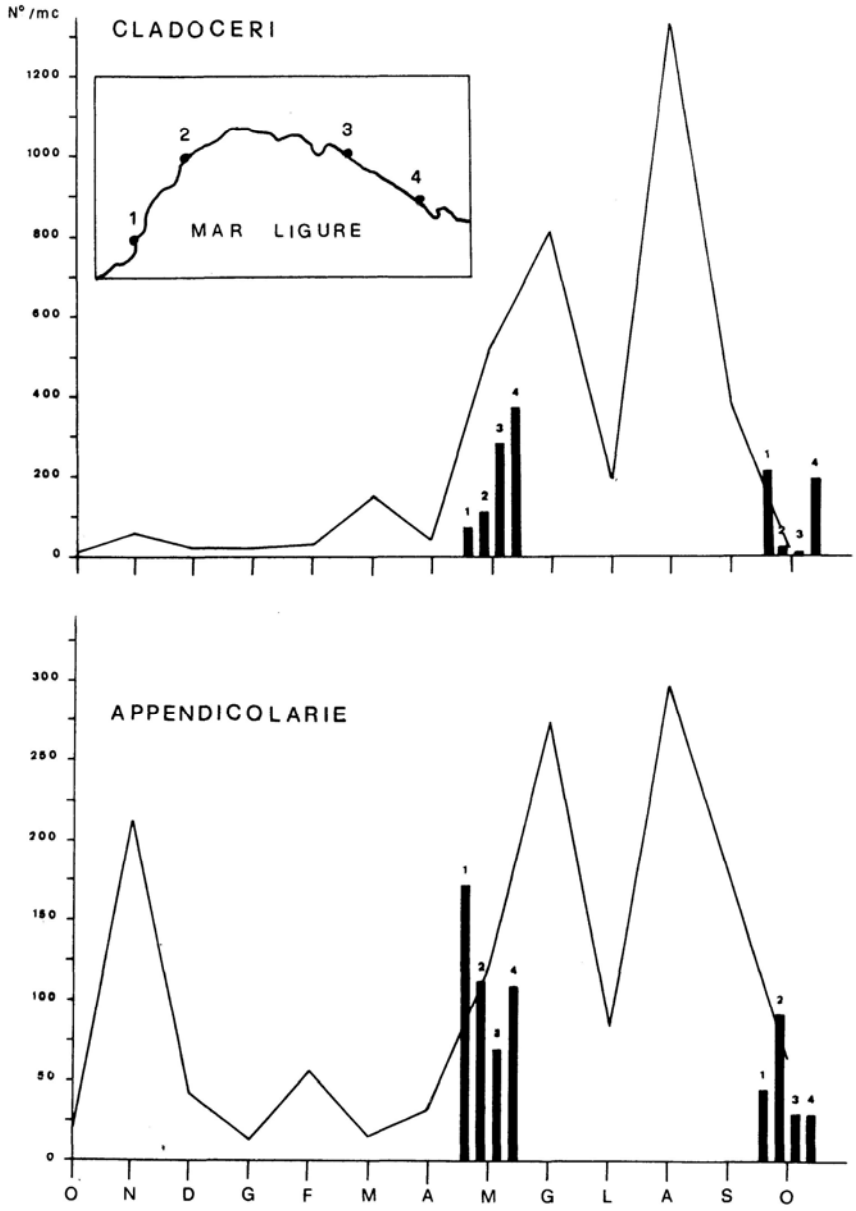


Fig. 4 Variazione annuale delle forme zooplanctoniche più rappresentative nella zona pilota e quantità sulle quattro trasversali (istogrammi) in maggio ed in ottobre.

Tabella 3 - Valori di biomassa planctonica espressa in peso (mg/mc) nelle stazioni delle quattro trasversali, in superficie e sulla colonna d'acqua 0 - 200 m.

Località	ALASSIO			SAVONA			CHIAVARI			CORNIGLIA		
Stazione	in costa	al largo		in costa	al largo		in costa	al largo		in costa	al largo	
Campione	superf.	superf.	vertic.	superf.	superf.	vertic.	superf.	superf.	vertic.	superf.	superf.	vertic.
MAGGIO 1977												
Data	18/5	18/5	18/5	14/5	15/5	15/5	27/5	26/5	26/5	2/6	1/6	1/6
Ora di prelievo	1445	1330	1145	1302	1815	1455	1030	1425	1250	1222	1845	1705
mc filtrati	152.95	208.97	50.00*	181.29	137.78	50.00*	76.13	93.56	50.00*	171.71	177.31	50.00*
Peso secco	27.19	3.51	3.67	20.05	7.88	7.36	29.97	33.51	8.30	20.47	8.41	3.11
Sost.organica **	17.47	3.13	3.39	16.44	7.00	5.05	22.45	20.43	4.96	6.90	7.86	2.45
OTTOBRE 1978												
Data	17/10	17/10	17/10	18/10	18/10	18/10	22/10	22/10	22/10	14/10	14/10	14/10
Ora di prelievo	1245	1135	1110	1519	0900	0810	1140	1005	0945	1231	1736	1620
mc filtrati	233.55	149.25	50.00*	201.47	177.26	50.00*	133.58	140.95	50.00*	161.58	149.45	50.00*
Peso secco	3.73	1.39	1.83	1.20	1.63	1.61	0.39	0.25	1.09	1.43	5.95	2.61
Sost.organica **	3.50	1.20	1.44	0.94	1.35	1.34	0.32	0.17	0.80	1.27	4.91	2.02

* Si considerano filtrati teoricamente 50 mc dato che l'inclinazione del cavo è sempre stata inferiore a 10°.
**Ottenuta per differenza tra il peso secco ed il peso delle ceneri (Lovegrove, 1966).

ETUDE GRANULOMETRIQUE ET GEOCHIMIQUE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS DU LAC MAJEUR

M.VIEL (*), V.DAMIANI (**), S.DE ROSA (**)

(*) Laboratoire de Géologie de l'Université de Genéve
(**) Istituto G. Donegani, Centro di Ricerche, Napoli

INTRODUCTION

Depuis quelques années, de nombreuses études menées sur les sédiments superficiels et leur teneur en métaux lourds, en milieu marin, fluviatile et estuarien, ont permis de localiser et de definir l'ampleur des principales pollutions qui affectaient ces milieux.

Le sédiment est le lieu idéal où se transforme la matière organique et où se fixent les éléments traces, et bien que les phénomènes de remobilisation et de relibération dans 1'eau de certains éléments (mercure, phosphore, etc) puissent être importants et non négligeables, l'étude géochimique d'un sédiment reste une étape essentielle de l'étude de la pollution et des équilibres géochimiques au sein des milieux aqueux.

Si la faune, la flore, l'hydrologie et 1'hydrochimie du lac Majeur sont bien étudiées, les sédiments du lac ont fait l'objet de quelques études limitées aux bassins méridional et de Pallanza (Damiani, 1972; Damiani, 1974; Damiani et Thomas, 1974; Gommes et Muntau, 1975).

Notre campagne, réalisée en avril 1978, est conduite sur l'ensemble du lac. L'étude des sédiments superficiels du lac Majeur pousuit deux buts principaux :

1) Definir la dynamique et les caractéristiques sédimentologiques des dépôts dans ce lac, en se basant sur la granulometrie et la pétrographie des sédiments récoltés.

2) Donner une image qui soit la plus exacte possible de l'état trophique du lac et de l'ampleur de la pollution métallique.

Cadre Geographique et Geologique

Le lac Majeur est caractérisé par un bassin très allongé selon une direction Nord-Sud (65 km) et une profondeur importante (profondeur moyenne : 177 m; profondeur maximum: 370 m).

Son bassin versant couvre 6'599 km^2 de zone montagneuse. Le relief jeune du bassin explique le régime torrentiel de la pluplart de ses affluents. La Maggia, le Ticino et le Toce sont les affluents les plus importants, et leurs bassins hydrographiques couvrent à eux seuls 65% du bassin total.

La geologie de la région du lac Majeur est complexe. Le bassin versant est fortement tectonisé et sa presque totalité est de nature métamorphique et cristalline; il recoupe 4 unités tectoniques, du Nord au Sud: le massif du Gothard (zone helvétique), la zone pennique, la zone austro-alpine et les Aples méridionales; dans ce dernier ensemble s'insèrent les Aples calcaires méridionales (rive gauche du lac, au Sud de Luino). A l'extrémité Sud du bassin versant, la dépression molassique est comblée en grande partie par les terrains quaternaires.

PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSES

Prélèvements

126 échantillons de sédiments superficiels ont été récoltés a l'aide d'une benne SHIPEX et seuls les premiers centimètres (1 à 3 cm) ont été prélevés (Fig. 1).

La zone littorale, souvent réduite (surtout au Nord de la ligne Intra-Laveno) et le talus n'ont pas été échantillonnés, à l'exception de la zone littorale située au Sud d'Angera.

Ainsi, notre campagne couvre essentiellement la plaine du bassin méridional et celles des bassins de Locarno, de Ghiffa et de Pallanza.

Méthodes d'analyses granulométrique et chimique

Granulometrie: tamisage et compteur-Coulter

L'échelle granulométrique choisie est celle définie par Wentworth (1922), où les graviers ont des diamètres supérieurs à 2000 µ et les sables des diamètres compris entre 63 µ et 2000 µ; les silts correspondent aux particules d'un diamètre variant de 4 µ a 63 µ et les argiles ont une taille inférieure a 4 µ.

Le sédiment est fractionné par tamisage jusqu'à 63 µ ; au-delà de cette limite, les pourcentages des silts et des argiles sont définis par comptage électronique au compteur-Coulter.

Pour éviter toutes contamination métallique supplémentaire, la séparation a 63 µ se fait au travers d'un tamis de nylon.

Analyses chimiques des métaux

Afin de diminuer l'effet perturbateur des variations granulométriques sur l'analyse chimique, seule la fraction inférieure a 63 µ est analysée. Cette fraction, constituée par des éléments détritiques et biodétritiques

fins, des minéraux argileux et de la matière organique non figurée, présente en général une plus grande capacité d'absorption que les fractions plus grossières. Du point de vue géochimique, elle peut être considérée comme la fraction "active" du sédiment.

Le mercure est analysé par absorption atomique en vapeur froide, le cadmium est dosé par absorption atomique au four graphite (Favarger et Vernet, 1979).

Les autres métaux (Mn, Pb, Cu, Fe, Zn, Ag, As, Ni, Bd, Co, V) ont été mesurés par spectrométrie d'émission de plasma (I.C.P.).

GRANULOMETRIE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS DU LAC MAJEUR

Il n'existe pas dans la série étudiée de sédiments très argileux, même a grande profondeur, et les sédiments franchement sableux sont peu nombreux (Fig. 2), puisque nous avons peu échantillonné les zones littorales et le talus.

L'étude pétrographique des sédiments a révélé 1'abondance des frustules de diatomées dans les fractions limoneuses de nombreux échantillons, dépôt qui traduit une sedimentation autochtone intense.

Afin de mieux interpréter les variations granulométriques d'un échantillon a l'autre, les échantillons ont été regroupés en faciès granulométriques distincts, élaborés par comparaison des pourcentages pondéraux des différentes classes d'histogrammes. A cette fin, nous avons utilisé une méthode de classification hiérarchique introduite par Parks, (1970).

Les caractéristiques granulométriques de l'ensemble des échantillons définissent huit faciès (A, B, C, D, E, F, G, H) (Fig. 3), dont la répartition (Fig. 4) démontre le grand impact des apports fluviatiles et torrentiels sur la sedimentations dans ce lac.

Les apports fluviatiles (Toce, Ticino) débouchent dans des zones topographiquement peu accidentées et sont caractérisés par la succession de faciès sableux à l'embouchure, et de facies de plus en plus silteux vers le large.

Les apports torrentiels dans les zones du lac où le littoral est réduit et les pentes abruptes, déclenchent des coulées turbiditiques qui atteignent la plaine centrale (T. San Bernardino, T. Giona, T. Cannobino, T. des vallées della Madonna et del Sacromonte).

Dans le bassin méridional et la plaine centrale, la sédimentation est moins perturbée et offre les caractéres de dépôts de faible énergie, dominée par une sédimentation autochtone.

REPARTITION DE QUELQUES METAUX LOURDS ET PREMIER ESSAI D'INTERPRETATION GEOCHIMIQUE

Nous avons reporté dans le Tab. I la valeur moyenne, la variance et la teneur maximale des différents métaux étudiés. Nous y avons adjoint, a titre de comparaison, leurs valeurs moyennes et maximales mesurées dans les sédiments du lac Léman (< 63 µ) (Tapin et al., 1979).

Le mercure, le cadmium, l'arsenic, le plomb, le zinc et le chrome présentent les plus grandes variabilités. Les fortes concentrations relevées pour ces métaux peuvent être liées à des apports d'origine industrielle ou domestique.

Le manganèse presente lui aussi de grandes variations dans les sédiments du lac, variations qui ne sont pas encore expliquées.

Les autres métaux ont des fluctuations beaucoup plus faibles et ne présentent pas de valeurs élevées.

Cartes de répartition des principaux polluants (Hg,Cd,As,Pb)

Pour rendre compte de l'ampleur véritable de la pollution ou de 1'enrichissement d'un sédiment par un élément, il importe de definir le taux normal ou la teneur naturelle de 1'élément considéré (indépendamment de toute influence humaine). La teneur naturelle d'un élément est fonction des caractéristiques minéralogiques et pétrographiques du sédiment, héritées de la nature géologique du bassin versant.

Dans 1'état d'avancement de notre recherche, nous n'avons pas encore défini les teneurs naturelles caractérisant les dépôts antérieurs a l'ère industrielle; nous les avons donc estimées a partir de la distribution statistique de chaque élément (histogramme), en considérant la valeur médiane du mode situé dans les faibles teneurs, comme "teneur naturelle". Ainsi, les valeurs portées sur le Tab. II sont données à titre indicatif et pourront être soumises a quelques modifications.

Sur les cartes des figures 5, 6, 7 et 8, le diamètre des cercles représentant chaque point de prélèvement est fonction du rapport teneur mesurée du métal considéré/ "teneur naturelle" du même élément. Les cercles sont hachurés des que les teneurs mesurées atteignent le double de cette "teneur naturelle".

Le mercure, le cadmium, le plomb et l'arsenic ont des concentrations qui augmentent du Nord vers le Sud, et 1'enrichissement des sédiments se marque plus particulièrement au Sud de la ligne Intra-Laverno. Les apports importants du Toce (Hg, As) et des autres affluents du bassin méridional contribueraient donc a affecter dangeureusement le milieu. La zone littorale Sud semble particulièrement touchée par les apports du torrent Vevera (Cr, Cd).

Au-delà de cette première constatation, nous avons entrepris de regrouper les échantillons en fonction de leur similitude géochimique et granulométrique, en comparant leur teneur en métaux traces, matière

organique, phosphore total et carbonate de calcium, et en introduisant comme paramètre granulométrique le diamètre moyen (fraction < 63 μ).

Cette classification a été réalisée par une méthode agglomerative non hiérarchique (Froidevaux, 1977).

Cinq groupes sont formés a la fin de ce traitement statistique:

Le premier groupe rassemble les échantillons les plus riches en matière organique et en métaux tels que le mercure, le plomb, le cuivre, le zinc, le cadmium et l'arsenic. Ces échantillons sont situés dans la zone littorale Sud et dans le bassin méridional.

Le deuxième groupe est encore caractérisé par de hautes teneurs en matière organique et en métaux traces, mais avec une plus grande richesse en manganèse et en granulometrie plus fine. Il regroupe quelques échantillons du bassin méridional et de celui de Ghiffa.

Le troisième groupe presente en moyenne des teneurs relativement faibles en éléments traces (excepté pour le mercure) et en matière organique, mais un pourcentage en fer important et une granulomètrie plus grossière. On y retrouve les échantillons prélevés a l'embouchure du Toce, les échantillons des sédiments turbiditiques apportés par les torrents San Bernardino et San Giovanni, et ceux déposés dans la zone la plus étroite du lac.

Le quatrième groupe réunit des échantillons qui sont uniquement contaminés par le mercure et l'arsenic. Ils sont situés dans la baie de Pallanza.

Le cinquième groupe correspond aux échantillons peu touchés par une pollution polymétallique et pauvres en matiére organique, en fer et en manganèse. Il comprend tous les échantillons du bassin Nord du lac.

L'échantillon prélevé dans la zone soumise à l'influence directe du torrent Vevera reste isolé a la fin de cette analyse statistique. Il est fortement contaminé (Cr, Cd, Zn, Cu), et cette observation rejoint celle faite par Mosello et al., (1978), qui donnaient le torrent Vevera comme l'un des affluents du lac les plus pollués.

En résumé, le passage du groupe 1 au groupe 5, selon la succession 1, 2, 4, 3, 5, exprime une diminution de la contamination des sédiments. Les associations géochimiques au sein des groupes semblent être diverses, et la granulométrie apparait jouer un rôle surtout dans la formation des groupes 2 et 3.

CONCLUSIONS

Le lac Majeur présente deux types de sédimentation, 1'une a dominance allochtone (détritique), dans les zones soumises a l'influence du Toce et du Ticino et dans celles marquées par l'écoulement de turbidités; l'autre principalement autochtone, couvre une plus grande superficie et est caractérisée par l'accumulation des frustules de diatomées dans la fraction limoneuse des sédiments.

Du point de vue de la pollution, les sédiments du lac apparaissent fortement affectés au Sud de la ligne Intra-Laveno; l'activité économique et industrielle est d'ailleurs beaucoup plus importante sur les rives et les affluents de cette partie du lac (Turco, 1977). Le mercure et l'arsenic semblent être principalement apportés par le Toce. Les autres métaux présentent des sources de contaminations plus dispersées. Les variations dans les teneurs des différents éléments étudiés et dans la nature même du sédiment induisent des comportement géochimiques variés que nous commengons d'étudier.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout le personnel scientifique et technique de l'Institut F. -A Forel de Genève, et celui de l'Institut Donegani de Naples, qui nous ont permis de mener a bien cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

DAMIANI V., 1972 - Studio di un ambiente fluvio-lacustre sulla base di una analisi granulometrica dei sedimenti: fiume Toce e bacino delle Isole Borromee (Lago Maggiore). Mem. Ist. Ital. Idrobiol. , 29, 37-95.

DAMIANI V., 1974 - Distribution of organic carbon and organic nitrogen in the surface sediments of Isole Borromei basin (Lago Maggiore). Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 31, 45-60.

DAMIANI V. et THOMAS R. L. , 1974 - Mercury in the sediments of the Pallanza basin. Nature (London), 251/5477, 696-697.

FAVARGER P.-Y et VERNET J.-P. , 1979 – L'isotope Cs^{137} utilisé comme dateur de la pollution des sédiments lacustres. Arch. Sci. (Genève), 32/1, 25-42.

FROIDEVAUX R. JAQUET J.-M et THOMAS R.L., 1977 - A.G.C.L., a Fortran IV program for agglomerative non hierarchical Q mode classification of large date sets. Computers Sci., 3, 31-48.

GOMMES R. et MUNTAU H., 1975 - La distribution de quelques métaux lourds (Zn, Cu, Cr, Ni, Mn, Co) dans la zone littorale des bassins Sud et de Pallanza du lac Majeur. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 32, 245-259.

MOSELLO R., CALDERONI A. et DE GIULI E., 1978 - Apporti chimici dai tributari. Rapp. Com. Int. Prot. Acque. Italo-Swizzero, Campagna 1978, p. 147-206.

PARKS J.M., 1970 - Fortran IV program for Q mode cluster analysis on distance function with printed dendrogram. Computers Contributions, né 46. State Geol. Surv. Univ. Kansas, 32 p.

RAPIN F., DAVAUD E. et VERNET J.-P, 1979 - Etude générale de la pollution des sédiments du Léman. Rapp. Com. Int. Protect. Eaux Léman, Campagne 1978, p. 294-309.

TURCO A., 1977 - Organizzazione territoriale e compromissione ambientale nel bacino imbrifero del lago Maggiore. Mem. Inst. Ital. Idrobiol., 35, 158.

WENWORTH C.K., 1922 - A scale of grade and class terms for clastic sediments. J. Geol., 30, 377-392.

TAB 1

Valeur moyenne, variance et teneur maximale pour dans le lac Léman.

	Teneur moy.	Variance	Teneur max.	Teneur moy. - max. lac Léman	
Pb (ppm)	157	77	390	63	(210)
Hg (ppb)	4064	3300	15000	786	(2240)
Mn (ppm)	1500	800	5400	1188	(10000)
Cu (ppm)	90	30	170	58	(270)
Zn (ppm)	450	200	1000	115	(320)
Ni (ppm)	70	10	95	87	(140)
Co (ppm)	30	6	70	15	(36)
Cr (ppm)	140	70	640	129	(240)
Cd (ppb)	1650	800	4450	933	(5150)
V (ppm)	100	20	170	90	(170)
As (ppm)	100	60	270	-	-
Ba (ppm)	500	60	755	682	(1000)
B (ppm)	20	5	40	-	-
Ag (ppm)	0.55	0.2	1.2	0.7	
Fe (%)	4.4	0.6	6	-	-

TAB 2

"Teneur naturelle" estimée e tenuer naturelle pour métaux dan le lac Léman.

Elément	"Teneur naturelle" estimée	Teneur naturelle *) sédim. lac Léman
Pb (ppm)	60	30
Hg (ppb)	50	30
Cd (ppb)	300	200
As (ppm)	50	-

*) Rapin et al., 1979.

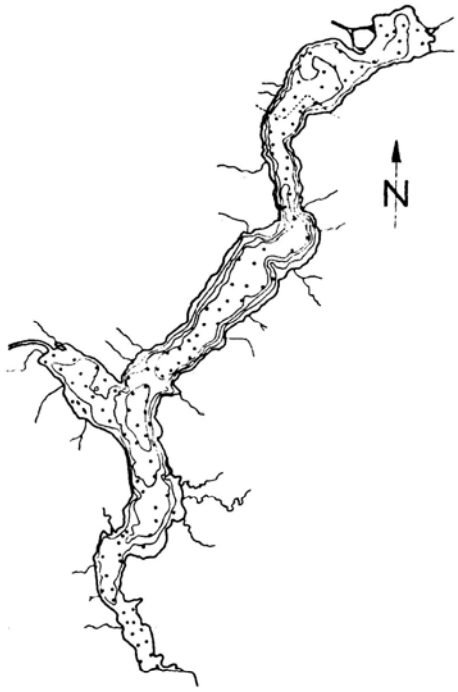


Fig. 1 Station d' échantillonage des sediments superficiels

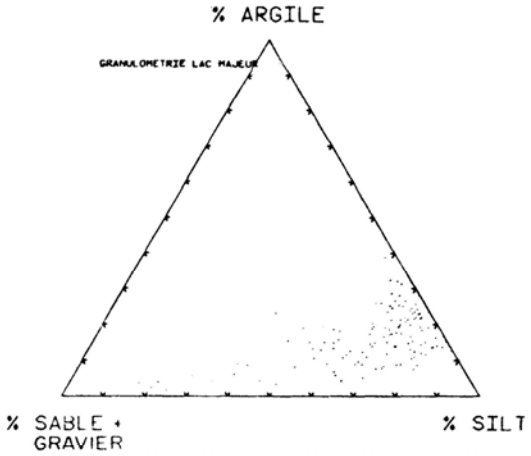


Fig. 2 Diagramme granulométrique ternaire sable+gravier, silt, argille

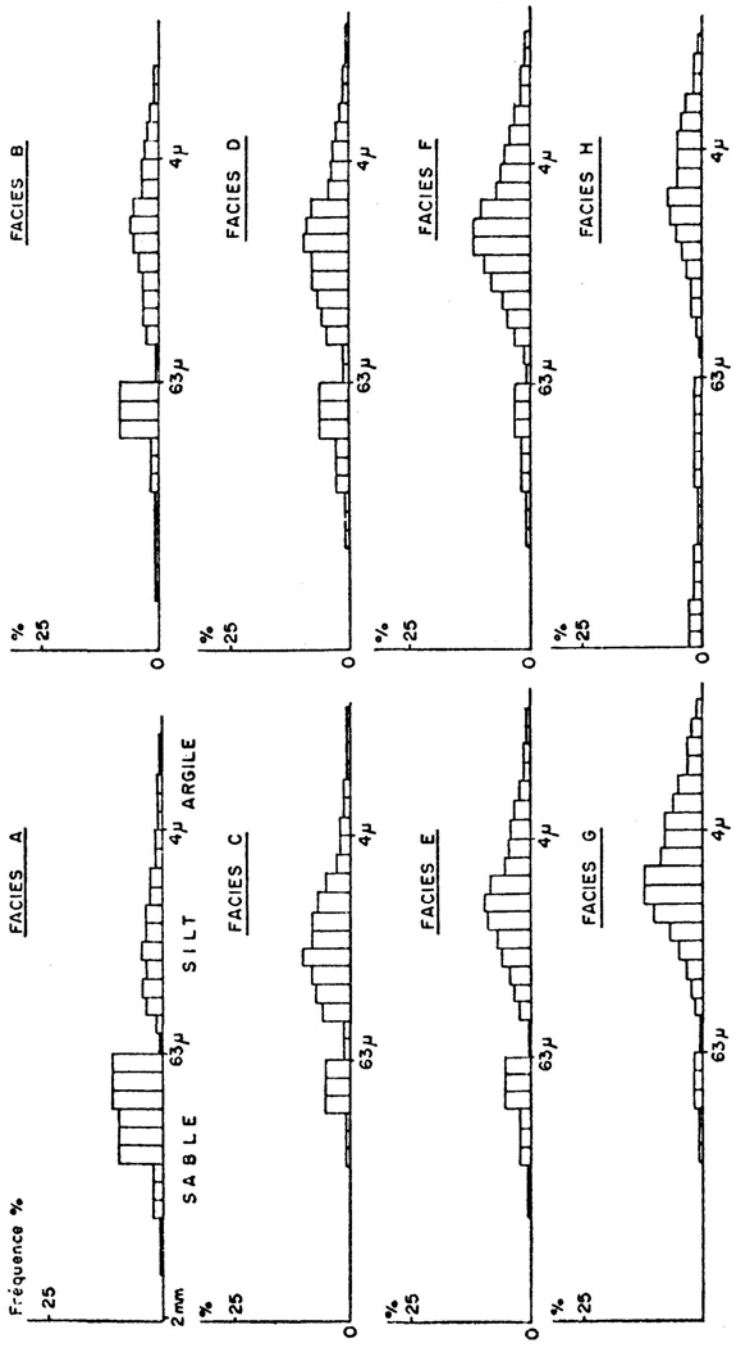


Fig. 3 Histogramme des différentes faciès granulometriques

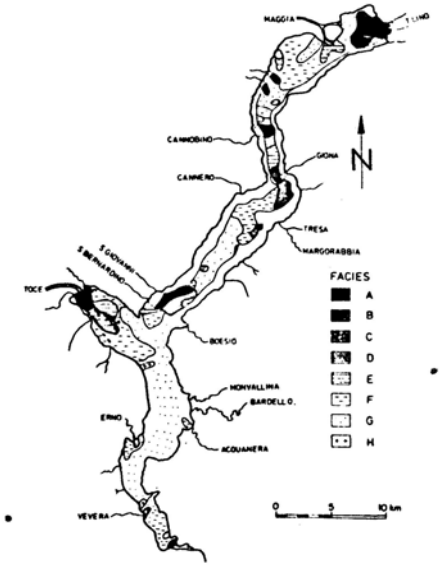


Fig. 4 Répartition des différentes faciès granulometriques

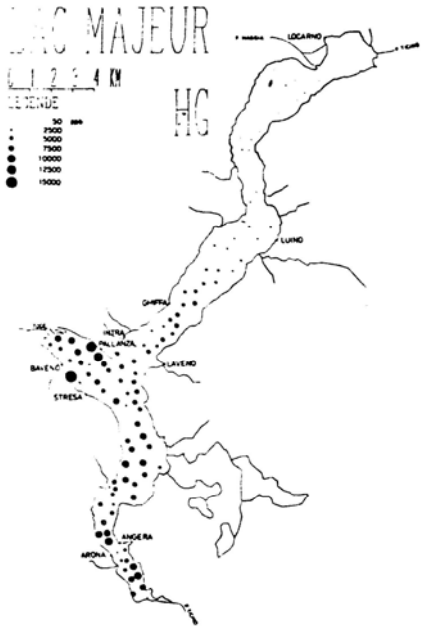


Fig. 5 Répartition de Hg dans les sédiments superficiels

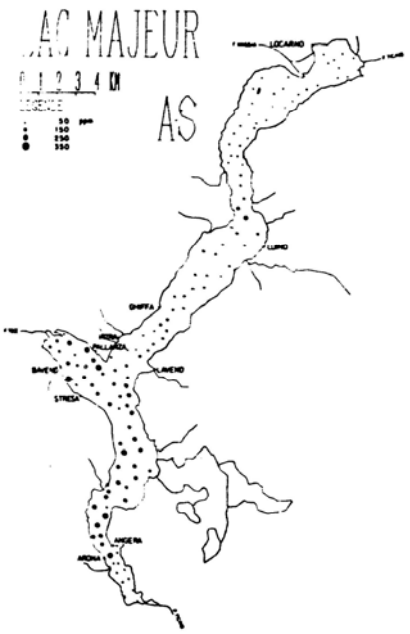


Fig. 6 Répartition de As dans les sediments superficiels

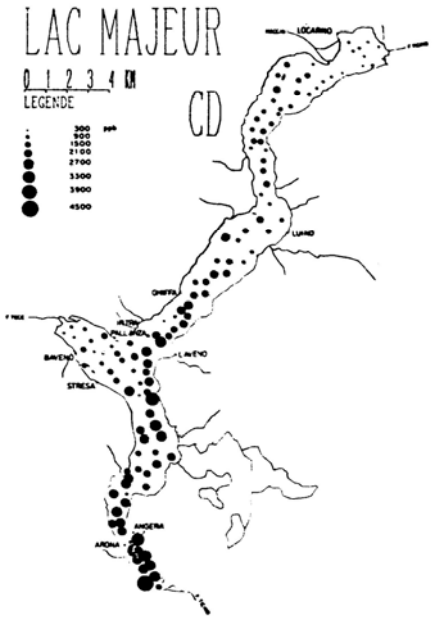


Fig. 7 Répartition de Cd dans les sédiments superficiels

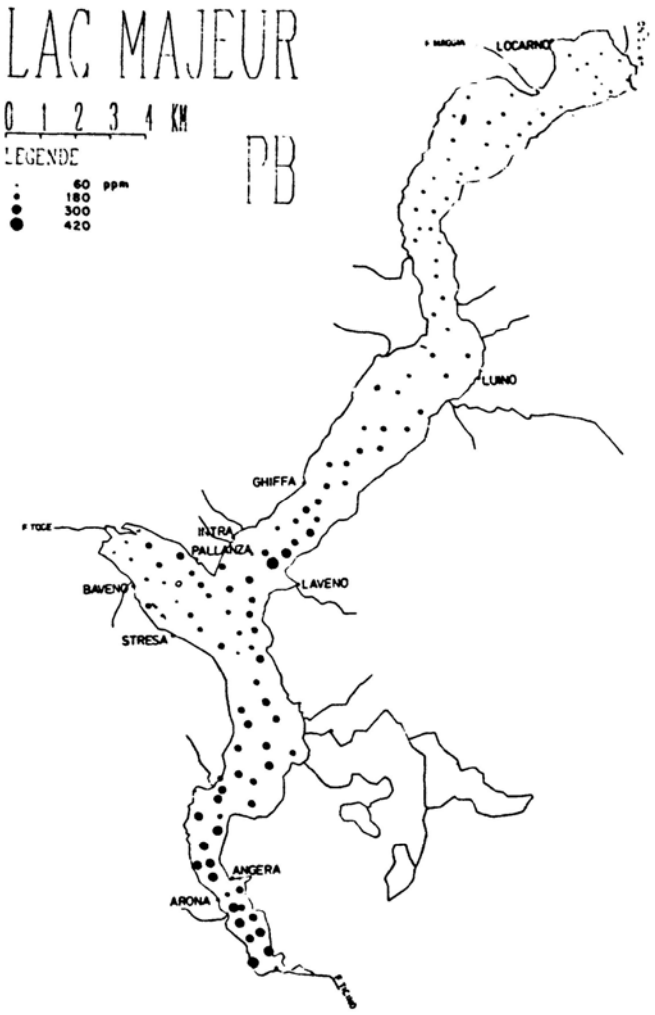


Fig. 8 Répartition de Pb dans les sédiments superficiels

FORME DI FOSFORO PRESENTI NEI SEDIMENTI SUPERFICIALI DEL LAGO MAGGIORE - PRIMI RISULTATI.

V.DAMIANI*, S.DE.ROSA* e M.VIEL**

* Istituto "G.Denegami" - Centro Ricerche Napoli
** Universitée de Genéve - Laboratoire de Limnologéologie.

SUMMARY

62 surficial Lake Maggiore sediment samples were analyzed in order to assess the presence of three phosphorus forms: phosphorus associated with apatite, non-apatite inorganic phosphorus (NA-IP) and organic phosphorus (0-P). The initial observations of findings and their comparison with the data reported in literature, showed that phosphorus is sedimented within the Lake Maggiore basin. The A-P distribution appears to come primarly from materials conveyed by rivers entering the Lake and originating in northern, non-calcareous basins. The remarkable amounts of inorganic non-apatite phosphorus may due to the chemical characteristics of the lake sediments and the chemical-physical properties of the deeper water layers. The inflowing waters coming from several anthropical areas, are found to affect NA-IP and organic phosphorus distributions. The high correlation assessed between these two forms points to the fact that a remarkable amount of NA-IP comes from mineral i zing processes of organic matter.

INTRODUZIONE

II fosforo è l'elemento nutritivo che più frequentemente controlla lo stato trofico dei laghi: la sua presenza, oltre ad essere legata alle quantità ed alla qualità degli apporti idrici urbani, industriali e di dilavamento, è condizionata dai processi chimici, fisici e biologici che si verificano nelle acque ed ai fenomeni di scambio che si stabiliscono tra i sedimenti e l'acqua soprastante. Il fosforo presente nei sedimenti di un lago può essere classificato in "detritico" e "non detritico". La frazione detritica (inorganica), si ritrova nei sedimenti nella stessa forma chimica e mineralogica delle rocce e dei suoli dai quali proviene e può considerarsi insolubile; la frazione non detritica, originariamente presente nelle acque del lago e dei corsi d'acqua ad esso afferenti in forma prevalentemente disciolta, raggiunge i sedimenti solo dopo essere stata convertita in forma parti celiata o a seguito di reazioni chi mi che o per azione biologica (Williams et al., 1976). Tale frazione comprende composti di natura sia inorganica che organica. Obiettivo di tale ricerca è quello di conoscere la quantità di fosforo presente nei sedimenti superficiali del Lago Maggiore, distinguendone le frazioni più disponibili all'ecosistema lacustre, da quelle meno reattive. Tale distinzione è ritenuta di fondamentale importanza per avere delle

informazioni significative sulle possibili evoluzioni dello stato trofico del lago.

A tal fine, sulla base delle esperienze condotte sulla fertilità dei suoli, estese poi allo studio dei sedimenti lacustri (Syers et al., 1969), è stato possibile elaborare una metodologia analitica che consente di poter distinguere quantitativamente le seguenti forme di fosforo:

- Fosforo Apatitico (A-P): è una stima della quantità di ortofosfati presenti nella struttura cristallina dell'apatite (un minerale fosfatico - Ca5(F,OH,Cl) (P04)3 - molto diffuso in natura, in particolare nelle rocce ignee e metamorfiche) presente nei sedimenti quale prodotto dell'erosione e non partecipa ai processi di scambio che si svolgono tra le acque e i sedimenti.
- Fosforo Inorganico non Apatitico (NA-IP): è una stima della quantità di tutti i rimanenti ioni ortofosfato presenti nei sedimenti, rappresentativa della frazione di fosforo inorganico in equilibrio con quello disciolto presente nell'interfaccia acqua-sedimenti. Tale forma è determinata analiticamente come somma di due frazioni di ortofosfati estraibili diversamente: la prima con una miscela di ditionito, citrato e bicarbonato, e la seconda con una soluzione di NaOH IN. Non essendo ben definiti i significati individuali del DCB-IP e del NaOH-IP, nel presente studio tali frazioni non sono oggetto di discussione.
- Fosforo Organico (0-P): è rappresentativo delle quantità di fosforo associato alla materia organica presente nei sedimenti analizzati. Tale forma di fosforo può essere di origine sia alloctona che autoctona e può essere resa nuovamente disponibile a seguito di processi di mineralizzazione.
- Fosforo Inorganico Totale (I-P): è una stima dei tenori di ioni ortofosfato totale nei sedimenti. Il suo valore numerico dovrebbe coincidere con la somma dei tenori rilevati come A-P e NA-IP. Le eventuali differenze quantitative esistenti sono da imputarsi alla metodologica analitica.
- Fosforo totale (T-P): è una stima della quantità di fosforo totale presente nei sedimenti. Il suo valore numerico dovrebbe coincidere con la somma dei tenori in AP, NA-IP e 0-P ottenuti a seguito di attacchi separati: le eventuali differenze quantitative sono da imputarsi alla metologia analitica.

METODOLOGIE

Nel corso dell'aprile 1978, è stato effettuato sul Lago Maggiore un campionamento di sedimenti superficiali che, data la ristrettezza delle zone litorali e la pendenza delle sponde, è stato condotto prevalentemente sulla platea di fondo. Sono stati prelevati 126 campioni con draga di tipo Shipek e di essi ne sono stati selezionati 62 e sulla frazione di dimensioni inferiori a 63 µm si è proceduto alle seguenti

determinazioni: carbonio organico, per ossidazione per via umida con di cromato di potassio; azoto totale Kjeldahl, utilizzando il "Kjeltec System"; carbonato di calcio, secondo il metodo proposto da Jaquet et al., (1971); analisi granulometrica in base a Wentworth (1922) determinando con Rot-Up le frazioni superiori a 63 µm e per conta elettronica con Coulter Counter quelle di dimensioni inferiori; forme di fosforo-apatitico (A-P), non apatitico (NA-IP), organico (0-P), inorganico (I-P), totale (T-P) e ferro estraibile (Fe-HCl) seguendo le metodologie proposte da Williams et al., (1976), modificate per sedimenti lacustri, il cui flow-sheet è riportato in Fig. 1.

Distribuzione areale dei vari parametri.

Nella Tab. 1 sono riportati il valore medio, la deviazione standard ed i "ranges" di variazione dei parametri caratteristici dell'insieme dei 62 campioni esaminati.

Nelle Figg. 2-3-4-5-6-7 sono riportate le distribuzioni areali più significative di tali parametri, rappresentando i valori quantitativi riscontrati in ogni campione, con un cerchio di diametro proporzionale alla loro concentrazione.

I tenori in fosforo totale (Fig. 2) in alcune aree superano i 1500 mg/Kg e nel complesso sembra che nei sedimenti del lago Maggiore tale parametro tenda a diminuire procedendo da nord a sud e dalle aree a maggiori profondità a quelle a minori profondità.

II fosforo inorganico (I-P) costituisce mediamente circa l'85% del T-P ed essendo con esso ben correlato (r = 0.94) ha una distribuzione areale molto simile a quella sopra descritta.

Osservando la Fig.3 risulta evidente come le concentrazioni più elevate di A-P, intorno ai 750 mg.Kg , siano riscontrabili nelle zone antistanti le foci dei fiumi Ticino, Maggia, Giona, S. Bernardino e Toce che scorrono in bacini caratterizzati da rocce ignee e metamorfiche, e non dinanzi alle foci di quelli che sboccano nelle zone più meridionali dopo aver attraversato bacini di tipo calcareo. Nel 1'istogramma di frequenza delle concentrazioni in A-P, riportato in Fig. 4a, si evidenzia l'esistenza di due mode a valori diversi di concentrazione. La prima, più significativa, individuabile intorno ai 400 mg/Kg, che caratterizza campioni prelevati in zone a sedimentazione tipicamente lacustre ove l'A-P costituisce dal 20 al 30% del T-P (bacino di Chiffa e braccio meridionale del lago), la seconda individuabile intorno ai 650 mg/Kg che caratterizza i sedimenti di tipo fluvio-lacustri ove la frazione di fosforo apatitico arriva a costituire anche più del 50% del T- (Fig. 4b).

La distribuzione areale del NA-IP, riportata in Fig. 4, sembra essere influenzata dalle varie attività antropiche che gravitano sul lago Maggiore. Le concentrazioni più elevate sono riscontrabili prevalentemente nelle zone più meridionali antistanti le aree urbane ed industriali di Pallanza-Intra e Laveno, di Stresa e Lesa, e dinanzi alle foci dei terreni Bardelle, Acquanera e Monvallina, sulle quali gravita

un'intensa attività antropica. Alte concentrazioni di NA-IP sono riscontrabili anche in campioni isolati prelevati dinanzi a Cannerò e ad Ascona. I valori più bassi caratterizzano i sedimenti delle zone antistanti le foci del Toce e del Ticino. Il NA-IP mediamente rappresenta circa il 50% del T-P, ma arriva a costituirne anche più dell'80% nei campioni prelevati di fronte ai fiumi Bardelle e dinanzi alla città di Ascona, mentre valori compresi tra il 20 ed il 30% si riscontrano nei sedimenti antistanti le foci del Ticino e del Toce.

In base alla mappa di distribuzione dell'O-P riportata in Fig. 5, si può notare come le maggiori concentrazioni di questa forma di fosforo siano riscontrabili nel tratto più meridionale del lago e nelle aree soggette ad apporti torbiditici, mentre i sedimenti fluvio-lacustri risultano dai più bassi valori di 0-P, sempre inferiori a 200 mg/Kg. L'osservazione dell'istogramma di frequenza delle concentrazioni di 0-P (Fig. 5a) evidenzia nei 62 campioni esaminati una distribuzione normale di tale forma di fosforo, segno di una sua origine comune. Nella maggior parte dei campioni esaminati, I10-P rappresenta circa il 16% del T-P e raggiunge il 20-30% solo nei campioni di ambiente litoraneo, prelevati nella sola zona a sud di Arona e di Angera.

Nelle Figg. 6 e 7 sono riportate le distribuzioni areali del carbonio organico e dell'azoto Kjeldal presenti nei sedimenti superficiali del lago Maggiore che evidenziano come le zone soggette agli apporti dei maggiori fiumi siano caratterizzate dalle più basse concentrazioni, mentre i tenori più elevati sono riscontrabili nel tratto a sud di Angera e di Arona.

I sedimenti superficiali del lago Maggiore sono caratterizzati da un tenore medio di CaC03 pari al solo 0,65% e ciò perché la loro origine è essenzialmente non carbonatica. Concentrazioni superiori all'1%, si riscontrano nei soli campioni prelevati lungo la costa lombarda nelle zone antistanti gli apporti detritici dei fiumi che attraversano bacini carbonatici.

Relazioni tra i parametri.

Nella Tab. 2 sono riportati i valori dei coefficienti di correlazione dei parametri esaminati nel presente studio.

Le concentrazioni di fosforo apatitico riscontrate nei sedimenti superficiali del lago Maggiore, risultano essere correlate positivamente son i tenori percentuali della frazione sabbiosa ($r = 0.59$) e negativamente con quella siltosa ($r = -0.47$) (in contrasto con quanto riscontrato da Williams et al., (1976) nei sedimenti superficiali del lago Eire). L'esame del diagramma di correlazione Apatite-Sabbia (Fig. 8) pone in evidenza come 8 campioni a facies sedimentaria fluvio-lacustre, dominati da una frazione sabbiosa costituita prevalentemente da particelle di dimensioni comprese tra i 125 ed i 250 µm (Viel et al., 1980), siano caratterizzati da un rapporto quantitativo sabbia/A-P che si discosta notevolmente da quello degli altri per una minore presenza in A-P; mentre, al contrario, negli altri campioni fluvio-lacustri, le cui sabbie sono prevalentemente dominate da particelle di dimensioni comprese

tra i 63 ed i 123 µm (Viel et al., 1980), il rapporto quantitativo sabbia/A-P risulta mantenersi a valori più bassi. In base a tali osservazioni ed a quanto detto da Williams et al., (1976) per il lago Erie, si può avanzare l'ipotesi che anche nei sedimenti superficiali del lago Maggiore, il fosforo apatitico sia prevalentemente concentrato nelle sabbie più fini. L'esistenza di una correlazione negativa tra tenori di Apatite ed i contenuti in silt nei sedimenti del lago, di segno opposto a quanto riscontrato da Williams et al., (1976), può essere giustificato dal fatto che la frazione siltosa nel lago Maggiore, al contrario che nell'Eric, è di origine prevalentemente autoctona ed è costituita in larga misura da frustuli di diatomee (Viel et al. , 1980).

I tenori di NA-IP nei campioni dei sedimenti esaminati, risultano essere correlativi positivamente con tutte le altre forme di fosforo, tranne che con l'A-P, nei confronti della quale la correlazione è negativa. Dallo studio complessivo dei valori parametri esaminati emerge che i 6 campioni litorali (H < 30m) del tratto più meridionale del lago, costituiscono una popolazione di campioni appartenenti ad un ambiente litoranee molto diverso da quello degli altri. L'eslcusione di questi 6 campioni dall'analisi delle correlazioni dei parametri esaminati, ha fatto registrare un netto aumento dei coefficienti caratteristi ci delle correlazioni tra NA-IP e le frazioni organiche di carbonio (r = 0,63), azoto (r = 0,58) e fosforo (r = 0.64) ed anche nei confronti dell'A-P (r = -0.41); rendendo tali coefficienti molto simili a quelli riscontrati da Williams et al. (1976) nel lago Erie e da Jaquet (1978) nel lago Lemano. Tali correlazioni mettono in evidenza l'esistenza di un'associazione tra il NA-IP e la sostanza organica; associazione che lascia presumere che una frazione significativa del NA-IP presente nei sedimenti superficiali del lago Maggiore abbia un'origine organica, ovvero che si sia venuta a formare a seguito di un processo di mineralizzazione della sostanza organica.

I tenori in fosforo organico riscontrati nei sedimenti superficiali del lago Maggiore risultano ben correlati sia con quelli di carbonio (r = 0.76), che con quelli di azoto prevalentemente organico (r = 0.62), evidenziando quanto tale forma di fosforo sia parte integrante della sostanza organica presente nei sedimenti e come quest'ultima sia, nella maggior parte del lago, di caratteristiche simili.

La distribuzione del rapporto C/N nei sedimento superficiali del lago Maggiore, evidenzia (in accordo con Damiani, 1974) come la sostanza organica depositata nelle zone antistanti le foci dei maggiori fiumi sia di origine prevalentemente alloctona (valori maggiori del rapporto C/N), mentre quella presente nei sedimenti a "facies" più tipicamente lacustri sia di origine prevalentemente autoctona (valori minori del rapporto C/N).

II rapporto quantitativo C/P varia tra un valore minimo di 51 ed un valore massimo di 142, evidenziando un'escursione ben più significativa di quanto riscontrato da Jaquet (1978) nei sedimenti del lago Lemano (tra 75 e 130). I valori più elevati del rapporto si riscontrano nelle zone antistanti le aree più urbanizzate del lago.

CONCLUSIONI

Da un primo studio dei dati disponibili a seguito della presente ricerca, e da un loro confronto con quelli rilevati da Williams et al., (1976) nel lago Erie e da Jaquet et al., (1978) nel lago temano, si evidenzia come i sedimenti superficiali del lago Maggiore siano soggetti ad un maggior accumulo di fosforo nelle sue varie forme.

Nella Tab. 3 sono riportati i valori medi più significativi che caratterizzano i loro sedimenti superficiali.

Le differenze geologiche esistenti tra i bacini imbriferi afferenti, influenzano significativamente le caratteristiche dei sedimenti dei tre laghi. Il bacino imbrifero dell'Erie, di origine più antica, presenta sedimenti dominati dalle frazioni più fini (tenore medio di argilla = 45%) mentre nei due laghi alpini, più giovani, dominano le frazioni più grossolane. Nel lago Lemano, dal bacino prevalentemente carbonatico (Serruya 1969), la frazione sii tosa raggiunge mediamente il 65% ed è costituita prevalentemente da CaC03 (Rapin et al., 1978); nel lago Maggiore, con bacino siliceo, il valore medio della frazione siltosa raggiunge il 64% e tale frazione è costituita in larga misura da frustuli di didatomee (Viel et al., 1980) che nelle zone più profonde costituiscono anche il 50% dei sedimenti.

L'aver riscontrato nei sedimenti superficiali del lago Maggiore un tenore medio in fosforo apatitico (A-P) superiore a quello degli altri due laghi, si ritiene possa imputarsi alle differenze geologiche sopra descritte.

Williams et al., (1971) hanno riscontrato che i sedimenti non carbonatici sono caratterizzati da un potere di accumulo nei confronti del fosforo inorganico non apatitico, sostanzialmente superiore a quello dei sedimenti carbonatici; Fillos et al., (1976) e Li et al., (1972) hanno verificato che il fosforo tende ad accumularsi più in sedimenti ossidati che non in sedimenti anossici. In queste osservazioni possono essere individuati i motivi per cui nel lago Maggiore, caratterizzato da sedimenti tipicamente non carbonatici (tenore medio in CaC03 = 0,065%) e da un ipolimnio ben ossidato (Mosello et al., 1978), sia stato riscontrato un così elevato accumulo di fosforo inorganico non apatitico.

L'aver riscontrato nel Maggiore anche concentrazioni di fosforo organico più elevate che nel Lemano e nel!'Erie, si ritiene possa attribuirsi all'influenza che hanno sulla distribuzione di tale forma di fosforo, i diversi apporti alloctoni del lago, lo stato trofico dello stesso e l'attività decompositiva cui è soggetto il materiale organico particellato sia nel corso della sua sedimentazione che una volta raggiunti i sedimenti.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Vernet per aver collaborato all'acquisizione della metodologia analitica sulle forme di fosforo.

Si ringraziano inoltre i signori Ambrosano, Basile, Ballarin, De Dominicis, De Simone e Rigeli del DPT Studi Ambientali del C.R. Napoli ed il sig. Brusi del Laboratorio di Limnologia di Ginevra per aver collaborato operativamente a questo studio.

BIBLIOGRAFIA

DAMIANI V. , 1974 - Distribution of organi e carbon and organic nitrogen in the surface sediments of Isole Borromee basin (Lago Maggiore, Northern Italy). Mem.Ist.Idrobiol. 31, 45-60.

FILLOS J. , M. ASCHE and H. BISWAS, 1976 - Phosphate release and sorption by Lake Mohegon Sediments. J.Env.Div., vol. 102, NoEE2, April, pp.239-349.

JAQUET J.M., 1978 - Formes due phosphore dans les sediments Lemaliquz en 1978. Comm.Leman.Poll. , Rapp.Camp. 1978, 310-326.

LI, W.C., D.E. ARMSTRONG, J.D.H. WILLIAMS, R.F. HARRIS and J.K. SYERS, 1972 - Rate and Extend of Inorganic Phosphate Exchange in Lake Sediments. Soil Sci.Soc.Proc., 36, 279-285.

MOSELLO R.A., CALDERONI A. e E. DE. GIULI, 1978 - Caratteristiche Chimiche e Fisiche delle Acque Lacustri. Rapporto Studi e Ricerche Lago Maggiore. Campagna 1978. Comm.Inter.Prot.Acque Italo Svizzere.

RAPIN F., E. DAVAUD et J.P. VERNET, 1978 - Etude generai de la pollution des sediments du Léman. Comm.Léman.Pol1., rapport campagne 1978, pp. 294-309.

RAGGIU D. and C. SARACENI, 1977 - Fitoplancton Clorofilla e Produzione Primaria nel Lago Maggiore durante gli anni 1972-1973. Mem.Ist. Ital.Idrobiol. , 34, 57-58.

SERRUYA C., 1969 - Les dépòts du Lac Léman en relation avec l'évolution du bassin sedimentarie et les caractéres du molieu lacustre. Arch.Sc. Genéve. 22, 125-254.

SYERS J.K., J.D.H. WILLIAMS, E.H. TYNER and T.W. WALKER, 1965 - Primary and secondary origin of "Nonexractable" soil inorganic phosphorus. Soil Sci.Soc. Amer.Proc., 33, 635-636.

VIEL M., V. DAMIANI, S. DE ROSA, 1980 - Etude granumetrique et geochimique des sediments superficiels du Lac Majeur. IV Congresso A.I.O.L. Chiavari 1-3 XII 1980.

WENTWORTH C.H., 1922 - A scale grade and class terms for elastic sediments J.Geol. , 30, 377-392.

WILLIAMS J.D.H., J.K. SYERS, SURENDA S. SHUKLA, R.F. HARRIS, D.E. ARMSTRONG, 1971 - Levels of inorganic and total phosphorus in lake sediments as related to other sediment parameters. Environ.Sci.Technol. , 5, 1113-1120.

WILLIAMS J.D.H., J.M. JAQUET and R. L. THOMAS, 1976 - Forms of phosphorus in the superficial sediment of Lake Erie. J. Fish. Res.Board Can. 33, 413-429.

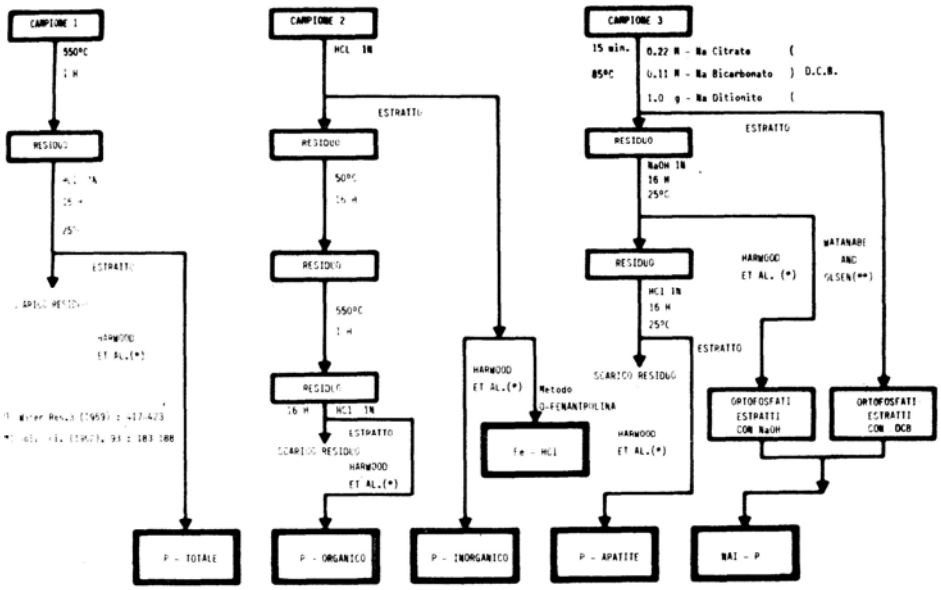


Figura 1 - Schema analitico per la determinazione delle forme di Fosforo

Tab. 1 Dati statistici parametri considerati

VARIABLE	MEAN VALUE	STD. DEVTN.	RANGE
DEPTH	192.92	116.61	12.00 - 372.00
SAND	21.00	22.01	1.92 - 79.61
SILT	64.10	16.86	16.72 - 84.48
CLAY	14.88	7.30	1.08 - 32.15
CACO3	.65	.67	.01 - 3.29
O-C	2.77	.74	1.01 - 4.29
KJ-N	.24	.10	.06 - .61
A-P	504.87	141.28	266.00 - 851.00
NA-IP	630.87	185.66	209.00 - 1076.00
DCB-IP	584.79	137.97	176.00 - 1036.00
NAOH-P	36.85	11.92	.00 - 66.00
I-P	1222.89	245.29	612.00 - 1675.00
O-P	271.53	53.45	127.00 - 369.00
T-P	1435.09	263.42	860.00 - 2013.00
FE-HCL	17570.51	2489.68	10417.00 -21192.00

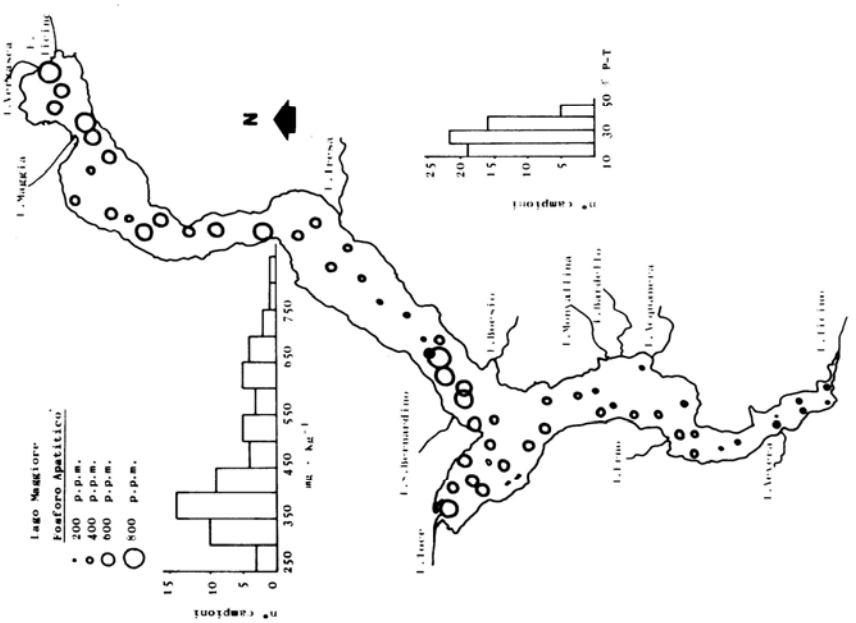


Figura 3 - Sedimenti superficiali. Fosforo apatitico

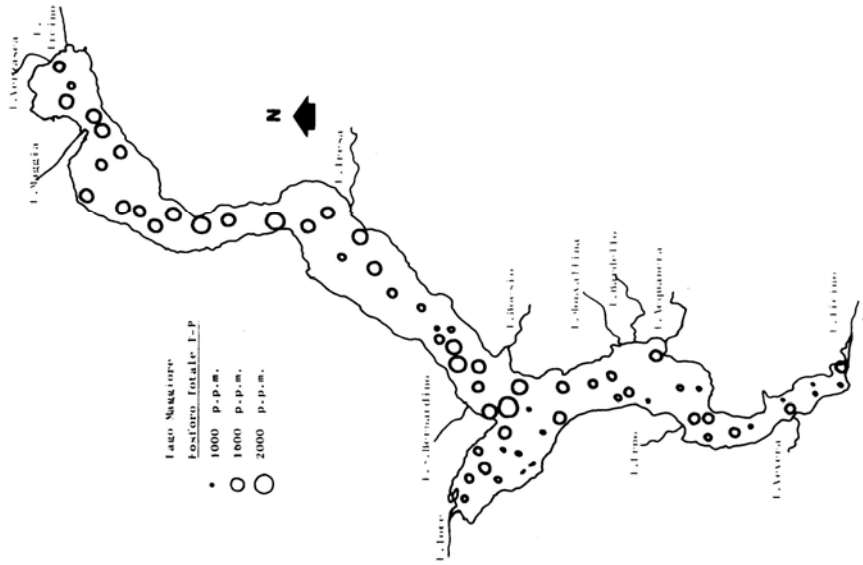


Figura 2 - Sedimenti superficiali. Fosforo Totale

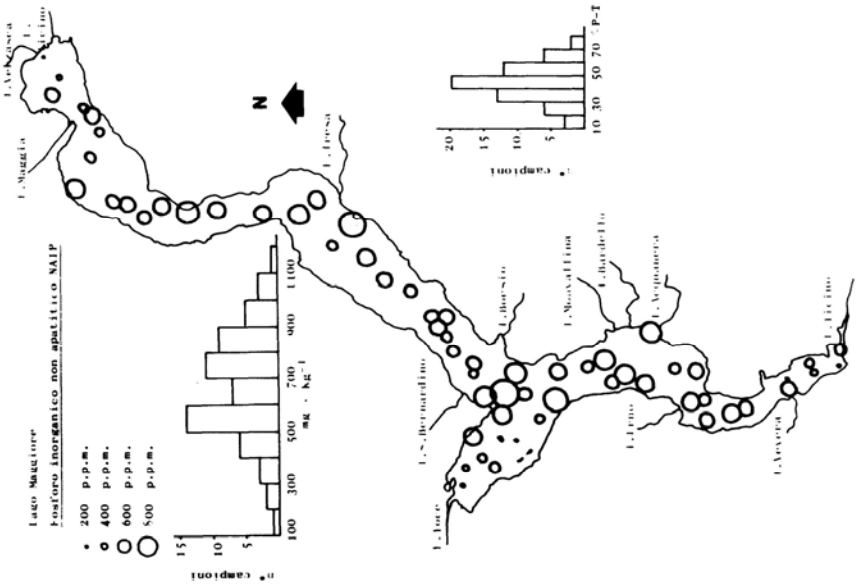


Fig. 4 - Sed.superf. Fosforo inorganico non apatitico

Figura 5 - Sedimenti superficiali. Fosforo organico

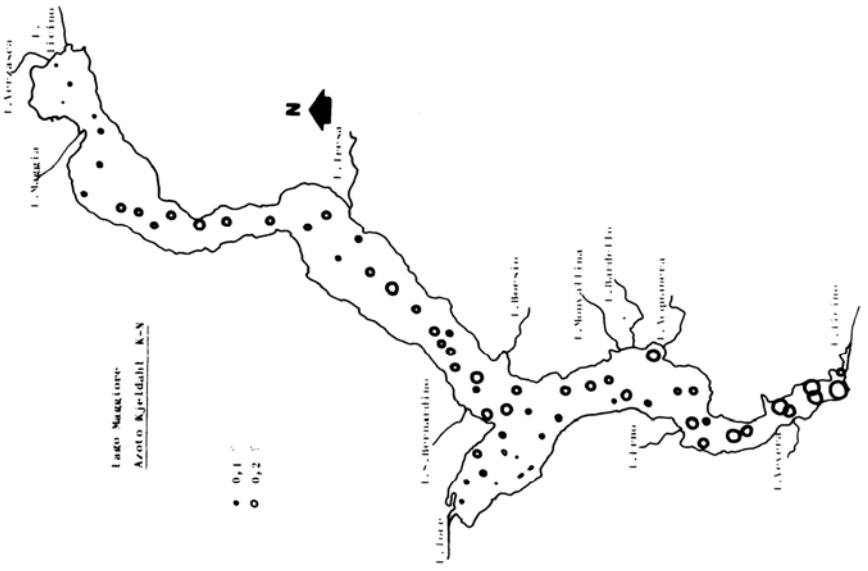


Figura 7 - Sedimenti superficiali. Azoto Kjeldahl

Fig. 6 - Sedimenti superficiali. Carbonio organico

Tab. 2 Matrice coefficienti correlazione

	DEPTH	SAND	SILT	CLAY	CACO3
DEPTH	1.00+00	1.67-01	-2.43-01	6.53-02	9.19-02
SAND	1.63-01	1.00+00	-9.54-01	-7.63-01	2.07-01
SILT	-2.43-01	-9.54-01	1.00+00	5.75-01	-1.72-01
CLAY	6.53-02	-7.63-01	5.75-01	1.00+00	-2.12-01
CACO3	9.19-02	2.07-01	-1.72-01	-2.12-01	1.00+00
O-C	-1.43-01	-8.25-02	1.31-01	-4.89-02	-1.20-01
KJ-N	-1.79-01	-1.31-01	1.56-01	3.18-02	-1.14-01
A-P	1.81-01	5.22-01	-4.75-01	-6.37-01	1.42-01
NA-IP	3.42-01	-7.94-02	2.99-02	1.61-01	-2.76-01
DCB-IP	2.77-01	-1.52-01	1.00-01	2.14-01	-1.93-01
NAOH-P	7.03-02	-2.40-01	1.93-01	2.60-01	-3.42-01
I-P	4.54-01	3.02-01	-3.87-01	-3.29-01	-1.03-01
O-P	1.47-01	1.29-01	-1.14-01	-1.16-01	-1.89-01
T-P	4.12-01	3.97-01	-3.63-01	-3.36-01	-1.73-01
FE-HCL	4.37-01	-1.55-01	-1.67-03	4.41-01	-1.37-01

	O-C	KJ-N	A-P	NA-IP	DCB-IP
DEPTH	-1.43-01	-1.79-01	1.81-01	3.42-01	2.77-01
SAND	-8.25-02	-1.31-01	5.22-01	-7.94-02	-1.52-01
SILT	1.31-01	1.56-01	-4.75-01	2.99-02	1.00-01
CLAY	-4.89-02	3.18-02	-6.37-01	1.61-01	2.14-01
CACO3	-1.20-01	-1.14-01	1.42-01	-2.76-01	-1.93-01
O-C	1.00+00	9.07-01	-4.97-01	1.99-01	1.42-01
KJ-N	9.07-01	1.00+00	-5.62-01	5.32-02	-8.45-03
A-P	-4.97-01	-5.62-01	1.00+00	-1.84-01	-2.42-01
NA-IP	1.99-01	5.32-02	-1.84-01	1.00+00	8.60-01
DCB-IP	1.42-01	-8.45-03	-2.42-01	8.60-01	1.00+00
NAOH-P	6.46-01	6.19-01	-5.36-01	4.71-01	3.77-01
I-P	-1.61-01	-3.13-01	4.59-01	6.39-01	5.25-01
O-P	7.99-01	6.32-01	-2.57-01	4.33-01	2.63-01
T-P	1.36-02	-1.43-01	3.50-01	6.79-01	5.65-01
FE-HCL	-3.40-01	-3.48-01	-4.51-02	5.23-01	4.49-01

	NAOH-P	I-P	O-P	T-P	FE-HCL
DEPTH	7.03-02	4.54-01	1.47-01	4.12-01	4.37-01
SAND	-2.40-01	3.02-01	1.29-01	3.97-01	-1.55-01
SILT	1.93-01	-3.87-01	-1.14-01	-3.63-01	-1.67-03
CLAY	2.60-01	-3.29-01	-1.16-01	-3.36-01	4.41-01
CACO3	-3.42-01	-1.03-01	-1.89-01	-1.30-01	-1.37-01
O-C	6.46-01	-1.61-01	7.99-01	1.36-02	-3.40-01
KJ-N	6.19-01	-3.13-01	6.32-01	-1.43-01	-3.48-01
A-P	-5.36-01	4.59-01	-2.57-01	3.50-01	-4.51-02
NA-IP	4.71-01	6.39-01	4.33-01	6.79-01	5.23-01
DCB-IP	3.73-01	5.25-01	2.63-01	5.65-01	4.49-01
NAOH-P	1.00+00	-1.10-02	6.37-01	1.17-01	2.99-02
I-P	-1.10-02	1.00+00	2.15-01	9.39-01	2.77-01
O-P	6.33-01	2.15-01	1.00+00	3.86-01	-1.44-01
T-P	1.17-01	9.39-01	3.86-01	1.00+00	2.86-01
FE-HCL	2.99-02	2.77-01	-1.44-01	2.86-01	1.00+00

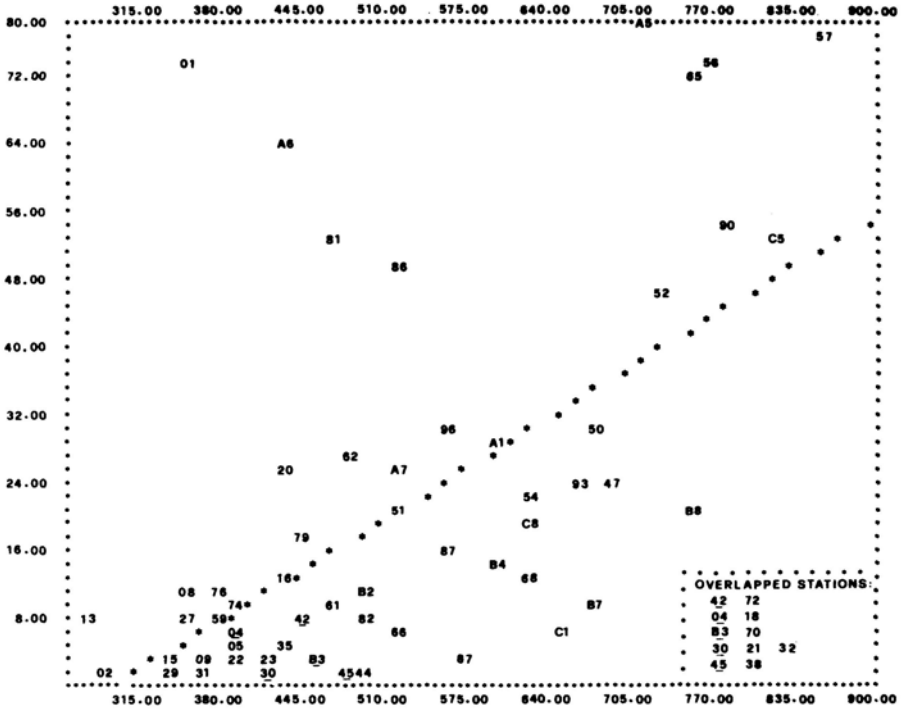


Figura 8 - Sabbia vs. AP

Tab. 3 Dati di confronto dei Laghi Maggiore, Lemano e Erie

Parametri	Lago Maggiore	Lac Leman	Lake Erie
P-T ppm	1.435	726	879
A-P ppm	504	304	445
NA-IP ppm	630	274	330
I-P ppm	1.223	541	770
O-P ppm	231	184	110
Fe-HCl %	1,76	0,91	2,80
Sabbia %	21	20	25
Silt %	64	65	32
Argilla %	14	15	43
O-C %	2,3	1,9	2,2
$CaCO_3$ %	0,65	30,0	6,6
Profond.m	177	152	20
n° camp.	62	84	48

ESPERIMENTI DI LABORATORIO SU INTEGRAZIONI DI ^{51}CR CON SEDIMENTI E BATTERI MARINI*

R. BONIFORTI, C. PERONI, R. RUGGIERO

CNEN - Laboratorio per lo Studio dell'Ambiente Marino
19030 Fiascherino (La Spezia)

RIASSUNTO

Sono state eseguite alcune esperienze di laboratorio per determinare la capacità di sedimenti e batteri marini di accumulare ^{51}Cr dall'acqua di mare. L'accumulo è stato determinato a vari tempi (da 5 a 99 ore) ed è risultato molto più alto per i batteri. Una prova di rilascio in acqua di mare effettuata sugli stessi campioni ha indicato che esso è modesto. Sottoponendo ad estrazione selettiva sedimenti contaminati con ^{51}Cr, si è visto che l'isotopo è in gran parte associato ai carboni ed agli ossidi di Fe.

SUMMARY

^{51}Cr is one of the most abundant radionuclides present in the liquid effluents of nuclear power reactors. While concentration factors (CF) for algae, crustaceans, molluscs, and fish are reported in the literature, CFs for sediments and bacteria are practically unknown. Due to the importance of these two components of the marine ecosystem, a laboratory experiment has been set up aimed at determining the ability of sediments and bacteria (belonging to the genus Pseudomonas) to accumulate ^{51}Cr from sea water. The CFs were determined at four accumulation times ranging from 5 to 99 h. Under the experimental conditions adopted, the CFs for bacteria are much higher than for sediments. Some leaching experiments have al so been carried out with the purpose of understanding the kind of binding of ^{51}Cr to the sediment. Preliminary results seem to indicate that ^{51}Cr is not accumulated in an exchangeable form, while being possibly bound to oxides of Fe and Mn and to carbonates. Experiments are being performed to evaluate the effect of sediment mass on the accumulation process.

* Lavoro svolto nell'ambito del contratto n° 172-76-bio 1 del programma di Radioprotezione della Commissione delle Comunità Europee.

INTRODUZIONE

II ^{51}Cr è un prodotto di attivazione che si forma nei sistemi di raffredamento dei reattori nucleari ed è quindi presente negli effluenti liquidi scaricati nell'ambiente acquatico. Il suo comportamento ed il suo destino dopo l'immissione nell'ambiente sono peraltro poco conosciuti. Il comportamento del ^{51}Cr nell'ambiente terrestre e di acqua dolce e delle relative catene alimentari è stato studiato dal Gruppo di Biologia del C.C.R. di Ispra (1975). Analoghe informazioni non sono disponibili per l'ambiente marino per cui si è ritenuto utile affrontare lo studio delle interazioni tra ^{51}Cr in soluzione come cromato, sedimenti e batteri marini.

MATERIALI E METODI

II sedimento marino è stato raccolto nel Golfo di La Spezia e contiene 1,5% di C org. , 0,9% di C inorg. , 147 ppm di Cr (DW). Un'aliquota è stata liofilizzata e di essa è stata adoperata la frazione - 80 µm in modo da avere una superficie specifica costante. Il sedimento fluviale è lo "S.R.M. 1645 - River Sediment" del NBS e contiene 5,5% di C org., 0,3% di C inorg., (2,96 ± 0,28)% di Cr (DW). Il batterio usato è di ceppo \ della nostra collezione di laboratorio (probabilmente una specie del genere Pseudomonas), fatto crescere 3 giorni in terreno liquido OZ a 20°C, raccolto per centrifugazione e lavato 3 volte con acqua di mare (SW) filtrata attraverso un filtro Millipore da 0,22 nm. La concentrazione batterica è stata determinata tramite conta su piastra sullo stesso terreno OZ reso solido con aggiunta di agar 1,5%.

La soluzione di 51Cr è stata fornita dal Radiochemical Centre di Amersham sotto forma di cromato sodico con un contenuto di Cr stabile di 7,4 Hg/ml. E1 stata fatta una prova per verificare che il 51Cr fosse effettivamente sotto forma esavalente tramite eluizione di 10 pi di soluzione radioattiva con una soluzione ammoniacale percolante lungo una colonna di gel di silice saturata con la medesima soluzione (Htfye et al., 1971).

Si è visto che il 98% di radioattività era nel liquido eluito indicando che il 51Cr della sorgente era essenzialmente sotto forma esavalente. Per gli esperimenti di accumulo si sono adoperate provette di polipropilene, 4 contenenti 7 mi di S.W. filtrata e 100 mg di sedimento e 4 contenenti 5 mi di S.W. filtrata e 2 mi di sospensione batterica lavata per un totale di cellule seminate pari a 2,5. IO9 (~ 5,5 mg FW). Per valutare l'eventualità di effetti sinergici, la sospensione batterica è stata seminata anche in una provetta contenente il sedimento. A ciascuna delle 9 provette sono stati aggiunti 100 pi di sorgente diluita con SW filtrata in modo da ottenere in ogni provetta una concentrazione di 0,0975 uCi/ml di 51Cr e 20,8 ng/ml di Cr stabile. Come bianco si è usata una provetta con 7 mi di SW filtrata e 100 µl di sorgente diluita. Le provette sono state poste in bagno termostatico a 12°C. Dopo 5, 11 e 1/2, 27 e 99 ore, due provette, una contenente il sedimento, l'altra le cellule batteriche, sono state centrifugate a 8000 rpm per IO1, lavate

con SW filtrata e centrifugate di nuovo. Per la provetta contenente batteri e sedimento è stato scelto il tempo di 99 ore. La misura della radioattività è stata effettuata sul campione totale prima delle centrifugazioni, sui 2 sopranatanti e sul residuo finale con un cristallo a pozzetto collegato a un 100 canali della Laben.

Una prova di rilascio di ^{51}Cr è stata effettuata utilizzando i sedimenti contaminati adoperati per la prova di accumulo. Ad essi sono stati aggiunti 7 ml di SW filtrata e dopo 90 ore a 12°C si è misurata la radioattività con la stessa procedura di cui sopra.

E' stata pure tentata una valutazione del tipo di legame del ^{51}Cr al sedimento tramite esperimenti di rilascio selettivo dell'isotopo mediante estrazione con: 1 mi di $MgCl_2$ 1 M (pH 7) e agitazione per un'ora per l'estrazione del Cr scambiabile (Tessier et al., 1979); 1 ml di AcOH 25% lasciato agire per 12 ore per l'estrazione del Cr legato ai carbonati ed agli ossidi di Fe nonché quello adsorbito, e 1 ml di idrossilammina 0,1 M + 1 ml di AcOH 25% fatti agire per 12 ore per l'estrazione del Cr legato, oltre che alle fasi disciolte dall'acido acetico, anche agli ossidi di Mn (Chester, 1978; Agemian e Chau, 1977). Al termine si è proceduto alle centrifugazioni come già descritto. Si eventuale è cercato anche di valutare un processo di riassorbimento del ^{51}Cr su sedimenti non contaminati.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La Tab. 1 mostra i risultati delle prove di accumulo espressi sia come percentuale di 51Cr accumulato dal sedimento o dai batteri ai vari tempi, sia come "rapporto di attività" (rapporto tra la radioattività contenuta in 1 mi di sedimento (DW) o di batteri (FW) e quella rimasta in 1 mi di S W). L'accumulo è sensibilmente maggiore nei batteri che nel sedimento sia in termini percentuali, sia come "rapporto di attività", essendo questo superiore di ~ 2 ordini di grandezza. I dati sono riportati separatamente su grafico calcolando secondo un metodo matematico, il "rapporto di attività" a tempo infinito, cioè in condizioni di equilibrio (Fig. 1 e 2). Il "rapporto di attività" estrapolato all'equilibrio coincide con il coefficiente di distribuzione come definito da Dawson e Duursma (1974) e vale nel caso descritto 41 per il sedimento e 2676 per i batteri. Moltiplicando 2676 per 5 (rapporto tra FW e DW per i batteri (Luria, I960)) e dividendo per 1,1 (densità della cellula batterica) si ottiene il valore di 12164, ossia il fattore di concentrazione per i batteri espresso come rapporto all'equilibrio tra attività g DW di biomassa batterica e attività mi di SW.

Batteri e sedimento insieme mostrano un accumulo maggiore che non separatamente, suggerendo un effetto sinergico che può essere dovuto al mantenimento di vitalità delle cellule batteriche quando incubate insieme al sedimento (infatti in questo caso la concentrazione di cellule attive dopo 99 ore è simile a quella iniziale, mentre è ridotta al 5% in assenza di sedimento). Il sedimento fluviale mostra un "rapporto di attività"

non dissimile da quello del sedimento marino. L'adsorbimento di ^{51}Cr alle pareti delle provette è risultato 1% e, poiché può ritenersi che il ^{51}Cr aggiunto all'acqua dei campioni sia rimasto sotto forma esavalente solubile (Cutshall et al. 1966; Fukai e Vas, 1969; Rapporto Euratom, 1975), si può escludere che la radioattività trovata nei batteri e nei sedimenti sia dovuta a precipitazione di $^{51}Cr^{+++}$ formatesi durante il periodo di incubazione. A titolo di confronto, notiamo che il fattore di concentrazione qui trovato per i batteri è ~ 10 volte maggiore di quello trovato da Patrick e Loutit (1976) in batteri di sedimento fluviale cresciuti in laboratorio per 7 giorni in terreno sintetico contenente 1 ppm di Cr. La concentrazione dei batteri nelle provette (~ $3{,}5.10^8$/ml) è maggiore di 2 ordini di grandezza della concentrazione trovata in campioni naturali di SW con il metodo della conta diretta per epifluorescenza (Daley e Hobbie, 1975; Griffiths et al., 1978), ma è dello stesso ordine di grandezza di quello trovato nei sedimenti superficiali naturali con la stessa tecnica (Dale, 1974; Griffiths et al., 1978; Rublee e Dornseif, 1978; Weise e Rheinheimer, 1979), per cui la concentrazione dei batteri incubati insieme al sedimento può ritenersi non molto diversa da quella dei sedimenti naturali. Ciò significa che i batteri, insieme ad altri microorganismi, possono rivestire un ruolo primario nella mobilizzazione del Cr, e in generale dei metalli, dal sedimento alla catena alimentare. E' infatti dimostrato che i batteri possono concentrare notevolmente gli elementi in tracce dall'ambiente in cui vivono (Patrick e Loutit, 1976; Jones et al., 1979) ed è altresì noto che essi costituiscono fonte di cibo importante per protozoi, filterfeeders e detritus-feeders (ad es., Fenchel e Jtfrgensen, 1977).

Nelle condizioni sperimentali descritte, l'accumulo nel sedimento è modesto. Esso però deve essere valutato tenendo in considerazione sia la bassa attività specifica della soluzione radioattiva, sia l'alto contenuto in Cr del sedimento. Pertanto si può dire che l'accumulo di Cr non è trascurabile e a questo risultato può contribuire il relativamente alto contenuto di sostanza organica del sedimento, essendosi osservato che essa gioca un ruolo importante nella fissazione dello ione cromato al suolo (Rapporto Euratom, 1975). In base a questa considerazione il sedimento fluviale, che contiene una quantità maggiore di sostanza organica rispetto al sedimento marino, dovrebbe mostrare un "rapporto di attività" più alto; ma ciò non accade verisimilmente per effetto dell'eccezionalmente elevato contenuto in Cr stabile del sedimento fluviale stesso.

Dai coefficienti di distribuzione per il sedimento ed i batteri si può calcolare, secondo Dawson e Duursma (1974), la percentuale di radioattività contenuta all'equilibrio nelle 3 fasi (acqua, sedimento, batteri). Nel nostro caso si ottiene una distribuzione del 31% nell'acqua, dell'11% nel sedimento e del 58% nei batteri, indicando che il ^{51}Cr entra preferibilmente nella catena alimentare anziché essere trattenuto nel sedimento. I valori sopra riportati sono stati ottenuti da batteri e sedimento considerati separatamente; poiché si è notato sinergismo nell'accumulo quando i batteri sono incubati in presenza di sedimento, si può pensare che le percentuali di distribuzione nel sedimento e sopratutto nei batteri siano maggiori.

I risultati dell'esperimento di rilascio (Tab. 2) evidenziano che il sedimento dopo 90 ore rilascia quantità di ^{51}Cr in relazione inversa al tempo di accumulo. Infatti un rilascio del 7,3% si ha nel sedimento rimasto in contatto con la soluzione radioattiva per 5 ore, mentre praticamente nessun rilascio si osserva per il sedimento lasciato in contatto con la soluzione di ^{51}Cr per 99 ore. Ciò può significare che un tempo di contatto più lungo determina una stabilizzazione dei legami con i quali il ^{51}Cr si lega al sedimento. Nel caso dei batteri il rilascio è intorno al 10% indipendentemente dal tempo di accumulo e si può pensare essere dovuto a lisi delle cellule morte; infatti il rilascio è quasi nullo in presenza del sedimento poiché in questa situazione i batteri rimangono vitali. Facendo agire su sedimenti contenenti differenti quantità di ^{51}Cr le varie soluzioni estraenti, si ottengono i risultati di Tab. 3. Il $MgCl_2$, che dovrebbe estrarre gli ioni adsorbiti per scambio ionico, sembra non avere alcun potere estraente (la stessa cosa è osservata da Tessier et al., 1979, nei riguardi di Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn e Fe), forse a causa del pH neutro perché la reazione di desorbimento aumenta al diminuire del pH. Potrebbe anche dipendere dal fatto che l'assorbimento del Cr sotto forma di anione cromato sia trascurabile oppure che il $MgCl_2$ abbia un qualche effetto estraente, ma che esso sia mascherato da un riassorbimento secondario. L'AcOH estrae ~ l'82% del ^{51}Cr accumulato dal sedimento, indicando che questa è la percentuale legata ai carbonati ed agli ossidi di Fe. L'AcOH + idrossilammina estrae all'incirca la stessa percentuale suggerendo che il ^{51}Cr è associato in quantità trascurabile agli ossidi di Mn. Lo stesso estraente applicato al medesimo sedimento non contaminato libera il 90% di Cr stabile (F. Bo, comunicazione personale). La discrepanza tra 90 e 82% può essere dovuta al fatto che in queste prove non è stata eseguita la seconda centrifugazione. Considerando tale fatto, si può ritenere che i dati relativi all'estrazione di Cr con AcOH + idrossilammina corrispondono per il radioattivo e per lo stabile. Poiché Rendei 1 e Batley (1980) hanno dimostrato che nel corso di estrazione selettive si possono avere fenomeni di riassorbimento, si è cercato di verificare se ciò avveniva anche nel nostro caso. La Tab. 4 mostra che l'AcOH, da solo o con idrossilammina, mantiene in soluzione praticamente tutto il ^{51}Cr essendo l'assorbimento dell'1%; sembra quindi che si possano escludere nel nostro caso significativi fenomeni di riassorbimento durante l'estrazione con queste soluzioni. Nel caso di $MgCl_2$ si nota invece un accumulo nel sedimento di oltre il 12% di ^{51}Cr in una ora, cioè un accumulo più alto di quello misurato nel caso di accumulo da SW. Lo stesso fenomeno avviene, e in maniera molto più accentuata, per il sedimento fluviale in cui l'accumulo è del 40%. Se si precondizionano i sedimenti per mezz'ora con la stessa soluzione di $MgCl_2$ e poi si aggiunge il ^{51}Cr, l'accumulo rimane ancora alto: 5,2% per il sedimento marino, 35,3% per quello di fiume. Ciò potrebbe significare che il $MgCl_2$ agisce in modo da favorire l'assorbimento di $^{51}CrO_4$.

BIBLIOGRAFIA

AGEMIAN H., CHAUA.S.Y., 1977 - A study of different analytical extraction methods for nondetrital heavy metals in aquatic sediments, Arch. Environ. Contam. Toxicol., 6, 69-82.

CHESTER R., 1978 - The partitioning of trace elements in sediments, Lecture given at Laboratory for the Study of the Marine Environment, (Fiascherino - La Spezia) on the 28th of June, 1978.

CUTSHALL N, JOHNSON V. e OSTERBERG C. , 1966 - Chromium-51 in sea water : chemistry, Science, 152, 202-203.

DALE, N.G., 1974 - Bacteria in intertidal sediments : factors related to their distribution, Limnol. Oceanogr., 19, 509-518.

DALEY R.J. e HOBBIE J.E., 1975 - Direct counts of aquatic bacteria by a modified epifluorescence technique, Limnol. Oceanogr., 20, 875-882.

DAWSON R. e DUURSMAE.K., 1974 - Distribution of radioisotopes between phytoplankton, sediment and sea water in a dialysis compartment System, Neth. J. Sea Res., 8, 339-353.

FENCHEL T.M., e J0RGENSEN B.B., 1977 - Detritus food chains of aquatic ecosystems : the role of bacteria, p. 1-58, In: M. Alexander (Ed.), Advances in Microbial Ecology, Vol. 1, Plenum Press, New York.

FUKAI R. e VAS D. , 1969 - Changes in the chemical forms of chromium on the standing of sea-water samples. J. Oceanogr. Soc. Japan, 25, 47-49.

GRIFFITHS R.P., HAYASAKA S.S., MCNAMARAT.M. e MORITAR.Y., 1978 -Relative microbial activity and bacterial concentrations in water and sediment samples taken in the Beaufort Sea, Can. J. Microbiol., 10, 1217-1226.

H0YE A. , BIRKELUND O.R. e STEINNES E. , 1971 - Purity control of sodium chromate 51Cr by separation on a Kieselguhr column, Int. J. Appl. Rad. Isotop, 22, 657-662.

JONES G.E., ROYLE L.G. e MURRAY L., 1979 - Cationic composition of 22 species of bacteria grown in seawater medium, Appl. Environ. Microbiol. , 38, 800-805.

LURIA S.E., 1960 - The bacterial protoplasm : Composition and organization, p. 1-34. In: l.C Gunsalus e R.Y. Stanier (Eds.), The bacteria, Vol. 1 Academic Press.

PATRICK F.M. e LOUTIT M. , 1976 - Passage of metals in effluents, through bacteria to higher organisms, Wat. Res., 10, 333-335.

RAPPORTO EURATOM EUR 5375 e, 1975 - The behaviour of chromium in aquatic and terrestrial food chains, 81 pp. Euratom J.R.C., Ispra (Italy).

RENDELLP.S., BATLEYG.E., 1980 - Adsorption as a control of metal concentrations in sediment extracts, Environ. Sci. Technol. , 14, 314-318.

RUBLEE P. e DORNSEIF B.E., 1978 - Direct counts of bacteria in the sediments of a North Carolina salt marsh, Estuaries, 1, 188-191.

TESSIER A. , CAMPBELL P.G.C. e BISSON M. , 1979 - Sequential extraction procedure for the speciation of particular trace metals. Anal. Chem., 51, 844-851.

WEISE W. e RHEINHEIMER G. , 1979 - Investigations by fluorescence microscopy on bacteria settlement of marine sand sediments, Bol.Mar. 22, 99-106.

TABLE 1 Accumulation of ^{51}Cr by marine sediment and bacteria

time (h)	cpm in the matrix as percentage of the initial cpm in solution				"activity ratio"			
	sea sediment	river sediment	bacteria	sediment+bacteria	sea sediment	river sediment	bacteria	sediment +bacteria
5	5,5	9,2	17,3	-	6,9	15,1	296	-
11,5	7,6	-	28,9	-	9,7	-	589	-
27	9,6	-	46,2	-	12,5	-	1142	-
99	25,5	18,5	60,5	91,4	40,2	32,3	2399	952

TABLE 2 Release of ^{51}Cr by contaminated marine sediment and bacteria

initial cpm in			% of release after 90 h from		
sediment	bacteria	sediment+bacteria	sediment	bacteria	sediment+bacteria
3636	11867	-	7,3	10	-
4850	20669	-	3,4	9,6	-
6267	28171	-	1,4	9,1	-
15056	40043	64113	0,3	11	0,4

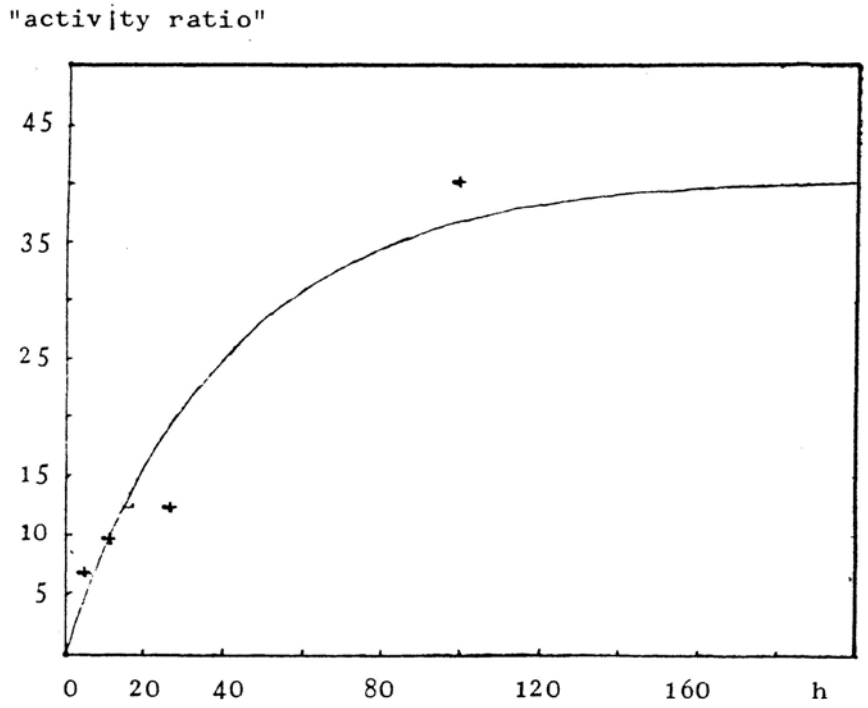


Fig. 1 - ^{51}Cr uptake by marine sediment.

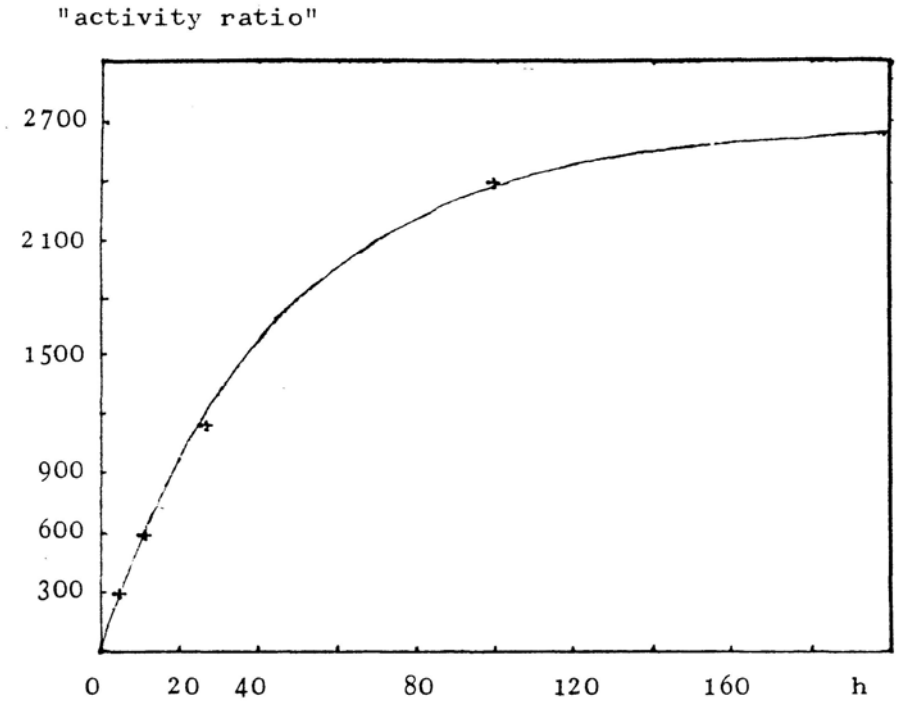


Fig. 2 - ^{51}Cr uptake by marine bacterial strain λ.

TABLE 3 Release of ^{51}Cr by contaminated sediments after leaching

Leaching solution	Initial cpm in the sediment	cpm in the supernatant	cpm in the sediment after leaching	% of retained cpm
$MgCl_2$ 1 M	13390	85	13468	100,6
AcOH 25 %	4946	4186	897	18,1
" "	2493	2095	457	18,3
AcOH 25 % + $NH_2OH \cdot HCl$ 0,1 M	733	592	130	17,7

TABLE 4 Accumulation of ^{51}Cr by uncontaminated sediments on leaching with solutions containing ^{51}Cr

Sediment	Leaching solution	cpm in the leaching solution	cpm in the 1st supernatant	cpm in the 2nd supernatant	cpm in the sediment	% of adsorption from the leaching solution
marine	$MgCl_2$	26980	22188	1739	3209	12,2
"	$MgCl_2$ after preconditioning	19179	17278	889	994	5,2
"	AcOH 25%	27820	25753	1610	478	1,7
"	AcOH 25 % + $NH_2OH \cdot HCl$ 0,1 M	26355	25539	811	339	1,3
fluvial	$MgCl_2$	19909	11394	684	7979	40,1
"	$MgCl_2$ after preconditioning	20244	12237	734	7143	35,3

DETERMINAZIONE DI ELEMENTI METALLICI IN ACQUE INTERSTIZIALI DI SEDIMENTI ACQUATICI

R. BONIFORTI*, M. CAMBIAGHI**, P. FRIGIERI**

* CNEN - LSAM - 1930 Fiascherino (La Spezia)
** CISE SpA, 20090 Segrate (Milano)

SUMMARY

The analysis of Mn, Sr, Ni, Fé, Cu, and Sb in interstitial waters (IW) extracted from sediments collected from Lake Massaciuccoli (Viareggio) and from the sea stretch extending from this lake to Cinque Terre (Northern Tyrrhenian Sea) is described. IW were extracted by refrigerated centrifuge under inert gas at 10,400 R.C.F. from surficial and deep layers of sediment cores of 35 cm length. After separation of NaCl, KC1, and CaCl2 by a Chelex 100 column, Cu, Ni, and Mn were analyzed by graphite furnace AA with Zeeman background correction, Fe by flame AA, Sb by flame AA using the method of hydride formation, and Sr by optical emission spectrometry with ICP source. The results showed significant differences between IW extracted from marine sediments and lacustrine sediments and (for Mn and Cu) differences among some surficial and deep layers of marine sediments. A tentative explanation of the behaviour observed is given.

INTRODUZIONE

La conoscenza dei fenomeni che governano il trasferimento di metalli in tracce attraverso l'interfaccia acqua-sedimento è essenziale per comprendere i cicli dei metalli in tracce negli ecosistemi marini. I compartimenti implicati in tali cicli sono l'acqua, il materiale e i sedimenti .

L'interazione acqua-sedimenti si riflette nella composizione dell'acqua di porosità, la cui composizione dipende dalla natura dei liquidi inabissarsi coi sedimenti, dalle reazioni tra fluido e particene, dalle condizioni redox dell'ambiente, dall'attività microbiologica (Wollast, 1978), nonché dalla migrazione dei fluidi nei sedimenti e dalla quantità e composizione della sostanza organica disciolta.

La composizione delle acque di porosità può differire significativamente da quella della colonna d'acqua (Sayles et al., 1973; Sayles, 1979). Si possono così formare gradienti di concentrazione che possono dar luogo a flussi diffusivi verso l'acqua di mare.

L'importanza della sostanza organica disciolta nei riguardi della concentrazione di alcuni metalli nelle acque di porosità è stata messa in

evidenza da alcuni autori (Lyons et al., 1979); Elderfield e Hepworth, 1975; Hallberg, 1980). Nel caso dei metalli che formano solfuri insolubili (ad esempio, Cu, Zn, Pb) la loro concentrazione in acqua di porosità, in base a calcoli di prodotto di solubilità, sarebbe di vari ordini di grandezza inferiore a quella effettivamente misurata. La Tab.l riporta i dati di Elderfield e Hepworth relativi ai valori di concentrazione calcolata e misurata in acque di porosità estratte da sedimenti di estuario ricchi di sostanza organica. Utilizzando i dati sperimentali della tabella e conoscendo i valori dei prodotti di solubilità dei solfuri, è possibile calcolare il prodotto della costante di stabilità del complesso per la concentrazione del materiale legante che fornisce una misura delle stabilità relative dei complessi metalli-organici. Si ha cosi in ordine di numero atomico la serie Mn<Fe<Co<Cu>Zn che è identica alla serie di Irwing-Williams che fornisce la stabilità relativa dei complessi 1:1 formati tra metalli di transizione e i leganti organici. Questa somiglianza sembra indicare che la mobilità dei metalli pesanti nei sedimenti anossici è controllata principalmente dalla sostanza organica.

L'importanza della sostanza organica è stata evidenziata anche per sedimenti emipelagici del Pacifico (Bonatti et al., 1971) caratterizzati da uno strato superficiale ossidato (Eh = +100 mV) di pochi centimetri, seguito da uno strato più profondo in condizioni riducenti (Eh = -400 mV). Questi autori, mettono in relazione le condizioni riducenti con la ossidazione della sostanza organica. Molti elementi (ad es. Mn, Ni, Co, P e La) sono arricchiti nella zona superiore, es. Cr, V, U e S) risultano arricchiti nella zona inferiore. Gli autori spiegano questo comportamento considerando le reazioni di ossido-riduzione degli ossidi e/o degli idrossidi. Se si dispongono Ni, Mn, Cu e Fe in ordine decrescente del potenziale redox a pH 8 (Pourbaix, 1963), si ottiene la successione riportata in Tab. 2. Gli elementi con valore di Eh più positivo sono quelli più facilmente riducibili.

Considerando che gli elementi in questione tendono a passare in soluzione nello stato ridotto ed a precipitare nello stato ossidato, risulta evidente l'importanza della sostanza organica presente nei sedimenti e nelle acque di porosità. E' inoltre interessante notare che questi autori non rilevano alcuna mobilità verticale al Fe e soprattutto al Cu, attribuendo tale comportamento alla immobilizzazione di questi elementi come solfuri. Ciò è in contrasto con quanto detto in precedenza per acque di porosità estratte da sedimenti di estuario e dimostra come lo studio di questi fluidi sia ancora da approfondire per comprendere i fenomeni che regolano i diversi comportamenti osservati sperimentalmente.

E', in questo contesto, evidente l'importanza che riveste la possibilità di estrarre acque interstiziali lasciandone inalterate le condizioni chimico-fisiche originali. Questo problema è di difficile soluzione. Una indagine sui metodi maggiormente usati (Boniforti, 1980) ha dimostrato che i ricercatori utilizzanti campionatori in situ sono una minoranza a causa delle difficoltà tecniche e dei costi connessi alla utilizzazione di detti campionatori; un altro problema dei campionatori in situ è la modesta quantità di acqua raccolta che può essere severamente limitante per l'analisi degli elementi in tracce. Altri metodi utilizzati sono quelli della estrazione per compressione o per

centrifugazione a temperature prossime a quelle di raccolta del sedimento ed in gas inerte. Tra le due, la centrifugazione può essere la tecnica preferibile (Chester, comunicazione personale), ma è limitata a sedimenti contenenti una relativamente alta quantità di acqua interstiziale.

In questa relazione si descriverà la determinazione di Mn, Sr, Ni, Fe, Cu e Sb in acque di porosità estratte da sedimenti marini (Golfo di La Spezia) e da sedimenti lacustri (Lago Massaciuccoli, Torre del Lago).

METODI

I sedimenti marini raccolti mediante "box corer" in acciaio inossidabile, sono stati suddivisi in strato ossidato (0-2 cm) ed in strato profondo (20-30 cm). I sedimenti lacustri, raccolti mediante carotatore in perspex a caduta libera, sono stati sotto campionati distinguendo uno strato molto riducente caratterizzato da un forte odore di H_2S (25-35 cm) dallo strato superiore (0-25 cm). Immediatamente dopo il sottocampionamento, si è continuato per 90 min. a 0°C sotto gas inerte (F.C.R. 10.400 g). Il fluido è stato poi conservato sempre in atmosfera inerte a -1°C in contenitori di polietilene.

METODI ANALITICI

La determinazione di elementi in tracce in acque di porosità presenta notevoli difficoltà dovute, oltre che alla modestia dei volumi generalmente disponibili, anche alla elevata salinità. La presenza di NaCl, KC1, $CaCl_2$ è fonte di interferenze spettrali nella determinazione di Ni, Cu, Mn e Fe mediante Assorbimento Atomico (A.A.). Si rende quindi necessaria la separazione degli elementi in analisi da questi interferenti. Le tecniche di preconcentrazione maggiormente descritte in letteratura comportano l'uso di resine chelanti scambiatrici di ioni (Kinston et al., 1980; Riley et al., 1968) oppure la complessazione e successiva estrazione con solventi (Sturgeon et al., 1980; Armannsson, 1979; Sperling, 1980). La resina più utilizzata è la Chelex-100 che è un forte chelante in grado di rimuovere gli elementi metallici anche dai complessi naturali presenti in acqua di mare. Essa non è però in grado di estrarre gli ioni metallici trattenuti nei colloidi organici ed inorganici. E1 quindi necessario trattare preventivamente i campioni in modo da distruggere i colloidi. I metodi più usati sono l'ossidazione chimica o l'irraggiamento con radiazione ultravioletta (Sturgeon et al., 1980; Sperling, 1980). In questo lavoro sono stati provati come metodi di preconcentrazione la resina Chelox-100 e la complessazione con ammonio-pirrolidin-ditiocarbammato (APDC) seguita da estrazione con metilisobutilenetene (MIBK). Il secondo metodo, a causa dei piccoli volumi di campione disponibile (30-60 cm^3) è risultato difficoltoso e ha portato a rese e ripetibilità insoddisfacenti. Il primo metodo ha invece fornito risultati accettabili e verrà quindi descritto in dettaglio.

La resina è stata lavata con 5 cm^3 di HNO_3 2,5M a cui è stato fatto seguire un lavaggio con 5cm^3 di acqua deionizzata in modo da rimuovere l'eccesso di acido. La resina è stata quindi portata in forma ammonio facendo passare 5cm^3 di idrossido di ammonio 2M e l'eccesso di ammonio è

stato eliminato facendo passare 5 cm^3 di acqua deionizzata. L'acqua interstiziale è stata filtrata in atmosfera di N_2 su filtro Millipore da 0.45 µm precedentemente lavato con 1000 cm^3 di acqua deionizzata. Si è portata la soluzione a pH 5.0-5.5 con HN_4OH o HNO_3, si è aggiunto 0.1 cm^3 di acetato di ammonio 8M in modo da tamponare il pH; e si è quindi percolata la soluzione attraverso la colonnina regolando il flusso a 1 cm^3/min. Si sono quindi fatte passare due aliquote di 5 cm^3 di acetato di ammonio 1M in modo da eluire selettivamente Ca, Na, K e Mg e si è lavato con 5 cm^3 di acqua deionizzata per eliminare l'eccesso di acetato. Si sono aggiunti infine 10 cm^3 di HNO_3 2M in modo da eluire Fe, Ni , Cu, e Mn. L'eluato è stato conservato in bottiglie di polietilene. La precisione del metodo è stata provata eseguendo 5 prove di separazioneutilizzando campioni di acqua di mare contenente 50μg^{-1} di Cu, Ni, Mn e Fe. I primi tre elementi sono stati analizzati mediante A.A., con fornetto di grafite e correttore di fondo ad effetto Zeeman (Hitachi Mod. 170-70), mentre il Fe è stato analizzato mediante A.A in fiamma (Pye-Unicam Mod. SP9). Per tutti gli elementi si sono ottenute rese superiori al 95% e ripetibilità soddisfacenti. Per l'analisi dello Sb, si è utilizzato l'A.A. in fiamma sfruttando il metodo degli idruri (Evans et al., 1979).

L'analisi dello Sr è stata eseguita direttamente sul campione mediante spettrometria ottica di emissione con sorgente I.P.C. (sistema spettrometrico costituito da un monocromatore Jobin Yvon Mod. RH 1000 e da una sorgente Plasma Therm Mod. ICP 2500). Questa sorgente, raggiungendo temperature molto elevate (~8000 K) riduce i problemi connessi con la presenza di specie chimiche molecolari difficilmente dissociabili e funziona inoltre da tampone elettronico permettendo quindi l'analisi diretta di elementi in matrici ad alto contenuto salino.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati analitici sono riportati nella Tab. 3, ove sono riportati anche i valori medi della concentrazione di Mn, Sr, Ni e Cu (Boniforti et al., 1980) relativi ai sedimenti dai quali sono state estratte le acque interstiziali analizzate. Innanzi tutto si deve mettere in evidenza la enorme differenza esistente tra sedimenti marini e lacustri per quanto riguarda il C organico ed inorganico, in contenuto di N totale, nonché il rapporto C/N. La quantità di C inorganico nel sedimento lacustre è in media ~8 volte maggiore che nel sedimento marino; tale andamento si riflette anche nel contenuto di Sr dei due sedimenti solidi (rapporto 3:1). Questo rapporto si inverte tuttavia nelle acque di porosità ove il rapporto è di -1:3. Un andamento inverso si riscontra invece per Ni e Cu. Per il Ni il rapporto medio di concentrazione tra sedimenti marini e lacustri è di ~2.36 volte mentre diventa >63 nelle acque di porosità; per quanto riguarda il Cu, i valori diventano ~1.30 e >31, rispettivamente. Per il Mn, invece, il rapporto esistente nei sedimenti (~0.43) è simile a quello nelle acque di porosità (~0.61). L1interpretazione di questi risultati è difficile, e d'altra parte lo scopo di questo lavoro è stato soprattutto quello di mettere a punto una metodologia analitica adatta all'analisi di acque di porosità. Qualche tentativo di interpretazione verrà comunque fatto, anche se non sono ancora disponibili i dati

relativi alla concentrazione di questi elementi nella colonna d'acqua sovrastante il sedimento.

Una possibile interpretazione per lo Sr può ricercarsi nel fatto che probabilmente esso è prevalentemente nella forma di carbonato (prodotto di solubilità 1.6×10^{-9}) nei sedimenti e che in essi lo Sr solfato (prodotto di solubilità 3.7×10^{-7}) è probabilmente ridotto a solfuro a causa delle elevatissime attività dei batteri solfato-riduttori, testimoniata dal forte odore di H_2S riscontrato nei sedimenti lacustri. La bassa concentrazione di Ni e Cu (inferiore comunque al limite di rilevazione del metodo) in acque di porosità lacustri è anch'essa attribuibile alla formazione dei relativi solfuri. Nel caso del Mn è possibile che la distribuzione tra sedimento e acqua di porosità sia prevalentemente definita dall'equilibrio tra MnO e MnO_2.

Per quanto riguarda un'analisi dei dati relativi ai due siti, si può osservare che per le acque di porosità di sedimenti marini vi è in molti casi una differenza significativa tra strato superficiale e strato profondo per quanto riguarda Mn e Cu; per il Mn la spiegazione proposta risiede nel già citato equilibrio tra MnO e MnO_2, mentre per il Cu è probabilmente da ricercarsi nel fatto che la capacità complessante delle sostanze umiche è massima proprio per questo elemento (Mantoura et al., 1978), e che il contenuto di C organico (preso come indice di contenuto di sostanza umica) è in generale più elevato nello strato superficiale che nello strato profondo.

BIBLIOGRAFIA

ARMANNSSON H. , 1979 - Dithizone extraction and flame atomic absorption spectrometry for the determination of Cadmium, Zinc, Lead, Copper, Nickel, Cobalt and Silver in sea water and biological tissues. Anal.Chim.Acta, 110, 21-28.

BONATTI E., FISCHER D.E., JOENSUN 0., RYDELL H.S., 1971- Postdepositional mobility of some transition elements, P, U, and Th in deep-sea sediments. Geochim.Cosmochim.Acta, 35, 189-201.

BONIFORTI R., 1980 - Problemi di campionamento e analisi di acque interstiziali. CNEN-RT/CHI 12, 9 pp.

ELDERFIELD H. , EPWORT A., 1975- Diagenesis, metals, and pollution in estuaries. Mar.Poll.Bull., 6, 85-87.

EVANS W.H., JACKSON F.J. , DELLAR 0., 1971 - Evaluation of a method for determination of total Antimony, Arsenic and Tin in foodstuffs using measurement by Atomic-absorption with atomisation in a Silica Tube using Hydric generation technique. Analyst., 104, 16-34.

HALLBERG R.O., 1980 - Recycling of heavy metals at the redoxcline In: VI International Symp. "Chemistry of the Mediterranean" 73-75 (in stampa).

KINGSTON H.M., BARNES I.L., BRADI T.J., RAINS T.C., 1978 - Separation of eight transition elements from alkali and alkaline earth elements in estuaurine and seawater with chelating resin and their determination by Grafite Furnace Atomic Absorption Spectrometry Anal.Chem. 50, 2064-2070.

LYONS Wm.B., GAUDETTE H.E., AMSTRONG P.B., 1979 - Evidence for organically associated Fe in near shore pore fluids. Nature, 282, 202-203.

MANTOURA R.F.C., DICKSON A., RILEY J.P., 1978 - The complexation of metals in natural waters. Coastal Mar.Sci., 6, 387-408.

POURBAIX M., 1963 - Atlas d'equilibres electrochimiques at 25°C, 644 pp. Gauthiers-Villars.

RILEY J.P., TAYLOR D. , 1968 - Chelating resins for the concentration of trace elements from sea water and their analytical use in conjunction with atomic absorption spectrophotometry. Anal.Chim. Acta, 40, 479-485.

SAYLES F.L., 1979 - The composition and diagenesis of interstitial solutions. I. fluxes across the sea water-sediment interface in the Atlantic Ocean. Geochim.Cosmochim.Acta, 43, 527-545.

SAYLES F.R., WILSON T.R.S., HUME N.D., MANGELSDORF P.C.JR., 1973 -In situ sampler for marine sedimentary pore waters: evidence for K depletion and Ca enrichment. Science, 18, 154-156.

SPERLING K.R., 1980 - Determination of heavy metals in sea water and in marine organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. Fresenius Z. Anal.Chem., 301, 294-299.

STURGEON R.E., BERMAN S.S., DESAULNIER S.A., RUSSEL D.S., - Pre-concentration of trace metals from sea-water for determination by graphite -furnace atomic -absorption spectrometry Talanta, 27, 85-94.

WOLLAST R., 1978 - Oxido-reduction potential and bacteriological activity in the interstitial waters. Thalassia Jugoslavica, 14(1/2), 209-212.

Tabella 1 - Confronto tra i valori di concentrazione teorica (calcolata dai prodotti di solubilità) e concentrazione sperimentale di alcuni metalli pesanti in acque di porosità estratte da sedimenti ricchi di sostanza organica. ($\mu g/dm^3$)

Elemento	Conc. Calc.	Estuario F. Tees	Estuario F. Conway	Baia di Saanich	Fattore max. di arricchimento
Cu	5×10^{-19}	3.6×10^{2}	4.9×10^{2}	7.8	10^{21}
Zn	1×10^{-6}	8.2×10^{1}	1.7×10^{2}	1.8×10^{2}	2×10^{8}
Co	2.3×10^{-3}	4.6×10^{1}	2.9×10^{2}	2.5	1.3×10^{5}
Ni	1.8×10^{-1}	-	2.9×10^{2}	5	1.6×10^{3}
Pb	7×10^{-10}	3.2×10^{2}	6.2×10^{2}	3.8×10^{3}	5×10^{12}
Mn	1.4×10^{5}**	-	2.56×10^{5}	1×10^{3}	1.8
Mn	769***				333
Fe	3.5	-	2.9×10^{2}	1.2×10^{2}	83

Calcoli eseguiti per una attività dello ione solfuro di 10^{-10}M

** Calcolato dal prodotto di solubilità riportato in: Krauskop F. Introduction to Geochemistry (1967) pp. 651 (Mc Graw Hill)

*** Calcolato dal prodotto di solubilità riportato in: Handbook of Chemistry and Physics, 58th Edn. (1977-1978) (CRC Press)

Tabella 2 - Mobilità post-deposizionale dovuta a reazioni di ossido-riduzione

Valenza	2→3	2→4	1→2	2→3
Elemento	Ni	Mn	Cu	Fe
Eh (volt)	+0.8	+0.5	+0.1	-0.2

Tabella 3 - Acque di porosità (µg cm^{-3})

LAGO MASSACIUCCOLI

Campione	C in(%)	C org(%)	N tot(%)	C/N	Mn	Sr	Ni	Fe	Cu	Sb
Centro lago (0-19 cm)	6.78	6.52	0.832	7.84	1.57	1.1	$<5\times10^{-3}$	0.05	$<5\times10^{-3}$	$<5\times10^{-3}$
Centro lago (19-34 cm)	6.62	7.38	0.878	8.41	1.25	1.5	$<5\times10^{-3}$	<0.025	$<5\times10^{-3}$	$<5\times10^{-3}$
Costa del lago(0-24 cm)	9.95	6.37	0.789	8.09	1.55	1.3	$<5\times10^{-3}$	0.05	$<5\times10^{-3}$	$<5\times10^{-3}$
Costa del lago(24-34 cm)	7.70	8.42	0.795	10.59	1.80	1.5	$<5\times10^{-3}$	0.05	$<5\times10^{-3}$	(<0.020)*
Sedimento (valori medi)	7.78	7.17	0.823	8.73	1846	871	42		27	

*Quantità di campione limitata

GOLFO di LA SPEZIA

6 Sup	0.89	1.08	0.052	20.77	1.15	4.6	0.32	0.055	0.070	$<5\times10^{-3}$
6 Prof	0.90	0.90	0.062	14.52	1.20	4.5	0.35	0.060	0.009	$<5\times10^{-3}$
2 Sup	0.75	2.56	0.119	21.51	1.05	4.5	0.29	0.035	0.014	$<5\times10^{-3}$
2 Prof	0.95	1.49	0.102	14.61	0.60	4.6	0.31	0.045	0.011	$<5\times10^{-3}$
4 Sup	1.17	1.01	0.084	12.02	0.65	4.4	0.32	0.040	0.011	$<5\times10^{-3}$
5 Prof	0.94	0.95	0.069	13.77	1.05	4.6	0.32	0.035	0.009	$<5\times10^{-3}$
5 Sup	0.58	1.42	0.074	19.19	0.42	4.5	0.32	0.050	0.012	$<5\times10^{-3}$
6 Prof	0.92	0.91	0.070	13.00	1.40	4.5	0.32	0.045	0.005	$<5\times10^{-3}$
Sedimento (valori medi)	0.92	1.29	0.079	16.17	792	245	99		35	

I valori dei "bianchi" sono sempre risultati inferiori ai limiti di rivelazione del metodo

ANALISI CHIMICA E MINERALOGICA DI SEDIMENTI MARINI, FLUVIALI E LACUSTRI RACCOLTI NELLA ZONA COMPRESA TRA IL LAGO MASSACIUCCOLI E LE CINQUE TERRE (°)

R. BONIFORTI*, R. RUGGÌERO*, F. BO**, J.C. TOUSSAINT**

* CNEN-Laboratorio per lo Studio dell'Ambiente Marino
Fiascherino (SP)
** C.C.E.- Centro Comune di Ricerca 21020 Ispra (Varese)

SUMMARY

Marine, lacustrine, and riverine sediments collected from the zone delimited by Lake Massaciuccoli and Cinque Terre were analyzed for their mineralogical and granulometrie composition as well as for their content in Cu, Ni, Cr, Sr, Fe, Al, C inorganic and C organic. Marine sediments were collected according to a geomorphological sampling scheme that, at least in principle, would allow significantly different samples to be selected; by this way it would be possible to obtain preliminary geochemical and environmental data by analyzing a limited number of samples. The aforementioned elements were analyzed in totally dissolved samples and, for the two samples expected to show the largest differences from the point of view of possible anthropogenic effects, also in the solution obtained by leaching the sediments with 0.05 N EDTA. The results showed that: (1) only Cr was unevenly distributed in the marine stretch investigated; (2) the river sediments collected approx. 0.8 km upstream the mouth of the River Magra and the marine sediments contained the trace elements analyzed in practically the same concentration; and (3) sediments collected from Lake Massaciuccoli, that contained much higher amounts of C/inorg. and C/org. than the marine sediments, contained also much higher amounts of Cu, Mn, Ni, and Co. The reverse was true of Cr.

INTRODUZIONE

Lo studio geochimico e ambientale delle coste italiane fondato su un criterio di campionamento a maglia costante è reso problematico dallo sviluppo delle coste stesse. E1 quindi importante introdurre qualche criterio che consenta di individuare le zone tra loro simili in modo da concentrare gli sforzi in zone che, almeno a grandi linee, siano tra loro

---

(°) Lavoro svolto nell'ambito del contratto n° 172-76 bioI del Programma Radioprotezione della Commissione delle Comunità Europee.

differenziate. Una simile schematizzazione è stata recentemente proposta (Anselmi et al., 1979). Essa è fondata su una conoscenza generale della struttura litologica dei bacini emersi in erosione e della struttura morfologica e sedimentologica delle coste italiane. Per brevità, si rimanda al lavoro originale per quanto riguarda la importanza delle componenti litologica e mineralogica nonché la loro distribuzione costiera. Per quanto riguarda i morfotipi costieri, gli autori citati propongono la seguente classificazione: (1) rilievi montuosi e collinari (2) terrazzi (3) pianure litoranee strette (4) pianure di fiumara (5) pianure alluvionali (6) pianure di dune, e a ciascun morfotipo attribuiscono un diverso comportamento in presenza di sorgenti di inquinamento.

Un ulteriore criterio di campionamento introdotto riguarda la profondità di raccolta dei campioni. Si individuano infatti tre profondità (-7, -25, e > -75 m) caratterizzate rispettivamente da forti influssi dell'ondazione, dalla presenza di pianure di fanerogame, e dall'accumulo di sedimenti sottili.

METODI

Criteri di campionamento

II tratto di mare a S.E. e N.O. della foce del F. Magra contiene due dei morfotipi indicati (a S.E., pianura alluvionale; a N.O., rilievi montuosi con situazione anche di baia). I rilievi montuosi contengono in successione calcari neri ti ci, rocce intrusi ve basi che, argille scagliose ecc., mentre il bacino alluvionale è alimentato soprattutto da un basamento cristallino.

All'interno poi di questo tratto di mare si sono individuati i punti che presentano le maggiori differenze dal punto di vista della composizione granulometrica e mineralogica nonché da quello dei possibili apporti del F. Magra in funzione delle correnti prevalenti in quella zona. Per valutare almeno approssimativamente l'effetto del F. Magra, si sono raccolti sedimenti di questo fiume (che raccoglie acque da un bacino prevalentemente siliceo) nonché dal suo affluente F. Vara che raccoglie le acque di un bacino a struttura prevalentemente argillosa e ofiolitica. Infine si sono raccolti sedimenti anche dal lago Massaciuccoli che è una laguna costiera dove la concomitanza di sedimentazione di frazioni sottili e di accumulo di grandi quantità di sostanza organica può dare luogo a fenomeni di accumulo di contaminanti.

L'analisi mineralogica dei sedimenti lacustri ha mostrato che contengono principalmente calcite e tracce di «-quarzo, mentre non contengono argille in misura apprezzabile. Infine si sono raccolti sedimenti nel F. Vezza (alimentato almeno approssimativamente dallo stesso bacino alimentante il L. Massaciuccoli) e nel tratto di mare antistante Viareggio. L'insieme dei dati relativi a quest'ultimi tre punti di campionamento dovrebbe permettere di verificare gli eventuali effetti di laguna in confronto ad ambienti che risentono della stessa situazione

litologica ma che si differenziano per la condizioni fisio-chimiche. In questa relazione verranno forniti i dati relativi al L. Massaciuccoli, mentre quelli relativi al F. Vezza e al tratto di mare antistante Viareggio non sono ancora disponibili. Per i campioni marini la corrispondenza tra siti di campionamento e caratteristiche mineralogiche, granulometriche e morfologiche sono riportate in Tab. 1, mentre in Fig. 1 sono indicati i punti di campionamento.

Metodi di campionamento

I campioni marini sono stati raccolti con box-corer in acciaio inossidabile, i campioni lacustri con carotatore a caduta libera in perpex, e i campioni fluviali con sessola in polietilene.

Metodi analitici

Co e Ni sono stati analizzati mediante AA con fornetto di grafite; Al, Cu, Cr, Mn, e Sr mediante quantometro ottico con sorgente ICP; il Fe mediante fluorescenza raggi X; C ed N mediante gas-cromatografo; ed infine la composizione mineralogica mediante diffrazione X. Per i metalli, la accuratezza è stata verificata con lo standard N.B.S. River Sediment. Essa è dell'ordine del 10%.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dato il criterio di discriminazione preliminare col quale è stato condotto il campionamento, ci si è limitati all'analisi del campione totale ottenuto per dissoluzione in $HC10^4 + HNO_3 + HF_3$. Per i campioni 2 e 6, raccolti in due zone maggiormente differenziate dal punto di vista dei possibili apporti antropogenici, si è eseguito anche un attacco con EDTA 0.05 N per valutare la frazione di elementi legata alla sostanza organica. I dati verranno forniti sia in ng/g (peso secco) (Tab. 2) sia come rapporto $[(E/A1)_x - (E/A1)_{6p}] / (E/Al)_{6p}$ dove $(E/A1)_x$ è il rapporto degli elementi rispetto all'Ai nei vari campioni mentre (E/Al)6p è lo stesso rapporto relativamente allo strato profondo del campione 6 considerato rappresentare la situazione 'naturale' della zona studiata (Bruland et al., 1974). Ponendo uguale a O i valori compresi tra -0.2 e +0.2, si ha la Tab. 3 la quale mostra che Fe e Mn sono distribuiti omogeneamente, Cr., Ni e Co sono quasi omogenei (con una certa tendenza dal Cu ad accumularsi nella zona 2 dove è più elevato il contenuto di C org.) mentre la distribuzione del Cr è essenzialmente disomogenea rispetto al punto di 'zero'. Lo stesso tipo di calcolo riferito allo strato profondo di ogni punto di campionamento mostra che solo per il Cr (nei punti 2 e 4) si ha un maggiore contenuto superficiale mentre per gli altri elementi non si hanno differenze o al massimo si hanno differenze solo per un punto di campionamento. E1 bene comunque mettere in evidenza che queste conclusioni possono dipendere da tipo di parametro utilizzato e dai limiti di significatività prescelti. Inoltre è da tenere presente

la possibilità di perturbazione tra strati dovuta all'intensa attività di pesca. Per quanto riguarda i sedimenti fluviali, la Tab. 4 mostra l'effetto della struttura geochimica del bacino imbrifero sui sedimenti fluviali e, sopratutto, che i valori trovati per i sedimenti alla foce del F. Magra sono praticamente eguali a quelli per i sedimenti marini, fatto questo attribuibile all' idrodinamismo prevalente nella zona.

Per quanto riguarda i sedimenti lacustri, che contengono in media 9 volte più carbonati dei sedimenti marini, un confronto è possibile solo dopo avere corretto per il contenuto di carbonati. I dati, presentati anch'essi in Tab. 4, mostrano che i sedimenti lacustri contengono molto più Cu, Ni, Co, e Mn, mentre il Cr è maggiormente presente nei sedimenti marini. Se questi dati verranno confermati anche per i sedimenti marini raccolti nel tratto di mare antistante il L. Massaciuccoli, si potrà considerare verificata la previsione di Anselmi et al. riguardante l'elevata capacità di accumulo da parte del morfotipo 5 (pianure alluvionali).

Per l'ambiente marino, invece, gli elementi analizzati sono distribuiti (ad eccezione del Cr) piuttosto uniformemente. Ciò può essere attribuito prevalentemente all'effetto del F. Magra le cui acque raggiungono e superano le zone da noi campionate (Bruschi, comunicazione personale). Nei periodo di piena si ha quindi il trasporto di notevoli quantità di materiale in sospensione che probabilmente maschera gli effetti fisico-chimici legati ai morfotipi mentre rende prevalente l'effetto litologico dei bacini dei fiumi Magra e Vara. Queste conclusioni sembrano supportate anche dai dati dell'attacco con EDTA che non evidenziano differenze significative almeno per quanto riguarda gli elementi considerati. Un raffronto tra questi dati e quelli relativi a sedimenti raccolti attorno a Cipro (Chester, 1978) e ritenuti rappresentativi di una zona non 'contaminata' mostra che i sedimenti del golfo di La Spezia contengono meno Mn, Sr, Ni e Cu, mentre contengono più Cr. E' infine opportuno confrontare questi dati con quelli relativi ad un campionamento eseguito nell'area tra Arenzano e Capo Noli (Cosma et al., 1979) dove il morfotipo è caratterizzato da rilievi montuosi e il minerale pesante principale è di diallagio, entrambe queste condizioni vendicandosi anche nel golfo di La Spezia. Il confronto (possibile solo per Mn, Cr e Cu) mostra che nella zona campionata da Cosma et al. il contenuto di Cu è circa doppio, quello di Cr circa 5 volte maggiore, mentre quello del Mn è circa 1.6 volte maggiore. Questa diversità è attribuibile al fatto che nella zona tra Arenzano e Capo Noli l'effetto litologico non viene smorzato dall'afflusso di sedimenti provenienti da un bacino, come quello del F. Magra, a scarso contenuto di metalli pesanti; lo stesso può probabilmente essere vero anche per i sedimenti raccolti attorno all'isola di Cipro, anch'essa caratterizzata dalla presenza di ofioliti (Brondi, comunicazione personale).

BIBLIOGRAFIA

ANSELMI B. , BENVEGNU F. , BRONCI A. , FERRETTI 0. , 1979 - Studi sui parametri geologici rilevanti ai fini della determinazione della contaminazione ambientale del territorio nazionale CNEN-RT/PROT, 4.

BRUIAMO K.W., BERTINE K. , KOIDE M. , GOLDBERG E.D., 1974 - History of metal pollution in southern California coastal zone, Environ. Sci. Technol., 8, 424-432.

CHESTER R. , 1978 - Partitioning of trace elements in sediments (Lecture given at the Laboratorio per lo Studio dell'Ambiente Marino on June 28th, 1978).

COSMA B. , DRAGO M. , PICCAZZO M. , SCARPONI G. , TUCCI S. , 1979 – Heavy metals in Ligurian Sea sediments : distribution of Cr, Cu, Ni, and Mn in superficial sediments, Mar. Chem., 8, 125-142.

TABELLA 1

Campione	Caratteristiche mineralogiche	Caratteristiche granulometriche	Caratteristiche morfologiche	Profondità (m)
1	illite+caolino+quarzo+calcite	sabbia grossolana e media (zona di delta)	pianura alluvionale palustre in zona di foce	17
2	clorite+interstratificati +calcite	limo +argilla (zona di piattaforma)	baia in zona di costa alta con possibili influenze antropogeniche	17
4	i.c.s.	i.c.s.	costa alta	44
6	i.c.s.	i.c.s.	pianura alluvionale-palustre	41
3	illite+caolino+quarzo	sabbia media (zona di predelta)	baia in zona di costa alta	27
5	i.c.s.	i.c.s.	pianura alluvionale-palustre	17

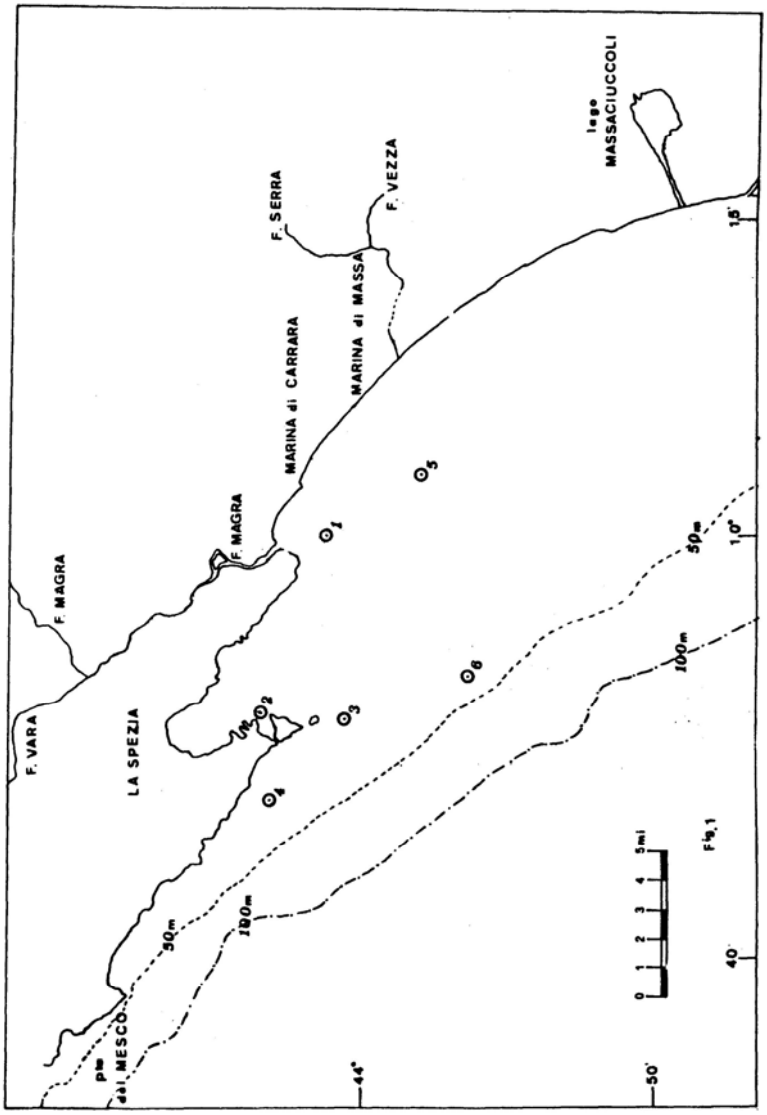


Fig. 1 Stazioni di campionamento

TABELLA 2

Metalli in tracce in sedimenti marini (µg/g DW)

Campione	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Sr	Fe %	Al %	% C in.	% C org.	% N tot.	C/N
2S	48	102	24	167	836	274	3,43	6,66	0,75	2,56	0,12	21,5
2P	51	123	29	186	830	266	3,78	7,65	0,95	1,49	0,10	14,6
2S (EDTA)	20	2	5	3	506	189	0,40	0.093				
2P (EDTA)	25	9,5	7,5	3	476	151	0,49	0,100				
6S	28	95	22	196	794	176	2,89	6,09	0,89	1,08	0,05	20,8
6P	31	103	22	107	718	214	2,90	6,10	0,90	0,90	0,06	14,5
6S (EDTA)	16	2	3	4	407	115	0,27	0,05				
6P (EDTA)	18	2	4	3	375	138	0,35	0,07				
3S	24	66	12	111	456	267	1,96	4,35	0,46	1,63	0,08	19,4
3P	23	85	20	142	731	207	2,64	5,02	1,17	0,67	0,05	12,2
4S	32	98	22	174	840	189	3,24	6,65	1,17	1,01	0,08	12,0
4P	32	93	22	145	756	244	3,17	7,08	0,94	0,95	0,07	13,8
5S	34	117	24	156	952	212	3,36	6,88	0,58	1,42	0,07	19,2
5P	29	96	22	185	937	215	3,13	7,06	0,92	0,91	0,07	13,0
1	46	108	32	166	825	293	3,80	6,74	0,89	0,80	0,04	21,0

S e P indicano, rispettivamente, lo strato superficiale e quello profondo

TABELLA 3

Valori del rapporto $(E/A1)_x-(E/A1)_{6p}/(E/A1)_{6p}$

Campione	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Fe
2S	0.41	0	0	0.43	0	0
2P	0.31	0	0	0.68	0	0
6S	0	0	0	0.84	0	0
3S	0	0	-0.22	0.46	0	0
3P	0	0.69	0	0.62	0.24	0
4S	0	0	0	0.49	0	0
4P	0	-0.22	0	(0.20)	0	0
5S	0	0	0	(0.20)	0	0
5P	0	-0.81	0	0.49	0	0
1	0.33	0	0.30	0.41	0	0

I valori compresi tra -0.2 e +0.2 sono stati posti uguali a zero. Per il Cr si sono posti tra parentesi i valori dei campioni 4P e 5S in quanto giudicati al confine tra significatività e non significatività.

TABELLA 4

Metalli in tracce nei sedimenti fluviali (µg/g DW)

Campione	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Sr	Fe %	Al %	% C in.	% C org.	% N tot.	C/N
Fiume Vara												
F2	28	229	36	303	906	195	3,05	5,92				
F5	30	223	37	369	906	178	2,96	6,58				
F7	27	244	37	560	966	197	3,14	6,11				
Fiume Magra (prima della confluenza con il fiume Vara)												
F3	27	57	12	132	486	349	2,17	5,34				
F4	21	70	14	130	610	376	2,24	5,23				
Fiume Magra (~2 Km dalla foce)												
F6	30	121	25	198	646	227	2,60	5,34				
F1	32	99	21	194	667	255	2,58	6,05				
Fiume Magra (~0,8 Km dalla foce)												
F8	35	125	25	177	744	236	2,93	6.58				
Metalli in tracce nei sedimenti lacustri (valori corretti per i carbonati) (µg/g DW)												
M4	105	64	6	117	5667	1434	1,81	5,56	9,95	6,37	0,79	8,1
M2	89	132	84	139	6434	885	3,79	7,74	6,78	6,52	0,83	7,8
M1	87	156	76	138	6442	833	3,66	7,47	6,62	7,38	0,79	9,3
M3	39	84	31	120	1979	335	4,29	6,22	7,70	8,42	0,88	9,5

N.B. I valori per lo Sr non sono corretti per i carbonati

M4: costa lago superficiale; M2: centro lago superficiale; M1: centro lago profondo; M3: costa lago profondo

DINAMICA ED EVOLUZIONE DEL LITORALE CAMPANO-LAZIALE SETTORE A SUD DEL F. VOLTURNO (°)

E. COCCO, G. CASTALDO, M.A. MAGISTRIS, T. DE PIPPO, G. D'IORIO

Istituto di Geologia e Geofisica
Università di Napoli

SUMMARY

Historical and recent shoreline changes, geomorphological and sedimentological characters of submerged beach as well as versus and velocity of longshore beach sand movement have been determined along the Tyrrhenian coast, south of the Volturno river. The shoreline to the south of the Volturno river mouth is at present in a stage of strong retreat, while more to the southward is undergoing a moderate accretion, especially north of Pineta Mare harbour. The versus of sand drift (from NW to SE) is moreover confirmed by experimental investigations using sea bed drifters during spring wind regime (drifter returns were 62%). The submarine beach is characterized by medium to very fine sands distributed in four zones parallel to the coast and largely reflecting local energy and bathymetry.

PREMESSA

Dopo un periodo quinquennale di indagini svolte nel golfo di Tarante, l'U.O. "Geologia Napoli" ha indirizzato le ricerche afferenti al Sottoprogetto Dinamica dei Litorali del CNR anche al litorale tirrenico del Golfo di Gaeta tra Cuma e Scauri.

L'esigenza di estendere le indagini ad un'altra area è scaturita sopratutto dal voler affrontare tematiche diverse rispetto a quelle del litorale Alto Ionico. In quest'area infatti, i fattori dinamici e la stessa evoluzione del litorale sono stati indagati "senza interferenze antropiche"; al contrario nelle aree del golfo di Gaeta le ricerche tendono proprio a definire il ruolo giocato dai fattori antropici (urbanizzazione costiera indiscriminata, presenza di opere portuali e di difesa litoranea) sulla dinamica litoranea. Da sottolineare inoltre l'importanza di poter rilevare tempestivamente, data la vicinanza delle aree in studio, i principali dati sedimentologici nel periodo immediatamente successivo ad eventi meteomarini di una certa importanza.

(°) Progetto finalizzato " Conservazione del Suolo ", Sottoprogetto Dinamica dei litorali. (Pubbl. N°160) Contratti CNR n. 79.1295, 80.1211.

L'area, oggetto della nostra ricerca, costituisce la porzione meridionale del Golfo di Gaeta, limitato a Nord dal promontorio di Capo Circeo e a Sud da Capo Miseno e dalle isole di Ischi a e Proci da.

Il rifornimento dei materiali clastici alle spiagge avviene principalmente attraverso i fiumi Volturno e Carigliano i cui bacini imbriferi sono impostati su terreni appartenenti ai complessi carbonatico-terrigeni mesozoici e cenozoici ed ai complessi vulcanici del Roccamonfina e in parte dei Campi Flegrei.

Dalla distribuzione dei minerali pesanti (specialmente pirosseni e granati) risulta un accentuato trasporto verso Nord ed un debole trasporto verso Sud (Gadow, 1971). La piattaforma continentale si restringe gradualmente da Nord (circa 40 Km di ampiezza) verso Sud (circa 12 Km di ampiezza) all'altezza del F. Volturno. Il suo limite (break shelf) è intorno all'isobata - 200 m. I venti che interessano prevalentemente il litorale sono quelli provenienti da W e SW; per quanto riguarda il moto ondoso, considerata l'ipotesi che la situazione del mare rispecchi quella anemometrica, si può ritenere, con buona approssimazione, che la frequenza delle mareggiate si riscontra maggiormente con venti provenienti da W e con minor frequenza da SW e da S.

VARIAZIONI DELLA LINEA DI RIVA

Dal confronto tra le carte topografiche IGM del 1890 e del 1954 (Fig. 1), si può rilevare come un sensibile protendimento abbia interessato in effetti solo una vasta area in destra e sinistra foce F. Volturno, (il complesso di foce propriamente detto è ovviamente soggetto a continue variazioni) e come tale protendimento tenda via via ad annullarsi procedendo verso S all'altezza di foce Lago Patria e verso Nord all'altezza di Mondragone (propaggini estreme del gruppo di M. Massico). I massimi valori del protendimento (100 m: 1.5 m/anno) si riscontrano all'altezza del Canale Agnena, a Nord, ed alla foce dei Regi Lagni a Sud.

La fascia litoranea settentrionale, sottesa dalla piana alluvionale del F. Garigliano, risulta pressoché stabile nel periodo esaminato; modesti protendi menti si riscontrano nella zona di M. Argento (Marina di Minturno) e nell'area prossima a Scauri. Dall'andamento della linea di riva sembrerebbe tuttavia di poter intravedere un certo protendimento procedendo da Sud verso Nord (più specificatamente da foce Garigliano verso M. Argento e da M. Argento verso Scauri). Sembrerebbe cioè di poter dedurre in quest'area, in accordo con quanto rilevato da Gadow, uno spostamento dei sedimenti da Sud verso Nord (M. Argento svolgerebbe pertanto la funzione di un pennello trasversale-naturale).

L'area costiera compresa tra Mondragone e sinistra foce Garigliano e quella a sud di foce Lago Patria (fino a Cuma) nel periodo considerato non mostrano apprezzabili variazioni.

L'evoluzione del settore costiero compreso tra Mondragone e Villaggio Pineta Mare (Fig. 2) è stata analizzata con maggiore dettaglio in base a

diverse levate aereofotografi che (1966, 1972, 1974 e 1980) usando metodologie già descritte (Cocco et al., 1976). Si osserva così un arretramento notevolissimo del complesso di foce del F. Volturno (valutabili intorno a varie centinaia di metri in sinistra foce), mentre procedendo verso Villaggio Pineta Mare, ed in misura meno accentuata verso Mondragone, si assiste ad un lento ma costante protendimento fino al 1980, con valori medi dell'ordine del metro per anno.

CARATTERI MORFOLOGICI E SEDIMENTOLOGICI DELLA SPIAGGIA SOMMERSA: DINAMICA LITORANEA.

Per lo studio dei caratteri sedimentologici e morfologici della spiaggia sommersa si è proceduto preventivamente all'esecuzione di 9 profili batimetrici trasversali alla costa intestati su altrettanti caposaldi ubicati sulla spiaggia emersa, quindi allo studio tessiturale di numerosi campioni di sedimenti marini sommersi (in totale 50) prelevati tra la battigia e la profondità di -12 m. La determinazione dello spostamento dei sedimenti (direzione e verso) è stata effettuata infine mediante uso di traccianti artificiali di fondo (sea bed drifters).

I rilevamenti batimetrici hanno permesso la stesura di una carta delle isobate dalla quale si è potuto rilevare la presenza di due distinte barre costiere: una situata alla batimetrica dei 2 m, in prossimità della foce del F. Volturno e l'altra alla batimetrica dei 5 m, lungo il tratto che va dal profilo n° 3 (lido La Plancia) fino al profilo n°9 (darsena Pineta Mare) (Fig.3). Dalle barra dei -5 m verso il largo, fino ad una distanza di 1250 m dalla riva, il fondo si presenta morfologicamente piatto con valori di pendenza notevolmente bassi, oscillanti tra il 4 ed il 6°% con un massimo dell'1% al largo della foce del Volturno. Tra la barra e la battigia, i valori di pendenza sono più alti dei precedenti, con valori compresi tra 4°% e 4%.

Lo studio dei caratteri tessi turai i ha consentito di individuare 4 fasce granulometriche procedendo dalla riva verso il largo (Fig.4):

- sabbie medie (minori di 1.75Φ)
- sabbie medio-fini (tra 1.75 e 2.25Φ)
- sabbie fini (tra 2.25 e 3Φ)
- sabbie molto fini (maggiori di 3Φ)

Ognuna di queste fasce individua un diverso tipo e livello di energia (Dal Gin et al., 1979). Le sabbie medie e medio-fini, per esempio, costituiscono i sedimenti di spiaggia, di battigia e dei fondali fino ad 1 m di profondità; esse rappresentano, quindi, l'energia del vento e quella del moto ondoso sulla battigia.

Le sabbie molto fini caratterizzano i fondali oltre i 4-5 m di profondità, al largo cioè della linea dei frangenti e, quindi, dove il livello di energia è molto basso. Le sabbie fini costituiscono i fondali con livello di energia intermedio rispetto ai due precedenti, cioè in aree in cui oscilla la linea dei frangenti delle mareggiate più frequenti.

In relazione al rapporto sabbia-pel i te si osservano, generalmente fino ai 5 m di profondità, sedimenti esclusivamente sabbiosi; a partire da tale profondità si nota un graduale aumento della frazione pelitica dal 3% (-6 m) fino ad oltre il 43% (-12 m).

Lo studio delle correnti da moto ondoso è stato eseguito mediante impiego di 180 traccianti artificiali (sea bed drifters) immessi direttamente sul fondo - debitamente contrassegnati - alla profondità di -3, -8 e -13 m, in direzione del lido "La Plancia" il giorno 8.9.1980 (Fig.5).

Per tutta la durata dell'indagine sono state effettuate misure sullo stato del moto ondoso e misure del vento. La percentuale dei recuperi è stata del 95% per i traccianti immessi ai -3 m, del 59% per i traccianti dei -8 m e del 33% per quelli immessi ai -13 m (percentuale media dei recuperi pari al 62%).

Il tempo intercorso dal lancio al ritrovamento è compreso tra 2 h, a circa 200 m verso SSE dal punto di immissione (questo per il forte mare di libeccio che si andava formando) e 20 gg a N della foce del F. Volturno.

Attraverso il rapporto tempo intercorso tra immissione e recupero e la distanza percorsa, calcolata in linea retta, è stato possibile calcolare i valori della velocità di spostamento dei traccianti. Per quelli dei -3 m si sono riscontrati valori compresi tra 0.81 cm/sec e 1.76 cm/sec; per quelli immessi a -8 m i valori sono compresi tra 0.51 e 1.33 cm/sec; infine per quelli dei -13 m i valori ottenuti oscillano tra 0.16 e 0.79 cm/sec.

I traccianti sono stati recuperati quasi totalmente in zone ubicate a SSE rispetto al punto di lancio, verso la foce dei Regi Lagni, tranne 5 drifters ritrovati a Nord.

Relativamente a questa prima indagine sperimentale si può pertanto affermare che lo spostamento dei sedimenti avviene da NNW verso SSE: ciò è d'altronde confermato dal notevole ripascimento verificatosi a nord del molo foraneo del porticciolo turistico di Coppola Pineta Mare, tra il 1974 (data di costruzione del molo) ed il 1980 (circa 10 m/anno).

CONCLUSIONI

Le indagini condotte a tutt'oggi nel settore costiero del Golfo di Gaeta, a S del F. Volturno hanno consentito di tracciare l'evoluzione storica e recente del litorale, di delineare i caratteri geomorfelogici e

sedimentologici della spiaggia sommersa e di stabilire la direzione ed il verso dello spostamento dei sedimenti sabbiosi in regime estivo.

In particolare il tratto di litorale esaminato è soggetto attualmente a fenomeni di intenso arretramento per il tratto in sinistra foce Voi turno, mentre procedendo verso Villaggio Pineta Mare si assiste ad un continuo e costante protendimento (periodo 1954-1980) della linea di riva, con massimi valori nella zona a monte del braccio trasversale del molo foraneo del porticciolo di Pineta Mare. Ciò a conferma dell'esistenza di un trasporto longitudinale dei sedimenti da nord-ovest verso sud est. Spostamento d'altra parte verificato sperimentalmente attraverso impiego di traccianti artificiali di fondo (sea bed drifters), immessi a profondità comprese tra -3 e -12 nell'area in sinistra Voi turno.

Per quanto attiene ai caratteri morfologici e sedimentologici della spiaggia sommersa, sono state messe in evidenza quattro fasce granulometriche (da sabbie medie a sabbie molto fini) procedendo dalla riva verso il largo; i fondali, caratterizzati dalla presenza di un solo cordone di barre sommerse, presentano valori di pendenza molto bassi (4-6°%).

BIBLIOGRAFIA

BARTOLINI C. e PRANZINI E., 1977 - Tracing nearshore bottom currents with sea bed drifters, Marine geology, 23, 275-284.

COCCO E. e DE PIPPO T. , 1980 - Erosione e trasporto dei sedimenti lungo il litorale metapontino (golfo di Tarante), Atti IV Cong. AIOL, Genova, (in stampa).

COCCO E, DE PIPPO T. e PENNETTA M. , 1976 - L'uso della fotografia aerea e del calcolatore elettronico nello studio degli spostamenti delle linee di costa: l'evoluzione del litorale Alto Ionico (golfo di Tarante) negli ultimi 30 anni, Boll. Soc. Geol. It. , 95.

DAL CIN R. , CALDERONI G. , SIMEONI U. , 1979 - Le spiagge di Romagna: uno spazio da proteggere, Prog. Fin. Conservazione del Suolo, sottoprogetto Dinamica dei litorali, pubbl. n° 90.

GADOW S. , 1971 - Der golf von Gaeta (Tyrrhenisches Meer). I. Die sedimente, Senckenbergiana maritima 103-133, Frankfurt a.M.

MAROSEN M.A.H. , 1979 - Circulation patterns from seabed drifter studied, Western Port and inner Bass Strait, Australia, Marine Geology, 30, 65-84.

REINECK H. e SINGH E., 1971 - Der golf von Gaeta (Tyrrhenisches meer), III. Die gefuge von Vostrand und Scheifsedimenten. Senckebergiana maritima, 3, Frankfurt a.M.

STUIVER M. e PURPURA J.A., 1970 - Application of fluorescent coated sand in littoral drift and inlet studies, Coastal Engineering, 1, 307-321.

WUNDERLICH F., 1970 - Die insel Ischia als Sediment-Spender, Natur. u. Mus., 100:Frankfurt a.M.

WUNDERLICH F. , 1971 - Der golf von Gaeta (Tyrrhenisches meer) II. Strandaufbau und Stranddynamik, Senckenbergiana mari ti ma 3, Frankfurt a.M.

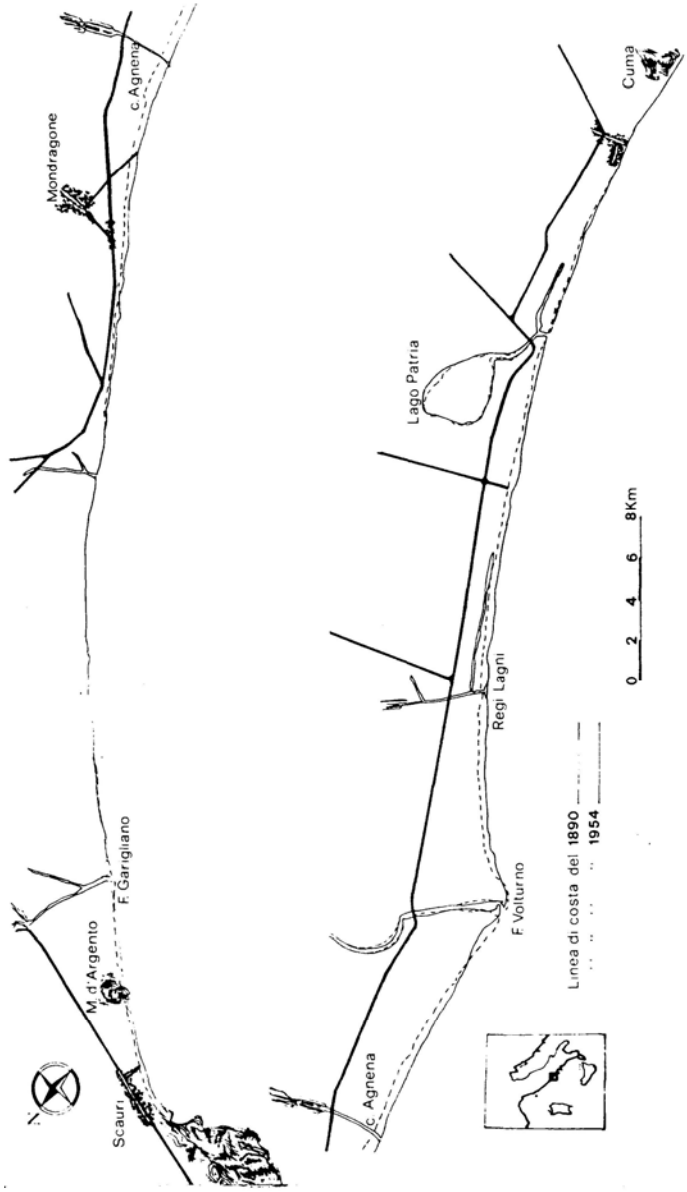


Fig. 1 - Variazioni della linea di riva (1980-1954) del litorale compreso tra Scauri e Cuma e ubicazione dell'area in studio.

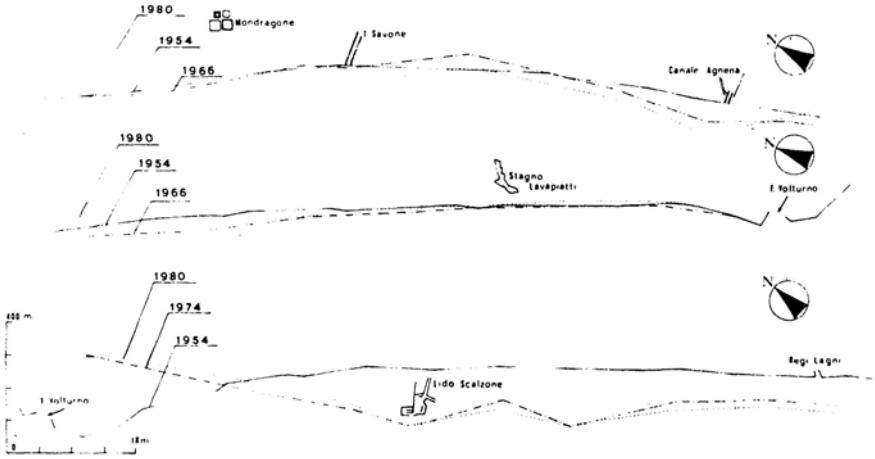


Fig. 2 - Variazioni della linea di riva (1954-1980) del tratto Mondragone Regi Lagni (dalle levate aerofotografiche).

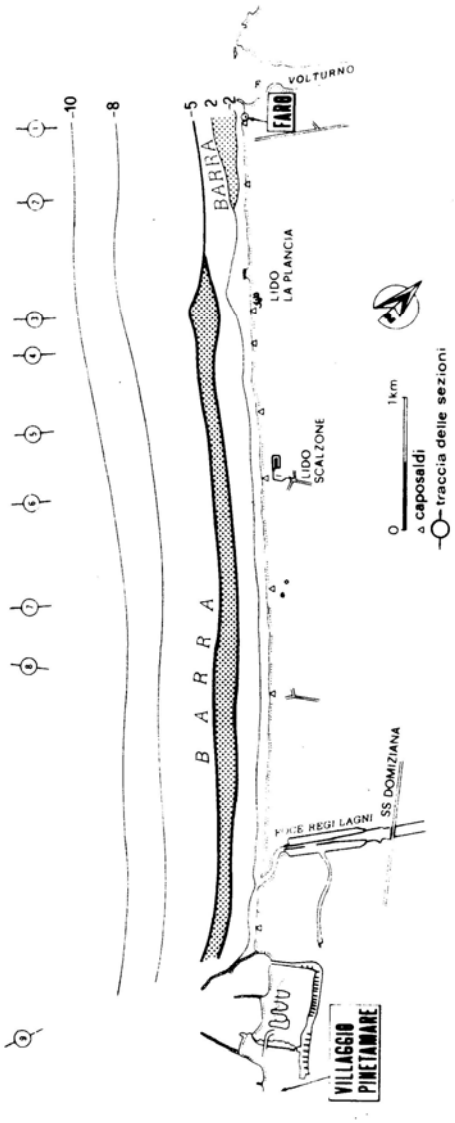


Fig. 3 - Batimetria della spiaggia sommersa compresa tra il F. Volturno ed il Villaggio Pinetamare. Da notare la presenza di due distinti ordini di barre costiere (puntinato), a -2 m ed a -5 m.

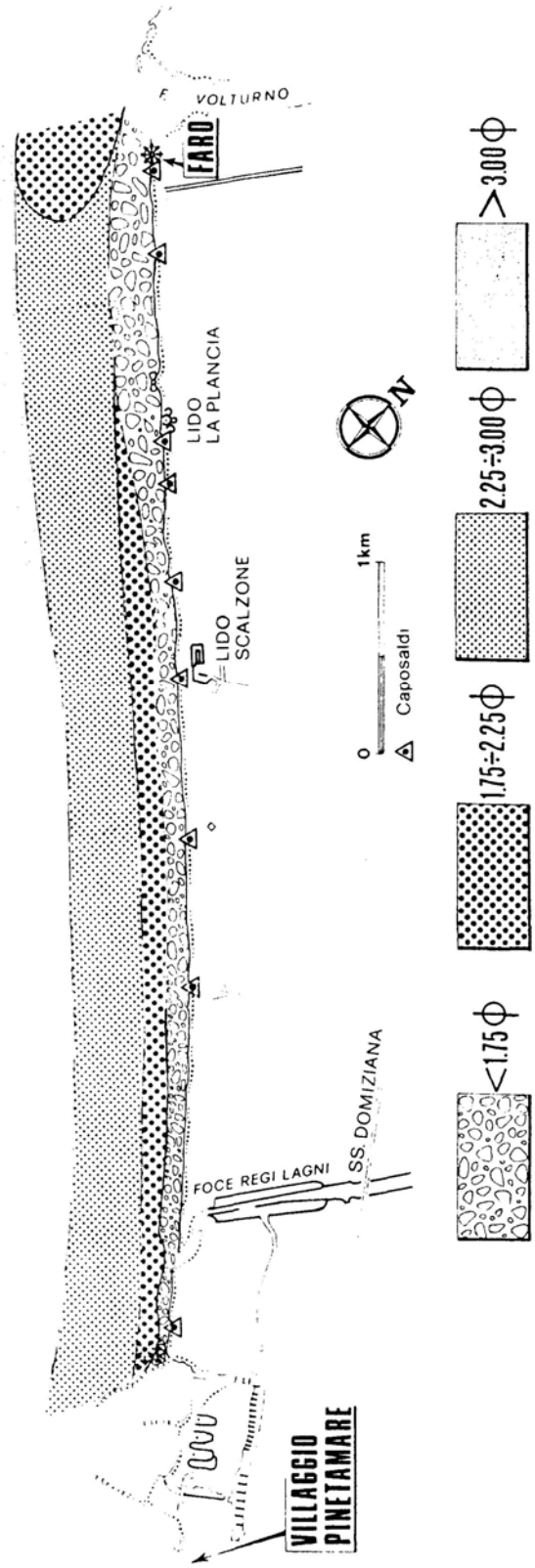


Fig. 4 - Distribuzione granulometrica dei materiali della spiaggia sommersa (da sabbia media a sabbia molto fine).

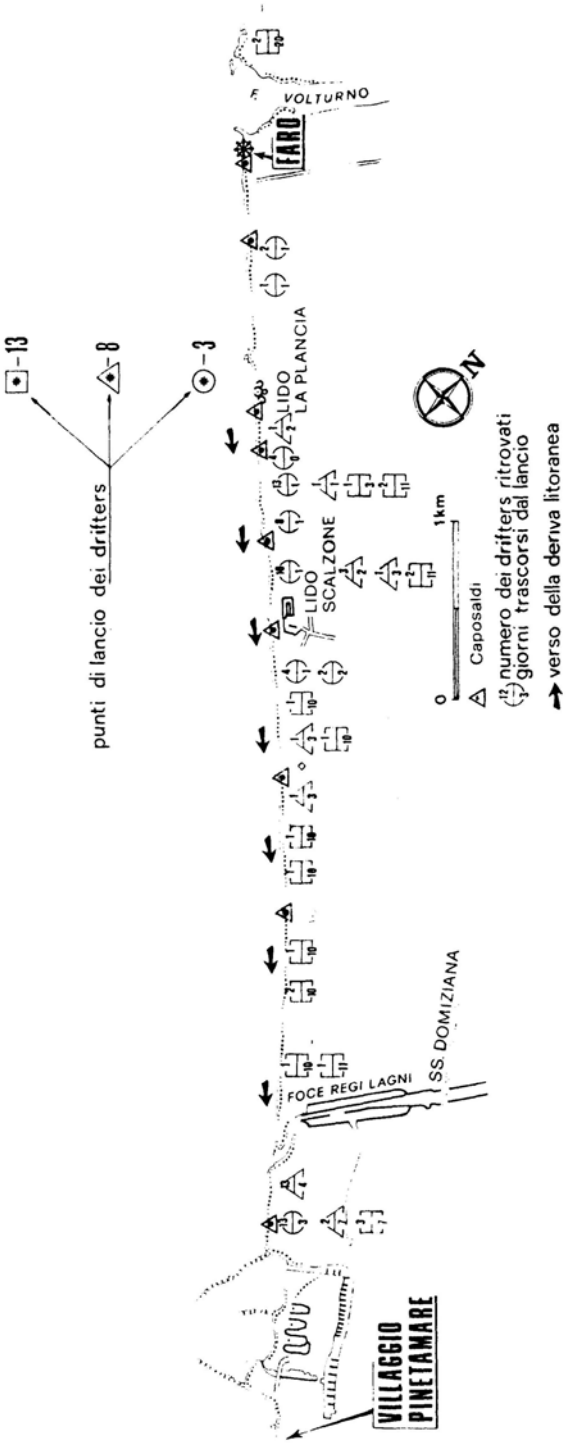


Fig. 5 - Punti di immissione e recupero dei tracciantì artificiali di fondo (sea bed drifters) lungo il litorale compreso tra la foce del F. Volturno e Villaggio Pinetamare.

EROSIONE E TRASPORTO DEI SEDIMENTI LUNGO IL LITORALE METAPONTINO (GOLFO DI TARANTO) (*)

E.COCCO, T. DE PIPPO

Istituto di Geologia e Geofisica, Università di Napoli

SUMMARY

The data analisys of seasonal surveys along the coast between Rasento and Bradano river mouths (Gulf of Taranto - Southern Italy) point out high rates of coastal erosion, versus and velocity of longshore sediment transport. The shoreline retreat averages 4,5 m/year, the dune line about 5,5 m/year while the loss of sandy sediments is of about 10 m^3/m for year reaching a total of 15 x 10^4 m^3/year over the whole studied coastal segment. The versus of sand drift (from SW to NE) is moreover confirmed by experimental investigations using sea bed drifters and fluorescent dyed sands during the summer and before the onset of the winter regime. Drifter returns were 65 %, with speed < 1 cm/sec.

INTRODUZIONE

Come già esposto in precedenti pubblicazioni, il settore litoranee compreso tra il F. Basente ed il F. Bradano (Alto Ionio) è soggetto attualmente ad accentuati fenomeni di erosione, in special modo nel tratto Metaponto Lido - Foce Bradano dove si assiste ad un allarmante arretramento della spiaggia e del cordone dunare fissato da vegetazione arborea. In questo lavoro vengono illustrati sinteticamente i risultati delle ricerche condotte nel periodo aprile 1977 - marzo 1979, principalmente per quanto attiene al grado di erosione emersa (in termini di volumi di materiali perduti) e alla determinazione sperimentale del verso e della intensità della deriva dei sedimenti.

EROSIONE COSTIERA

L'evoluzione quantitativa della spiaggia emersa è stata studiata mediante l'esecuzione ripetuta di 15 profili topografici ancorati ad altrettanti caposaldi posizionati, a distanza variabile, al di là dei cordoni dunari verso 1'entroterra.

Nel grafico di Fig.l sono illustrati gli spostamenti della linea di riva e della linea di duna, nonché le variazioni dell'ampiezza della spiaggia

(*) Progetto Finalizzato Conservazione Suolo, Sottoprogetto Dinamica Litorali. Contratti C.N.R. nn. 79.1295; 80.1211.

tra la battigia (reference point) ed il piede duna.

Si ricorda che le campagne di rilevamento topografico effettuate nel biennio 1977/1979 sono state complessivamente 7; per comodità di esposizione si riportano le variazioni intervenute a scadenza annuale.

La linea di riva e la linea di duna sono in arretramento in quasi tutto il settore litoranee con continua diminuzione dei volumi totali di materiali sabbiosi della duna. D'altra parte si assiste, tranne che per il settore centrale dell'area presso il Lido di Metaponto, ad un aumento dell'ampiezza della spiaggia cui fa riscontro un corrispondente aumento dei volumi dei materiali, in misura contenuta nell'area meridionale (verso Foce Basento) ed in misura più evidente nell'area settentrionale (verso Foce Bradano).

Ciò non deve destare meraviglia in quanto la spiaggia a causa dell'arretramento del cordone dunare, si imposta dopo ogni mareggiata su aree guadagnate alla duna; un tale "recupero" planimetrico cui fa seguito a luoghi un "recupero" altimetrico presso il piede duna, comporta un conseguente aumento dei volumi dei materiali della spiaggia.

Un tipico esempio ad illustrazione di quanto detto è rappresentato in Fig.3: i profili n.10 ed 11 evidenziano da una parte l'arretramento della linea di riva e della linea di duna con conseguente forte diminuizione dei volumi dei materiali dunari (Tab.l), e dall'altra un aumento dell'ampiezza della spiaggia (nel caso del profilo n.10) seguito da un aumento dei volumi dei materiali di spiaggia.

Il volume di materiale asportato dal litorale (spiaggia + duna) in corrispondenza di ciascuna sezione topografica è mediamente pari a 28 me per metro lineare di spiaggia (14 mc/anno).

E' interessante notare come un valore pressoché simile si possa ottenere per via grafico-analitica, considerando l'intero settore litoranee in esame suddiviso in 14 celle principali i cui estremi sono rappresentati dalle sezioni topografiche di base; all'interno di tali celle è possibile costruire, per interpolazione, altre sezioni trasversali alla costa in corrispondenza delle quali possono essere analiticamente calcolate le variazioni di volume per unità di superficie, ed in ultima analisi le variazioni di volume dell'intera cella. Per la cella limitata dai profili n.10 ed 11 (Fig.4) ad esempio il volume totale di materiale eroso in due anni è pari a circa 4.500 mc.

DRIFT LITORANEO

Allo scopo di ottenere da un lato una verifica sperimentale sulla direzione del drift litoranee riconosciuto già per altre vie (da SW verso NE) e dall'altro dati significativi sulla velocità di spostamento dei sedimenti, sono state effettuate ripetute indagini con impiego di traccianti artificiali di fondo e di sabbie fluorescenti.

Traccianti di fondo (sea bed drifters)

Una prima immissione di traccianti artificiali di fondo (sea bed drifters) è stata effettuata nel luglio 1978 in corrispondenza del canale irriguo di Metaponto Lido alle profondità di -4, -6, -10 m (33 drifters per ciascun punto di immissione).

I drifters sono stati recuperati in un intervallo di tempo compreso tra 2 e 33 gg nella zona tra il punto di lancio e la foce del F.Bradano (NE) in percentuale del 65% rispetto a quelli immessi. Oltre il 35% dei traccianti è stato rinvenuto tra i profili 9 ed 11, proprio nella zona soggetta ad erosione costiera più intensa. Non sono stati recuperati drifters a SW della zona di lancio né oltre il F. Bradano. Da notare che tra il 18mo ed il 32mo giorno dal lancio non sono stati rinvenuti traccianti e che gli ultimi due (entrambi immessi ai -10 m) sono stati rinvenuti al 32mo giorno in corrispondenza del profilo 10 ed al 33mo giorno in corrispondenza del profilo 14.

Una seconda immissione di traccianti è stata effettuata nel marzo del 1979 sempre in corrispondenza del canale irriguo di Metaponto Lido (gruppi di 33 drifters rispettivamente a profondità di -4, -6 e -10 m) ed in corrispondenza del caposaldo N.12, cioè nelle immediate vicinanze della testata del canyon principale afferente alla Valle di Tarante (25 alla profondità di -3 m e 25 alla profondità di -6m). I drifters immessi nella zona di Metaponto Lido sono stati recuperati in percentuale del 34% in un intervallo di tempo compreso tra i 3 e gli 8 giorni dall'immissione. La maggiore percentuale di ritrovamento, circa il 29% si è avuta al VI giorno dall'immissione in concomitanza con una mareggiata piuttosto intensa che ha interessato il litorale (mare forza 6, direzione di provenienza dei flutti da SE con velocità massima del vento di oltre 65 Km/h, altezza d'onda di 4-5 m e periodo di circa 3").

Dei drifters immessi nella zona in corrispondenza del caposaldo n.12 si è avuto un solo recupero al VI giorno e ad una distanza di circa 400 m a NE dello stesso caposaldo.

Dall'ottavo giorno dal lancio non sono stati recuperati altri drifters pur essendo assicurata la presenza in loco da parte di ricercatori dell'U.O. fino al 30mo giorno dal lancio, né si è avuto successivamente alcuna segnalazione di rinvenimento da parte di gente del luogo.

Dalla relazione funzionale che lega la velocità di spostamento del drifter a quella dell'acqua di fondo, facendo il rapporto tra distanza percorsa e tempo impiegato a percorrerla si avrebbero complessivamente velocità di spostamento dei traccianti, per le tre profondità e per i diversi periodi considerati, comprese tra 0.12 cm/sec e 0.74 cm/sec.

Da dati inediti in nostro possesso, rilevati da correntometri ancorati alla profondità di -6 m risulta che in periodo invernale le velocità di fondo sono comprese tra pochi cm e 40 cm/sec, mentre in periodo estivo risultano comprese tra pochi cm e 20 cm/sec.

Sabbie fluorescenti

Nell'ottobre del 1978 sono stati immessi, nell'area in sinistra foce Basento, 300 Kg di sabbie colorate artificialmente con Rodamina B secondo le tecniche illustrate da Ingle (1966). Le sabbie erano state

precedentemente prelevate nella medesima zona sulla battigia e sulla spiaggia emersa. L'immissione è stata effettuata direttamente da un sommozzatore, in un'area delle dimensioni di m 40 (parallelamente alla costa) per m 10 (trasversalmente), alla profondità di un metro alla distanza di circa 100 metri dalla linea di riva. Non è stato possibile depositare le sabbie sul fondo in sacchetti idrosolubili come suggerito da Stuiver e Purpura (1970) per la impossibilità di reperirli sul mercato italiano ed estero.

I punti di campionatura, sono stati ubicati a NE della zona di immissione in relazione all'andamento già riconosciuto del drift litoranee, come già accennato prima. A completezza delle indagini tuttavia due stazioni di campionatura sono state ubicate a SW, nell'area in destra foce Basente.

I campioni sono stati prelevati quotidianamente sulla battigia e a -1 m per un periodo di 5 gg; sopravvenute condizioni meteorologiche particolarmente avverse hanno impedito la prosecuzione del prelievo.

I campioni sono stati esaminati in toto con l'ausilio della Lampada di Wood previa essiccatura: si sono conteggiati tutti i granuli fluorescenti presenti e la loro concentrazione è stata espressa quindi in numero di granuli per Kg di campione prelevato. I granuli sono stati rinvenuti esclusivamente in campioni prelevati a NE rispetto al punto di immissione; nessun granulo è stato rinvenuto in sinistra foce Basento.

La concentrazione totale di granuli diminuisce sensibilmente dal primo al quinto giorno di campionamento mentre si osserva nel contempo uno spostamento sottocorrente (verso NE) dei massimi di concentrazione. Tracciando le curve di concentrazione dei granuli fluorescenti in base alla localizzazione di tali massimi si può calcolare (Stuiver e Purpura, 1970) la velocità di migrazione delle particene mediante la semplice formula: $V = \gamma x/\gamma t$ dove γx è lo spazio percorso e yt il tempo impiegato a percorrerlo (tempo intercorso tra immissione e campionamento). Nel nostro caso scegliendo le curve relative a due campionature successive (tra il IV ed il V giorno dall'immissione) si avrebbe una velocità di spostamento delle particene pari a 0.23 cm/sec.

CONCLUSIONI

L'analisi dei dati rilevati durante le campagne stagionali effettuate sul litorale metapontino, tra i fiumi Basente e Bradano, consente di confermare da un lato il grado di erosione accelerata cui il settore costiero è soggetto e dall'altro di verificare l'intensità e verso della deriva dei sedimenti. In particolare la linea di riva è arretrata mediamente di oltre 4.5 m/anno e la linea di duna di oltre 5.5 m/anno, con un'asportazione di materiali sabbiosi dalla spiaggia mediamente di oltre 3 mc/anno/m lineare e dalla duna mediamente di oltre 10 mc/anno/m lineare (circa 150.000 me/anno per l'intero litorale). Va inoltre confermato che il settore maggiormente colpito è quello tra Metaponto Lido e foce F. Bradano.

Per quanto riguarda la deriva dei sedimenti lungo costa, le indagini sperimentali effettuate mediante impiego di traccianti artificiali di fondo e di sabbie fluorescenti hanno consentito di determinare che il drift litoranee, sia in estate che in inverno, è da SW verso NE e che i sedimenti si muovono generalmente con velocità inferiori ad 1 cm/sec.

BIBLIOGRAFIA

AMORE C., COCCO E., de MAGISTRIS M. A., DE PIPPO T. , GIUFFRIDA E., 1979 - Variazioni morfologiche e quantitative della spiaggia emersa e sommersa dell'area campione Alto Ionio (Golfo di Tarante). Boll. Sed. Acc. Gioenia Sc: Nat. Catania, IV, XIV, Fase. 1°.

BARTOLINI C., PRANZIMI E., 1977 - Tracing nearshore bottom currents with sea-bed drifters. Marine Geology, 23, 275-284.

BENASSAI E., CATALDO P. , RAGONE A. , 1973 - Indagine meteomarina sul litorale ionico tra Capo Spulico e Punta Rondinella. Rapporto interno, pp. 30, C.N.R. Programma speciale Conservazione suolo.

CARLIN F. , DAI PRA G. , MAGRI G. , TAZIOLI G.S., 1975 - Ricerche sul trasporto solido litorale alla foce del F. Sinni (Golfo di Tarante). Geol. Appl. e Idrogeol. , X, pp. 189-204.

COCCO E., 1976 - The Italian North Ionian coast: tendency toward erosion. Marine Geology, 21, 49-57.

COCCO E., DE PIPPO T. , D'IORIO G. , 1978 - Prime osservazioni sulla morfologia della piattaforma continentale prospiciente il litorale metapontino (Golfo di Tarante). Atti del 3° Congresso A.I.O.L.

COCCO E., de MAGISTRIS M.A. & DE PIPPO T. 1978 - Studi sulle cause dell'arretramento della Costa Lucana Ionica: I. - L'estrazione degli inerti lungo le aste fluviali. Mem. Soc. Geol. It., 19, pp. 369-376.

INGLE J.C. Jr. , 1966 - The movement of beach sand - Developments in Sedimentology. Elsevier Publishing Company. Amsterdam-London-New York, 5, 221 pp.

KADIB A.A., 1972 - Rate of sediment motion using fluorescent tracer, Coastal Engineering. II, 985-1003.

KNOTH J.S. & NUMMEDAL D., 1977 - Longshore sediment transport using fluorescent tracer. ASCE - Coastal Sediments '77. pp. 383-398.

STENBERG R.W., 1979 - Circulation patterns from seabed-drifter studies, Western Port and inner Bass Strait, Australia. Marine Geology, 30, 65-84.

STUIVER M., PURPURA J.A., 1970 - Application of fluorescent coated sand in littoral drift and inlet studies. Coastal Engineering. Vol. I, 307-321.

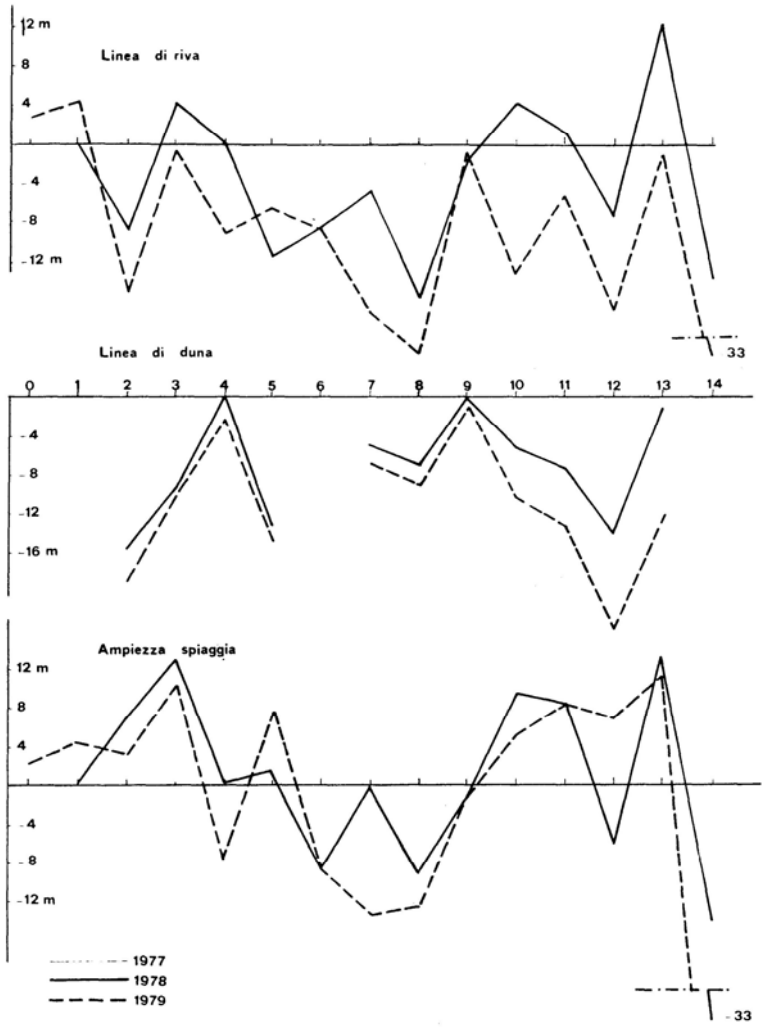


FIGURA 1

Variazioni della linea di riva, della linea di duna e dell'ampiezza della spiaggia emersa. I valori negativi indicano arretramento (distanza tra profili non in scala).

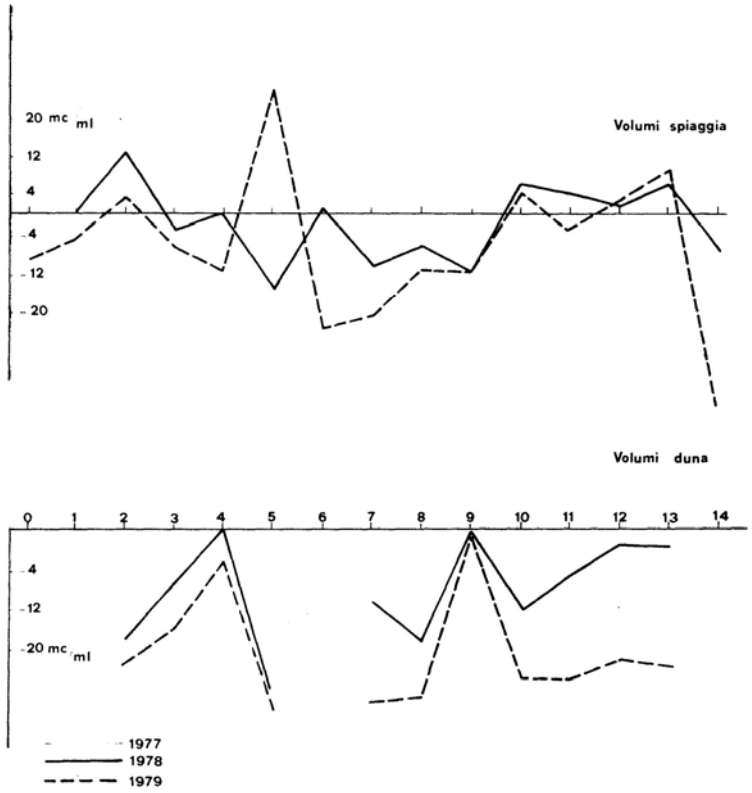


FIGURA 2

Variazioni volumetriche della spiaggia e della duna (in mc/m lineare di costa; i valori negativi indicano diminuizioni).

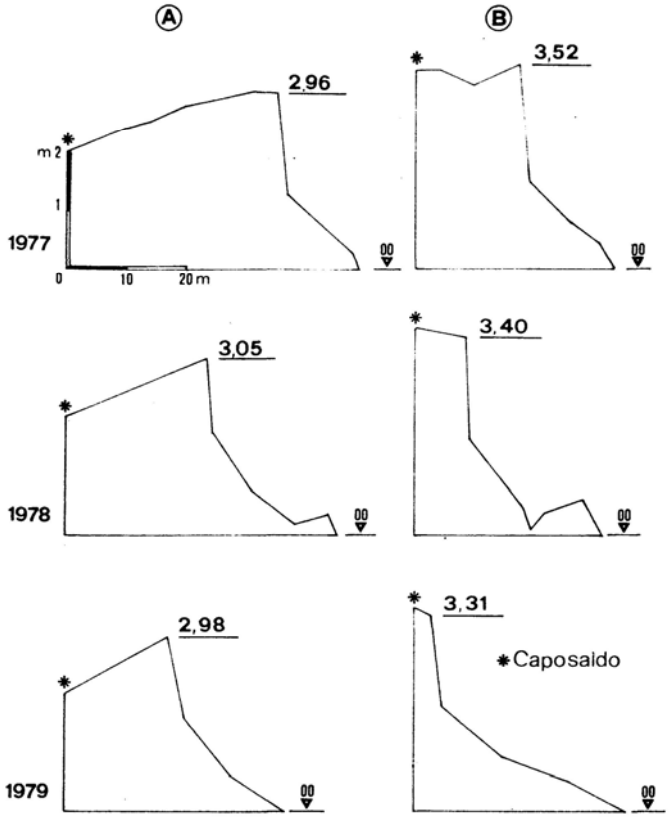


FIGURA 3

Variazioni morfologiche dei profili topografici trasversali alla linea di costa durante il periodo 1977-79. A - Profili n°.10; B - Profili n°.11.

TABELLA 1

Tabella riassuntiva delle variazioni della line di riva (A), della linea di duna (B), dell'ampiezza spiaggia (C) (espresse in mt) e dei volumi dei materiali della spiaggia (D) e della duna (E) (espresse in mc/m lineare di costa).

Sezioni	A	B	C	D	E	Erosione o apporto totale
0	+ 2.32	==	+ 2.32	- 9.09	==	- 9.09
1	+ 4.12	==	+ 4.12	- 5.51	==	- 5.51
2	- 15.23	- 19.0	+ 3.77	+ 3.74	- 27.44	- 23.70
3	- 0.26	- 10.70	+ 10.44	- 6.46	- 20.0	- 26.46
4	- 9.14	- 2.0	- 7.14	- 11.52	- 6.34	- 17.86
5	- 6.23	- 14.10	+ 7.87	+ 26.08	-34.65	- 60.73
6	- 8.45	==	- 8.45	- 22.94	==	- 22.94
7	- 17.51	- 6.74	- 13.20	- 21.12	- 34.86	- 55.98
8	- 21.59	- 9.0	- 12.59	-11.39	- 33.97	- 45.36
9	- 0.74	- 0.40	- 0.94	- 11.58	- 1.69	- 13.27
10	- 13.42	- 10.19	+ 5.29	+ 4.48	- 30.21	- 25.37
11	- 5.34	- 13.49	+ 8.15	- 3.18	- 30.37	- 33.55
12	- 16.89	- 24.0	+ 7.11	+ 2.44	- 25.74	- 23.30
13	- 1.17	- 12.60	+ 11.43	+ 8.18	- 27.70	- 19.52
14	- 33.0	==	- 33.0	- 39.98	==	- 39.98

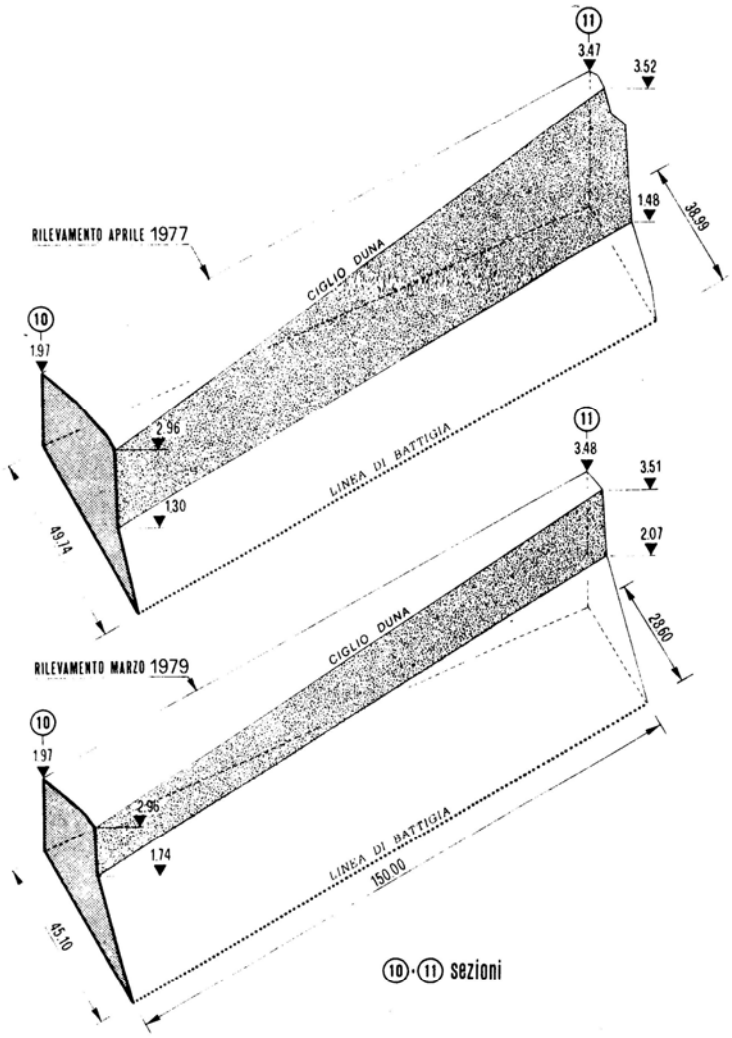


FIGURA 4

Rappresentazione del segmento costiero compreso tra i profili n°.10 e 11 per la detemrinazione grafico-analitica delle variazioni volumetriche della spiaggia e della duna (periodo 77/79).

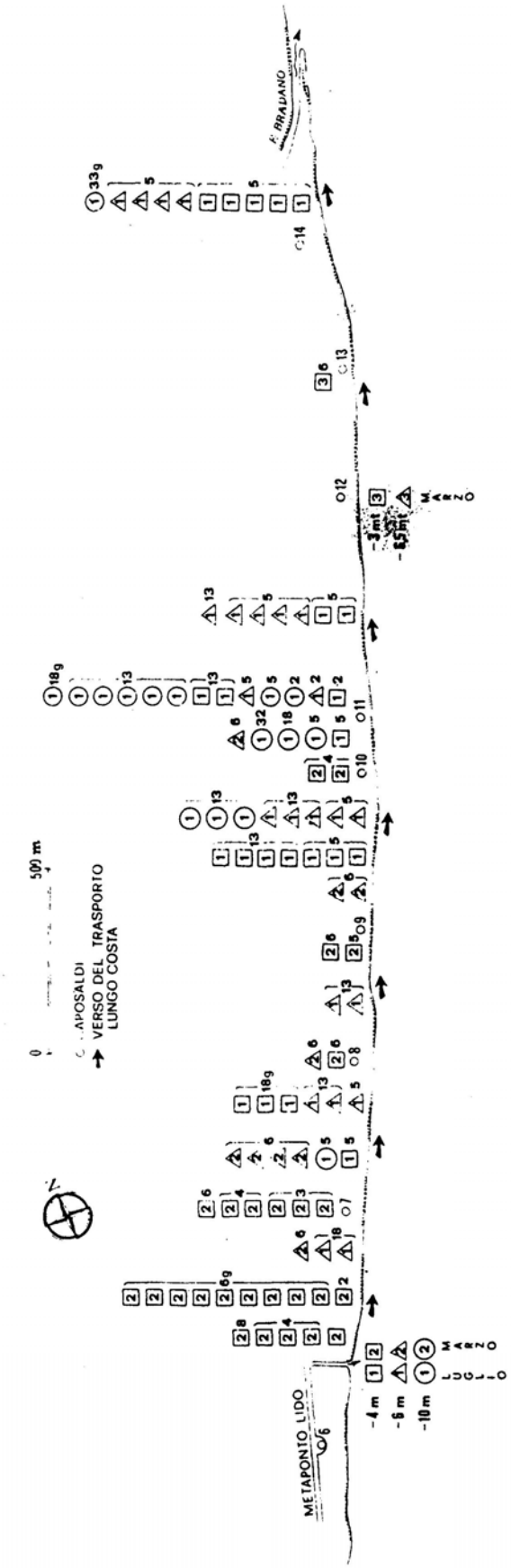


FIGURA 5

Punti di immissione e di recupero dei traccianti artificiali di fondo (sea bed drifters) nel tratto di litorale compreso tra Metaponto Lido).

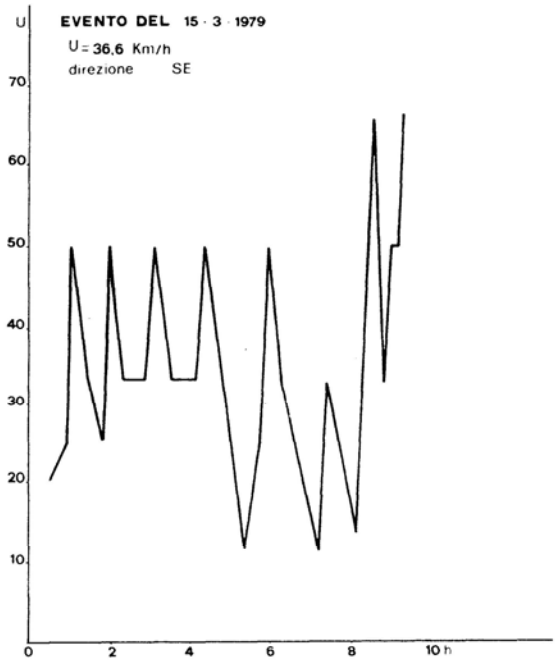


FIGURA 6

Rappresentazione della velocità del ve,to durante la mareggiata del marzo 1979. (Dati registrati dall'anemografo posizionato a Metaponto Lido).

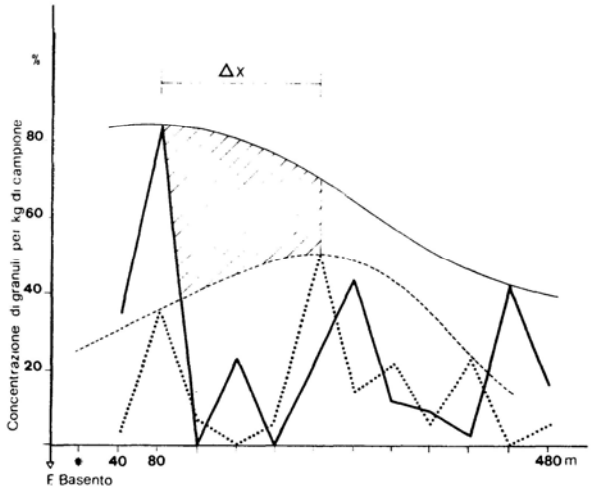


FIGURA 7

Determinazione della velocità di spostamento dei sedimenti in funzione dello spospamento dei massimi di concentrazione dei granuli fluorescenti. (Linea continua: curva riferita al IV giorno di campionamento, linea punteggiata: V giorno).

ATTI
DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA
(A.I.O.L.)

dal 1° Gennaio 1979 al 31 Dicembre 1980

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELLA ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A GENOVA IL 20 GIUGNO 1979 PRESSO L'ISTITUTO DI GEOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ'.

Alla riunione, che inizia alle ore 10, sono presenti i Prof.ri D. Bregant, F. Cinelli, R. De Bernardi, A. De Maio, G. Fierro (Presidente), P. Franco e R. Frache (Segretario). E' assente il Prof. M. De Domenico per grave lutto familiare.

Il Consiglio approva, su proposta del Presidente, la nomina a Segretario-Tesoriere del Prof. Roberto Frache dell'Istituto di Chimica dell'Università di Genova. Su indicazione del Presidente, il Consiglio discute la situazione finanziaria in relazione sopratutto al costo della stampa degli Atti del III Congresso AIOL, previsto intorno agli 8 milioni. Si decide quindi di chiedere ai Comitati di consulenza per le Scienze Fisiche, Chimiche, Biologiche e Geologiche del CNR un contributo di 1 milione per la stampa degli Atti e, in seguito, di inoltrare una richiesta anche ai Direttori dei Programmi Finalizzati del CNR "Oceanografia e fondi marini" e "Conservazione del suolo". Nel corso della discussione viene anche valutata l'opportunità di stampare gli Atti in offset ma ci si riserva di attuare questo sistema per il prossimo Congresso.

Il Consiglio discute ed approva il suggerimento del Presidente di proporre l'associazione all'AIOL ad un certo numero di Enti e Società con lo scopo di interessarle alla vita dell'Associazione stessa e, anche, di ottenere un eventuale contributo finanziario.

Il Consiglio passa quindi a discutere l'organizzazione della Assemblea annuale dei Soci. Dopo una ampia valutazione delle varie possibilità si decide di convocare l'Assemblea per la mattina di Martedì* 18 dicembre 1979 a Roma. Per evitare che l'incontro sia limitato alla sola Assemblea e considerando la scarsa partecipazione a quella del dicembre 1977, si decide di iniziare l'incontro nel pomeriggio del giorno precedente (Lunedì' 17) con una Conferenza (Oratori proposti: Disteche, Lacombe, Nihoul) e, di seguito, in adesione alla richiesta dei Soci, con il proseguimento della Tavola Rotonda "Intercaliorazione di metodologie fisiche in oceanografia" coordinata dall'Ing. F. de Strobel e già iniziata al Congresso di Sorrento. In caso di impossibilità del Ing. de Strobel, che darà conferma entro fine luglio, si valuterà l'opportunità di organizzare un dibattito su "Studio della fattibilità di un corso posti aurea di oceanologia".

Nel corso dell'Assemblea, in Consiglio proporrà l'evevazione da L. 50000 a L. 150000 per la quota associativa per Società ed Enti e la nomina a Soci onorari dei Prof.ri Nihoul, Düing, Ried1, Tonolli e Disteche.

Il Consiglio discute inoltre l'opportunità di prendere contatti con le Associazioni similari straniere e da mandato al Dr. De Bernardi di prendere contatto con l'Editor di Limnology Oceanography.

II Consiglio decide infine di inviare una circolare ai Soci in cui, unitamente ad alcune notizie riguardanti la vita dell'Associazione, siano sollecitate le iscrizioni per l'anno 1979 e per eventuali anno arretrati in conformità a quanto deciso nell'Assemblea Generale tenutasi a Sorrento.

La riunione termina alle ore 13 con l'accordo di tenere il prossimi incontro ad Ischia presso ma Stazione Zoologica.

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELLA ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A ROMA IL 17 DICEMBRE 1979 PRESSO IL CNR.

Alla riunione, che inizia alle ore 10,30, sono presenti i Prof.ri D. Bregant, F. Cinelli, R. De Bernardi, E. De Domenico, G. Fierro (Presidente), P. Franco e R. Frache (Segretario). E1 assente il Prof. A. De Maio in missione all'estero.

Il Presidente riferisce sugli argomenti che intende esporre in Assemblea Generale riguardanti l'attività svolta nel 1979. Nel corso della discussione emerge una proposta di De Bernardi che suggerisce di rivolgersi alla NATO per una sponsorizzazione nell'organizzazione di seminari o scuole di specializzazione nell'ambito delle discipline interessanti l'Associazione.

Si esamina quindi la situazione della stampa degli Atti del III° Congresso AIOL ed il Presidente comunica che risulta, ancorché ufficiosamente, che i Comitati del CNR per la Geologia, La Fisica e la Biologia hanno concesso rispettivamente 2, 0,5 e 1 milione quale contributo alle spese di stampa.

Il Segretario Tesoriere comunica che, a tutto il 10/12/79, sono pervenute le quote di iscrizione di 40 Soci e che il saldo attivo dell'Associazione è di 1.800.000. Si decide, in merito, di sollecitare i Soci morosi. Si discute anche, per quanto riguarda la visita del Prof. Disteche, sulle modalità relative alla sua missione a Roma.

Dopo ampia discussione il Consiglio decide di fissare la data del Congresso AIOL per la prima quindicina del dicembre 1980, di valutare la possibilità di tenere l'incontro nel Sud o in Liguria e di proporre all'Assemblea Generale i seguenti temi a Tavole Rotonde:

1. Stretti e canali del Mediterraneo.
2. L'ambiente dei bacini profondi in relazione alla morfologia delle scarpate.
3. Nuove metodologie in Limnologia.
4. Tavola Rotonda: Le conoscenze sui mari italiani e loro inserimento nel contesto delle attività degli organismi internazionali.
5. Tavola Rotonda: Intercalibrazione di metodologie chimiche.

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A ROMA NELL'AULA MAGNA DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE IL 18 DICEMBRE 1979.

L'Assemblea è legalmente costituita, in seconda convocazione, alle ore 10. L'ordine del giorno è il seguente:

- Relazione del Presidente
- Relazione amministrativa del Tesoriere
- Aggiornamento quote sociali per Enti, Associazioni ecc.
- Accettazione nuovi Soci
- Argomento e Sede del IV Congresso Nazionale
- Varie ed eventuali

II Prof. G. Fierro apre i lavori con una relazione nella quale sono esaminati i seguenti punti: a) attività svolte nel 1979 con particolare riferimento alla conferenza del Prof. Disteche dell'università di Liegi e alla Tavola Rotonda coordinata dall'Ing. de Strobel che, tenutasi il 17/12/1979, hanno visto un buon interesse da parte degli Associati che sono intervenuti numerosi promuovendo una vivace discussione; b) atti del III Congresso AIOL: i Comitati CNR di Geologia, Fisica e Biologia sembra che abbiano accordato 3.5 milioni quale contributo alla stampa; c) proposta di portare a L. 100.000 la quota sociale per Enti, Associazioni ecc.

Alla relazione del Presidente segue una interessante discussione durante la quale, fra le altre considerazioni, viene sottolineata l'importanza di favorire l'inserimento dei giovani nella ricerca di tipo limnologico e oceanologico e viene raccomandato che l'Associazione sia il più possibile presente sia a livello di partecipazione che di adesione, alle manifestazioni scientifiche attinenti il suo campo. Al termine della discussione la relazione viene approvata all'unanimità ivi compresa la proposta di innalzare a L. 100.000 la quota associativa per Enti, Associazioni ecc.

Proseguendo l'esame dell'o.d.g., viene approvata all'unanimità la relazione amministrativa del Tesoriere che indica in numero di quaranta i Soci che hanno rinnovato la quota entro il 10/12/1979 ed in L. 1.800.000 il saldo alla stessa data.

Per quanto riguarda 1'accettazione di nuovi Soci vengono accettati all'unanimità come Soci attivi i Dott.ri: Bianchini M., Bianchi F., Vultaggio M., Frache R. (passaggio da Socio associato), come Socio associato il Dr. Fornaseri e come Soci Onorari i Prof.ri A. Disteche, J.C.J. Nihoul, Riedl, L. Tonolli.

Infine il Presidente pone in dicussione l'organizzazione del IV Congresso. Fra le varie considerazioni emerge la raccomandazione che i lavori siano il più possibile a sessioni congiunte per mantenere lo scopo

dell'Associazione stessa che è quella di favorire l'incontro di ricercatori, che pur da diversi punti di vista, afferiscono alla Limnologia e alla Oceanologia; viene inoltre suggerita l'opportunità di consentire, nell'ambito del Congresso, una mostra di apparecchiature scientifiche. Per quanto riguarda i temi, dopo ampia discussione, viene suggerito di effettuare una scelta fra i seguenti argomenti: 1) Stretti e canali del Mediterraneo; 2) l'Ambiente dei bacini profondi in relazione alla morfologia della scarpata; 3) Limnologia dei laghi profondi; 4) Ciclo del carbonio organico in mare e nelle acque interne. Sono inoltre proposte le seguenti Tavole Rotonde: 1) Le conoscenze sui mari italiani e la loro valorizzazione nel contesto delle attività internazionali; 2) La speciazione dei metalli.

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELLE ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A GENOVA PRESSO L'ISTITUTO DI CHIMICA GENERALE IL 28 FEBBRAIO 1980.

Alla riunione, che inizia alle 15,30, sono presenti i Prof.ri D. Bregant, F. Cinelli, R. De Bernardi, E. De Domenico, A. De Maio, G. Fierro (Presidente), P. Franco, R. Frache (Segretario).

Il Consiglio, nel l'esaminare l'organizzazione del IV Congresso Nazionale, propone di chiedere al Prof. H. Lacombe e al Prof. R.A. Vollenweider di tenere, rispettivamente, una relazione su "Stretti e canali del Mediterraneo" e su "Limnologia dei laghi profondi". Si decide anche di chiedere ai Prof.ri Tonolli e De Maio di presentare una relazione sullo "stato dell'arte" della Limnologia e dell'Oceanografia rispettivamente. Il Prof. De Maio accetta la proposta con la condizione che gli vengano forniti aiuti sulla stesura delle parti che riguardano campi specifici al di fuori della oceanografia fisica come chimica, geologia ecc. Sempre in riferimento al Congresso, il Consiglio esprime un parere favorevole sulla possibilità di promuovere una Tavola Rotonda su "Intercalibrazione di metodologie chimiche in ambiente marino" ed il Prof. Fierro comunica che il Prof. Genovese si è dichiarato disponibile per una proiezione del film scientifico sulle immersioni nello stretto di Messina.

Per quanto riguarda la sede del Congresso, visto che non ci sono disponibilità per Taormina e Messina e che l'offerta di un paese rivierasco della Calabria tirrenica ottenuta tramite E. De Domenico appare geograficamente scomoda, il Consiglio lascia al Presidente ed al Segretario di decidere fra una località tirrenica, ad esempio Terracina, e una ligure.

Viene infine concordato un programma di massima dei lavori del Congresso:

I° giorno, mattino - Apertura lavori - Intervallo - Relazione De Maio - Relazione Tonolli - Pomeriggio - Relazione oceanologica (Lacombe) - Intervallo - Comunicazioni.

II° giorno, mattino - Relazione limnologica (Vollenwider) - Intervallo - Comunicazioni - Pomeriggio - Comunicazioni - Assemblea Generale - Sera -Proiezione film scientifico Prof. Genovese.

III° giorno, mattino - Comunicazioni - chiusura Congresso.

VERBALE DELLE RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELLA ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A NAPOLI PRESSO L'ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE IL 6 GIUGNO 1980.

Alla riunione, che inizia alle ore 11,00, sono presenti i Proff. Di Bregant, R. de Bernardi, A. De Maio, G. Fierro (Presidente), P. Franco e R. Frache (Segretario); sono assenti per improrogabili impegni di lavoro i Proff. E. Da Domenico e F. Cinelli.

II Presidente riferisce sui contatti avuti, in Liguria, per individuare la sede per il IV Congresso, indicando in Chiavari la città che presenta le caratteristiche più favorevoli al riguardo; il Consiglio, su tali indicazioni, decide quindi definitivamente di optare per questa sede.

Per quanto riguarda la data, dopo alcune valutazioni, si decide per i giorni 1-2-3 dicembre 1980.

Il Consiglio quindi decide, in relazione a quanto già proposto nella precedente riunione, di chiedere ai Proff. Tonolli e De Maio di tenere due relazioni rispettivamente su: "Situazione e prospettive della Limnologia in Italia" e su "Situazione e prospettive della oceanografia fisica in Italia". Poiché si confermano i temi generali del Congresso -"Stretti e Canali del Mediterraneo" e "Limnologia dei Laghi profondi" -si decide di scrivere definitivamente ai Prof.ri Lacombe e Vollenweider per chiedere loro di tenere le relative relazioni.

Il Consiglio passa poi a definire il programma scientifico di massima del Congresso.

Viene poi deciso di allestire, in parallelo al Congresso, una mostra di apparecchiature scientifiche e viene redatto un elenco di Ditte alle quali inviare il relativo invito.

Per quanto riguarda le indicazioni da fornire agli associati si decidono le seguenti scadenze: 31 luglio 1980, termine per l'iscrizione al Congresso; 30 settembre 1980, termine per l'invio del titolo e del riassunto delle comunicazioni; 15 novembre, termine per l'invio del testo completo. Si decide anche di sottoporre ai referees, prima della stampa, i testi delle comunicazioni, a norma di regolamento.

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A ROMA PRESSO L'ISTITUTO DI GEOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ L'8 OTTOBRE 1980.

Alla riunione, che inizia alle ore 10,00, sono presenti i Proff. D. Bregant, F. Cinelli, E De Domenico, G. Fierro (Presidente), P. Franco, R. Frache (Segretario); sono assenti per improrogabili impegni di lavoro i Proff. R. De Bernardi e A. De Maio.

Il prof. G. Fierro riferisce sull'argomento dell'organizzazione del IV° Congresso Nazionale che avrà luogo a Chiavari presso il salone dell'Azienda Autonoma di Soggiorno. Si discutono e decidono alcuni dettagli organizzativi sottolineando in particolare l'esigenza di comunicare ai Soci il termine inderogabile del 15 novembre per l'invio dei manoscritti delle comunicazioni e confermando il programma scientifico proposto nell'ultimo incontro.

Il Dr. De Bernardi comunica che nel novembre 1981 a Nervi (Genova) avrà luogo un Simposio su "Speciazione dei metalli" organizzato con fondi NATO in collaborazione con l'AIOL.

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A CHIAVARI IL 30 NOVEMBRE 1980.

Alla riunione, che inizia alle ore 21.00, sono presenti i Proff. De Bregant, F. Cinelli, R. De Bernardi, E. De Domenico, G. Fierro (Presidente), P. Franco, R. Frache (Segretario). E' assente causa impegni connessi al sisma avvenuto nella zona, il Prof. A. De Maio.

Il Prof. G. Fierro apre i lavori fornendo alcune comunicazioni sull'organizzazione del IV° Congresso e comunicando, in particolare, di aver ricevuto, per spese di stampa degli Atti, contributi di L. 3.000.000 e di L. 300.000 rispettivamente dalle Casse di Risparmio di Genova e Imperia e dal Banco di Chiavari. Le spese relative alla stampa delle locandine e all'acquisto del posacarte da donare ad ogni socio sono rispettivamente di L. 400.000 e di L. 650.000.

Il Consiglio passa quindi a discutere ulteriori dettagli organizzativi decidendo, in particolare, di accettare in via eccezionale la presentazione di relazione di Soci provenienti dalle zone colpite dal recente sisma anche se lette da altri colleghi.

Per quanto riguarda il lavoro di referee si decide infine che i Proff. G. Fierro ed R. Frache provvederanno ad inviare ai vari componenti del Consiglio i manoscritti dei lavori di loro competenze.

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA TENUTASI A CHIAVARI IL 2 DICEMBRE 1980.

L'Assemblea Generale è legalmente costituita in seconda convocazione alle ore 15.30 con il seguente ordine del giorno :

- Relazione del Presidente.
- Relazione finanziaria.
- Ammissione di nuovi soci.
- Elezione del nuovo Presidente e del Consiglio di Presidenza per il biennio 1981-1982.
- Varie ed eventuali.

Il Presidente dell'Associazione, in apertura di Assemblea espone il quadro dell'attività svolta nel biennio 1978-1980. Ricorda, in particolare, la conferenza tenuta a Roma dal Prof. Disteche e le iniziative prese per stabilire legami con personalità scientifiche straniere.

Il Prof. Fierro ricorda inoltre che, per dare un maggior peso scientifico al l'Associazione, si è deciso di attuare definitivamente la norma statutaria che prevede il Collegio dei referees per l'esame dei lavori presentati al Congresso. Raccogliendo le indicazioni di alcuni soci, approvate dall'Assemblea, il Prof. Fierro propone anche di impegnare il Consiglio di Presidenza a dare la massima divulgazione anche internazionale agli Atti dei Congressi, suggerendo nel contempo che ogni lavoro contenga un vasto "summary" in inglese.

Il Prof. Fierro annuncia anche che, nel novembre 1981, avrà luogo a Nervi un workshop sulla speciazione dei metalli nell'ambiente marino organizzato in collaborazione da N.A.T.O. e A.I.O.L. Ricorda infine la caratteristica unicità della nostra Associazione che non ha equivalenti in altre Nazioni e che è considerata, da diverse parti, un esempio da perseguire.

Il Segretario Prof. R. Frache espone la situazione finanziaria dell'Associazione e propone all'approvazione il bilancio del biennio 1979-1980.

L'Assemblea nomina revisori dei conti, i Soci Capelli e Stravisi i quali, preso in esame il registro di contabilità, approvano il bilancio consuntivo.

L'Assemblea quindi approva all'unanimità tale bilancio che è riportato nel prospetto allegato.

Esaminati i primi due punti all'o.d.g. si passa all'esame delle domande di ammissione di nuovi soci. L'Assemblea, su indicazione del Consiglio di Presidenza, ammette dal 1° gennaio 1981 come membri attivi : Boniferti Roberto, Carli Anna Maria, Giuffrida Eugenio, Insetti Carlo, Meloni Roberto, Muratori Rosanna, Papucci Carlo, Santangelo Renato, Tornasi no Mario. Come membri associati : Marri Carla.

Il Presidente, esaminato anche questo punto, propone la votazione del nuovo Consiglio di Presidenza.

L'Assemblea, nominati i Soci Capelli, Bertoni e Lenaz come scrutatori, discute brevemente le candidature e passa alla votazione. Lo scrutinio fornisce, per il Consiglio di Presidenza del biennio 1981-1982 i nominativi risultati dallo scrutinio sono in ordine di preferenze conseguite : De Bernardi Riccardo, Bregant Davide, de Strobel Federi co, Rossi Sergio, Frache Roberto, De Domenico Emilie, Malanotte Rizzoli Paola. Il Dr. R. De Bernardi è quindi il nuovo Presidente dell'A.I.O.L.

L'Assemblea ha termine alle ore 18.

ASSOCIAZIONE ITALIANA
OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

BILANCIO FINANZIARIO
1979-1980

ENTRATE		USCITE	
Avanzo precedente gestione	L. 1.500.000	Carte intestata, buste,cancelleria	L. 107.125
C.N.R.(Comitati 02, 04,05)	L. 2.500.000	Spese postali	L. 112.090
Istituto Universitario Navale-Napoli	L. 500.000	Spese per ospiti (Prof.ri Disteche e Lacombe)	L. 622.500
Cassa di Risparmio Genova e Imperia	L. 3.000.000	Viaggio Prof.Harris	L. 973.000
Banco di Chi avari e della Riviera Ligure	L. 300.000	Spese per organiz-zazione Congresso	L. 250.000
Regione Liguria	L. 530.000	Stampa locandina	L. 400.000
Quote Sociali	L. 1.687.000	Oggetto dono in ardesia	L. 661.864
Donazione a partita di giro	L. 973.000		
Ditte (esposizione strumenti)	L. 250.000		L. 3.126.579
	L. 11.210.000		

TOTALE ENTRATE	L.	11.210.000
TOTALE USCITE	L.	3.126.579
ATTIVO	L.	8.083.421

NOTE BIOGRAFICA DEI SOCI ACCOLTI QUALI MEMBRI ONORARI DELL1 A. LO. L. NEL BIENNIO 1979-1980.

Prof. A. Disteche

Nato a Hemiksem (Anvers) il 21.2.1922. Diplomato (1945) e quindi laureato (1952) in Chimica a Liegi; abilitato all'insegnamento, nelle scuole superiori, di Scienze Biologiche nel 1961; il prof. Disteche partecipa all'attività scientifica dell'Università di Liegi dal 1945, prima come assistente, quindi come ricercatore del F.N.R.S. e infine come membro del corpo accademico dal 1961; attualmente è titolare della Cattedra di Oceanologia. Il prof. Disteche è il fondatore, presso l'Università di Liegi, del dottorato in Oceanologia ove è titolare di alcuni corsi. Direttore della Stazione di Ricerche sottomarine e oceanografiche di Calvi (Corsica), è Presidente del Centro belga di Oceanografia (F.N.R.S.) e Vice-Presidente della Commissione Nazionale di Oceanologia dell'Accademia Reale di Scienze del Belgio. Il prof. Disteche è infine autore di pubblicazioni in diversi campi: biochimica e fisiologia muscolare, fisica e chimica-fisica dell'acqua di mare, chimica analitica dell'acqua di mare, ecotossicologia. Nel 1978 ha ricevuto il Premio Francqui che costituisce la più alta onorificenza scientifica belga.

Prof. J.C.J. Nihoul

Nato il 6.6.1937, ingegnere fisico all'Università di Liegi nel 1960, Master di scienze in Matematica al M.I.T. nel 1961, Doctor of philosophy in Matematica e Fisica Teorica, Università di Cambridge nel 1965.

E' socio della Ford Foundation Università di Cambridge; della Belgian American Educational Foundation, M.I.T.; del NATO Science Committee e del Trinity College dell'Università di Cambridge. Professore all'Università di Lovanio dal 1965 ricopre attualmente la Cattedra di Matematica all'Università di Liegi.

II prof. Nihoul è autore tra l'altro, di una metodologia matematica avente lo scopo di coordinare i dati delle discipline scientifiche attinenti al mare (idrografia, oceanografia, biologia marina, ecologia) e di tradurre le ricerche interdisciplinari in un linguaggio computerizzato. Tale metodologia, esposta in otto volumi pubblicati nel 1976 nel quadro di un vasto progetto di ricerca denominato "Programma del Mare", ha valso anche al prof. Nihoul, nel 1978, il premio Francqui -prestigiosa onorificenza scientifica belga. Il prof. Nihoul è autore di numeroso pubblicazioni scientifiche che riguardano, fra l'altro, i modelli matematici sulla diffusione, la turbolenza e, in generale, la dinamica marina.

Prof. R. Riedl

Nato il 22.2.1925 a Vienna. Ha svolto tutti i suoi studi a Vienna, quindi si è applicato a ricerche riguardanti l'antropologia e la Zoologia; ha conseguito il Doctor of philosophy in Zoologia nel 1952. Le ricerche del prof. Riedl hanno riguardato l'ambiente sublittorale mediterraneo. Ha ricoperto la Cattedra di Zoologia e Scienze Marine all'Università del North Carolina dal 1967 al 1971; quindi è stato

direttore dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Vienna. I campi di interesse del prof. Riedl riguardano la biologia marina, 1'ultrastruttura, l'evoluzione e l'epistemologia biologica. Ha recentemente pubblicato alcuni libri riguardanti: "Order in living organisms" (1975); "Strategy of the Genesis" (1976); "Biology of Cognition" (1980). E1 editore della nuova versione della "Pubblicazione, Stazione Zoologica di Napoli" nota come "Marine Ecology".

Prof. L. Tonolli

E' laureata presso la Facoltà di Scienze Naturali dell'Università di Milano. E' stata assistente di ruolo, aiuto di ruolo e, dal 1967 al 1978, direttore dell'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza. Il suo interesse preminente è stato fin dall'inizio rivolto allo studio della biologia e dell'ecologia dello zooplancton lacustre con particolare riferimento agli ambienti alpini, sui quali ha condotto ricerche pioneristiche di rilevante importanza. Questo campo di indagine l'ha sempre portata ad avere una visione dell'ecologia degli ecosistemi acquatici nella loro globalità nonché uno spiccato interesse per i problemi derivanti dal loro deterioramento e di conseguenza dalle necessità di una loro salvaguardia.

Dal 1965 è membro del Comitato di redazione delle riviste Internazionali "Hydrobiologia", "International Revue der gesamten Hydrobiologie", "Freshwater Biology" e "National Representati ve" della Società Internazionale Limnologiae - Dal 1970 la prof. Tonolli è "Convener" della Freshwater Productivity Section dell'International Biological Programme e, dal 1972, è membro del Comitato Nazionale di Biologia e Medicina del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Dal 1973 fa parte del Gruppo dei Delegati Internazionali per la pianificazione su misure e controlli delle acque nell'ambito dell'Environment Directorate dell'Organization for Economie Cooperation and Development (OECD). Dal 1974 al 1978 la prof.ssa Tonolli ha fatto parte dell'Executive Committee Board dell'International Association for Ecology ed ha presieduto la Sottocomissione scientifica:tecnica della Comm. Intern. per la protezione delle acque italo-svizzere. La prof. Tonolli oltre ad aver partecipato al gruppo costitutivo dell'A.I.O.L. ne è stata Presidente con grande competenza ed incisività nel trascorso biennio.