ATTI DEL 7° CONGRESSO
DELLA
ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

Trieste 11-14 Giugno 1986

a cura di

Davide Bregant e Serena Fonda Umani

E

ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

DI

OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A.I.O.L.)

(dal 1° Gennaio 1985 al 31 Dicembre 1986)

Volume Stampato con il contributo
del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Trieste 1987

Dott. Alessandro Miarelli Editore
per AIOL
V.le Italia 255 – Livorno
Tel. (0586) 811269

INDICE

Consiglio di Presidenza	pag.	I
Presentazione	"	III
Atti del 7° Congresso Nazionale di Oceanografia e Limnologia	"	V
Elenco dei partecipanti al 7° Congresso A.I.O.L.	"	VII
Commemorazione della Prof. ssa Livia Tonolli	"	XI
Relazioni ad invito		
G. Bonomi - Considerazioni sui recenti sviluppi in alcuni settori della Limnologia	"	3
Relazioni		
L. Barbanti, W. Ambrosetti - Confronto fra i metodi di stima dell'evaporazione dal lago Maggiore	"	29
R. de Bernardi, G. Giussani, M.A. Imro, M. Manca - Dinamica di popolazione dei principali crostacei planctonici del lago Maggiore dal 1979 al 1985	"	47
R. de Bernardi, G. Giussani, M. Manca, D. Ruggiu - Dinamica del popolamento planctonico del lago Maggiore dal 1948 al 1985 in rapporto all'evoluzione ambientale	"	61
Comunicazioni		
L. Alberotanza, A.M. Medina - "Sostanza gialla" - proposta per una metodologia di analisi fisico-quantitativa	"	75
L. Alberotanza, V. Barale, A. Bergamasco - "L'impiego di immagini CZCS - NIMBUS 7 sul Nord Atlantico, (1979-1984)	"	83
G. Albertelli, G.L. Rossi - Studio del popolamento macrobentonico di un fondale posto in prossimità di un effluente urbano (1976 - 1980)	"	91
D. Bacciola, R. Boniforti, I. Niccolai, R. Ruggiero - Estrazione selettiva di As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn con HCl 0.5		

N e tampone ftalato a pH 3 da sedimenti marini raccolti nel Medio Adriatico pag. 101
A. Barbanti, F. Frascari, D. Paltrinieri, R. Poletti, G. Rosso - Esperimenti sull'influenza del mescolamento acqua-dolce acqua-salata sul comportamento dei fosfati " 109
L. Barbanti, W. Ambrosetti- Energia termica e stabilità meccanica nel lago Maggiore " 119
R. Barone, C. Fradà Orestano, S. Calvo, G. Genchi - Indagine conoscitiva sui laghi artificiali siciliani. I. Stime previsionali del livello trofico " 133
R. Bertoni, C. Callieri, C. De Marco, M. Contesini - Stime di sedimentazione del materiale particellato, organico ed inorganico, nel lago di Mergozzo " 145
F. Bianchi, A. Boldrin, F. Cioce, G. Socal - Concentrazione di nutrienti nella laguna di Venezia. Bacino Settentrionale " 155
A. Boldrin, S. Rabitti, F. Bianchi, F. Cioce - Dinamica della sostanza sospesa nella laguna di Venezia. Bacino Settentrionale " 165
R. Boniforti, G. Ciceri, E. Monti, G. Queirazza - Estrazione di acque interstiziali da sedimenti. Applicazione di un sistema a bassa pressione a sedimenti marini " 175
S. Calvo, G. Genchi, A. Lugaro, C. Fradà Orestano, R. Barone, F. Di Bernardo - Osservazioni ecologiche su una laguna siciliana (lo Stagnone, Trapani): nutrienti, clorofilla e parametri batteriologici " 185
M. Camusso, G. Bendoricchio, G. Tartari - Valutazione dei carichi di fosforo e loro distribuzione a scala di bacino " 195
G. Catani, G. Lenardon, G. Tunis, A. Bonazzi, A. Vinci - Aspetti sedimentologici e mineralogici dei sedimenti del bacino di Anta-

lya (Ovest di Cipro) pag. 205
M. Cotta Ramusino, G. Crosa - Eutrofizzazione: il caso di un bacino artificiale " 217
G.P. Fanzutti - Ulteriori dati geotecnici sui sedimenti superficiali del Mare Adriatico " 229
G.P. Fanzutti, F. Finocchiaro, S. Fonda Umani - Variazioni a breve termine dei tenori e delle caratteristiche composizionali del particellato sospeso nelle acque marine presso Aurisina (Trieste) " 241
R. Ferrara, B.E. Maserti, A. Petrosino, M. Torti - Livelli di mercurio nello stretto di Gibilterra e nel Mediterraneo Occidentale " 255
I. Ferrari, R. Mazzoni, A. Solazzi - Il popolamento zooplanctonico del fiume Po nella estate 1985 " 261
O. Ferretti, E. Michelozzi, L. Sensi - Rilevamento mediante Side Scan Sonar ed Uniboom sulla piattaforma costiera compresa fra Gaeta e la foce del Volturno " 267
V.U. Fossato, G. Perin, A. Carniel, L. Craboledda, F. Dolci - Condizioni idrologiche all'estuario del fiume Tagliamento " 279
P. Franco, S. Rabitti, A. Boldrin - Distribuzione del particellato ed idrologia nello Adriatico Settentrionale. Agosto 1984 " 283
F. Frascari, L. Langone, M. Ravaioli, G. Rovatti - Osservazioni preliminari sui composti di P presenti nei sedimenti delle "Pialasse" di Ravenna " 295
M. Frignani, P. Giordani, A. Milandri, C. Nizzoli and R. Poletti - Nutrient fluxes at the sediment-water interface in a coastal area of the Adriatic sea " 307

G. Galanti, P. Guilizzoni - L'asportazione stagionale di biomassa vegetale come tecnica ambientale per il recupero della qualità dei laghi pag. 319
M.C. Gambi, A. Giangrande, M. Scardi - Confronto tra metodiche (draga Charcot e benna Smith - McIntyre) nel campionamento dei Policheti di fondo mobile " 325
G. Genchi, S. Calvo, A. Lugaro, R. Barone, C. Fradà Orestano - Estrazione di pigmenti fotosintetici da una mat microbica: confronto di efficienza fra Acetone, Etanolo e Metanolo " 333
S. Ceraci, V. Romairone, M. Montanari - Alcune caratteristiche idrologiche e biologiche di tre stazioni del porto di Genova " 347
S. Giacobbe, M. Leopardi - L'area lagunare di Oliveri-Tindari: sue variazioni morfologiche recenti ed evoluzione dei popolamenti a molluschi " 355
A. Lugliè - Indagine preliminare sulle diatomee sedimentarie come indicatrici della dinamica ambientale recente del lago Baratz (Sardegna Settentrionale) " 367
R. Mosello, R. Baudo, G. Tartari, M. Camusso, S. Marengo, H. Muntau - Prime esperienze di intercalibrazione del gruppo informale di Limnologia: analisi chimiche " 373
R. Pagnotta, T. La Noce, M. Pettine, A. Puddu - I laghi dell'Italia Centrale: classificazione trofica ed analisi dei fattori che la influenzano " 385
L. Papa - Un modello numerico per la simulazione in tempo reale della circolazione e del trasporto e diffusione di inquinanti nel Golfo di Genova " 397

M. Ravaioli - Distribuzione della Calcite e della Dolomite nell'Adriatico Settentrionale, nella zona compresa tra Po di Levante e Cesenatico pag. 407
G. Salmoiraghi, N. Palmieri - La dinamica temporale e la stima della produzione secondaria della comunità di organismi macroinvertebrati epibentonici nel torrente Idice (provincia di Bologna) " 427
N. Sechi, A. Luglié - Le alghe planctoniche dell'invaso del Mulargia (Sardegna Centro meridionale) con particolare riferimento ad una fioritura prolungata di *Oscillatoria Rubescens* D.C. in rapporto alle condizioni chimiche e fisiche " 435
A. Seritti, F. Orsini, L. Nannicini, G. Scarano, E. Morelli - Distribuzione dei nutrienti in relazione a salinità e tempera tura nel mare di Alboran " 441
A. Stefanon, E. Michelozzi, L. Sensi, O. Ferretti - Rilievo mediante Uniboom e Side Scan Sonar dei fondali di due zone del Golfo di Taranto " 449
T. Zimini Sertorio, E. Gattini - Struttura e biomassa zooplanctonica in acque superficiali e profonde del Golfo di Genova " 451
N. Della Croce - Dove va l'oceanografia in Italia? " 469

Tavola Rotonda

P. Colantoni, F. Cinelli, F. De Strobel - Ricerca subacquea e sue implicazioni nello sviluppo di nuove metodologie di campionamento " 479
L. Mazzella, M.C. Buia, M.C. Gambi, M. Lorenti, F.G. Russo, M.B. Scipione - Metodi di

rilevamento "in situ" e loro utilità nello studio di alcuni sistemi bentonici costieri pag. 483
F. Cinelli, U. Salghetti-Drioli, G. Pardi, F. Della Pietà - Situazione di un'area costiera a *Posidonia Oceanica* (L.) delile di Rosignano Solvay (Mar Ligure) " 503
A. Balduzzi, F. Boero, R. Cattaneo Vietti, M. Pansini, R. Pranzato - Esperienze di studio in immersione dello zoobenthos sessile " 511
G. Santangelo, F.A. Ascioti, E. Navarra - Metodologie per la ricerca biologica "in si tu" in ambiente marino: un approccio alla analisi della distribuzione spaziale del macrobenthos " 519
P. Orrù, A. Ulzega - Ricerche sulla piattaforma continentale della Sardegna con immersioni subacquee " 525
Atti dell'Associazione italiana di Oceanografia e Limnologia dal 1° Gennaio 1985 al 31 Dicembre 1986 " 537
Nuovo Statuto e Nuovo Regolamento " 563
Indice per autori " 571

A. I. O. L.

CONSIGLIO DI PRESIDENZA
per gli anni 1984--1986

Presidente	DAVIDE BREGANT
Consiglieri	ROBERTO BERTONI FRANCESCO CINELLI EMILIO de DOMENICO MAURO FABIANO FRANCESCO FANUCCI PAOLO FRANCO
Segretaria	SERENA FONDA UMANI

PRESENTAZIONE

Questo volume raccoglie i contributi scientifici presentati al 7° Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia (A.I.O.L.) ed i documenti della vita associativa relativi al biennio 1985-1986.

Nonostante le ben note difficoltà in cui si dibattono l'oceanografia e la limnologia italiana e l'ancor limitata incisività che 1'A.I.O.L. ha in campo nazionale nell'indirizzare le strategie per lo studio e la salvaguardia ambientale, continua l'apporto di ricerca e di accrescimento di conoscenze quale dimostrazione significativa dell'impegno e della volontà di operare.

Non tutto quanto ci eravamo prefissati è stato raggiunto, tuttavia presentiamo con piacere questo volume a testimonianza del lavoro e della potenzialità della nostra Associazione.

Davide Bregant Serena Fonda Umani

ATTI

DEL 7° CONGRESSO NAZIONALE

di

OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA

(A. I. O. L.)

Trieste 11-14 Giugno 1986

ELENCO DEI PARTECIPANTI - 7° CONGRESSO A.I.O.L.

ALBEROTANZA Luigi	Ist. Grandi Masse C.N.R. - Venezia
ALBERTELLI Giancarlo	Ist. Scienze Ambientali - Università di Genova
Ambrosetti Walter	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
Azzolini Roberto	Ist. Ricerca Pesca Marittima C.N.R. – Ancona
BAFFI Franca	Ist. Chimica generale inorganica - Università di Genova
BARBANTI Luigi	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
BARONE Rossella	Dip. Scienze botaniche - Università di Palermo
BERTONI Roberto	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
BIANCHI Carlo Nike	E.N.E.A. - C.R.E.A. – Lerici
BIANCHI Franco	Ist. Biologia del mare C.N.R. – Venezia
BOLDRIN Alfredo	Ist. Biologia del mare C.N.R. – Venezia
BONIFORTI Roberto	E.N.E.A. - C.R.E.A. – Lerici
BONOMI Giuliano	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
BRAMBATI Antonio	Ist. Geologia e Paleontologia - Università di Trieste
BREGANT Davide	Ist. Talassografico C.N.R. – Trieste
CALVO Sebastiano	Dip. Scienze botaniche - Università di Palermo
CASTELLI Maurizio	Università di Palermo
CATALANO Giulio	Ist. Talassografico C.N.R. – Trieste
CATANI Gianpiero	Ist. Geologia e Paleontologia - Università di Trieste

CICERI Giovanni	CISE – Milano
CINELLI Francesco	Dip. Scienze Territorio Ambiente - Università di Pisa
COLANTONI Paolo	Ist. Geologia marina C.N.R. – Bologna
CORTESE Giuseppa	Dip. Biologia animale ed ecologia marina - Università di Messina
COTTA RAMUSINO Mario	Dip. Biologia - Università di Milano
CROSA Giuseppe	Dip. Biologia - Università di Milano
DE BERNARDI Riccardo	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
DECEMBRINI Franco	Dip. Biologia animale ed ecologia marina - Università di Messina
DELLA CROCE Norberto	Ist. Scienze ambientali - Università di Genova
DE STROBEL Federico	Saclant Center – Lerici
FABIANO Mauro	Ist. Scienze ambientali - Università di Genova
FANZUTTI Giovanni Paolo	Ist. Geologia e Paleontologia - Università di Trieste
FERRARA Romano	Ist. Biofisica C.N.R. – Pisa
FERRARI Ireneo	Ist. Ecologia - Università di Parma
FERRETTI Omelia	E.N.E.A. - C.R.E.A. – Lerici
FIERRO Giuliano	Ist. Geologia - Università di Genova
FINOCCHIARO Furio	Ist. Geologia e Paleontologia - Università di Trieste
FIRPO Marco	Ist. Geologia - Università di Genova
FONDA UMANI Serena	Dip. Biologia — Università- di Trieste
FOSSATO Valentino	Ist. Biologia del mare C.N.R. – Venezia
FOSSI Cristina	Università di Firenze
FRANCO Paolo	Ist. Biologia del mare C.N.R. - Venezia

FRASCARI Franca	Ist. Geologia marina C.N.R. – Bologna
GALANTI Gaetano	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
GAMBI Maria Cristina	Lab. Benthos Stazione Zoologica – Ischia
GENCHI Gioacchino	Ass. Reg. Territorio Ambiente - Palermo
CERACI Sebastiano	Ist. Corrosione marina C.N.R. - Genova
GHIRARDELLI Elvezio	Dip. Biologia - Università di Trieste
GIACOBBE Salvatore	Dip. Biologia animale ed Ecologia marina - Università di Messina
GIANGRANDE Adriana	Dip. Scienze ambiente territorio - Università di Pisa
GIORDANI Paolo	Ist. Geologia marina C.N.R. – Bologna
GUILIZZONI Piero	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
GUZZI Luigi	E.N.E.L. - C.R.T.N. – Milano
INNAMORATI Mario	Dip. Botanica - Università di Firenze
LARDICCI Claudio	Dip. Scienze ambiente territorio - Università di Pisa
LEONARDI Marcella	Dip. Biologia animale ed Ecologia marina - Università di Messina
LUGLIE' Antonella	Ist. Botanica - Università di Sassari
MANCA Marina	Ist. italiano Idrobiologia C.N.R. - Verbania Pallanza
MARENGO Giuseppe	CCR - ISPRA Divisione Fisica – Ispra
MARINO Donato	Stazione Zoologica – Napoli
MARTINO Gabriella	Università di Messina
MAZZETTA Lucia	Lab. Benthos Stazione Zoologica – Ischia

MELLIS Romana	Ist. Geologia Paleontologia - Università di Trieste
MONTI Elio	
MONTANARI Manuela	Ist. Corrosione marina C.N.R. – Genova
NICCOLAI Ilaria	E.N.E.A. - C.R.E.A. – Lerici
ORESTANO Carla	Dip. Scienze botaniche - Università di Palemo
ORRU' Paolo	Dip. Scienze della Terra - Università di Cagliari
PAPA Lorenzo	Dip. Scienze Fisiche - Università di Genova
PELATI TASSI	Ist. Zoologia - Università di Parma
PERDICARO Renato	Lab. Centrale d'Idrobiologia – Roma
PERONI Corrado	E.N.E.A. - C.R.E.A. – Lerici
RAMELLA Agostino	Ist. Geologia - Università di Genova
RAVAIOLI Mariangela	Ist. Geologia marina C.N.R. – Bologna
ROSSI Sergio	Ist. Geologia marina C.N.R. - Bologna
SALMOIRAGHI Gian Paolo	Ist. Zoologia – Bologna
SANSONE Emilio	Ist. Universitario Navale - Napoli
SERITTI Alfredo	Ist. Biofisica C.N.R. - Pisa
SERTORIO ZURINI Tecla	Dip. Scienze ambientali - Università di Genova
SOCAL Giorgio	Ist. Biologia del mare C.N.R. – Venezia
SPECCHI Mario	Dip. Biologia - Università di Trieste
TAMARO Marisa	Ist. Microbiologia - Università di Trieste
TOMASINO Mario	E.N.E.L. - D.S.R. – Mestre

Commemorazione della Prof .ssa LIVIA TONOLLI

LIVIA TONOLLI
1909 - 1985

La Professoressa Livia Tonolli, una delle figure più eminenti della Limnologia e dell'Ecologia Italiana e mondiale, lo scorso Dicembre, dopo una lunga malattia, è mancata nella sua casa di Suna.

Questa scomparsa rappresenta una grave perdita per la comunità scientifica e per il nostro Paese, per i quali ha continuato ad operare indefessamente fino all'estremo della sua vita. Ma prima ancora che per le sue qualità di persona di scienza, la sua morte lascia un vuoto profondo in tutti coloro che ebbero il privilegio di conoscerla e di starle accanto quotidianamente. Di carattere mite ma volitivo e risoluto, aveva un profondissimo innato senso del dovere che tutto sovrastava e che la portò sempre a vivere la solidarietà costante e concreta da sempre espressa verso il prossimo non quale ricerca di riconoscimenti terreni, ma per un appagamento interiore: un "servizio compiuto" in nome di una umanità nella quale credeva e nella quale riponeva fiducia infinita. E fu soprattutto ai giovani che amava rivolgersi, perché in essi vedeva il futuro, e ad essi con calore amava trasferire la sua cultura, le sue idee, le sue speranze.

Nel 1974 fu tra i fondatori della nostra Associazione e da allora per essa si prodigò sempre con tenacia senza pari perché potesse non solo accrescersi scientificamente ma anche divenire sempre più il punto di riferimento per gli specialisti di scienze ambientali marine e d'acqua dolce. Una sorta di palestra nella quale il confronto tra discipline affini pur nella loro diversità potesse contribuire ad un rinnovamento delle scienze oceanologiche e limnologiche nel nostro Paese.

Il suo carattere non le permetteva mezze misure e non ammetteva compromessi e così la ricordiamo nelle numerose occasioni di incontro che la videro attivamente presente come membro del Consiglio di Presidenza prima e come Presidente (1977-1978) successivamente. Ma il lasciare le cariche sociali non significò certo ridurre il suo impegno a favore dell'attività della nostra Associazione, per la quale non cessò mai di operare attivamente, come per tutte le iniziative nelle quali credeva. Ecco perché oggi la perdita della Professoressa Tonolli lascia un enorme vuoto tra noi e al tempo stesso la gravosa eredità

dell'impegno a mantenere attiva e vitale la nostra Associazione.

Nata a Milano nel 1909, vi si laureò in Scienze Naturali nel 1932.

Dopo gli anni trascorsi all'Università di Milano quale assistente presso l'Istituto di Zoologia, la sua vita si intreccia indissolubilmente e diventa una sola cosa con le vicende dell'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza. Vi arrivò come assistente nel 1939, divenne successivamente aiuto e ne assunse la direzione pro tempore durante gli anni della guerra, in sostituzione del Prof. Edgardo Baldi, richiamato alle armi. In quegli anni conobbe Vittorio Tonolli, suo futuro marito, compagno di ricerca e successore di Baldi nella direzione dell'Istituto, allora sfollato a Pallanza in Istituto con altri giovani promettenti scienziati quali il compianto Adriano Suzzati Traverso, Luca Cavalli Sforza e Giuseppe Ramazzotti. Fiorirono in quel periodo gli studi di microevoluzione, genetica di popolazione ed ecologia planctonica cui i coniugi Tonolli diedero nuovo impulso ed accresciuto vigore, testimoniati da risultati che ancor oggi restano un "classico" nella storia della Limnologia.

Dal 1967 al 1978 continuò l'opera del marito quale Direttore dell'Istituto estendendone ancor più la già elevata fama internazionale. Con l'incorporazione, avvenuta nel 1978, nel Consiglio Nazionale delle Ricerche, ne fu nominata Commissario dapprima, e, successivamente Presidente del Consiglio Scientifico, carica mantenuta con impegno fino alla morte.

Dal 1968 al 1972 tenne il corso di Idrobiologia e Pescicoltura presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Milano.

La sua attività per la Promozione della ricerca, sia in Italia che nel mondo, fu straordinaria, e si esplicò attraverso l'attiva presenza, ad importanti livelli di responsabilità, in numerosissime commissioni e gruppi di studio internazionali e nazionali, tra i quali spiccano il Programma Biologico Internazionale, la Commissione del CNR per la Conservazione della Natura e delle sue Risorse, il Comitato Nazionale di Consulenza per la Biologia e la Medicina del CNR, la Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere, la Commissione Consultiva per l'Ecologia del CNR, la Commissione Generale per i Progetti Finalizzati del CNR, la Commissione per

la predisposizione di un Piano Nazionale per la Ricerca Ambientale del Ministero della Ricerca Scientifica e Tecnologica.

Tra le numerosissime associazioni scientifiche che la videro socio ed attiva animatrice spiccano: la Societas Internationalis Limnologiae, nella quale dal 1968 assunse il ruolo di rappresentante italiano, 1'International Association for Ecology, per la quale svolse il compito di tesoriere, l'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere di Milano, del quale fu dal 1971 membro corrispondente, la Società Italiana di Ecologia, della quale fu socio fondatore, 1'American Zoological Society della quale fu socio onorario e tante altre ancora.

Con la direzione dell'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza, assunse anche la direzione delle "Memorie" che vi si pubblicano, sviluppando un'intensa attività editoriale che la vide anche presente nel Comitato di Redazione di importanti riviste scientifiche internazionali quali Hydrobiologia, Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, Freshwater Biology.

Per la sua intensa e continua attività a favore del prossimo e per lo sviluppo delle scienze, ottenne numerosi riconoscimenti, i più prestigiosi tra i quali sono la "Medaglia d'argento per benemerenze nel campo della cultura, delle scienze e dell'arte", conferitale dal Presidente della Repubblica nel 1974, e la "E. Naumann - A. Thienemann medal de limnologiae optime merito", conferitale, nel 1983, dalla Societas Internationalis Limnologiae e la medaglia d'oro della Società Italiana di Ecologia.

Negli ultimi anni, infine, per dare una proiezione futura ai suoi ideali, diede vita a due fondazioni di grande importanza scientifica ed umanitaria: l'"International Vittorio Tonolli Memorial Fund" per la promozione delle ricerche sulle acque dolci nei Paesi in via di sviluppo, e la "Fondazione di cultura per la cardiologia - Vittorio Tonolli", per le quali si prodigò fino agli ultimi giorni.

(Riccardo de Bernardi)

SCRITTI SCIENTIFICI

1 - Baldi, E. e L. Pirocchi. 1938. Prospettive genetiche in limnologia. Atti III Riun.Soc.Ital.Genetica ed Eugenica, Bologna: 223-254.

2 - Baldi, E. e L. Pirocchi. 1939. L'arrossamento del Lago Sirio. Natura, 30: 115-120.

3 - Baldi, E. e L. Pirocchi. 1939. Genetische Ausblicke in der Limnologie. Arch.Hydrobiologie, 36: 126-154.

4 - Pirocchi L. 1939. Diaptomidi d'alta montagna. I. Una forma locale di Arctodiaptomus bacillifer Koelb. nel Lago di Tallii (Monte Rosa). Atti Soc.Ital.Sc.Natur., 78: 1-11.

5 - Pirocchi L. 1941. Eine Welle von Missbildungen in einer Bevolkerung von Arctodiaptomus bacillifer Koelb. Zool.Anz., 129: 269-271.

6 - Pirocchi L. 1940. Planctonti di pozze d'alpeggio. Mem.Museo Storia Natur.Ven.Trid., 5: 99-120

7 - Pirocchi L. 1941. Diaptomidi d'alta montagna. II. Il Diaptomide del Lago Azzurro del Cervino. Arch.Zool.Ital., 29: 89-112.

8 - Baldi E. e L. Pirocchi. 1941. Appunti sul Lago di Costabrunella (Gruppo di Cima d'Asta). Studi Trent.se.Natur., 22: 63-78.

9 - Pirocchi L. 1942. Endemotipi di Copepodi e Cladoceri in piccole acque del Carso. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 1: 169-212.

10 - Baldi E. e L. Pirocchi. 1943. Analisi fenotipica di popolazioni di Diaptomidi. Atti Soc.Ital.Se.Natur., 82:

55-68.
11 - Pirocchi L. 1943. Un ciclopide di profondità del Lago di Como. Boll.Zool., 14: 33-48.
12 - Pirocchi L. 1944. Distribuzione nella Penisola Italiana di tre specie di Diaptomidi. Atti Accad. d'Italia, 14: 859-888.
13 - Pirocchi L. 1943. Mixodiaptomus kupelwieseri Brehm nell'Italia Meridionale. Arch.Oceanogr. e Limnol., 3: 39-52.'
14 - Baldi E., A. Buzzati-T., L.L. Cavalli e L. pidocchi. 1945. Frammentamento di una popolazione specifica (Mixodiaptomus laciniatus Lill.) in un grande lago in sottopopolazioni geneticamente differenziate. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 2: 167-216.
15 - Baldi E., L.L. Cavalli e L. Pirocchi. 1945. Condizioni della distribuzione del mesoplancton nel pelago di un grande lago oligotrofo (Lago Maggiore). Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 2: 253-289.
16 - Pirocchi L. 1947. Struttura e vicenda delle biocenosi mesoplanctiche del Lago Maggiore. Mem. Ist.Ital.Idrobiol., 3: 57-119.
17 - Baldi E., L.L. Cavalli e L. Pirocchi. 1947. Ulteriori ricerche sulla distribuzione spaziale del mesoplancton pelagico in un grande lago oligotrofo. Mem. Ist. I tal. Idrobiol., 3: 121-149.
18 - Pirocchi L. 1947. Isolamento ecologico e differenziazione in popolazioni di Megacyclops viridis Jur. nel Lago Maggiore. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 3: 307-322.
19 - Pirocchi L. 1947. Diaptomidi d'alta montagna. III. Il Diaptomide di Peirafica (Alpi Marittime).

Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 3: 467-476.
20 - Baldi E., J. Florin, L. Pirocchi e V. Tonolli. 1948. Resultate aus Versuchen ùber kunstliche Befruchtung und scheinbare kunstliche Parthenogenese beim Agone. Schweiz.Fischereizeitung, 5.
21 - Baldi E., L. Pirocchi e V. Tonolli. 1949. Relazione preliminare sulle ricerche idrobiologiche condotte sul Lago di Lugano (1946-1947). A
22 - Pirocchi L. 1949. Osservazioni sulla termica delle acque superficiali del Lago Maggiore. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 5: 255-279.
23 - Baldi E., L.L. Cavalli, L. Pirocchi e V. Tonolli. 1949. L'isolamento delle popolazioni di Mixodiaptomus laciniatus Lill. del Lago Maggiore e i suoi nuovi problemi. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 5: 295-305.
24 - Pirocchi L. 1949. Osservazioni sulla specificità ecologica dei popolamenti di piccole acque di montagna. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 5: 317-325.
25 - Pirocchi L. 1949. Signification biogéographique de la distribution de quelques espèces de Diaptomides. Verh.Int.Ver.theor.Limnol., 10: 364-370.
26 - Pirocchi L. 1951. Hochendemische Copepoden- und Cladoceren-Lokalformen im Karst. Arch.f.Hydrobiol., 45: 245-253.
27 - Tonolli V. e L. 1951. Osservazioni sulla biologia ed ecologia di 170 popolamenti zooplanctonici di laghi italiani di alta quota. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 6: 53-136.
28 - Baldi E., Tonolli V. e L. Tonolli Pirocchi. 1953. La differente evoluzione di due laghi già costituenti un unico bacino: il Lago Maggiore ed il Lago di Mergozzo. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 7: 49-107.

29 - Tonolli V. e L. 1958. Irregularities of distribution of plankton communities: considerations and methods. Symposium IUBS "Perspectives in marine biology", University of California Press : 137-143.
30 - Corbella C., V. e L. Tonolli. 1958. I sedimenti del Lago d'Orta, testimoni di una disastrosa polluzione cupro-ammoniacale. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 10: 9-50.
31 - Tonolli L. 1959. Eudiaptomus zachariasi Poppe in un laghetto della Conca dei Pantani (Monti Sibillini, Appennino Centrale). Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 11: 61-71.
32 - Tonolli L. 1961. La polluzione cuprica del Lago d'Orta: comportamento di alcune popolazioni di Diatomee. Verh.Int.Ver.Limnol., 14: 900-904.
33 - Tonolli V.L. e G. Bonomi. 1967. La piena circolazione in laghi oligomittici : una sottovalutata causa di contenimento della produzione zooplanctonica. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 22: 9-52.
34 - Tonolli L. 1967. Reviews of: A treatise on limnology. Vol. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton, by G. Evelyn Hutchinson, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1967, 1115 pp. BioScience, 17: 843-844.
35 - Tonolli L. 1968. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1967. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 23: 9-27.
36 - Tonolli L. 1968. Alcuni concetti fondamentali per una corretta impostazione degli odierni problemi delle acque superficiali. In: *Il* Problema delle acque in Italia, parte seconda: le acque dolci superficiali. FAST, Milano, 5-7 Luglio 1967: 1-20.
37 - Bonomi G., M. Gerletti, E. Indri and L. Tonolli. 1970. Report

on lake Maggiore. O.C.S.E. Symposium on Large Lakes and Impoundments. Uppsala, 13-16 May 1968:299-314.
38 - Tonolli L. 1969. Holomixy and oligomixy in Lake Maggiore: Inference on the vertical distribution of zooplankton. Verh.Int.Ver.Limnol., 17: 231-236.
39 - Tonolli L. 1969. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1968. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 25: 9-31.
40 - Tonolli L. 1970. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1969. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 26: 9-39.
41 - Tonolli L. 1971. Meteorologia ed ecologia lacustre. Med.Term.Clim., 9: 6-10.
42 - Tonolli L. 1971. Educazione e ricerca scientifica nel campo dell'ecologia. In: G. Nebbia "*L'uomo e l'ambiente: una inchiesta internazionale*" Tamburini Editore, Milano, 1971 : 292-294.
43 - Tonolli L. 1971. Allomorphotic relationship of antenna to body lenght in Eudiaptomus vulgaris Schmeil. Limnol.Oceanogr. 16: 467-472.
44 - Tonolli L. 1971. Modificazione nelle condizioni trofiche dei laghi come conseguenza della pressione umana. XVI Convegno Nazionale degli Ingegneri ed Architetti Italiani, Milano 12-14 Novembre 1971.
45 - Barbanti L., G. Bonomi, A. Carello, G. Chiaudani, I. Ferrari, M. Gerletti, A.M. Nocentini, D. Ruggiu e L. Tonolli. 1971. Limnologia ed ecologia dei laghi di Bolsena, Bracciano, Trasimeno e Vico: situazione attuale e prevedibili conseguenze derivanti da una loro utilizzazione multipla. Ed. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza: 263 pp.

46 - Tonolli L. 1971. Relazione sull'attività scientifica Dell'Istituto nell'anno 1970. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 27: 9-43.
47 - Tonolli L. 1971. Ecologia: errori di oggi, prospettive di domani. Boll.Zool., 38: 353-361.
48 - Tonolli L. 1972. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1971. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 29: 9-36.
49 - Tonolli L. 1972. Review of "A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters", by W.T. Edmondson and G.G. Winberg, Editors (IBP Handbook n. 17 Blackwell Sci.Publ., Oxford, 1971). Limnol.Oceanogr., 17: 800-801.
50 - Tonolli L. 1973. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1972. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 30: 9-43.
51 - Tonolli L. 1974. Caratteristiche naturali delle acque superficiali interne. Collana di monografie sull'inquinamento "La protezione delle acque dagli inquinamenti", 1 Quaderni I.R.S.A., n. 23: 9-68.
52 - Caprino L., V. Carunchio, E. Cernia e L. Tonolli. 1974. Uniformità di procedure di rilevamento dei dati tecnici per lo svolgimento dell'attività giudiziaria per la tutela dell'ambiente. Atti Convegno Nazionale "Limiti della normativa italiana sulla tutela dell'ambiente", Fiuggi Terme, 31 Maggio - 2 Giugno 1974: 126-129.
53 - Carollo A., L. Barbanti, M. Gerletti, G. Chiaudani, I. Ferrari, A.M. Nocentini, G. Bonomi, D. Ruggiu e L. Tonolli. 1974. Indagini limnologiche sui laghi di Bolsena, Bracciano, Vico e Trasimeno. Quaderni I.R.S.A., n. 17:

179 pp.
54 - Barbanti L., C. Bonacina, A. Calderoni, A. Carello, R. de Bernardi, P. Guilizzoni, A.M. Nocentini, D. Ruggiu, C. Saraceni e L. Tonolli. 1974. Indagini ecologiche sul Lago d'Endine. Ed. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza: 304 pp.
55 - Tonolli L. 1974. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1973. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 31: 9-43.
56 - Tonolli L. 1974. In memoria di Alessandro Filipponi. Boll.Zool., 41: 269-271.
57 - Tonolli L. 1974. Conclusioni generali. In: Gerletti M. (Ed.) "Indagini sul Lago di Garda". Quaderni I.R.S.A., n. 18: 263-269,
58 - Tonolli L., M. Gerletti and G. Chiaudani. 1975. Trophic conditions of italian lakes as a consequence of human pressures. In: A. Hasler (Editor) "Land-water interactions". Springer-Verlag, Berlin. Ecol.Stud., 10 : 215-225.
59 - Tonolli L. 1975. Importanza e difesa delle acque naturali di superficie. In: G. Cannata (Ed.) "Materiali per un corso di politica dell'ambiente". Dott. A. Giuffré Editore, Milano: 483-495.
60 - Tonolli L. 1975. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1974. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 32: 9-47.
61 - Tonolli L. 1976. Variabili ecologiche e loro effetto sulla fauna acquatica. In: R. Amavis and J. Smeets (Eds.) "Principles and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenosis" (Commission of the European

Communities). Pergamon Press, Oxford: 83-106.
62 - Tonolli L. 1976. Oceanologia e limnologia o limnologia e oceanologia? Atti 1° Congr. A.I.O.L., Bologna 5-6 Novembre 1974. Giorn.Geol., 40: 99-109.
63 - Tonolli L. 1976. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1975. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 33: 9-51.
64 - Tonolli L. 1977. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1976. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 34: 9-56.
65 - Tonolli L. 1978. Relazione sull'attività scientifica dell'Istituto nell'anno 1977. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 36: 9-63.
66 - Tonolli L. 1979. La successione temporale delle condizioni trofiche del Lago Maggiore. In: CNR - PF "Promozione della qualità dell'ambiente". Atti del Convegno sulla eutrofizzazione in Italia, Roma 3-4 Ottobre 1978: 269-279.
67 - Tonolli L. 1979. Idrobiologia. Enciclopedia del Novecento. 3: 516-527.
68 - Tonolli L. 1976. La biogeografia oggi: qualche riflessione. *Lavori* Soc.Ital.Biogeogr., 6: 583-591.
69 - Tonolli L. 1979. Riflessioni generali su alcune problematiche relative ai laghi artificiali. In: CNR -PF "Promozione della qualità dell'ambiente". Atti del Convegno sui bacini lacustri artificiali, Sassari 4-6 Ottobre 1977: 207-218.
70 - Baudo R., R. de Bernardi, G. Giussani, E. Grimaldi and L. Tonolli. 1978. Quality objectives for aquatic life in european fresh waters. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., Suppl. 36: 1-99.

RELAZIONI AD INVITO

ATTI DEL 7 CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11 – 14 GIUGNO 1986 da pag. 3 a pag. 26

CONSIDERAZIONI SUI RECENTI SVILUPPI IN ALCUNI SETTORI DELLA LIMNOLOGIA

G. BONOMI

C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza e Dipartimento di Biologia Evoluzionistica e Sperimentale Università di Bologna, Bologna.

SUMMARY

Considerations upon recent developments in some areas of limnology.

The paper falls into three sections:
(1): Lake Orta recovery; (2): Developments in lacustrine limnology; (3): Developments in stream limnology.

(1) - The author updates his paper, given at the last meeting of the Italian Society for Oceanology & Limnology, confirming the progress of the chemical and biological recovery of Lake Orta (N. Italy) after the setting up of new treatment plants. The persistence of a very low pH (4-6 units), due to in-lake nitrification of the residual ammonium sulphate (ca 2 mg N-NH_4 l^{-1}) and the still rather high concentration of some metals (ca 35 ug Cu l^{-1}; 80 ug Al 1^{-1}; 55 ug Zn 1^{-1}) make the water environment very toxic to the biota. Furthermore bathing has very recently been prohibited, as the pH in the superficial waters is well below the permitted range for public bathing. This means that the already mooted liming of the lake has become a serious proposition for the local Authorities; at the moment a liming programme, considering both scientific and technical aspects, is under preparation.

(2) - Whole-lake experiments (e.g. E.L.A., Canada) or other experiments in partial manipulation (e.g. microcosms) are given as examples of a line of developments in lacustrine limnology. Particular emphasis is given to the results obtained in the E.L.A. area dealing with eutrophication (C/P debate, deforestation effects, acidification, fertilization a.s.o.). The limnology of the Great Lakes in USA and Canada has in recent years provided results on these large systems, obtained however using an oceanographic approach and new also in comparison with results from classical limnology which were obtained mainly on

small ("small boat") lakes. Other fields of development are the modelling of eutrophication, providing a solution for the recovery of eutrophied lakes, the study of fresh-waters reservoirs, and developments in paleolimnology.

(3) - The recent progress in stream studies, particularly evident in North America, seems to the author the most evident development in limnology in the last two decades. Attending the NABS (North American Benthological Society) Annual Meetings is the best way to perceive the progress and the large interest in this ecological subject. The "river continuum concept" may be considered as proposing a synthesis of the most interesting results in this field, providing a framework for the integration of physical and biological features of stream ecosystems. Its refinement and expansion is under way and is leading towards a stream ecosystem theory. Of particular interest to the author is the developing new theory of stream macroinvertebrate community structure, incorporating the Mac Arthur-Wilson modified model for colonization of oceanic islands, which "serves to reconcile the apparent conflict as to whether stochastic or deterministic factors are of primary importance in the structuring of streams invertebrate communities" (Minshall and Petersen, 1985). Finally the author attempts to trace a possible cultural and methodological influence of intertidal marine benthos students (both U.S. coasts) on the development of stream ecology in N. America.

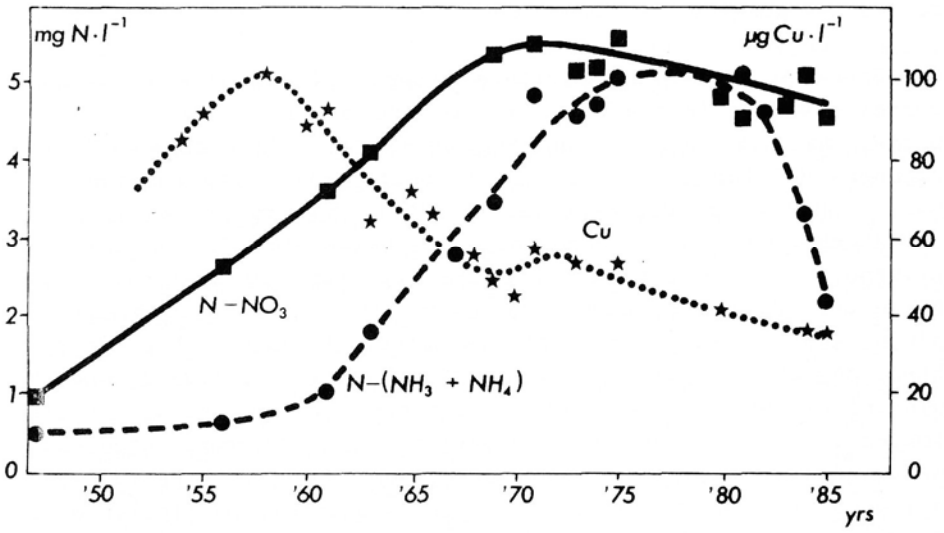
Ringrazio l'AIOL per l'invito che mi ha rivolto. Credo che ci si attenda che io faccia una relazione introduttiva sul tema al quale è dedicata questa giornata: "Evoluzione spazio-temporale dei popolamenti in rapporto alla dinamica ambientale". Dopo aver accettato l'invito, ho pensato molto al tema propostomi e ho seguito l'elenco delle relazioni e delle comunicazioni che vi sarebbero state presentate: i contenuti sono risultati, come prevedibile, estremamente variati, tali da rendere poco unificante una relazione troppo strettamente intesa. D'altra parte, da qualche anno mi si sono presentate occasioni speciali di incontro, che mi hanno permesso di vivere alcuni aspetti della recente evoluzione di un settore dell'ecologia acquatica - quello dell'ecologia delle acque correnti - che mi invogliano a parlarne con i colleghi. Con qualcuno di voi, in separata sede, o coi colleghi di Pallanza durante un recente seminario, ho già avuto alcuni scambi di idee che, nel complesso, mi hanno confermato la opportunità di dedicare al tema delle acque correnti il tempo che

mi è stato gentilmente concesso.

Sperando di non approfittare troppo della vostra cortesia, vorrei dividere la mia relazione in tre parti: la prima, molto breve, ha come oggetto un aggiornamento sullo straordinario recupero del Lago d'Orta a seguito della entrata in funzione di nuovi impianti di depurazione; sull'Orta ho già presentato, in collaborazione con C. Bonacina, una relazione al Convegno di Livorno di due anni fa e credo sia opportuno un aggiornamento. Nella seconda parte, anch'essa breve, farò qualche richiamo su alcuni aspetti della limnologia lacustre, che negli ultimi tempi hanno segnato le principali linee di tendenza evolutiva di questa disciplina. Nella terza, infine, cercherò di comunicarvi le mie impressioni sulla recente evoluzione degli "streams studies", mostrandovi i segni evidenti dell'odierna fase di straordinario sviluppo di tale branca dell'ecologia acquatica, particolarmente evidente nell'America Settentrionale. Cercherò anche di tracciare una possibile serie di cause, collegata, a parer mio, a questa considerevolissima evoluzione.

LAGO D'ORTA

Credo che i congressi dell'AIOL siano la sede più opportuna per aggiornarci reciprocamente sulle novità in campo oceanologico e limnologico, particolarmente di quelle relative alle acque del nostro Paese. Poiché, come ho già detto, ho già avuto occasione di riferire a Livorno sullo straordinario recupero del Lago d'Orta (o Cusio), desidero qui confermarvi che il recupero prosegue, come si può vedere in figura 1, e che la massa di azoto ammonico in lago continua a diminuire, tanto che oggi (primavera 1986), la sua concentrazione media può essere valutata 1,7 mg $N\text{-}NH_4\ l^{-1}$. La nitrificazione dell'ammonio in lago, vi mantiene una elevata acidità (il pH è compreso, dalla superficie al fondo e durante l'intero arco annuale, nell'ambito: 4-6) ed è da ritenersi che la neutralizzazione dell'acidità attuale in lago è di quella potenziale che verrà prodotta dalla residue massa di $N\text{-}NH_4$ in lago, richiederà, se affidata alla sola azione naturale (alcalinità veicolata dal "paralimnion" e contenuta nei sedimenti), tempi molto lunghi (Bonacina & Bonomi, 1985; Bonacina, Bonomi, Barbanti, Mosello, Ruggiu & Tartari, in press; Bonacina, Bonomi & Mosello, in press). E' quindi da ritenersi valida la proposta, più volte avanzata (Bonacina e Bonomi, 1984; Bonacina & Bonomi, in press), ma ora decisamente attuale, di operare una neutralizzazione delle sue acque. Come sapete, il



Andamento storico (1947-1985) delle concentrazioni di rame, azoto ammonico e azoto nitrico nel L. d'Orta (da: Bonacina, Bonomi and Monti 1986)

cosiddetto "liming" è una operazione tecnica molto diffusa come azione diretta, nelle aree soggette a forti deposizioni acide e le cui acque superficiali, per ragioni idrogeochimiche, abbiano un potere tampone naturale inadeguato a bilanciare il flusso di protoni in ingresso ai sistemi idrici. I laghi di queste aree (p. es.: Ontario, Svezia e Norvegia sud occidentali) hanno acque variamente acide e spesso connotate da elevate concentrazioni di metalli "in traccia", specialmente alluminio, rilasciati dai terreni del bacino idrografico, per scambio con l'acidità dovuta alle deposizioni. Sono quindi acque con un grado di tossicità che può anche essere molto elevato per la flora e la fauna lacustri (ma anche fluviali). Il liming di queste acque, operato tecnicamente con modalità molto varie a seconda delle locali situazioni morfologiche, idrologiche e chimiche, sortisce l'effetto di neutralizzare le acque e di ricostituire (se ben operato) una riserva alcalina adeguata; insolubilizza, inoltre, gran parte dei metalli tossici in soluzione. Il risultato, nelle aree di applicazione, è stato considerevole (Dikson, 1985), anche se, come sappiamo, questo è un' intervento sugli effetti, e non sulle cause dell'acidificazione. Le deposizioni acide continuano, quindi il liming, per essere efficace a lungo termine, va, nelle

aree citate, protratto fino a quando le deposizioni acide continueranno.

Non così nel caso del Lago d'Orta, la cui acidità è dovuta alla nitrificazione in lago dell'ammonio presente nella massa d'acqua lacustre. Il liming dovrà solamente neutralizzare l'acidità attuale (durante la circolazione invernale: pH = 4) e quella potenziale producibile dalla ossidazione della residua, "storica", massa di $N\text{-}NH_4$ presente in lago. Infatti gli apporti di acidità dall'atmosfera sembrano essere efficacemente neutralizzati nel bacino idrografico del Cusio, come mostrano i dati di Mosello, Bonacina, Carello, Libera & Tartari (in press), che mettono in evidenza per le acque degli immissari naturali, un pH contenuto nell'ambito 6-8. Quindi il liming del Lago d'Orta non sarebbe un intervento da protrarsi indefinitamente, ma una operazione da attuarsi una volta per tutte. I risultati prevedibili sono: a) neutralizzazione delle acque e ricostituzione di una adeguata riserva alcalina; b) stimolazione della nitrificazione della restante massa di ammonio in lago, la cui ossidazione è oggi quasi certamente frenata dal basso pH e dalla carenza di carbonio inorganico; e) insolubilizzazione dei metalli pesanti e dei metalli in traccia; d) ricostituzione di una comunità animale e, in generale, aumento della ricchezza in specie e della diversità biotica della comunità biologica lacustre. Particolare importanza avrà anche, da un punto di vista pratico, la ricostituzione di un popolamento ittico, specialmente di quello pelagico (ora assente). Cura particolare dovrà essere posta alle future operazioni di ripopolamento, onde evitare errori clamorosi.

Il problema numero uno è quello dell'enorme volume del lago (1,3 km^3), che rende il trattamento di tutta la massa assai problematico e dispendioso. Per questa ragione stiamo proponendo di intervenire "a titolo sperimentale" sul solo bacino meridionale del lago, che ospita circa l'8% del volume totale. I risultati potranno mostrare la validità dell'intervento e configurare con chiarezza i problemi tecnici e scientifici connessi con l'intervento sull'intero lago. A questo proposito posso anticipare che nel prossimo mese di Agosto avremo in Svezia incontri con colleghi svedesi, limnologi e tecnici ambientali, allo scopo di discutere, facendo tesoro della loro grandissima esperienza nel campo del liming, gli aspetti scientifici e tecnici delle nostre proposte e per integrarle con i loro suggerimenti. Permettetemi di dirvi che nel Maggio scorso sono stato invitato a presentare una relazione sulla ripresa del Lago

d'Orta alla "World Conference on Large Lakes - Focus on toxics", tenutasi a Mackinac Island, Michigan, USA (Bonacina, Bonomi, Barbanti, Mosello, Ruggiu & Tartari, in press); il ricupero del Cusio ha avuto tale risonanza da essere testualmente citato come esempio di risultato positivo di opere di disinquinamento in grandi laghi, nel documento conclusivo di questa importante conferenza.

LIMNOLOGIA LACUSTRE: ALCUNE LINEE DI TENDENZA EVOLUTIVA DELLA DISCIPLINA

Prima di passare alla parte centrale di questa mia relazione vorrei mettere in evidenza alcuni aspetti dello studio dei laghi, che negli ultimi due decenni hanno innovato nel modo di studiare questi corpi d'acqua. Non intendo assolutamente tentare una analisi esaustiva: desidero semplicemente ricordare alcuni campi di studio che mi sono sembrati particolarmente brillanti e che tutto sommato vanno ricordati anche per equilibrare l'esposizione che farò dopo e che sarà particolarmente elogiativa dello sviluppo della limnologia delle acque correnti. I settori che vorrei segnalare sono: limnologia lacustre sperimentale; limnologia dei grandi laghi; limnologia dei "reservoirs"; eutrofizzazione dei laghi; paleolimnologia .

LIMNOLOGIA SPERIMENTALE

Come è stato già illustrato al Congresso di Livorno da de Bernardi e Giussani (1985), i metodi manipolativi sono sempre più adottati nello studio dei laghi. L'uso di microcosmi si è diffuso negli ultimi due decenni (v. Lassiter, 1979, per una review) per lo studio di processi, non solo in acque stagnanti, ma anche in acque correnti. La facile controllabilità ne ha diffuso l'impiego, i problemi di scala lo hanno frenato (Uhlmann, 1985). L'introduzione di mesocosmi, con capacità di migliaia di metri cubi ha reso più realistico l'approccio sperimentale, ma complesso e costoso il metodo (Lund, 1979). Facendo ricorso al mesocosmo di Lund, Reynolds e collaboratori (Reynolds, 1982; Reynolds, Thompson, Ferguson and Wiseman, 1982; Reynolds, Wiseman, Godfrey and Buttrwick, 1983) hanno stimato la produzione primaria algale con metodo diretto, cioè valutando l'accrescimento numerico come variazione fra successivi censimenti e stimando i contemporanei tassi di sedimentazione e di "grazing". Una ricerca di simile impostazione concettuale, che

ho il piacere di ricordare qui, è quella che stanno conducendo Ruggiu e collaboratori sul Lago di Mergozzo (Piemonte). Qui non si usano "enclosures", ma si cerca di stimare il trasporto laterale mediante opportune misure correntometriche. I primi risultati, relativi alle Diatomee, sono riportati in Sulis (1985); nel periodo: 26 Gennaio 1985 - 30 Settembre 1985 la produzione netta (come somma delle perdite per sedimentazione (trappole) e dell'accrescimento numerico) è stata valutata, in termini volumetrici, in 139 cm^3 m^{-2}.

Un interessante lavoro di Uhlman (1985) mette in evidenza i problemi di scala nell'uso dei microcosmi e mostra le possibilità di "design" in rapporto alla similarità geometrica e/o fisiologica fra ambiente reale e ambiente artificiale. In questo contesto ricorderò anche le sperimentazioni su interi laghi, quali quelle famose condotte nella Experimental Lake Area (ELA) 'in Canada, dove, su un'area di 3500 km^2 con centinaia di laghi, si sono eseguiti esperimenti di grande interesse sui fattori chimici di controllo della eutrofizzazione (dibattito Carbonio -Fosforo), sulla acidificazione, sulla deforestazione, ecc. (Schindler, 1980; Schindler, Turner & Hesslein, 1985; Cook, Kelly, Schindler & Turner, 1986). Quanto alla biomanipolazione, rimando alla citata relazione di de Bernardi e Giussani, che è principalmente dedicata a questo argomento. Desidero qui ricordare il loro lavoro biomanipolativo sul laghetto di S. Martino (Piemonte), nel quale il lago è stato tripartito mediante tre barriere di polietilene: in un settore si è proceduto alla drastica riduzione del popolamento ittico originariamente presente, in un secondo si è ridotta la fauna ittica e introdotta la Trapa natans, nel terzo si è aumentata la densità della comunità ittica con l'introduzione di specie plantofaghe e bentofaghe. La loro attività di biomanipolazione è ora indirizzata sul Lago di Candia (Piemonte), del quale parlerà, in questa stessa giornata, G. Galanti.

LIMNOLOGIA DEI GREAT LAKES (USA-CANADA)

Molta della limnologia classica proviene dallo studio di laghi piuttosto piccoli, e ciò per evidenti ragioni pratiche. Spesso le ricerche sono state condotte con mezzi e personale ridotti e, come sappiamo, lo studio dei laghi di grandi dimensioni richiede natanti, strumenti e mezzi notevoli. Lo studio dei grandi laghi del sistema del S. Lorenzo (Lake Superior, L. Michigan, L. Huron, L. Erie, L. Ontario), promosso

dell'insorgere di allarmanti fenomeni di eutrofizzazione e di inquinamento, è stato realizzato mediante la istituzione, ex-novo, di numerosi istituti di ricerca teorica ed applicata, fra i quali posso ricordare il "Canada Centre for Inland Waters", di Burlington, Canada, sul Lago Ontario, costituito alla fine degli anni sessanta, con uno staff di circa 600 persone, numerose navi oceanografiche e notevolissimi mezzi finanziari. Lo studio di questi laghi, le cui dimensioni sono, come è noto, considerevolissime, richiede un approccio oceanografico. Desidero citare alcuni aspetti che sono anomali per il limnologo "da barchetta": le grandi differenze areali delle caratteristiche fisiche e biologiche, la cui descrizione ha richiesto anche l'uso dei satelliti (p.es. la distribuzione delle temperature superficiali, della clorofilla, delle correnti); un caso interessante è la messa in evidenza della barra termica ("thermal bar") nel Lago Ontario (Boyce and Lam, 1981) che si sviluppa quando, in fase di riscaldamento, ma con la gran massa delle acque ben al di sotto di 4°C, l'aumento di temperatura delle acque situate lungo il perimetro del lago isola una cintura di acque che non si mescolano con quelle del lago aperto, generando anche locali e temporanei accumuli di inquinanti sotto costa. Un altro aspetto termico interessante è stato messo in evidenza nel Lago Erie, il meno profondo dei Great Lakes (Z_{max} = 64 m; Z_m = 21 m, con area di 25,8 10^{-3} km^2), le cui acque per un lungo periodo invernale hanno, dalla superficie al fondo, una temperatura vicinissima a 0°C. Infatti le bassissime temperature atmosferiche invernali comportano la comparsa di uno spesso sepimento ghiacciato, ma l'aperta esposizione ai forti venti del Nord e l'elevato rapporto superficie:volume espongono il lago ghiacciato ad una continua rottura della copertura di ghiaccio e ad un persistente congelamento (El-Shaarawl, 1984). Un lago "on the rock", insomma.

Disuniformità termiche molto marcate sono state messe in evidenza recentemente anche per il Lago Maggiore dal gruppo che fa capo a Barbanti nel nostro Istituto di Pallanza con particolare riferimento alla circolazione tardo-invernale (Ambrosetti, Barbanti and Mosello, 1982).

LAGHI ARTIFICIALI

So per esperienza che in generale il limnologo, se può, cerca di evitare lo studio dei laghi artificiali. Questi sistemi a metà fra lago e fiume, sono spesso caratterizzati da grande in-

stabilità idraulica ed ecosistemica e il loro studio ne è reso comparativamente più complesso; un altro elemento complicante è costituito dalla esistenza di un gradiente orizzontale, talora molto accentuato, lungo la valle sommersa.

Tuttavia certe aree o certi paesi (p.es. Cecoslovacchia, Spagna) sono ricchi specialmente di laghi artificiali ed i limnologi locali si sono dedicati al loro studio con molto impegno. Non va inoltre dimenticato che i laghi artificiali vengono costruiti con scopi precisi nei riguardi dell'utenza delle loro acque e che spesso le aspettative vengono meno per mancanza di adeguati strumenti predittivi o per leggerezza o per scarsa maturità ecologica degli enti preposti. Negli ultimi tempi questi corpi d'acqua hanno attratto l'attenzione di molti studiosi (ricordo, ad esempio, i laghi della Sardegna) e di organismi internazionali (p.es. OCDE), specialmente per quanto si riferisce alla loro possibile eutrofizzazione. Sappiamo quindi molto di più su questi sistemi idrici. Desidero ricordare qui il lavoro di Margalef e collaboratori (1977), svolto su oltre cento laghi artificiali della Spagna ed il ruolo dell'OCDE nel promuovere ricerche limnologiche sui bacini artificiali e sui loro bilanci di nutrienti algali; questo lavoro è sfociato nel Rapporto OCDE sulla eutrofizzazione degli "shallow lakes and reservoirs", a cura di J. Clasen (1980). Questo rapporto, assieme alla molta altra letteratura prodotta sull'argomento e che io non riporto per agilità di esposizione, è di notevole importanza per la limnologia applicata. E' infatti possibile usare i modelli di calcolo in esso proposti e ricavati dalla casistica esaminata, prevedendo lo stato di trofia di un lago artificiale ancor prima che lo si costruisca. Ovviamente per far ciò si deve valutare il carico del nutriente che controlla la produzione, veicolato al futuro lago dai corsi d'acqua che diverranno i futuri emissari dell'invaso. Questo, come è noto, si può fare con metodo indiretto ("a tavolino") mediante opportune indagini territoriali e usando appositi coefficienti che sono forniti dalla letteratura applicativa (p.es. Provini, Mosello, Pettine, Puddu, Rolle e Spaziani, 1979), oppure con metodo diretto, vale a dire computando i carichi in ingresso futuro, misurando in situazioni opportune le concentrazioni dei nutrienti e le portate idriche alle sezioni di immissione nel futuro lago. Ovviamente i modelli forniti sono utilizzabili anche per valutare l'entità degli interventi depurativi che siano necessari per fare regredire, di una entità voluta, il grado di trofia di un invaso già esistente. I tecnici valuteranno poi, per la loro competenza, la fattibilità delle proposte sul piano impiantistico ed economico.

EUTROFIZZAZIONE

E' noto a tutti il ruolo fondamentale della limnologia nello studio fenomenologico della eutrofizzazione e nella messa a punto di adeguati modelli per la valutazione dello stato di trofia di un lago in relazione agli apporti di nutrienti e all'afflusso idrico. Desidero qui solamente ricordare, per fare omaggio ad un valoroso collega, il suo ruolo nella messa a punto di adeguati modelli di eutrofizzazione anche e soprattutto dei laghi naturali. Il ruolo e l'importanza di Richard Vollenweider, .che tanti anni ha trascorso nel nostro Istituto di Pallanza, è stato finalmente riconosciuto quest'anno: egli ha infatti ricevuto, assieme a W. Stumm, il prestigioso Energy Ecology Tyler Prize. E' un vero peccato che la SIL (Societas Internationalis Limnologiae) non sia arrivata per prima colla sua Naumann Medal. Corre comunque voce che al prossimo congresso internazionale in Nuova Zelanda questa "dimenticanza" verrà colmata. Ricordo che una somma dei risultati OCDE sulla eutrofizzazione è riportata nel volume: "Eutrophication of waters Monitoring, assessment and control" (1982).

PALEOLIMNOLOGIA

Anche questa è una branca della nostra scienza che ha avuto a mio avviso una notevole evoluzione negli ultimi anni. I paleolimnologi hanno i loro simposi internazionali ogni 4-5 anni, senza fissa periodicità. Il penultimo fu a Joenssu, in Finlandia nel 1981, l'ultimo ad Ossiach, Carinzia, nel 1985 (Bonomi, 1985). Questi simposi hanno chiaramente rivelato che la paleolimnologia sta attraversando una fase di piena evoluzione. Particolarmente interessanti mi sono sembrate le ricerche sugli aspetti paleolimnologi delle deposizioni acide, con due grossi progetti di ricerca: “Paleolimnological Programme” del “Royal Society Surface Waters Acidification Project” (U.K., Svezia e Norvegia). Un tema in particolare sviluppo è risultato essere quello dello studio dei pigmenti vegetali sedimentari, particolarmente di quelli specifici di alcune specie algali o batteriche. Su quest’ultimo punto anch’io lavoro, nel progetto diretto da P. Guilizzoni, che ha per oggetto numerosi laghi dell’Italia settentrionale (Guilizzoni, Bonomi, Galanti & Ruggiu, 1983; Guilizzoni, Lami, Ruggiu & Bonomi, 1986). Si sta sviluppando la tecnica di riconoscimento e conteggio di statospore di Crisoficee e delle scaglie silicee delle

Mallomonadaceae. Uno degli aspetti più eccitanti è il progresso nello studio di carote lacustri profonde (Lake Biwa, Zurichsee, alcuni laghi africani e indiani); esiste anche un ambizioso programma di "deep coring" su di un grande lago prealpino italiano.

Molto recentemente anche i bentologi di Pallanza hanno dato un contributo originale all'uso di ooteche di oligocheti acquatici come reperto paleolimnologico atto ad indicare il passato livello di produttività di un lago; mi riferisco ancora al caso del Lago d'Orta, nel quale abbiamo messo in evidenza che nel periodo che precede l'inquinamento la zona profonda ospitava oligocheti acquatici tipici di laghi a modesta produttività (Bonacina, Bonomi & Monti, 1986).

LIMNOLOGIA DELLE ACQUE CORRENTI

Io sono un limnologo e credo che voi sappiate che per la parte biologica del mio lavoro mi sono prevalentemente occupato di bentos profondo. Questa mia posizione si è concretata con lo studio intensivo, sia di laboratorio che di campagna, di alcune popolazioni di oligocheti tubificidi (v. p. es.: Bonomi & Di Cola, 1980; Bonomi & Erséus, 1984; Adreani, Bonacina, Bonomi & Monti, 1984). Noi studiosi di oligocheti acquatici siamo un gruppo poco numeroso, ma di recente siamo cresciuti grazie soprattutto alla espansione rapida, verificatasi soprattutto nello studio degli oligocheti marini. Ormai troviamo oligocheti in tutti i fondali marini e il loro studio è grandemente progredito, sia dal punto di vista sistematico-zoogeografico, che da quello fisiologico-ecologico (v. p. es.: Giere & Pfannkuche, 1982; Bonomi & Erséus, 1984). Da alcuni anni teniamo regolari simposi internazionali (1979: Sidney, B.C.; 1982: Pallanza; 1985: Hamburg), ma ci incontriamo sovente anche in occasione degli "Annual Meetings" della North American Benthological Society (NABS).

E' stato proprio attraverso queste esperienze che mi sono trovato a contatto diretto con una realtà che qui da noi mi pare non sia ancora stata adeguatamente recepita, vale a dire la produzione di una mole enorme di ricerche condotte sulla ecologia delle acque correnti, con conseguente notevolissimo progresso conoscitivo. Prima di tentare di dare un'idea di questa "effervescenza culturale", vorrei trattare due punti, a mò di introduzione: a): cosa è la NABS; b): rapporti fra ecologia delle

acque correnti e la limnologia.

a): cos'è la NABS.. Prima di tutto, sgombriamo il campo da dubbi: io non intendo qui propagandare una società, della quale fra l'altro sono un semplice membro; desidero solamente lodarne l'attività, poiché mi pare che l'operato di chi la ha diretta e la dirige, obbiettivamente lo meriti e mostrarla come indice di una certa situazione. Nel 1953 fu fondata la Midwest Benthological Society, che esordì con 13 membri, teneva meetings annuali ed era aperta anche a membri esterni al Midwest statunitense. Alcuni di noi, durante il congresso SIL di Madison del 1962, ne diventarono membri. Tuttavia la società ebbe un'impennata positiva durante gli anni '70; nel 1974 i soci decisero di cambiare il nome dell'associazione in NABS "to reflect the national and International distribution of members". La NABS è stata la culla naturale dello sviluppo dell'ecologia delle acque correnti nel continente nordamericano: organizza simposii speciali, reviews di letteratura scientifica pertinente, intercalibrazioni di metodi; è importante tener presente che, benché negli Annual Meetings vi sia una larga prevalenza di studiosi di bentos di acque correnti, sono anche rappresentati i bentologi marini e lacustri, gli enti pubblici e privati di ricerca di base e applicata, le grosse agenzie di finanziamento della ricerca. Almeno una mezza giornata è dedicata ad "invited papers" su temi ritenuti di attualità o di grande importanza, presentati in sedute plenarie, simposii speciali, comunicazioni in sessioni parallele, sessioni poster. Esempio: il tema della sessione plenaria 1984 (Raleigh, N. Carolina) verteva sulla trasfusione di esperienze fra bentologi marini e bentologi delle acque interne; il tema del 1985 (Corvallis, Oregon) puntava sulla preparazione degli ecologi acquatici (dobbiamo preparare "generalisti" o "specialisti"?). I membri della NABS sono passati da 800 nel 1975 a 1364 nel 1984 e 1606 nel 1985. Dal 1984 il "newsletter" è sostituito da un "Bullettin of the NABS" (trimestrale); finalmente, nel 1986 la società si è data una rivista: il Journal of the NABS. Solo gli invited papers sono pubblicati (nei Bollettini); delle comunicazioni vengono solo distribuiti gli abstracts (quando farà così anche l'AIOL?). Ritengo che frequentare i congressi NABS sia un'esperienza indimenticabile.

b): Rapporti fra ecologia delle acque correnti e limnologia. G.E. Hutchinson, nella prefazione del suo Treatise on Limnology (Vol. 1°, 1957), cosi' esordisce: "The aim of this book is to give as complete an account as is possible of the events

characteristically occurring in *lakes*". Forel nella sua opera "Le Léman" (1882-1904) considera, come è noto a tutti che la limnologia sia l'oceanografia dei laghi. Più di recente troviamo il volume di Wetzel (1983) "Limnology" che si rifà, per così dire, alla tradizione di escludere l'ecologia dei corsi d'acqua dalla limnologia.

D'altra parte molti altri testi di limnologia danno invece ampio spazio alla ecologia delle acque correnti. Posso citare le 168 pagine del 16° capitolo del testo di R. Margalef "Limnologia" (1983), il volume di B. Moss (1980), un capitolo del quale è dedicato a: "Streams and other erosive substrata"; il recente testo di Goldman & Horne (1983) ha un capitolo sulle acque correnti (cap. 16: "Streams and Rivers"). Questa analisi potrebbe continuare e ci porterebbe alla conclusione che le acque correnti, per molti autori che non vi abbiano esperienza di ricerca, sono un argomento scomodo. Citerò, a questo proposito, Margalef (1983, pag. 711): "... el ecologo se encuentra perplejo cuando se enfrenta con un sistema fluvial. En el peor de los casos puede llegar a excluirlo de la limnologia considerandolo monstruoso".

Ebbene, io penso che oggi non sia più possibile scrivere un testo di Idrobiologia o Limnologia o tenerne un corso universitario, ignorando l'ecologia dei corsi d'acqua. E' tale infatti la mole di dati prodotta e così evidente è la evoluzione della materia così come la sua importanza, che il testo dovrà assolutamente trattare, e per esteso, degli ambienti lotici.

Cercherò ora di delineare una serie di lavori scientifici e di testi che io ritengo determinanti per chi voglia aggiornarsi sulla materia. Ripeto ancora che non intendo (né posso) fare una review della letteratura sulla ecologia degli ambienti lotici: il mio scopo è quello di mostrare l'evoluzione della materia e di individuarne alcune possibili cause.

Nel 1970 è uscito, per i tipi della Liverpool University Press, il volume di H.B.N. Hynes: "The ecology of Running Waters", che è considerato una pietra miliare nella formazione degli studenti e studiosi della materia. Hynes, trasferitesi da Liverpool a Waterloo (Ontario) lo scrisse parte in Gran Bretagna, parte in Canada ("where they call patrol gasoline and flats apartments"; prefazione, X). La pubblicazione di quest'opera è da considerarsi assai importante per la qualità dell'autore, ma anche perché il volume giocò un ruolo notevole nello stimolare

gli studiosi americani di ecologia acquatica.

Negli anni "70 la produzione scientifica sulle acque correnti è stata notevolissima e caratterizzata da un estendersi dell'approccio sperimentale, manipolativo, delle indagini. Dovendo sintetizzare, posso citare la pubblicazione di Vannote, Minshall, Cummins, Sedali & Cushing (1980) intitolata: "The River Continuum Concept", che possiamo presentare come tentativo di visione integrata, olistica, dell'ecosistema lotico, e che costituisce senz'altro un momento importante per l'ecologia delle acque correnti. Come già molti autori hanno messo in evidenza, questo sforzo di integrazione va visto come sganciamento dalla visione del corso d'acqua inteso come mosaico longitudinale di zone. Già altri autori avevano operato nel senso di una visione integrata dei sistemi lotici; fra questi vanno almeno citati: Margalef (1960), Hynes (1963) e Mann (1979). Al congresso SIL di Winnipeg (Manitoba) del 1974 ancora Hynes presentò una bellissima Edgardo Baldi Memorial Lecture: "The stream and its valley", che metteva in evidenza l'estrema apertura dell'ecosistema lotico (Hynes, 1975). In quel periodo erano anche in atto numerose ricerche sperimentali, manipolative, sugli effetti che gli interventi umani sui bacini idrografici apportavano alle caratteristiche idrologiche, chimiche e biologiche dei rispettivi corsi d'acqua. Queste linee di ricerca continuano tuttora e sono legate ai problemi della deforestazione, delle deposizioni acide, della eutrofizzazione. Basterà ricordare il lavoro di Likens e collaboratori (Likens & Bohrman, 1979; Likens, 1984) e quello già ricordato di Schindler e collaboratori.

La proposta contenuta nel lavoro di Vannote et al. (1980) è il risultato di una maturazione culturale che tende ad incorporare nella ecologia delle acque correnti concetti derivati dalla geomorfologia dinamica, in certo senso dal modo di vedere, con criterio cibernetico e probabilistico, un corso d'acqua come sistema continuamente tendente lungo l'asta ad un equilibrio fra due tendenze opposte: l'utilizzazione massima dell'energia cinetica da un lato e l'uniforme tasso del suo uso dall'altro. Gli autori citano infatti ampiamente l'influenza dei geomorfologi, in particolare di Leopold e collaboratori (Leopold & Maddock, 1953, Leopold & Langbein, 1962; Leopold, Wolman & Miller, 1964; Langbein & Leopold, 1966). Devo dire che io conosco soltato il citato volume di Leopold e coli.: "Fluvial Processes in Geomorphology" (1964), dal quale ho imparato molto (un pò come dal "La Terra" di Trevisan e Tongiorgi (1976), infatti, essendo biologo e ignorante di geomorfologia, ho appreso di queste

evoluzioni attraverso la divulgazione, ma cito i tre lavori rimanenti per chi fosse interessato ai lavori originali.

Ma Vannote e gli altri coautori raccolgono anche, come ampiamente ci dicono, concetti adottati dagli ecologi marini per quanto si riferisce al "continuum". Mills (1969) fu uno dei primi a rifarsi a questo concetto, di derivazione fitogeografica nel suo ottimo lavoro sul modo di intendere le comunità in zoologia marina. Possiamo anzi dire che un altro dei pilastri del River Continuum Concept (R.C.C.), cioè la identificazione dei "gruppi funzionali" nell'ecosistema lotico, sui quali molti, in particolare Cummins, hanno lavorato per identificare il ruolo trofico dei macroinvertebrati nell'uso delle varie frazioni del detrito (Cummins, 1973; Cummins & Klug, 1979; Bruns, Minshall, Brock, Cushing, Cummins e Vannote, 1982; Minshall, Brock & LaPoint, 1982; Cummins, Minshall, Sedell, Cushing & Petersen, 1984), sia derivato dalla ecologia marina. Mi ricordo del bel lavoro di Dayton e Oliver (1980), della Scripps, che tempo fa mi aveva dato informazioni e stimoli riguardo a questo concetto. Continuo ad insistere sulla positiva e notevole influenza che i bentologi marini esercitano (o possono esercitare) su quelli delle acque interne, perché questo a me pare un argomento della massima considerazione. Vi tornerò più tardi, e in particolare sulla vastissima mole di lavoro di elevata qualità che è stata prodotta dagli studiosi delle comunità intertidali e subtidali, specialmente per gli aspetti manipolativi delle loro indagini, sia in ambiente naturale, che in laboratorio. Posso citare, ad esempio, Paine, 1966, 1976, 1984; Paine & Levin, 1981), Connell (1961; Connell & Statyer, 1977) e i commenti alla sua "review" sugli esperimenti di competizione interspecifica del 1983 (Shoner, 1985; Fernson et al., 1986), Sebens (1982, 1986), Sutherland (Sutherland & Karlson, 1977), Vance (1978, 1979), Levington (Levington & Lopez, 1977; Levington & Stewart, 1982), e il volume di Reise sugli esperimenti sui "mud flats" (1985). Chi è bentologo marino conosce questi autori meglio di me, io desidero citarli come riconoscimento personale del loro lavoro e delle conseguenti ricadute culturali su altri settori dell'ecologia acquatica.

Tornando al River Continuum Concept (R.C.C.), esso ha dimostrato rapidamente di assolvere molto bene al compito provocatorio, e al tentativo unificante che gli autori gli avevano assegnato ("Collection of extensive data sets over the long profile of rivers are needed to further test and refine these ideas"; Vannote et al. 1980, pag. 136). Diversi autori vi hanno

fatto riferimento, anche opponendovisi. Winterbourn e collaboratori (Winterbourn, Rounick & Cowie, 1981) in un "Discussion Paper" sul New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, partendo dalle loro esperienze sui corsi d'acqua della Nuova Zelanda, si pongono in antitesi al R.C.C.: "The idea that stream communities are highly structured entities is questioned, as is the generality of the river continuum concept" (pag. 321). Fa loro eco Barmuta (1982), ma ormai la provocazione è lanciata e si assiste ad una generale discussione sull'argomento. Molto importante è la pubblicazione di Statzner & Hilger (1985), che sulla base di esperienze su corsi d'acqua europei e tropicali, accettano solo in parte i paradigmi del R.C.C., alcuni essendo a loro giudizio in contrasto con le conoscenze del momento sulla ecologia dei sistemi lotici, o aperti ad altre interpretazioni. Essi fanno richiesta di sostanziali modifiche delle basi teoriche del R.C.C. Altri autori prendono posizioni più favorevoli (Sedell, Everest & Swanson, 1982; Stanford & Ward, 1983; Sedell & Fraggott, 1984). Ma ormai è l'ora di ribattere: Minshall, Cummins, Petersen, Cushing, Bruns, Sedell e Vannote pubblicano nel 1985 sul Canadian Journal od Fisheries & Aquatic Sciences il lavoro "Developments in Stream Ecosystem Theory", nel quale accettano alcune delle critiche proposte per raffinare il R.C.C., così che, tutto sommato, il R.C.C, continua ad essere un valido riferimento teorico per la comprensione dei corsi d'acqua. Essi concludono che: "although the generality of the model remains to be further evaluated it appears that most riverine ecosystems generally can be accommodated within the current conceptual framework" (pag. 152).

Altri lavori stanno uscendo e la vivacità della discussione è garantita dalla levatura dei ricercatori e dalla vasta produzione di dati. Ho trovato particolarmente interessanti gli ultimi lavori di Minshall & Petersen (Minshall & Petersen, 1985; Minshall, Petersen & Nimz, 1985), nei quali gli autori si interessano dei fattori che regolano la colonizzazione stagionale e la struttura delle comunità di macroinvertebrati nei corsi d'acqua. Essi propongono che la struttura di comunità cambi nel tempo in accordo con la nota teoria della colonizzazione delle isole di Mac Arthur & Wilson (1967); si tratta di una delle applicazioni a sistemi ecologici che non sono propriamente isole (v. Minshall, Andrews & Manuel-Faler, 1983), e permette di inquadrare felicemente il noto fenomeno del drift di macroinvertebrati. Penso che questo inquadramento concettuale darà una valida messe di risultati.

E nel nostro paese? Credo che sia facile verificare che l'ecologia delle acque correnti, al contrario di quella lacustre, sia da noi scarsamente seguita. Mi sembra di poter citare alcuni gruppi che danno opera in questo campo: il gruppo di Perugia, che è partito da G.P. Moretti, il gruppo di Parma che fa a capo a P.F. Ghetti, il gruppo che lavora a Verona sotto il coordinamento di S. Ruffo. Certamente ci sono altri che si occupano di acque correnti da un punto di vista ecologico, ma io non voglio e non posso fare una completa analisi regionale oppure segnalare le iniziative sorte in coincidenza con la necessità contingente di mettere a punto la situazione delle acque di un fiume (ad es. le ricerche coordinate dall'ENEL sul Fiume Po). A me sembra che manchi veramente un gruppo che lavori sul sistema lotico con approccio che sia al passo coi tempi. Fare della faunistica o qualificare dal punto di vista della qualità delle acque un torrente non porta in generale allo sviluppo, entro gruppi potenzialmente disponibili, di un clima culturale che costituisca l'intima esigenza di lavorare su di un corso d'acqua volendone indagare i processi, vale a dire il funzionamento del sistema.

Tuttavia io sono ottimista, perché credo che il livello della nostra ricerca ecologica, anche se in modo non uniforme (vale a dire con punte che "tirano" e saccature che paiono rimanere in area obsoleta), stia velocemente elevandosi. E sono anche convinto che se qualche gruppo lavora bene, ci sarà una ricaduta positiva sii tutti, specialmente sui giovani (ma bisognerà anche, chiaramente, creare nuove posizioni per loro). In occasione delle mie partecipazioni ai convegni della N.A.B.S. ho cercato di capire, ad esempio, quali possano essere le cause del grande sviluppo degli "stream studies" nel continente nord-americano; penso infatti che riconoscere le motivazioni del progresso scientifico in un'area di ricerca possa essere di utilità per chi desideri entrarvi. Le conversazioni che ho avuto, e in particolare quelle con V. Resh (del quale segnalo il bel volume: "The Ecology of Aquatic Insects", 1984) mi pare che diano alcune indicazioni. Infatti, a parte qualche dettaglio locale, come 1'ingresso nella National Academy of Science di ecologi fluviali che avrebbero catalizzato l'interesse ed i finanziamenti, c'è una certa convergenza nell'ammettere che le esistenti ottime scuole di ecologia hanno formato in America Settentrionale moltissimi ricercatori di alta qualità, che il mercato o le esigenze di conoscenze ambientali hanno poi trascinato in altre aree dove il corso d'acqua è il corpo idrico che più deve e/o può essere studiato. Molti studenti di dottorato si sono formati alle scuole, che ho già ricordato, di studiosi di

comunità intertidali sul Pacifico e sull'Atlantico e poi si son trovati a dover studiare le acque correnti. Ma hanno portato con sé una preparazione di prim'ordine, pur fatta su ambienti di tutt'altra natura.

Io credo che incrementare gli sforzi di ricerca dei nostri bentologi marini che lavorano sui bassi fondali o sulle acque salmastre possa essere un *modo poco dispendioso* per ottenere il duplice risultato di formare giovani ben preparati e di fare progredire la nostra ecologia. E, se si creeranno nuovi posti di lavoro negli enti di ricerca, avremo una ricaduta positiva anche in altri settori della ricerca ecologica, specialmente in quella sui corsi d'acqua, per i quali c'è una grande richiesta di conoscenze. Questa indicazione, come è chiaro, non scaturisce da una analisi esaustiva, che oltrepassa le mie intenzioni; si tratta prevalentemente di impressioni e di sensazioni, che ho pensato di comunicarvi. Penso che questo sia un compito pertinente alle relazioni presentate ai nostri convegni.

BIBLIOGRAFIA

L. Adreani, C. Bonacina, G. Bonomi and C. Monti - Cohort cultures of Psammoryctides barbatus (Grube) and Spirosperma ferox (Eisen): a tool for a better understanding of demographic strategies in Tubificidae - Hydrobiologia - 115 / 113-120 -1984.

W. Ambrosetti, L. Barbanti and R. Mosello - Unusual deep mixing of Lago Maggiore during the winter 1900-1981 Geogr. Fis. Dinam. Quat. - 5 / 183-191 - 1982.

L.A. Barmuta & P.S. Lake - On the value of the River Continuum Concept - N.Z.J. Mar. Freshwater Res. - 16 / 227-231 - 1982

C. Bonacina e G. Bonomi - I grandiosi effetti ambientali determinati dalle prime fasi del disinquinamento del Lago d'Orta - Documenta Ist. Ital. Idrobiol. - 2 / 1-24 - 1984.

C. Bonacina e G. Bonomi - La situazione del Lago d'Orta dopo tre anni dall'entrata in funzione dei nuovi impianti di depurazione - Atti Congr. Internaz. "Inquinamento e recupero dei laghi", Roma, 15-18 Aprile 1985 / 127-133 - 1985.

C. Bonacina, G. Bonomi', L. Barbanti, R. Mosello, D. Ruggiu and G. Tartari - Lake Orta (N. Italy): recovery after the adoption of restoration plans - Proc. of "World Conference on Large Lakes - Focus on Toxics", Makinal Island, Michigan, U.S.A, May 18-21, 1986 - in press.

C. Bonacina, G. Bonomi and C. Monti - Oligochaete cocoon remains

as evidence of past lake pollution - Hydrobiologia - 143 / 395-400 - 1986.
C. Bonacina, G. Bonomi and R. Mosello - Notes on the present recovery of Lake Orta: an acid, industrially polluted, deep lake in North Italy - Mem. Ist. Ital. Idrobiol. - in press.
G. Bonomi - 4th Interantional Symposium on Paleolimnology - S.I.T.E. Notizie - 6 / 133-135 - 1985
G. Bonomi and G. Di Cola - Population dynamics of Tubifex tubifex, studied by means of a new model - In R.O. Brinkhurst and D.G. Cook (Eds.), Aquatic Oligochaete Biology. Plenum Press, New York/185-203 - 1980.
G. Bonomi and C. Erséus (Eds.) - Aquatic oligochaeta - Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht / 240 pp. - 1984.
F.M. Boyce & D.C.L. Lam - The physical limnology of the North American Great Lakes - Verh. int. Ver. Limnol. - 21 / 1650-1665 - 1981.
D.A. Bruns, G.W. Minshall, J.T. Brock, C.E. Cushing, K.W. Cummins & R.L. Vannote - Ordination of functional groups and organic matter parameters from the Middle Fork of the Salmon River, Idaho - Freshwat. Invertebr. Biol. - 1(3) / 2-12 - 1982.
J. Clasen, & H. Bernhardt - Regional Projects; Shallow Lakes and reservoirs - OECD Coop. Progr. for Inland Waters (Eutrophication Control) / 289 pp. - 1980.
R.B. Cook, C.A. Kelly, D.W. Schindler & M.A. Turner – Mechanisms of hydrogen ion neutralization in an experimentally acidified lake - Limnol. Oceanogr. - 31 / 134-148 - 1986.
J.H. Connel - Effects of competition, predation by Thais lapillus and other factors on natural populations of the barnacle Balanus balanoides - Ecological Monographs - 31 / 61-104 - 1961.
J.H. Connell - On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments - American Naturalist - 122 / 661-669 - 1983.
J.H. Connell and R.O. Slatyer - Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization - American Naturalist - 111 / 1119-1144 - 1977.
K.W. Cummins - Structure and function of stream ecosystems - Bio-Science - 24 / 631-641 - 1973.
K.W. Cummins & M.J. Klug - Feeding ecology of stream invertebrates - Ann. Rev. Ecol. Syst. - 10 / 147-172 - 1979.
K.W. Cummins, G.W. Minshall, J.R. Sedell, C.E. Cushing and R.C. Petersen - Stream ecosystem theory - Verh. int. Ver. Limnol. – 22 / 1818-1827 - 1984.

P.K. Dayton & J.S. Oliver - An evaluation of experimental analyses of population and community patterns in benthic

marine environments - In: Tenore, K.R. & Coull, B.C. (Eds.) Marine Benthic Dynamics. Univ. S. Carolina Press / 451 pp - 1980.

R. de Bernardi e G. Giussani - Problemi e prospettive della limnologia sperimentale - Atti del 6° Congresso A.I.O.L.; Livorno, 12-14 Aprile 1984 / 1-8 - 1985.

W. Dickson - Piogge acide in Svezia: effetti sugli ambienti lacustri - Atti Congr. Internaz. "Inquinamento e recupero dei laghi", Roma, 15-18 Aprile 1985 / 311-317 - 1985.

A.H. El-Shaarawal - Statistical assessment of the Great Lakes Surveillance program, 1966-1981, Lake Erie - CCIW, Sci. Series N° 136 / XXIII + 273 pp. - 1984.

S. Fernson, P. Klerks, M. Weissburg, I. Kroot, S. Stewart, G. Jaquez, I. Ssmakula, R. Malenki and K. Anderson. – Competing reviews, or any do Connel and Schoener disagree? - Am. Nat. - 127 / 571-576 - 1986.

F.A. Forel - Le Léman - F. Rouge et C.le, Lausanne / 542-651-715 pp. - 1892 -1895 -1904.

O. Giere, T.O. Pfannkuche - Biology and ecology of marine Oligochaeta - Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. - 20 / 173-308 - 1982.

C.R. Goldman and A.J. Horne - Lymnology - McGraw-Hill Book Co., N.Y. / 464 pp. - 1983.

P. Guilizzoni, G. Bonomi, G. Galanti & D. Ruggiu – Relationship between sedimentary pigments and primary production: evidence from core analyses of twelve Italian lakes - Hydrobiologia - 103 / 103-106 - 1983.

P. Guilizzoni, A. Lami, D. Ruggiu & G. Bonomi - Stratigraphy of specific algal and bacterial carotenoids in the sediments of Lake Varese (N. Italy) - Hydrobiologia - 143 / 321-325 - 1986.

G.E. Hutchinson - A treatise on limnology - John Wiley and Sons, Inc., New York - Vol. I / 1015 pp. - 1957.

H.B.N Hynes - Imported organic matter and secondary productivity in streams - Proc. XVI Int. Congr. Zool. - 4 / 324-329 - 1963.

H.B.N. Hynes - The ecology of running waters - Liverpool Univ. Press / 555 pp. - 1970.

H.B.N. Hynes - The stream and its valley - Verh. int. Ver. Limnol. - 19 / 1-15 - 1975.

L.B. Leopold & T. Maddock Jr. - The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications - U.S. Geol Surv. Prof. Pap. - 252 / 57 pp. - 1953.

L.B. Leopold & W.B. Langbein - The concept of entropy in landscape evolution - U.S. Geol .Surv. Prof. Pap. - 500A / 20 pp. - 1962.

L.B. Leopold, M.G. Woldman & J.P. Miller - Fluvial processes in

geomorphology - W.H. Freeman, S. Francisco / 522 pp. - 1964.
W.B. Langbein & L.B. Leopold - River meanders - theory of minimum variance - U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. - 422-H / 15 pp. - 1966.
R. Lassiter - Microcosms as ecosystems for testing models – State of the Art in Ecological Modelling - 7 / 127-161 - 1979.
J.S. Levinton & G.R. Lopez - A model of renewable resources and limitation of deposit feeding benthic populations – Oecologia - 31 / 177-190 - 1977.
J.S. Levinton & S. Stewart - Marine succession the effect of two deposit feeding gastropod species on the population growth of Paranais litoralis Muller, 1784 (Oligochaeta) - J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 59 / 231-241 - 1982.
G.E. Likens - Beyond the shoreline: a watershed-ecosystem approach - Verh. int. Ver. Limnol. r 22 / 1-22 - 1984.
G.E. Likens & F.H. Bohrman - The role of water-shed and airshed in lake metabolism - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 13 / 195-211 / 1979.
J.W.G. Lund - The use of large experimental tubes in lakes. In: The effect of Storage on water quality. - Water Research Centre. Medmenham / 291-311 - 1979.
R.H. MacArthur & E.O. Wilson - The theory of island biogeography - University Press, Princeton, N.J. - 1967.
K.H. Mann - Review of Julian Rzoska: on the nature of rivers, with case stories of Nile Zaire and Amazon - Limnol. Oceanogr - 24 / 1177 pp. - 1979.
R. Margalef - Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters - Int. Rev. ges. Hydrobiol - 45 / 133-153 - 1960.
R. Margalef - Limnologìa - Ediciones Omega, Barcellona / 1010 pp. - 1983.
R. Margalef, D. Planas, J. Armengol, A. Vidal, N. Prat, A. Guiset, J. Toja y M. Estrada - Limnologia de los embalses espanoles - Direcion General de Obras Hidraulicas. Ministerio Obras Publicas, Madrid / 422+85 pp. - 1977.
E.L. Mills - The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: a review - J. Fish. Res. Bd. Canada - 26 / 1415-1428. - 1969.
G.W. Minshall, J.T. Broch & T. La Polnt - Characterization and dynamics of benthic organic matter and invertebrate functional feeding group relationships in the upper Salmon River, Idaho (U.S.A.) - Int. Revue Ges. Hydrobiol. - 67 / 793-820 - 1982.
G.W. Minshall, D.A. Andrews and C.Y. Manuel-Faler - Application of island biogeographic theory to streams: macro-invertebrate recolonization of the Teton River, Idaho. In: J.R. Barnes and G.W.
Minshall, eds. Stream ecology: application and testing of

general ecological theory. Plenum, New York / 279-297 pp. - 1983.
G.W. Minshall, R.C. Petersen Jr. & C.F. Nimz - Species richness in streams of different size from the same drainage basin - Am. Nat. - 125 /16-38 - 1985.
G.W. Minshall and R.C. Petersen Jr. - Towards a theory of macroinvertebrate community structure in stream ecosystems - Arch. Hydrobiol. - 104 / 49-76 – 1985.
G.W. Minshall, K.W. Cummins, R.C. Petersen, C.E. Cushing, D.A. Bruns, J.R. Sedell, R.L. Vannote - Developments in stream ecosystem theory - Can. J. Fish. Aquatic. Sci. - 42 / 1045-1055 - 1985.
R. Mosello, C. Bonacina, A. Carello, V. Libera and G. Tartari - Acidification due to in-lake ammonia oxidation: an attempt to quantify the proton production in a highly polluted subalpine Italian lake (Lake Orta) - Mem. Ist. Ital. Idrobiol. / in press. B. Moss - Ecology of fresh waters - Blackwell Scientific Publications / 332 pp. - 1980.
O.C.D.E. Eutrophication of waters. Monitoring assessment and control - O.C.D.E., Paris / 154 pp. - 1982.
R.T. Paine - Food web complexity and species diversity - Amer. Naturalist - 100 / 65-75 - 1966.
R.T. Paine - Controlled manipulations in the marine intertidal zone, and their contributions to ecological theory. In: The changing scene in the natural sciences. - Special Publication, Academy of Natural Sciences, Philadelphia - 12 / 245-270 - 1976.
R.T. Paine - Ecological determinism in the competition for space - Ecology - 65 / 1339-1348. - 1984.
R.T. Paine and S.A. Levin - Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern - Ecological Monographs - 51 / 145-178 - 1981.
A. Provini, R. Mosello, M. Pettine, A. Puddu, E. Rolle e F.M. Spaziani - Metodi e problemi per la valutazione dei carichi di nutrienti - Atti " Convegno sull'Eutrofizzazione in Italia", Roma, 3-4 Ottobre 1978 / 121-158 - 1979.
K. Reise Tidal fiat ecology. An experimental approach to species interactions - Ecological studies 54. Springer-Verlag. Berlin / 191 pp. - 1985.
W.H. Resh & D.M. Rosemberg - The ecology of aquatic insects - Praeger Special Studies, New York / 625 pp. - 1983.
C.S. Reynolds - Phytoplankton periodicity; its motivation, mechanisms and manipulation - Rep. Freshwater Biol. Assoc., UK - 50 / 60-75 -1982.
C.S. Reynolds, J.M. Thompson, A.J.D. Ferguson and S.W. Wiseman –

Loss processes in the population dynamics of phytoplankton maintained in closed systems - J. Plankton Res. - 4 / 561-600 - 1982.
C.S Reynolds, S.W. Wiseman, B.M. Godfrey and C. Buttrwick – Some effects of artificial mixing on the dynamics of phytoplankton populations in large limnetic enclosures - J. Plankton Res. - 5 / 203-234 - 1983.
K.P. Sebens - Competition for space: growth rate, reproductive output and escape in size - American Naturalist - 120 / 189-197 - 1982.
K.P. Sebens - Spatial relationships among encrusting marine organisms in the New England subtidal zone – Ecological Monographs - 56 / 73-96 - 1986.
J.R. Sedell, F.H. Everest & F.J. Swanson - Fish habitat and streamside management: past and present. In: Proc. of the Society of American Forester, Annual Meeting (1981) - Soc. Amer. Foresters, Bethesda, MD / 244-255 - 1982.
J.R. Sedell & J.L. Froggatt - Importance of streamside forests to large rivers: the isolation of the Willamette River Oregon, U.S.A., from its floodplain by snagging and stremside forest removal - Verh. int. Ver .Limnol. - 22 / 1828-1834 - 1984.
D.W. Schindler - Evolution of the experimental lakes project - Can. J. Fish. Aquat. Sci - 37 / 313-319 - 1980.
D.W. Schindler, A. Turner and R.H. Hesslein - Acidification and alkalinization of lakes by experimental addition of nitrogen compounds - Biogeochemistry - I/ 117-133 - 1985.
T.W. Shoener - Some comments on Connell's and my reviews of field experiments on interspecific competition - Am. Nat. - 125 / •730-740 - 1985.
J.A. Stanford & J.V. Ward - Insect species diversity as a function of environmental variability and disturbance in stream systems. In: Barnes, J.R. & G.W. Minshall (Eds.) Stream Ecology - Plenum Press, N. York / 265-278 - 1983.
B. Statzner & B. Hilger - Questions and comments on the River Continuum Concept - Can. J. Fish. Aquat. Sci. - 42 / 138-144 – 1985.
B. Sulis - Condizioni limnologiche, idrochimiche, stato trofico e dinamica del fitoplancton nel Lago di Mergozzo - Tesi di Laurea, Univ. Milano / 103 pp - 1985.
J.P. Sutherland and R.H. Karlson - Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina – Ecological Monographs - 47 / 425-446 - 1977.
L. Trevisan e L. Tongiorgi - La terra - U.T.E.T., Torino - 2° ediz. / 638 pp. - 1976.
D. Uhlmann - Scaling of microcosms and the dimensional analysis

of lakes - Int. Revue ges Hydrobiol. - 70 / 47-62 - 1985.
R.R. Vance - A mutualistic interaction between a sessile marine clam and its epibionts - Ecology - 59 / 679-685 - 1978.
R.R. Vance - Effects of grazing by the sea urchin, Centrostephanus coronatus, on prey community composition – Ecology - 60 / 537-546 - 1979.
R.L. Vannote, G.W. Minshall; K.W. Cummins, J.R. Sedell and C.E. Cushing - The river continuum concept - Can. J. Fish. Aquat. Sci. - 37 / 130-137 - 1980.
R. Wetzel - Limnology - Saunders College Pubbl. - 2nd ed. /767 pp. + 92 - 1983.
M.J. Winterbourn, J.S. Rounick & B. Cowie - Are New Zealand stream ecosystem really different? - N.Z.J. Marine Freshwater Res. -15 / 321-328 - 1981.

RELAZIONI

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 29 a pag. 45

CONFRONTO FRA I METODI DI STIMA DELL'EVAPORAZIONE DAL LAGO MAGGIORE

L. BARBANTI e W. AMBROSETTI
C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

Several methods have been developed to compute evaporation from lakes. Because of data limitations, evaporation determined by a single method is not sufficiently reliable and requires verification for accuracy by different methods. Monthly evaporation for Lago Maggiore was evaluated for the period 1963-1984 by the energy budget approach and by Mortom's "complementary relationship": both sets of data were used to provide control for "mass transfer equation" (Lake Hefner formula) and, particularly, for calibrating the mass transfer coefficient. The analysis of the results indicates that reasonably accurate evaporation estimates can be obtained by a modified Lake Hefner mass-transfer equation.

1. PREMESSA

L'evaporazione, nota per essere uno dei più importanti fenomeni che interessano l'interfaccia aria-acqua, costituisce altresì un elemento fondamentale negli studi idrologici, ma rappresenta anche un problema per molti versi ancora insoluto. Pur limitando il nostro discorso all'evaporazione dei laghi si può rilevare come non esista ancora un metodo di misura diretta sufficientemente sicuro e come anche quelli indiretti non siano esenti da critiche. Nell'impostare il nostro lavoro ci eravamo proposti una scelta metodologica che, tenendo conto anche della scarsa disponibilità di dati, ci consentisse un approccio pratico per stime di evaporazione dal lago Maggiore, estensibili in un secondo tempo anche agli altri laghi italiani.

Come specificato da Barbanti (1970) il metodo pratico più largamente diffuso sui laghi di tutto il mondo, specialmente per stime di ordine pratico, è quello della misura diretta con bacinelle evaporimetriche; metodo assai semplice ma che comporta sensibili errori soprattutto se il coefficiente di trasformazione dei dati sperimentali non può essere stimato con la necessaria precisione: è quindi indispensabile, anche in questo caso, procedere a stime di evaporazione in sede locale con tecniche più so-

fisticate e precise.

Quella che si basa sul bilancio idrologico permette la valutazione della rata di evaporazione (E) come residuo delle diverse componenti del bilancio, le principali delle quali sono l'afflusso (I), il deflusso (O), le precipitazioni dirette sulla superficie del lago (P), il ruscellamento non incanalato dai versanti (R) , il netto del flusso di acqua al lago per via sotterranea(G) e le quantità di acqua immagazzinata o persa dal lago (ΔS); pertanto l'espressione generale del bilancio idrologico diventa:

$$E = I - 0 + P + R + G \pm \Delta S \qquad (1)$$

Ma equazioni di questo tipo applicate a laghi come il Maggiore non possono dare risultati attendibili sia per le difficoltà insite nelle misure di quasi tutte le sue componenti, ma ancora di più per l'enorme sproporzione fra le quantità relative a certe variabili (afflusso e deflusso, in particolare) e l'evaporazione stessa che, in. volume, rappresenta meno del 2% delle altre; il che significa che la precisione richiesta per la sua valutazione è al di fuori di ogni possibilità pratica. Si veda, ad esempio, la distribuzione quantitativa di alcune componenti del bilancio idrologico medio cinquantennale del Lago Maggiore valutato sulla base dei dati raccolti dal Servizio Idrografico del Ministero LL. PP. (Fig. 1): è evidente come un piccolo errore nella valutazione dei termini di afflusso e di deflusso si ripercuota inevitabilmente in un grosso errore nel calcolo dell'evaporazione, valutata com'è come residuo.

Un secondo metodo, abbastanza diffuso, per la stima dell'evaporazione è quello che fa uso della cosiddetta equazione di "mass transfer" proposta dall'U.S. Geological Survey (1954). La metodica non presenta difficoltà alcuna per quanto attiene al calcolo e alla disponibilità dei dati in quanto le variabili in gioco sono essenzialmente due, il vento e la pressione di vapore; tuttavia si richiede anche un coefficiente nel quale sono sintetizzate le caratteristiche geografiche del lago (morfologia, climatologia, idrologia, ecc.), coefficiente che è valutabile solo in via sperimentale. Anche in questo caso si rende necessario l'utilizzo di altri metodi di stima dell'evaporazione, possibilmente basati su serie sufficientemente lunghe, e quindi attendibili, di dati. La problematica relativa all'equazione di "mass transfer" sarà comunque trattata più diffusamente in seguito: ora converrà fare riferimento a due delle metodiche da noi utilizzate per il calcolo dell'evaporazione del Lago Maggiore su scala pluriennale

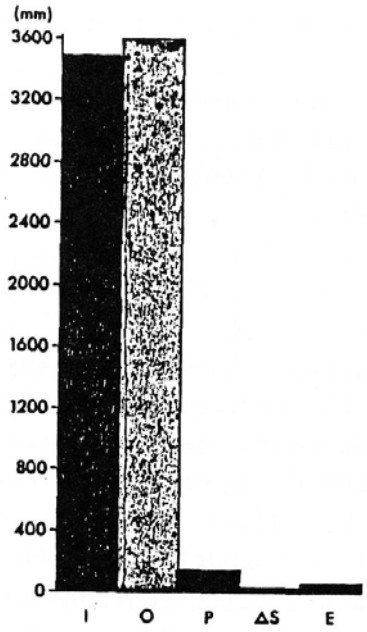


Fig. 1. Bilancio idrologico medio mensile del Lago Maggiore: I, afflusso meteorico; O, deflusso; P, precipitazioni sul lago; S, variazioni di livello; E, evaporazione (Dati del Servizio idrografico del Ministero LL.PP.; periodo 1921-1970).

(dal 1963 al 1984), e precisamente:

1) - l'equazione del bilancio di energia calorica proposta da Anderson (1954);
2) - il modello C.R.L.E. (complementary relationship lake evaporation) proposto recentemente da Mortom (1983, b) che tiene conto delle variazioni di temperatura e umidità di una massa d'aria che passa dall'ambiente terrestre a quello lacustre.

2. BILANCIO DI ENERGIA CALORICA

Trascurando le fonti energetiche minori, quali ad esempio lo scambio di calore coi sedimenti, l'energia prodotta dai processi biologici o chimici, la trasformazione di energia cinetica in calore e l'energia advettata al lago attraverso il flusso sotterraneo, le componenti di energia calorica che controllano il riscaldamento e il raffreddamento di un lago sono:

- radiazione solare incidente (Q_s);
- radiazione solare riflessa (Q_r);
- netto di radiazione ad onda lunga (Q_b);
- calore immagazzinato o perso dal lago (Q_t);
- flusso di calore sensibile (Q_h);
- flusso di calore latente di evaporazione (Q_e);

- quantità netta di calore acquisita dal lago per advezione (Q_v).

Avendo trascurato nel caso del Lago Maggiore quest'ultima componente in quanto del tutto trascurabile rispetto alle altre (Ambrosetti et al., 1978), l'equazione del bilancio calorico può essere espressa come segue:

$$Q_s - Q_r - Q_b \pm Q_t = Q_e + Q_h \qquad (2)$$

I termini a sinistra di questa espressione possono essere misurati direttamente o valutati con sufficiente facilità sulla base di una serie di parametri meteorologici registrati in loco; invece i termini a destra rappresentano, congiuntamente, l'incognita dell'equazione e possono essere successivamente separati utilizzando il cosiddetto Rapporto di Bowen ($R = Q_h / Q_e$) che è determinabile in maniera del tutto indipendente. Risolta la (2) occorre la trasformazione di Q_e in E (altezza di evaporazione esprimibile in cm·giorno^{-1}), che si ottiene attraverso la seguente formula:

$$E = \frac{Qe}{\rho L} \qquad (3)$$

essendo: p = densità dell'acqua (uguale a 1 per l'acqua dolce)
L = calore latente di evaporazione (590 cal·cm^{-3}).

Dai valori mensili ed annui di evaporazione dal Lago Maggiore, valutati con il metodo del bilancio calorico per gli anni dal 1963 al 1984, risulta che la media annua dell'intero periodo risulta di 779 mm ed è compresa fra il massimo annuo di 927 mm (1968) ed il minimo di 591 (1977). La sua distribuzione media stagionale presenta un valore minimo in Dicembre (44 mm) ed un massimo in Luglio (97 mm) con tutti gli altri valori mensili che seguono una ciclicità sufficientemente regolare. Il minimo ed il massimo mensile assoluti si sono riscontrati, rispettivamente, nel Maggio 1985 (14 mm) e nel Luglio 1975 (141 mm). Tutti i dati medi mensili relativi alla distribuzione stagionale sono comunque riportati in forma grafica in Fig. 2, nella quale appaiono anche i valori estremi di ciascun mese unitamente agli intervalli di confidenza del 95%.

Anche in previsione dei confronti che si faranno con i dati ricavati applicando altre metodiche, è importante notare, come ha osservato Dereki (1976, a), che, in termini generali, l'evaporazione valutata con questo metodo si basa su dati di bilancio non del tutto sicuri per quanto attiene alle stagioni di scarsa

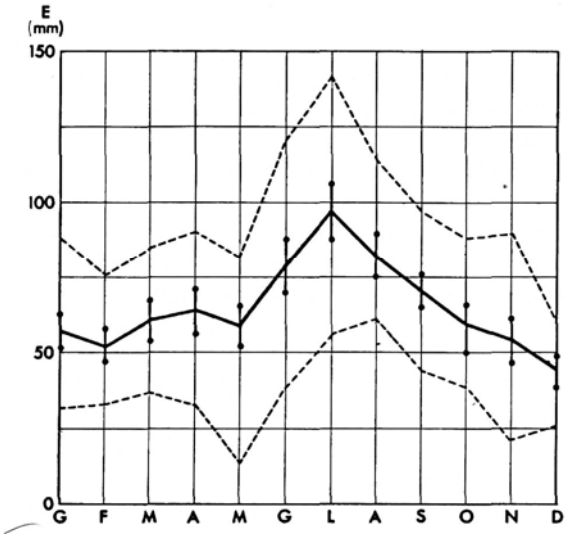


Fig. 2. Regime dei valori medi mensili di evaporazione valutati sul Lago Maggiore con il metodo del bilancio energetico; sono riportati anche i valori estremi di ogni mese e, per i dati medi, gli intervalli di confidenza del 95%. (Periodo 1963-1984).

evaporazione (inverno e primavera), mentre nelle stagioni di elevata evaporazione (estate ed autunno) i dati di partenza sono in generale più attendibili e di conseguenza i valori di evaporazione più sicuri.

3. METODO DI MORTOM (COMPLEMENTARY RELATIONSHIP LAKE EVAPORATION)

II modello proposto da Mortom (1983, b), definito come "Complementary relationship lake evaporation" (C.R.L.E.) è una variazione del modello C.R.A.E. ("Complementary relationship area-land evapotranspiration") formulato dallo stesso Mortom (1983, a). Nella sua formulazione più recente il C.R.A.E. può essere così sintetizzato:

$$E_T + E_{TP} = 2\ E_{TW} \qquad (4)$$

essendo:
E_T = evapotraspirazione di un areale supposto tanto vasto da far sentire in maniera completa i suoi effetti su temperatura e umidità dell'aria che vi sovrascorre e trascurando gli effetti del passaggio di tale massa d'aria attraverso il limite sopravento dell'areale;

E_{TP} = evapotraspirazione potenziale, cioè quella che si avrebbe da una ipotetica superficie saturata di umidità, e che viene calcolata attraverso le equazioni del bilancio di energia e del trasferimento di vapore acqueo, tenendo presente le caratteristiche pedologiche e vegetazionali dell'areale in studio;
E_{TW} = evapotraspirazione areale in aria satura di umidità, vale a dire quella che si verificherebbe se le superfici del territorio fossero saturate, senza cioè limitazioni di acqua per 1'evapotraspirazione.

In condizioni di rifornimento costante di energia radiante e senza disponibilità di acqua per 1'evapotraspirazione (E_T = O), cioè in presenza di aria molto calda e secca, E_{TP} è al suo valore massimo corrispondente a 2 E_{TW} (evapotraspirazione potenziale in ambiente secco). Man mano che il rifornimento di acqua al sistema suolo-vegetazione aumenta, si determina un aumento equivalente in E_T che fa sì che l'aria sovrastante diventi più fredda e più umida e questa, a sua volta, determina un'equivalente diminuzione di E_{TP} . Infine, quando la disponibilità di acqua al suolo è aumentata in maniera adeguata, i valori di E_T e di E_{TP} convergono verso quelli di E_{TW} : in tal modo 1'evapotraspirazione in condizioni di massima umidità è uguale alla metà dell'evapotraspirazione potenziale che si ha in condizioni di completa aridità.

Possiamo rilevare subito che né E_T , né la disponibilità di acqua sono fattori noti, che sia E_{TP} che E_{TW} possono essere stimati in base ad osservazioni climatologiche di routine: questo significa che le complessità del sistema suolo-vegetazione possono essere evitate, così come può essere superata la richiesta, propria di altri metodi, di disporre di coefficienti tarati sulle condizioni locali.

La "complementary relationship" di Mortom può essere usata, previo un adeguato adattamento, anche per valutare l'evaporazione delle superfici lacustri, almeno di quelle relative ai laghi bassi, partendo da osservazioni climatologiche di ordine routinale registrate su aree rivierasche: la C.R.L.E. tiene conto infatti delle differenze ambientali tra lago e terra ed è definita da due quantità che sono l'evaporazione potenziale (E_W) e l'evaporazione del lago (E_P). La prima viene calcolata risolvendo le equazioni del bilanciò energetico e del trasferimento di vapore partendo da dati di assorbimento di radiazione, di trasferimento di calore e di trasferimento di vapore che sono compatibili con una superfi-

cie liquida; tuttavia poiché i dati di input sono normalmente raccolti in ambiente terrestre, E_P risulta essere l'evaporazione potenziale al limite sopravento del lago. E deve essere invece considerata come l'evaporazione da un corpo d'acqua così grande che gli effetti del passaggio della massa d'aria attraverso la linea di costa sono trascurabili; si tratta cioè di una quantità concettualmente simile ad E_{TW} del modello precedente, ma quantitativamente diverso per gli effetti delle differenze riscontrabili nell'assorbimento di radiazione, nel trasferimento di calore e di vapore sulla terra e sul lago.

Dal momento che non vi è mancanza di acqua nei laghi, il valore di E_W rimane costante se si mantiene costante la disponibilità di energia radiante. Viceversa i valori di E_P risponderanno, secondo la C.R.L.E., alle variazioni delle disponibilità di acqua nel sistema suolo-vegetazione dell'ambiente terrestre. In altre parole, in un ambiente terrestre completamente secco, il valore di E_P è il doppio di E_W , mentre in un ambiente completamente saturo di umidità i due valori si eguagliano. Mortom afferma che la grande variabilità di E_P ,cioè dell'evaporazione che si riscontra lungo la linea di costa sopravento, ha effetto trascurabile su E_W a meno che la zona di transizione (approssimativamente di 300 m di larghezza) non costituisca una porzione percentualmente vasta dell'intero lago.

Al contrario delle tecniche convenzionali di uso corrente che, per il calcolo dell'evaporazione, fanno uso di osservazioni climatologiche o di dati evaporimetrici rilevati a terra e poi li trasferiscono al lago vicino applicando semmai dei coefficienti di correzione, la "relazione complementare" di Mortom prescinde da queste trasposizioni ed i risultati che si ottengono possono essere verificati immediatamente e gli eventuali errori nelle assunzioni fatte possono essere individuati e corretti adattandoli iterativamente anche ad una gamma molto ampia di ambienti.

Quanto alla validità di una tale metodica, un test di confronto con l'evaporazione ricavata col metodo del bilancio idrologico in 11 laghi nord-americani ed africani, situati cioè in un vasto ambito ambientale, ha dato eccellenti risultati, con valori inferiori del 2% soltanto rispetto a quelli corrispondenti.

Ma il C.R.L.E., come del resto tutti i metodi che si basano esclusivamente sui dati climatici, non tiene conto di un importante fattore limnologico e cioè dell'immagazzinamento o della perdita di calore negli strati più profondi del lago; in questo

senso si è accennato in precedenza alla validità del metodo limitatamente ai laghi bassi. In altri termini i dati mensili di evaporazione che si ricavano sono realistici soltanto per quei corpi d'acqua nei quali l'immagazzinamento in profondità è trascurabile. Per superare questo scoglio Mortom (1983, b) propone di applicare tecniche per la valutazione dell'immagazzinamento calorico di tipo "routing", simili cioè a quelle usate in idrologia per il passaggio dell'acqua attraverso i bacini naturali.

Utilizzando le versioni più recenti del modello ed i programmi di calcoli proposti (Mortom et al., 1980) che assumono, come dati di base la temperatura dell'aria, quella del punto di rugiada e la radiazione solare (oltre alle principali caratteristiche geografiche), abbiamo valutato l'evaporazione mensile del Lago Maggiore per gli anni dal 1963 al 1984;! per tener conto degli effetti dell'immagazzinamento stagionale di calore negli strati profondi del lago, diversamente da quanto proposto da Mortom, si è fatto uso delle risultanze del bilancio calorico del lago che come si è visto in precedenza è stato valutato per lo stesso periodo; in particolare i dati mensili di evaporazione ricavati applicando la C.R.L.E. sono stati corretti tenendo presente la quantità di calore immagazzinato o perso dal lago (Q_t) ed il netto della radiazione solare (differenza fra incidente e riflessa).

L'evaporazione annua dal Lago Maggiore risulta essere variata, nel periodo considerato, fra 580 mm circa (1977) e 770 mm circa (1976), con una media pluriennale di 697,3 mm. Quanto alle variazioni stagionali, l'evaporazione media mensile presenta il suo minimo in Dicembre (27,6 mm); i valori assoluti sono stati invece riscontrati, rispettivamente nel Luglio 1983 (129,6 mm) e nel Dicembre 1972 (20 mm). Le regimazioni mensili dei dati evaporimetrici nei loro valori medi, minimi e massimi, sono riportate in Fig. 3, nella quale sono segnati anche gli intervalli di confidenza del 95%.

4. CONFRONTO FRA I RISULTATI OTTENUTI CON I METODI DEL BILANCIO ENERGETICO E DI MORTOM

In Fig. 4 sono riportate le serie cronologiche dei totali annui di evaporazione calcolate, rispettivamente, utilizzando il bilancio di energia e la "relazione complementare" di Mortom per gli anni 1963-1984. Come osservazione generale, si può notare come l'andamento delle due curve mostri un ragionevole parallelismo; si osservi, in modo particolare, i dati che si riferiscono al 1977. D'altra parte, in qualche caso, vi sono anche rimarche-

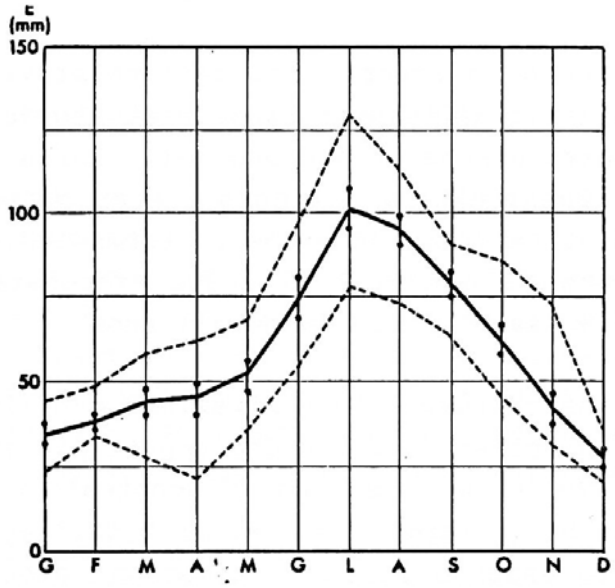


Fig. 3. Regime dei valori medi mensili di evaporazione valutati sul Lago Maggiore con il metodo della "relazione complementare " di Mortom; sono riportati anche i valori estremi di ogni mese e, per i dati medi, gli intervalli di confidenza del 95 %. (Periodo 1963-1984).

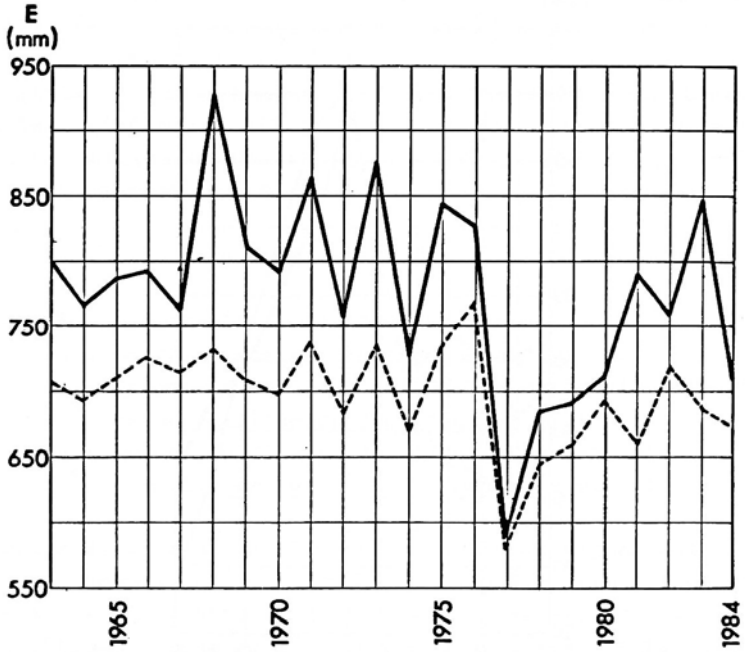


Fig. 4. Serie cronologica dei totali annui di evaporazione valutati sul Lago Maggiore col bilancio energetico (————) e con la "relazione complementare" di Mortom (----------). Periodo 1963-1984.

voli diversità, come ad esempio nei dati relativi al 1968 allorché al picco relativo all'evaporazione ricavato col bilancio energetico fa riscontro appena un accenno nella curva ricavata dal metodo di Mortom. Quest'ultima poi persiste su valori sistematicamente inferiori all'altra, tanto che in termini, di media pluriennale la differenza di quantità di acqua evaporata applicando le due metodiche risulta di circa 80 mm all'anno.

La Fig. 5 mostra invece la regimazione mensile delle due serie di valori evaporimetrici; ciò che appare più evidente dal loro confronto è che il buon accordo riscontrato nelle serie cronologiche, ed anche in termini di valori totali annui, non risulta qui confermato essendo le due regimazioni alquanto dissimili. Le differenze più evidenti riguardano le stagioni a basso tasso di evaporazione (da Novembre a Maggio) con i dati ricavati per via energetica che si mantengono sensibilmente più elevati degli altri e in qualche caso ne raddoppiano il valore; la situazione opposta, anche se più contenuta in termini quantitativi, si riscontra invece nei mesi di Agosto, Settembre ed Ottobre.

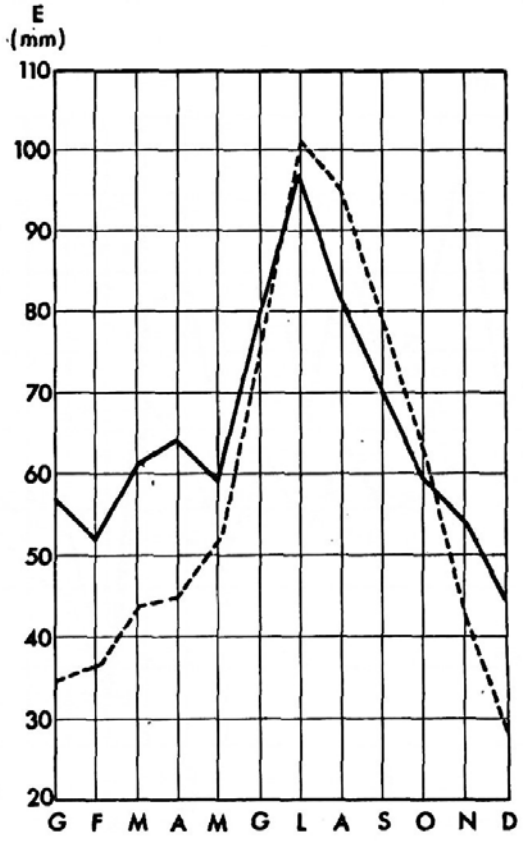


Fig. 5. Regimazioni mensili dell' evaporazione dal Lago Maggiore valutate col metodo del bilancio energetico (———) e con la "relazione complementare" di Mortom (----------). Periodo 1963-1984.

5. METODO DELL'EQUAZIONE DI "MASS TRANSFER"

Questo metodo indiretto per il calcolo dell'evaporazione, cui si è già accennato in precedenza, si basa sull'applicazione della legge di Dalton e fa riferimento ai processi di rimozione del vapor d'acqua da una superficie liquida, in particolare come diffusione turbolenta; in altri termini l'evaporazione viene considerata essere funzione della velocità del vento e della differenza fra le pressioni di vapore dell'aria saturata (alla temperatura superficiale dell'acqua e dell'aria sovrastante).

Il vantaggio principale di questo approccio è la sua convenienza in quanto necessita di dati meteorologici di base che, nei casi più fortunati, sono prontamente disponibili grazie alle sempre più frequenti rilevazioni effettuate su boe galleggianti; ma anche ove questo non»è possibile ci si basa su osservazioni ricavate presso stazioni site nelle zone periferiche del lago anche se, evidentemente, queste non possono riflettere le condizioni realmente presenti sulla superficie liquida.

La formula più comunemente utilizzata per il "mass transfer" è quella che è stata sviluppata dall'U.S. Geological Survey (1954) nel corso degli studi idrologici sul Lake Hefner, formula che è stata poi sperimentata con successo anche sul Lake Mead, in un lago cioè molto più grande del primo e sito in un ambiente climatico totalmente diverso (U.S. Geological Survey, 1958). La formula si esprime come segue:

$$E = M (e_s - e_a) U \qquad (5)$$

essendo: E = evaporazione dal lago (mm.giorno^{-1})
M = coefficiente di "mass transfer"
e_s = pressione saturante di vapore dell'aria alla temperatura dell'acqua superficiale (mb)
e_a = pressione di vapore dell'aria sovrastante (mb)
U = velocità del vento a 8 m sopra la superficie (m.s^{-1}).

Prima di introdurre il problema di fondo riguardante -la soluzione dell'equazione (5), che è quello della stima di un coefficiente M che sia adatto alle condizioni geografiche del Lago Maggiore, abbiamo voluto verificare se, e in quale misura, l'utilizzo dei dati meteorologici raccolti in stazioni rivierasche, in quanto non riflettenti esattamente la situazione lacustre, incida sui risultati. E' un problema che da tempo sta interessando i ricercatori Lemire (1961) e Richards e Fortin (1962) hanno sviluppa-

to, sui Grandi Laghi americani, un metodo di aggiustamento dei dati rivieraschi e, in particolare, dei rapporti lago-terra per il vento e per l'umidità. Richards e Irbe (1969), dopo aver dimostrato che solo se si introducono opportune correzioni sui dati raccolti a terra, l'equazione di "mass transfer" porta a buoni risultati, hanno proposto la seguente espressione:

$$E = M (e_s - H e_a), R U \qquad (6)$$

dove, oltre alle quantità specificate in precedenza:
H = rapporto mensile lago-terra per l'umidità;
R = rapporto mensile lago-terra per il vento.
MC Culloch (1975) modificò l'approccio di Richards e Irbe prendendo in considerazione la temperatura dell'aria sopravento, unitamente alla temperatura media dell'acqua superficiale, al fine di selezionare appropriate classi di stabilità atmosferica. Utilizzando circa 7.000 osservazioni registrate su boe meteorologiche o raccolte direttamente da navi da ricerca sul Lago Ontario, Phillips e Irbe (1977) definirono i rapporti lago-terra per vento, temperatura dell'aria ed umidità, che distribuirono in classi di intensità del vento, stabilità atmosferica, lunghezza del fetch sopra il lago e tempo di residenza della massa d'aria sopra il lago: è stata così stimata l'influenza relativa di ogni fattore. Infine, Phillips (1978), per valutare l'evaporazione dal Lago Ontario, fece uso di dati "terrestri" estrapolati sopra il lago: si avvalse di un modello che simulava punto di rugiada, temperature dell'acqua superficiale e del vento in un reticolato di 88 punti.

Quanto al Lago Maggiore, il problema è stato affrontato mettendo a confronto i valori mensili di umidità e di vento, che per alcuni anni erano stati registrati sulla piccola isola di Brissago, con quelli corrispondenti rilevati nelle stazioni rivierasche di Locamo Monti e di Magadino (le più prossime a Brissago). Nessuna differenza significativa è stata riscontrata per quanto attiene all'umidità, in ciò confermando quanto già era stato osservato da Ambrosetti (1971) e Ambrosetti (1979); evidentemente le caratteristiche morfologiche del Lago Maggiore, con la sua conca stretta, allungata ed articolata, sono tali da non determinare gradienti sensibili di umidità relativa, tenuto conto anche del fatto che questa è stata valutata in termini di media mensile e quindi con lisciamento dei dati istantanei. Diverso , e più complesso, risulta il problema del vento, parametro che la morfologia lacustre rende poco conservativo in senso spaziale. Il problema è stato perciò risolto riducendo dapprima a livello del la-

go le intensità medie mensili registrate nelle singole stazioni a terra sulla base dell'espressione proposta da Dereki (1976):

$$U_2 = U_1 \left[\frac{Z_2}{Z_1} \right]^{1/7} \qquad (7)$$

essendo U_2 e U_1 le velocità del vento rispettivamente alle quote Z_2 e Z_1. I valori mensili così ricavati, mediati per tutti i siti misurati, sono stati poi utilizzati per la soluzione dell'equazione di "mass transfer". Anche i valori di temperatura atmosferica, necessari per la valutazione delle pressioni di vapore, sono stati ridotti alla quota del lago utilizzando un gradiente termico verticale ricavato localmente.

Quanto al problema di determinare un coefficiente M adatto alle caratteristiche geografiche e climatiche del Lago Maggiore, abbiamo adottato, fra i diversi modi di procedere, l'approccio più classico rappresentato dalla determinazione di regressioni lineari tra le stime di evaporazione calcolate attraverso altre metodiche e il cosiddetto "prodotto di mass transfer", vale a dire da $(e_s - e_a)$ U. Il coefficiente angolare delle rette di regressione con intercetta zero rappresenta per l'appunto il coefficiente M. I dati evaporimetrici ricavati su base mensile impiegando il bilancio di energia e la "relazione complementare" di Mortom, sono stati utilizzati allo scopo. Facendo riferimento a ciascuna delle due serie di dati disponibili che, come abbiamo visto sono relativi ai totali mensili per gli anni dal 1963 al 1984, si sono ricavate le rette di regressione utilizzando per altro i soli dati medi mensili (Fig. 5): i due valori di M che ne risultano sono di 0,255 (dal bilancio di energia) e 0,238 (dal metodo di Mortom). Come risulta dalle stesse figure, il coefficiente M relativo al Lago Hefner è stato invece di 0,124; la differenza è indubbiamente molto sensibile ed è attribuibile alla diversa situazione geografica in cui sono siti i due laghi, indicata in modo evidente dalla loro posizione latitudinale (circa 10 gradi in più per il Lago Maggiore); ne conseguono notevoli diversificazioni fra le rispettive caratteristiche climatologiche fra le quali spiccano quelle anemologiche essendo la regione lacustre italiana molto meno ventosa.

6. CONCLUSIONI

I limiti dell'approccio che è stato proposto per la valutazione empirica del coefficiente di "mass transfer" riguardano, essenzialmente, la presenza di errori nelle metodiche di stima

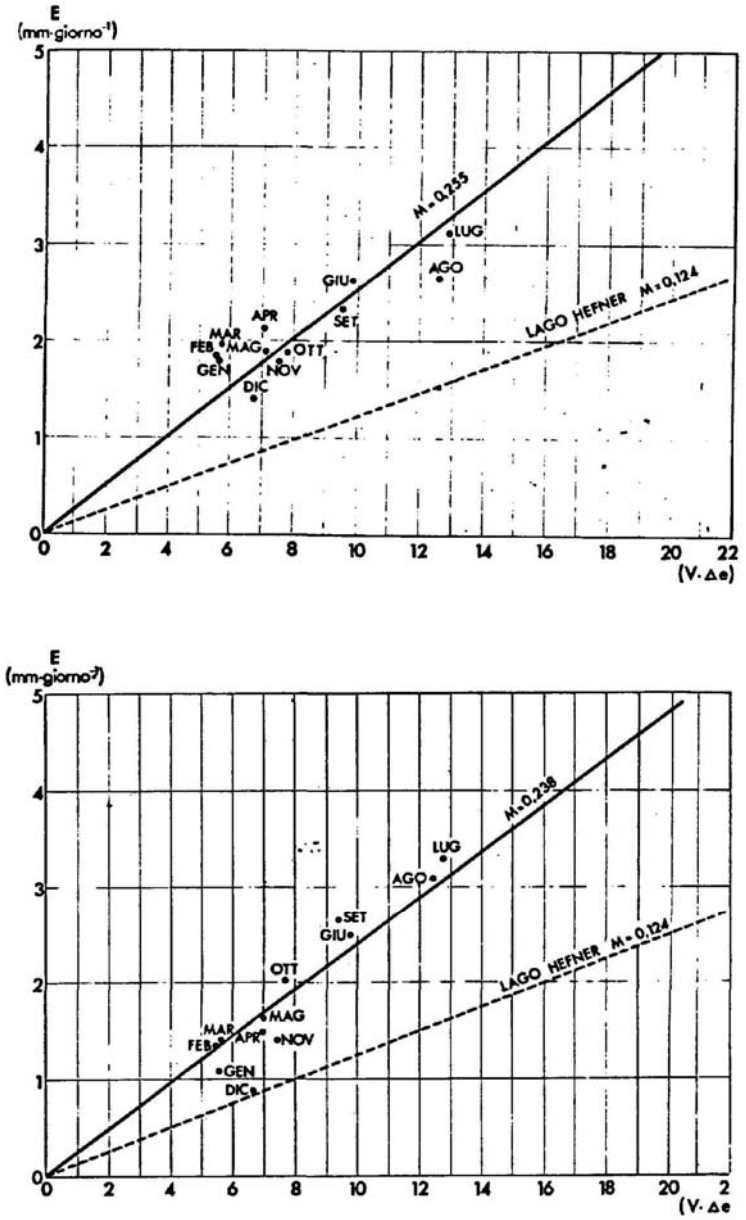


Fig. 6. Calcolo del "coefficiente di mass transfer" M, ricavato dalle stime mensili dell'evaporazione dal Lago Maggiore ottenute dal bilancio energetico (in alto) e dalla "relazione complementare" di Mortom (in basso); confronto con il corrispondente valore del Lake Hefner.

dell'evaporazione in virtù delle quali si può arrivare alla calibrazione di M, metodiche che, nel nostro caso, sono quelle del bilancio di energia e della "relazione complementare" di Mortom: circa gli errori insiti in tali metodi si è accennato, sia pur brevemente, nei rispettivi paragrafi.

Quanto poi alla validità intrinseca della formula di "mass transfer" che è stata adottata (quella del Lake Hefner) valgono le considerazioni precedentemente ricordate circa l'utilizzo dei dati registrati a terra, ma soprattutto negli ultimi anni, si è andata sviluppando l'idea di prendere in considerazione, in particolare nei laghi di notevole estensione, le condizioni dello strato limite all'interfaccia aria-acqua. Così Quinn (1979) propose l'utilizzo di un coefficiente di "mass transfer" variabile, che tenesse conto cioè delle condizioni di stabilità dell'atmosfera e che, al tempo stesso, consentisse un algoritmo iterativo per la sua valutazione utilizzando le stesse variabili meteorologiche che sono richieste per il calcolo normale del coefficiente M. Tale coefficiente variabile è stato definito come funzione del gradiente, non dimensionabile, di velocità del vento, del gradiente di temperatura e della lunghezza di Monin-Obukhof. In termini generali, si può affermare che l'inclusione della stabilità atmosferica nella tecnica di valutazione del parametro M aumenta i valori calcolati di evaporazione durante i periodi in cui il fenomeno dell'instabilità è più evidente, mentre diminuisce i valori calcolati di condensazione durante i mesi stabili: tutto questo consente di avere valori di evaporazione più realistici.

Anche Dereki (1981) si è interessato degli effetti della stabilità atmosferica sul tasso di evaporazione dai Grandi Laghi americani e le sue conclusioni furono: a) che la stabilità atmosferica non può essere ignorata se si vuole arrivare ad una realistica stima dell'evaporazione col metodo di "mass transfer", almeno sui Grandi Laghi americani; b) che l'uso di un coefficiente costante non può essere giustificato dal momento che la sua variazione stagionale è di grandezza comparabile a quella dei dati di input (vento e differenza fra le tensioni di vapore) e quindi, in definitiva, del valore di evaporazione; e) che l'inclusione di un coefficiente variabile, dipendente dalla stabilità dell'aria, dall'adattamento dei dati rilevati a terra alle condizioni del lago e dagli effetti della copertura invernale di ghiaccio, permette stime realistiche di evaporazione utilizzando dati prontamente rilevabili nelle aree rivierasche.

Alla luce di queste osservazioni sarà necessario procedere,

anche sul Lago Maggiore, a valutazioni della stabilità atmosferica, anche se si tratta di un bacino con caratteristiche morfometriche assai diverse da quelle dei Grandi Laghi; tuttavia alcune valutazioni preliminari del parametro M, calcolato su base mensile anziché annua, mostrano una sua notevole variabilità stagionale con sensibili differenze fra estate e inverno, confermando in ciò quanto rilevato da Quinn.

BIBLIOGRAFIA

Ambrosetti, F. - Misure della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria alle Isole di Brissago - Boll. Soc. Tic. Se. Nat. 51 - 81-87. 1971.

Ambrosetti, F. - Temperature dell'aria alle Isole di Brissago - Boll. Soc. Tic. Se. Nat. - 57 - 115-126. 1979.

Ambrosetti, W., L. Barbanti e A. Rolla - Bilanci, flussi e variazioni pluriennali del contenuto calorico nel Lago Maggiore -Mem. Ist. Ital. Idrobiol. - 36 - 331-382. 1978.

Artderson, E.R. - Energy-Budget studies - In: Water-loss investigations: Lake Hefner studies, Technical Report - U.S. Geol. Survey Prof. Paper - 269 - 71-110. 1954.

Barbanti, L. - L'evaporazione dalle superfici lacustri: tecniche di studio - Mem. Ist. I tal. Idrobiol. - 26 - 97-119.1970.

Derecki, J.A. - Heat Storage and advection in Lake Erie - Water Resour. Res. - 12 - 1144-1150. 1976,a.

Derecki, J.A. - Multiple estimates of Lake Erie evaporation - J. Great Lakes Res. - 2 - 124-149. 1976,b.

Derecki, J.A. - Stability effects on Great "Lakes evaporation - J. Great Lakes Res. - 7 - 357-362. 1981.

Lenire, F. - Winds on the Great Lakes - Can. Dept. Transport, Met. Br. - CIR-3560, Tec-380. 1961.

Mc Culloch, J.A.W. - The I.F.Y.G.L. evaporation program - In: Proceding Canadian Hydrology Symposium, Winnipeg, Manitoba -137-146. 1975.

Mortom, F.I. - Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology - J. Hydrol. - 66 - 1-76. 1983,a.

Mortom, F.I. - Operational estimates of lake evaporation - J. Hydrol. - 66 - 77-100. 1983,b.

Mortom, F.I., R. Goard and J. Piwowar - Program REVAP and WEWAP for estimating areal evapotranspiration and lake evaporation from climatological observations - National Hydrology Research Institute - Paper n. 12 - 56 pp. 1980.

Phillips, D.W. - Evaluation of evaporation from Lake Ontario dur-

ing IFYGL by a modified mass transfer equation - Water Resour. Res. - 14 - 197-205. 1978.

Phillips, D.W. and J.G. Irbe - Lake to land ratios of wind, temperature and humidity during IFYGL. GLI 2-77 - Atmos. Environ. Serv., Downsview, Ont. 1977.

Quinn, F.H. - An improved aerodynamic evaporation technique for large lakes with application to the International Field Year for Great Lakes - Water Resour. Res. - 15 - 935-940. 1979.

Richards, T.L. and J.P. Fortin - An evaluation of land-lake vapor pressure relationships for the Great Lakes - Great Lakes Res. Div.,Univ. Michigan - Pubi. n. 9 - 103-110. 1962.

Richards, T.L. and J.G. Irbe - Estimates of monthly evaporation losses from the Great Lakes 1950-1968 based an the mass transfer technique - Proc. 12th Conf. Great Lakes Res. - Internat. Assoc. Great Lakes Res. - 469-487. 1969.

U.S. Geological Survey - Water-loss investigations: Lake Hefner studies, Technical report - U.S. Geol. Survey Prof. Paper 269-U.S. Govern. - Printing Office Washington D.C. 1954.

U.S. Geological Survey - Water-loss investigations: Lake Mead: studies - U.S. Geol. Survey Prof. Paper 298 - U.S. Govern Printing Office Washington D.C. 1958.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 47 a pag. 60

DINAMICA DI POPOLAZIONE DEI PRINCIPALI CROSTACEI PLANCTONICI DEL LAGO MAGGIORE DAL 1979 AL 1985.

de Bernardi, R., G. Giussani, M.A. Imro e M. Manca

C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia 28048 Pallanza (Novara)

SUMMARY

It is largely recognized that planktonic crustacea represent one of the major links in pelagic food-chains. At the same time they constitute the most important users of the product of phytoplankton primary production and an essential constituent of the diet of vertebrate and invertebrate predators.
For this reason the analysis of their population dynamics can provide useful Information on the actual food chains structure and their evolution.
In this paper we present the analysis of the population dynamics of four crustacean species in the pelagic zone of Lago Maggiore; two copepods (Eudiaptomus padarius and Cyclops abyssorum) and two cladocera (Daphnia hyalina and Eubosmina longispina).
In order to define the seasonal and long-term evolution of these populations in relation to environmental changes, this analysis has been performed on data collected from 1979 to 1985. The achieved results allowed us to determine that the dynamics of the considered species is mostly regulated by density- dependent factors such as fecundity, controlled by food availability, and mortality, largely dependent upon predation. Further more detailed studies are in progress to define the relative importance of biotic and biotic factors on the most important demographic parameters

I crostacei planctonici rappresentano una componente di fondamentale importanza nelle catene trofiche dell'ambiente pelagico lacustre in quanto diretti utilizzatori del popolamento fitoplanctonico e, nel contempo, oggetto di predazione da parte di vertebrati ed invertebrati.

Questa posizione nodale fa sì che la loro evoluzione stagionale e pluriennale in densità rappresenti un indicatore mediato delle vicende evolutive più generali dell'intero

ecosistema.

Nel caso dei copepodi planctonici dulcacquicoli la possibilità di identificare con sufficiente grado di certezza un numero non indifferente di stadi di sviluppo, ciascuno caratterizzato da una propria valenza ecologica, nonché la presenza di una riproduzione a periodi discreti, rende l'analisi della dinamica di popolazione desumibile in larga misura dai valori di densità. Al contrario, per i popolamenti a cladoceri, che non presentano stadi di sviluppo facilmente identificabili e che negli ambienti temperati presentano una riproduzione continua con una completa sovrapposizione delle coorti, i dati di densità vanno integrati da stime dei tassi di fecondità e di mortalità. La densità di una popolazione è infatti funzione al tempo stesso di due parametri demografici: tassi di natalità e tassi di mortalità che risultano essere quelli più direttamente influenzati dai rapporti di interdipendenza con le altre componenti sia biotiche che abiotiche dell'ecosistema.

In un precedente lavoro (de Bernardi, Giussani, Manca e Ruggiu, in stampa) .si è analizzato il "trend" evolutivo recente dei popolamenti planctonici del Lago Maggiore in relazione alle variazioni intercorse nelle principali caratteristiche ambientali, mostrando come questi popolamenti presentino una dinamica strettamente legata al processo di eutrofizzazione che ha interessato questo corpo idrico negli ultimi trent'anni. Con il presente lavoro ci si prefigge di attuare un'analisi di maggior dettaglio dei processi dinamici che hanno interessato le popolazioni dei principali crostacei planctonici del Lago Maggiore dal 1979 al 1985.

Le specie prese in considerazione sono il diaptomide Eudiaptomus padanus e il ciclopide Cyclops abyssorum tra i copepodi e tra i cladoceri fitofagi Daphnia hyalina e Eubosmina longispina. L'analisi è stata condotta su campioni prelevati nel Lago Maggiore con frequenza mensile in una stazione corrispondente al punto di massima profondità sul transetto Ghiffa-Caldè per mezzo di due plankton samplers di Clarke-Bumpus armati con reti a maglie da 126 µm e 76 µm di luce rispettivamente, ai quali veniva fatto seguire un tragitto sinusoidale nello strato d'acqua 0-50 m.

Relativamente alle popolazioni dei due cladoceri, la stima dei tassi istantanei di fecondità e di mortalità è stata ottenuta attraverso l'uso di un modello matematico a compartimenti per l'analisi di popolazioni naturali a riproduzione continua ed età non identificabile precedentemente messo a punto (Argentesi, de Bernardi, Di Cola e Giussani, 1973; Argentesi, de Bernardi e Di Cola, 1974 e 1983). Durante il 1981, in concomitanza con un

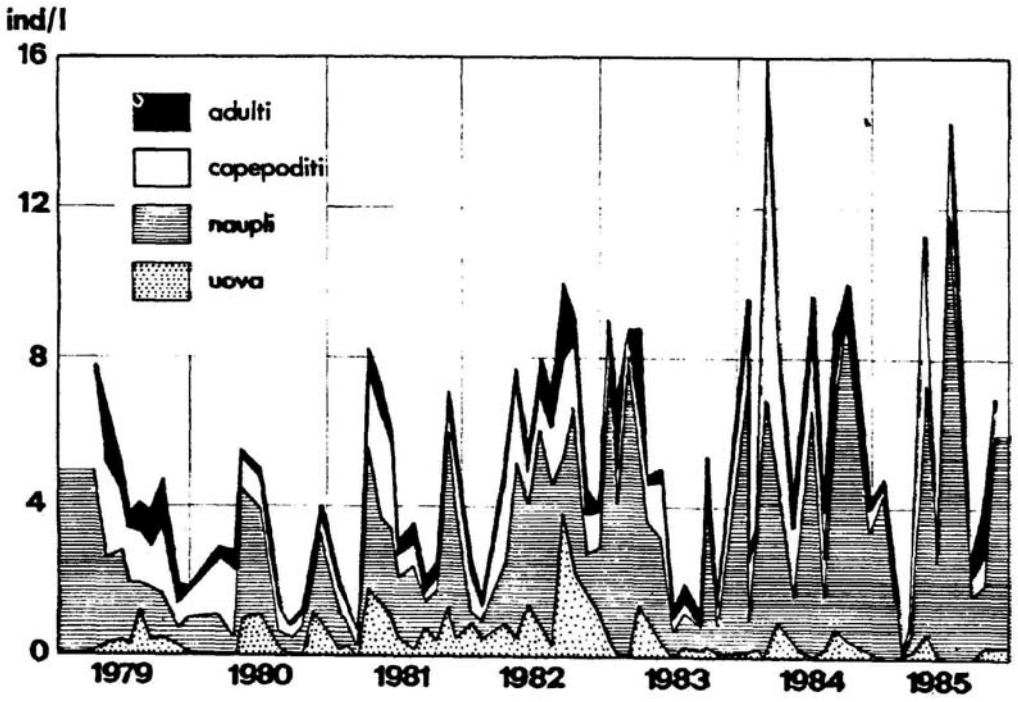


Figura 1 - *Cyclops abyssorum*

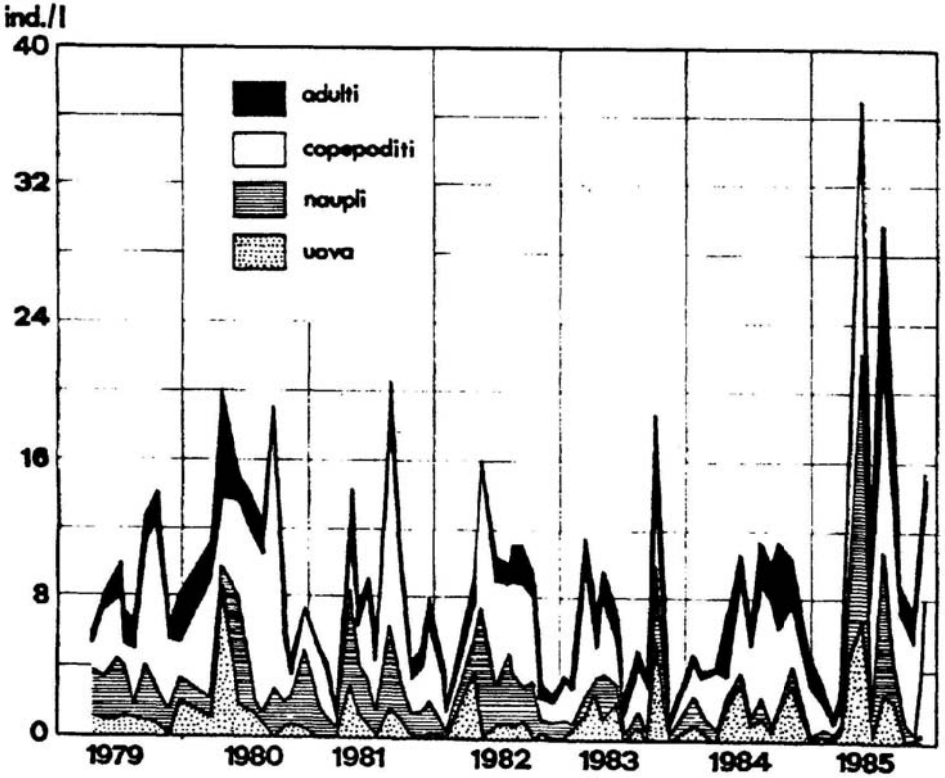


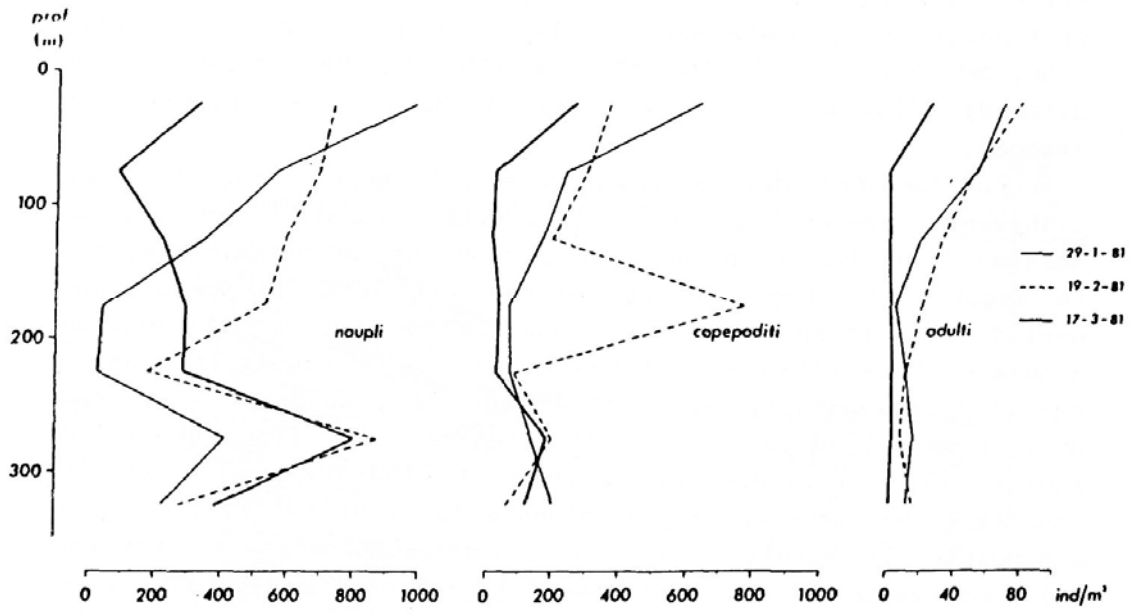
Figura 2 - *Eudiaptcmus padanus*

processo di mescolamento delle acque avvenuto in maniera inusuale (Ambrosetti, Barbanti e Mosello, 1982), si è dato luogo ad una serie di campionamenti dalla superficie fino alla massima profondità con pescate sinusoidali lungo i seguenti orizzonti: 0-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-300, 300-fondo (de Bernardi, Giussani e Origgi, 1983; de Bernardi e Giussani, in stampa).

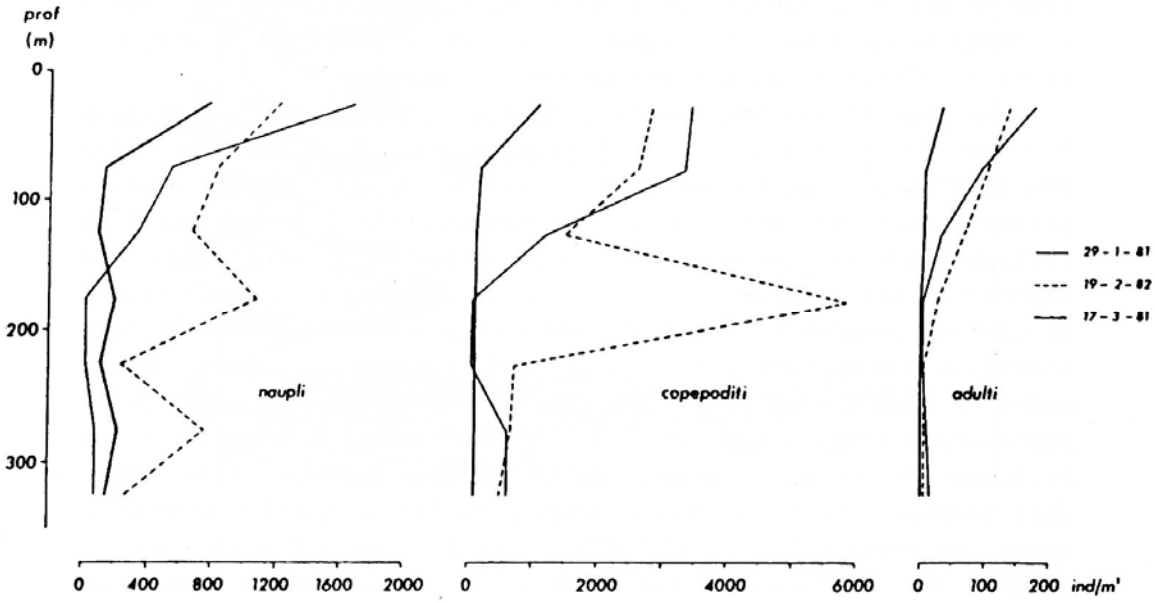
Dall'analisi della figura 1 è possibile osservare come C.abyssorum presenti un ciclo riproduttivo caratterizzato da un massimo di produzione di uova nel periodo tardo- primaverile, cui fa seguito una profonda depressione estiva e da un secondo periodo di intensa attività riproduttiva a partire dall'autunno avanzato. Tale ciclo si ritrova con discreta regolarità, nelle sue linee essenziali, per tutto il periodo considerato, pur con qualche eccezione (esempio 1982). L'esame delle figura permette inoltre di evidenziare un accumulo di individui allo stadio naupliare che rappresenta generalmente lo stadio di sviluppo più abbondante. In effetti sembra di poter identificare un aumento della mortalità con il progredire dell'età degli individui, vale a dire da naupli a copepoditi e da questi ultimi agli adulti (Ravera, 1954). A partire dal 1981 si osserva una tendenza all'incremento della densità di popolazione di questa specie, sia come valori di presenza media annuale, sia soprattutto nel picco di massima densità, che passa da valori attorno ad 8 ind/1 a circa il doppio alla fine del periodo in studio.

Un tipo di analisi simile a quella eseguita per C.abyssorum è riportato in Figura 2 per E.padanus che, a differenza della specie precedentemente descritta, predatrice allo stadio adulto, presenta abitudini alimentari fitofaghe durante l'intero ciclo di sviluppo. Questa specie risulta essere quella di gran lunga più importante tra i copepodi, come evidenziato dagli elevati valori di densità raggiunti. L'analisi della figura pone inoltre in luce l'estrema irregolarità del ciclo nel susseguirsi degli anni, anche se sembra possibile affermare che il massimo sviluppo della popolazione venga raggiunto nel periodo estivo a seguito dello sviluppo e della schiusa delle uova deposte alla fine dell'inverno. Particolarmente significativa a questo proposito appare la curva relativa al 1982. E1 inoltre da rilevare come lo stadio di sviluppo numericamente più importante per la popolazione risulti essere quello dei copepoditi. Il "trend" pluriennale tracciato dai dati relativi al periodo in studio è quello di un accumulo di densità della popolazione che, raggiungendo picchi di circa 37 ind/1, vede quasi raddoppiata la sua densità rispetto al periodo precedente.

Di particolare interesse risulta essere per la dinamica di



Cyclops abyssorum



<u>Eudiaptomus padanus</u> Figura 3

questa specie l'anno 1981, anno nel quale il ciclo stagionale risulta fortemente perturbato. Una probabile causa degli squilibri ritrovati può essere identificata nella particolare situazione termica e idrodinamica presentata dal Lago Maggiore nell'inverno 1980-1981 (Ambrosetti, Barbanti e Mosello, 1982) che ha determinato un trascinamento e una segregazione degli stadi immaturi di questa specie cosi come di quelli di Cyclops negli strati d'acqua più profondi (Fig. 3)(de Bernardi e Giussani, in stampa), comportando una riduzione globale della densità di queste specie all'inizio del periodo primaverile.

Tra i cladoceri filtratori sono state prese in esame le due specie più significative, vale a dire Daphnia hyalina e Eubosmina longispina.

In figura 4 sono riportati i valori di densità nell'arco di tempo considerato, nonché i tassi istantanei di fecondità e di mortalità calcolati in base al modello compartimentale precedentemente messo a punto per queste specie.

Dall'analisi delle curve riportate si osserva una generale tendenza all'aumento dei valori di massima densità dal 1979 al 1982, anno nel quale vengono raggiunti valori considerevoli, intorno a 13 ind/1, peraltro osservati in anni pregressi (1973) da altri autori (de Bernardi e Canali, 1974). Successivamente si assiste ad una diminuzione delle densità, con valori che si collocano mediamente attorno agli 8 ind/1. La curva relative, a. questa specie appare inoltre caratterizzata da un andamento bimodale che tende ad annullarsi dal 1979 al 1982 in conseguenza della progressiva diminuzione del secondo picco nel periodo autunnale. L'evoluzione della densità delle popolazioni di D.hyalina può essere spiegata attraverso l'esame dei tassi di fecondità e di mortalità calcolati (Fig.4).

Per quanto concerne la fecondità si può rilevare come questa sia, tranne che in alcuni anni (1980 e 1983) caratterizzata da due picchi, uno più pronunciato nel periodo primaverile e l'altro all'inizio dell'autunno. Il massimo assoluto, registrato nel marzo del 1984, si colloca su valori corrispondenti ad un "recruitment" della popolazione del 30%, valore molto vicino a quelli rilevati per la stessa specie in esperimenti di laboratorio (de Bernardi, Giussani e Lasso Pedretti, 1981 e 1982; de Bernardi e Manca, 1982; Manca e de Bernardi, 1985; Manca, de Bernardi e Savia, in stampa). L'anno 1982 risulta inoltre caratterizzato da un ulteriore picco del tasso istantaneo di fecondità durante il periodo estivo che può spiegare almeno in parte gli elevati valori di densità raggiunti (13 ind/1) (Fig.4).

II tasso istantaneo di mortalità di D.hyalina (Fig.4)

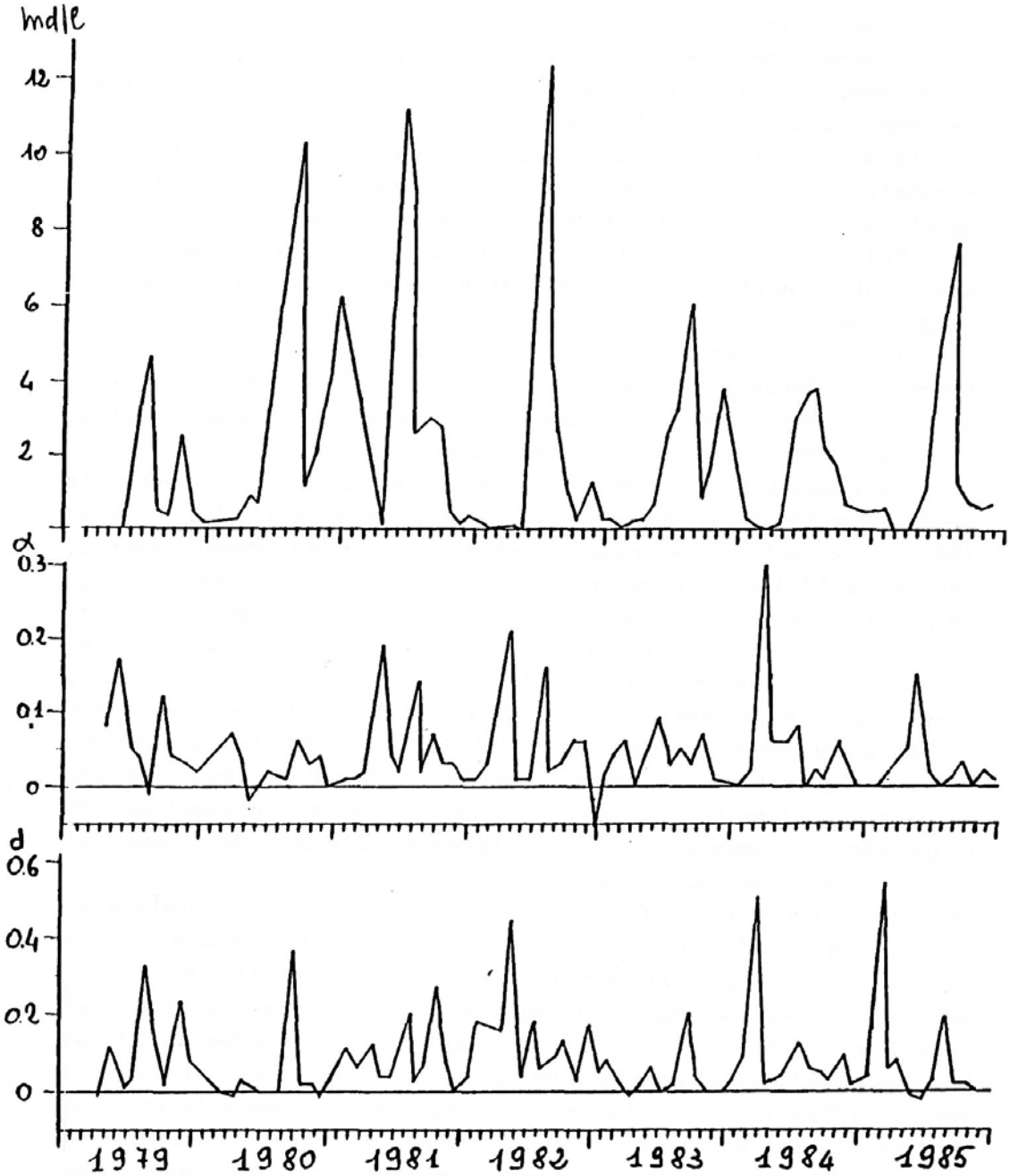


Figura 4 - Daphnia hyalina

presenta, al contrario, un andamento piuttosto irregolare, che non consente di evidenziare una spiccata ciclicità stagionale in conseguenza del sommarsi alla mortalità naturale, di quella dovuta sia ai predatori vertebrati (pesci planctofagi) che a quelli invertebrati (Leptodora kindtii e Bythotrephes longimanus) che nel corso dell'anno esercitano pressioni di predazione differenti (Giussani, 1974; de Bernardi e Giussani, 1975).

L'analisi comparata delle curve di fecondità e di mortalità consente di spiegare l'evoluzione in densità delle popolazioni di Daphnia nell'arco di tempo considerato. In particolare, il massimo estivo può essere spiegato dai bassi valori di mortalità, nonché dagli elevati tassi di fecondità in rapporto all'intensa attività riproduttiva che caratterizza questo periodo, nel quale si verifica anche un aumento delle disponibilità alimentari. Il successivo crollo in densità della popolazione risulta essere in rapporto con l'aumento della mortalità osservato in questo periodo, anche in presenza di valori non trascurabili del tasso istantaneo di fecondità.

La dinamica di popolazione di Daphnia appare pertanto regolata durante il periodo primaverile principalmente dalle disponibilità alimentari, che com'è noto influenzano la fecondità, mentre durante il periodo tardo-estivo la pressione di predazione rappresenta senza dubbio il fattore di regolazione più importante (de Bernardi e Giussani, 1975).

In figura 5 sono riportate le curve relative alla densità di popolazione e ai tassi istantanei di fecondità e di mortalità di E.longispina. Questa specie presenta generalmente due picchi in densità, uno primaverile e l'altro alla fine del periodo estivo. Contrariamente a quanto osservato per D.hyalina, questa specie presenta il massimo sviluppo nel periodo autunnale. Dal 1979 al 1982 si assiste inoltre ad un aumento considerevole della sua importanza numerica; la densità massima passa infatti da valori inferiori a 1 ind/1 a circa 8 ind/1. Per questa specie si osserva inoltre una differente evidenza della bimodalità stagionale del ciclo con l'acquisizione di un'importanza sempre maggiore del picco primaverile in densità. Il tasso istantaneo di fecondità di E.longispina raggiunge i valori massimi, corrispondenti a circa il 15% di "recruitment" della popolazione nel periodo agosto-settembre, determinando il massimo sviluppo della popolazione osservato in questo periodo. Il crollo in densità di E.longispina osservato da ottobre in avanti negli anni considerati appare maggiormente influenzato dalla notevole diminuzione dei valori di fecondità che non dall'aumento del tasso istantaneo di mortalità, anche se in alcuni casi (1981 e 1984) è la concomitante presenza di elevati valori di mortalità e di bassi valori di fecondità a

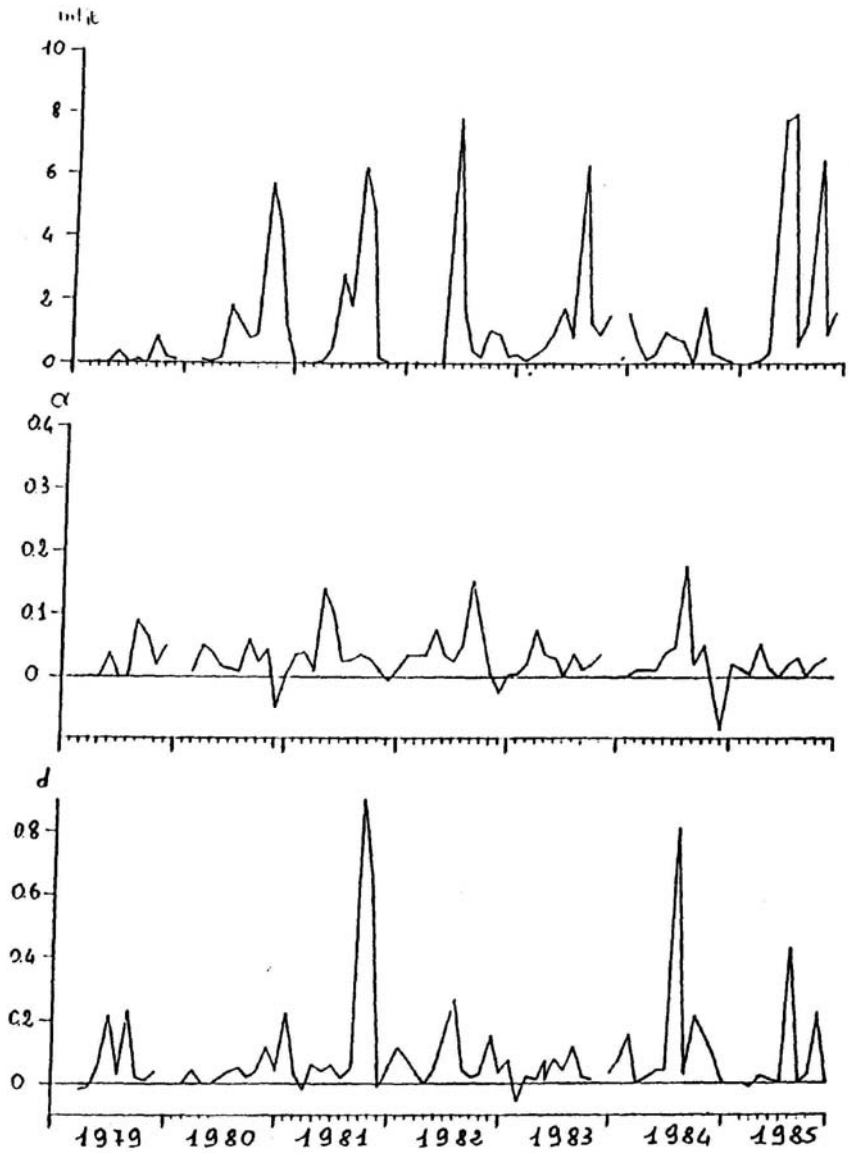


FIGURA 5 – Eubosmia longispina

spiegare il crollo della popolazione o il suo mancato sviluppo. La presenza di valori eccezionalmente elevati del tasso istantaneo di mortalità suggerisce l'opportunità di approfondire il ruolo svolto dalla predazione soprattutto da parte degli organismi invertebrati, su questa popolazione, nonché quella di verificare un eventuale sprofondamento dell'intera popolazione negli strati ipolimnetici, al di sotto del limite di profondità di campionamento. Geller (com. pers.) a questo proposito fa rilevare come nel Lago di Costanza in alcuni periodi dell'anno la popolazione di E. longispina possa essere confinata fino all'80% in strati d'acqua al di sotto dei 50 m di profondità. D'altra parte Dodson (1972) ha evidenziato come in popolazioni naturali di cladoceri (Daphnia rosea) la predazione da invertebrati possa essere responsabile di valori di mortalità del 9O% degli individui presenti, senza peraltro portare all'estinzione della popolazione stessa.

L'analisi del "trend" pluriennale della dinamica di popolazione delle principali specie di crostacei planctonici del Lago Maggiore pone in luce l'utilità e la validità di questi studi che consentono di definire cori maggior grado di precisione i cicli biologici delle differenti specie, e di evidenziare nel contempo, anni particolari nei quali cause differenti possono portare ad anomalie del ciclo stesso. L'analisi comparata delle differenti situazioni relative a cicli pluriennali consente inoltre di evidenziare con un maggior grado di affidabilità il ruolo che i diversi fattori biotici ed abiotici svolgono nel controllo e nella regolazione delle popolazioni in esame. Nel caso del Lago Maggiore questi studi hanno permesso di delineare come le popolazioni studiate siano essenzialmente sottoposte a meccanismi di regolazione densità-dipendenti, siano essi interferenti con il livello riproduttivo che con quello della sopravvivenza. Studi di maggior dettaglio sono attualmente in corso relativamente a singoli anni del ciclo in esame così da poter ottenere una risoluzione ancor più elevata nella definizione dei singoli processi che influenzano la dinamica stagionale ed il "trend" evolutivo recente di queste popolazioni.

BIBLIOGRAFIA.

W. Ambrosetti, L. Barbanti and R. Mescilo - Unusual deep mixing of Lago Maggiore during the winter 1980-1981 Geogr. Fis. Dinam. Quat. 5/ 183-181 - 1982.

F. Argentesi, R. de Bernardi, G. Di Cola and G. Giussani Nuerical studies of zooplankton population dynamics. J.R.C.Ispra Annual Report EUR 5260/ 113- 118 – 1973.

F. Argentesi, R. de Bernardi, and G. Di Cola - Mathematical models for the analysis of population dynamics in species with continuous recruitment / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 31/ 245-275 - 1974.

F. Argentesi, R. de Bernardi and G. Di Cola - Analysis of population dynamics in species with continuous recruitment and unobservable age structure / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 39 / 161- 176 - 1981.

R. de Bernardi and S. Canali - Population dynamics of pelagic cladocerans in Lago Maggiore / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 32/ 365- 392 - 1975.

R. de Bernardi and G. Giussani - Population dynamics of three cladocerans of Lago Maggiore related to predation pressure by a planktophagous fish / Verh. Int. Ver. Limnol. 19 / 2906-2912 - 1975

R. de Bernardi, G. Giussani and E. Lasso Pedretti - The significance of blue-green algae as food for filterfeeding zooplankton: experimental studies on Daphnia spp. fed Microcystis aeruginosa / Verh. Int. Ver. Limnol. 21/ 477- 483 - 1981.

R. de Bernardi, G. Giussani and E. Lasso Pedretti - Selective feeding of zooplankton with special references of blue- green algae in enclosures experiment / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 40/ 113- 128 - 1982.

R. de Bernardi and M. Manca - The consequences of life history strategies on competition between two cladocerans / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 40/ 145- 161 - 1982.

R. de Bernardi, G. Giussani e I. Origgi - Analisi del popolamento zooplanctonico del Lago Maggiore nel quadriennio 1979- 1982. In Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere. Rapporto su studi e ricerche condotte nel bacino del Lago Maggiore (Campagna 1982) / 145-192 - 1983.

R. de Bernardi, G. Giussani, M. Manca e D. Ruggiu - Dinamica del popolamento planctonico del Lago Maggiore dal 1948 al 1985 in

rapporto all'evoluzione ambientale / In Atti del 7° Congresso dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia / in stampa.

R. de Bernardi and G. Giussani - The consequences of an unusual vertical mixing on copepods vertical distribution and dynamics in a deep subalpine lake: Lago Maggiore / Merii. Ist. I tal. Idrobiol. 44/ in press

S. I. Dodson - Mortality in a population of Daphnia rosea / Ecology 53/ 1011- 1013 - 1972.

M. Manca, R. de Bernardi and A. Savia - Effects of fluctuating temperature and light conditions on the population dynamics and the life strategies of migrating and non- migrating Daphnia species / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 44 / in stampa

G. Giussani - Plartctofagia selecttiva del coregone "bondella" (Coregonus sp.) del Lago Maggiore / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 31 / - 203 - 1974. translated in English by F.B.A. Translation Series TR 122.

O. Ravera - La struttura demografica dei copepodi del Lago Maggiore / Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 8/ 109- 150.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 61 a pag. 72

DINAMICA DEL POPOLAMENTO PLANCTONICO DEL LAGO MAGGIORE DAL 1948 AL 1985 IN RAPPORTO ALL'EVOLUZIONE AMBIENTALE.

R. de Bernardi, G. Giussani, M. Manca e D. Ruggivi.

C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia Pallanza.

SUMMARY

The availability of comparable data on different limnological parameters for Lago Maggiore starting from 1948 allowed us to describe the long-term evolution of the limnological features of this important large subalpine lake. This sort of analysis indicates a progressive eutrophication starting from the 60's undergoing to the maximum values at the end of 70's. After that time due to a series of causes that determined a decrease in the total loading of phosphorous to the lake a consequent oligo trophication tendency has been put in evidence.

This general trend of the trophic level of the lake has determined important changes in the planktonic community structure and abundance. More in detail phytoplankton population increased about 2.5 times in biomass and blue-green algae became an important component with the two species Oscillatoria rubescens (first bloom in 1967) and Mycrocystis aeruginosa. The increase in phytoplankton biomass was also accompanied by an equal increase in primary production until 1971. After that period despite Constant values of biomass have been maintained, primary production started to decline. The general increase in available food particles allowed a consequent increase in zooplankton density mostly due to phytoplankton filter-feeders species namely the cladocerans Daphnia hyalina and Eubosmina longispina and the copeped Eudiaptomus padanus.

Il Lago Maggiore, secondo tra i laghi italiani per superficie, profondità e volume d'acqua è di gran lunga il primo per quanto riguarda l'attività di ricerca su esso svolta. Per molti dei parametri rilevanti per la caratterizzazione limnologica esistono infatti informazioni raccolte con metodologie comparabili a partire dalla fine degli anni '40. Si è pertanto ritenuto interessante operare un confronto dei dati a

disposizione al fine di versificare il "trend" evolutivo recente dei popolamenti planctonici anche in rapporto all'evoluzione delle principali caratteristiche ambientali. La figura la riporta le variazioni nelle concentrazioni medie di fosforo reattivo e totale sull'intera colonna d'acqua a partire dagli anni '60 fino ai nostri giorni. L'analisi della figura mette in luce come a partire dalla seconda metà degli anni '60 si osservi un graduale e costante incremento delle concentrazioni medie di fosforo (sia reattivo che totale) a lago, fino alla seconda metà degli anni '70, quando si manifesta una netta tendenza alla diminuzione. Le cause di questo tipo di dinamica sono molteplici ma si possono ricondurre essenzialmente ad una variazione nel tempo, del contenuto in fosforo dei detersivi, nonché a movimenti demografici della popolazione residente e presente e all'entrata in funzione nell'ultimo decennio di impianti di trattamento delle acque comprendenti il terzo stadio, che hanno determinato una progressiva ma costante diminuzione del carico di fosforo veicolato al lago (da circa 450 ton/ anno del 1979 a 250 ton/anno del 1983, valore che risulta comunque all'incirca 2.5 volte al di sopra del limite superiore per 1'oligotrofia).

A questa dinamica del principale nutriente algale e, nel caso del Lago Maggiore, dell'elemento limitante la produzione primaria, corrisponde un andamento simile di quest'ultima (Fig. 2) che passa da valori compresi tra 100 e 150 gC/m^2 anno negli anni '50-'60 a valori massimi di 350 gC/m^2 ·anno agli inizi degli anni '70, per scendere a valori attorno ai 250 gC/m·anno agli inizi degli anni '80.

E' interessante osservare come le variazioni nei valori di produzione primaria del popolamento fitoplanctonico risultino sostenute da comunità algali strutturalmente differenziate. La figura 3 riporta i valori di biomassa delle specie più rappresentative del fitoplancton costituenti (80% della biomassa totale) relativamente al 1955, anno che può essere ritenuto, sulla base delle informazioni a disposizione, rappresentativo del periodo pre-eutrofizzazione e al periodo 1978-1981 che rappresenta una situazione media degli anni più recenti.

Il confronto tra le due situazioni presentate in figura consente di evidenziare come, in conformità con le condizioni di oligotrofia relative a quel periodo, la comunità fosse caratterizzata da modesta biomassa e alta diversità, senza la netta predominanza di singole specie o gruppi di specie. Due Dinobryon e alcune diatomee risultano particolarmente importanti; tra queste ultime spicca Rhizosolenia eriensis mentre le specie Fragilaria crotonensis, Asterionella formosa e Tabellaria flocculosa assumevano un'importanza minore. E' interessante

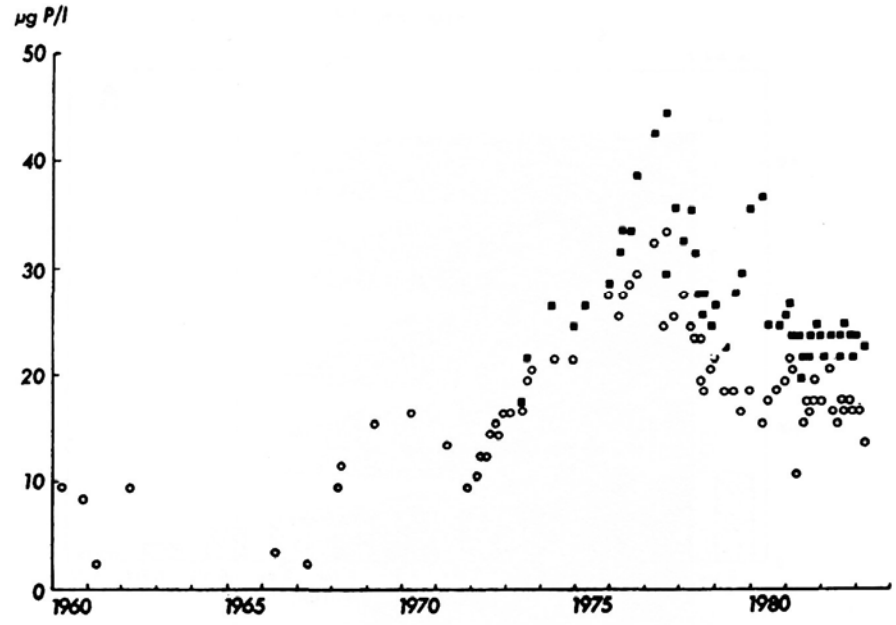


FIG. 1. Concentrazioni medie di fosforo reattivo (o) e totale (•) sul l'intera colonna d'acqua (da Ambrosetti et al., 1985).

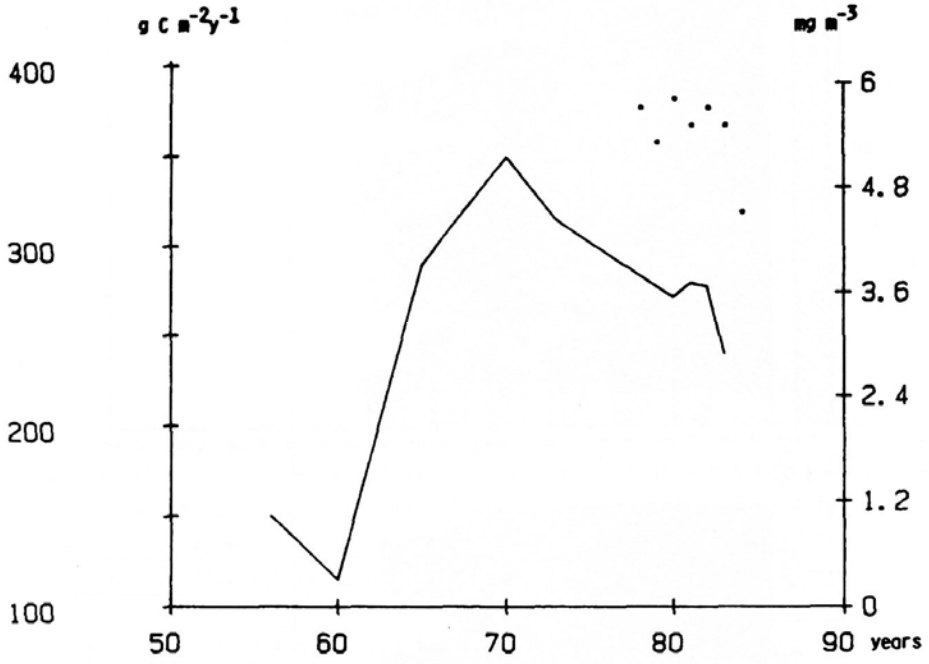


FIG. 2. Valori della produzione primaria e concentrazione media della clorofilla a nello strato eufotico (•).

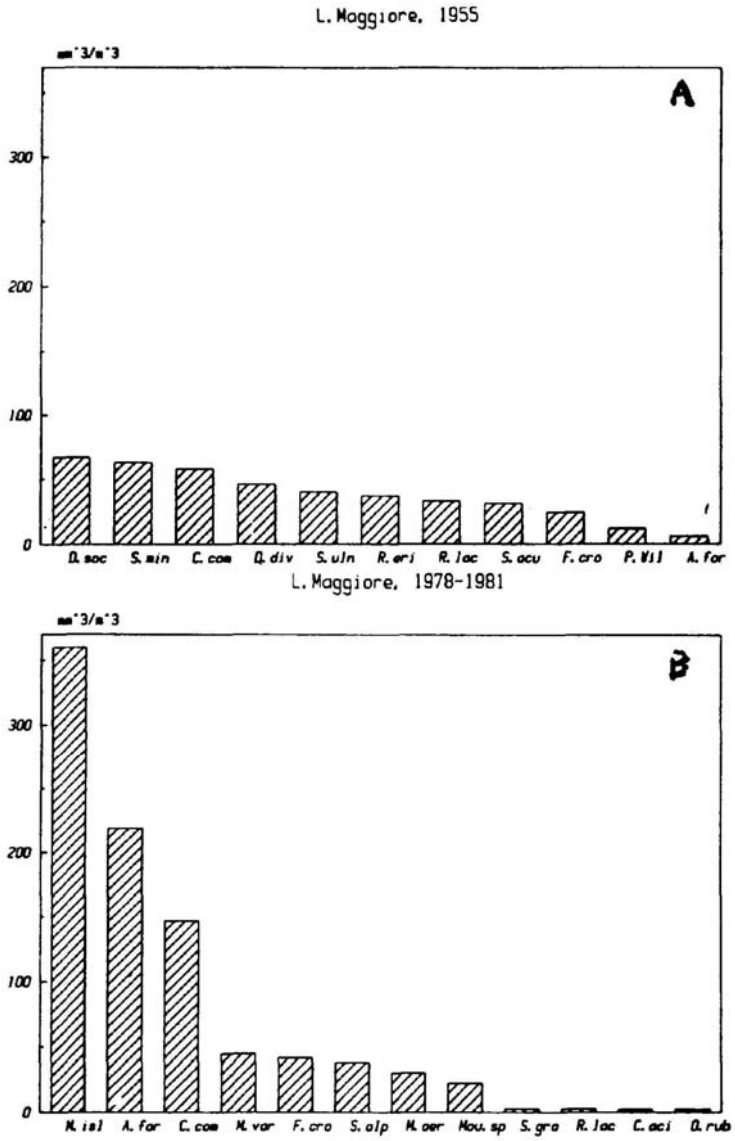


FIG. 3. Biomasse medie delle principali specie fitoplanctoniche nello strato eufotico in primavera (A) nel 1955 e (B) nel periodo 1978-1981 (D. soc = Dynobryon sociale, S. min = Synedra minuscula, C. com = Cyclotella comensis, D.div = D. divergens, S.uln = Synedra ulna, R . eri = Rhizosolenia eriensis, R. lac = Rhodomonas lacustris, S. acu = S. acus, F. cro = Fragilaria crotonensis, P. wil = Peridinium willei, A. for = Asterionella formosa, M. isl = Melosira islandica, M. var = M. varians, S. alp = Stephanodiscus alpinus, M. aer = Microcystis aeuginosa, Mou. sp = Mougeotia sp., S. gra = Staurastrum gracile, C. aci = Closterium aciculare, O. rub = Oscillatoria rubescens).

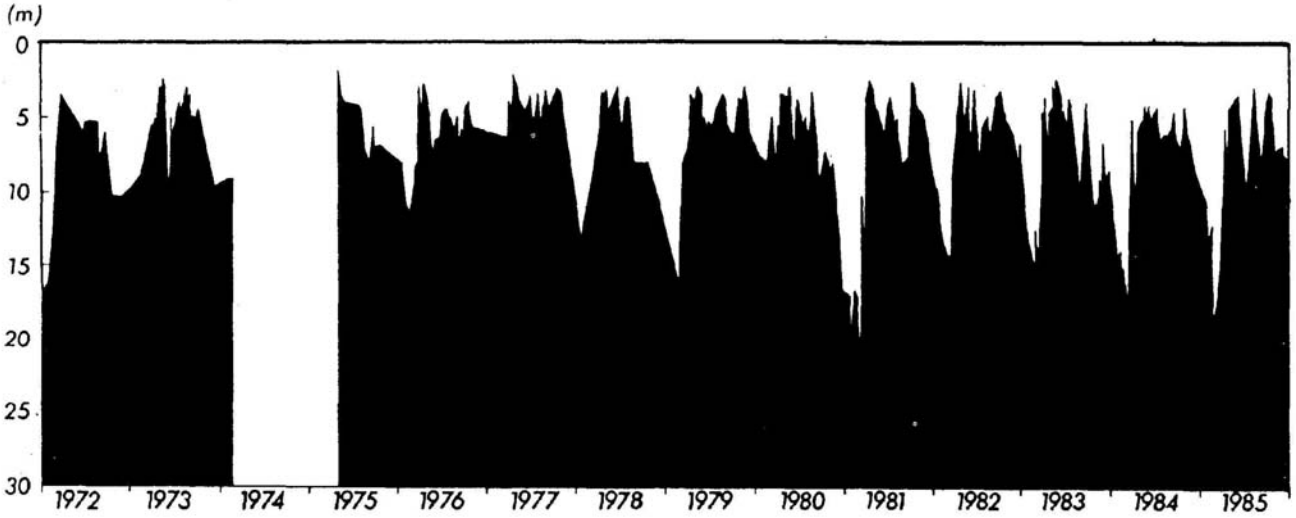


FIG. 4. Valori di trasparenza misurata con disco di Secchi.

notare come nel periodo primaverile fossero assenti le cianoficee e la loro comparsa durante l'estate fosse limitata ad alcune specie appartenenti al genere Gomphosphaeria e Aphnanocapsa, non indicatrici di eutrofia.

La situazione più recente (Fig. 3b) è caratterizzata da livelli di biomassa circa 2,5 volte più elevati di quelli ritrovati negli anni ' 50 nonché da una sensibile diminuzione della diversità e una variazione nella struttura del popolamento che vede la dominanza di una diatomea non citata nel periodo precedente, Melosira_hislandica jielvetica seguita da Asterionella formosa e Giclotella comensis. E' inoltre significativa la presenza, anche nel periodo primaverile, delle cianoficee Microcystis aeruginosa e Oscillatoria rubescens, tipicamente indicatrici di ambienti eutrofi. A questo proposito è interessante osservare come la prima massiccia fioritura di *Oscillatoria rubescens* sia stata documentata nel 1967 (Vollenweider e Ravera, 1967).

L'aumento in densità e biomassa del popolamento fitoplanctonico è senz'altro da ritenersi la più importante causa della diminuzione della trasparenza durante gli anni '70 (Fig. 4) misurata con il disco di Secchi. La stessa figura pone inoltre in luce come la tendenza all'oligotrofizzazione delle acque osservata a partire dagli inizi degli anni '80 sia anche documentata da un progressivo aumento nei valori massimi e minimi di trasparenza delle acque osservati. Il 1981 in questo contesto va considerato come anno anomalo a seguito dei particolari processi di mescolamento intervenuti in quell'anno (Ambrosetti, Barbanti e Mosello, 1982).

Il sin qui documentato aumento delle condizioni di trofia può essere anche considerato come un sostanziale aumento delle disponibilità alimentari per lo zooplancton fitofago ed è stato quindi accompagnato da variazioni rilevanti nella struttura e nella densità del popolamento zooplanctonico in toto. La figura 5 mostra l'evoluzione della densità del popolamento a rotiferi nello strato 0-50 m dal 1948-1956 ad oggi. L'analisi di questa figura pone in luce un incremento notevole nei valori di densità raggiunti da questo gruppo. Tale incremento si manifesta soprattutto a partire dalla metà degli anni '60. E' tuttavia da sottolineare come i dati relativi agli anni 1948- siano da considerare con una certa cautela, a causa delle reti allora usate per il campionamento, che possono aver portato ad una sottostima della densità di questo popolamento. E1 da notare come gli organismi appartenenti a questo gruppo tassonomico siano, ad eccezione di Asplanchna e per certi versi di Synchaeta, microfitofagi. Evidenze ancora maggiori di incremento in densità

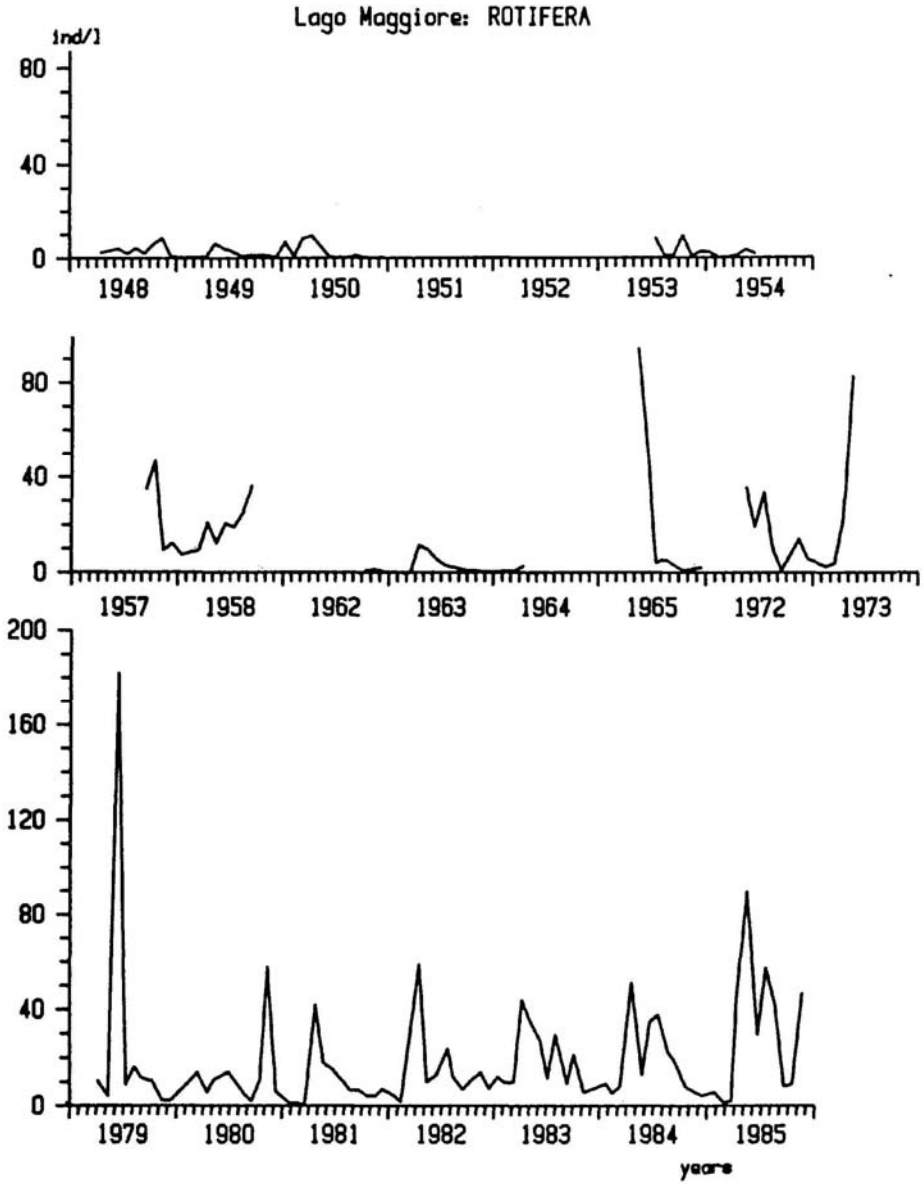


FIG. 5. Densità del popolamento a Rotiferi nello strato 0-50 m.

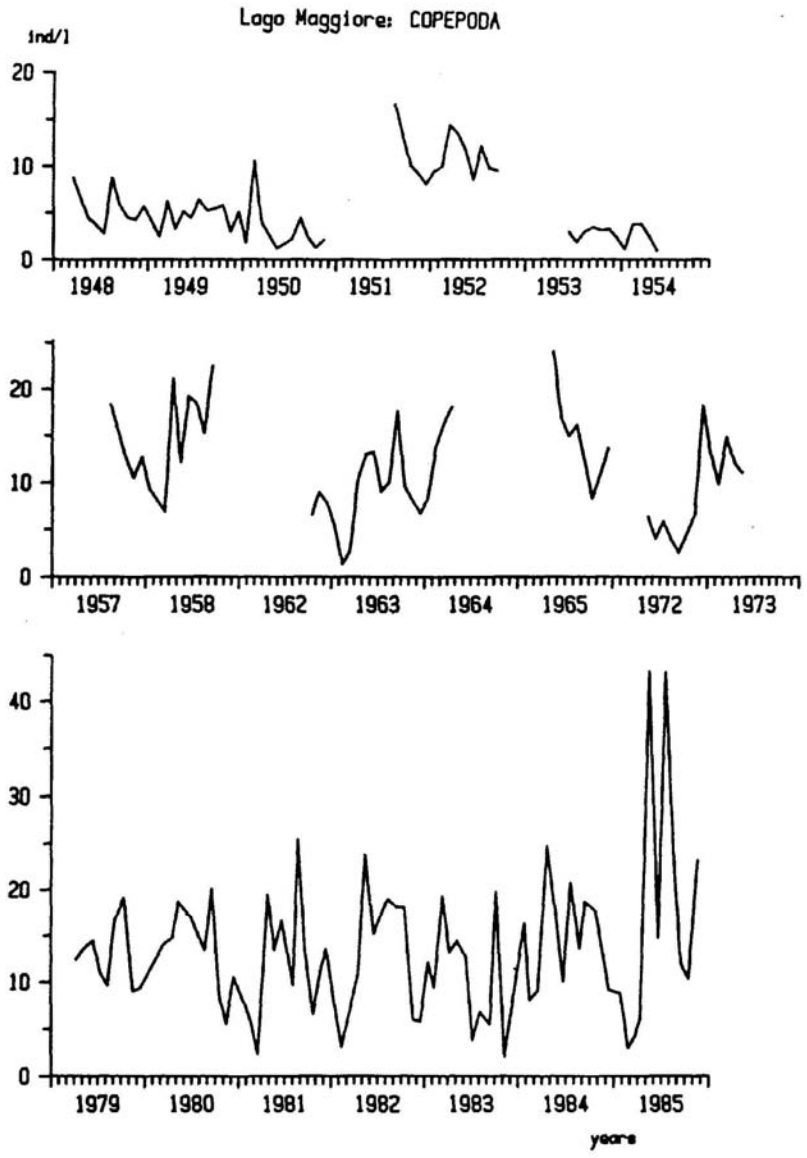


FIG. 6. Densità del popolamento a Copepodi nello strato 0-50 m.

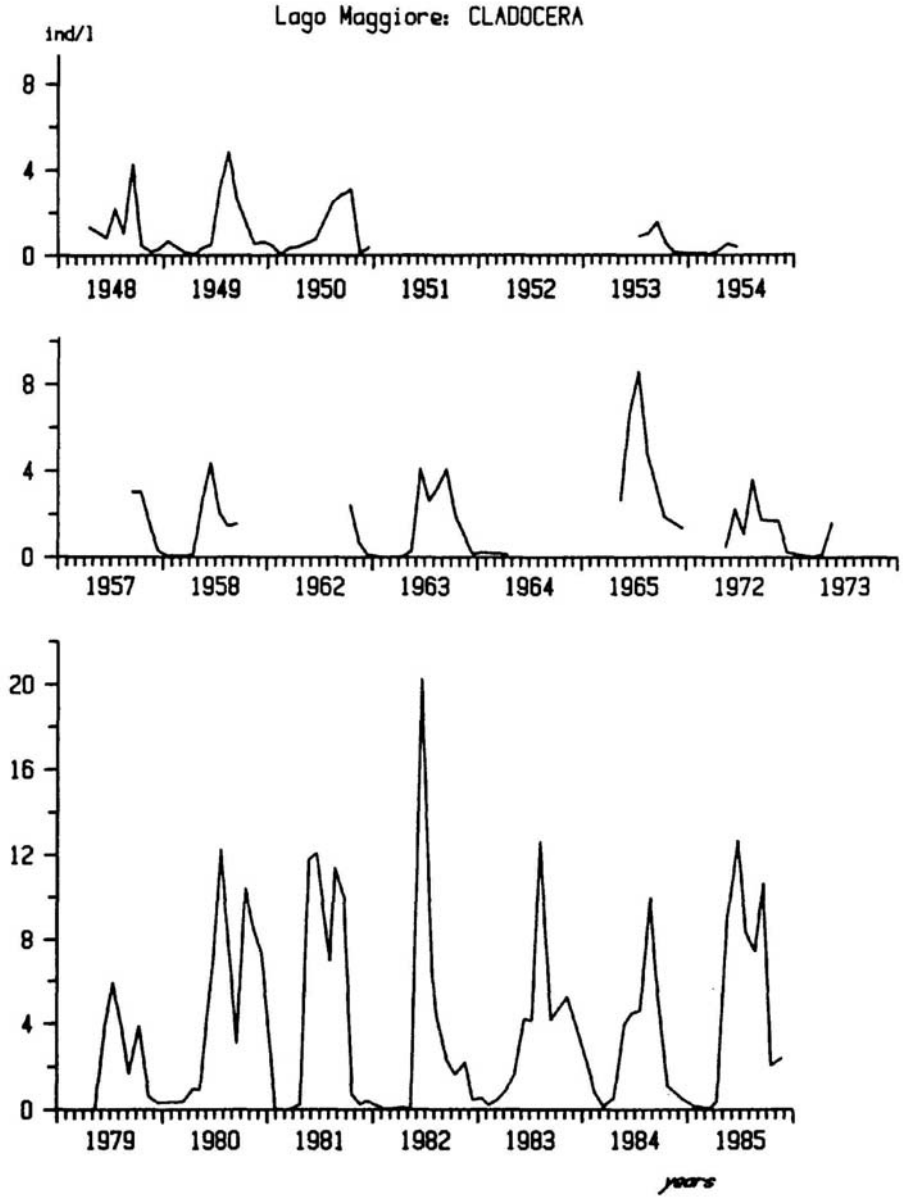


FIG. 7. Densità del popolamento a Cladoceri nello strato 0-50 m.

si osservano ne11'analisi dell'evoluzione pluriennale del popolamento a copepodi (Fig. 6) , soprattutto grazie all'aumento del diaptomide fitofago Eudiaptomus padanus e del ciclopide Cyclops abyssorum che mostra abitudini carnivore allo stadio di adulto. E' da notare come a queste due specie si debbano ascrivere gli elevati valori di densità osservati durante il 1985. Da rilevare inoltre nello stesso periodo le densità più o meno invariate della specie termofila Mesocyclops leuckarti, nonché la scomparsa a partire dagli anni '50 del grosso calanoide Heterocope saliens (Tonolli, 1962).

I Cladoceri del Lago Maggiore (Fig. 7) oltre che dai due predatori Leptodora kindtii e Bythotrephes longimanus sono principalmente rappresentati dalle specie fitofaghe Daphnia hyalina, Bosmina longispina e Diaphanosoma brachyurum. Poiché le prime due raggiungono densità usualmente molto contenute, 1'aumento che si osserva dall'analisi della figura relativa a questo popolamento è essenzialmente da ascrivere a queste ultime. Per questo gruppo possiamo individuare tre periodi distinti, vale a dire un primo periodo che va dalla fine degli anni '40 agli inizi degli anni '60 durante il quale i valori massimi di densità osservati sono attorno a 4 ind/1; un secondo periodo {inizio degli anni '60- fine degli anni '70) con densità fino a 8 ind/1 e il periodo più recente (1980-1985) con densità che raggiungono valori massimi intorno ai 12 ind/1, con una punta nel 1982 a circa 20 ind/1. Relativamente a questo popolamento è da rilevare come durante l'arco di tempo considerato si sia osservata la scomparsa del fitofago di grosse dimensioni Syda cristallina (Tonolli, 1962), probabilmente in relazione ad un'aumentata pressione di predazione da parte dei pesci planctofagi e la saltuaria comparsa nell'ambiente pelagico di Chidorus sphaericus, specie tipicamente litorale, per la quale è stata documentata una presenza anche pelagica in laghi eutrofi dove le acque pelagiche mostrano caratteristiche simili all'ambiente litorale .(Hutchinson, 1967). Poiché come precedentemente rilevato il processo di eutrofizzazione per lo zooplancton rappresenta tra 1'altro un aumento delle disponibilità alimentari in toto, risulta interessante un confronto dell'evoluzione nel periodo in esame dei valori dì biomassa dei crostacei fitofagi, che in termini di biomassa rappresentano la quasi totalità dello zooplancton erbivoro (fig. 8). L'analisi della figura pone in luce in generale una maggiore importanza relativa dei copepodi durante tutto il periodo in esame anche se il progressivo incremento nei valori assoluti che si osserva a partire dagli anni '50 "risulta determinato in generale, sia pure con qualche eccezione, dall'incremento della biomassa dei cladoceri. I risultati

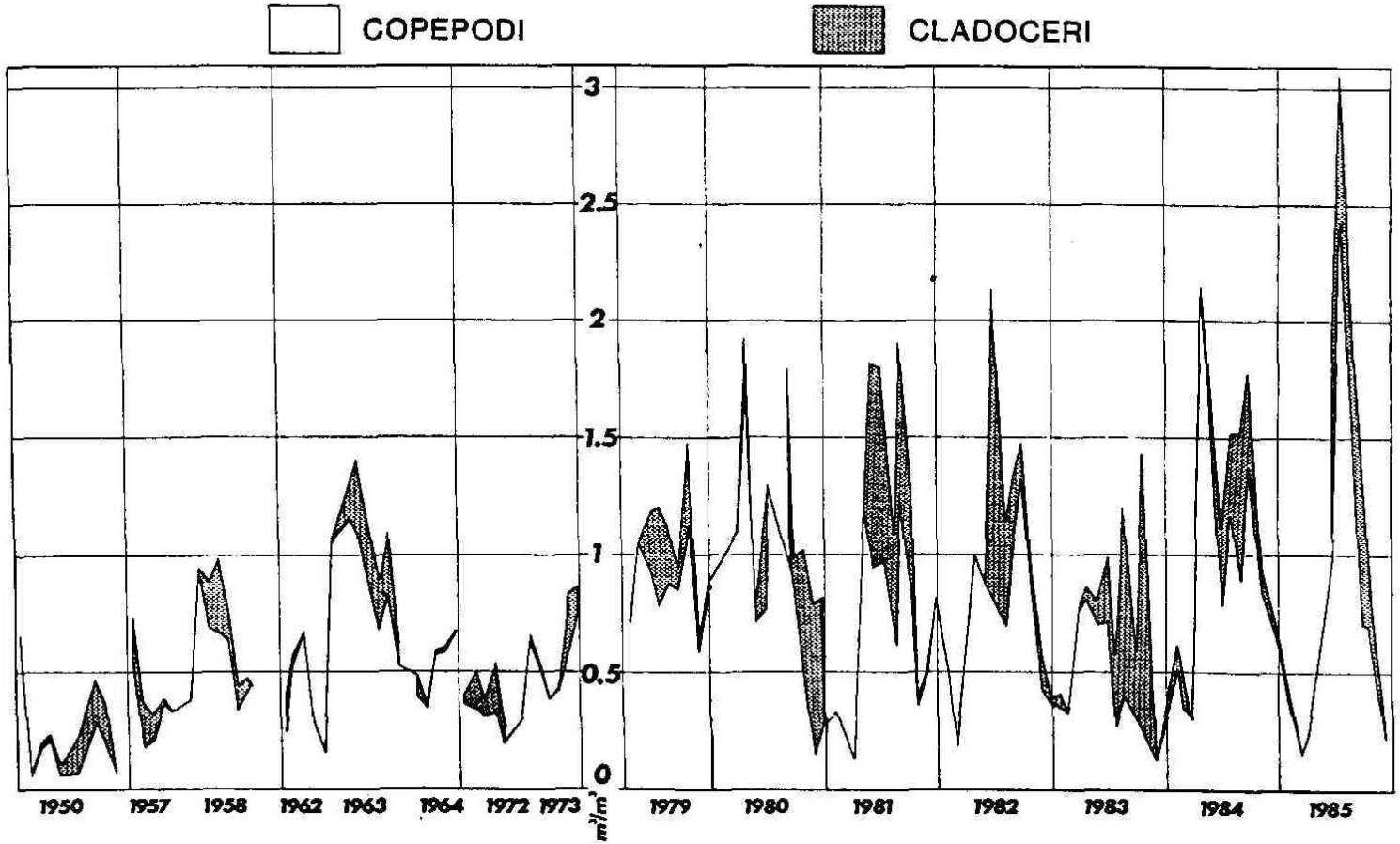


Fig. 8. Valori di biomassa dei Crostacei fitofagi nello strato 0 – 50 m

ottenuti con quest'analisi di serie pluriennali di dati omogenei e confrontabili relativi a quest'ambiente lacustre hanno permesso di documentare con un discreto approfondimento le fasi dell'evoluzione recente di un importante sistema quale è quello del Lago Maggiore, attraverso l'evoluzione di alcune delle sue componenti sistemiche più rappresentative. Pur nell'impossibilità di entrare in questa sede in dettagli che possono contribuire ad interpretare i complessi processi dinamici che si accompagnano all'evoluzione trofica descritta per il Lago Maggiore, risulta tuttavia evidente come la disponibilità di serie storiche permetta un'interpretazione dinamica dei vari legami che sussistono tra componenti biotiche ed abiotiche dell'ecosistema e al tempo stesso possano rappresentare un'utile base conoscitiva per la pianificazione di interventi di recupero ambientale fornendo altresì indicazioni sulle aspettative biologiche che da essi si possono attendere.

BIBLIOGRAFIA

W. Ambrosetti, L. Barbanti e R. Mosello - Unusual deep mixing of Lago Maggiore during the winter 1980-1981 /Geogr. Fis. Dinam. Quat. 5/183-191 - 1982.

W. Ambrosetti, L. Barbanti, R. Mosello, L. Pizzolon e A. Rolla - Caratteristiche fisiche, chimiche e climico-fisiche delle acque lacustri - In Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: Ricerche sull' evoluzione del Lago Maggiore- aspetti limnologici-programma quinquennale 1983-1987/Campagna 1984 (in stampa).

G.E. Hutchinson - A treatise on Limnology/ Vol.II - Introduction to lake biology and the Limnoplankton - John Wiley & Sons New York/ 1115 pp. - 1967.

0. Ravera, R.A. Wollenweider - Oscillatoria rubescens D.C. as an indicator of Lago Maggiore eutrophication/ Schweiz. Z. Hydrol.-30/374-38à - 1968.

V. Tonolli – L' attuale situazione del popolamento del Lago Maggiore/ Mem. Ist. Idrobiol. – 15/81-133-1962

COMUNICAZIONI

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 75 a pag. 82

"SOSTANZA GIALLA" - PROPOSTA PER UNA METODOLOGIA DI ANALISI FISICO-QUANTITATIVA.

L. ALBEROTANZA*, A.M. MEDINA**

* I.S.D.G.M - C.N.R., San Polo 1364, 30125 Venezia (Italia)
** C.N.P., 28 de Julio 28, 9120 Puerto Madryn (Argentina)

RIASSUNTO

Viene proposta una relazione analitica che permette di esprimere in maniera fisico-quantitativa la presenza della "sostanza gialla" (sostanze organiche in soluzione nelle acque marine) dal calcolo della quantità di assorbimento, CA. Tale esigenza è nata dal fatto che relazioni proposte da altri autori non sono in grado di rappresentare la variabilità altresì verificata con misure -sistematiche in ambiente marino, costiero e lagunare.

SUMMARY

An analytical relationship is proposed to express "yellow substance" (organic substances in solution in marine waters) physically and quantitatively by calculating the "quantity of absorption", CA. This requirement systems from the fact that the relationships proposed by other authors are unable to give the variability also verified with systematic measurements in oceans, coastal zones and lagoon areas.

PREMESSA

Da numerose osservazioni fatte sulle acque marine, costiere e lagunari, per la "calibrazione" delle immagini riprese con sensori remoti (es. Coastal Zone Color Scanner sul satellite Nimbus 7) si è visto che nel segnale della radianza emergente dalla superficie marina oltre a quello del particolato sospeso (sedimenti e fitoplancton) un certo "peso" è dovuto alle sostanze organiche presenti in soluzione.

Per tale cosa, si è indirizzata la ricerca su come la variazione quantitativa delle sostanze organiche disciolte, altrimenti definite "sostanze gialle", vada ad influenzare il "colore" del corpo idrico. Da qui una prima difficoltà:

determinare cioè, la sua quantità mediante un sistema di analisi veloce, economico e facilmente realizzabile anche su piccoli battelli oceanografici.

Attraverso tutta una serie di osservazioni sistematiche si è maturata la metodologia di analisi e verificata la relazione utile ad una definizione quantitativa, del parametro qui in discussione.
Un certo interesse, poi, deriva dalle caratteristiche di tale sostanza, che permettono di considerarla alla stregua di uri parametro "quasi-conservativo" e quindi utilizzabile negli studi ambientali e di circolazione marina.

1. LE "SOSTANZE GIALLE"

1.1 Terminologia e natura.

L'uso della particolare definizione "sostanze gialle" per riconoscere, in senso lato, le sostanze organiche in soluzione presenti nelle acque marine, deriva da una traduzione dal tedesco "Gelbstoff" secondo la definizione data da Kalle (1966). Altre definizioni sono state date successivamente da Gjessing (1965) quale "acquatic humus" e da Zafiriou et al. (1984) in "unknown photoreactive chromophores". La terminologia inglese "yellow substance" viene, infine, più diffusamente utilizzata da numerosi autori sia americani sia di altri paesi.

Per quanto concerne la natura, Kalle la descrive derivare da carboidrati attraverso una reazione di "Maillard". La formazione è favorita dal calore, dalla reazione alcalina e dalla presenza di amino-acidi per arrivare ai prodotti finali, melanoidi gialli o marroni. Si tratta infatti di miscele stabili di molecole organiche polimerizzate formate da prodotti di degradazione da attività vegetale ed animale. L'origine può essere, schematicamente, duplice: di apporto terrestre (alloctono) tramite le acque dolci che si riversano in mare, sia per degradazione di organismi marini (autoctono).

E' risultato conveniente, per il tipo di ricerche da noi sviluppate, dare una definizione di tipo- "fisico" in base al comportamento ottico misurando, cioè, 1'assorbimento della parte blu dello spettro elettromagnetico in quanto non esiste ancora, dal punto di vista chimico, chiarezza nella identificazione

dei vari componenti.

1.2 Metodologia di analisi.

Per quanto riguarda la valutazione analitica delle sostanze gialle si è seguita una metodologia particolarmente idonea nell'ambiente ove si opera prevalentemente, cioè in acque costiere e lagunari.

Le determinazioni vengono effettuate mediante spettrofotometro; nel nostro caso si impiega un Perkin-Elmer mod. 55. La misura, con precisione del 0.5%, viene fatta su campioni di acqua filtrata (filtri Millipore da O.45 µm) in cuvette cilindriche al quarzo da 100 mm di cammino ottico. Si procede alla determinazione dell'assorbimento tra 320 e 440 nm con passo discreto di 20 nm (Fig. 1). Per riferimento si impiega acqua bidistillata e filtrata.

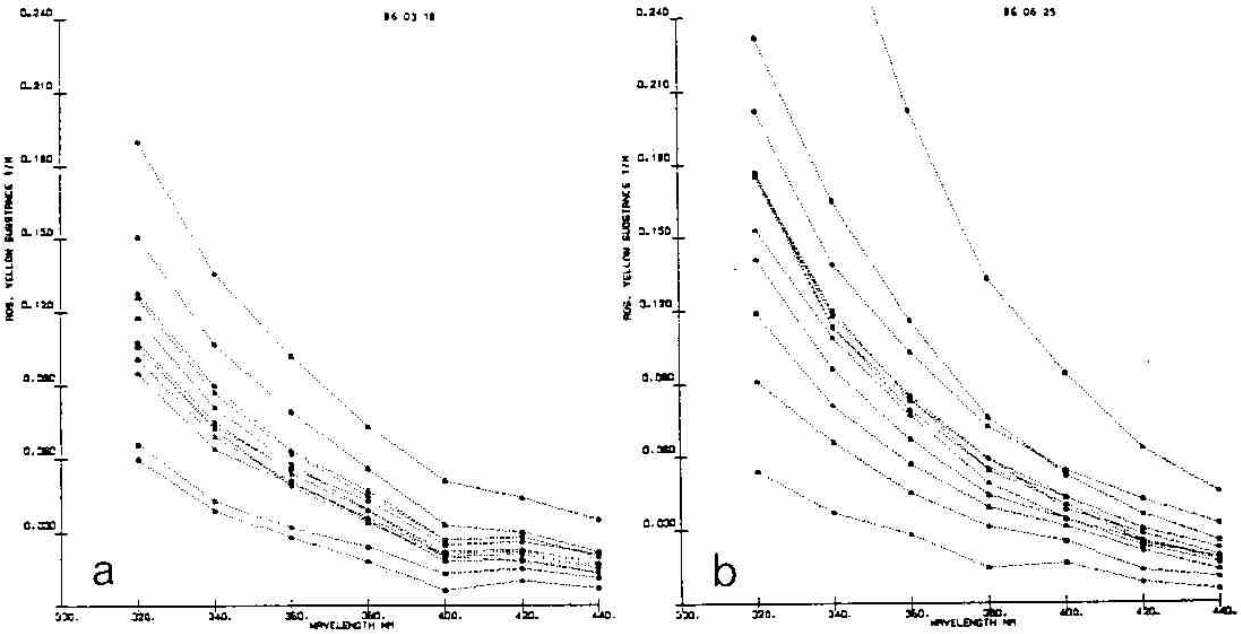


Fig. 1 - Variazione stagionale delle curve di assorbimente nelle stesse stazioni; (a) fine inverno, (b) tarda primavera.

Questa metodologia è stata altresì impiegata per esaminare campioni prelevati nella parte più meridionale del mar Adriatico e mar Ionio, (Alberotanza L., et al., 1986), ben distanti dalle coste, ove le caratteristiche sono prettamente di "caso 1" o di "acque blu" secondo la definizione di A. Morel et al. (1982). I risultati hanno confermato la validità delle modalità qui esposte anche trovandosi in presenza di valori di sostanze gialle molto bassi.

Si è verificata la stabilità dei campioni in differenti condizioni di conservazione ed intervalli di tempo tra prelievo ed analisi.

2. DETERMINAZIONE QUANTITATIVA

2.1 II coefficiente di assorbimento.

Il valore del coefficiente di attenuazione $a(\lambda)$ della sostanza gialla si ricava con la relazione:

$$a(\lambda) = a(\lambda_0) \exp(-S(\lambda - \lambda_0)) \quad (1)$$

ove λ_0 = 380 nm e con un certo intervallo spettrale ($\lambda \sim \lambda_0$) entro cui si opera (nel nostro caso tra 320 e 440 nm). Per quanto riguarda il fattore S (mean slope), che determina il decadimento esponenziale dell'assorbimento verso lunghezze d'onda maggiori, sono stati sviluppati differenti metodi di calcolo.

Si è scelto il metodo dei minimi quadrati, come da Bricaud et. al. (1981), con cui calcolare S ed a (λ_{380}) e quindi a posteriori 1'assorbimento.

La preferenza per tale metodo deriva dalla migliore definizione nei valori percentuali estremi.

Dal calcolo di S ed $a(\lambda_0)$ si è vista una loro assai più ampia variabilità rispetto a quanto scritto da Russo (1984). Nella sola Laguna di Venezia, tra una stazione e l'aitra si sono calcolate variazioni quali :

$0.009 \leq S \leq 0.022 \qquad 0.006 \leq a(\lambda_{380}) \leq 0.137$

Si è ritenuto conveniente, in ragione di tali variazioni,

calcolare su ogni campione S ed a (λ_{380})

2.2 Calcolo della concentrazione.

Per calcolare la concentrazione, C, della sostanza gialla si è utilizzata la formula espressa da Nyquist (1979). ed applicata da Russo (1984) nell'analisi condotta su campioni della laguna e del mar Adriatico:

$$C = 4.72 \text{ x } a(\lambda) \exp 0.014 (\lambda - 450)$$

Con i dati in possesso sono stati ottenuti il valor medio di a (λ_{450}) e di S e si è passati al calcolo della concentrazione. I risultati sono stati alquanto deludenti; i valori C sono risultati pressoché gli stessi per qualsiasi zona di provenienza dei campioni e per qualsiasi stagione.

Tale risultato, inoltre, risulta discordante con gli altri parametri fisico-chimici, biologici ed ottici rilevati contemporaneamente da Alberotanza ed al. (1986) che dimostrano la presenza di grandi variabilità. Si è cercato, allora di dare un significato quantitativo in maniera diversa e cioè secondo una relazione in grado di definire la "quantità di assorbimento", CA. L'algoritmo viene calcolato in base all'ampiezza della curva di assorbimento (fig. 2) secondo la:

$$CA = \frac{1}{\lambda_0} \left[\int_{320}^{440} a(\lambda) d\lambda - (\Delta\lambda) x a(440) \right]$$

dove $\Delta \lambda = 440 - 320$, a(440) = assorbimento calcolato. Le dimensioni di CA sono in m^{-1}.

In tale maniera i valori che si ottengono indicano chiaramente le differenze anche minime riscontrate nelle acque relativamente non solo alla posizione geografica del campionamento ma anche alle variazioni stagionali e mensili. La "quantità di assorbimento", calcolata ad esempio nella Laguna di Venezia, varia da 3.8 a 33.8 m^{-1}, mentre la Russo (1984) da un valore di 1 mg/1 di concentrazione.

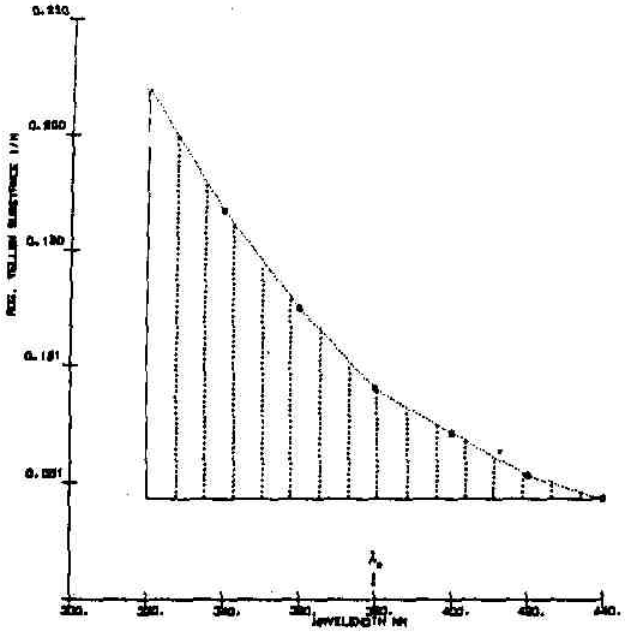


Fig. 2 - Grafico che descrive la "quantità di assorbimento", CA.

3. CONCLUSIONI

II tentativo da noi fatto di esprimere con un significato quantitativo la presenza delle sostanze gialle deriva essenzialmente dal fatto che dalle misure di "verità-mare", durante le quali oltre ai parametri fisico-chimici si rilevano la fluorescenza, la torbidità, la clorofilla, il materiale sospeso totale e la riflettanza della superficie marina in cinque intervalli spettrali (443, 520, 550, 670 e 980 nm) , risultano queste essere le uniche linearmente correlateli con i dati ottici (Alberotanza L, at al., 1986). La presenza di tali sostanze, quindi, deve essere presa in considerazione negli studi relativi alla qualità delle acque avendo, tra 1'altro, un "peso" sul colore del mare. Dal momento in cui si cerca di estrarre dei valori in termini quantitativi-ponderali delle sostanze presenti in mare mediante algoritmi regressivi dalle immagini da satellite quali quelle del Coastal Zone Color Scanner del Nimbus-7, la quantificazione delle sostanze gialle dovrebbe contribuire a ridurre il margine di incertezza.

In secondo luogo, estendendo le osservazioni ci si è posti obiettivo di verificare se tali sostanze possano essere considerate parametro conservativo o quasi. E' intuibile che una conferma in tal senso porterebbe a disporre di un dato importante negli studi ambientali marini con un immediato impiego nei modelli matematici diffusivi di circolazione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alberotanza, L., G. Aldighieri, P. Cova, A.M. Medina e C. Boaretto - The use of remote sensors to investigate optical and biological characteristics of lagoon waters - 2nd Scient. Ass. IAHS, July 2-10, Pubi. n. 157, pp. 101-110, 1986.

Alberotanza, L. , G. Aldighieri, P. Cova e A. Medina - Attività dell'I.S.D.G.M. di Venezia nella crociera oceanografica POEM 85'. Rapporto preliminare e catalogo dati - I.S.D.G.M. - C.N.R., Venezia, TR136, luglio 1986.

Bricaud, A., A. Morel e L. Prieur - Absorption by dissolved organic matter (yellow substance) in the UV and visible domains -Limnology and Oceanographv, 26(I), pp. 43-53, 1981.

Gjessing, E.T. - Use of "Sephadex" gel for the estimation of molecular weight of humic substances in natural waters - Nature, 5015, pp. 1091-1092, 1965.

Kalle, R. - The problem of the Gelbstoff in the sea - Oceanog. Mar. Biol. Annu. Rev., vol. 4, pp. 91-104, 1966.

Morel, A. - Optical properties of radiant energy in the waters of the Guinea dome and the Mauritanian upwelling area in relation to primary production - Rapp. P-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 180, pp. 94-107, 1982.

Nyquist, G. - Investigation of some optical properties of sea water with special reference to lignin sulfonate and humic substances - Thesis Dep. Anal. Mar. Chem. Gothenburg, pp. 200, 1979.

Russo, M.C. - Evaluation of fluorescence spectroscopy as a method for measuring "Gelbstoff" in aquatic environments - PhD Thesis, London, pp. 184, 1984.

Zafiriou, O.C., J. Joussot-Dubien, R.G. Zepp e R.G. Zika Photochemistry of natural waters - Environ. Sci. Technol. , 18 (.12) pp. 358-371, 1984.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 83 a pag. 90

"L'IMPIEGO DI IMMAGINI CZCS/NIMBUS 7 SUL NORD ADRIATICO" - (1979-1984)

L. ALBEROTANZA*, V. BARALE**, A. BERGAMASCO*

* I.S.D.G.M. - C.N.R., San Polo 1364, 30125 Venezia (Italia)
** S.I.O. - U.C.S.D., La Jolla, San Diego, California (USA)

RIASSUNTO

Vengono esposte, in maniera sintetica, le potenzialità derivanti dalla analisi delle immagini da satellite Nimbus 7 / Coastal Zone Color Scanner per lo studio dei processi marini. Sono riportati i principali algoritmi di trasformazione del dato di radianza in parametri geofisici (clorofilla a, materiale sospeso totale e coefficiente di attenuazione diffusa) particolarmente definiti per mar Adriatico con le osservazioni raccolte nelle campagne oceanografiche di "verità-mare" specificatamente effettuate.

SUMMARY

The potentialities for studying marine processes derived from the analysis of the NIMBUS 7 / Coastal Zone Color Scanner images are briefly given. Principal algorithms are presented for the transformation of radiance data into geophysical parameters (chlorophyll a., total suspended matter and diffused attenuation coefficient) determined for the Adriatic Sea with specific sea-truth oceanographic campaigns.

PREMESSA

Con la messa in orbita alla fine del 1978 del satellite sperimentale Nimbus 7 l'Oceanografia ha potuto disporre di un nuovo strumento di indagine nel Coastal Zone Color Scanner. Con i dati sinottici relativi alla distribuzione della temperatura superficiale ed alle caratteristiche spettrali del mare si è ottenuto un nuovo ed originale contributo allo studio ed alla conoscenza biofisica dei mari.

Le immagini del CZCS relative al Nord Adriatico, nel periodo 79-84, sono state utilizzate, in particolare, per riconoscere le principali strutture (pennacchi fluviali, sistemi frontali,

etc.), per impostare uno studio ambientale in termini temporali (inedie annuali, stagionali, e mensili dei pigmenti dispersi in mare) ed infine per applicazioni alla modellistica matematica di circolazione.

Attraverso una serie di campagne di "verità-mare" si è proceduto ad una "calibrazione" necessaria per definire gli algoritmi utili per estrarre dalle immagini in termini quantitativi i parametri geofisici: pigmenti (clorofilla a), seston e coefficiente di attenuazione diffusa.

1. IL COASTAL ZONE COLOR SCANNER

II CZCS installato sul Nimbus 7 è stato realizzato per fornire immagini della superficie marina in sei bande, dal visibile all' infrarosso, centrate (± 10 nm) a 0.443 (picco di assorbimento della clorofilla), 0.520, 0.550, 0.670, 0.750 e 11.5 micron (infrarosso termico). L'ampiezza dell'area di ripresa è circa 1600 Km con una dimensione del pixel a centro immagine di 0.825 x 0.825 Km e frequenza dei passaggi zenitali ogni cinque giorni circa. Sfruttando le ampie fasce di ricoprimento laterale delle riprese si hanno a disposizione immagini pressoché giornaliere.

Il sensore all'inizio del 1985 ha cessato di funzionare superando ampiamente il periodo operativo previsto in un anno.

1.1 Trattamento delle immagini.

Un primo problema incontrato nella elaborazione delle immagini è derivato dalla eliminazione dell'effetto causato da11'atmosfera. Il segnale che viene registrato dal satellite è, solo e nelle migliori condizioni, per il 10% relativo alla irradianza emergente dalla superficie marina ("leaving water irradiance") mentre il resto è rappresentato da "disturbo" atmosferico. Sono stati provati diversi modelli di correzione atmosferica ; quello che ha dato i migliori risultati, in relazione anche ad una agevole applicazione, è il modello proposto da Gordon ed al, (1981). Sostanzialmente si ricerca un pixel di "acqua pulita" ove la irradianza rilevata da satellite sarà dovuta essenzialmente all'atmosfera (cammino ottico, aerosol, effetto di Reyleight, etc..) e quindi si renderà possibile una correzione generale delle immagini mediante procedimenti iterativi.

1. 2 "Verità-mare".

Gli algoritmi per 1'interpretazione delle immagini sono stati formulati sulla base di una serie di dati raccolti contemporaneamente ai sorvoli. Per fare ciò è stata messa a punto una metodologia di prelievo ed analisi in continuo delle acque superficiali con nave in movimento (Alberotanza L. , Cova P. , 1984). A partire dal 1979 sono state condotte numerose campagne rilevando i seguenti parametri : salinità, temperatura, temperatura pellicolare I.R. ("skin layer"), fluorescenza (clorofilla "in vivo"), torbidità, irradianza incidente e riflessa, clorofilla, seston totale e "sostanze gialle".

Tali dati hanno permesso di tracciare mappe di superficie dettagliate e "quasi sinottiche" relative ai vari parametri. Con i profili verticali eseguiti in varie stazioni è stata ricostruita la struttura del corpo idrico per quanto riguarda la salinità, temperatura, coefficiente di attenuazione, irradianza incidente e retrodiffusa, fluorescenza e trasmittanza.

1.3 Algoritmi di trasformazione.

I dati quantitativi relativi al contenuto (C) in clorofilla a, al materiale sospeso totale ed al coefficiente di attenuazione diffusa si ottengono con funzioni empiriche ed adimensionali del tipo :

[1] $C = A\,[\rho_{i,j}]^B$ con $\rho_{i,j} = L\,(\lambda_i)/L\,(\lambda_i)$

dove $L_u(\lambda)$ rappresenta la radianza subsuperficiale a λ_i = 443 e λ_3 =55O nm. Con metodi regressivi utilizzando i dati sperimentali e circa 120 immagini sono state calcolate le costanti A e B.

- Per la clorofilla sono stati individuati dei valori di tali costanti diversi a seconda che la concentrazione misurata su campioni discreti risulti inferiore o superiore a 1.5 mg/mc e più precisamente:

$$C = 1.129\,(R_1/R_3)^{-1.711} \qquad C = 2.573\,(R_1/R_3)^{0.629}$$

Si arriva, dal confronto con i dati di verità-mare, ad un coefficiente di correlazione del 0.91; tralasciando poi le aree costiere e frontali si hanno valori dello 0.99 (Barale V., 1985).

- Il seston totale viene stimato quantitativamente con algoritmi analoghi a [l] ove però il rapporto, è preferibilmente tra bande centrali soprattutto per gli alti valori di riflettività spettrale delle acque torbide costiere.
- Il coefficiente di attenuazione diffusa ("K"), cioè la "capacità" del sensore remoto di "vedere" ne11'acqua o più precisamente la profondità sino alla quale le radiazioni solari penetrano, viene pure calcolato dai dati multispettrali del CZCS con relazioni quali:

$$K(\lambda) - K_W(\lambda) = A\ [\rho_{i,j}]^B$$

per λ = 490 e 520 nm, con il valore di K_w relativo all' acqua distillata. Sempre per 1'Adriatico sono state definite le:

$K_{490} = 0.022 + (0.0883 \times \rho_{i,j}^{-1.491})$ $K_{520} = 0.044 + (0.0663 \times \rho_{i,j}^{-1.398})$

Quest'ultimo parametro è senza dubbio il più "rappresentativo" per corpi idrici costieri ove il segnale emergente, essendo fortemente influenzato dalla presenza di materiale terrigeno, clorofilla e sostanze gialle, non permette una corretta discriminazione dei parametri in termini più propriamente quantitativi (Alberotanza L., Barale V., 1983).

2. RISULTATI ED APPLICAZIONI

Tali immagini sono state e vengono impiegate in un certo numero di applicazioni relative allo studio delle caratteristiche fisiche e bio-fisiche del mar Adriatico.

2.1 Dinamica di superficie.

Sono state verificate le principali strutture oceanografiche relative ai sistemi frontali generati dalle immissioni fluviali e le loro variazioni stagionali attraverso le immagini trattate in termini sia di pigmenti sia di materiale sospeso totale. Una ulteriore ed interessante osservazione è derivata dal confronto di tali immagini con le corrispondenti (e contemporanee) all'infrarosso termico. In alcuni casi le strutture marine riconosciute nel visibile risultano differenti ed a volte discordanti da quelle termiche. Quest'ultime informazioni, provenendo esclusivamente dallo "skin layer" del mare, risentono dei disturbi atmosferici, vento, umidità, etc. (figg. 1-2).

Si è avuta, quindi una conferma sulla circolazione a larga

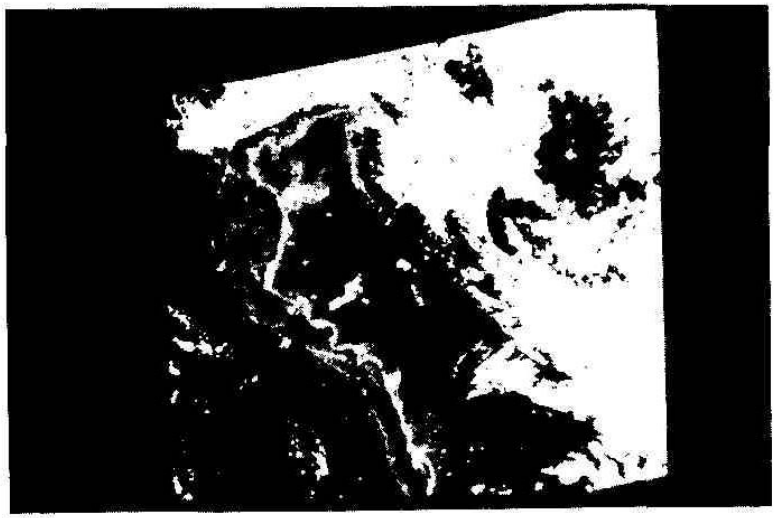


Fig. 1 – Immagine del 7/7/79 dal Nimbus 7 CZCS, nel visibile, trattata in termini di distribuzione di clorofilla nel Nord Adriatico.

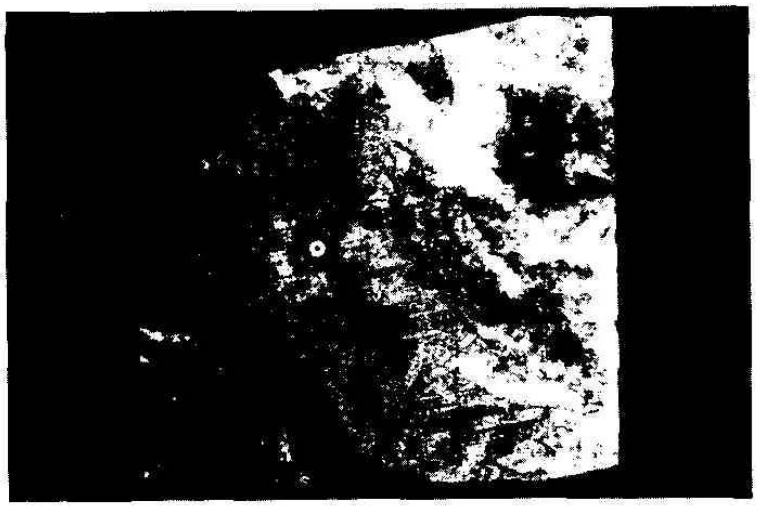


Fig. 2 – Stessa immagine nell'infrarosso termico.

scala di tipo ciclonico con l'esistenza di due "eddies" settentrionali separati dal pennacchio del Po. Nella parte più centrale del bacino la circolazione costiera con le sue variazioni stagionali evidenziate dal materiale sospeso viene confermata ne 11'andamento ciclonico. Nella parte più meridionale del bacino nel periodo estivo acque più calde lambiscono le coste Yugo-Albanesi. In inverno prevalgono le acque chiare e più calde lungo le coste orientali provenienti dallo Ionio (Barale V. et al., 1984).

2.2 Caratteristiche biofisiche.

Le immagini trattate come clorofilla sono state analizzate temporalmente. Se ne sono prese in considerazione un certo numero nell' arco di un biennio e si è proceduto ad effettuare delle medie normalizzate mensili e quindi stagionali in maniera da poter eseguire un confronto significativo. Un approccio di tale tipo ha evidenziato che tra 1979 e 1980 c'è stato un aumento spaziale pari quasi a due volte del fitoplancton presente (Barale V., 1986). Tale cosa potrebbe far pensare derivare da un incremento di nutrienti per ragioni di inquinamento ed eutrofizzazione , ma sembra, invece, rientrare in condizioni di "normale" variabilità per ragioni più propriamente elimatologiche. Molto probabilmente spingendo tale tipo di analisi ad un maggior numero di anni e tenendo conto delle particolari condizioni di insolazione, precipitazioni, etc. si dovrebbe poter disporre di importanti e significativi dati evolutivi dell'intero bacino.

2.3 Modellistica di circolazione.

Una ulteriore applicazione sperimentata (e tuttora in corso) è quella che vede impiegate le immagini CZCS nei modelli matematici di circolazione.

Un modello multistrato è stato utilizzato nella sua versione baroclina per descrivere la circolazione ed è stato combinato con una equazione di avezione-diffusione al fine di ottenere il trasporto di un tracciante passivo. Una immagine del Nord Adriatico trattata come materiale sospeso totale, con le opportune modifiche geometriche per 1 'adattamento al grigliato del modello, è stata "fatta girare" con il modello a regime con condizioni di vento reali al momento del passaggio del satellite. La simulazione, con dati mediati di sei ore in sei ore, protratta per tempi corrispondenti a più giornate ha fornito delle mappe di distribuzione del materiale sospeso confrontabili per forma e

gradienti alle corrispettive immagini da satellite. In tale maniera si è avuto un confronto tra i risultati della simulazione numerica con la reale situazione (Alberotanza L. et al., 1985). Sotto certe ipotesi è possibile, quindi, utilizzare immagini per un significato più intrinseco, derivato da precise condizioni oceanografiche (livello di marea, pressione, vento, etc.), che non dal particolare giorno della ripresa.

BIBLIOGRAFIA

Alberotanza L. e V. Barale - Marine subsurface optical properties from high altitude oceanographic observation - 7th int. Diving Science Symp., Padova, pp. 307-314, ed. La Garampola, 1983.

Alberotanza L. e P. Cova - Un modulo per misure in continuo della superficie marina - Bollettino Geofisico, anno VII, n. 1, pp. 104-105, 1984.

Alberotanza L., V. Barale e A. Bergamasco - Nimbus CZCS Images as Inputs in Circulation Modelling of the North Adriatic Sea - Il Nuovo Cimento, vol. 8c, n. 6, pp. 621-630, 1985.

Barale V., P. Malanotte Rizzoli e M.C. Hendershott - Remotely sensing the surface dynamics of the Adriatic Sea - Deep Sea Research, vol. 31, n. 12, pp. 1433-1459, 1984.

Barale V. - Investigation of the Dynamics of the Northern Adriatic Sea through CZCS Satellite Imagery - da "Final Progress Report of the Proposal..", NASA, 1985.

Barale V. - Spatial variability of the mesoscale colour fields in CZCS imagery - COSPAR Ocean Colour Workshop, Toulose 9-10 July, (in press), 1986.

Gordon H.R. e D .K. Clark - Clear water radiance for atmospheric correction of Coastal Zone Colour Scanner imagery - Applied Optics, n. 20, pp. 4175-4180, 1981.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 91 a pag. 100

STUDIO DEL POPOLAMENTO MACROBENTONICO DI UN FONDALE POSTO IN PROSSIMITÀ DI UN EFFLUENTE URBANO (1976-1980).

G. ALBERTELLI e G.L. ROSSI

Istituto di Scienze Ambientali Marine - Università di Genova

SUMMARY

This study deals with the soft bottom macrobenthos sampled in different seasons from 1976 to 1980 near a sewage dumping site of the city of Savona. Some considerations on the hydrological and edaphic factors as well as observation on the macrobenthic population are presented. Hydrological factors are normal for the coastal waters of the Ligurian Continental shelf; evidence of modifications is present in sedimentological data and in bionomic composition. The transformation of the initial community (Coastal Detritic bottom biocoenosis) during the sampling period, characterized by progressive silting of the sea bottom, is highlighted by the substitution of a Polichaetous Annelid (Ditrupa arietina) by a Sipunculid (Aspidosiphon mul1eri).

INTRODUZIONE

Lo studio del macrobenthos di un fondale ubicato in prossimità della città di Savona si inserisce nell'ambito di ricerche tese ad ottenere dati inerenti la produzione delle acque e dei fondi della platea continentale ligure. Tali ricerche sono state condotte su quattro trasversali poste in corrispondenza di Alassio, Savona, Chiavari e Corniglia; ogni trasversale era costituita da quattro stazioni ubicate su fondi compresi tra 40 e 200 metri di profondità. I campionamenti, dopo un saggio preliminare effettuato nel 1976 (Albertelli e Cattaneo, 1983), sono stati condotti in differenti momenti stagionali dal 1977 al 1981 (Albertelli et al. ,1981).

La stazione a minore profondità della trasversale di Savona ha suscitato un interesse particolare per le diversità che presenta nei confronti delle corrispondenti stazioni ubicate sulle altre trasversali. Infatti, l'analisi effettuata sui dati raccolti nel 1977 (Rossi, 1985) ha mostrato che il contenuto in sostanza organica nei sedimenti presenta valori superiori rispetto alla stazione immediatamente più al largo, andamento opposto a quello riscontrato sulle altre trasversali. Dal punto di vista granulometrico, inoltre, il fondale è caratterizzato dalla predo-

minanza di due frazioni ben distinte: la sabbia (> 63 μ) ed il fango (< 8 μ). Anche dal punto di vista bionomico la stazione considerata si distingue dai corrispondenti campionamenti effettuati sulle altre trasversali, presentando un popolamento riferibile ad una biocenosi di tipo Detritico Costiero in via di infan-gamento.

La situazione descritta si presume possa essere posta in relazione all'entrata in funzione, nel 1975, del collettore fognario di Punta Sant' Erasmo, che raccoglie gli scarichi urbani del centro storico di Savona, di cui tuttavia non è stato possibile conoscere né la portata né i periodi di esercizio.

MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati nel dicembre 1976 per quanto riguarda la sola raccolta di organismi macrobentonici; nel maggio 1977, ottobre 1978 e settembre 1980 oltre alla componente faunistica sono stati effettuati prelievi per la raccolta di dati ambientali relativi alle acque ed ai sedimenti. La zona interessata dai campionamenti, che comprende lo sbocco del collettore fognario, ha un raggio di 400 m intorno al punto di coordinate 44°18'.0 N - 08°29'.7 e con una profondità compresa tra 30 e 40 m.
La raccolta è stata effettuata per mezzo di una benna Van Veen (superficie 726 cm^2, volume 12 litri), campionando per ogni stazione una superficie pari a 0.5 m^2. Gli organismi sono stati raccolti filtrando il sedimento su setacci di 2 mm di maglia. Il sedimento per le analisi relative alla granulometria ed al contenuto in sostanza organica è stato prelevato all' interno della benna mediante piccoli tubi carotatori ed è stato conservato in congelatore sino al momento dell'analisi.

L'analisi granulometrica è stata eseguita per mezzo di setacci di maglia 63, 125, 250, 500, 1000 e 2000 m (Wentworth, 1922). La stima del contenuto in sostanza organica è stata effettuata mediante combustione del sedimento, portato a peso costante, a 550°C per 4 ore (Marchant e Williams, 1977; Billen, 1978).

I metodi utilizzati per la stima dei parametri ambientali delle acque (temperatura, salinità, concentrazione di ossigeno, nitrati, nitriti, fosfati reattivi, nonché le misure di clorofilla a, b, e), campionate contestualmente alle raccolte di fondo, sono stati descritti in altri studi (Fabiano, 1983).

RISULTATI

L'analisi effettuata sui dati ambientali disponibili ha messo in luce, dal punto di vista granulometrico, un leggero ma continuo aumento in percentuale della frazione più fine (silt e argilla) dal 1977 al 1980, mentre molto elevata è la percentuale di ghiaia nel 1978 rispetto agli altri campionamenti (Tab. l).

Il contenuto in sostanza organica presenta variazioni anche notevoli, inversamente correlabili alla percentuale di frazione ghiaiosa (>2 mm) presente nel sedimento, con valori più elevati, quindi, nel 1977 e 1980 (8.52 e 7.43 %) e più bassi nel 1978 (4.64 %).

Le caratteristiche ambientali delle acque (Della Croce et al., 1981; Fabiano, 1983; Fabiano et al., 1986) sono state analizzate per vedere se la presenza dello scarico avesse in qualche modo influenzato i tipici andamenti dei parametri idrologici in quanto si presuppone che in un'area soggetta ad un apporto fognario si dovrebbero rilevare bassa salinità, maggiori temperature e basso tenore di ossigeno. Si è osservato invece che i valori misurati sulla colonna d'acqua ed in prossimità del fondo non presentano anomalie per quanto riguarda la temperatura , la salinità e l'ossigeno che risulta sempre prossimo alla saturazione ed è sovrassaturo nel 1980.

Frazioni granulometriche	1977	1978	1980
Ghiaia ($\emptyset > 2$ mm)	7.44	16.55	7.76
Sabbia (2 mm $> \emptyset >$ 63 μm)	53.82	43.26	47.81
Silt e argilla ($\emptyset <$ 63 μm)	38.74	40.19	44.43
Sostanza Organica	8.52	4.64	7.43

TABELLA I - Composizione granulometrica e contenuto in sostanza organica dei sedimenti raccolti nei diversi anni (valori percentuali).

Non si notano variazioni di rilievo, escludendo quelle dovute al normale andamento stagionale, nemmeno per quanto riguarda le concentrazioni di nitrati, nitriti e fosfati reattivi e i valori di clorofilla a, b, e, bassi e caratteristici di acque superficiali povere.

Per quanto concerne il popolamento macrobentonico, questo si presenta molto diversificato, con poche specie comuni

ai campionamenti eseguiti nei 4 anni. I valori relativi agli indici di diversità α, H e di equitabilità J sono sempre alquanto elevati, raggiungendo il massimo nel campionamento relativo al 1980 (Tab. II). In tutti i campionamenti i valori di questi indici non mettono in luce situazioni di squilibrio nel popolamento e sono paragonabili a quelli riportati in letteratura per le coste liguri (Albertelli e Cattaneo, 1985; Albertelli e D'Ambrosio , 1986).

Indici	1976	1977	1978	1980
α	22	26	27	45
H	4.54	4.57	4.25	5.27
J	0.78	0.81	0.76	0.86

TABELLA II - Valori degli indici di diversità α ed H e di equitabilità J del popolamento macrobentonico nei diversi anni.

Dal punto di vista bionomico l'effetto più marcato è dato dalla diminuzione delle specie tipiche dei fondi detritici a vantaggio di quelle legate al substrato di tipo fangoso (Tab. III). La diminuzione delle specie esclusive della biocenosi del Detritico Costiero è costante nel tempo passando da un valore pari al 19% dell'intero popolamento nel 1976 ad un valore di poco superiore al 2% nel 1980. Aumentano per contro le specie "vasicole" e quelle "mixticole" rispettivamente dal 16.6 al 24% e dal 4.9 al 12%. Da una biocenosi quindi di tipo Detritico Costiero si passa ad un fondo misto che esula dalle classificazioni tipiche ma che si avvicina a quelle descritte per i fondali soggetti ad apporti alloctoni soprattutto da effluenti urbani (Bellan, 1967 a; b; Nodot et al., 1984; Salen-Picard, 1985), definibili come fondi di decantazione.

SPECIE	1976	1977	1978	1980
Excl. DC	19.0	12.1	11.5	2.3
Tipiche DC	23.8	20.2	18.0	9.7
Tipiche VTC	17.9	17.3	11.5	26.9

TABELLA III - Dominanza complessiva delle specie esclusive della biocenosi del Detritico Costiero (Excl. DC), tipiche dei fondi detritici (Tipiche DC) e dei fondi fangosi (Tipiche VTC).

Il quadro specifico ritrovato tende a collocare la zona tra i fondi di decantazione caratterizzati da sedimentazione di tipo organico ed inorganico non ancora eccessivamente abbon-

dante (Salen-Picard, 1985). Si ritrova infatti la contemporanea presenza di Aspidosiphon mulleri Diesing, Nematonereis unicornis (Grube), Hyalinoecia bilineata Baird in tutti i campionamenti effettuati, mentre sono stati raccolti esemplari di Lumbrineris emandibulata Ramos, Tharix multibranchis (Grube),T. marioni (S.Jos) e Chaetozone setosa Malmgren che presentano in alcuni casi anche elevata dominanza ma che non sono caratteristiche costanti dei diversi campionamenti. Da notare che sono sporadicamente presenti anche altri indicatori di sostanza organica e di frazione, fine quali Myrthea spinifera (Montagu), Gorbula gibba (Olivi), Lumbrineris latreilli (Aud. et M. Edw.) e Paralacydonia paradoxa Fauvel (Tab. IV).

I dati che ci offrono la migliore valutazione della transizione Detritico Costiero-Fondi di decantazione sono quelli relativi alla sostituzione specifica Ditrupa arietina (O. F. Muller) - Aspidosiphon mulleri Diesing. Infatti il Polichete D. arietina (caratteristico esclusivo della biocenosi DC) tollera la presenza di percentuali non troppo elevate di fango nel sedimento in cui vive. Quando la quantità di fango aumenta, questa specie è sostituita dall' A. mulleri che vive in condizioni intermedie di infangamento e che va ad occupare i tubi vuoti di Ditrupa. Se la percentuale di fango nel sedimento raggiunge valori ancora più elevati, anche l'Aspidosiphon è sostituito da altre specie (Solis, 1975).

Nel 1976 si era notata la contemporanea presenza di Ditrupa ed Aspidosiphon con una dominanza del Polichete sul Sipunculide. Tuttavia, il gran numero di tubi vuoti di Ditrupa aveva già fatto supporre un grado piuttosto avanzato di infangamento; tale supposizione veniva anche confermata dalla notevole affinità della biocenosi del fondale di Savona con una stazione di Fango Terrigeno Costiero (Albertelli e Cattaneo, 1983). Negli anni seguenti (Fig. 1) il popolamento a D. arietina va diminuendo in numero, fino a ridursi a 4 individui/mq nel 1978, quando, dalle analisi granulometriche, risulta presente una percentuale di fango (silt + argilla) del 40%, ed a scomparire totalmente nel 1980, quando la percentuale di fango è pari al 44.43%. La percentuale del 40% di fango nel sedimento sembra rappresentare quindi il limite di tolleranza di questa specie.

Nello stesso periodo si assiste prima ad un aumento consistente, in progressione geometrica, della dominanza dell'A. mulleri, che raggiunge il 36% del popolamento totale nel 1978.

Specie	1976	1977	1978	1980
POLICHETI				
Amage sp.	1			
Amage adspersa (Grube)				3
Ampharete grubei Malmgren			1	2
Amphicteis gunneri (Sars)	1		1	
Anobotrus gracilis (Malmgren)			2	
Asychis gotoi Izuka	1	3		2
Brada villosa (Rathke)	2			1
Chaetopterus variopedatus (Renier)		1		
Chaetozone setosa Malmgren	1		1	2
Chone filicaudata South.			2	
Clymene affinis (Sars)				2
Clymene gracilis (Sars)	1	1	1	
Clymene lophoseta Orlandi	6			
Clymene praetermissa (Malm.)			1	
Clymene cf robusta (Arwidsson)	1			
Clymene sp.		2	3	
Ditrupa arietina (O.F.Muller)	45	14	2	
Drilonereis filum (Claparède)	2	2		1
Eteone siphonodonta (D.Ch.)		1		
Eulalia cf punctifera Grube			1	
Eunice harassii Aud. e M.Edw.		2		
Eunice vittata (D.Ch.)			1	1
Glycera alba Rathke	1			
Glycera alba Rathke - convoluta Keferst.				1
Glycera convoluta Keferstein			4	
Glycera rouxii Aud. e M.Edw.	4			1
Glycera unicornis Savigny	2			
Glycera sp.	1			
Glycinde nordmanni (Malmgren)	1			2
Goniada maculata Oersted	1			
Harmothoe antilopis McInt.		2	1	
Harmothoe lunulata (D.Ch.)				1
Harmothoe reticulata (Claparède)				1
Hermione hystrix Savigny		1	1	
Hyalinoecia bilineata Baird	5	'19	3	11
Hyalinoecia tubicola (Claparède)	1		6	1
Lacnice conchilega (Pallasi		1		
Leanira yhleni Malmgren				1
Lumbrineris acuta Verrill	4			
Lumbrineris emandibulata cetiti Ramos	20	4		4
Lumbrineris latreilli-gracilis Ehlers				9
Lumbrineris latreilli (Aud. e M.Edw.)		1		
Lumbrineris gracilis Ehlers	39			
Lumbrineris sp.			1	
Lysippe labiata (Malmgren)			1	
Magelona alleni Wilson		1		1
Marphysa bellii (Aud. e M.Edw.)		3		
Marphysa kinbergi McInt.				1
Nematonereis unicornis (Grube)	7	4	1	8
Nephthys hombergi Savigny	5	2		
Nephthys hystricis McInt.				2
Nephthys incisa (Malmgren)	3			
Nicomache lumbricalis (Fabricius)		1		
Notomastus aberans Day	2			
Notomastus latericeus Sars		4	1	1
Notomastus profundus Eisig	3			
Owenia fusiformis D.Ch.		1	2	7
Paralacydonia paradoxa Fauvel	5			8
Pectinaria koreni Malmgren		1		
Phyllodoce kosteriensis (Malmgren)		1		
Phyllodoce mucosa (Oersted)	1	1		
Pista cristata (Muller)	1		3	5
Poecilochaetus fauchaldi Pil. e Cant.				1
Polydora sp.	1			
Pseudoleiocapitella fauveli Harmelin	3	5	3	
Sabellides octocirrata Sars				1
Spio multioculata Rioja	1	1		1
Spiophanes kroyeri rejasi Laubier	1		2	1
Sternaspis scutata Ranzani	1			
Streblosoma bairdi (Malmgren)		1	1	2
Stylarioides eruca (Claparède)			1	
Syllis cornuta Rathke				1
Syllis hyalina Grube			1	

TABELLA IV - Composizione del popolamento macrobentonico nei diversi anni (numeri reali).

Specie	1976	1977	1978	1980
Terebellides stroemi Sars	1		1	3
Tharyx marioni (S.Jos.)		1		
Tharyx multibranchis (Grube)				1
Trichobranchus glacialis Malmgren				3
CROSTACEI				
Alpheus glaber (Olivi)		2		
Ampelisca pseudospinimana B.S.-K.M.				2
Ampelisca spinifer Reid	1	3		1
Ampelisca tenuicornis Lilljeb.		1		
Ampelisca typica (Bate)	1		7	4
Anapagurus petiti Dech. e Forest		1		
Anthelura elongata Norman e Stebbing	2			
Apseudes acutifrons (Sars)	2			
Apseudes echinatus Sars	6	3		2
Cirolana neglecta Hansen				1
Eurynome aspera (Pennant)			1	
Hippomedon massiliensis Bellan-Santini		1	1	1
Iphinoe dounisae Ledoyer				1
Lembos sp.			1	
Liocarcinus maculatus (Risso)				3
Maera sodalis Karaman e Ruffo	1			
Monoculodes carinatus (Bate)				1
Processa modica caroli Will.e Roch.	1			
Processa nouveli nouveli Al Ad. e Will.		2	3	12
MOLLUSCHI				
Chione ovata Pennant				1
Clausinella brongniarti (Payr.)		1		1
Corbula gibba (Olivi)				1
Cultellus pellucidus (Pennant)	2			
Cuspidaria rostrata (Spengler)			1	1
Dentalium inaequicostatum Dautz.	4	9	10	2
Hiatella arctica (L.)		1		
Laevicardium norvegicum mediterraneum (BDD)			1	
Laevicardium oblongum (Chemnitz)				1
Leiostraca subulata (Don.)				1
Limea loscombei (Sowerby)				1
Lunatia cf poliana (D.Ch.)			1	
Myrthea spinifera (Montagu)	10			
Payraudeautia intricata (Donovan)	1			
Papillicardium papillosum (Poli)				1
Philine sp.	1		1	1
Pitar rude (Poli)		2		
Quadrans serratum (Brocchi)		3	1	
Tellina donacina L.	1			
Thracia sp.				1
ECHINODERMI				
Amphipholis squamata (D.Ch.)			1	
Amphiura chiajei Forbes	5	9	2	6
Amphiura filiformis (O.F.Muller)	7	8	1	11
Amphiura sp.		1		
Astropecten spinulosus (Phil.)			1	
Labidoplax digitata (Mont.)			1	2
Leptosynapta inhaerens (O.F.Muller)			1	
Ophiopsila aranea Forbes				2
Ophiopsila sp.	1			
Ophiura cf albida Forbes			1	
Ophiura carnea (Lutk)		1		1
Ophiura grubei Hell		3		
Pseudothyone raphanus (Dub.Kor.)				1
Spatangoides		1		
Thyone fusus (O.F.Muller)	1			3
Trachythyone elongata Dub.Kor.		1		1
ALTRI ORGANISMI				
Aspidosiphon mulleri Diesing	22	27	50	8
Cnidaria			1	2
Enteropneusta				1
Nemertina		2		1
Phoronis psammophila Cori	1			
Sipuncula		1		
Turbellaria				1

TABELLA IV - Composizione del popolamento macrobentonico nei diversi anni (numeri reali).

In seguito, (1980) anche il popolamento di Aspidosiphon diminuisce all'improvviso: questo calo è da attribuirsi principalmente alla carenza di tubi vuoti di Ditrupa, che rappresenta in questo caso il principale fattore limitante della specie, mentre la variazione di granulometria può rappresentare un fattore secondario.

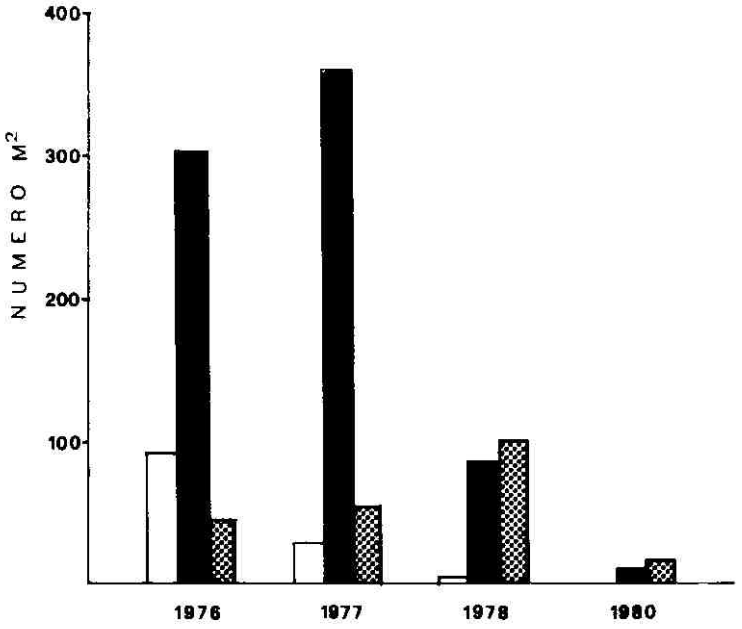


FIGURA 1 - Istogrammi relativi al numero di individui di Ditrupa arietina (bianco), Aspidosiphon mulleri (puntinato) e di tubi vuoti di Ditrupa (nero) raccolti nei quattro campionamenti.

Questo modello di successione temporale di specie è simile a quello di successione spaziale, descritto per i fondali antistanti Marsiglia (Solis, 1975), costruito sulla base delle caratteristiche sedimentologiche di diverse stazioni campionate nello stesso momento.

CONCLUSIONE

Lo studio effettuato ha messo in evidenza alterazioni nella componente faunistica essenzialmente dovute a modificazioni nei fenomeni collegati ai processi di sedimentazione. Queste modificazioni dei parametri edafici presentano nel tempo variazioni collegate ad un incremento nel sedimento della percentuale

in frazione fine e della sostanza organica. Tale incremento è da attribuirsi agli apporti provenienti dallo scarico fognario. I parametri idrologici invece non risentono delle modificazioni in atto in quanto la zona in oggetto può essere considerata interessata in pieno dalla circolazione delle acque. Tale circolazione, quindi, opera la diluizione e dispersione nelle acque del materiale proveniente dallo scarico fognario distribuendolo su una superficie piuttosto ampia. Nonostante ciò il popolamento macrobentonico risponde nel corso del tempo all'apporto dello scarico presentando modificazioni strutturali tali da non consentirne una precisa ed adeguata classificazione. Si mette in evidenza quindi come il popolamento stesso sia in grado di sottolineare una situazione di "stress ambientale" che non verrebbe messa in luce dall'analisi dei soli parametri idrologici ed edafici.

BIBLIOGRAFIA

ALBERTELLI G. e CATTANEO M. - Contributi agli studi della piattaforma continentale del Mar Ligure ed Alto Tirreno. III. Analisi faunistico-bionomica del macrobenthos in quattro zone campione. - Atti IV Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol., Chiavari 1-3 dicembre 1980 - 14: 1 - 12 - 1983.

ALBERTELLI G. e CATTANEO M. - Macrobenthos dei fondi molli del Mar Ligure. - Atti IV Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol., Livorno, 12 - 14 aprile 1984 - 87-98 - 1985.

ALBERTELLI G., CATTANEO M., DELLA CROCE N. e DRAGO N. - Benthos della piattaforma continentale ligure. Alassio-Savona-Chiavari-Corniglia (1977-1981) - Catt. Idrob. Pescic. Univ. Genova, Rapp.Tecn. 14: 1-28 - 1981.

ALBERTELLI G. e D'AMBROSIO N. - Alcuni aspetti ecologici del macrobenthos della Zona Pilota di Chiavari – Boll. Mus. Ist. Zool. Univ. Genova (in stampa).

BELLAN G. - Pollution et peuplements benthiques sur substrats meubles dans la région de Marseille. 1. Le secteur de Cortiou. – Rev. Int. Oceanogr. médic. 6/7: 53-87 - 1967a.

BELLAN G, - Pollution et peuplements benthiques sur substrats meubles dans la région de Marseille. 2. L'ensemble portuaire marseillais. - Rev. Int. Oceanogr. médic. 8: 51-95 - 1967b.

BILLEN G, - A budget of nitrogen recycling in North Sea sediments off Belgian coast. – Est. Coast. Mar. Sci. 7: 127-146 - 1978.

DELLA CROCE N., FABIANO M. e ZUMIMI SERTORIO T. - Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici. Alassio-Savona-Chiavari-Corniglia (1977-1981) - Catt. Idrob. Pescic. Univ. Genova, Rapp.Tecn. 15: 1-8 - 1981.

FABIANO M. - Caratteristiche ambientali e pigmenti clorofilliani in aree costiere liguri (maggio 1977 e ottobre 1978). - Atti IV Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol. - Chiavari, 1-3 dicembre 1980 - 45: 1-9 - 1983.

FABIANO M., POVERO P., PICONE SALEMI P. e ZUNINI SERTORIO T. - Acque costiere liguri: considerazioni su alcuni parametri ambientali. - Boll. Mus. Ist. Zool. Univ. Genova (in stampa).

MARCHANT R. and WILLIAMS W.D. - Organic content of some saline lake sediments in Western Victoria. – Aust. J. Mar. Freshw. Res. - 28: 269-275 - 1977.

NODOT C., BOURCIER M., JEUDY DE GRISSAC A., HEUSNER S., REGIS J. e TINE J. - Répartition des biocoenoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la Rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. - Téthys - 11 (12): 141-153 - 1984.

ROSSI G.L. - Macrobenthos dei fondi molli della platea continentale ligure. Aspetti faunistici e caratteristiche sedimentologiche. – Tesi Fac. Sci. M.F.N. Univ. Genova - 1-198 - 1985.

SALEN-PICARD C. - Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalittoral mediterraneen - Rapp. Comm. int. Mer. Médit.-29(5): 211-212 - 1985.

SOLIS V. - Etude des peuplements benthiques des fonds de decantations des parages de Marseille. – Thèse 3eme Cycle Univ. D'Aix-Marseille II. 1-107 - 1975.

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

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 101 a pag. 108

ESTRAZIONE SELETTIVA DI As, Cd, Co, Cr, Cu, Fé, Mn, Ni, Pb e Zn CON HC1 0.5 N E TAMPONE FTALATO A pH 3 DA SEDIMENTI MARINI RACCOLTI NEL MEDIO ADRIATICO

D. BACCIOLA*, R. BONIFORTI**, I. NICCOLAI**, R. RUGGIERO*
*Stazione Oceanografica del CNR, S. Teresa, La Spezia
**ENEA CREA S. Teresa, La Spezia

SUMMARY

Superficial sediments were collected at depths of -10 to -250 m during a geological survey carried out on the shelf of the Abruzzo region. Based on data obtained by hot dissolution with 65% $HN0_3$ of the size fraction < 63 µm, 26 samples were selected for leaching both with 0.5 N HC1 and phthalate buffer at pH 3. Using dilute HCl for leaching, while being a relatively weak attack of the sediment, is poorly representative of realistic environmental and/or biochemical situations. On the other hand, pH 3 is indicated as the more likely for the digestive tract of benthic vertebrates. Thus, leaching at such pH may provide information on the bioavailability of trace elements to fishes. The data obtained by the 3 methods are compared.

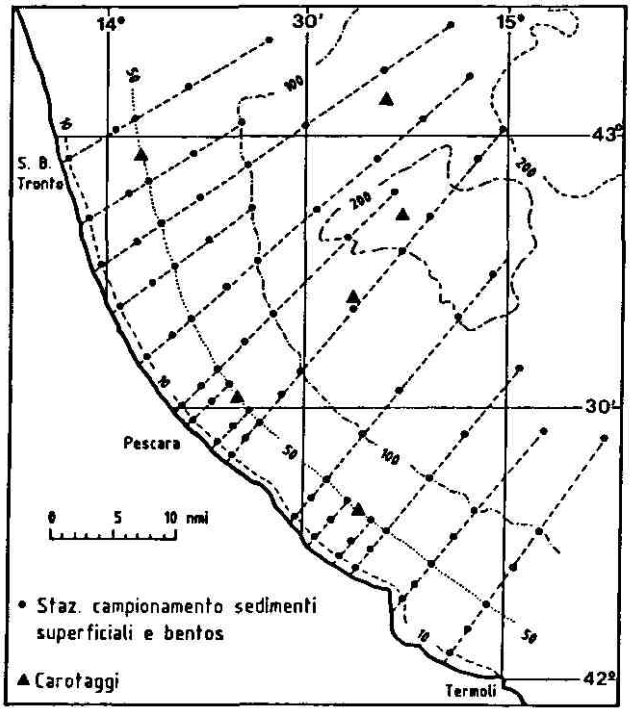
INTRODUZIONE

Lo studio dell'Alto Adriatico ha da tempo assunto particolare rilievo a causa delle preoccupazioni ambientali causate dal la presenza di fenomeni di eutrofizzazione, localizzati principalmente in alcuni tratti costieri della regione Emilia-Romagna, e dalle condizioni di inquinamento della laguna venata. Per quanto ci e' noto, Ancona rappresenta il limite meridionale di studi geochimici sistematici condotti nell'Alto Adriatico. L'area pugliese e' stata studiata dall'ENEA negli anni 1981-1982, mentre sono carenti i dati sulla chimica dei sedimenti della costa abruzzese. Per tale motivo l'ENEA, in collaborazione con il Centro di Biologia Marina di Torre Cerrano (Provincia di Teramo), ha iniziato nel giugno 1935 una ricerca interdisciplinare riguardante la piattaforma costiera italiana tra S. Benedetto del Tronto e Termoli. Sono stati raccolti 86 campioni di sedimenti superficiali tra le batimetriche dei -10 e -250 m, 3 dei quali nella fossa del Pomo, che rappresenta la massima depressione nell'area (Fig. l). II presente lavoro ha lo scopo di dare delle informazioni, utilizzando un numero limitato di campioni, sia su certi aspetti della chimica dei sedimenti, sia sulla biodisponibilita' di alcuni elementi per i pesci bentonici, intendendosi per biodisponibilita' la frazione di un certo elemento presente nei sedimenti che e' disponibile per processi biochimici nell'organismo.

CAMPIONAMENTO E ANALISI

II campionamento e' stato eseguito mediante benna Shipeck. I sottocampioni superficiali sono stati conservati a -20 C fino al momento dell'analisi, eseguita sulla frazione < 63 µm ottenuta per setacciatura ad umido. Sona stati eseguiti 3 diversi attacchi: (1) 1 g di sedimento con 10 ml di $HN0_3$ al 65% a 120 °C per 8 h; (2) 0,5 g di sedimento con 25 ml di HC1 0.5 N a freddo in agitazione per 24 h (pH finale 1-1.2); (3) 0.5 g di sedimento con 25 ml di tampone ftalato - acido cloridrico 0.02N (pH 3) a freddo in agitazione per 24 h. In questo caso si e' reso necessario riportare il valore del pH a 3 con HC1 prima della agitazione. Le soluzioni sono state analizzate mediante assorbimento atomico in fiamma (Fé, Zn, Mn e Cr) e fornetto (As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb) con uno spettrofotometro Perkin Elmer 5000/Zeeman. Il contenuto di carbonio totale organico e di azoto e' stato determinato sui sedimenti con CHN Analyzer Carlo Erba Mod. 1106.

RISULTATI E DISCUSSIONE



L'analisi sugli 86 campioni di C e N e dei metalli ottenuti mediante attacco con $HN0_3$ (che fornisce con buona approssimazione la composizione chimica dei sedimenti) non evidenzia chiare differenze tra i campioni. Si osserva solo un graduale incremento nel tenore di Mn allontanandosi dalla costa, con massimi nella fossa del Pomo, nella quale si riscontra anche il contenuto più elevato di Ni e Co (Bacciola et al.). Non e' stato quindi passibile utilizzare la composizione chimica come unico criterio di scelta dei campioni da sottoporre agli attacchi selettivi. Considerando come ulteriori parametri di scelta sia gli aspetti granulometrici che la distribuzione

geografica dei campioni stessi, si sono selezionate 4 stazioni (2,3,7,8) di fronte al F. Tronto, 4 stazioni (39,46,47,48) di fronte a Pescara, 5 stazioni (70,71,72,73,74) di fronte al F. Sangro, 8 stazioni (5,10,23,43,65,78,86,91) alla batimetrica dei -100 m, 2 stazioni (16,18) nella zona organogena a nord della fossa del Pomo, e 3 stazioni (45,59,68) nella fossa stessa.
La letteratura (Chester e Hughes, 1967; Agemian e Gnau, 1976; Tessier et al., 1979; Forstner e Patchineelam, 1980) riporta molti esempi di attacchi selettivi tendenti a valutare le associazioni fra metalli e le diverse componenti sedimentarie. Il tempo necessario per l'applicazione di tali metodi e' generalmente lungo quindi essi risultano poco adatti allo studio di una vasta area. E' inoltre dubbio che essi possano dare informazioni sul la biodisponibilita' di elementi eventualmente tossici per la fauna bentonica. Una metodologia semplice, che consente di estrarre i metalli adsorbiti e quelli legati alle fasi organica e autigena, e' la dissoluzione con HC1 0.5 N a freddo (Agemian e Chau, 1976). Questa attacco, pur non classificabile come debole in quanta incide moderatamente anche sulle fasi resistenti (Van Valin e Morse, 1982), può consentire di valutare la frazione di metalli in traccia presente nei sedimenti a causa di attività umane (Chester e. Voutsinou, 1981). L'effetto della contaminazione dei sedimenti sugli organismi bentonici costituisce un altro importante campo di ricerca oggetto di diversi approcci sperimentali. Se si analizza il contenuto totale dei metalli nei sedimenti, non e' facile individuare una relazione tra i due fenomeni in quanto gli organismi assimilano solo le specie in grado di reagire, o passare attraverso, le membrane biologiche (Cross e Sunda, 1978). Uno dei fattori di maggior incidenza nell'assimilazione dei metalli in traccia contenuti nel materiale ingerito e' il pH del tratto digestivo, che per gli invertebrati bentonici e' compreso fra 5 e 8 mentre per i vertebrati e' di circa 3 (Trefry e Metz, 1984, e referenze ivi citate). L'uso di tamponi a pH tipico del tratto digestivo può permettere di meglio simulare i processi di assorbimento, a livello delle mucose, e quindi di meglio comprendere l'effetto che la presenza di sedimenti contaminati può avere sulla fauna marina. Nelle tabelle 1a e 1b sono riportati i risultati ottenuti attaccando i sedimenti con i 3 metodi descritti, mentre nella tab. 2 vengono riportate le percentuali di estrazione con tampone a pH 3 e con HC1 rispetto all' attacco con $HN0_3$.

CONCLUSIONI

Considerando la tab. 2, si evidenzia come l'HCl 0.5 N sia scarsamente in grado, nel caso presente, di rilevare variazioni

ambientali, sia naturali che di origine antropica, poichè il rapporto B/C e' pressoché costante per i diversi raggruppamenti di stazioni. Il rapporto A/C invece, con la esclusione di Cd e Cr, ha valori inferiori nella Fossa del Pomo e nella zona organogena, rispetto a quelli delle altre zone considerate. Secondo il criterio operativo usato, cio' indica che, esclusi Cd e Cr, gli elementi analizzati nei sedimenti raccolti in queste due zone possono essere ritenuti meno biodisponibili. I tenori più elevati di Mn si riscontrano nella Fossa del Pomo. Ciò può essere spiegato da un maggior flusso di Mn disciolto dai sedimenti profondi, seguito da precipitazione per ossidazione all'interfaccia sedimento-acqua. Come già detto, il contenuto di Co e Ni (elementi con molta affinità per il Mn idrossido) e' più elevato proprio nei sedimenti della Fossa del Pomo. Con il tampone, il minimo di estrazione per il Fe si ha nella zona organogena (100 ppm) e nella Fossa del Pomo (200 ppm). Poiché, pH, la solubilità dell'ossido di Fe e' molto inferiore a del suo idrossido, e' possibile che in queste due aree il Fe si trovi prevalentemente in forma di ossido. Per gli elementi potenzialmente tossici (Pb, As Cd), la percentuale di estrazione con tampone rispetto a quella con HC1 (A/B) oscilla tra 56 e 8% per il Pb, e tra 50 e 30% per 1'As Per Pb e As, quindi, la biodisponibilita' valutata con estrazione mediante tampone risulta notevolmente inferiore a quella ottenuta con HC1. Per il Cd, invece, la percentuale dì estrazione oscilla tra 96 e 76%, ed e' quindi elevata sia usando HC1 che il tampone. Esperienze di estrazione con tampone a pH 6 sono attualmente in corso per stimare la biodisponibilita' per organismi bentonici invertebrati.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

H, AGEMIAN, A.S.Y. GNAU - Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments -The Analyst-101: 761-767, 1976

D. BACCIOLA, L. GUERRINI, I. NICCOLAI, O. PORTANTI, R. RUGGIERO -Distribuzione di elementi in traccia in sedimenti superficiali della piattaforma costiera abruzzese. In preparazione

R. CHESTER, M.J. HUGHES - A chemical technique for the separation of ferro-manganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments - Chem. Geol., 2: 249-262, 1967

R.CHESTER, F.G. VOUTSINOU - The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediments.- Mar. Pollut. Bull. 12: 84-91. 1981

F.A. CROSS, W.G. SUNDA - Relationship between bioavailability of trace metals and geochemical processes in the estuaries. –

Estuarine Interactions (Wiley, M.L., Ed.), Academic Press. 1978
FORSTNER, S.R. PATCHINEELAM - Chemical association of heavy metals in polluted sediments from the lower Rhine River. - Am. Chem. Soc. Adv. Chem. Ser., 189: 177-193. 1980
A. TESSIER, P.G.C. CAMPBELL, M. BISSON - Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. - Anal. Chem., 51: 844-flSl. 1979
J.H. TREFRY, S. METZ - Selective leaching of trace metals from sediments as a function of pH.- Anal. Chem. 56: 745-749. 1984
R.VAN VALIN, J.W. MORSE - An investigation of methods commonly used for the selective removal and characterization of trace metals in sediments.- Mar. Chem., 11: 535-564. 1982

TABELLA 1a. Contenuto di Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, C organico (Co) e C inorganico (Ci). A=tampone, B=HCl 0.5N, C=HNO3. I dati sono in ng/g per il Cd, ug/g per Mn, Zn e Pb, ed in mg/g per Fe, C organico e C inorganico

	Mn			Zn			Fe			Pb			Cd			Co	Ci	Co/N
St.	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
2	545	591	720	22	39	82	2.2	7.0	25	13	23	26	75	85	115	15	25	16
3	610	650	829	28	45	92	2.0	7.3	28	12	24	27	85	110	135	13	26	13
7	576	659	758	25	39	88	1.8	6.5	25	11	26	27	80	100	150	13	26	13
8	822	926	1024	24	45	94	2.0	7.5	29	15	22	30	85	130	165	19	18	16
							VALORI MEDI											
	638	706	833	25	42	89	2.0	7.1	27	13	25	27	81	106	141	15	24	14
39	393	524	547	20	35	71	1.6	5.2	19	11	21	23	195	215	275	14	23	21
46	-	436	518	-	46	94	-	5.4	20	-	12	17	-	100	140	11	24	11
47	520	537	604	15	30	55	1.5	4.9	17	6	13	15	80	85	135	6	40	9
48	554	608	727	21	37	89	1.9	6.5	24	9	17	23	95	115	145	15	27	15
							VALORI MEDI											
	489	526	599	19	37	77	1.7	5.5	22	9	16	19	123	129	174	11	36	14
70	417	451	579	15	31	69	1.4	5.3	13	5	18	20	65	100	155	11	33	11
71	522	564	710	16	36	69	1.7	2.3	22	17	29	37	95	100	110	11	33	10
72	446	490	579	22	32	67	1.2	1.9	19	9	12	16	115	130	150	10	30	13
73	430	438	560	16	27	58	1.5	5.2	19	6	14	17	190	215	275	14	26	19
74	520	589	699	18	38	80	1.7	6.2	24	7	17	21	80	90	100	14	28	14
							VALORI MEDI											
	467	506	625	17	33	68	1.5	4.2	19	9	16	22	109	121	158	12	30	13
5	549	978	1054	-	34	73	3.0	5.0	24	6	18	25	75	80	135	14	29	14
10	773	826	968	14	34	83	.7	6.0	26	7	33	33	70	110	145	20	21	18
23	796	939	965	10	30	85	.5	6.0	26	8	23	30	80	95	220	13	26	13
43	794	857	992	13	33	83	1.0	2.4	28	8	26	27	85	100	130	16	20	15
65	810	864	973	16	35	85	.9	6.5	26	7	23	29	55	90	110	15	22	16
78	953	1014	1080	20	37	93	1.4	7.0	27	10	30	39	85	70	125	21	17	18
86	840	913	1003	15	38	92	1.0	6.6	30	7	22	30	70	90	130	22	18	20
91	712	802	977	19	44	98	1.2	7.1	30	13	28	29	105	135	155	21	19	19
							VALORI MEDI											
	778	899	1001	15	36	86	1.2	5.8	27	9	25	30	78	96	144	18	21	17
16	694	1092	1216	8	26	66	.2	4.9	22	4	17	28	95	145	185	15	30	15
18	625	1104	1202	11	32	71	.1	4.5	29	7	23	24	75	80	130	16	31	15
							VALORI MEDI											
	659	1098	1209	9	29	68	.1	4.7	21	5	20	26	85	112	157	15	31	15
45	630	1309	1430	7	25	68	.2	4.8	23	2	17	18	65	90	100	15	34	19
59	1105	3160	3974	13	33	89	.2	2.0	31	1	20	26	70	90	115	20	17	19
68	926	2918	3824	12	33	84	.1	5.4	28	1	23	25	65	65	170	18	20	17
							VALORI MEDI											
	887	2462	3076	11	30	80	.2	4.0	27	1.5	20	23	67	80	128	18	24	18

TABELLA 1b. Contenuto di Cu, Ni, Co, Cr, As, C organico (Co), e C inorganico (Ci). A= tampone, B= HCl 0.5N, C= HNO3. I dati sono in ug/g per Cu, Ni, Co, Cr e As, ed in mg/g per C organico e C inorganico

	Cu			Ni			Co			Cr			As			Co	Ci	Co/N
St.	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
2	9	14	22	8	21	43	4	8	12	6	10	41	2	3.5	8	15	25	16
3	6	19	23	9	23	45	4	8	14	5	10	44	2	3.5	14	13	26	13
7	5	16	24	7	21	43	4	7	18	7	8	36	2	4	9	13	26	13
8	4	13	22	10	25	46	4	9	17	6	10	44	2.5	7	18.5	19	18	16
VALORI MEDI																		
	6	15	23	8.5	22	44	4	8	15	6	9	41	2.0	4.5	12.4	15	24	14
39	5	14	22	8	20	29	3	5	12	7	10	39	1	2	6.5	14	23	21
46	-	12	19	-	15	31	-	13	14	-	10	34	-	3.5	9.5	11	24	11
47	5	9	15	5	15	27	3	5	13	6	7	31	1	2.5	8.5	6	40	9
48	6	15	24	7	21	40	3	7	15	6	9	37	2	4.5	11.5	15	27	15
VALORI MEDI																		
	5	12	20	7	18	32	3	7	13	6	9	35	1.5	3	9	15	27	15
70	5	12	19	6	16	57	2	7	11	6	9	40	1	2.5	10	11	33	11
71	8	13	20	12	22	38	3	9	10	5	8	36	2	4	8	11	33	10
72	5	11	19	8	12	24	3	5	13	6	9	37	2	4	8.5	10	30	13
73	9	11	17	6	13	27	2	5	13	6	9	32	1	3	9.5	14	26	19
74	6	10	23	5	21	40	3	8	13	6	9	47	2	4.5	12	14	28	14
VALORI MEDI																		
	7	11	20	8	17	37	3	7	12	6	9	38	1.5	3.5	10	12	30	13
5	2	9	18	8	32	56	2	12	15	6	9	41	1.5	5.5	14.5	14	29	14
10	2	9	21	6	29	63	4	13	18	6	12	43	1.5	4.5	13.5	20	21	18
23	2	9	22	7	33	59	4	12	17	5	9	42	2.5	7.5	19.5	13	26	13
43	4	12	22	7	25	52	4	9	17	5	9	40	2	6	21	16	20	15
65	5	17	21	6	24	47	3	9	16	5	8	38	2	7.5	19	15	22	16
78	6	24	23	4	25	49	3	12	13	3	11	39	1	9	23	21	17	18
86	3	12	24	8	21	46	3	9	18	6	9	46	1.5	8.5	23	22	18	20
91	5	7	23	10	23	49	3	7	18	7	12	46	1.5	7	19	21	19	19
VALORI MEDI																		
	4	12	22	7	26	53	3	10	16	5	10	42	2	7	19	18	21	17
16	4	9	19	8	37	75	1	11	14	6	11	48	1.5	4.5	16.5	15	30	15
18	2	10	22	11	35	82	1	13	18	5	10	46	2	4.5	11	16	31	15
VALORI MEDI																		
	3	9	20	9	36	78	1	12	16	5	10	47	1.5	4.4	13.5	15	30	15
45	3	11	23	10	44	93	1	14	23	6	12	49	1.5	4	8	15	34	19
59	5	22	30	14	51	120	1	15	43	6	14	58	2	5	18	20	17	19
68	2	28	30	9	42	109	1	14	25	5	12	49	2	5.5	16.5	18	20	17
VALORI MEDI																		
	3	13	28	11	46	107	1	14	30	6	13	52	2	5	14	18	24	18

TABELLA 2. Valori dei rapporti delle concentrazioni ottenute mediante attacco con tampone (A) e HCl (B), rispetto alle concentrazioni ottenute mediante attacco con HNO_3 (C)

	gruppo 1	gruppo 2	gruppo 3	gruppo 4	gruppo 5	gruppo 6
Mn						
A/C	0.77	0.82	0.75	0.78	0.55	0.29
B/C	0.85	0.88	0.81	0.90	0.91	0.80
Zn						
A/C	0.28	0.25	0.25	0.18	0.13	0.14
B/C	0.47	0.49	0.49	0.42	0.43	0.38
Fe						
A/C	0.07	0.08	0.08	0.04	0.005	0.07
B/C	0.26	0.25	0.22	0.21	0.22	0.15
Pb						
A/C	0.48	0.47	0.41	0.27	0.19	0.07
B/C	0.92	0.84	0.73	0.83	0.77	0.87
Cd						
A/C	0.57	0.71	0.69	0.56	0.54	0.52
B/C	0.75	0.74	0.77	0.70	0.71	0.62
Cu						
A/C	0.26	0.25	0.35	0.18	0.15	0.11
B/C	0.65	0.60	0.55	0.55	0.45	0.46
Ni						
A/C	0.19	0.22	0.22	0.13	0.12	0.10
B/C	0.50	0.56	0.46	0.49	0.46	0.43
Co						
A/C	0.27	0.23	0.25	0.19	0.06	0.03
B/C	0.53	0.54	0.58	0.62	0.75	0.47
Cr						
A/C	0.15	0.17	0.16	0.12	0.11	0.12
B/C	0.22	0.26	0.24	0.24	0.21	0.24
As						
A/C	0.16	0.17	0.15	0.09	0.11	0.14
B/C	0.36	0.34	0.35	0.37	0.33	0.12
C/N	14	14	13	17	15	16

Gruppo 1: staz. 2,3,7,8; Gruppo 2: staz. 39,46,47,48
Gruppo 3: staz. 70-74; Gruppo 4: staz. 5,10,23,43,65,78,86,91
Gruppo 5: staz. 16,18; Gruppo 6: staz. 45,59,68

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 109 a pag. 122

ESPERIMENTI SULL'INFLUENZA DEL MESCOLAMENTO ACQUA DOLCE-ACQUA SALATA SUL COMPORTAMENTO DEI FOSFATI

A. BARBANTI *, F, FRASCARI *, D. PALTRINIERI *, R. POLETTI ** & G, ROSSO *

* Istituto Geologia Marina CNR - Bologna
** Laboratorio di Biochimica Marina - Cesenatico

RIASSUNTO

E' noto che i composti di fosforo, che giungono al mare in forma disciolta, sono i più disponibili per la crescita delle alghe. La conoscenza delle variazioni di ripartizione, quindi, che subiscono i diversi tipi di fosfati fra la fase solida e quella liquida al passaggio acqua dolce-acqua salata alle foci dei fiumi, è molto importante, anche per prendere corrette decisioni di risanamento. Nella fase preliminare di una ricerca su questo argomento, sono state mescolate in laboratorio acque marine ed acque fluviali (precedentemente analizzate per quanto riguarda il P totale) in proporzioni variabili, in modo da ottenere miscele a salinità progressivamente maggiori. Gli esperimenti sono stati eseguiti su acque sia filtrate che non filtrate, campionate nei fiumi Po e Savio. Nel caso delle acque filtrate del Savio si è avuta precipitazione quasi totale dei composti di fosforo, già a salinità superiori a 3 - 5 ‰, per le acque del Po la precipitazione è risultata mediamente nulla. Diversi fattori possono avere influito su questa diversità di comportamento. Fra questi si ipotizza la presenza di specie chimiche diverse nei due fiumi oppure la concentrazione totale dei composti di P, molto più alta nel Po. Nel caso delle acque non filtrate si è notata in soluzione, per entrambi i casi, una quantità di fosfati maggiore di quella iniziale, a partire da salinità superiori a 15 ‰, cosa che può testimoniare un rilascio delle forme legate al solido sospeso. Alcune particolarità di questi esperimenti, oltre che suggerire verifiche più complesse, portano a mettere in discussione, ancora una volta, la validità di metodologie analitiche comunemente usate.

INTRODUZIONE

I fenomeni di crescita abnorme di micro-alghe che si ripetono in alcune aree marine costiere dell'Alto Adriatico hanno reso urgenti provvedimenti di contenimento degli scarichi di sostanze e nutrienti (principalmente composti di N e P) nei corpi idrici.

Prendendo in considerazione i composti di P, la ripartizione percentuale fra solido e liquido in acque dolci può variare notevolmente per fenomeni di

scambio al passaggio in acqua salata. Ad esempio il comportamento del P ortofosfato, che secondo alcuni Altori (Meybeck 1982 , Pettine et al 1983) rappresenta la quasi totalità del P disciolto, al contatto con le acque marine, si può presentare diverso se confrontiamo i risultati relativi a fiumi diversi: rispetto ad un comportamento conservativo (Burton & Liss 1976), in alcuni casi si evidenziano fenomeni dirimozione, mentre in altri fenomeni di arricchimento.

Secondo diversi Altori (Sholkovitz 1976, Morris et al 1981, Baie S Morris 1981, Boyle et al, 1977, Kempt & Boynton 1984) che hanno studiato questi processi sia "in situ" che in laboratorio, il contatto con l'acqua marina, indipendentemente dalle situazioni stagionali (Kempt & Boynton 1984), porta alla rapida rimozione nei primi intervalli di salinità del P-P04 fluviale, che, essendo prevalentemente complessato con la sostanza organica e/o legato agli ossidi/idrossidi di Fe, Mn e Al, è coinvolto nei processi di flocculazione di queste sostanze; anche il diretto adsorbimento del P-P04 sui minerali argillosi e sui sedimenti di fondo (Pomeroy et al 1965, Sharp et al. 1982) può provocare una rimozione del P-P04 dall'acqua in ambiente estuarino e marino.

Alcuni Autori (Froelich et al 1982, Kall & Froelich 1984) non considerano questi processi fisico-chimici come i veri responsabili di una rimozione del P-P04, ma indicano,già all'interno delle foci, un chiaro parallelismo tra tale rimozione ed un forte incremento della produttività primaria. Nello stesso fiume gli stessi Autori registrano in alcuni periodi anche fenomeni di arricchimento del P-P04, giustificati come rilascio da parte del P labilmente legato ai sedimenti di fondo.

Pettine et al, (1983), in uno studio condotto sul Tevere, hanno trovato, al mescolamento, una concentrazione di P-P04 più alta rispetto ai valori di diluizione previsti e ciò sia in condizioni di bassa portata ("mixing" interno alle foci) sia in condizioni di piena ("mixing" esterno alla foce). Nel primo caso questi incrementi positivi, trovati negli strati d'acqua più profondi e ben correlati con un forte decremento dell'02 disciolto e del pH, indicano la presenza di processi di rilascio del P-
P04, dovuti all'ossidazione della sostanza organica e al successivo instaurarsi di condizioni anossiche. Nel secondo caso, si attribuisce il rilascio dell'ortofosfato dal particolato ad una tendenza del sistema a tamponare la concentrazione dello stesso durante il processo di diluizione che si ha all'aumentare della salinità (Pettine et al. 1983, Stirling & Wormald 1977, Pomeroy et al 1965), Fenomeni di arricchimento del P-P04 nelle acque

già evidenti a bassa salinità, sono stati inoltre attribuiti (Fox et al. 1984, Green et al. 1979) al rilascio del P-P04 da minerali fosfatici di neoformazione quali l' idrossiapatite e la carbonatapatite, presenti nelle acque dei fiumi.

Da questo quadro generale emerge un comportamento del fosforo tutt'altro che univoco nei diversi ambienti estuarini. Le zone di mescolamento, interne ed esterne alle foci, sono dei veri e propri "reattori geochimici" regolati ed influenzati dalle specifiche caratteristiche idrologiche e sedimentologiche delle singole foci (Postma 1967, Wright 1977, Dyer 1979, Krank 1981), dall'andamento spazio-temporale dei principali parametrifisico-chimici dell'acqua e del sedimento (pH, Eh, 02, Temp., Sal.)(De Lalne et al. 1981, Olsen et al 1982, Golterman et al. 1983) e, naturalmente dalla composizione chimica delle due acque (quella marina ed in particolare quella fluviale).

L'IGM-CNR di Bologna si sta occupando di questi processi in alcuni fiumi del Nord-Adriatico. Parallelamente alla prosecuzione di ricerche in situ, già iniziate da alcuni anni (Astorri 1982, Barbanti 1984, Paltrinieri 1984, Rosso 1985), si e' ritenuto opportuno eseguire alcune sperimentazioni di mescolamento in laboratorio per eliminare alcune delle variabili naturali che complicano l'interpretazione delle osservazioni di campagna. Gli esperimenti sotto riportati sono preliminari, in quanto sono stati eseguiti soprattutto per mettere a punto schemi operativi e
metodologie analitiche. Per questi esperimenti si sono utilizzate acque dei fiumi Po e Savio, campionate rispettivamente in condizioni di magra e di morbida.

Nella Tab. 1 si sono riportati, al fine di caratterizzare meglio i due fiumi, i valori delle portate liquide e delle relative concentrazioni del P nelle due fasi (liquida e particolata), corrispondenti ad una serie di campionamenti effettuati in passato sul Po (Paltrinieri 1984, Rosso 1985) e sul Savio (Barbanti 1984).

DESCRIZIONE DEGLI ESPERIMENTI

Nella fig.1 sono illustrate le diverse fasi di ogni esperimento, per la cui impostazione si è tenuto conto di studi precedenti (Sholkovitz 1976, Boyle et al. 1977, Baie & Morris 1981), con opportune modifiche. I due esperimenti sono stati eseguiti mescolando acqua di mare filtrata, campionata in Adriatico al largo di Cattolica, con acque dolci dei fiumi Savio (Castiglione di Ravenna) e Po (Pontelagoscuro) rispettivamente. In entrambi i casi le prove sono state eseguite sia con acque fluviali filtrate (filtrazione mediante Millipore 0,45 μm) che

Fig. 1 - Schema dell'esperimento.

```
                (DETERM)
                (P-TOT )
                    #
                (FILTRAZ)
                    #
                    #Mix pochi min.
                    #
                ##########
               #          #
              #            #
   (H2O FIUME)      (H2O MARE)    (H2O FIUME)
   (FILTRATA )      (FILTRATA)    (NON FILTR)
              #            #  #            #
               #          #    #          #
                ##########      ##########
                    #                #
                    #Mix 1 h         #Mix 1 h
                    #                #
                (FILTRAZ)        (FILTRAZ)
                    #                #
                ##########         (DETERM)
                #        #         (P-TOT )
     Mix 24 h#          #
                #        #
        (FILTRAZ)   (DETERM)
                #   (P-TOT )
         (DETERM)
         (P-TOT )
```

Tab. 1 - Contenuti in P (legato al sedimento e disciolto) di alcuni campioni prelevati sui fiumi Po e Savio.

DATA	Q mc/s	TS g/l	Ptot Sed ppm	Ptot Sed+H2O µg/l	Pdisc. µg/l	Pd/Pt %	
11/11/82	3550	3.600	526	1957	60	3.1	
03/12/82	5100	0.880	700	696	80	11.5	
03/01/83	1230	0.110	1284	285	150	49.2	
14/02/83	903	0.060	1537	219	130	59.5	
18/03/83	3090	4.070	698	2912	70	2.4	Po
19/03/83	3470	2.170	841	1944	120	6.2	
06/05/83	2400	0.140	1180	241	90	33.2	
23/12/83	2060	3.320	494	1690	40	3.0	
24/12/83	2500	1.200	793	1044	90	8.6	
03/12/82	80.0	2.976	591	1787	28	1.5	
04/12/82	53.3	1.374	620	879	27	3.0	
11/12/82	19.0	0.424	762	393	70	17.9	
18/12/82	10.4	0.444	855	430	50	11.7	
27/12/82	14.3	0.210	694	188	42	22.3	
08/01/83	4.8	0.048	5012	706	464	65.7	Savio
22/01/83	6.4	0.101	3163	819	484	59.1	
29/01/83	6.0	0.033	5004	748	577	77.1	
07/02/83	41.0	3.390	630	2162	26	1.2	
14/02/83	43.1	7.733	486	3797	38	1.0	
12/03/83	11.4	0.140	738	153	50	32.5	
26/03/83	47.9	3.066	609	1884	17	0.9	
02/04/83	15.9	0.253	661	199	32	15.8	

Tab. 2 - Caratteristiche degli end-members.

	Fiume Po	Fiume Savio	H2O marina
Data	04/07/1984	28/02/1984	inv. 83/84
Portata	1470 mc/s	18.98 mc/s	
Torb.Spec.	0.05 g/l	0.29 g/l	
Temp.	22.6 C	5.6 C	
pH	7.70	8.06	
Eh	+306 mV	+367 mV	
Ptot disc.	95.79 ug/l	32.83 ug/l	< 1 ug/l
Salinita'	0 %.	0 %.	37.87 %.

non filtrate. Alcune caratteristiche di queste acque sono riportate in Tab. 2. Da notare è l'assenza di P nell'acqua di mare e la diversa concentrazione di partenza nei due fiumi.

Le acque fluviali, poche ore dopo il campionamento, sono state mescolate con quantità diverse di acqua di mare, in modo da ottenere miscele a salinità nota (tab. 3 e 4), nell'intervallo 0 - 30 ‰. Come si vede sono stati scelti intervalli più ristretti per basse salinità, dove diversi Autori hanno notato il verificarsi delle variazioni di concentrazione maggiori (Sholkovitz 1976, Boyle et al 1977, Kempt & Boynton 1984). I campioni cosi ottenuti sono stati posti in agitatore per un'ora; successivamente sono stati filtrati (Nucleopore 0,4 µm) per eliminare l'eventuale materiale precipitato. Per avere più elementi sull'andamento temporale dell'eventuale precipitazione, parte del filtrato dei campioni già inizialmente privi di solidi sospesi (fig. 1) è stata rimessa in agitatore per altre 23 ore, dopo di che è stata nuovamente filtrata. In un solo caso (Po) si è eseguita anche un'agitazione di pochi minuti.

In tutti i filtrati e' stato determinato il contenuto di P totale, mediante metodo colorimetrico dopo digestione in autoclave con H2S04 e persolfato di potassio (Strickland & Parsons 1972). Si è scelto questo metodo in quanto è usato da molti laboratori che eseguono controlli sulla qualità delle acque, sia marine che fluviali, lungo la costa emiliano-romagnola.

RISULTATI

Le Tab. 3 e 4 riassumono i risultati delle prove, rispettivamente in assenza ed in presenza di solidi sospesi. Una visualizzazione più diretta dei risultati è fornita dai grafici delle fig. 2 e 3. Da tali figure emerge chiaramente una netta differenza di comportamento fra le acque del Po e quelle del Savio. Nel primo caso i valori di concentrazione del P totale disciolto, debitamente corretti rispetto all'effetto di diluizione, restano mediamente costanti al variare della salinità, sia dopo un'ora che dopo 24 ore dall'inizio del mescolamento (fig. 2a). Le miscele con acque del Savio mostrano invece un abbattimento considerevole (40-50%), già a partire da salinità molto basse, dopo agitazione di un'ora; dopo 24 ore il P disciolto è pressoché scomparso, se si esclude una piccola quantità nel campione a salinità 2 ‰(fig. 2a). La diversità di comportamento fra le due acque è bene evidenziata dalla fig. 2b, in cui si nota come le concentrazioni delle acque del Po, dopo agitazione di 24 ore, seguano sostanzialmente la retta di diluizione, mentre quelle relative al Savio mostrano una decisa concavità

verso l'alto (Burton & Liss 1976).

Gli anomali aumenti di concentrazione che si notano nel Po a salinità molto basse (soprattutto in corrispondenza dei mescolamenti di lunga durata) (fig. 2a) sono da mettere in relazione a problemi analitici insiti nel metodo stesso di determinazione del P totale; un'ipotesi potrebbe essere che il metodo non registri in realtà tutte le forme disciolte e che trasformazioni specifiche interne al sistema durante i tempi di residenza vengano rilevate come "anomale" variazioni nelle concentrazioni totali.

La prova di mescolamento di breve durata mostra anche nelle acque del Po (fig. 2a) una netta caduta nelle concentrazioni di P a salinità basse; probabilmente i precipitati formatisi inizialmente si sono disciolti successivamente, visto che non sono più presenti dopo un'ora di mescolamento.

Gli esperimenti di mescolamento in presenza di solidi sospesi hanno presentato qualche problema in più, a causa della difficoltà di ottenere una quartatura omogenea del campione iniziale. Bisogna tenere conto, inoltre, che in questo caso la quantità totale di P potenzialmente disponibile alla reazione, presente nell'acqua dolce, è aumentata di una quantità dovuta al P facilmente scambiabile adsorbito al sedimento. IL comportamento del P, sia nelle acque dolci del Savio che del Po non e' sostanzialmente diverso da quello riscontrato in assenza di solidi sospesi (fig. 3), fino a salinità di 15 ‰. Per valori più alti si riscontra un netto aumento della quantità di P disciolto in entrambi i casi (fig. 3). Ciò e' evidentemente dovuto al desorbimento e/o dissoluzione di ioni fosfato dalle superfici delle particelle solide; questa tendenza del sedimento a "tamponare" La concentrazione del P di sciolto quando questa viene diluita, e' stata riscontrata altre volte e, anche se non ne sono state ancora chiariti i meccanismi, sembra essere uno dei fattori principali di controllo del P negli ambienti naturali (Pomeroy et al 1965, Sharp et al. 1982, Stirling & Wormald 1977, Pettine et al. 1983).

Confrontando questi esperimenti con alcuni riportati dalla letteratura (Sholkovitz 1976, Boyle et al 1977, Baie e Morris 1981), effettuati in assenza di solidi sospesi, emerge come il Savio si comporti in maniera concordante (non conservatività del P disciolto); tuttavia la reazione risulta molto più rapida nei casi sopra citati. IL comportamento del P distolto contenuto nelle acque del Po è invece assimilabile ad altri riscontrati direttamente in campagna (Pettine et al 1983, Fox et al. 1984), nei quali la concentrazione del fosforo è regolata esclusivamente dalla diluizione e da fenomeni di rilascio da parte dei solidi sospesi o di fondo.

Fig 2 Risultati della prova in assenza di sedimento sospeso. a) concentrazioni corrette in base all'effetto di diluizione; - - = pochi minuti; - - - = 1 ora; --- 24 ore. b) concentrazioni misurate; o = Po; • = Savio; le rette tratteggiate sono le rette di diluizione.

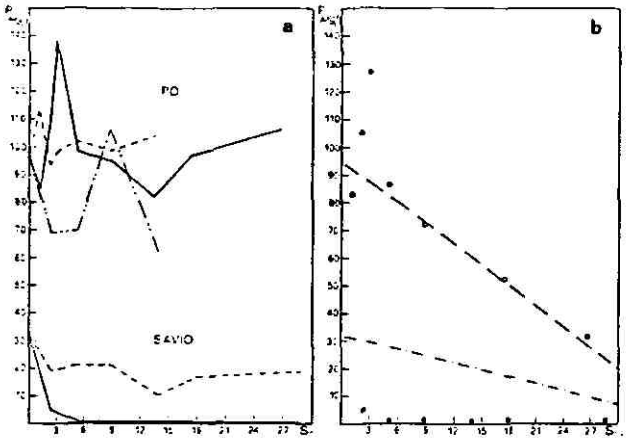
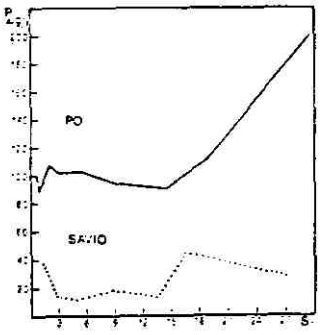


Fig. 3 - Risultati della prova in presenza di sedimento sospeso; concentrazioni corrette in base all'effetto di diluizione.



Tab. 3 - Risultati della prova (H2O di fiume filtrata)

SAL ‰	TEMP C	pH	P TOT(min) µg/l	P TOT(1h) µg/l	P TOT(24h) µg/l	
1.30	24.5	8.16	--	109.76	82.66	
2.20	24.5	8.06	--	88.04	104.88	
2.25	24.8	8.11	65.65	--	--	
3.00	24.5	8.09	--	90.57	127.60	
5.05	24.6	8.01	--	87.71	85.85	
5.08	24.8	8.01	60.77	--	--	Po
8.76	24.8	7.94	82.89	--	--	
8.88	24.5	7.94	--	75.59	72.39	
13.50	24.4	7.91	--	67.00	53.03	
13.76	24.8	7.97	39.22	--	--	
17.38	24.3	7.94	--	--	52.52	
26.60	24.3	7.89	--	--	31.65	
2.43	18.6	7.99	--	17.84	5.05	
5.11	18.4	7.99	--	18.01	< 1	
8.73	18.1	7.92	--	16.16	1.18	Savio
13.68	17.7	7.91	--	6.73	< 1	
18.06	17.4	7.90	--	8.59	1.18	
28.38	16.7	7.94	--	4.71	< 1	

Tab. 4 - Risultati della prova (H2O di fiume non filtrata).

SAL ‰	TEMP C	pH	P TOT(1h) µg/l	
0.86	23.0	8.10	87.54	
1.90	22.6	8.03	102.18	
2.95	22.3	8.04	94.95	
5.23	22.3	8.02	88.72	Po
9.10	23.5	7.97	71.04	
14.20	23.2	7.93	56.23	
18.58	23.2	7.89	56.23	
29.37	24.0	7.89	45.62	
2.72	13.8	8.18	13.64	
4.92	14.3	8.08	10.10	
8.58	14.7	8.03	14.14	Savio
13.72	15.3	8.00	8.01	
17.10	15.9	7.98	24.58	
26.84	16.4	7.98	8.41	

Una così netta diversità di comportamento, a parità di metodologie di campionamento, trattamento ed analisi, è spiegabile solo supponendo la presenza di diverse specie di composti di P nei due fiumi; oltre a ciò si può pensare ad una diversa ripartizione del P fra le varie componenti del sistema ed alla presenza, evidentemente in percentuali molto dissimili nelle due acque, di tali componenti (ossidi e idrossidi di Fe/Mn, sostanza organica, carbonati, minerali argillosi, sostanze di origine antropica). Anche le differenti concentrazioni totali iniziali (tab. 2) potrebbero avere contribuito a determinare i diversi comportamenti sopra illustrati.

CONCLUSIONI

Nonostante le possibili limitazioni costituite dal metodo analitico usato e dal fatto che sono stati misurati pochi altri parametri oltre al P totale, risulta chiaro che: a) sono possibili fenomeni di precipitazione del P disciolto in circostanze particolari al passaggio acqua dolce-acqua salata, già a basse salinità (Savio); b) sono possibili fenomeni di conservatività1 in altri casi (Po); e) sono possibili fenomeni di rilascio dal solido sospeso a salinità determinate (nel nostro caso > 15‰ circa).

Una delle osservazioni più utili che tuttavia emerge da questi risultati, riguarda il fatto che ogni corso d'acqua presenta, entro certi limiti, un comportamento particolare che è presumibilmente in relazione diretta, sia con le sostanze sversate di origine antropica (che possono variare nel tempo), sia con la composizione natura le dei terreni del bacino di drenaggio (per quanto riguarda i composti sia organici che inorganici). Tutto ciò induce a prevedere come necessarie osservazioni di estremo dettaglio su tutte le componenti di ogni sistema esaminato, in quanto si ritengono possibili tutte le fenomenologie che i diversi Autori precedentemente citati hanno indicato come prevalenti nei singoli contesti da loro studiati.

Si ringrazia La Dr. ssa P. Giordani per la lettura critica del lavoro e i preziosi suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

Astorri M. - 1982 - Processi deposizionali e geochimica degli inquinanti nella zona di interazione fra acqua dolce e acqua salata: indagini sperimentali alla foce del fiume Savio e aree contermini. Tesi di Laurea. Ist .Geol. Paleont. Univ. Bo.

Bale A.J. & Morris A,W, - 1981 - Laboratory simulation of

chemical processes induced by estuarine mixing: the behaviour of iron and phosphate in estuaries. Es. Coast. Sh. Sc., 13,1-10.
Barbanti A- - 1984 - II fiume Savio come fiume-campione per lo studio dei processi di trasporto, trasformazione e deposito di sostanze nutrienti (composti di P e sostanza organica) in ambiente fluviale e marino,. Tesi di Laurea -Ist. Geol. Pal. Univ. St. Bo.
Boyle E.H., Edmonds J.M. & Sholkovitz E.R. - 1977 - The mechanism of iron removal in estuaries. Geoch. et Cosmoch. Acta, 41, 1313-1324.
Burton J.D. & Liss P.S. - 1976 - Estuarine Chemistry. Academic Press. London.
De Laune R.D., Reddy C.N. & Patrick jr. W.H. - 1981 - Effect of pH and redox potential on concentration of dissolved nutrients in an estuarine sediment. Journ. Envir. Qual.,10, 276- 279.
Dyer K.R. - 1979 - Estuarine hydrography and sedimentation. Cambridge Univ. Press.
Fox L.E., Sager S.L. & Wosfy S.C. - 1985 - Factors controlling the concentrations of soluble phosphorus in the Mississippi estuary. Limno. Ocean., 30 (4),826-832.
Frignani M, & Turci C. - 1981 - II ruolo dei sedimenti nei fenomeni di eutrofizzazione costiera. Coll. P. F. Promozione della qualità dell'ambiente,AQ/2/12, Roma.
Froelick,P.N., Bender, M.U, Luedktke, N.A., Heath,G.R. and De Vries T. - 1982 The marine phosphorus cycle.
Am.J.Sc.,282: 474-511.
Giordani M.P. & Astorri M. - 1984 - Phosphate chemistry in a coastal sediment. In stampa su Chemistry in Ecology.
Golterman H.L., Sly P.G. & Thomas R.L. - 1983 - Study of the relationship between water quality and sediment transport. UNESCO Ed.
Green D.B., Logan T.S. & Smeck N.E. - 1978 - Phosphate adsorption-desorption characteristics of suspended sediments in the Malmee River Basin of Ohio. J.Env.Qual.,7(2),208-212.
Hunter K.A. - 1983 - On the estuarine mixing of dissolved substances in relation to colloid stability and surface
properties. Geoch. Cosmoch. Acta, 47,467-473.
Kall, Froelick P.N. - 1984 - Modelling estuarine nutrient geochemistry in a simple System. Geoch. Cosmo. Acta, 48,1417-1433.
Kempt W.M. & Boynton W,R- 1984 - Spatial and temporal coupling of nutrient inputs to estuarine primary production: the role of particulate transport and decomposition.

Bull.of Mar.Sc.,35 (3),522-535.
Krank K. - 1981 - Particulate matter grain-size characteristic and flocculation in a partially mixed estuary. Sedimentology,28:107-114.
Meybeck,M. - 1982 - Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. Am. J. Sc.,282:401-450.
Morris, A.W., Bale, A.J. and Howland, R.J.M. - 1981 – Nutrient distribution in an estuary: evidence of chemical
precipitation of dissolved silicate and phosphate, Estuarine Coastal Mar. Sc.,1 2:205-216.
Olsen C.R., Cutshall N.H. & Larsen I.L. - 1982 - Pollutant-particle associations and dynamics in coastal marine environments: a review. Mar. Chem., 11, 501-533.
Pomeroy, L.R., Smith, E.E. and Grant, C.M. - 1965 - The exchange of phosphate between estuarine water and sediment. Limnol. Oceanogr.,10(2):167-172.
Postma A. - 1967 - Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment,. In Estuaries, Lauff g.h., ed., Am. As. Adv. Sc.,83.
Paltrinieri D. - 1984 - II problema dell'inquinamento marino prodotto dal fiume Po: ripartizione delle sostanze nutrienti
fra la fase solida e liquida nel tratto terminale del fiume; caratteristiche del trasporto e della immissione in mare. Tesi di Laurea - Ist. Geol. Pal. Univ. St. Bol.
Pettine, La Noce, Pagnotta, Macchi, Puddu - 1983 - Factors affecting the conservation of nutrients in estuarine waters on the River Tiber - Chem in Ecol.,Vol.1,293-309.
Rosso G. - 1985 - II problema dell'inquinamento marino prodotto dal fiume Po: aspetti e problematiche della dinamica fluviale ed estuarina di alcuni metalli tossici. Tesi di Laurea. Ist. Geol. Pal Univ. Bologna.
Sharp J.H.,Culberson C.H. & Church T. - 1982 - The chemistry of the Delaware estuary. General considerations. Limno. 0cean., 27 (6),1015-1028.
Sholkovitz E.R. - 1976 - Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and sea water. Geochim. Cosmochim. Acta,40,831-845.
Stirling, H. P. and Wormald, A.P. - 1977 - Phosphate/sediment interaction in Tolo and Long harbours, Hong Kong and its role in estuarine phosphorus availability. Estuarine Coastal Mar. Sc.,5:631-642.
Strikland J.D.H. & Parsons T.R. - 1972 - A practical handbook of sea water analysis. Ed. Bull. Fish. Res. Bd. Can.,167.
Wright L.D. - 1977 - Sediment transport and deposition at River ouths: a synthesis. Geol. Soc. Am. Bull.,88,857-868.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 119 a pag. 132

ENERGIA TERMICA E STABILITA' MECCANICA NEL LAGO MAGGIORE

L. BARBANTI, W. AMBROSETTI

C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

The aim of this paper is to demonstrate the practicality and utility of using standard energy parameters in order to describe dynamics within lacustrine ecosystems. We use the Birgean work (B) , i.e. the amount of mechanical work on or by a lake through its surface to produce the observed density distribution, and the Schmidt stability (S) , i.e. the amount of mechanical work necessary to mix the lake to uniform density without adding or subtracting heat in the process. The two energy parameters have been electronically computed for Lago Maggiore using a general algorithm available for routine evaluations.

INTRODUZIONE

E' in atto da tempo presso l'Istituto Italiano di Idrobiologia - C.N.R. di Pallanza un'indagine sui laghi profondi del distretto subalpino (Maggiore, Lugano, Como, Iseo e Carda) tendente a definire, in particolare, le loro caratteristiche idrodinamiche attraverso l'analisi dei seguenti punti :

- cicli termici stagionali nelle, masse d'acqua, con particolare riguardo all'incidenza della stratificazione sui movimenti circolatori ;
- mescolamento verticale tardo-invernale, moti turbolenti e convettivi;
- circolazione innescata dagli apporti advettivi con riferimento particolare alle modalità di inserimento dei tributari nel corpo d'acqua recipiente.

Trattasi in sostanza di un complesso di problematiche connesse con l'ambiente circostante e comprendenti gli scambi di energia, calorica e meccanica, con l'atmosfera sovrastante e quelli di massa con la stessa atmosfera (pioggia ed evaporazione) e con l'areale emerso (afflusso al lago di acqua di dilavamento).

Una delle finalità di tali indagini è la verifica delle relazioni reciproche intercorrenti fra situazione limnologica, interna cioè al lago, e condizioni meteorologiche esterne: quest'ultime ri-

sultano però di assai più facile definizione in termini quantitativi dato che si utilizzano i principali parametri atmosferici. Resta quindi la necessità, ravvisata in più di una occasione, e particolarmente in fase di correlazione statistica fra le due serie di dati, di definire con parametri numerici anche gli aspetti idrodinamici, almeno i più importanti. In questo contesto rientrano, ad esempio, le valutazioni del bilancio calorico del Lago Maggiore effettuate per gli anni dal 1963 al 1985 (Ambrosetti et al., 1978; Ambrosetti et al., 1980 e seg.), cosi come l'analisi della dipendenza della temperatura dell'acqua superficiale da temperatura atmosferica e radiazione solare condotta su 26 laghi italiani (Barbanti et al., 1981).

Più articolate e complesse sono risultate invece le indagini riguardanti l'aspetto più specificatamente idrodinamico dei laghi, con riferimento particolare alle modalità di mescolamento tardo invernale: è noto infatti che questi corpi d'acqua, per la loro elevata profondità, sono di tipo olo-oligomittico, sono cioè soggetti a mescolamento completo soltanto in inverni con condizioni meteorologiche particolari (basse temperature ed elevata ventosità). Sul Lago Maggiore, ad esempio, Ambrosetti et al. (1979) hanno potuto ricostruire la serie temporale dei mescolamenti tardo invernali a partire dal 1957, riconoscendone come completi (fino alla massi ma profondità) solo pochissimi; è stato comunque possibile trovare una relazione tra profondità di mescolamento e condizioni meteorologiche dei mesi invernali.

Un sistema circolatorio a "nastro trasportatore", riconosciuto nel Lago Maggiore nell'inverno 1980-1981 (Ambrosetti et al., 1982) ha indicato la possibile esistenza di meccanismi di mescolamento diversi da quelli connessi alla convenzione autunnale e invernale e fra questi vanno annoverati anche gli apporti di acqua dal bacino imbrifero che, se collocati in situazioni meteorologiche e limnologiche favorevoli, possono interessare anche gli strati più profondi del lago (Ambrosetti et al., 1983a; Ambrosetti et al. , 1983b). In questo quadro si colloca lo studio sulla dinamica dell'ossigeno disciolto negli strati più profondi del lago (Barbanti e Ambrosetti, in stampa): l’ipotesi di lavoro è l’assunzione che l'O, per quanto non costituisca un parametro del tutto conservativo, possa fungere da tracciante-indicatore dei processi di omogeneizzazione delle acque.

Se l’insieme di queste indagini ha indubbiamente contribuito alla comprensione di certi fenomeni, la loro definizione in termini quantitativi non è ancora stata affrontata, e questo è dovuto, in massima parte alle difficoltà di fare riferimento a parametri

limnologici numericamente definibili.

Con il presente lavoro si intende verificare l'utilizzabilità allo scopo predetto di due parametri già noti alla letteratura limnologica, vale a dire la stabilità termica (Schmidt, 1928) ed il lavoro del vento (Birge, 1916). Come si può notare dal riferimento bibliografico si tratta di parametri proposti fin dai primi anni di sviluppo della limnologia, ma raramente impiegati come strumenti di indagine, per le difficoltà connesse con la loro valutazione, difficoltà che l'utilizzazione dei calcolatori permette oggi di superare facilmente. Ma bisogna anche ammettere una certa diffidenza nei loro riguardi dal momento che lo stesso Hutchinson (1957) li definiva di interesse limitato ed anche un pò astrusi per un loro impiego in campo limnologico. Noi cerchiamo invece di dimostrare la loro utilità nell'analisi di alcuni importanti fenomeni fisici che si svolgono entro un lago, fenomeni altrimenti non quantificabili.

In questo primo approccio ci limiteremo a valutare i due parametri sulla base dei dati disponibili sul Lago Maggiore per un arco di tempo quinquennale; la scelta di questo lago è stata dettata dalla disponibilità di un congruo numero di dati limnologici e meteorologici, oltre che dalle sue caratteristiche idrodinamiche che lo rendono un tipico esempio di lago olo-oligomittico. L'approccio che qui vogliamo proporre è quindi un tentativo di quantificare i fenomeni di stratificazione, destratificazione e mescolamento delle acque, analizzandone la distribuzione lungo la verticale (dalla superficie alla massima profondità) ed evidenziando anche le quantità energetiche in grado di attivare e disattivare tali fenomeni.

1. MATERIALI E METODI

Birge (1916) ha definito come "lavoro del vento" la quantità minima di energia richiesta per vincere le forze di galleggiamento e per distribuire entro la massa d'acqua il carico calorico pervenuto alla sua superficie, avendo supposto, come situazione di partenza; un lago non stratificato e con un contenuto minimo di calore (in pratica una massa d'acqua a temperatura uniforme a 4°C); si deve all'azione del vento un'eventuale distribuzione in profondità del calore pervenuto in superficie e la definizione delle stratificazioni termiche osservabili nei diversi momenti del ciclo stagionale. In termini matematici questi concetti possono essere espressi dalla seguente equazione:

$$B = \frac{1}{A_0} \int_{z_0}^{z_m} z(\rho_1 - \rho_z) A_z dz$$

essendo:
B = lavoro birgeano
A_0 = area superficiale del lago
z = profondità considerata
z_0 = quota della superficie del lago
z_m = profondità massima
ρ_l = densità del lago al momento iniziale
ρ_Z = densità alla profondità z
A_z = area del lago alla profondità z

Mentre una tale espressione matematica consente di determinare il lavoro che il vento fa a tutte le profondità, la definizione di "stabilità" proposta da Schmidt (1928) riguarda il suo valore totale, integrato sull'intera colonna d'acqua. Detta definizione si riferisce infatti al lavoro addizionale che viene richiesto per ridistribuire verticalmente le densità riscontrate in un determinato momento del ciclo stagionale in modo uniforme lungo la colonna d'acqua, senza che tale processo implichi aggiunta o perdita di calore. E' merito di Idso (1973) l'aver sviluppato un'equazione che, mantenendo il concetto espresso da Schmidt, permette di valutare la stabilità strato per strato. L'equazione, pressoché analoga nella forma a quella di Birge, può essere scritta come segue:

$$S = \frac{1}{A_0}\int_{z_o}^{z_m} A_z(z - z_g)(\rho_z - \rho_m)dz$$

In questa espressione, oltre a quanto specificato a proposito dell'equazione (1), si ha che:
S = stabilità di Schmidt
z_g = profondità del centro di gravità del lago non stratificato
ρ_m = densità al momento del completo mescolamento

I dati di termica lacustre utilizzati nel calcolo dei due parametri fanno parte della serie raccolta alla stazione di massima profondità del Lago Maggiore (Ghiffa, m 370) con l'impiego di un termometro a rovesciamento e di una sonda batometrica, quest'ultima continuamente tarata sui dati del rovesciamento; il periodo di rilevamento è quello compreso fra il 1981 ed il 1985 con sopralluoghi ad intervalli all'incirca settimanali in inverno e in primavera, e all'incirca decadici nei restanti mesi.

Come suggerito da Birge, il lavoro del vento è stato valutato tenendo conto di un contenuto minimo di calore corrispondente ad una situazione di isotermia di 4°C. Poiché tuttavia i dati storici di temperatura delle acque testimoniano per il Lago Maggiore una temperatura minima di 5,8°C, raggiunta nell'inverno 1963 in condizioni di temperatura atmosferica molto bassa e di elevata ventosità, si è ritenuto di valutare il lavoro del vento anche in

relazione a questo minimo, che è specifico del Lago Maggiore.

Il calcolo di B e di S richiede integrazioni numeriche lungo l'intera colonna d'acqua, integrazioni che devono tener conto anche delle variazioni in profondità dei volumi d'acqua con le caratteristiche morfometriche della conca lacustre; si è reso per tanto indispensabile ricorrere al calcolo elettronico utilizzando un algoritmo generale proposto da Johnson e Merrit (1977).

2. ANALISI DEI RISULTATI

3.1. Serie quinquennale

Un primo approccio all'analisi dei risultati riguarda la serie quinquennale (dal 1981 al 1985) dei dati relativi al lavoro birgeano (B) e della stabilità (S), ambedue valutati come valori "totali", riferiti cioè all'intera colonna d'acqua. Accanto ad essi, in Fig. 1, sono riportate le serie temporali relative ad altre variabili ricavate dalla medesima elaborazione computeristica o misurate direttamente in lago durante i singoli sopralluoghi di rilevamento: si tratta del contenuto calorico (Q_t), della temperatura dell'acqua (°T) alle profondità di m 0, 20 e 360, del contenuto totale di ossigeno disciolto (O_2) e della profondità alla quale si colloca il centro di gravita del sistema (D).

Il quadro che se ne può ricavare è abbastanza complesso anche se l'elemento comune a tutte le variabili è il loro andamento ciclico su base annua. B ed S, in particolare, collocano i loro minimi nel periodo Febbraio-Marzo, in coincidenza cioè con l'inverno limnologico e allorquando la massa d'acqua lacustre è all'isotermia, o se ne avvicina molto: si confrontino in proposito le tre curve di temperatura dell'acqua ed anche quella relativa al Q_t che tocca i suoi valori minimi proprio in questo periodo.

Con il progredire della stagione calda e, in particolare, con l’aumento della radiazione solare incidente sulla superficie lacustre, si determina un progressivo incremento della quantità di calore immagazzinato dal corpo d'acqua, calore che a seguito della azione contrastante delle forze di galleggiamento e del vento non viene distribuito lungo la verticale in modo uniforme ma in maniera tale da determinare la classica curva termica, con una stratificazione di temperatura (e quindi di densità) più o meno marcata ed a profondità variabile. A questo si accompagna un progressivo incremento nei valori di stabilità (S) e di lavoro del vento (B); la prima raggiunge i suoi valori massimi ad Agosto, in coincidenza

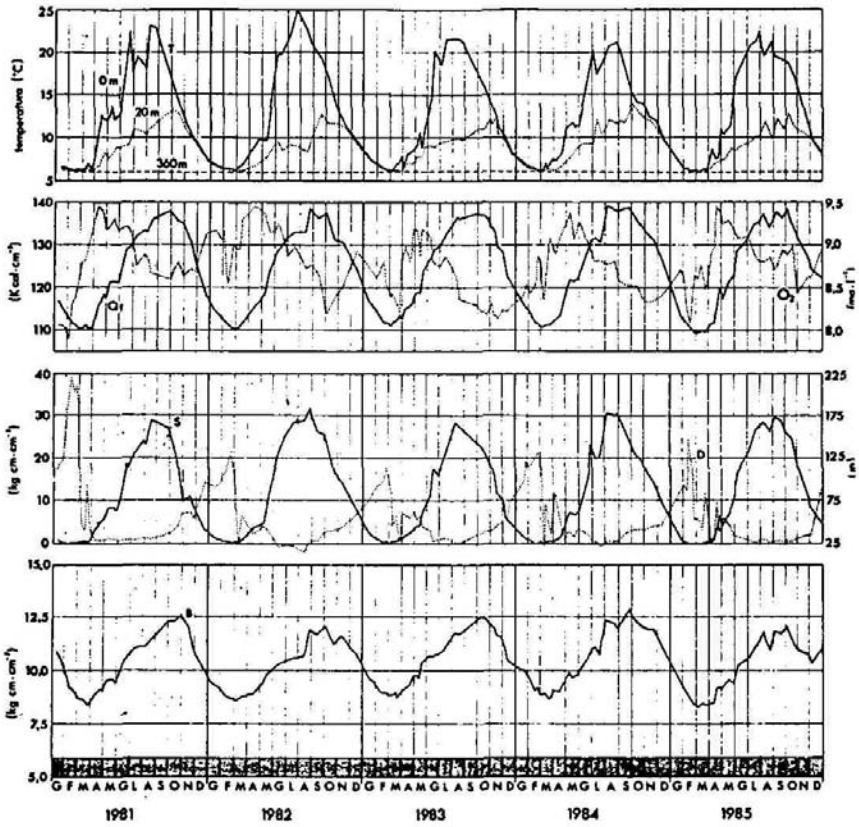


FIG. 1. Serie temporali di alcuni variabili registrate nel Lago Maggiore negli anni dal 1981 al 1985:

T = temperatura dell'acqua del lago alle profondità di m 0, 20 e 360 (°C);

Q_t = quantità di calore immagazzinata dal lago (k.cal.cm^{-2});

O_2 = concentrazione di ossigeno disciolto (mg l^{-1});

S = stabilità di Schmidt (kg.cm.cm^{-2});

D = profondità del centro di gravità (m);

B = lavoro di Birge (kg.cm.cm^{-2}).

con il momento in cui il termoclino evidenzia il suo massimo di consistenza in termini di gradiente termico verticale; il che comporta la necessità di una notevole quantità di lavoro (la stabilità, appunto) per vincere la resistenza relativa dei singoli strati. Il massimo del lavoro del vento (B) è stato riscontrato invece tra Settembre ed Ottobre, quindi con sfasamento rispetto al corrispondente valore di S che può raggiungere anche i due mesi; questo massimo, che coincide con Q_t , si verifica quando il termoclino è ancora sufficientemente pronunciato e situato ad una profondità tale da isolare una massa d'acqua epilimnica di notevole volume e con un contenuto calorico ancora elevato.

A partire dai mesi autunnali e fino a Febbraio tanto B, quanto S sono soggetti, unitamente a Q_t ed a °T, ad una diminuzione graduale e progressiva: è la conseguenza della perdita di calore da parte del lago attraverso la sua superficie che fa seguito al la mutata situazione climatologica esterna; l'instaurarsi nella massa d'acqua di moti convettivi per effetto del raffreddamento degli strati più superficiali tende a portare la colonna d'acqua verso condizioni di omeotermia; ed ecco il progressivo ridursi di S e di B.

Quanto agli altri due parametri rappresentati nella serie temporali di Fig. 1, la profondità del centro di gravità (D) e la concentrazione media di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua (O_2), il primo evidenzia un andamento che, nelle sue linee generali, è opposto alla curva della stabilità S (in figura i due andamenti sono sovrapposti); la ciclicità di D è comunque manifestatamente asimmetrica nel senso che il suo approfondimento è progressivo e graduale a partire dai mesi estivi e raggiunge il sue massimo in Febbraio o Marzo quando si assiste ad un suo improvviso innalzamento. Come meglio si vedrà in seguito, la posizione del centro di gravità del sistema rappresenta la profondità alla quale la stabilità S è nulla, profondità che pertanto, quasi improvvisamente, si superficializza nel momento della circolazione invernale. La serie temporale relativa al contenuto medio di ossigeno disciolto (O_2) è rappresentata in figura sovrapposta a quella del contenuto di calore (Q_t): anche l’andamento di queste due curve è all’incirca opposto, con il massimo di ossigenazione che si verifica nel momento del mescolamento invernale, quando cioè una porzione più o meno grande della massa d'acqua può liberamente mescolarsi, venire a contatto con l'atmosfera ed ossigenarsi; i minimi di questo parametro si collocano invece all’inizio del l'autunno, nel momento di più elevato contenuto di calore, quando la stratificazione termica, già presente per tutto il periodo estivo, è ancora sufficientemente pronunciata e tale da proseguire nell'opera di segregazione e di isolamento dal contatto con l'at-

mosfera di notevoli masse ipolimniche.

3.2. Ciclo annuale della stabilità S

Si è accennato in precedenza all'operazione compiuta da Idso che ha consentito di trasformare il parametro di Schmidt da indicatore di stabilità "totale", in una formulazione analitica che consente di dare informazioni sulla sua distribuzione strato per strato. Questa formula è stata da noi applicata ad una serie di 12 misure effettuate a Ghiffa nel corso del 1981, avendo avuto cura di sceglierle in modo tale che risultassero significative per i singoli mesi dell'anno; l'elaborazione, condotta utilizzando il programma computeristico di Johnson e Merritt (1979), ha permesso di ottenere 12 curve rappresentate in Fig. 2.

Possiamo rilevare innanzitutto come nei primi tre mesi del l'anno la stabilità S sia risultata assai bassa lungo tutta la colonna d'acqua, particolarmente in Febbraio; successivamente essa è andata progressivamente incrementando nei primissimi strati d'acqua fino a raggiungere in superficie valori di qualche decina di unità (gr. cm. cm^{-2}) che non sono rappresentati in figura in
quanto abnormi rispetto a quelli degli strati profondi: il massimo è stato raggiunto in Agosto con 65 gr.cm.cm^{-2}.

Ad iniziare da Aprile si sono andate evidenziando nel corpo d'acqua due distinte masse sovrapposte, separate da un livello do ve la stabilità è nulla. Il significato fisico di questo livello è abbastanza evidente: indica il punto dove si colloca il centro di gravità della colonna e dove si incontra la sua temperatura media ponderata per la diversa distribuzione dei volumi. Il progressivo approfondirsi di tale punto col progredire dei mesi, già rilevato nel paragrafo precedente, può ora essere quantificato nel senso che da una profondità di 30 m circa ad Aprile si passa a 40 m in Settembre, 60 m in Novembre e quasi 100 m in Dicembre, mentre nel Gennaio precedente era di 120 m. Al di sotto del livello con valore zero la stabilità S, seppure con intensità diversa da mese a mese, presenta distribuzioni verticali con andamento simile, vale a dire un progressivo incremento fino ad un valore massimo intorno ai 240 m: in Settembre ed in Agosto esso raggiunge va circa 11 gr.cm.cm-2 .Q p^0 elevato dell'intera serie annuale.

Gli incrementi di stabilità S riscontrati nei primissimi strati del lago nel corso dei mesi centrali dell'anno trovano giustificazione nel continuo rifornimento di energia calorica che vi perviene ad opera soprattutto della radiazione solare, calore distribuito dal vento entro l'epilimnio, con conseguenti gradienti

termici e di densità a livello del termoclino. Quanto alle configurazioni delle curve di stabilità nella porzione più profonda del lago, i loro massimi costantemente presenti alla profondità di 240 m circa si spiegano più con l'effetto della morfologia della conca lacustre, e quindi con la variazione dei volumi di acqua che progressivamente vengono coinvolti, che non con la distribuzione del calore in profondità che, in verità, è molto modesta.

3.3. Ciclo annuale del lavoro del vento B

Per le stesse date di cui al paragrafo precedente, si sono valutati, utilizzando l'espressione di Birge, i dati relativi alla distribuzione verticale del lavoro del vento (B). Le doppie curve rappresentate in Fig. 3 si riferiscono alla duplice valutazione del contenuto "minimo" di calore che, come si è già detto, per il Lago Maggiore è stata riferita all' isotermia 4°C (valore di massima densità dell'acqua) ed anche a quella di 5,8°C (minimo storico in questo lago). Di conseguenza l'area più scura rappresenta il lavoro necessario per passare da una distribuzione uniforme di temperatura di 4°C all'altra, sempre uniforme, di 5,8°C; l'area tratteggiata è invece l'ulteriore lavoro necessario per definire la distribuzione di temperatura rilevata nei singoli giorni di rilevamento. Se si prescinde dagli strati d'acqua più superficiali, si può notare un andamento delle curve relativamente costante nei singoli mesi, andamento che si caratterizza per un progressivo incremento fino a 240 m (la stessa profondità dei massimi i polimnici di stabilità).

A questa che possiamo definire distribuzione "di fondo" del lavoro del vento, si sovrappone negli strati superficiali una sensibile variazione stagionale di B che, evidentemente, è conseguenza della distribuzione verticale di calore e quindi di densità. Il progressivo incremento del lavoro del vento ha infatti inizio in primavera e raggiunge il massimo in Settembre con circa 14 gr. $cm.cm^{-2}$. Nel contempo anche il picco giornaliero di B va ad interessare profondità sempre maggiori: da pochi metri in Aprile arriva a 20 m in Ottobre, a 40 m in Novembre, a 65 m in Dicembre, mentre nel Gennaio precedente risultava alla profondità di 100 m secondo quanto appena accennato nella curva relativa. Molto netta risulta quindi la sua corrispondenza con la dinamica del termoclino e, conseguentemente, con il trasporto di calore in profondità.

3.4. Ciclo annuale delle variazioni del lavoro del vento (AB)

Con l'intento di meglio definire la dinamica del lavoro birgeano tanto nel ciclo stagionale che nei successivi strati, abbia-

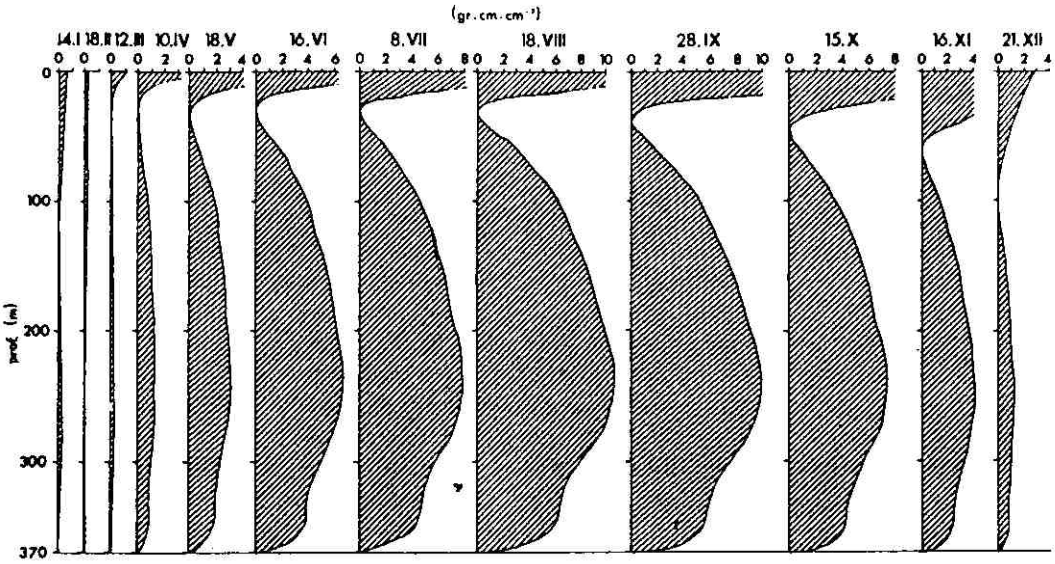


FIG. 2. Ciclo annuale della stabilità S nel Lago Maggiore (Anno 1981).

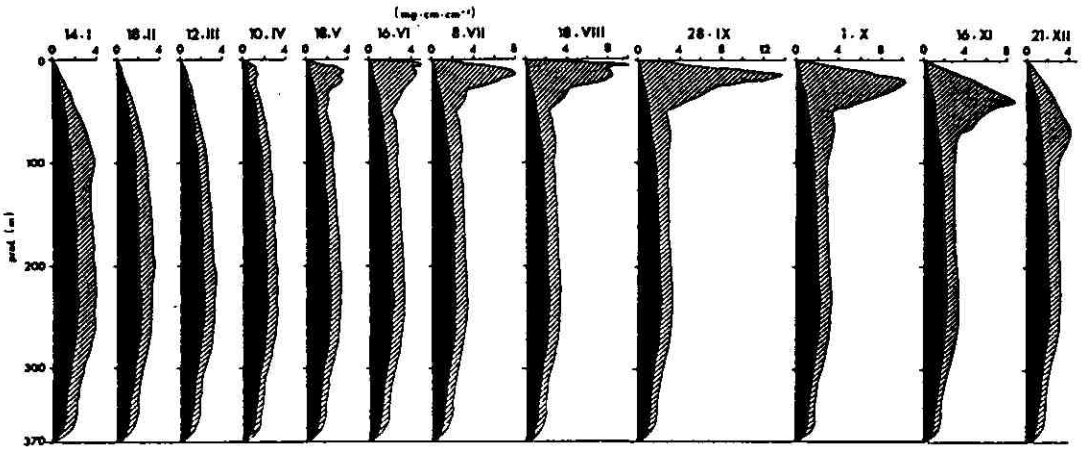


FIG. 3. Ciclo annuale del lavoro birgeano B nel Lago Maggiore (Anno 1981).

mo valutato le differenze (ΔB) fra i valori riscontrati alle diverse profondità in due date successive. Mentre infatti le curve riportate in Fig. 3 mostrano la distribuzione del lavoro del vento in funzione della profondità, la loro variazione nel tempo da in formazioni circa il "segno" di detto lavoro, indicando cioè se è stato l'ambiente esterno ad agire sul lago (e a quale profondità) o se è stato il lago ad influenzare l'ambiente esterno e da quali profondità fu prelevata l'energia necessaria. Nel primo caso il AB risulterà positivo, nel secondo negativo, mentre sarà nullo se non c'è alcuna influenza reciproca.

Dalla Fig. 4, nella quale sono riportati i valori di ΔB per l'anno di osservazione, limitati per altro ai primi 140 m di profondità, si può ricavare quanto segue:

- nei mesi primaverili ΔB è positivo ma su valori piuttosto contenuti anche se distribuiti fino alle maggiori profondità; tutto ciò è in relazione con l'inizio della fase di riscaldamento caratterizzata da acquisizione di calore da parte del lago, calore che può essere distribuito anche in profondità non essendosi ancora instaurato un salto termico sufficientemente pronunciato;
- il progredire della stagione calda limita invece la distribuzione del calore agli strati più superficiali come viene indicato dal ΔB positivo e di intensità in progressivo aumento: è la

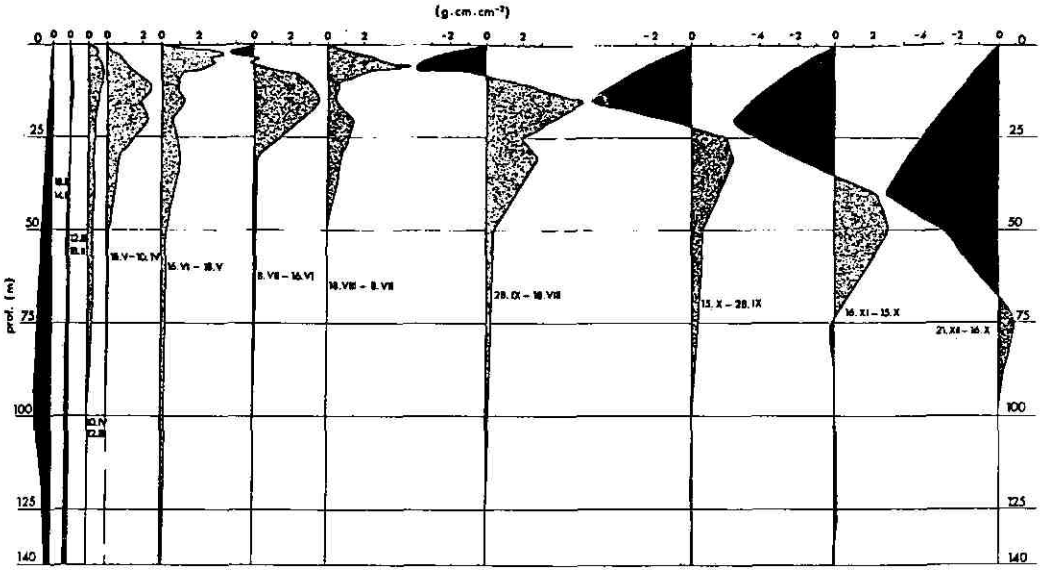


FIG. 4. Ciclo annuale delle variazioni del lavoro birgeano ΔB (Anno 1981).

fase di sviluppo della stratificazione estiva con la comparsa di uno strato epilimnico sempre più differenziato;

- nella tarda estate e nel primo autunno comincia ad apparire, negli strati più superficiali, un ΔB negativo ad indicare l'incipiente fase della convezione termica; prosegue tuttavia, negli strati a profondità maggiore, il lavoro positivo del vento che, per la riduzione del gradiente termico a livello del salto, può trasportare ancora calore in profondità;
- nel tardo autunno e nel primo inverno proseguono, e si evidenziano sempre più, i moti convettivi iniziati nei mesi precedenti, testimoniati dal notevole incremento dei valori negativi di ΔB negli strati più superficiali; nel contempo le aree a ΔB positivo si riducono sensibilmente e il punto dove ΔB = O tende a collocarsi a profondità sempre maggiori;
- la convezione termica va ad interessare tutta la colonna d' acqua in inverno e tale si mantiene fino all' inizio del nuovo ciclo di riscaldamento stagionale; è il momento in cui tutto il lago esercita un "lavoro" sull'ambiente esterno attraverso la cessione di parte del suo calore.

4. CONCLUSIONI

Come precisato in sede di premessa, lo scopo del nostro lavoro era la ricerca di parametri atti a quantizzare i complessi processi di idrodinamica lacustre. Con un approccio ancora parziale, in quanto limitato ad un solo ambiente e a un solo anno, si è dimostrato come un fenomeno idrodinamico complesso quale è il ciclo annuale della circolazione convettiva in un lago possa essere descritto in termini quantitativi.

Alle stesse conclusioni erano pervenuti Johnson et al.(1978) che, in particolare, avevano sottolineato come la facilità e la rapidità con cui i parametri energetici vengono oggi valutati grazie all'impiego dei calcolatori permettono ai limnologi un loro razionale utilizzo nella quantificazione dei processi di idrodinamica lacustre, soprattutto in termini comparativi. Johnson e Merrit (1979), utilizzando la stabilità S ed il lavoro del vento B sul Lake Powell, un bacino artificiale lungo 260 km sul Fiume Colorado, hanno potuto verificare la variazione mensile della stabilità convettiva e la distribuzione nel tempo dello scambio di energia tra lago e ambiente esterno.

Ma al di là del loro utilizzo per analisi di processi eminentemente fisici, in particolare per i rapporti fra caratteristiche idrodinamiche e fattori innescanti, l'interesse verso questi para-

metri energetici sembra investire anche i comparti biologici del l'ecosistema lacustre. Biswas (1977), per esempio, ha riscontrato, sul Lake Volta, una correlazione positiva tra stabilità termica e fitoplancton durante la stagione delle piene, quando cioè la trasparenza dell'acqua era un fattore determinante; viceversa la correlazione diventava negativa nel corso della stagione secca, quando il fattore limitante era rappresentato dai nutrienti. Viner (1984) ha invece sottolineato come la stabilità di Schmidt, valutata nelle zone più fotiche dei laghi, permetta utili confronti fra ambienti diversi anche per quanto attiene alle condizioni di crescita delle differenti specie fitoplanctoniche, in relazione soprattutto alla penetrazione della luce. Lo stesso Viner suggerisce che la stabilità S dovrebbe essere considerata anche in ordine alle problematiche riguardanti la produttività lacustre (eutrofizzazione); in particolare, sottolinea come una linea assai utile di sviluppo delle ricerche potrebbe essere quella di definire una correlazione fra produttività e stabilità.

BIBLIOGRAFIA

Ambrosetti, W. , L. Barbanti e A. Rolla - Bilanci, flussi e variazioni pluriennali di contenuto calorico nel Lago Maggiore -Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 36 – 331 - 382. 1978.

Ambrosetti, W., L. Barbanti e A. Rolla - Mescolamento parziale o totale nel Lago Maggiore nell'ultimo trentennio. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 37 - 197-208. 1979.

Ambrosetti, W., G. Arca, L. Barbanti e A. Rolla - Bilancio calorico del Lago Maggiore. In: Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere - Rapporti su studi e ricerche condotti nel bacino del Lago Maggiore - 1980 e seguenti.

Ambrosetti, W. , L. Barbanti & R. Mosello - Unusual deep mixing of Lago Maggiore during winter 1980-1981 - Geogr. Fis. Din. Quat., 5 - 183-191. 1982.

Ambrosetti, W. , L. Barbanti e R. Mosello - Relazioni tra variabili idro-meteorologiche e profondità di mescolamento nei laghi profondi sudalpini - Atti 4° Congr. A.I.O.L., 19/1-11. 1983a.

Ambrosetti, W. , L. Barbanti, R. Mosello, A. Rolla e D. Ruggiu - Mescolamento, caratteristiche chimiche, fitoplancton e situazione trofica nei laghi profondi sudalpini - C.H.R. P.F. Promozione della qualità dell'ambiente, AQ/2/20 - 1-151. 1983b.

Barbanti, L., W. Ambrosetti e A. Rolla - Dipendenza della temperatura dell'acqua superficiale da temperatura atmosferica e radiazione solare nei laghi italiani - Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 39 - 99-118. 1981.

Barbanti, L., and W. Ambrosetti - The behaviour of hypolimnetic oxygen in Lago Maggiore in recent years - Mem. Ist. Ital. Idrobiol. - in stampa.

Birge, E.A, - The work of the wind in warming a lake - Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett., 18 - 341-391. 1916.

Biswas, 5. - Thermal stability and phytoplankton in Volta Lake, Ghana. Hydrobiologia, 56 - 195-198. 1977.

Hutchinson, G.E. - A treatise on lirnnolgy. Vol. I - John Wiley and Sons, New York - 1015 pp. 1957.

Idso, S.B. - On the concept of lake stability - Limnol. Oceanogr., 18 - 681-683. 1973.

Johnson, N.M., J.E. Eaton and J.E. Richey - Analysis of fiwe North American lake ecosystems. II. Thermal energy and mechanical stability - Verh. Internat. Verein. Limnol., 20 - 562-567. 1978.

Johnson, N.M. and D.H. Merritt - Convective and advective circulation of Lake Powell, Utah-Arizona, during 1972-1975 – Water Resour. Res., 15 - 873-884. 1979.

Schmidt, W. - Uber Temperatur und Stabilitätsverhältnisse von Seen. Geographiska Annaler, 10 - 145-177. 1928.

Viner, A.B. - Resistance to mixing in New Zealand lakes – New Zeal. Jour. Mar. Freshw. Res., 18 - 73-82. 1984.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 133 a pag. 144

INDAGINE CONOSCITIVA SUI LAGHI ARTIFICIALI SICILIANI. I. STIME PREVISIONALI DEL LIVELLO TROFICO

R. BARONE, C. FRADA' ORESTANO, S. CALVO, G. GENCHI

Gruppo di Ecologia Acquatica - Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università - Via Archirafi, 38 - 9O123 Palermo - Italia

SUMMARY

The aim of this study, which takes into consideration 21 artificial lakes in Sicily, is that of evaluating the trophic level of each reservoir, toy means of an appraisal of the theoretical rates of average annual concentration of chlorophyll "a" in the euphotic layer. For this end, we have reckoned, in each reservoir, the theoretical normalized P loading, whose rate has been transposed, afterwards, in the regression line which Jones and Lee descried in 1985. Out of 21 lakes examined, 7 belong to the hyper-eutrophic category, 11 to the eutrophic category, and only one basin shows a mesotrophic situation. As regards the last two reservoirs (Disueri and Villarosa), the high rates of normalized P loading on the one hand do preclude any tentative estimate, while, on the other hand, they give evidence of the many serious problems which are related which their nutritional charge. The experimental chlorophyll concentration data are nowadays available for 3 lakes (Piana degli Albanesi, Poma and Scanzano). When confronted with the theoretical data, they do not show any significant discrepancy. Nevertheless, the theoretical results already obtained will prove correct only on completion of the limnological research which is in progress in these biotopes.

INTRODUZIONE

La nostra indagine, relativa a 21 laghi artificiali siciliani, rappresenta un'osservazione preliminare ad una serie di ricerche limnologiche che il Gruppo di Ecologia Acquatica della Università di Palermo sta avviando per conto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente, ed i cui risultati costituiranno il supporto per una gestione realmente finalizzata alla salvaguardia della qualità delle acque invasate.

I corpi idrici presi in esame corrispondono agli invasi censiti dalla Regione Siciliana nel 1982, in base all'art. 3 della legge 319/1976, e rappresentano delle strutture vitali per 1'economia insulare in funzione del loro fondamentale contributo sia allo sviluppo agricolo che all’approvvigionamento

idrico dei centri urbani.

Un'accurata ricerca bibliografica ha evidenziato l'esiguità di ricerche limnologiche condotte su questi peculiari biotopi (Faranda F., 1977; Oliveri R. e coll., 1982; Barone R., 1983; Calvo S, e coll., 1984; Barone R., 1985; Gaggino G.F. e coll., 1985) e, pertanto, l'improrogabile necessità di una loro caratterizzazione trofica.

Lo scopo primario del nostro studio è stato quello di ipotizzare il livello trofico di ciascun corpo idrico attraverso la stima del valore teorico di concentrazione media annuale di clorofilla "a" nella zona eufotica, al fine di evidenziare, preliminarmente al lavoro in pieno campo, eventuali problematiche.

1. METODOLOGIA

II valore teorico della concentrazione media annuale di clorofilla "a" è stato ricavato dalla linea di regressione carico di fosforo normalizzato-risposta trofica proposta da Vollen-weider-OCDE (1982) ed attualizzata da Jones e Lee (1985).

Il carico di fosforo che perviene ad ogni invaso è stato calcolato, mediante una stima indiretta, applicando i coefficienti unitari riportati da Provini e coll. (1978) per ogni fonte quantificabile di generazione del P; in particolare si è tenuto conto del suolo non coltivato, del suolo coltivato, degli scarichi domestici, industriali e zootecnici.

I coefficienti unitari reali per gli scarichi zootecnici sono stati corretti ad un valore più vicino alla realtà insulare, adottando i pesi medi delle varie categorie di bestiame precisati nel 1985 dal I Rapporto Nazionale sull'Eutrofizzazione.

II carico totale di P, in presenza di bacini imbriferi allacciati, è stato corretto tenendo conto della effettiva quota idrica affluente agli invasi.

I dati di base sono stati reperiti all'ISTAT.

La classificazione trofica segue i criteri proposti da OCDE (1982).

La simbologia utilizzata viene riportata in appendice.

2. RISULTATI

In figura 1 viene riportata la collocazione geografica dei 21 laghi in studio. La maggiore concentrazione dei corpi idrici,

relativa alla distribuzione della rete idrografica insulare, si osserva nella Sicilia nord-occidentale e centro-orientale.

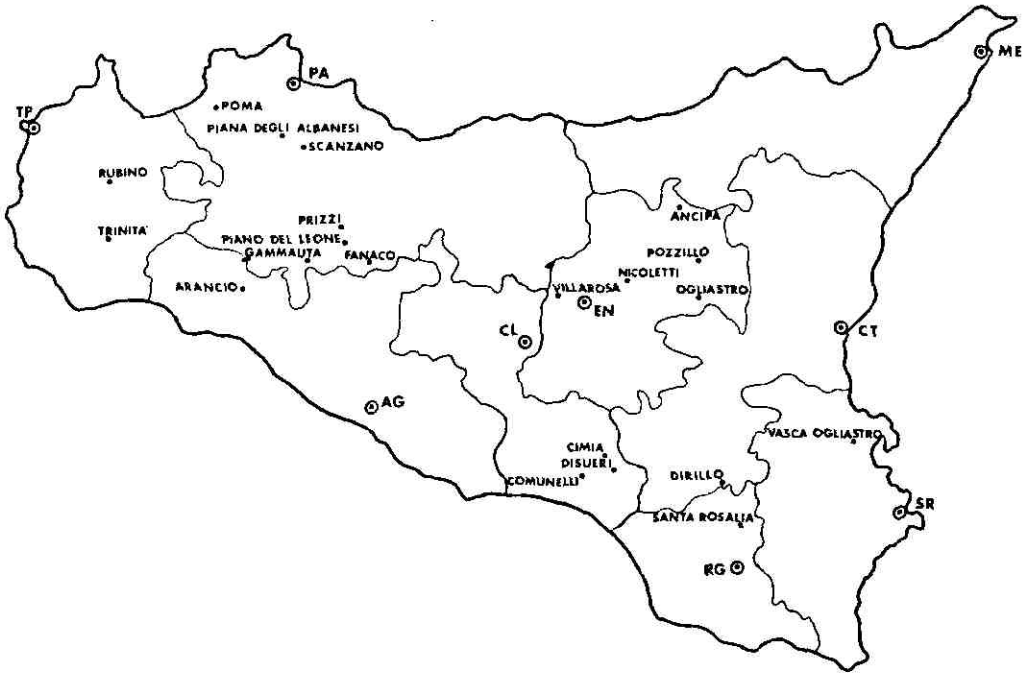


FIG. 1. Ubicazione dei laghi esaminati.

L'epoca di costruzione della maggior parte degli invasi è ascrivibile al ventennio 1950-'70 (Tab. 1). Il lago di Piana degli Albanesi, realizzato nel 1923, rappresenta uno dei più antichi bacini artificiali italiani.
I serbatoi sono stati realizzati attraverso lo sbarramento di corsi d'acqua naturali, fatta eccezione per la Vasca Ogliastro derivata dalla costruzione di una barriera anulare. L'utilizzo degli invasi generalmente multiplo, è in prevalenza irriguo.
Le quote altimetriche sono comprese fra 0-200 m s.l.m. per 8 laghi, fra 200-500 m per 6, e fra 500-1000 m per 7; il più elevato è il lago Ancipa (943.7 m s.l.m.).

In tabella 2 sono riportate le principali caratteristiche morfometriche ed idrologiche dei laghi. I bacini imbriferi totali presentano un'estensione variabile dai 22.4 Km del lago Piano del Leone ai 577 Km del lago Pozzillo. In termini volumetrici gli invasi principali sono rappresentati, dal lago Pozzillo (154 $m^3 \times 10^6$) e dal lago Ogliastro (124 $m^3 \times 10^6$)

N.	LAGO	ANNO	UTILIZZO	QUOTE (m s.l.m.)
1	Ancipa	1953	p i e lp	943.7
2	Arancio	1951	i lp s	180.0
3	Cimia	1978	i lp	142.0
4	Comunelli	1968	i lp	91.40
5	Dirillo	1962	i in	329.6
6	Disueri	1949	i	143.0
7	Fanaco	1956	p lp	679.5
8	Gammauta	1938	i e lp	500.0
9	Nicoletti	1972	i lp in	387.8
10	Ogliastro	1965	i lp	213.6
11	Piana degli Albanesi	1923	p i e	611.8
12	Piano del Leone	1930	i lp	829.2
13	Poma	1968	p i	196.8
14	Pozzillo	1958	i e	366.5
15	Prizzi	1942	i e lp	640.0
16	Rubino	1970	i	185.0
17	Santa Rosalia	1981	i lp	379.0
18	Scanzano	1962	p i	527.0
19	Trinità	1959	i	69.00
20	Vasca Ogliastro	1970	lp in	138.3
21	Villarosa	1972	lp in	394.0

TAB. 1. Alcune caratteristiche generali dei laghi esaminati.

che figurano fra i più capaci d'Italia (Gaggino G.F. e coll., 1985). La profondità media dei bacini è per lo più dell'ordine di 10-15 m. Si rileva il valore minimo di 3.8 m nel lago Disueri. Il tempo teorico di residenza delle acque, generalmente dello ordine di 1 anno, evidenzia il valore massimo di 11 anni nel lago Villarosa ed il valore minimo di 21 giorni nel lago Gammauta.

In tabella 3 sono riportati i dati statistici utilizzati per la valutazione del carico teorico di fosforo. L'uso prevalente del territorio è agricolo, mediamente in ragione del 70% per ogni bacino imbrifero.

In tabella 4 sono riportati, per ogni fonte generazionale, le stime dei carichi teorici di P. Si evidenziano i carichi più rilevanti nel lago Pozzillo (47 t/a), Disueri (36 t/a) ed Ogliastro (35 t/a).

N.	LAGO	Sb Km^2	Ao $m^2 x 10^6$	Vo $m^3 x 10^6$	z max m	Qy $m^3 x 10^6/a$	$\bar{z}$ (Vo/Ao) m	Tw (Vo/Qy) a	qa ($\bar{z}$/Tw) m/a
1	Ancipa	99.4	1.1	20.5	70.5	58.0	19	0.353	54
2	Arancio	204.7	3.7	38.8	30.0	18.0	10	2.16	4.6
3	Cimia	110.0	0.87	11.3	31.0	5.36	13	2.11	6.2
4	Comunelli	82.0	0.93	9.90	31.4	6.31	11	1.57	7.0
5	Dirillo	117.5	1.1	23.5	45.6	8.20	21	2.87	7.3
6	Disueri	238.8	0.60	2.25	31.0	1.89	3.8	1.19	3.2
7	Fanaco	56.0	1.5	24.4	47.5	15.8	16	1.54	10
8	Gammauta	69.0	0.27	2.00	27.0	25.8	7.4	0.0775	96
9	Nicoletti	62.1	1.8	23.2	38.8	5.99	13	3.87	3.4
10	Ogliastro	467.9	14	124	13.6	20.8	8.8	5.96	1.5
11	Piana degli Albanesi	41.4	3.1	32.8	35.8	15.5	11	2.12	5.2
12	Piano del Leone	22.4	0.61	4.92	29.2	10.1	8.1	0.487	17
13	Poma	163.7	6.1	78.5	46.8	39.1	13	2.01	6.5
14	Pozzillo	577.0	7.7	154	51.5	82.9	20	1.86	11
15	Prizzi	30.1	0.93	9.25	45.5	5.01	10	1.85	5.4
16	Rubino	76.1	1.3	13.0	27.0	5.36	10	2.42	4.1
17	Santa Rosalia	97.6	1.3	20.0	39.3	20.2	15	0.990	15
18	Scanzano	71.1	1.6	20.4	33.0	21.8	13	0.936	14
19	Trinità	200.0	2.4	20.3	22.0	7.57	8.5	2.68	3.2
20	Vasca Ogliastro	64.2	0.35	4.46	18.3	6.31	13	0.707	18
21	Villarosa	102.0	1.3	17.4	30.0	1.58	13	11.0	1.2

TAB. 2. Caratteristiche morfometriche ed idrologiche dei laghi esaminati.

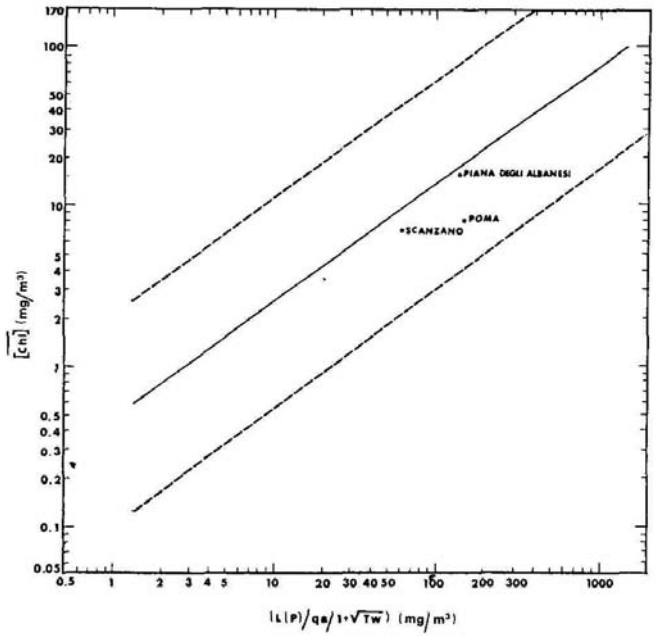
N.	LAGO	ABITANTI	SUOLO COLTIVATO (ha)	SUOLO NON COLTIVATO (ha)	FERTILIZZANTI FOSFATICI (t)	ADDETTI INDUSTRIALI	BESTIAME			
							Bovini	Suini	Equini	Ovini e Caprini
1	Ancipa	-	8101	1729	102	-	1706	1229	115	1601
2	Arancio	16098	14842	5258	187	66	1392	95	224	12017
3	Cimia	7600	6861	4052	86.4	60	531	586	261	5115
4	Comunelli	6673	4498	3609	56.7	-	58	22	20	2828
5	Dirillo	12907	7978	3662	100	-	1705	418	880	4103
6	Disueri	40931	15956	7864	201	133	720	287	491	13113
7	Fanaco	-	4362	1088	55.0	-	1355	29	110	3603
8	Gammauta	10978	4408	2465	56.0	-	1716	-	358	3441
9	Nicoletti	-	5637	393	71.0	-	1190	507	380	2315
10	Ogliastro	36489	33820	11570	426	242	3790	3925	2706	14743
11	Piana degli Albanesi	5857	2412	1408	30.4	81	556	299	100	2626
12	Piano del Leone	-	1507	672	19.0	-	419	9	26	1216
13	Poma	14477	8885	6875	112	20	1808	417	34	15701
14	Pozzillo	31285	40957	15973	516	511	11802	2974	3853	19018
15	Prizzi	-	1958	959	24.7	-	644	-	130	1804
16	Rubino	-	5526	1954	69.6	-	243	143	174	2018
17	Santa Rosalia	3405	6842	2788	86.2	-	2633	3150	616	1663
18	Scanzano	-	4715	2235	59.4	-	1539	223	76	2513
19	Trinità	15310	13167	6593	166	73	450	423	586	7170
20	Vasca Ogliastro	-	4316	2069	54.4	-	838	771	30	2986
21	Villarosa	7191	7523	2547	94.8	74	3094	240	464	7379

TAB. 3. Dati statistici utilizzati per la valutazione dei carichi teorici di P.

N.	LAGO	P (t/a)						
		ABITANTI	SUOLO COLTIVATO	SUOLO NON COLTIVATO	BESTIAME	INDUSTRIA	CARICO TOTALE	CARICO CORRETTO
1	Ancipa	-	3.1	0.17	0.93	-	4.2	3.9
2	Arancio	10.3	5.6	0.53	1.1	1.0	18	18
3	Cimia	4.9	2.6	0.40	0.62	0.49	9.0	7.7
4	Comunelli	4.3	1.7	0.36	0.15	-	6.5	-
5	Dirillo	8.3	3.0	0.37	1.3	-	13	-
6	Disueri	26	6.0	0.79	1.1	2.6	36	-
7	Fanaco	-	1.6	0.11	0.68	-	2.4	2.3
8	Gammauta	7.0	1.7	0.25	0.92	-	9.9	-
9	Nicoletti	-	2.1	0.039	0.78	-	2.9	2.8
10	Ogliastro	23	13	1.2	3.9	2.3	43	35
11	Piana degli Albanesi	3.8	0.91	0.14	0.40	0.38	5.6	5.6
12	Piano del Leone	-	0.57	0.067	2.2	-	2.8	-
13	Poma	9.3	3.4	0.69	1.4	0.93	16	-
14	Pozzillo	20	16	1.6	7.3	2.0	47	-
15	Prizzi	-	0.74	0.096	0.36	-	1.2	1.1
16	Rubino	-	2.1	0.20	0.28	-	2.6	2.3
17	Santa Rosalia	2.2	2.6	0.28	1.8	-	6.9	-
18	Scanzano	-	1.8	0.22	0.72	-	2.7	2.4
19	Trinità	9.8	5.0	0.66	0.80	0.98	17	-
20	Vasca Ogliastro	-	1.6	0.21	0.56	-	2.4	2.3
21	Villarosa	4.6	2.8	0.26	1.6	0.46	9.7	-

TAB. 4. Carichi teorici di P per fonte generazionale. Carichi teorici totali di P.

Il carico di P totale per unità di superficie lacustre (Tab. 5) manifesta i massimi valori nei laghi Disueri (60 g/m^2 a) Gammauta (37 g/m^2 a) e Dirillo (12 g/m^2 a).
Il carico,di P normalizzato evidenzia valori superiori a 1000 mg/m^3 nel lago Disueri e nel lago Villarosa. In questi due casi si è preferito non applicare la relazione carico di P normalizzato-concentrazione media di clorofilla "a" nello strato eufotico sebbene si evidenzi un'alta probabilità di situazioni ipertrofiche. Per gli altri laghi, i valori teorici di concentrazione di clorofilla "a", ottenuti dalla linea di regressione carico-risposta (Fig. 2), evidenziano, adottando lo schema di classificazione proposto dall'O.C.D.E (1982), una situazione di ipereutrofia per 7 bacini, di eutrofia per 11 e di mesotrofia per 1 soltanto.



F1G. 2. Relazione carico di P normalizzato-risposta trofica (Jones e Lee, 1985). Le linee discontinue rappresentano i limiti fiduciali (95%).

N.	LAGO	L(P) g/m^2a	$L(P)/qa/1+\sqrt{Tw}$ mg/m^3	$[\overline{Chl}]t$ mg/m^3	Categoria trofica da $[\overline{Chl}]t$	$[\overline{Chl}]$ mg/m^3	Categoria trofica da $[\overline{Chl}]$
1	Ancipa	3.5	41	7.0	m	-	-
2	Arancio	4.9	431	45	i	-	-
3	Cimia	8.8	579	56	i	-	-
4	Comunelli	7.0	444	46	i	-	-
5	Dirillo	12	610	59	i	-	-
6	Disueri	60	1000	-	-	-	-
7	Fanaco	1.5	67	10	e	-	-
8	Gammauta	37	302	34	i	-	-
9	Nicoletti	1.6	159	20	e	-	-
10	Ogliastro	2.5	484	49	i	-	-
11	Piana degli Albanesi	1.8	141	18	e	16	e
12	Piano del Leone	4.6	159	20	e	-	-
13	Poma	2.6	165	21	e	9.0	e
14	Pozzillo	6.1	235	28	i	-	-
15	Prizzi	1.2	94	13	e	-	-
16	Rubino	1.8	172	22	e	-	-
17	Santa Rosalia	5.3	177	22	e	-	-
18	Scanzano	1.5	54	8.6	e	7.0	m
19	Trinità	7.1	841	76	i	-	-
20	Vasca Ogliastro	6.6	199	24	e	-	-
21	Villarosa	7.5	1000	-	-	-	-

TAB. 5. Carichi teorici areali e normalizzati di P. Concentrazioni di clorofilla "a" Livelli trofici.

Per gli invasi Piana degli Albanesi, Poma e Scanzano è stato possibile, sulla scorta di ricerche linmologiche effettuate in precedenza (Oliveri R. e coll., 1982; Barone R., 1983; Calvo S. e coll., 1984; Barone R., 1985) realizzare, attraverso i lavori sperimentali di concentrazione media annuale di clorofilla "a" nello strato eufotico (Tab. 5), una verifica dei risultati ottenuti, riportando in figura 2 la terna di valori carico-risposta che ricadono nei limiti fiduciali del grafico.

3. CONCLUSIONI

Le nostre osservazioni hanno evidenziato livelli trofici elevati nella quasi totalità degli. invasi esaminati.

Nella maggior parte dei laghi la causa principale è da ricercare nel notevole carico di P che, proveniente da centri urbani carenti di impianti di depurazione delle acque reflue, affluisce in corpi idrici morfometricamente ed idrologicamente inadeguati a "tollerarlo". Ad esempio il lago Disueri, caratterizzato da una profondità media estremamente ridotta (3.8 m), sopporta un carico totale di P di ben 36 tonnellate annue. In altri casi è la politica di prelievo delle acque ad incidere notevolmente sugli elevati valori di carico di P normalizzato, come, ad esempio, per il lago Villarosa caratterizzato da un tempo di residenza delle acque di 11 anni relativo ad un flusso idrico derivato di 1.58 m^3 x $l0^6$/a.

In conclusione, pur non potendo verificare la reale adeguatezza del grafico carico di P-risposta trofica per ogni corpo idrico in oggetto (data la limitatezza dei dati sperimentali ad oggi disponibili), questo tipo di analisi ha permesso di evidenziare alcune essenziali problematiche che, nell'ambito della serie di ricerche limnologiche in avvio, necessitano di un peculiare approfondimento.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. Luigi Naselli per il valido contributo fornito nella fase di reperimento ed elaborazione dei dati.

BIBLIOGRAFIA

BARONE R. - II fitoplancton e lo stato trofico del lago Poma (Sicilia nord-occidentale) - Atti 5 Congresso A.I.O.L. - Pallanza - 177-188 - 1983.

BARONE R. - II fitoplancton e lo stato trofico del lago di Piana degli Albanesi - Atti Accademia Gioenia Catania - (in stampa).

CALVO S., R. BARONE, G. GENCHI - Lo stato trofico del lago

Scanzano (Palermo) - Atti 6 Congresso A.I.O.L. - Livorno -249-256 - 1985.

GAGGINO G. F., E. CAPPELLETTI, R. MARCHETTI, T. CALCAGNIMI - La qualità delle acque dei laghi italiani negli anni '80 - Atti prestampa Congresso Internazionale Inquinamento e Recupero dei Laghi - E.W.P.C.A. e A.N.D.I.S. Roma - 1985.

FARANDA F. - Primo censimento delle aree destinabili ad acquacoltura in Sicilia - Atti Società Peloritana di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali - suppl. vol. 23: 112 pp. -1977.

JONES R.A., G.F. LEE - Vollenweider-OECD eutrophication modeling update - International Conference Management Strategies for Phosphorus in the Environment - Lisbon - 29 pp. - 1985.

OCDE - Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'évalùation et de lutte - OCDE - Paris - 164 pp. - 1982.

OLIVERI R., M. DI BENEDETTO, R. BARONE, A. CASUCCIO, M. AJELLO, S. CALVO - Indagini ecologiche su due bacini artificiali siciliani: Piana degli Albanesi e Poma - Giornale di Igiene e Medicina Preventiva - 23 (4): 10-41 - 1982.

PROVINI A., R. MOSELLO, M. PETTINE, A. PUDDU, E. ROLLE, F.M. SPAZIANI - Metodi e problemi per la valutazione dei carichi di nutrienti - Atti Convegno Eutrofizzazione in Italia - Roma - 121-158 - 1978.

APPENDICE

SIMBOLO	VARIABILE	UNITA'
p	Potabile	-
i	Irriguo	-
e	Idroelettrico	-
lp	Laminazione piene	-
s	Sport	-
in	Industriale	-
Sb	Area del bacino imbrifero totale compresa area lago	Km^2
Ao	Superficie lago al massimo invaso	$m^2 x10^6$
Vo	Volume lago al massimo invaso	$m^3 x10^6$
z max	Profondità lago al massimo invaso	m
Qy	Deflusso totale annuo	$m^3 x10^6/a$
$\bar{z}$	Profondità media (Vo/Ao)	m
Tw	Tempo teorico di residenza delle acque ($Vo/Qy=\bar{z}/qa$)	a
qa	Carico idraulico ($Qy/Ao=\bar{z}/Tw$)	m/a
L(P)	Carico annuale di fosforo totale per unità di superficie lacustre	g/m^2a
$(L(P)/qa)/(1+\sqrt{Tw})$	Carico areale annuale normalizzato di P totale	mg/m^3
$\overline{[Chl]}$	Concentrazione media annuale di clorofilla "a" nello strato eufotico	mg/m^3
$\overline{[Chl]}t$	Concentrazione media annuale di clorofilla "a" nello strato eufotico; valore teorico	mg/m^3

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 145 a pag. 154

STIME DI SEDIMENTAZIONE DEL MATERIALE PARTICELLATO, ORGANICO ED INORGANICO, NEL LAGO DI MERGOZZO.

R. Bertoni, C. Cailien, C. De Marco, M. Contesini.

C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza.

SUMMARY

The settling rate of particulate matter in Lago di Mergozzo was studied in the transition period from winter to spring 1983. To estimate sedimentation rates, traps were suspended at four different depths. The data obtained show a remarkable differentiation of the lake in two zones: an upper one, to 20m, where the production rapidly influences sedimentation rates and a lower one, from 20 to 60m, in which after the omeotermia period particles gradually increase their settlement speed. The material collected by traps was always richer in inorganic particles then the surrounding seston. Furthermore, the abundance of the retained material increased with the depth of the traps.

INTRODUZIONE

Nello studio del ciclo del carbonio organico la stima dei flussi di sedimentazione, e quindi del "tempo di residenza nella zona trofogenica del materiale particellato, è di indubbio interesse. Infatti il tasso di sedimentazione, oltre a fornire una valutazione degli apporti dalla colonna d'acqua ai sedimenti, da' informazioni sulla quantità di materiale a disposizione per gli organismi eterotrofi.

Scopo di questa ricerca e' di stimare le perdite giornaliere per sedimentazione di materiale particellato e di misurare la velocità di sedimentazione in un ambiente, il Lago di Mergozzo, sul quale si intende sviluppare lo studio del ciclo del carbonio organico.

MATERIALI E METODI

Con il metodo delle trappole di sedimentazione dal gennaio al maggio 1983 sono stati misurati i tassi di sedimentazione del seston del Lago di Mergozzo. Nella stazione di centro lago, alle profondità di 10, 20, 40 e 60 metri venivano sospese, per un periodo di circa quindici giorni, delle trappole costituite da

cilindri in perspex con un rapporto altezza diametro di 5:1 (Bloesch and Burns, 1980). Al momento del loro recupero si prelevavano, con bottiglia Van Dorn, campioni di acqua (5 l) alla superficie e alle profondità alle quali erano state esposte le trappole. Sul campione prelevato all'esterno delle trappole si eseguivano analisi per la determinazione del seston totale e del POC (Carbonio Organico Particellato). Il materiale veniva concentrato su filtri in fibra di vetro Whatman GF/C (diam. 16 mm) precombusti a 500°C e pesati. Il seston totale era determinato gravimetricamente usando una microbilancia Sartorius. Per evitare la perdita di frammenti di filtro che potevano aderire all'apparato di filtrazione, tra il filtro e l'apparato veniva posta una membrana Nuclepore con pori da 12 µm. Le analisi di carbonio organico particellato erano eseguite con analizzatore CHN (mod. 1106, Carlo Erba) utilizzando la tecnica descritta da Bertoni (1978). Inoltre si calcolava la concentrazione della frazione inorganica sottraendo alle concentrazioni del seston quelle del POC moltiplicate per due (Lenz, 1977).

Sul campione raccolto nei cilindri di sedimentazione venivano eseguite, dopo un trattamento descritto da Callieri, Bertoni e Contesini (1986), le stesse analisi già descritte per l'esterno delle trappole.

Per la stima dei tassi di sedimentazione del seston, del POC e della frazione inorganica si e' diviso il valore della perdita giornaliera per la concentrazione del parametro (Bloesch, 1974) integrata nello spazio (colonna d'acqua compresa tra due trappole contigue) e nel tempo (periodo di esposizione delle trappole).

RISULTATI E DISCUSSIONE

La scelta del Lago di Mergozzo come ambiente nel quale effettuare le stime dei tassi di sedimentazione del particellato è motivata dalle sue caratteristiche morfometriche ed idrologiche (Barbanti e Drago, 1971; Barbanti, Carollo e Libera, 1976; Calderoni, Mosello e Tartari, 1978) che lo rendono particolarmente idoneo a tali stime. Esso e", infatti, piuttosto profondo (73 m) con rive scoscese ed un'ampia piattaforma al disotto dei 60 m; inoltre gli apporti di acque lotiche dal bacino imbrifero sono molto modesti.

Per avere un quadro sintetico ma rappresentativo delle variazioni del seston, della sua frazione inorganica e del POC con i dati ottenuti nel corso della ricerca sono state costruite delle mappe della distribuzione spazio-temporale di tali parametri (figure 1, 2, 3). In gennaio ed in febbraio la distribuzione delle particelle lungo la colonna d'acqua è piuttosto omogenea:

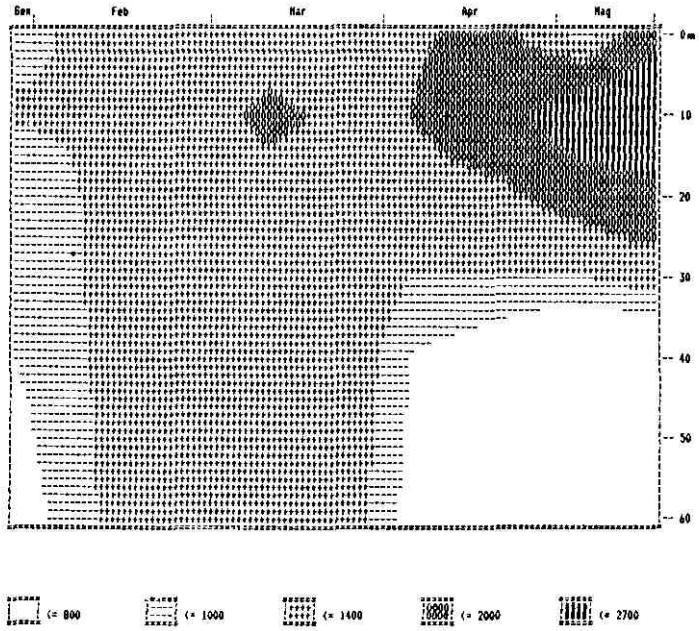


Fig. 1. Variazioni spaziali e temporali del Seston (µg/l)

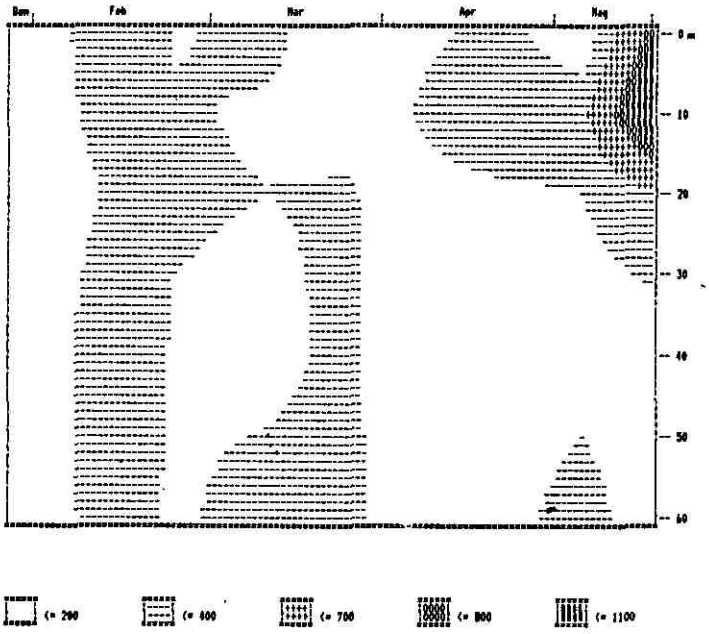


Fig. 2. Variazioni spaziali e temporali della frazione inorganica del Seston (µg/l).

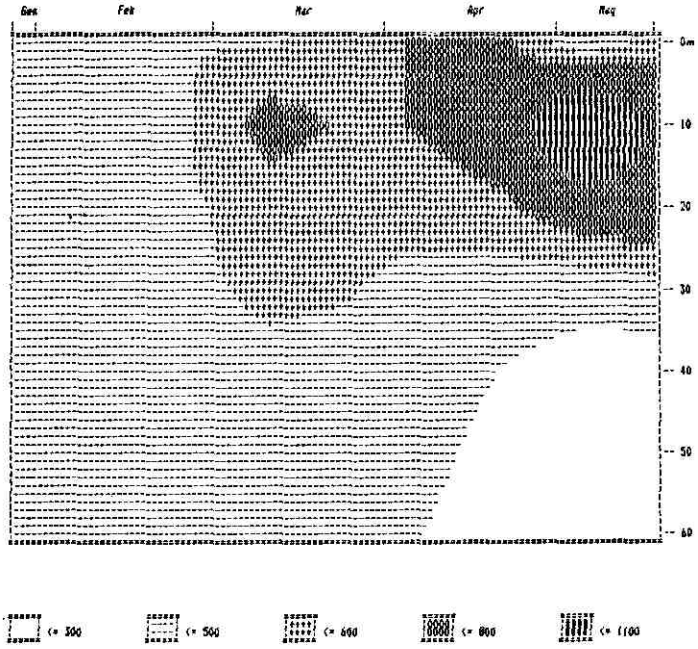


Fig. 3. Variazioni spaziali e temporali del Carbonio Organico Particellato (POC) (µg/l).

le concentrazioni di seston, di inorganico e di POC evidenziano bene questa situazione invernale di assenza di stratificazione. In marzo cominciano a comparire tra le diverse profondità alcune differenze in concentrazione che, tuttavia, soltanto in aprile e maggio diventano tali da evidenziare nettamente tre strati d'acqua: un primo strato, da 0 a 20 metri, con concentrazioni più elevate, uno strato dai 20 ai 40 metri con concentrazioni rapidamente decrescenti ed infine uno strato dai 40 ai 60 metri caratterizzato da concentrazioni molto modeste.

Questo tipo di distribuzione spazio-temporale è comune ai tre parametri considerati i quali, tuttavia, differiscono nei valori di concentrazione misurati. Come si può vedere dalle mappe, la classe di concentrazione più frequente seston, quella compresa tra 1.0 e 1.4 mg/l, per la frazione inorganica quella fino ai 0.4 mg/l e per il POC da 0.3 a 0.5 mg/l. Va sottolineato che nel periodo scelto per questa ricerca, si e' avuto modo di studiare la sedimentazione del materiale particellato in due situazioni differenti per quanto riguarda la distribuzione delle temperature e delle particelle lungo la colonna d'acqua. Questa diversità di situazioni è legata alle fluttuazioni termiche caratteristiche di un lago monomittico. I

dati di temperatura hanno infatti mostrato che ad una omeotermia invernale ha fatto seguito una stratificazione primaverile.

Dall'esame dei dati ottenuti è emerso che la percentuale di sostanza organica del seston all'esterno delle trappole è sempre più elevata rispetto a quella del seston catturato nei cilindri di sedimentazione (Callieri, Bertoni, Contesini, 1986). Ci sono due possibili spiegazioni a questo risultato. Da una parte la maggior velocità di sedimentazione delle particelle inorganiche, caratterizzate da una densità specifica più alta rispetto a quelle organiche, potrebbe aver arricchito il contenuto delle trappole in materiale inorganico (Smetacek e al., 1978). Dall'altra, l'attività eterotrofa mineralizzante, consumando la frazione organica del seston, potrebbe aver ridotto il contenuto organico delle trappole.

Le figure 4, 5 e 6 presentano, come istogrammi, le variazioni dei tassi di sedimentazione del seston, del POC e della frazione inorganica, espressi in milligrammi di materiale raccolto giornalmente per unita' di superficie (mg/m^2·d). Esaminando queste figure si può osservare che tutte le variabili considerate mostrano notevoli variazioni temporali dei tassi di sedimentazione; questi, infatti, decrescono fino a marzo per poi aumentare da marzo a maggio.

I valori più alti di perdita giornaliera sono stati misurati negli strati più profondi (da 40 a 60 metri) con l'eccezione del 17 maggio, campionamento nel quale le quantità più elevate di seston, POC ed inorganico sono state reperite nella trappola dei 10 metri. Le fluttuazioni dei tassi di sedimentazione ai 10 e 20 metri riflettono, con un ritardo di circa due settimane, le variazioni dello "standing crop" prodotto fuori dalle trappole. Negli strati più profondi, invece, dove l'assenza di turbolenze crea una zona favorevole alla sedimentazione, gli aumentati tassi di sedimentazione non sono imputabili ad una recente produzione ma sembrano piuttosto da attribuire ad un accumulo di particelle che, arrivate in quella zona, precipitano verso il fondo più velocemente.

Per quantizzare questo incremento si sono calcolate le velocità di sedimentazione, espresse in centimetri per giorno (cm/d), delle particelle sospese in acqua. In figura 7, 8 e 9 compaiono gli istogrammi che rappresentano le velocità di sedimentazione relative al seston, al POC ed alla frazione inorganica del seston, rispettivamente. L'andamento dei tassi di sedimentazione, espressi come velocità delle particelle, durante il periodo di studio riflette in parte le variazioni delle perdite .giornaliere. Tuttavia il dato delle velocità fornisce informazioni supplementari ed importanti per capire la dinamica della sedimentazione delle particelle nei diversi strati d'acqua. In-

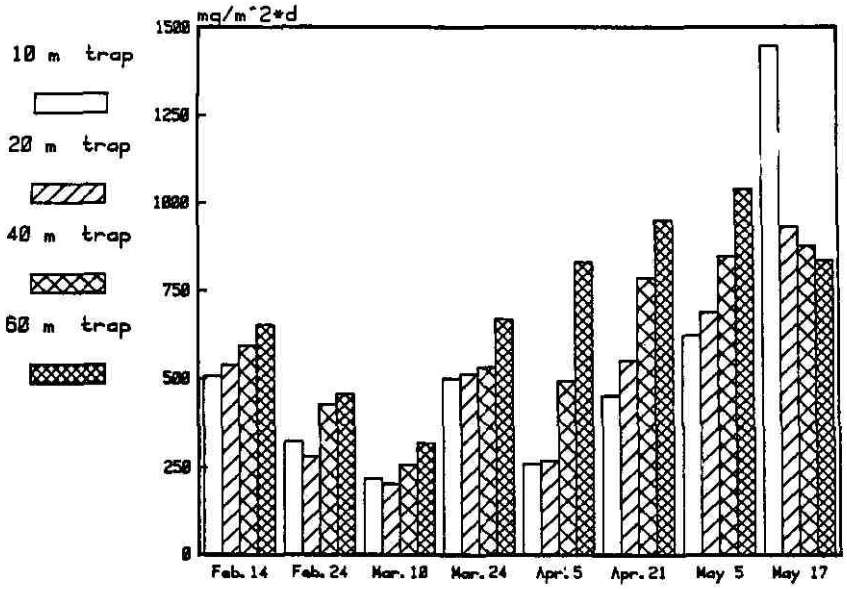


Fig. 4. Seston: perdite giornaliere.

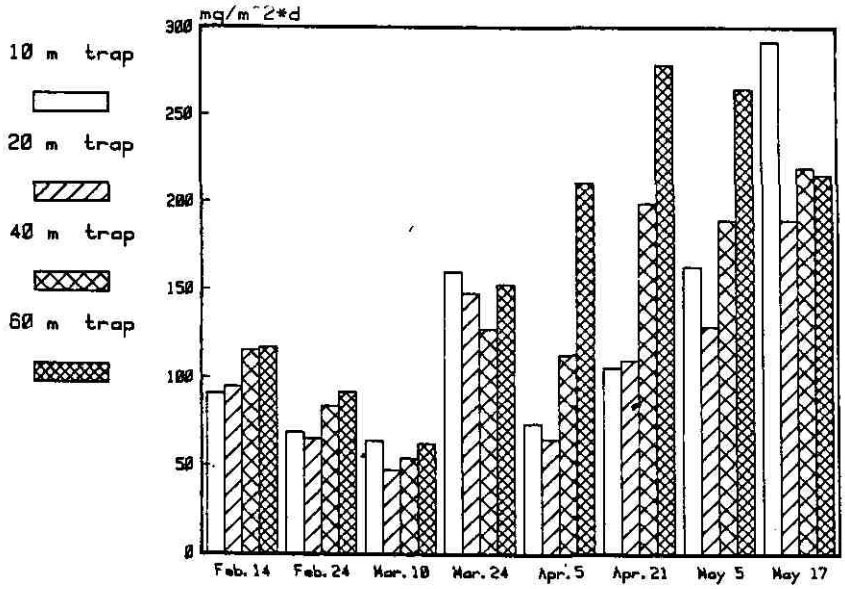


Fig. 5. Carbonio Organico Particellato (POC): perdite giornaliere.

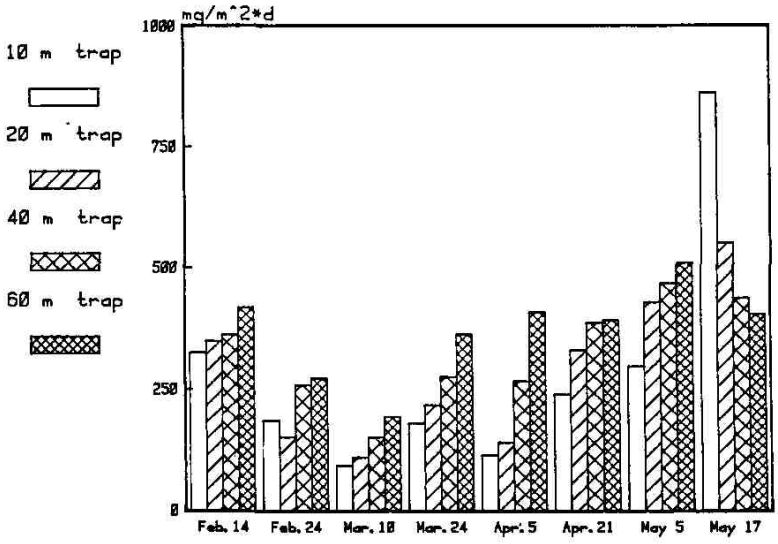


Fig. 6. Frazione inorganica del Seston: perdite giornaliere.

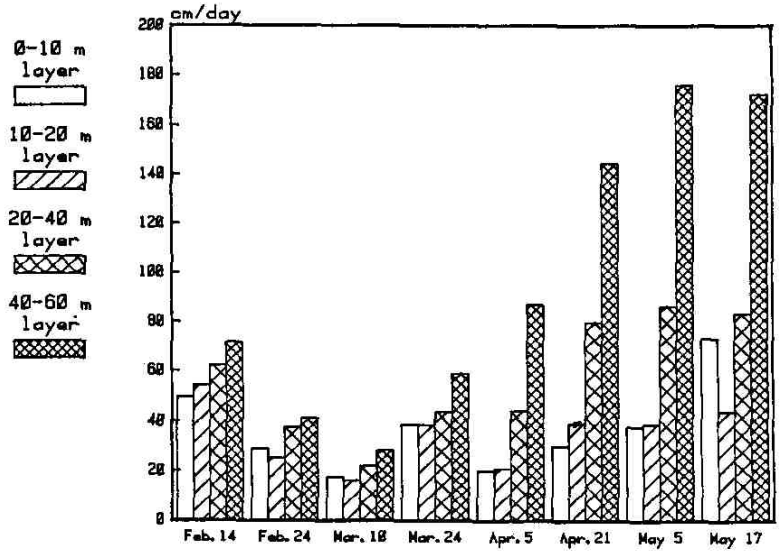


Fig. 7. Seston: velocità di sedimentazione negli strati d'acqua.

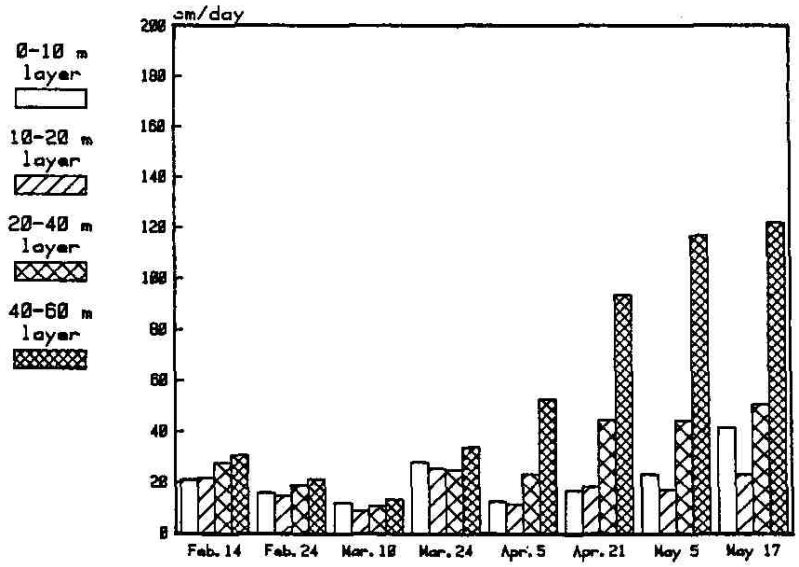


Fig. 8. Carbonio Organico Particellato: velocità di sedimentazione negli strati d'acqua.

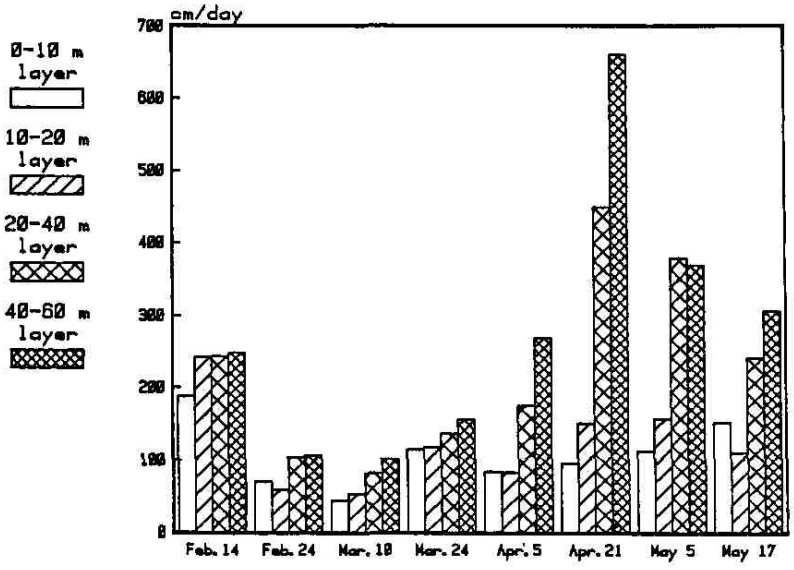


Fig. 9. Frazione inorganica del Seston: velocità di sedimentazione negli strati d'acqua.

fatti, analizzando le figure, si può affermare che le particelle in sospensione lungo la colonna d'acqua sedimentano con velocità diverse a seconda delle profondità alla quale si trovano e che, in generale, la loro velocità aumenta con la profondità.

In particolare in primavera, mentre fino ai 20 metri le velocità di sedimentazione sono basse e costanti, al disotto dei 20 metri si assiste ad una accelerazione progressiva con la profondità, tale da far aumentare fino a sei volte la velocità di sedimentazione. Questo fatto farebbe pensare che quanto più1 uno strato d'acqua e' distante dalla zona di produzione, tanto più rapidamente viene svuotato per sedimentazione del suo contenuto in particelle.

A determinare questo risultato potrebbero concorrere due fenomeni: la perdita di galleggiamento delle cellule algali con la morte (Smayda, 1970; 1974; Smetacek et al. 1978) e l'instaurarsi di condizioni di bassa turbolenza nella zona profonda del lago con il procedere della stratificazione termica. Dal confronto delle figure 7, 8 e 9 è inoltre evidente che la frazione inorganica sedimenta più velocemente di quella organica, raggiungendo la velocità di 660 cm/d (40-60 metri, 21 aprile).

CONCLUSIONI

Da questa ricerca sono emerse tre evidenze che meritano, a nostro parere, di essere sottolineate.

-Il seston raccolto con le trappole e' sempre stato caratterizzato da un contenuto in particelle inorganiche più elevato di quello esistente all'esterno delle trappole. Due potrebbero essere le cause, probabilmente concomitanti, di questo risultato: la minor velocità di sedimentazione della frazione organica rispetto all'inorganica e l'aumentata attività mineralizzante eterotrofa all'interno delle trappole.

-Le trappole sospese alle profondità più elevate, dove la concentrazione esterna di particelle era bassa, hanno raccolto sempre molto materiale. Questa apparente contraddizione può essere spiegata esaminando i dati relativi alla velocità di sedimentazione delle particelle. Queste, infatti, sedimentando più velocemente, si accumulano in abbondanza nelle trappole esposte a profondità elevate ma non nella massa d'acqua circostante. Le alte velocità riscontrate e le contemporanee basse concentrazioni misurate inducono quindi a ritenere che il tempo di residenza del materiale particellato a quelle profondità sia relativamente breve.

-Il flusso verticale più basso è stato misurato in marzo, immediatamente dopo il periodo di omeotermia del Lago di Mergoz-

zo. Questo risultato non è dovuto ad una progressiva diminuzione della concentrazione del seston, come è evidente dalla figura 1, ma piuttosto alla probabile esistenza, in questo periodo, di moti turbolenti convettivi che frenano la sedimentazione. Il rapido aumento del flusso verticale immediatamente seguente questo periodo potrebbe essere imputato, nei primi 20 metri, ad una sedimentazione di materiale di nuova produzione e, negli strati più profondi, a condizioni di assenza di correnti e turbolenze che favorirebbero la caduta delle particelle verso i sedimenti.

BIBLIOGRAFIA

Barbanti L. e E. Drago. 1971. Bilancio termico e flussi di calore nel Lago di Mergozzo. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 27:269-316.

Barbanti L., A. Carello e V. Libera. 1976. Lago di Mergozzo: rilevamento batometrico e note geomorfologiche. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33:201-219.

Bertoni R. 1978. Automatic determination of carbon and nitrogen in suspended matter of natural water with Carlo Erba 1106 CHH elemental analyzer. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 36:297-301.

Bloesch J. 1974. Sedimentation und Phosporhanshalt im Vierwaldstattersee (Horwer Bucht) und im Rotsee. Schweiz. Z. Hydrol., 36: 71-187.

Bloesch J. and M. Burns. 1980. A critical review of sedimentation trap technique. Schweiz. Z. Hydrol., 42:15-55.

Calderoni A., R. Mosello and G. Tartari. 1978. Hydrochemistry and chemical budget of Lago di Mergozzo (Northern Italy). Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 36:239-266.

Callieri C., R. Bertoni and M. Contesini. 19S6. Settling rates of particulate matter in Lago di Mergozzo (Northern Italy). Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 44:147-164.

Lenz J. 1977. Seston and its main components. In: G. Rheinheimer Ed., "Microbial ecology of a brackish water environment", Ecological studies 25, Springer Verlag.

Smayda T. J. 1970. The suspension and sinking of phytoplankton in the sea. Oceanogr. mar. biol. *A. Rev*. 8:353-414.

Smayda T. J. 1974. Some experiments on the sinking characteristics of two fresh water diatoms. Limnol. Oceanogr. 19:628-635.

Smetacek V., K. von Brockel, B. Zeitzschel and W. Zenk. 1978. Sedimentation of particulate matter during a phytoplankton spring bloom in relation to the hydrographical regime. Mar. Biol., 47: 211-226.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 155 a pag. 164

CONCENTRAZIONE DI NUTRIENTI NELLA LAGUNA DI VENEZIA, BACINO SETTENTRIONALE.

F. BIANCHI, A. BOLDRIN, F. CIOCE, G. SOCAL

Istituto di Biologia del Mare, C.N.R., Venezia

SUMMARY

The variations of hydrological parameters (temperature, salinity, pH and dissolved oxygen) and nutrient concentrations (ammonia, nitrite, nitrate, silicate and phosphorus), examined every two hours for a tidal cycle in six stations located in the northern part of the lagoon of Venice and sampled on May and October, 1993, are exposed. The considered area, palude di Cona, can be assumed to be a well defined system placed between fresh water inputs and the remaining part of the lagoon. Results indicate that salinity is the basic tracer to follow mixing processes. Oxygen percent saturation and pH even depends on biological activities, due to phytoplankton production. In the river outflow waters, high nutrient levels and the prevalence of nitrate indicate the agricultural source of the effluents. In the output station, the wide range of nutrient concentrations depends on the tidal dynamic, with values close to those found in coastal waters of the Adriatic Sea. Except phosphorus, that assumes higher values in spring, hydrological and nutrient variations are quite limited in the examined seasonal situations.

INTRODUZIONE

Questo studio fa parte di un programma di ricerca sull'idrologia e biologia del bacino settentrionale della laguna di Venezia; in particolare è stata presa in considerazione un'area dove sono presenti le più cospicue fonti di immissione di acque dolci di tutta la gronda lagunare (palude di Cona; Cavazzoni S., 1973). In tale ambiente le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche presentano variazioni legate al ciclo mareale e dipendono in stretta misura da fenomeni di immissione fluviale, di ingressione di acque costiere, e da processi autoctoni di natura prevalentemente biologica (vedi

Cioce F. et al., 1979; Socal G., 1981; Barillari A. et al., 1985).

Scopo di questo lavoro è esaminare qualitativamente e quantitativamente i nutrienti nel disciolto, con particolare riguardo alle loro variazioni a breve scala temporale.

1. MATERIALI E METODI

Si sono effettuate misure e campionamenti per un ciclo mareale, con un intervallo medio di due ore, su sei stazioni (Fig. 1), rappresentative dei punti di scambio dell'area sia con la laguna, sottoposta ad ingressioni sailine, sia con il sistema di acque dolci gravitante attorno alla palude di Cona; i punti dove avvengono i processi di scambio con l'entroterra sono localizzati nel fiume Dese, canali S. Maria, Siloncello e Silone. Il fiume Dese, con il suo rama S. Maria, rappresenta il punto di massima immissione di acque dolci, che raccoglie rilevanti apporti da terreni agricoli limitrofi (Angeli E. et al., 1983).

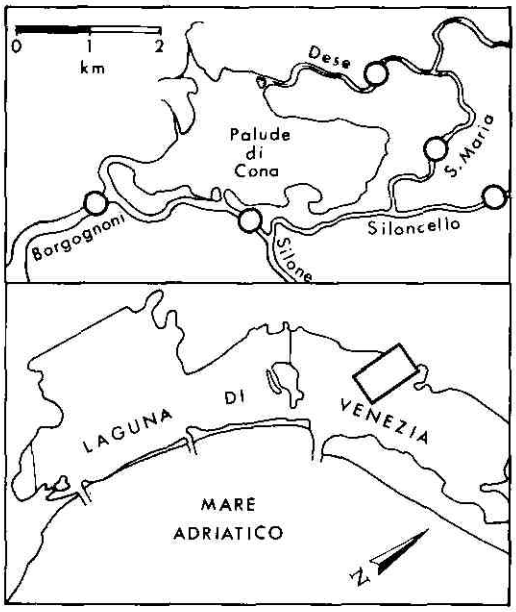


Fig. 1. Localizzazione delle stazioni di misura e campionamento.

Il canale Silone è in comunicazione con il fiume Sile e con altri canali, mentre il Siloncello è privo di importanti rapporti con i sistemi fluviali. Si sono inoltre presi in considerazione il punto di scambio dell'area con la restante parte della laguna (canale Borgognoni) e una stazione localizzata nella palude stessa.

Si sono misurati i parametri idrologici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH). Le concentrazioni dell'azoto nitroso, nitrico, del fosforo da ortofosfati e del silicio da ortosilicati nel disciolta sono state determinate secondo Strickland e Parsons (1972), l'azoto ammoniacale secondo Solorzano (1969). I prelievi sono stati ripetuti in due situazioni stagionali, maggio ed ottobre 1983, rispettivamente durante una marea di quadratura e di sizigie.

2. RISULTATI

Nel sistema considerato gli apporti più consistenti di acque dolci sono a carica del fiume Dese, per il quale, durante l'autunno, si sono rilevate portate massime superiori ai 20 m^3/s e in misura minore nel canale S. Maria. Le salinità sono in quest'area mediamente inferiori al 97‰ in entrambe le situazioni stagionali; la temperatura media presenta valori di 21°C in maggio e 17°C in ottobre. Il canale Spioncello, pur mostrando una distribuzione del carico salino analoga, ha una dinamica ridotta, con una portata generalmente al di sotto dei 5 m^3/s. Nel canale Borgognoni la salinità assume valori compresi tra 14.4 e 32.37‰ in relazione al flusso mareale (Fig. 2) e le temperature medie sono sui 20° C in entrambe le stagioni. Situazione analoga si verifica anche nel canale Silone, geograficamente e dinamicamente simile al canale Borgognoni. La stazione nella palude di Cona presenta oscillazioni contenute e salinità intermedie (media del 16‰ in maggio e del 20‰ in ottobre).

L'ossigenazione relativa mostra generalmente valori prossimi alla saturazione, con pH compresi tra 8.2 e 8.5; condizioni di sottosaturazione si rinvengono nel fiume Dese ed in primavera anche nel canale S. Maria, coincidenti con diminuzioni del pH fino a 7.8.

L'andamento di questi parametri nel tempo sembra di pendere principalmente da processi biologici legati al ciclo nictemerale

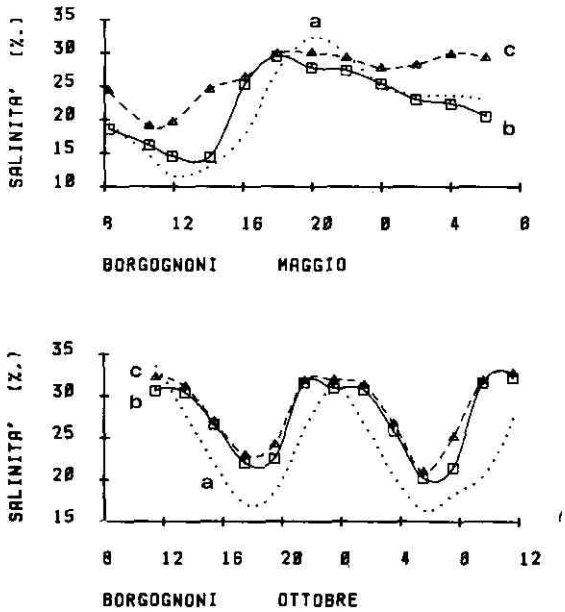


Fig. 2. Variazioni temporali della marea (a) e della salinità in superficie (b) ed al fondo (c) nel canale Borgognoni, nelle situazioni indicate.

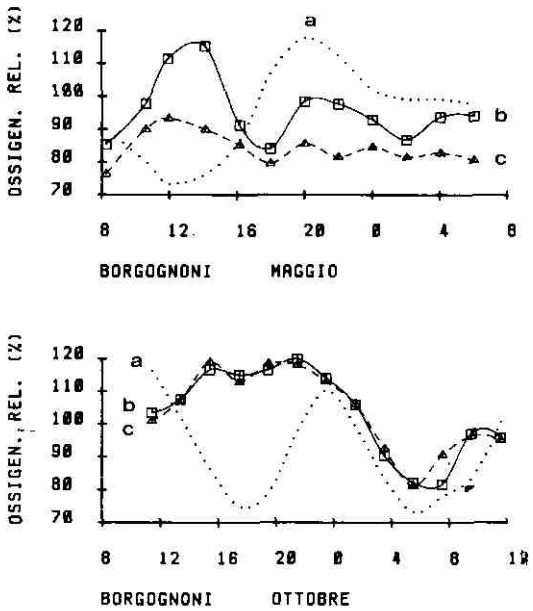


Fig. 3. Variazioni temporali della marea (a) e della ossigenazione relativa in superficie (b) ed al fondo (c) nel canale Borgognoni, nelle situazioni indicate.

TABELLA I. Coefficienti di correlazione calcolati tra i nutrienti ed i parametri idrologici.
° = p < 0.05 °° = p < 0.01

	MAGGIO				OTTOBRE			
	TEMP	SAL	O_2%	pH	TEMP	SAL	O_2%	pH
$N\text{-}NH_3$	0.09	-0.74 °°	-0.30 °	-0.68 °°	-0.48 °°	-0.71 °°	-0.89 °°	-0.92 °°
$N\text{-}NO_2$	0.17	-0.83 °°	-0.14	-0.66 °°	-0.79 °°	-0.91 °°	-0.67 °°	-0.85 °°
$N\text{-}NO_3$	0.03	-0.79 °°	-0.14	-0.62 °°	-0.85 °°	-0.86 °°	-0.18	-0.47 °°
$Si\text{-}SiO_4$	0.31 °	-0.88 °°	0.02	-0.43 °°	-0.87 °°	-0.97 °°	0.38 °°	-0.65 °°
$P\text{-}PO_4$	0.23	-0.86 °°	-0.11	-0.41 °°	-0.57 °°	-0.80 °°	-0.79 °°	-0.87 °°

(Fig. 3). In particolare, ampie oscillazioni dell'ossigenazione relativa si riscontrano nella palude di Cona e nel canale Siloncello; in quest'ultimo, nel mese di maggio si passa da valori del 50% al mattino fino a più del 200% nelle ore pomeridiane, in relazione alla presenza di popolazioni fitoplanctoniche in elevate abbondanze numeriche (superiori a 10^7 cell /l).

I nutrienti rilevati assumono concentrazioni variabili in relazione ai punti di campionamento, con valori generalmente decrescenti dai fiumi al canale Borgognoni, e con oscillazioni causate dal moto mareale (Fig. 4).

Dall'esame dei coefficienti di correlazione tra i nutrienti e i parametri idrologici (Tab. I), risultano significative le relazioni inverse esistenti fra nutrienti e salinità ($p<0.01$ in entrambe le situazioni). Questo suggerisce la passibilità di suddividere i punti stazione secondo classi di salinità raggruppando in tal modo masse d'acqua con caratteristiche simili ed associando a ciascuna di esse i valori rispettivi di nutrienti rilevati (Tab. II). Il canale Siloncello, per la peculiarità dei suoi caratteri fisico-chimici, viene considerata separatamente.

Dove prevalgono condizioni fluviali (salinità inferiori al 10‰), l'azoto totale presenta valori superiori a 100 µg-at/l, con percentuali di azoto nitrico maggiori del 50% e di azoto ammoniacale attorno al 40%.Questi valori sono in relazione a quanto riscontrato negli effluenti di origine agricola presenti nell'area (Zingales F. et al., 1980). Nel canale Siloncello, il

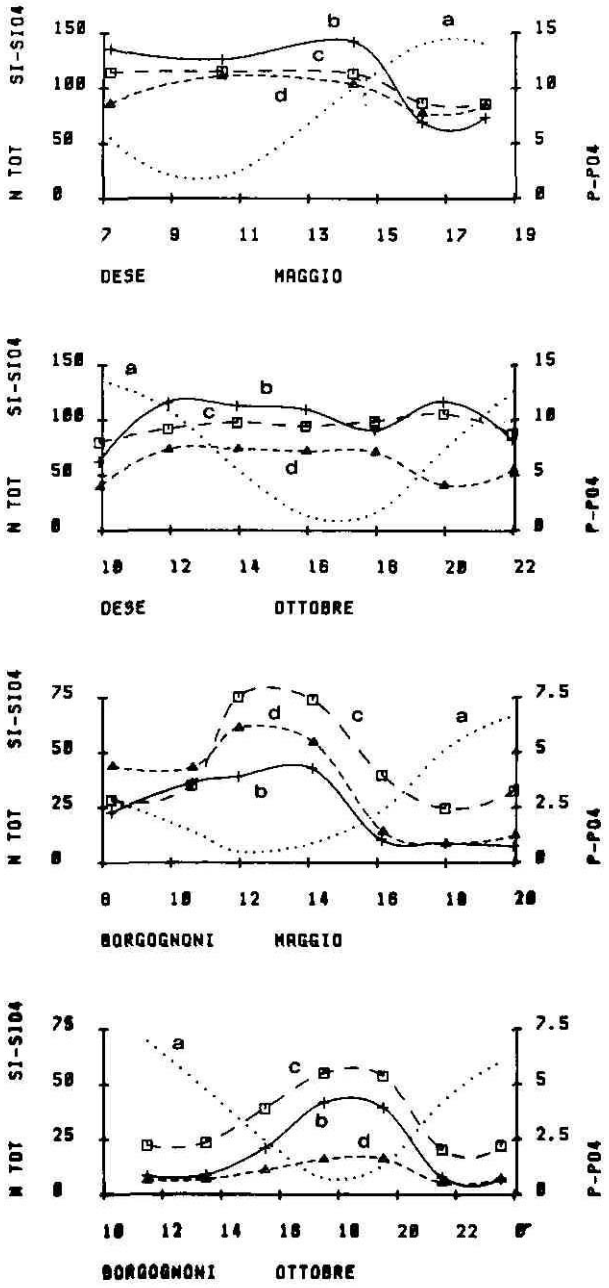


Fig. 4. Variazioni temporali della marea (a), dell'azoto totale (b), del silicio da ortosilicati (e) e del fosforo da ortofosfati (d) nelle situazioni indicate. Le unita' di misura sono in µg - at/l.

TABELLA II. Medie e deviazioni standard dei parametri idrologici e dei nutrienti, suddivisi per le classi di salinita' indicate (‰); n = numero di osservazioni.

		TEMP °C	SAL ‰	O_2%	pH	$N\text{-}NH_3$	$N\text{-}NO_2$	$N\text{-}NO_3$	$Si\text{-}SiO_4$	$P\text{-}PO_4$	N/P
						μg-at / l					
MAGGIO											
Sal<10	$\bar{x}$	20.9	6.8	97.0	8.13	47.14	6.77	62.64	100.66	8.67	14.6
n=10	sd	0.9	2.4	34.7	0.21	20.44	1.39	13.74	14.27	2.38	5.1
10<Sal<20	$\bar{x}$	21.1	16.3	130.4	8.78	10.89	1.90	18.92	57.18	4.69	6.4
n=15	sd	1.5	2.0	54.4	0.33	10.58	1.47	12.32	21.19	1.60	3.6
Sal>20	$\bar{x}$	20.0	27.0	87.4	8.52	5.67	0.54	4.26	29.01	1.26	9.3
n=11	sd	0.4	2.3	6.1	0.13	1.37	0.18	2.35	8.30	0.56	3.2
Siloncello	$\bar{x}$	21.3	17.2	157.4	8.45	6.43	3.29	33.66	53.93	2.02	21.5
n= 5	sd	0.7	2.6	65.9	0.22	2.91	0.76	26.00	12.90	0.70	10.2
OTTOBRE											
Sal<10	$\bar{x}$	17.3	6.8	61.7	7.88	43.22	6.55	61.86	95.82	6.59	17.5
n=11	sd	0.1	1.5	9.4	0.09	5.55	0.76	9.72	4.75	1.08	4.0
10<Sal<20	$\bar{x}$	17.8	15.0	89.4	8.07	19.31	4.25	52.25	78.22	3.20	29.0
n=6	sd	1.0	2.4	32.5	0.16	14.11	1.92	17.03	8.73	1.62	14.8
20<Sal<30	$\bar{x}$	19.7	23.0	117.8	8.32	7.15	1.74	22.72	52.94	1.48	22.7
n=13	sd	0.6	2.1	10.2	0.05	1.21	0.38	7.30	8.35	0.32	10.1
Sal>30	$\bar{x}$	20.3	31.2	111.6	8.33	4.02	0.46	2.98	20.64	0.06	12.8
n=11	sd	0.3	0.7	7.9	0.04	0.55	0.07	0.72	2.71	0.10	2.7
Siloncello	$\bar{x}$	15.9	11.3	130.1	8.28	6.00	4.09	81.01	93.73	1.96	49.5
n=7	sd	0.5	4.8	31.1	0.17	6.99	0.53	30.61	11.24	0.62	20.3

nitrato raggiunge in entrambe le situazioni stagionali i massimi percentuali misurati nell'area (valori del 70-80%).

Le quantità di azoto decrescono con l'aumentare della salinità fino a 10 µg-at/l, approssimandosi ai valori noti per l'Adriatico settentrionale (Franco P. et al., 1979). In queste acque l'ammoniaca rappresenta la forma di ossidazione dell'azoto più abbondante (circa il 55% del totale).

Il fosforo da ortofosfati mostra valori medi compresi 1.3 e 8.7 µg-at/l a maggio e tra 0.6 e 6.6 µg-at/l in ottobre, rispettivamente in acque ad elevata salinità e nei fiumi. Le maggiori concentrazioni riscontrate in primavera sembrano essere dovute all'apporto dai terreni agricoli limitrofi. I rapporti N/P assumono nel mese di maggio valori medi compresi tra 6.4 e 14.6, sensibilmente inferiori a quelli rinvenuti in ottobre (tra 12.8 e 29.1). Nel canale Siloncello i rapporti medi N/P sono di 21.5 in maggio e 49.5 in ottobre, causa una ridotta disponibilità di fosforo, presente in concentrazioni medie di 2 µg-at/l; soltanto questi valori si approssimano a quelli rilevati in altri sistemi estuarini (Franco P. et al., 1979; Bregant D., Catalano G., 1983).

I fiumi risultano essere la principale fonte di silicio da ortosilicati nell'area, come è evidente dalla stretta correlazione con la salinità (in ottobre: $r = -0.971$; $p<0.01$). Nei fiumi il silicio raggiunge valori attorno ai 90-100 µg-at/l, mentre, durante la primavera nel canale Siloncello, la concentrazione media è circa 50 µg-at/l, in relazione al consumo per assunzione da parte dei popolamenti a diatomee presenti in condizioni di fioritura (Socal G., dati non pubblicati). Nelle acque a maggior salinità, i. valori medi del silicio scendono a 20-30 µg-at/l in entrambe le situazioni stagionali.

3.CONCLUSIONI

L'ambiente in esame assume condizioni variabilità acque dolci e acque con caratteristiche costiere, in relazione alla localizzazione delle stazioni e dei flussi mareali. Il parametro idrologico fondamentale per seguire i processi di mescolamento è rappresentato dalla salinità, mentre l'ossigenazione relativa ed il pH sembrano dipendere anche da processi biologici.

Congresso AIOL 43/1-14 - 1983.

CAVAZZONI S. - Acque dolci nella laguna di Venezia - CNR. Lab. Studio Din. Gr. Masse Rapp. Tecn. n. 64, pp. 40 - 1973.

CIOCE F., A. COMASCHI SCARAMUZZA, A. LOMBARDO., G. SOCAL - Hydrological and biological data from the northern basin of the Venice lagoon. June 1977-June 1979 - Atti Ist. veneto Sci. 137, 309-342 - 1979.

FRANCO P., G. SOCAL, F. BIANCHI - Nutrienti e biomassa fitoplanctonica nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1978 - Atti Conv. sci. naz. Prog. final. Oceanogr. Fondi mar., 47-59 - 1979.

SOCAL G. - Nota sulla distribuzione quantitativa del fitoplancton nel bacino settentrionale della laguna di Venezia. Giugno 1977-Giugno 1978 - Atti Ist. veneto Sci. Rapporti e studi 8, 105-119 - 1981.

SOLORZANO L. - Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method - Limnol. Oceanogr. 14, 799-801 - 1969.

STRICKLAND J.D.H., T.R. PARSONS - A practical handbook of seawater analysis – J. Fish. Res. Bd. Can. 167, pp.310 - 1972.

ZINGALES F., S. ALESSANDRINI., C. BENDORICCHIO, A. MARANI, F. PIANETTI, A. RINALDO, C. SARTORI-BUROTTO., S. ZANIN - Inquinamento dovuto alle acque di un bacino agricolo sversate nella laguna di Venezia - Inquinamento 12., 25-31 -198O.

Nelle acque di immissione fluviale, le elevate concentrazioni dei nutrienti e la prevalenza del nitrato sulle altre forme di ossidazione dell'azoto indicano la notevole influenza degli scarichi provenienti dai terreni agricoli nell'area studiata.

Nel punto di comunicazione tra il sistema e la rimanente parte del bacino (canale Borgognoni), le concentrazioni di nutrienti subiscono ampie oscillazioni controllate dalla marea, con valori che si avvicinano a quelli rilevati nell'ambiente costiero (Cioce F. et al., 1979).

Il canale Siloncello presenta caratteristiche chimico fisiche peculiari, che derivano da una dinamica particolarmente ridotta.

Le variazioni stagionali sono invece piuttosto contenute, per quanto riguarda le stagioni di transizione considerate, sia per i parametri idrologici che per i nutrienti. Fa eccezione il comportamento del fosforo da ortofosfati, che assume concentrazioni più elevate in primavera.

RINGRAZIAMENTI. Si ringraziano per la partecipazione ai campionamenti: A. Barillari, A. Cesca, A. Locatelli, M. Marin, G. Renzo, S. Rabitti, B. Scampini; S. Tortato per la preparazione dei disegni.

BIBLIOGRAFIA

ANGELI E., G. ARCARI, S. BERNARDI, R. CECCHI, F. COSTA, G. GHERMANDI, M. MENEGHIN, R. RUGGERI, F. SALVIATI, R. SANTANGELO, F. SIMIONATO, S. VAZZOLER, G. ZAMPERONI, R. ZENNARO - Metodologia per la misura diretta delle immissioni di acqua dolce e di inquinanti, e dell'intrusione salina nella parte nord della Laguna di Venezia - Atti 4 Congresso AIOL 27/1-13 - 1983.

BARILLARI A., F. BIANCHI, A. BOLDRIN, F. CIOCE, A. COMASCHI SCARAMUZZA, S. RABITTI, G. SOCAL - Variazione dei parametri idrologici, del particellato e della biomassa planctonica durante un ciclo tidale nella laguna di Venezia - Atti 6 Congresso AIOL 227-234. 1985.

BREGANT D., G. CATALANO - Distribuzione di alcuni elementi nutrienti alla bocca di Primiero (Laguna di Grado) - Atti 4

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 165 a pag. 174

DINAMICA DELLA SOSTANZA SOSPESA NELLA LAGUNA DI VENEZIA, BACINO SETTENTRIONALE.

A. BOLDRIN, S. RABITTI, F. BIANCHI, F. CIOCE

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Biologia del Mare
3O122 VENEZIA

SUMMARY

This paper deals with the observations on suspended matter dynamic in the Northern part of the lagoon of Venice (palude di Cona), carried out on July, 1984, and on March, 1985. In the frame to under stand the relationship among major mechanisms forcing the particulate matter dynamics, such as river inputs, tidal cycle and biological processes, hydrological parameters and suspended matter characteristics have been studied for at least one tidal cycle (two hours frequency) in two different seasons. Both in summer and winter conditions, three different environmental situations have been recognized, representing freshwater input, lagoon condition and low dynamic situation. In summer, riverine particulate matter shows high percentages of organic fraction due to local biological production, whereas suspended matter coming from the lagoon is mainly inorganic, in relationship with bottom sediment resuspension phenomena. In winter conditions, inorganic prevails everywhere, whereas total suspended matter concentrations are similar to summer. A preliminary suspended sol id budget shows that the studied area (palude di Cona) acts as a sink for organic and inorganic particulate matter.

INTRODUZIONE

Nell'ambito di un programma di ricerche iniziato nel 1982 (Barillari A. et al.,1985) vengono qui esposti alcuni risultati dello studio del materiale particellato nel bacino settentrionale della Laguna di Venezia. In particolare si riferisce sulla caratterizzazione qualitativa e quantitativa del sospeso in relazione ai principali meccanismi condizionanti la sua dinamica (ingressione fluviale, ciclo di marea, processi biologici), esaminati a

breve scala temporale e in diverse situazioni stagionali.

1. MATERIALI E METODI

Nell'ansa di studio (palude di Cona,foce del fiume Dese; Fig. l), scelta per la presenza in essa del massimo apporto di acque dolci di tutta la gronda lagunare (Cavazzoni S.,1973) e per la sua configurazione che la rende adatta ad uno studio dei flussi , sono state poste sotto osservazione 5 stazioni per un periodo di almeno un ciclo di marea, in condizioni di sizigie, nel luglio 1984 e nel marzo 1985.

Sono stati rilevati ogni due ore i parametri idrologici fondamentali (temperatura, salinità), la velocità e la direzione della corrente, le concentrazioni di materiale sospeso organico ed inorganico (valutato per via gravimetrica dopo filtrazione su filtro da 1 µm e successivo incenerimento, secondo Strickland J.D.H. e Parsons T.R.,1972), lo spettro dimensionale del particellato totale nel range 2-40 µm (per conteggio elettronico

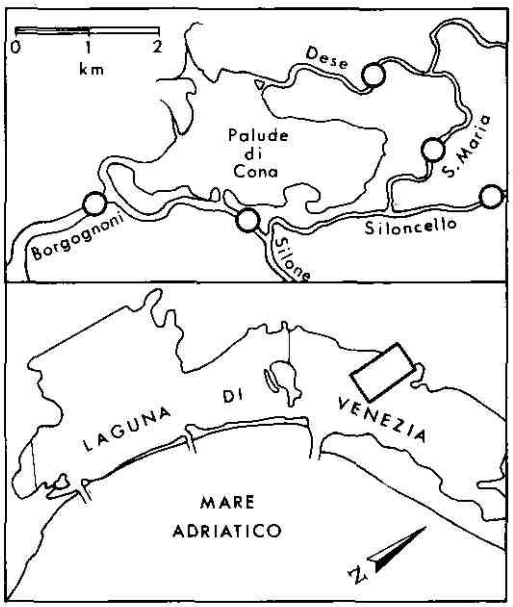


Fig. 1. Ubicazione delle stazioni di misura e campionamento.

TABELLA I. Valori medi (e deviazioni standard) dei parametri esaminati, suddivisi per situazione; n = numero di osservazioni.

		LUGLIO 1984						MARZO 1985					
		Tipo A n=14		Tipo B n=32		Tipo C n=7		Tipo A n=14		Tipo B n=33		Tipo C n=7	
TEMP	C	26.40	(0.64)	25.68	(1.21)	21.66	(1.68)	8.87	(0.21)	9.51	(0.41)	9.72	(0.10)
SAL	%.	7.64	(3.30)	24.08	(5.49)	7.80	(1.99)	0.57	(0.50)	19.64	(7.51)	6.00	(1.87)
TN	mg/l	1.02	(0.66)	0.13	(0.08)	1.88	(0.74)	0.21	(0.05)	0.07	(0.03)	0.37	(0.12)
TC	mg/l	5.37	(2.78)	1.40	(0.61)	10.48	(4.01)	1.68	(0.24)	1.19	(0.49)	2.37	(0.67)
C/N		5.81	(1.44)	12.70	(4.11)	5.58	(0.42)	8.11	(0.87)	16.28	(3.99)	6.54	(0.62)
PS	mg/l	23.76	(14.30)	11.85	(5.12)	30.38	(13.13)	24.87	(2.93)	16.81	(6.86)	22.48	(5.53)
ORG	%	56.20	(16.08)	30.94	(8.65)	89.05	(7.00)	17.02	(2.74)	21.69	(4.62)	28.91	(10.44)
CLOR a	µg/l	179.32	(139.65)	6.00	(7.76)	104.03	(48.21)	5.00	(1.31)	1.24	(0.71)	28.08	(13.76)
FEO	µg/l	10.10	(4.56)	0.97	(1.43)	28.68	(16.84)	0.09	(0.35)	1.04	(0.90)	4.65	(2.11)

mediante Coulter Counter), le concentrazioni di carbonio e azoto totali sul particellato (TC e TN, mediante analizzatore CHN, secondo Sharp J.H.,1974), la clorofilla a e i prodotti di degradazione (per via spettrofotometrica secondo Lorenzen). I bilanci solido e liquido per l'area della palude di Cona, integrati su un periodo di 12 ore, sono stati stimati secondo la schema di calcolo proposto da Kjerfve B. (1979).

2. RISULTATI

Esaminando le relazioni tra i parametri misurati emergono in entrambe le stagioni tre diverse situazioni tipo che verranno di seguito indicate con A, B e C, messe in evidenza anche dal l'analisi dei componenti principali (Fig. 2, Tabella I).

La situazione di tipo A (fiume Dese e canale S. Maria), che si può considerare rappresentativa degli apporti di acque dolci alla laguna, è caratterizzata da una dinamica elevata, legata soprattutto all'apporto fluviale (velocità massime di corrente nel fiume Dese intorno ai 40 cm/s in uscita). Presenta salinità basse e in entrambe le stagioni un carico solido mediamente

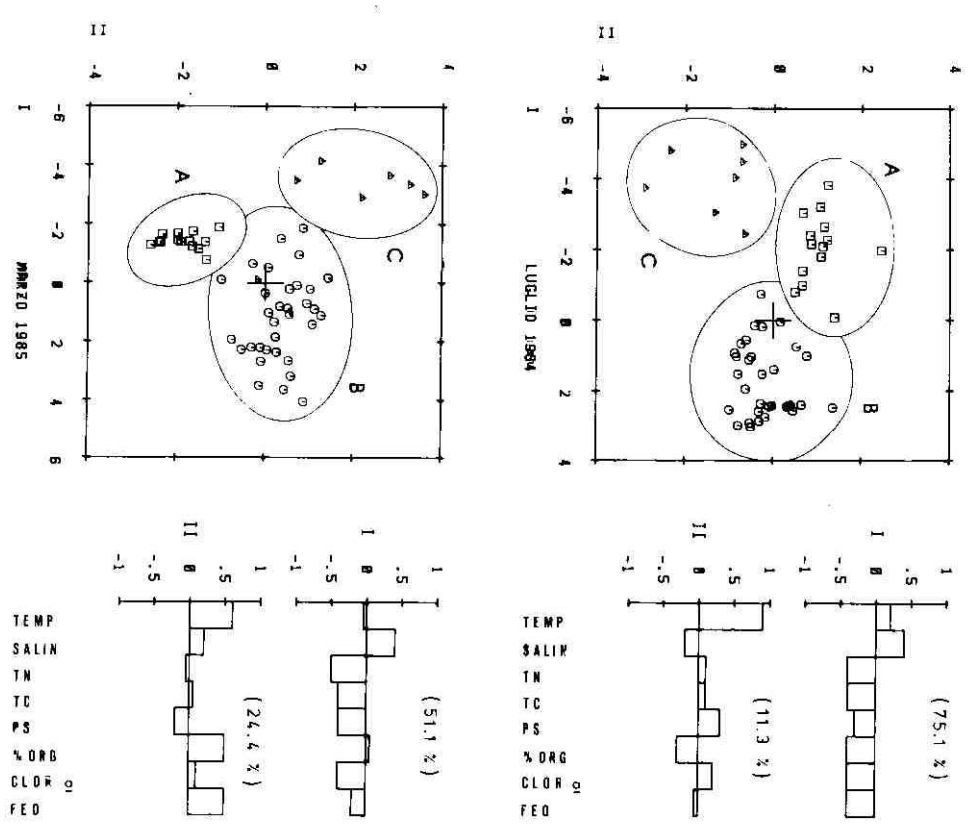


Fig. 2. Modelli di ordinamento dei campioni esaminati nel piano dei primi due componenti principali e relativi autovettori riferiti alle due situazioni studiate. Tra parentesi sono indicate le percentuali di varianza spiegata da ciascun autovettore.

elevato (24 mg/l), con una percentuale organica in estate pari al 56% (TC medio = 5 mg/l, TN medio = 1 mg/l) ed in inverno pari al 17% (TC medio = 1.7 mg/l, TN medio = 0.2 mg/l). Il rapporto C/N è circa 6 in estate e 8 in inverno. La biomassa fitoplanctonica presenta concentrazioni particolarmente elevate in estate (180 µg/l di clorofilla a e 10 µg/l di feopigmenti), raggiungendo nel fiume Dese un massimo di 521 µg/l corrispondente ad una abbondanza fitoplanctonica di 1.5 x 10^8 cellule/l; in inverno i valori medi si aggirano attorno ai 5 µg/l di clorofilla a.

La situazione di tipo B (confluenza Silone-Siloncello, canale Borgognoni) è indicativa di condizioni tipicamente lagunari, con salinità variabili tra il 5 e il 30‰ sia in estate che in inverno. L'idrodinamismo è principalmente in relazione al flusso di marea: le velocità massime di corrente registrate sono superiori ai 40 cm/s in marea entrante. Il carico solido medio è di 14 mg/l ed in esso prevale la frazione inorganica (circa 70%). L'andamento della concentrazione del solido trasportato è in relazione alla velocità di corrente, che rende possibili fenomeni di risospensione del sedimento di fondo (Fig. 3).

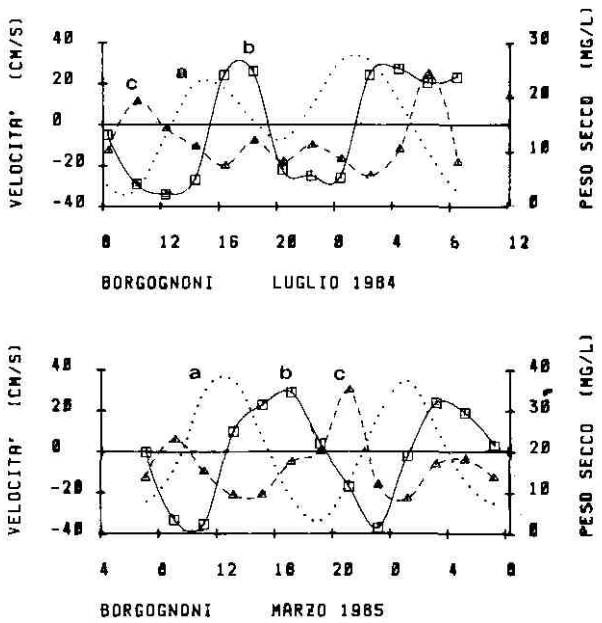


Fig. 3. Variazioni nei tempo della marea (a), della velocità di corrente (b) e del carico solido (c) misurati ad un metro dal fondo nel canale Borgognoni, nei due periodi esaminati.

Il contenuto in clorofilla a nella stagione estiva varia tra 16 µg/l nella stazione della confluenza Silone-Siloncello e 3 µg/l a Borgognoni. Nella situazione invernale le concentrazioni sono più basse (media = 1.2 µg/l di clorofilla a). Il rapporto C/N è mediamente 13 in estate e 16 in inverno. L'aumento del rapporto C/N rispetto alla precedente situazione A può essere spiegato dalla accresciuta presenza di carbonio legato alla frazione inorganica oppure alla diversa composizione e/o utilizzazione del materiale organico.

La situazione di tipo C (canale Siloncello), rappresentativa di aree lagunari a dinamica estremamente ridotta (velocità di corrente inferiori a 10 cm/s), presenta un andamento dei parametri del tutto diverso dalle altre stazioni. La percentuale organica del solido sospeso (su un totale medio di 26 mg/l) è pari all'89% in estate e al 29% in inverno. I valori delle concentrazioni di clorofilla a superano in estate i 100 µg/l, con i massimi assoluti riscontrati per i prodotti di degradazione (29 µg/l).

Dall'analisi degli spettri dimensionali del materiale sospeso è risultata una suddivisione tipologica analoga a quella già rilevata, evidente in entrambe le situazioni stagionali.

In estate, il tipo A è caratterizzato da un picco netto attorno al diametro di 10 µm, corrispondente ad una popolazione di microflagellati, che raggiunge frequenze percentuali massime del 96% del fitoplancton e scompare nella stagione invernale. In inverno prevalgono diametri inferiori (media attorno ai 4µm), legati alla trazione inorganica del solido trasportato (circa l'80%; Fig. 4a).

Il tipo B presenta spettri dimensionali molto variabili, con curve polimodali e medie tra 5 e 8 µm, sia in estate che in inverno. Tale variabilità sembra essere in stretto rapporto con il flusso di marea e le differenti sorgenti di materiale ad esso collegate (Fig. 4b).

Il tipo C presenta un picco estremamente marcato attorno ai 30 µm, sia in estate che in inverno, legato alla presenza dominante di una popolazione di dinoflagellati, che, in estate,
raggiunge abbondanze numeriche superiori a 9 x 10^6 cell/l (Fig. 4c).
Sulla base delle portate liquida e solida rilevate nelle due stagioni, sono stati calcolati i flussi del materiale solido in

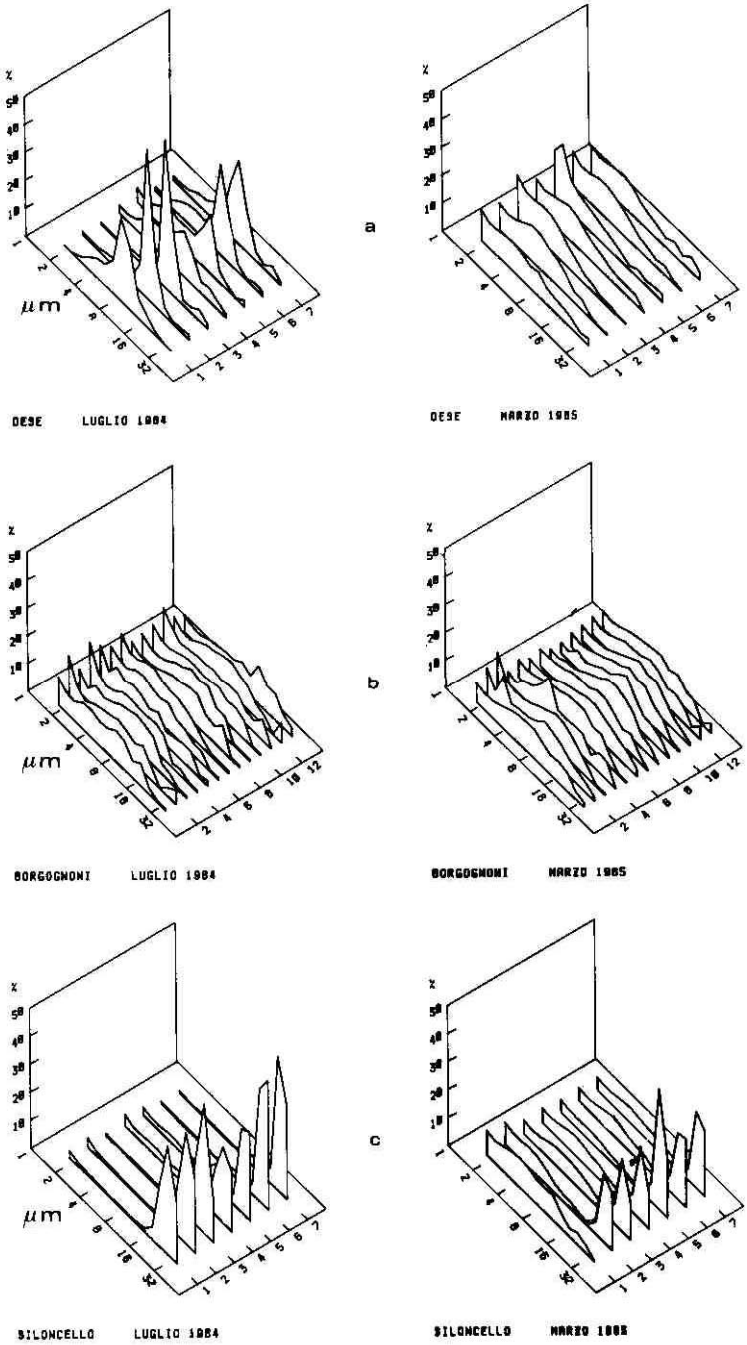


Fig. 4. Spettri dimensionali del materiale particellato riferiti alle stazioni e alle situazioni indicate.

TABELLA II. Valori medi (e massimi) dei flussi solido e liquido nelle 12 ore considerate. Valori negativi indicano direzione di flusso dalla palude di Cona verso l'esterno.

	LUGLIO 1984			MARZO 1985		
	PORTATA m^3/s	SOLIDO TOTALE kg/s	SOLIDO ORGANICO kg/s	PORTATA m^3/s	SOLIDO TOTALE kg/s	SOLIDO ORGANICO kg/s
Dese	5.5 (26.3)	-0.06 (-1.40)	0.02 (0.48)	3.1 (25.0)	0.06 (0.57)	0.02 (0.12)
S.Maria	0.5 (10.0)	0.002 (0.13)	0.002 (0.07)	3.3 (6.6)	0.09 (0.18)	0.02 (0.03)
Siloncello	0	0	0	-0.2 (-6.3)	-0.01 (-0.20)	-0.002(-0.05)
Silone-Silonc.	4.3 (48.2)	-0.01 (-0.68)	0.02 (0.31)	9.1 (40.0)	0.25 (1.19)	0.05 (0.22)
Borgognoni	35.2(160.0)	0.36 (1.60)	0.10 (0.51)	-6.6(164.0)	-0.05 (-2.26)	0.03 (0.51)

sospensione per il comparto della palude di Cona (Tabella II). Le stazioni nel fiume Dese, nei canali S. Maria e Siloncello e alla confluenza Silone-Siloncello sono state considerate punti di scambio attivi tra la terra-ferma e la palude di Cona, mentre la stazione nel canale Borgognoni rappresenta il punto di contatto con il bacino settentrionale della laguna di Venezia.

Nella figura 5 viene proposto uno schema di bilancio della Palude di Cona relativo al solido trasportato, integrato per un periodo di 12 ore. Nel mese di luglio 1984 la direzione del flusso del solido totale trasportato va dalla laguna verso la palude e da questa verso la terraferma. I flussi della frazione organica convergono verso la palude. Nel marzo 1985 la direzione del flusso del solido totale si inverte, procedendo dalla terra-ferma verso la palude di Cona e da questa verso la laguna. Il flusso della frazione organica si mantiene convergente verso la palude, analogamente alla situazione estiva.

3. CONCLUSIONI

Data l'estrema variabilità delle condizioni indotte dal flusso di marea, che differiscono significativamente in relazione

al ciclo ed alla stagione, dall'esame dei risultati fin qui ottenuti è difficile estrapolare conclusioni di validità generale, soprattutto a causa della brevità del periodo studiato e delle scale temporali dei fenomeni esaminati. Ciononostante è possibile trarre le seguenti osservazioni sulla dinamica della sostanza sospesa nella Palude di Cona:

(a) durante la stagione estiva il particellato di origine fluviale è caratterizzato da una elevata componente organica, risultante dai processi di produzione fitoplanctonica mentre il particellato legato alle ingressioni di acque a più elevata salinità è costituito in percentuale preponderante dalla fase inorganica per possibili fenomeni di risospensione delle frazioni più fini del sedimento di fondo, legati alla dinamica del flusso di marea;

(b) nella stagione invernale, nel materiale in sospensione prevalgono condizioni piuttosto omogenee per quanto riguarda il frazionamento in organico ed inorganico. La componente inorganica risulta sempre predominante in tutte le stazioni, mentre la quantità totale di materiale sospeso non subisce variazioni particolari rispetto alla situazione estiva;

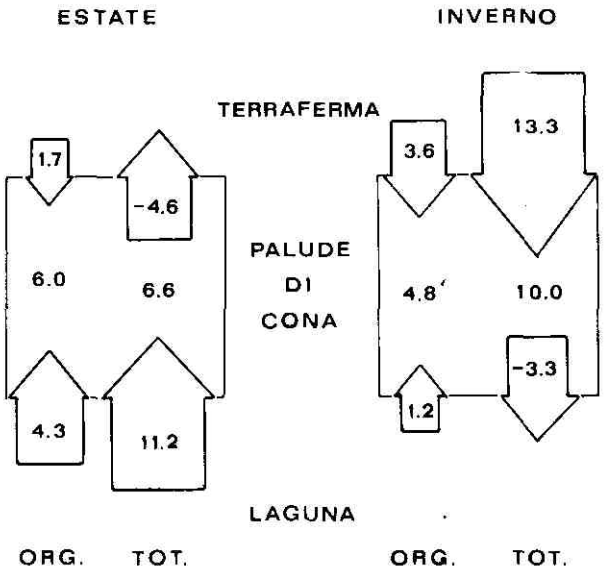


Fig. 5. Flussi nei materiale sospeso, organico e totale (kg. 10^3), relativi alla palude di Cona nelle situazioni esaminate. I valori all'interno del comparto indicano i bilanci risultanti.

(c) si è evidenziata l'esistenza di aree (canale Siloncello) in cui vengono a crearsi condizioni particolari originate dalla scarsa dinamica delle acque nonostante esse siano fisicamente collegate sia con l'ambiente fluviale che con l'ambiente lagunare; tali condizioni favoriscono lo sviluppo di popolazioni fitoplanctoniche a carattere locale.

(d) per quanto riguarda i flussi si può dedurre che, considerando le due situazioni esaminate, la palude di Cona presenta una tendenza generale all'accumulo al suo interno di materiale sia organico che inorganico. Solamente uno studio prolungato su più cicli di marea ed in periodi successivi potrà rendere conto della estrema variabilità connessa con i fenomeni presi in esame e portare alla comprensione dei complessi meccanismi e dei delicati equilibri tipici di ogni ambiente lagunare.

Si ringraziano i dr. Socal e Barillari per la fattiva collaborazione ed i sigg. Cesca, Locatelli, Marin, Renzo e Scampini per l'indispensabile assistenza durante le operazioni di campagna.

3. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BARILLARI A., F. BIANCHI, A. BOLDRIN, F. CIOCE, A. COMASCHI SCARAMUZZA, S. RABITTI, G. SOCAL - Variazione dei parametri idrologici, del particellato e della biomassa fitoplanctonica durante un ciclo tidale nella laguna di Venezia - Atti 6 Congresso AIOL, 227-234 - 1985.

CAVAZZONI S. - Acque dolci nella laguna di Venezia - CNR, Lab. Studio Din. Gr. Masse, Rapp. Tecn. n.64, pp.40 - 1973.

KJERFVE B. - Measurement and Analysis of Water Current, Temperature. Salinity, and Density - Estuarine hydrography and sedimentation, K.R. Dyer Ed., Cambridge Univ. Press, pp. 186-216 - 1979.

SHARP J.H.- Improved analysis for particulate organic carbon and nitrogen from seawater - Limnol. Oceanogr.,19, 984-989 -1974.

STRICKLAND J.D.H, T.R. PARSONS - A practical handbook of seawater analysis - J. Fish. Res. Bd. Can.,167, pp.310 - 1972.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 175 a pag. 184

ESTRAZIONE DI ACQUE INTERSTIZIALI DA SEDIMENTI. APPLICAZIONI DI UN SISTEMA A BASSA PRESSIONE A SEDIMENTI MARINI

(Pore waters extraction from marine sediments by meansa low pressure squeezer)

R. BONIFORTI(+), G. CICERI(++), E. MONTI(++), G. QUEIRAZZA(+++)
(+)ENEA CREA S. Teresa-La Spezia; (++)CISE, Sagrate-Milano,
(+++)ENEL CRTN-Milano

Riassunto. Viene descritto uno spremitore a bassa pressione e la scatola a guanti a temperatura ed atmosfera controllata ove è posto.
Vengono infine riportati i risultati ottenuti usando lo spremitore per sedimenti raccolti nell'area costiera di Montalto di Castro.

Summary. A low pressure squeezer, operated in a special glove box at the "in situ" temperature and under nitrogen, is presented.
The squeezer allows to obtain pore water from silt and clayey sediments with high efficiency.
Finally the results concerning the use of the squeezer for sediments collected at Montalto di Castro coastal area are reported and discussed.

1. Introduzione

La conoscenza della concentrazione di elementi in traccia nelle acque interstiziali di sedimenti marini (è quindi del loro fattore di concentrazione tra acque interstiziali ed acqua di mare della colonna sovrastante i sedimenti) è di fondamentale importanza per l'identificazione delle vie di dispersione ed accumulo di inquinanti di tipo convenzionale o di radionuclidi in un ecosistema marino.

Le reazioni diagenetiche, infatti, possono portare alla ridissoluzione, nelle acque interstiziali, di quantità più o meno elevate di inquinanti e produrre, di conseguenza, un flusso diffusionale di questi dai sedimenti verso l'acqua di mare sovrastante.

Il campionamento dell'acqua interstiziale può essere eseguito o mediante metodi "in situ" o mediante metodi indiretti. I metodi "in situ" utilizzano essenzialmente la dialisi (Carignan et al., 1985) o 1'aspirazione diretta (Brinckman et al., 1982).

I metodi indiretti includono la spremitura di sedimenti con sistemi meccanici azionati a gas, sia a bassa che media pressione, o con sistemi meccanici azionati idraulicamente ad alta pressione. Questi sistemi possono essere applicati sia in campo (Ridout, 1981) sia in laboratorio (Ridout e Pagget, 1984). L'estrazione dell'acqua interstiziale può essere anche ese-

guita mediante centrifugazione diretta (Heggie e Lewis, 1984), oppure in presenza di un solvente inerte ad alta densità.

Un campione di acqua interstiziale, destinato all'analisi di elementi a livello di traccia (ppm o ppb), deve essere il più possibile rappresentativo della composizione "in situ" di questa matrice.

Alcuni studi(Troupe t al., 1974; Bray et al., 1973) hanno messo in evidenza che la separazione dell'acqua interstiziale dai sedimenti deve essere condotta in atmosfera inerte. Il contatto di sedimenti anossici con l'ossigeno atmosferico, infatti, provoca l'ossidazione del Fe(II) e del Mn(II), alquanto solubili, a Fe(III) e Mn(IV) di solubilità molto più ridotta. Gli idrossidi di Fe(III) e Mn(IV) che si formano tendono ad inglobare quantità variabili di altri elementi in traccia, come per esempio Cr, Zn, Pb e Co.

Altri studi (Bischoff et al.,1970; Fanning e Pilson, 1971) hanno messo in evidenza come la separazione dell'acqua interstiziale dai sedimenti a temperatura diversa di quella "in situ", comporti una variazione di composizione dovuta alla dipendenza della temperatura della capacità di scambio ionico delle particelle costituenti i sedimenti, almeno per alcuni elementi.

Per i motivi suddetti la spremitura dei sedimenti deve essere operata in atmosfera di gas inerte (in genere N_2) ed alla stessa temperatura dell'acqua sovrastante il sedimento al momento del prelievo.

2. Parte sperimentale

In fig. 1 è mostrato uno schema dell'apparecchiatura utilizzata. Si tratta di uno spremitore, a bassa pressione pneumatica, realizzato con criteri atti alla separazione dell'acqua interstiziale dai sedimenti in condizioni tali da ridurre al minimo il pericolo di contaminazione.

I materiali con i quali il sedimento e/o l'acqua interstiziale vengono a contatto sono teflon (PFTE), nylon, gomma al silicone, polietilene, policarbonato, poliestere e tygon.

L'apparecchiatura è stata concepita in modo da agevolare al massimo le operazioni di recupero dell'acqua interstiziale, di estrazione dei sedimenti spremuti e di pulizia. La pressione di esercizio (sul sedimento) è compresa tra 0 e 14 kg/cm^2.

La possibilità di raccogliere l'acqua interstiziale sia al di sotto del cestello che al di sopra del pistone dello spremitore, permette di ridurre notevolmente i tempi operativi.

La separazione dell'acqua interstiziale dai sedimenti viene effettuato in una apposita scatola a guanti realizzata in materiale isolante rivestito di alluminio.

La serpentina refrigerante, interna alla scatola, è di acciaio inossi-

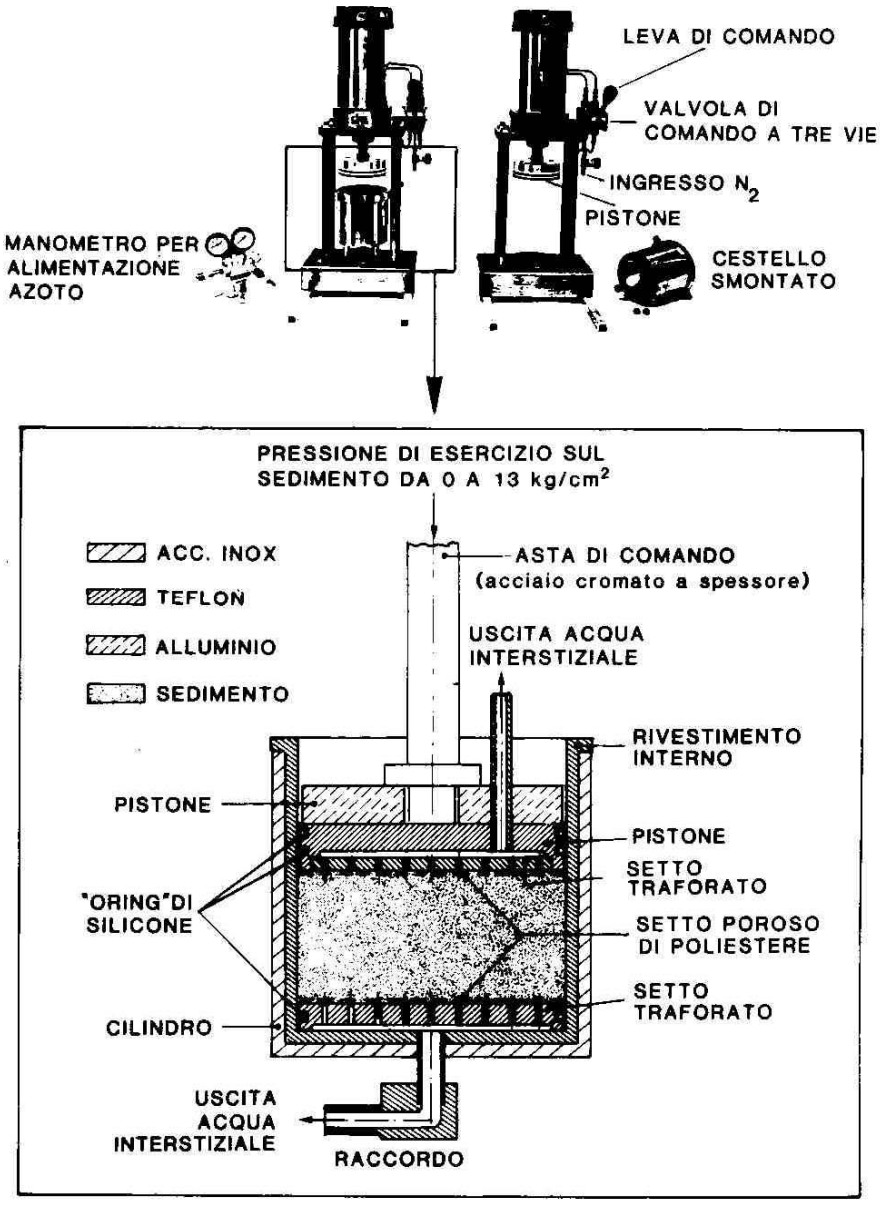


Fig. 1 - Schema dell'apparecchiatura utilizzata (spremitore a bassa pressione pneumatica)

dabile.L'apparato motore-compressore del refrigerante, esterno alla scatola, è dimensionato in modo da poter operare a temperature programmabili comprese tra 4 e 15 °C. La scatola a guanti è chiusa frontalmente da una finestra di plexiglass di 1 cm di spessore.

L'estrazione dell'acqua interstiziale è stata condotta su sedimenti prelevati durante il periodo 6/84-9/85 nella zona di mare compresa tra il Monte Argentario e la foce del fiume Fiora. I prelievi sono stati effettuati con l'utilizzo di un carotatore di "Craib" munito di tubi di plexiglass di 25 cm di lunghezza e 5,5 cm di sezione.

Allo scopo di ottenere un campione d'acqua interstiziale rappresentativo della composizione "in situ" della matrice, sono state adattate le seguenti precauzioni :

- conservazione e processamento dei campioni di sedimenti alla stessa temperatura del prelievo ed in atmosfera di azoto;
- processamento dei campioni di sedimenti in campo entro 24 ore dal prelievo;
- accurato precondizionamento per lavaggio acido di tutti i materiali destinati ad entrare in contatto con i sedimenti e l'acqua interstiziale.

La separazione dell'acqua interstiziale dai sedimenti è sempre stata operata in atmosfera di azoto, in presenza di una concentrazione di ossigeno residuo inferiore all'1% in volume.

Data la delicatezza delle operazioni si è ritenuto opportuno valutare il livello di contaminazione prodotto da un ciclo di spremitura. A tale scopo i cestelli degli spremitori sono stati riempiti con acqua di mare ed è stata simulata una procedura di spremitura di sedimenti, rispettando il più possibile i reali tempi di contatto con i vari materiali che si registrano nella pratica.

3. Risultati e discussione

II volume di acqua interstiziale recuperabile con l'utilizzo del dispositivo a bassa pressione descritto, è funzione sia dei parametri operativi (pressione di esercizio dello spremitore, tempo di spremitura) sia di parametri propri dei sedimenti come porosità (volume di acqua per unità di volume di sedimento umido) e granulometria. La fig. 2 mostra come, utilizzando sedimenti di porosità definita (0.80) il volume di acqua interstiziale raccolto dipenda dal tempo di spremitura e dalla pressione di esercizio del sistema spremente.

Ovviamente, utilizzando sedimenti di differente porosità si ottengono differenti profili di spremitura. In ogni caso, tuttavia, le percentuali più elevate (rispetto al totale recuperabile) di acqua interstiziale si ottengono a pressioni molto basse (1-2 kg/cm^2) o elevate (14 kg/cm^2).

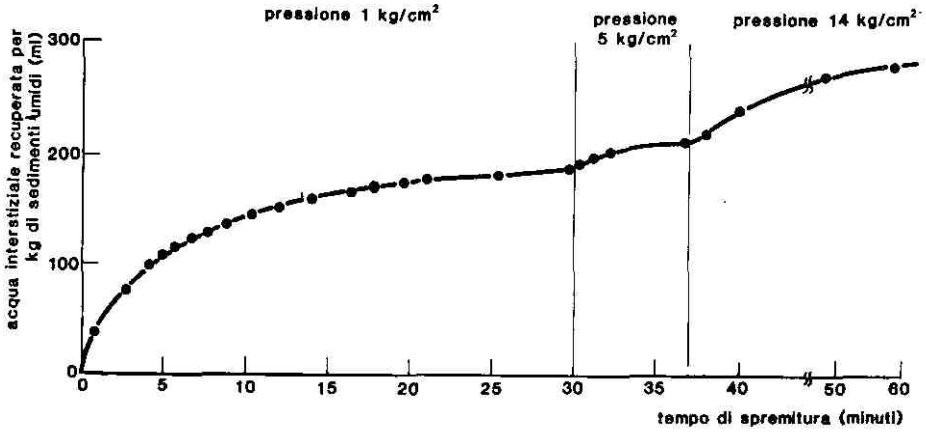


Fig. 2 - Volume di acqua interstiziale recuperato da sedimenti marini (porosità 0.80) in funzione del tempo e della pressione di spremitura

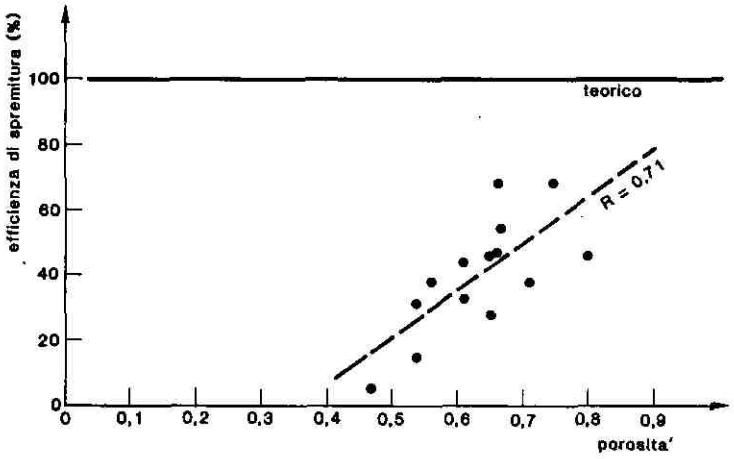


Fig. 3 – Efficienza di spremitura verso porosità

mentre dopo circa 30 minuti di spremitura alla pressione di 1 kg/cm^2, pressioni intermedie (es.4-5 kg/cm^2) risultano di scarsa efficacia.

A parità di condizioni operative (tempo e pressione di spremitura) il volume di acqua estratto per litro di sedimenti umidi dipende dalla porosità dei sedimenti umidi dipende dalla porosità dei sedimenti trattati. In fig. 3 è riportata 1'efficienza di spremitura, intesa come rapporto tra volume di acqua interstiziale estratta e volume di acqua interstiziale presente (per unità di volume di sedimento umido), in funzione della porosità. I dati sperimentali, abbastanza ben interpolabili da una retta (R = 0.71), mostrano come l'efficienza massima di spremitura (circa il 70%) si ottenga (a parità di condizioni operative) per valori di porosità elevati; per porosità inferiori a 0.5 l'efficienza di spremitura raggiunge valori molto bassi.

La dipendenza dell'efficienza di spremitura dalla porosità rispecchia, in realtà, la correlazione tra porosità dei sedimenti e loro composizione granulometrica. Porosità elevate sono caratteristiche, nell'area studiata, di sedimenti ad elevato contenuto di limo e argilla, mentre porosità basse sono sempre associabili a sedimenti di prevalente composizione sabbiosa. La fig. 4 mostra come sia la porosità che il volume di acqua estratto per unità di peso di sedimenti umidi siano ben correlabili col contenuto di frazione di sedimenti a granulometria superiore a 63 μm. Porosità prossime od inferiori a 0.5 sono proprie di sedimenti con contenuto di sabbia (intesa come frazione a granulometria > 63 μm) superiore all'80%, dai quali risulta problematico recuperare grossi volumi di acqua interstiziale, almeno utilizzando l'apparecchiatura descritta.

In tab. I sono riportate le concentrazioni di alcuni elementi nella acqua interstiziale separata da sedimenti prelevati nella baia di Ansedonia.

Le metodiche analitiche impiegate sono quelle normalmente utilizzate presso il CISE (Ciceri, 1987).

Il pH dell'acqua interstiziale estratta varia tra 7.15 e 7.95; il potenziale redox varia tra -25 a + 60 mV (contro Ag/AgCl).

I livelli di contaminazione prodotti dall'utilizzo dell'apparecchiatura descritta sono riportati in tab. II.

Risultano significative (almeno nel caso studiato) solo le contaminazioni da Cr e Pb che raggiungono livelli confrontabili con i più bassi livelli di questi elementi riscontrati in acqua interstiziale (vedi tab. 5).

Quasi tutti gli elementi analizzati risultano mediamente più concentrati nell'acqua interstiziale rispetto all'acqua della colonna sovrastante (fig. 5), lasciando supporre che, all'interfaccia sedimenti-acqua di mare, si possano instaurare forti flussi diffusionali di Mn, Fe, Zn e Co verso la colonna d'acqua sovrastante i sedimenti.

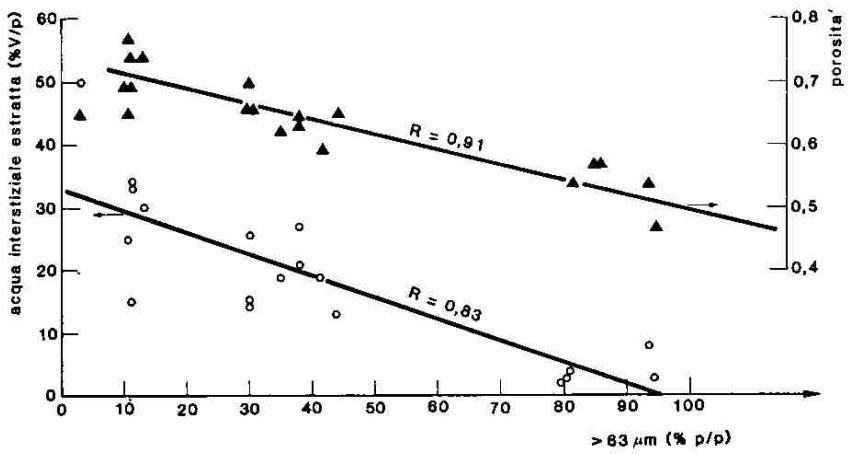


Fig. 4 - Porosità e volume percentuale (v/p) di acqua interstiziale estratta verso percentuale (p/p) di frazione di sedimenti a granulometria superiore a 63 µm.

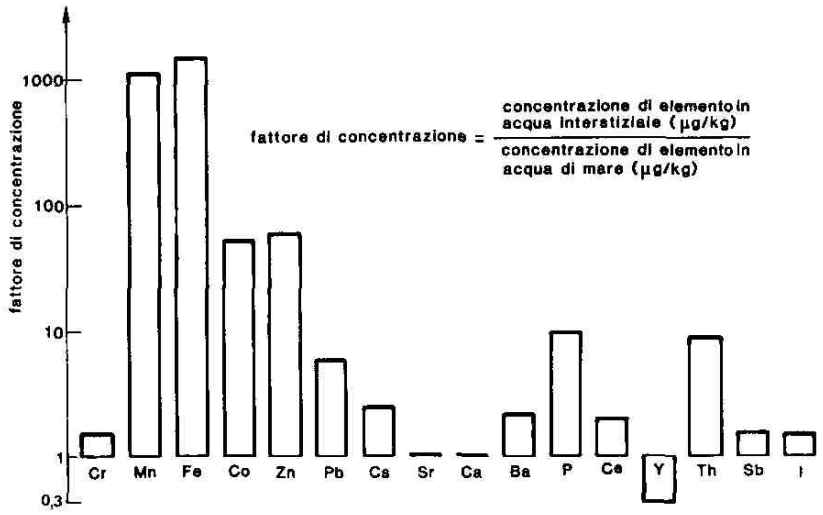


Fig. 5 - Fattori medi di concentrazione tra acqua interstiziale e acqua di mare per alcuni elementi. I dati di concentrazione in acqua di mare sono quelli riportati da Artioli et al., 1985

	Cr	ppm Mn	ppm Fe	Co	Zn	ppm Sr	ppm Ca	Ba	Y	Cs	Ce	Th	Sb	Pb	P (tot)	I (tot)
MINIMO	0.38	0.86	0.75	0.69	44	8.39	416	30.6	-	0.37	-	-	-	0.55	25	-
MASSIMO	0.40	2.19	2.57	3.17	934	9.78	477	46.0	-	1.26	-	-	-	8.98	97	-
$\bar{X}$	0.39	1.41	1.46	1.67	302	8.94	450	39.6	0.009	0.82	0.26	0.199	0.42	3.32	-	16.6

TABELLA I - Valori di concentrazione di alcuni elementi (ppb dove non indicato) in acqua interstiziale di sedimenti marini

Cr	Mn	Fe	Co	Zn	Ba	Cs	Pb	Sr	P	Ca
0.29	3.6	4.0	0.04	5	1.5	<0.01	0.24	<200	<10	<8000

TABELLA II – Livello di contaminazione (ug/kg di acqua interstiziale) per alcuni elementi prodotti da un ciclo di spremitura degli sedimenti

I fattori di concentrazione, intesi come rapporto tra concentrazione in acqua interstiziale e acqua della colonna sovrastante i sedimenti, risultano molto elevate per Fe e Mn (~ l000) e per Co e Zn (~ 100).

I fattori di concentrazione più bassi si registrano invece per Ca Sr, (Fig. 5). L'Y è l'unico più concentrato nella colonna d'acqua rispetto all'acqua interstiziale.

Per lo iodio i fattori di concentrazione si riferiscono al contenuto totale; considerando la sola forma IO_{-3} il fattore risulta circa uno.

Conclusioni

Lo spremitore a bassa pressione descritto, permette la rapida separazione di un grosso volume di acqua interstiziale da sedimenti limosi e/o argillosi, in maniera adatta alla determinazione di elementi in traccia.

Il livello di contaminazione prodotto dall'utilizzo dell'apparecchiatura descritta (controllato per Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Ba, Cs, Pb, Sr P e Ca) risulta un fattore limitante per la determinazione di Cr e Pb a concentrazioni vicine a quelle dell'acqua della colonna sovrastante (circa 0,2-0.3 ug/kg) come sono state riscontrate in alcuni campioni di acqua interstiziale analizzati.

Bibliografia

Artioli R., Ciceri G., Croce E., Queirazza G. 1985 - Coefficienti di ripartizione tra acqua e materiale sospeso di elementi di interesse radio-ecologico in ambiente marino costiero. Atti del 3° Convegno Nazionale sulle Metodologie Radiometriche e Radiochimiche nella Radioprotezione Urbino 15-17 maggio 1985.

Bray J.T., Bricker O.P. Troup B.N. 1973 - Phosphate in interstitial waters of anoxic sediments: Oxidation effects during sampling procedure. Science, 190, 1362-1364.

Brinckman G.A. Raaphorst van W. Lyklema L. 1982 - In situ sampling of interstitial waters from lake sediments. Hidrobiologia, 92, 459-663.

Carignan R., Rapin F., Tessier A. 1985 - Sediment pore water sampling: A comparison of techniques. Geochim. Cosmochim. Acta, 49, 2493-2497.

Ciceri G. 1986 - Metodologie di campionamento, trattamento ed analisi di matrici ambientali per la determinazione di elementi chimici e parametri chimici fisici di interesse radioecologico, R.T. CISE 3359.

Fanning K.A., Pilson M.E.Q. 1971 - Interstitial silica and pH in marine sediments: some effects of sampling procedure. Science, 173, 1228-1231.

Heggie G., Lewis T. 1984 - Cobalt in pore water of marine sediments. Nature, 311, 453-455.

Mayer L.M. 1976 - Chemical water sampling in lakes and sediments with dialysis bags. Limmol. Oceanogr., 21, 909-911.

Ridout P.S. 1981 - A shipboard System for extracting interstitial water from deep ocean sediments. Inst. Oceanogr. Sci. Rep. No. 121.

Ridout P.S., Pagget R.M. 1984 - A large volume sediment squeezing System for the analysis of rare earth element in deep ocean pore water. Mar. Chem., 15, 193-201.

Troup B.M., Bricker O.P, Bray J.T., 1974 - Oxidation effect on the analysis "Sis of iron in the interstitial water of recent anoxic sediments . Nature , 24-9, 237-239.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 185 a pag. 194

OSSERVAZIONI ECOLOGICHE SU UNA LAGUNA SICILIANA (LO STAGNONE, TRAPANI): NUTRIENTI, CLOROFILLA E PARAMETRI BATTERIOLOGICI

S. CALVO, G. GENCHI, A. LUGARO, C. FRADA' ORESTANO., R. BARONE., F. DI BERNARDO

Gruppo di Ecologia acquatica - Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università di Palermo

SUMMARY

As a part of a comprehensive approach to Stagnone lagoon (Western coast of Sicily) an investigation on main physico-chemical parameters, nutrients, chlorophyll "a", total and fecal coliforms, total heterotrophic bacteria during autumn 1985 and winter 1986 are reported. In autumn water masses differentiate owing to the higher temperatures caused by the morphology of the lagoon, the shallow bottoms (0.3 - 1.5 m) and the emergence of the vegetation. Low nutrient concentrations are found and the extreme autumn and winter values of chlorophyll "a" are 0.60 - 7.58 mg/m^3 respectively. Low colimetric levels are found in the southern part of the lagoon only where sewer discharge are observed. On the whole this preliminary report confirms the favourable environmental conditions of the Stagnone except for limited areas of the lagoon where an anthropic impact is remarked.

INTRODUZIONE

Lo Stagnone è un'ampia laguna naturale che si estende per circa 2.000 ettari lungo la costa occidentale della Sicilia (Fig. 1). Caratterizzata da una profondità media di 1 - 2 m, la laguna . è delimitata dall'Isola Grande (lunga circa 7 Km) ed ospita al proprio interno tre isolette di cui una (Mozia) conserva le rovine dell'omonima città fenicia.

La vivacità idrologica, favorita dai venti e dalle correnti di marea e regolata dalla conformazione geomorfologica, fa si che nel complesso la laguna risenta in misura notevole dell'influenza marina (Genchi et al., 1985) , favorendo l'insediamento di comunità vegetali appartenenti alla serie evolutiva della prateria a Posidonia oceanica che colonizza i fondali dello specchi di mare antistante. Notevole interesse rivestono una serie di popolamenti e formazioni a Posidonia (Calvo e Fradà Orestano, 1984) che, se da una parte testimoniano la potenza della prateria a Po-

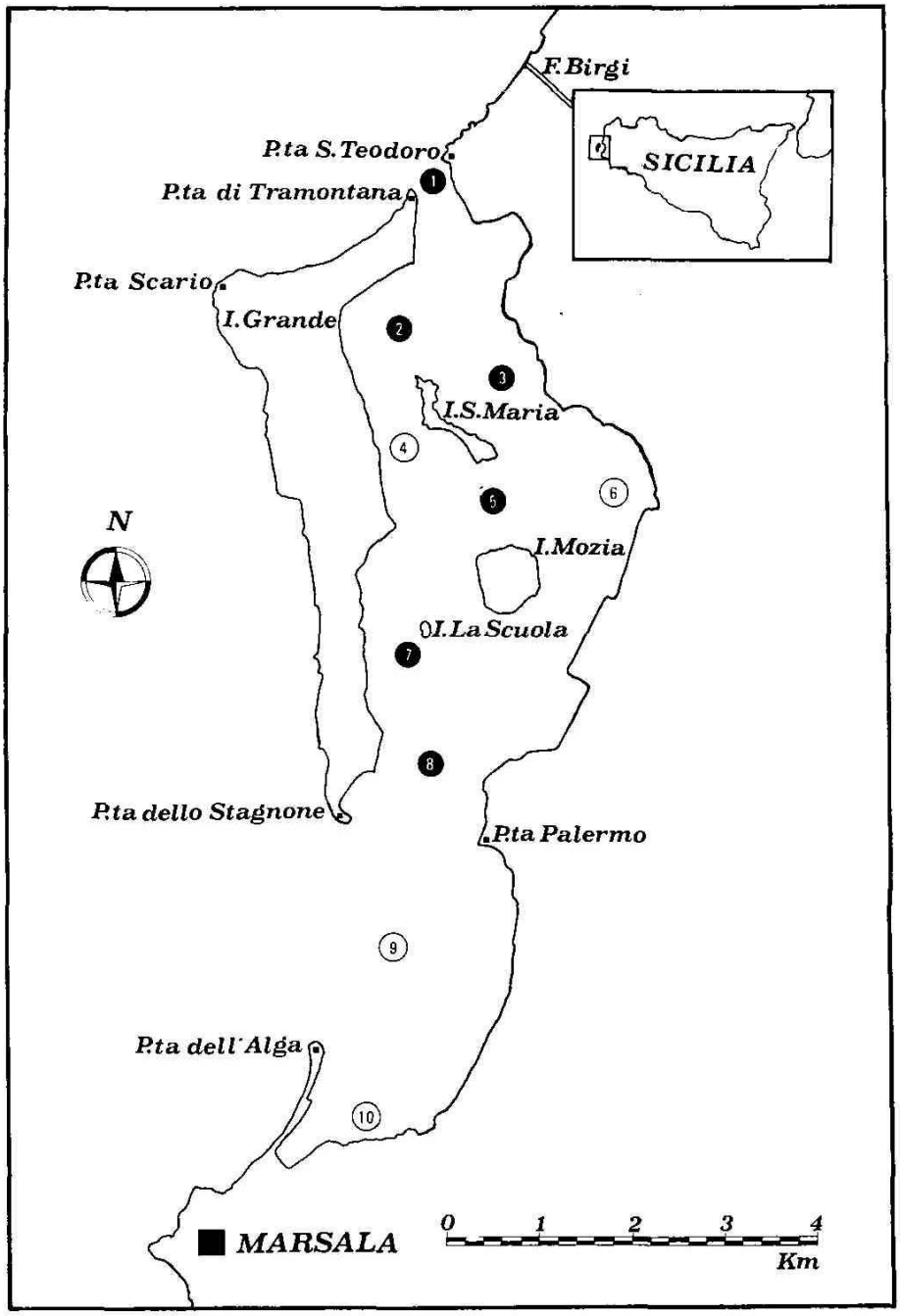


FIG. 1 - Lo Stagnone: stazioni di prelievo

sidonia oceanica lungo la costa occidentale della Sicilia, dalla altra manifestano l'interazione di fattori antropici con i delicati equilibri biotici naturali. Attualmente un prato a Cymodocea nodosa, in parte associata a Caulerpa prolifera in relazione al ricambio idrico, caratterizza sotto l'aspetto fisionomico la laguna (Calvo et al., 1980; 1982). Di una certa importanza tra le comunità pleustofite la ricchezza quali-quantitativa delle bento-pleustofite in forma aegagropila (Calvo e/Ragonese, 1982; Fradà Orestano e Calvo, 1985), interessanti sia sotto l'aspetto scientifico che per un eventuale sfruttamento economico.

Nell'ambito di una serie di ricerche tendenti a verificare l'opportunità di iniziative di acquacoltura nelle acque dello Stagnone furono condotte, negli anni '60 e '70, delle osservazioni ecologiche (Genovese, 1969; Magazzù, 1977) che evidenziarono l'equilibrio ambientale della laguna e le perfette condizioni igienico-sanitarie. Negli ultimi decenni, però, la fascia costiera prospiciente la laguna è diventata sede di numerosi insediamenti abitativi, sopratutto a carattere stagionale, mentre nell'entroterra sono state incrementate redditizie attività agricole.

Con la presente nota ci si propone di valutare sotto l'aspetto chimico-fisico, biologico ed igienico-sanitario l'impatto delle attività umane nella laguna dello Stagnone. Ciò in relazione alla dinamica con cui i processi di eutrofizzazione si evolvono in ambienti a ridotto ricambio idrico come quelli lagunari, ed alla luce della L.R. n. 98/81, recante "'Norme per la istituzione di parchi e riserve in Sicilia" e del successivo decreto (n. 215 del 4/7/84) assessoriale (Assessorato Territorio e Ambiente) che istituisce la "riserva naturale orientata delle isole dello Stagnone".

1. METODI

Sono state condotte delle osservazioni stagionali su nutrienti, clorofilla, coliformi totali e fecali, streptococchi fecali e carica batterica eterotrofa totale in dieci stazioni scelte in base alla loro rappresentatività biotica. In situ sono state effettuate misure di temperatura (termistore), pH (pHM Radiometer), ossigeno disciolto (mod. 57 YSI) e salinità (mod. 33 YSI). I campioni d'acqua per le analisi chimiche e biologiche sono stati raccolti in bottiglie di polietilene, conservati al fresco ed al buio ed esaminati dopo poche ore in laboratorio. In particolare la clorofilla "a" è stata determinata dopo estrazione in etanolo bollente al 90% ed acidificazione con HCl ad una concentrazione, riferita all'estratto finale, di 6 x 10^{-3} M (Nusch, 1980), mentre i nutrienti sono stati valutati secondo Grasshoff et al.(1983). I parametri batteriologici, rilevati in quattro stazioni significative (stazioni 4, 6, 9 e 10), sono stati esaminati con il metodo delle membrane filtranti secondo le indicazioni della W.H.0. (1977) per gli indici di contaminazione fecale e dopo semina per "spread

plate" su terreno di ZoBell per la carica totale batterica eterotrofa. In questa nota si riportano i risultati relativi all'autunno 1985 (ottobre) ed all'inverno 1986 (febbraio).

2. RISULTATI E DISCUSSIONE

La conformazione geomorfologica, i bassi fondali e la vegetazione affiorante, unitamente agli alti indici di evaporazione ed alle elevate temperatura che si realizzano nei mesi caldi, rendono conto della diversificazione delle masse d'acqua all'interno dello Stagnone nel periodo autunnale. A valori di temperatura e salinità di 27°C e 37‰ misurati in superficie nel mare circostante, fanno riscontro nella laguna variazioni comprese rispettivamente tra 23,2 - 25,0°C e 38,0 - 42,2‰ di salinità (Tab. 1). Nel contempo i valori di pH oscillano tra 8,06 e 8,49

Stazioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T°C	23,2	23,5	24,3	23,8	24,0	24,1	24,5	24,8	24,4	25,0	OTTOBRE
O_2 %	96	108	106	90	100	102	100	111	98	131	
pH	8,06	8,16	8,25	8,28	8,41	8,49	8,41	8,26	8,10	8,12	
S°/₀₀	38,0	39,3	40,0	41,3	41,5	41,4	42,2	42,6	40,4	40,0	
T°C	13,8	13,0	13,0	13,1	13,0	13,2	13,1	13,1	13,5	13,3	FEBBRAIO
O_2 %	96	100	93	106	95	95	106	91	101	109	
pH	8,24	8,15	8,13	8,15	8,19	8,19	8,05	8,20	8,20	8,15	
S°/₀₀	36,2	36,4	36,8	37,0	36,8	36,6	36,6	36,8	36,9	36,8	

TAB. 1 - Dati chimico-fisici nelle acque dello Stagnone

mentre l'ossigeno disciolto si mantiene intorno al 100% di saturazione, ad eccezione della stazione 10 dove è stato rilevato un valore di 131%. In inverno, invece, a causa delle sfavorevoli condizioni meteorologiche che consentono un maggiore ricambio delle acque lagunari, lo Stagnone mostra una maggiore omogeneità presentando valori di temperatura (13,0 - 13,8°C) e di salinità

(36,2 - 37,0‰) leggermente più bassi di quelli rilevati in mare aperto (14,0°C e 37‰). I valori di pH sono compresi tra 8,15 ed 8,50 mentre l'ossigeno disciolto presenta valori tra 91% e 109% di saturazione.

La marcata influenza che il mare circostante esercita sullo Stagnone si risente anche nei valori di concentrazione dei sali nutritivi (Fig. 2). In particolare il ciclo dell'azoto risulta caratterizzato da una netta diversificazione tra l'autunno e l'inverno. Mentre in ottobre, infatti, sia il nitrato che l'ammonio si presentano con valori generalmente la di sotto di 0,5 m mol/m^3, a febbraio le concentrazioni di questi due composti sono mediamente 2 - 3 volte più elevate. Lo ione nitroso segue gli andamenti stagionali delle due forme di azoto, non superando mai la concentrazione di 0,1 m mol/m^3. Le variazioni nel ciclo dell'elemento sono da mettere in relazione con il prevalere nel corso delle stagioni dell'attività fotosintetica o dell'attività batterica eterotrofa, mentre scarsa e limitata ad aree ristrette della laguna sembra essere l'influenza esercitata dalla componente antropica. In autunno, infatti, l'intensa attività dei batteri ammonificanti, denitrificanti e proteolitici (Genovese, 1969) determina un rilascio nella colonna d'acqua di sali di azoto che vengono, però, prontamente utilizzati dagli organismo fotoautotrofi planctonici e bentonici. In inverno, invece, la temperatura più fredda riduce sensibilmente l'attività batterica, ma i sali di azoto messi comunque in circolo non trovano una pronta utilizzazione a causa del rallentamento dei processi fotosintetici.

Il ciclo del fosforo si presenta più semplice rispetto a quello dell'azoto. L'elemento è presente con scarsi valori di concentrazione in tutte le stazioni ad eccezione della stazione 1 durante il periodo invernale. Le concentrazioni relativamente elevate sia di fosforo solubile (0,95 m mol/m^3) che di fosforo totale (1,24 m mol/m^3) nella stazione 1 sono da mettere in relazione con gli apporti terrigeni del fiume Birgi che sfocia un centinaio di metri a nord della Bocca di Tramontana, trasportando, sopratutto durante le piene invernali, una notevole carica solida. Il rapporto N/P, ottimale durante l'autunno (N/P = 10), indica un leggero deficit di fosforo durante l'inverno (N/P = 29,8).

I silicati reattivi sono presenti con concentrazioni comprese tra 1,61 - 6,62 m mol/m^3 in ottobre e 0,94 - 2,65 m mol/m^3 a febbraio. I valori sensibilmente più elevati (4,12 - 5,62 m mol/m^3) riscontrati nella parte nord dello Stagnone (stazioni 2, 3 e 4) in autunno sono da addebitare a risorgive di natura freatica che caratterizzano il bacino settentrionale della laguna. Ne sono una conferma biologica non solo l'assenza di Posidonia oceanica a nord dell'isolotto di S.ta Maria ma anche il rinvenimento nella stazione 2 di un popolamento a Lamprothamnium papulosum associato a Caulerpa prolifera, e Cymodocea nodosa, segno evidente, peraltro, di una profonda modificazione nella composizione chimico-fisica del sedimento. Il rapporto Si/N mette ulteriormente in risalto le caratteristiche marine dello Stagnone e nel contempo conferma gli

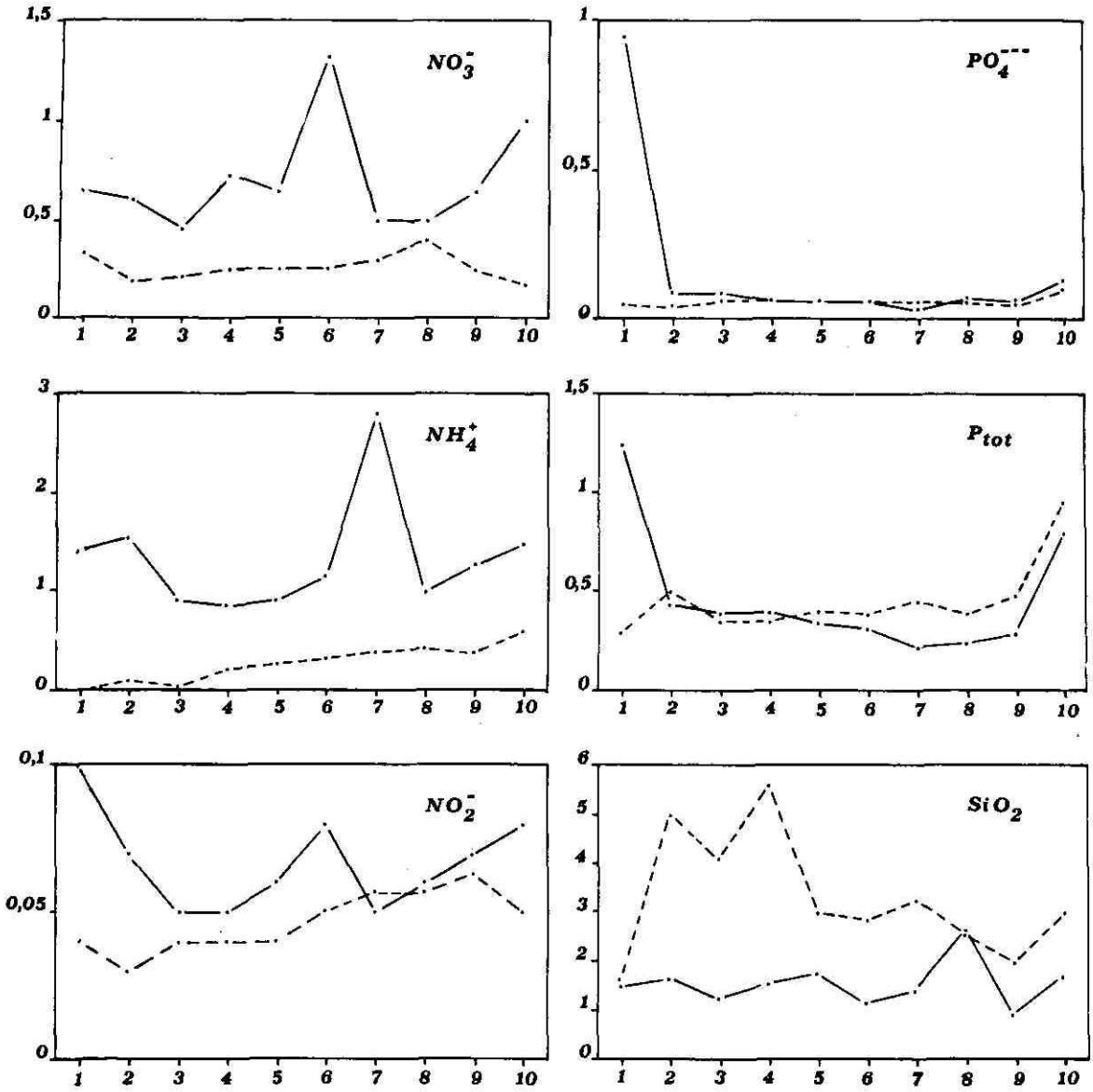


FIG. 2 - Distribuzione dei nutrienti (m mol/m^3) all'interno dello Stagnone (----------) ottobre (————) febbraio

apporti di acqua dolce nella laguna. Mentre, infatti in inverno le acque dello Stagnone presentano un rapporto Si/N paragonabile a quello marino (Si/N = 1,5), in autunno il rapporto Si/N e mediamente uguale a 6,8 con un massimo di 15,3 nella stazione 2.

I valori di clorofilla "a" (Fig. 3) rilevati in autunno (0,60 - 7,58 mg/m^3) si presentano 3-4 volte più elevati rispetto a quelli invernali (0,16 - 1,69 mg/m^3). in autunno, inoltre, nella stazione 10, che peraltro risulta colonizzata da un popolamento bentopleustofitico ad Ulva, Chaetomorpha e Gracilaria, si riscontra un picco di 7,58 mg/m^3 di clorofilla "a". Il popolamento vegetale, unitamente al valore elevato di clorofilla "a", mostra i segni evidenti di un processo di eutrofizzazione in atto dovuto sia a scarichi fognari che a processi di autoinquinamento, testimoniati dalla notevole estensione di foglie morte di Posidonia oceanica lungo la riva interna di P.ta dell'Alga.

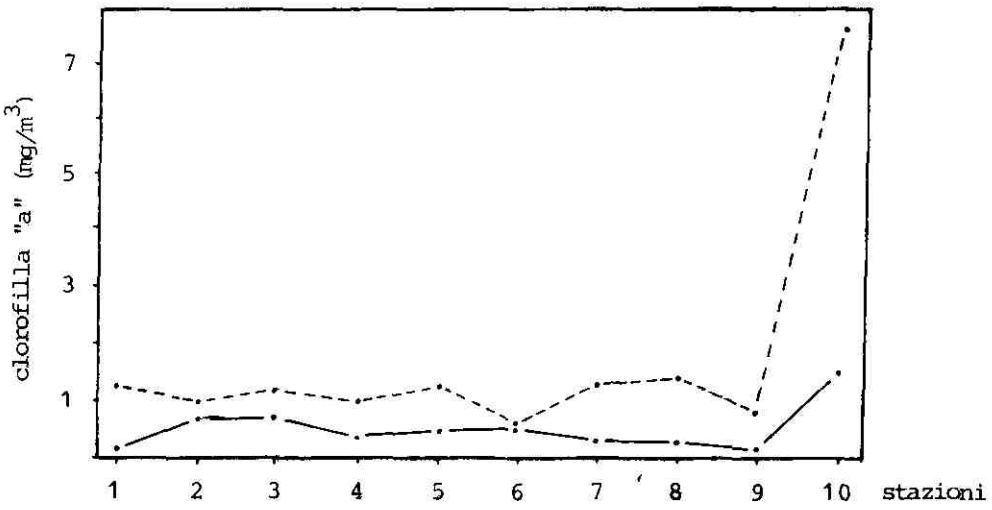


FIG. 3 - Valori autunnali (--------) ed invernali (———) di clorofilla "a" rilevati nello Stagnone.

Il dato colimetrico (Tab. 2) conferma la pressione antropica cui è soggetto la Stagnone nella sua parte meridionale, sopratutto durante la stagione calda, rimarcando, comunque, le buone condizioni igienico-sanitarie del complesso lagunare. Per contro elevato risulta il carico in batteri eterotrofi nell'acqua, in particolare durante il periodo autunnale, manifestando una complessa attività microbica legata ai processi di degradazione e mineralizzazione della sostanza organica. L'esame comparativo con le frequenze batteriche rilevate da Genovese (1969) evidenzia nei valori assoluti degli eterotrofi una sensibile flessione che potrebbe essere messa in relazione , se confermata nella proseguo della ricerca, con una accentuata vivificazione delle acque della laguna.

Staz.	Coliformi f.		Coliformi t.		Streptococchi f.		Eterotrofi	
	X	II	X	II	X	II	X	II
4	4	0	10	0	0	0	10×10^5	35×10^3
6	10	0	18	0	0	6	15×10^5	3×10^3
9	0	0	0	0	0	0	75×10^3	18×10^3
10	20	20	150	10	0	2	10×10^5	12×10^3

TAB. 2 - Determinazioni colimetriche (x 100 ml) e frequenze di batteri eterotrofi (x 1 ml) nello Stagnone

3. CONCLUSIONI

I dati scaturiti da questo primo approccio sullo stato trofico e sulle condizioni igienico-sanitarie dello Stagnone, anche se mancanti del dato estivo che rappresenta per le condizioni climatico idrologiche un momento rappresentativo dell'indagine, possono consentire di tracciare un quadro della situazione ambientale della laguna. La presenza prevalente di rizofite marine, unitamente alla composizione e struttura delle comunità vegetali (Calvo et al., 1982), testimoniano le favorevoli condizioni lagunari che trovano ulteriore conferma nell'equilibrato rapporto tra produzione, consumo e riciclo della sostanza organica. Attenzione meritano, però, alcune aree della laguna (stazioni 1, 2e 10) dove riscontri chimico-fisici, biologici e microbiologici sono da interpretare come segnali di deterioramento dei fondali e della qualità delle acque. Pertanto lo Stagnone può essere considerato un biotopo in equilibrio ambientale ad eccezione di aree ristrette della laguna dove viene constatata una certa pressione antropica.

BIBLIOGRAFIA

CALVO S., D. DRAGO, M. SORTINO - Winter and summer submersed vegetation maps of the Stagnone (Western coast of Sicily)- Biol. Ecol. Médit. - 7: 89-96, 1980.

CALVO S., C. FRADA' ORESTANO - L'herbier a Posidonia oceanica des cotes siciliennes: les formations recifales du Stagnone - International Workshop Posidonia oceanica beds - GIS Posidonie, France- 1: 29-37, 1984.

CALVO S., G. GIACCONE, S. RAGONESE - Tipologia della vegetazione sommersa dello Stagnone (TP) - Naturalista sicil. - 6(2):187-196, 1982.

CALVO S., S. RAGONESE - Osservazioni su Rytiphloea tinctoria (Clem.) C. Ag. in forma "aegagropila" nelle acque dello Stagnone (costa occidentale della Sicilia) - Giorn. Bot. Ital. -116: 81-87, 1982.

FRADA' ORESTANO C., S. CALVO - Le fitocenosi in forma "aegagropila" nella acque dello Stagnone (Trapani) - Accademia Gioenia, Catania - (in stampa).

GENCHI G., S. CALVO, A. LUGARO, S. RAGONESE - Idrologia di una laguna costiera e caratterizzazione chimico-fisica dei sedimenti recenti in relazione alla distribuzione dei popolamenti vegetali sommersi (Lo Stagnone, Sicilia) - Quaderni I.R.P.E.M. -(in stampa).

GENOVESE G. - Données écologiques sur le "Stagnone de Marsala" (Sicile occidentale) - Rapp. Comm. int. Mer. Médit. - 19(5): 823-826, 1969.

GRASSHOFF K., M. EHRHARDT, K. KREMLING - Methods of seawater analysis - Ed. Verlag. Chemie - pp. 419.

MAGAZZU' G. - Usefulness of the Marsala lagoon for acquacolture. I. Nutrients and primary production - Rapp. Comm. int. Mer. Médit. - 24(6): 81-82, 1977.

NUSCH E. A. - Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination - Arch. Hydrobiol. Beih. (Ergebn. Limnol.) - 14: 14-36, 1983.

W.H.O. - Guidelines for health-related monitoring of coastal wate quality - Regional Office for Europe, Copenhagen - 1977.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 195 a pag. 204

VALUTAZIONE DEI CARICHI DI FOSFORO E LORO DISTRIBUZIONE A SCALA DI BACINO

M. CAMUSSO[0], G. BENDORICCHIO[00], G. TARTARI[0]
[0]Istituto di Ricerca sulle Acque, C.N.R., Brugherio (MI)
[00] Istituto di Chimica Industriale, Facoltà di Ingegneria, Università di Padova

SUMMARY

An evaluation of phosphorus loads originated from both point and no point sources in large watersheds (50 km^2) is discussed.
The diffuse export coefficients, reported in literature, are divided according to land use in four different classes: idle, forested and pastured, agricultural and urban lands.
The Pusiano watershed, a northern Italy eutrophic lake, is studied, taking into account various sources and spatial distribution. In the paper the results of experimental and theoretical loads of phosphorus are reported and compared.

INTRODUZIONE

Nella valutazione degli apporti alle acque superficiali di nutrienti algali (azoto e fosforo), è di primaria importanza disporre di accurate stime dei carichi puntiformi e di quelli originati da fonti diffuse: deposizioni atmosferiche, residui organici naturali, suoli non coltivati e coltivati, aree urbane. Latitudine, clima (intensità, durata e frequenza delle precipitazioni atmosferiche liquida e solide), caratteristiche del suolo(componente minerale ed organica, tessitura del suolo, geologia superficiale, pendenza, densità di drenaggio, composizione chimica), tipo ed intensità d'uso del suolo (attività agricole e di allevamento, pratiche colturali, copertura vegetale permanente), fertilizzanti applicati (di sintesi o derivanti da deiezioni animali) e diffusione degli insediamenti rurali, sono le principali variabili che concorrono a definire i coefficienti di asportazione areale dei nutrienti (Sonzogni et al., 1980).

L'elevato numero dei fattori in gioco giustifica l'ampia dispersione dei valori relativi ai contributi areali unitari, nonché le difficoltà nella loro definizione sperimentale e rende critico il tentativo di

razionalizzare l'applicazione di coefficienti teorici. Questo approccio rimane, comunque, l'unico perseguibile nel caso della definizione a fini gestionali dei potenziali contributi di ampie aree sovraregionali

Tra le numerose variabili che concorrono a definire i coefficienti di asportazione areale vanno individuate quelle che, in prima approssimazione, ne determinano l'ordine di grandezza. Secondo diversi autori (Dillon e Kirchner, 1975; Gaynor, 1979; Kauppi, 1979; Reckhow et al., 1980; Rast e Lee, 1983) le variabili principali che influenzano l'entità delle sorgenti diffuse sono: le caratteristiche del suolo e l'entità d'uso. Nel caso delle caratteristiche del suolo, l'erodibilità, la composizione chimica e la percentuale di argilla influiscono in modo più rilevante rispetto alla tessitura, alla densità di drenaggio e alla pendenza. Per quanto concerne l'intensità e l'uso del suolo, i parametri più significativi sono: il tipo di attività praticata e il tipo di copertura vegetale. La raccolta di dati sperimentali secondo questa classificazione comporta, comunque, l'esistenza di ampie oscillazioni fra i coefficienti di ciascuna classe. La variabilità può essere in parte spiegata da due cause principali: le oscillazioni climatiche e la percentuale d'uso del territorio. Poiché i coefficienti unitari di asportazione del fosforo rappresentano il contributo areale(Kg Km^2a^1)della frazione disciolta e sospesa veicolata nelle acque del reticolo idrografico, ne consegue che le quote annuali sono strettamente dipendenti dal regime idrologico (Lewis et al., 1984; Grobler e Silnerbauer, 1985).

Per quanto riguarda la componente puntiforme dell'inquinamento da fosforo si rileva la diversità sostanziale del meccanismo di generazione del carico rispetto a quello diffuso e la sufficiente conoscenza dei coefficienti specifici da applicare nella valutazione della componente domestica (Marchetti et al., 1984). La carenza di conoscenze relativa ai coefficienti per la valutazione del carico industriale, pur non permettendo in generale una precisa stima di questa componente, può talvolta essere superata per l'assenza nel bacino in esame di fonti industriali gene-ratrici di fosforo.

L'obiettivo di questa indagine è la valutazione, per mezzo di un modello matematico di screening, che utilizza un archivio magnetico e semplici relazioni per lo più lineari, dei carichi di fosforo provenienti dalle singole celle quadrate in cui è stato suddiviso il bacino in esame. I risultati della distribuzione spaziale dei carichi e della loro suddivisione per tipologia di sorgente, nonché la loro suddivisione per bacini principali, sono forniti e commentati. I carichi aggregati a livello di intero

bacino sono stati confrontati con valutazioni derivanti da analisi sperimentali condotti sulle acque sversanti nel lago di Pusiano durante una campagna annuale di misure.

1. DECRIZIONE DEL BACINO

II bacino imbrifero del lago di Pusiano (93,8 Km^2) è suddivisibile in tre sottobacini (Tab. 1), il più esteso dei quali è costituito dal fiume Lambro (78,6%), seguito da quello rivierasco (11,3%), e dal sottobacino del lago del Segrino (4,2%) e presenta un'estesa parte montuosa, con una altitudine mediana di 683 m s.l.m. La litologia prevalente è costituita da calcari selciferi neri del Giurassico, depositi morenici fluviali del Quaternario dolomie del Triassico, mentre dal punto di vista pedologico i suoli più rappresentati sono i Rendolls. Il territorio per le proprie caratteristiche morfologiche, è occupato per il 19% da boschi (Tab. 1), per il 25% da prati permanenti, per 14% da superfici naturali impermeabili, mentre solo il 3% è destinato a fini agricoli. La restante parte è costituita dalla superficie abitata (strade, zone a verde urbano, orti e allevamenti familia-ri) (33%) e da quella lacustre (6%). La vegetazione a quote superiori agli 800 m s.l.m. è costituita da conifere e da faggi, sono inoltre presenti il bosco ceduo ed i cespugliati. Intorno agli specchi lacustri sono infine presenti paludi a canneto, marcite e prati. Il bacino è caratterizzato da un clima temperato, con un regime pluviometrico continentale variabile in relazione alla orografia, con afflussi meteorici compresi tra 1400 e 2200 m a^{-1}.

2. VALUTAZIONE TEORICA E SPERIMENTALE DEI CARICHI

L'intero bacino del lago di Pusiano è stato suddiviso in celle quadrate di 1 Km di lato, per un totale di 94 celle, ognuna contraddistinta da una coppia di coordinate cartesiane (Fig. 1).

Per ogni cella è stata predisposta una scheda comprendente tutte le informazioni disponibili, ridistribuendo quelle aggregate per comune in ragione della distribuzione spaziale sul territorio. Tutti i dati sono stati introdotti in un archivio magnetico automatizzato con il quale si sono ricavati: il bilancio idrologico teorico e i carichi di fosforo. Il bilancio idrologico è stato ricavato sulla base dei dati cinquantennali di otto stazioni pluviometriche, localizzate nel bacino e nelle zone limitrofe (Frigerio, 1986) aggiornando la carta delle isoiete riportata precedentemente in letteratura (IRSA, 1977) e calcolando l'evapotraspirazione dalla formula di Turc (1961), e la temperatura dalla carta delle isoterme relative al territorio in esame (Belloni, 1975). Il deflusso medio annuo teorico è stato infine

Tab. 1 Dati morfometrici e idrologici del bacino imbrifero e del lago di Pusiano (1)

Bacino imbrifero		
Superficie del bacino imbrifero	93,8	Km^2
Superficie del sottobacino del F.Lambro	73,7	Km^2
Superficie del sottobacino del L.del Segrino	3,9	Km^2
Superficie della zona rivierasca	10,6	Km^2
Superficie boschiva	17,7	Km^2
Superficie a prati permanenti	23,4	Km^2
Superficie coltivata	3,1	Km^2
Superficie naturale impermeabile	13,4	Km^2
Superficie abitata	30,7	Km^2
Superficie del lago del Segrino	0,38	Km^2
Altitudine massima	1453 m.s.l.m.	
Altitudine mediana	683 m s.l.m.	
Bacino lacustre		
Superficie	5,23	Km^2
Rapporto superficie del bacino (2) / Superficie del lago	16,9	
Altitudine media	259 m s.l.m.	
Profondità massima	24,3	m
Profondità media	13,3	m
Volume	$69,43.10^6$	m^3
Tempo teorico di ricambio (1985)	0,83	a

(1) I.R.S.A. (1985) modificati
(2) esclusa la superficie del lago

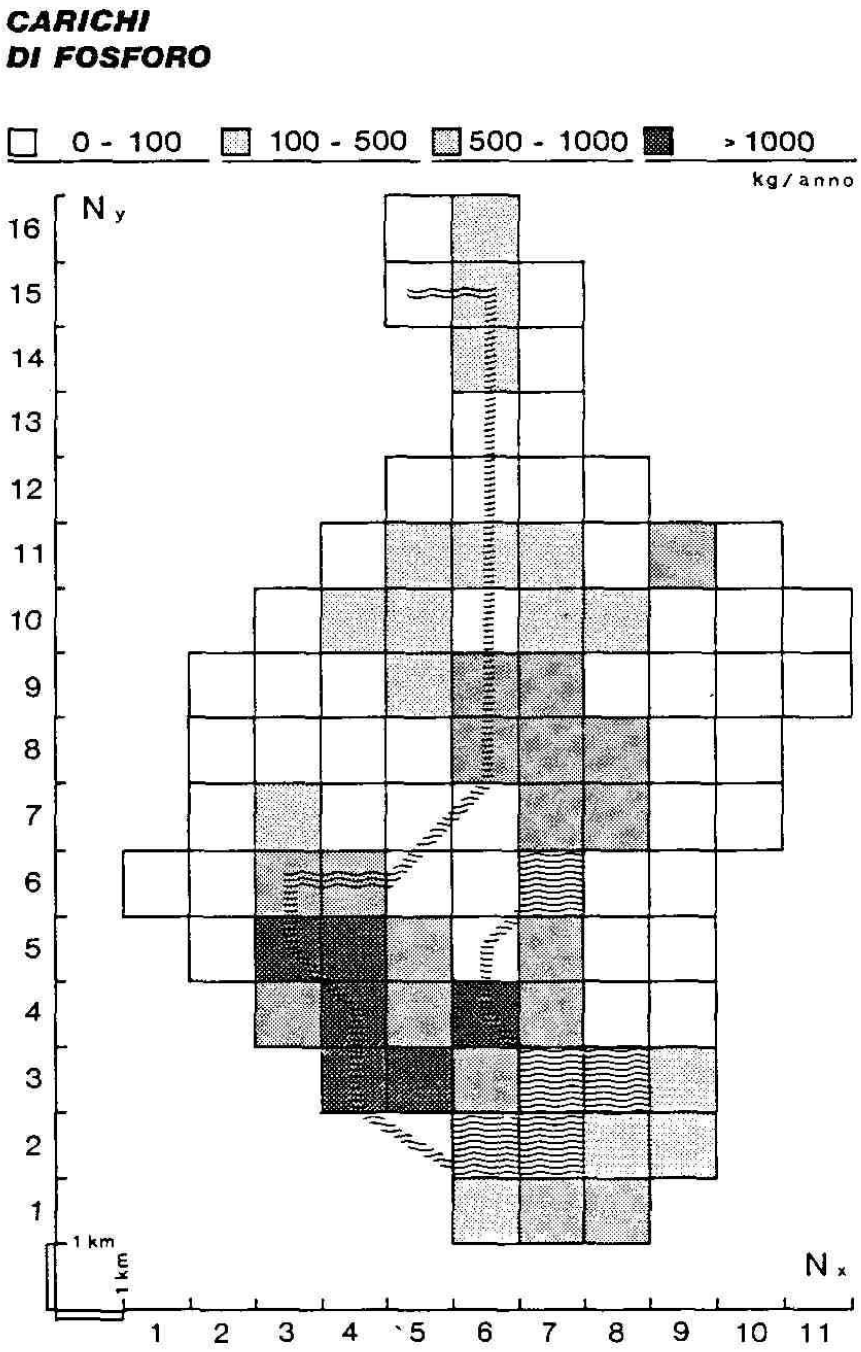


FIG. 1. Distribuzione per cella del carico totale di fosforo del bacino del lago di Pusiano

ricavato attraverso una relazione che considera gli afflussi meteorici e la pendenza media di ogni cella.

La presenza autropica nel bacino è stata valutata attraverso i dati dell'Istituto Centrale di Statistica, aggiornati mediante una indagine condotta in loco (Frigerio, 1986). Nel territorio sono compresi in toto o in parte 23 comuni; complessivamente al 31 dicembre 1985 risultavano residenti 31661 abitanti e 102 fluttuanti. La popolazione residente è distribuita in modo asimmetrico con massimo addensamento nella parte meridionale del bacino e nei fondi valle. L'attività industriale si configura prevalentemente di tipo artigianale nei settori dei prodotti in metallo, legno e tessili; le risorse agricole e zootecniche non sono sfruttate in forma intensiva.

In tab. 2 sono riportati i dati aggregati, calcolati con l'ausilio di equazioni lineari e opportuni coefficienti areali unitari, suddivisi per tipo di sorgente e confrontati con un metodo analogo ripetutamente utilizzato in Italia (IRSA, 1978). Il coefficiente usato per il calcolo della componente domestica tiene conto della riduzione del fosforo nei detersivi attualmente praticata sul territorio italiano. La componente industriale è ritenuta nulla poiché le aziende che operano nel territorio non sono tra quelle che tradizionalmente utilizzano e rilasciano fosforo nelle acque di scarico industriali.

Per quanto concerne i coefficienti utilizzati nelle elaborazioni delle sorgenti diffuse sono stati scelti quelli ricavati dalla letteratura italiana: in particolare per la sorgente agricola quelli ricavati da esperimenti in campo condotti a Zuccarello (Venezia) (Bendoricchio et al., 1985), per i boschi e i prati a pascolo quelli del bacino del Lago di Mergozzo (Calderoni et al., 1978), sostanzialmente in accordo con altri dati italiani. Per i coefficienti delle superfici naturali impermeabili e delle zone urbane, che non trovano riscontri in lavori su bacini italiani, sono stati necessariamente usati quelli americani (Sonzogni, 1980; Chesters, com. pers.). Il coefficiente della sorgente meteorica è ricavato dai dati sperimentali raccolti durante la campagna di campionamento effettuata nel marzo 1985-febbraio 1986 quello zootecnico è derivato da indagini di letteratura (Bendoricchio, 1986) e si riferisce al solo carico proveniente dagli allevamenti suinicoli, poiché le deiezioni animali prodotte da altro tipo di allevamento si considerano totalmente utilizzate in agricoltura .

Il carico,riportato in tab. 2 tiene conto,infine,della riduzione,che avviene per effetto di trasformazioni chimiche e biologiche, lungo la rete idraulica in funzione della distanza tra la cella (sorgente di inquinamento)e la foce dell'affluente. Questa riduzione,nel

Tab. 2 Carichi teorici di fosforo dal bacino del lago di Pusiano

FONTI	MODELLO DI SCREENING			METODO I.R.S.A.
	Coefficienti	Carico ($t\ a^{-1}$)	%	Carico ($t\ a^{-1}$)
Puntiformi				
Domestica	1.02 (Kg/persona anno)	24.3	86	16.2
Industriale		0	0	1.6
Diffuse				
Agricola	100*-200*(Kg $Km^{-2}a^{-1}$)	0.5	2	1.3
Boschi e prati a pascolo	30 (" " ")	0.8	3	
Superfici naturali impermeabili	2 (" " ")	0.02	0.3	0.9
Zone urbane	75 (" " ")	1.9	7	
Altre				
Meteorica	12 (" " ")	0.07	0.7	0
Zootecnica	2.70 (Kg/capo anno)	0.3	1	1.9
TOTALI		27.9	100	21.9

* a seconda delle colture

Tab. 3 Carichi sperimentali di fosforo dal bacino del lago di Pusiano nel periodo marzo 1985 - febbraio 1986

Sottobacino	Afflussi ($m^3\ a^{-1}$)	Fosforo totale ($mg\ m^{-3}$)	Carichi ($t\ a^{-1}$)	%
Lambro	73,81 10^6	215	15,9	64,5
Segrino	3,21 10^6	868	2,8	11,3
Pusiano*	6,75 10^6	868	5,9	24,0
Deposizioni atmosferiche	6,15 10^6	7	0,04	0,2
Totale	89,92 10^6	-	24,6	100,0

* zona rivierasca

caso in esame varia, secondo una relazione lineare, dallo 0 al 50% in funzione della distanza della singola cella dal lago e del carico di fosforo (Bendoricchio e Rinaldo, 1984).

Contemporaneamente nel periodo Marzo 1985-Febbraio 1986 è stata condotta una campagna di raccolta ed analisi delle acque immissarie del fiume Lambro e del torrente emissario del lago del Segrino. Lo studio di questi corsi d'acqua si è inserito in una più ampia indagine rivolta allo stesso sistema lacustre, avente come obiettivo la valutazione dell'evoluzione trofica nell'ultimo quindicennio (Tartari G. e M. Camusso in prep.). I risultati sono riassunti nella tab. 3 suddivisi per sottobacini assieme ai valori calcolati di deflusso, ridotto in funzione dell'afflusso meteorico relativo all'anno d'indagine (90% dell'afflusso medio annuo) e congiuntamente alle concentrazioni medie di fosforo totale, riscontrate nello stesso periodo nelle acque analizzate.

3. CONCLUSIONI

Le valutazioni teoriche e sperimentali hanno sostanzialmente condotto a risultati analoghi, poiché le prime, che si riferiscono a regimi idrologici medi, forniscono un valore finale del carico annuo di fosforo nel bacino di circa 28 tonnellate, mentre le seconde, che si riferiscono al regime idrologico relativo all'anno di indagine, risultato inferiore alla media del 10%, forniscono un valore di carico di circa 25 tonnellate. La concordanza delle due valutazioni non vuole significare l'assoluta esattezza delle stesse ma solo una buona probabilità che gli ordini di grandezza dei fenomeni siano stati correttamente valutati ed i meccanismi di rilascio interpretati. Buone probabilità esistono anche per la corretta scelta dei coefficienti unitari di asportazione areale e per la suddivisione percentuale dei carichi nelle varie fonti e tipi di sorgente.

Considerazioni di questo tipo portano a concludere che i modelli di screening dei bacini a larga estensione possono fornire una soddisfacente immagine dello stato di inquinamento, tanto più affidabile quanto più verifiche sperimentali in campo forniscono coefficienti areali precisi e legati alle realtà indagate.

Gli stessi modelli permettono anche di suddividere spazialmente i carichi inquinanti consentendo ipotesi di interventi di disinquinamento e si prestano a valutazioni di efficacia degli stessi. Nel caso specifico la distribuzione nel bacino del carico totale, rappresentata in figura 1, coincide quasi totalmente con la densità dì popolazione e la maggioranza del carico viene localizzata nella pianura meridionale adiacente al lago. Interventi di collettamente e di depurazione totali del refluo domestico do-

vrebbero, quindi, interessare prioritariamente queste aree, ma lascerebbero comunque non trattata la componente diffusa dell'intero bacino e quella puntiforme delle aree a nord, pari a circa il 30% del carico totale di fosforo.

BIBLIOGRAFIA

Belloni S. - il clima delle provincie di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrologici - Fon. Publ. Mont. Arco Alpino - Milano - 99:1-35-1975.

Bendoricchio G, e A. Rinaldo - Field scale simulation of nutrient losses - Inter. Conf. on "Agricultural and Environment" – Venzia - June 11-12-1984-N1-23-1984.

Bendoricchio G., L. Agostinetto, S. Alessandrini - Nutrienti di origine diffusa provenienti dal bacino scolante in Laguna di Venezia - Acqua & Aria -2:177-184-1985.

Bendoricchio G. - Inquinamento da sorgenti diffuse: modello di screening per bacini di larga estensione - Convegno: Trattamento e smaltimento delle acque reflue e dei fanghi - Milano – 26 - 27 febbraio - 1986.

Calderoni A. , R. Mosello and G. Tartari - Hydrochemistry and chemical budget of Lago di Mergozzo (Northern Italy) - Mem. Ist. Ital. Idrobiol. - 36: 239-266 - 1978.

Dillon P.J. and W.B. Kirchner - The effects of geology and land use on the export of phosphorus from watersheds - Water Res. - 9: 135-148-1975.

Frigerio A.B. - Stima indiretta dell'apporto di fosforo al lago di Pusiano - Tesi di laurea - Università degli Studi di Milano - A.A. 1984/85.

Gaynor J.D. - Phosphorus loadings associated with housing in a rural watershed - J.Great Lakes Res. - 5: 124-130-1979.

Grobler D.C, and H.J. Silberbauer - The combined effect of geology, phosphate sources and runoff on phosphate export from drainage basins - Water Res. - 19: 975-981-1985.

I.R.S.A. - Indagini sui laghi della Brianza - M. Gerletti e R. Marchetti - Quad. 19 - 350 pp. - 1977.

I.R.S.A. - II problema dell'eutrofizzazione in Italia - Quaderno 42: 93 pp. - 1978.

I.R.S.A. - Catasto dei laghi italiani - G.F. Gaggino e E.Cappelletti - Voi. 1°: Italia settentrionale - Quad. 72-974 pp. -1985

Kauppi L. - Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen - Water Res. Inst. National Board of Waters Finland - 30: 21-41-1979.

Lewis W.M. Jr., J.F. Saunders III, D.W. Crumpacker Sr. and C.M. Brendecke (Eds) - Eutrophication and land use. Lake Dillon - Colorado - Springer-Verlag - New York - 46: 202 pp.-1984.

Marchetti R., G.F. Gaggino e A, Provini - L'eutrofizzazione delle acque costiere italiane e il caso dell'Emilia Romagna-Acqua & Aria- 8:829-837-1984.

Rast W. and G.F. Lee - Nutrient loading estimates for lakes - J. Environ. Engineering - 109: 502-517-1983.

Reckhow K.H. , M.N. Beaulac and J.T. Simpson - Modelling phosphorus loading and lake response under uncertainty: A manual and compilation of export coefficients - EPA 440/5-80-011- 214 pp.-1980.

Sonzogni W.C., G. Chesters, D.R. Coote, D.N. Jeffs, J.C. Konrad, R.C. Ostry and J.B. Robinson - Pollution from land runoff - Environ. Sci. Technol. - 14: 148-153-1980.

Ture L. - Evaluation de besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle - Ann. Agronomiques-1:13-49-1961.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 205 a pag. 216

ASPETTI SEDIMENTOLOGICI E MINERALOGICI DEI SEDIMENTI DEL BACINO DI ANTALYA (OVEST DI CIPRO)

G.CATANI[0], G.LENARDON[0], G.TUNIS[0], A. BONAZZI[00], A. VINCI[00]

[0] Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Trieste
[00] Istituti di Petrografia e di Mineralogia, Università di Parma

SUMMARY

New data about the sediment dispersion in the Antalya Basin are given by examination of subbottom profiles (3.5 kHz) and grain-size and mineralogical analyses of 5 cores. Depositional pattern indicates that the most of sediment supply is from the Turkish coasts, subordinately from the Cilicia Basin, whilst the provenance from Cyprus Island is negligible. An increase of mean grain-size of sediments from East to West is evident in the northern part of the basin. Finer and more homogeneous sediments, with several sapropelitic layers, are present in the southern part. The values of the sedimentation rates are 12 and 6 cm/1000 yr, respectively in the North and in the South. The finding of Y-2 tephra layer, detected in some cores, indicates a wider dispersion of these ashes than the before known distribution.

INTRODUZIONE

Nell'ambito di un programma di ricerche dell'Istituto di Geologia di Trieste nel Mediterraneo Orientale, iniziato nel 1974 nel Mare Ionio e progressivamente esteso verso est, nel 1983 è stata effettuata una campagna oceanografica con la N/0 Bannock del C.N.R. in alcuni bacini situati tra Cipro e Rodi. I primi risultati di questa campagna sono stati presentati in Catani et al., 1983. Nella presente nota vengono approfonditi gli aspetti sedimentologici e mineralogici dei sedimenti di uno dei bacini studiati, quello di Antalya (Fig. 1). Per quanto riguarda la metodologia dei rilievi e delle campionature si fa riferimento al suddetto lavoro preliminare.

1. CARATTERI GENERALI DEL BACINO

II Bacino di Antalya copre un'area di oltre 6500 kmq, con profondità massime di 2600 m (Fig. l). E' limitato ad ovest dal

---

( ) Lavoro pubblicato con fondi M.P.I. 40% Piattaforma e margini continentali; responsabili delle ricerche: A. Brambati, A. Vinci.

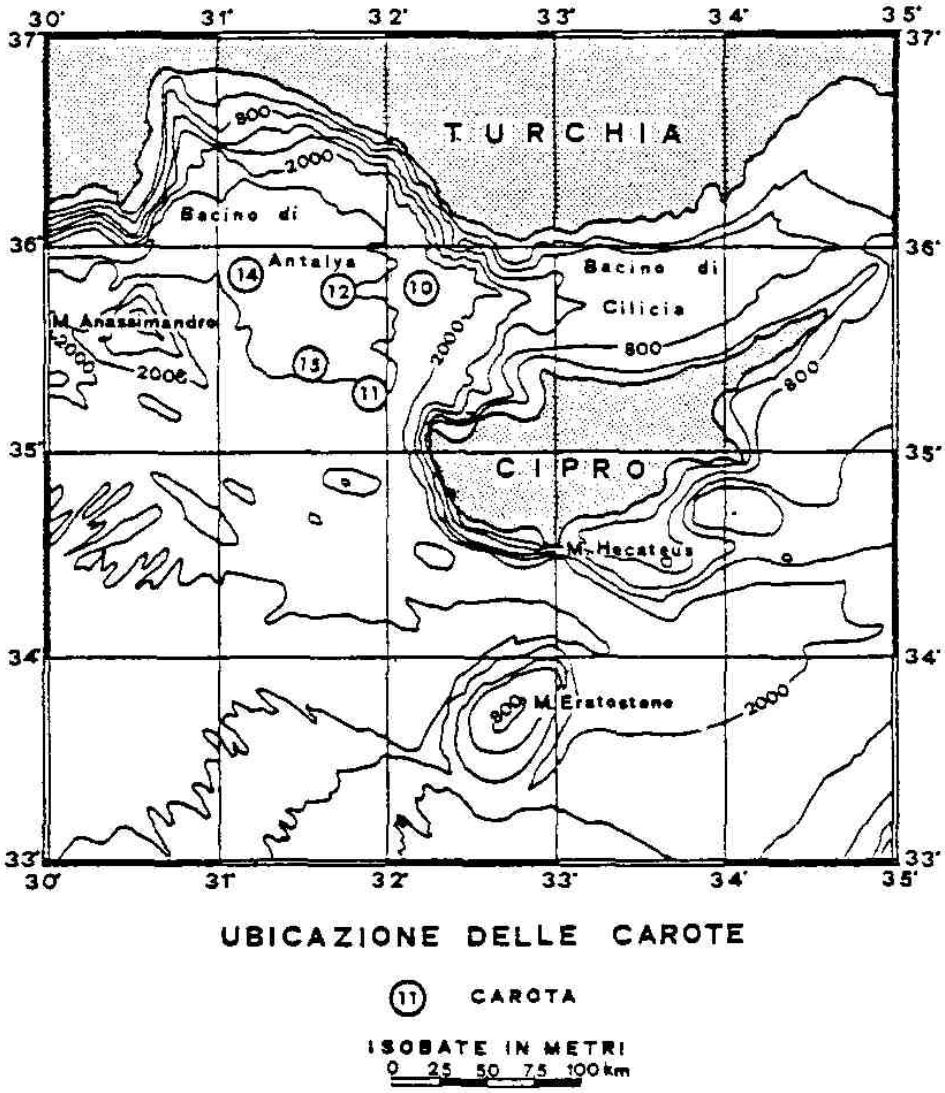


Fig. 1. Il Bacino di Antalya.

rilievo sottomarino del Monte Anassimandro che si eleva per circa 2000 m sulla piana abissale. A nord la costa turca presenta una piattaforma piuttosto ristretta, con la scarpata continentale ripida (le pendenze sono talvolta superiori a 8°) in corrispondenza dei settori posti alle estremità del golfo di Antalya, mentre le pendenze diminuiscono leggermente nella parte centrale. La scarpata è caratterizzata dalla presenza di numerosi canyons; il più importante è quello che si diparte con direzione nord-sud in corrispondenza della città di Antalya; incisioni meno sviluppate, ma più frequenti si trovano nella parte orientale del golfo. Ad est, l'area in esame confina con il Bacino di Cilicia, situato tra Cipro e la Turchia. Questo, profondo 1000-2000 m, è caratterizzato da una debole pendenza verso il Bacino di Antalya, al quale è collegato tramite un lungo canyon, sviluppato in direzione est-ovest. A sud, il Bacino di Antalya, è limitato dai modesti rilievi sottomarini del Florence Rise, che costituiscono la prosecuzione orientale dell'Arco di Cipro.

I rilievi ecografici, eseguiti mediante ecoscandaglio ed apparecchiatura a 3,5 KHz , hanno messo in evidenza che in tutta l'area indagata la morfologia è piuttosto irregolare. Infatti le aree settentrionali (nelle quali si trovano le carote ME 10, ME 12 e ME 14) sono definite essenzialmente da due tipi di risposte sismiche. La prima presenta iperboli accentuate, con riflettori rari e discontinui; la penetrazione del segnale è debole a causa della esigua copertura dei sedimenti. Questo ecotipo è caratteristico delle zone a sensibile pendenza. La seconda risposta sismica mostra iperboli irregolari, con penetrazione del segnale variabile, senza riflettori evidenti per la mancanza di una stratificazione regolare. Questo ecotipo è indicativo della presenza di sedimenti essenzialmente caotici, derivati da processi gravitativi per frane sottomarine. I profili ecografici nelle aree .più a sud (zona delle carote ME 11 e ME 15) indicano che i fondali sono condizionati in generale da una sedimentazione più regolare, con riflettori paralleli e ben definiti, anche se sono presenti numerosi e modesti rilievi con scarsa copertura di sedimenti.

Dal punto di vista strutturale, il Bacino di Antalya rappresenta il prolungamento in mare di alcuni importanti motivi geologici ben noti a terra, e precisamente: la Coltre di Kyrenia (Baroz et al., 1975), la Coltre di Alanya e la fascia più interna delle Coltri di Antalya.

L'attuale, sensibile profondità venne raggiunta durante il Plio-Pleistocene, in seguito a movimenti tettonici che hanno interessato le coltri. Infatti il Bacino, che esisteva già nel Burdigaliano, nel Miocene inferiore e medio non appariva molto profondo (Wright, 1975).

2. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEI SEDIMENTI

Nel Bacino sono state prelevate 5 carote a gravità (Fig. 1), di lunghezza variabile da 185 a 375 cm; i logs relativi sono presentati in Fig. 2.

Le analisi granulometriche sono state effettuate su 87 campioni di sedimento mediante setacci per le frazioni superiori a 62 micrometri e mediante fotosedimentografo a scansione per le frazioni pelitiche. In Fig. 2 sono riportate le percentuali della sabbia, silt e argilla e i parametri granulometrici .del diametro medio e classazione secondo Folk & Ward (1957).

In particolare, i valori del diametro medio evidenziano chiaramente la differenza delle caratteristiche tessiturali delle

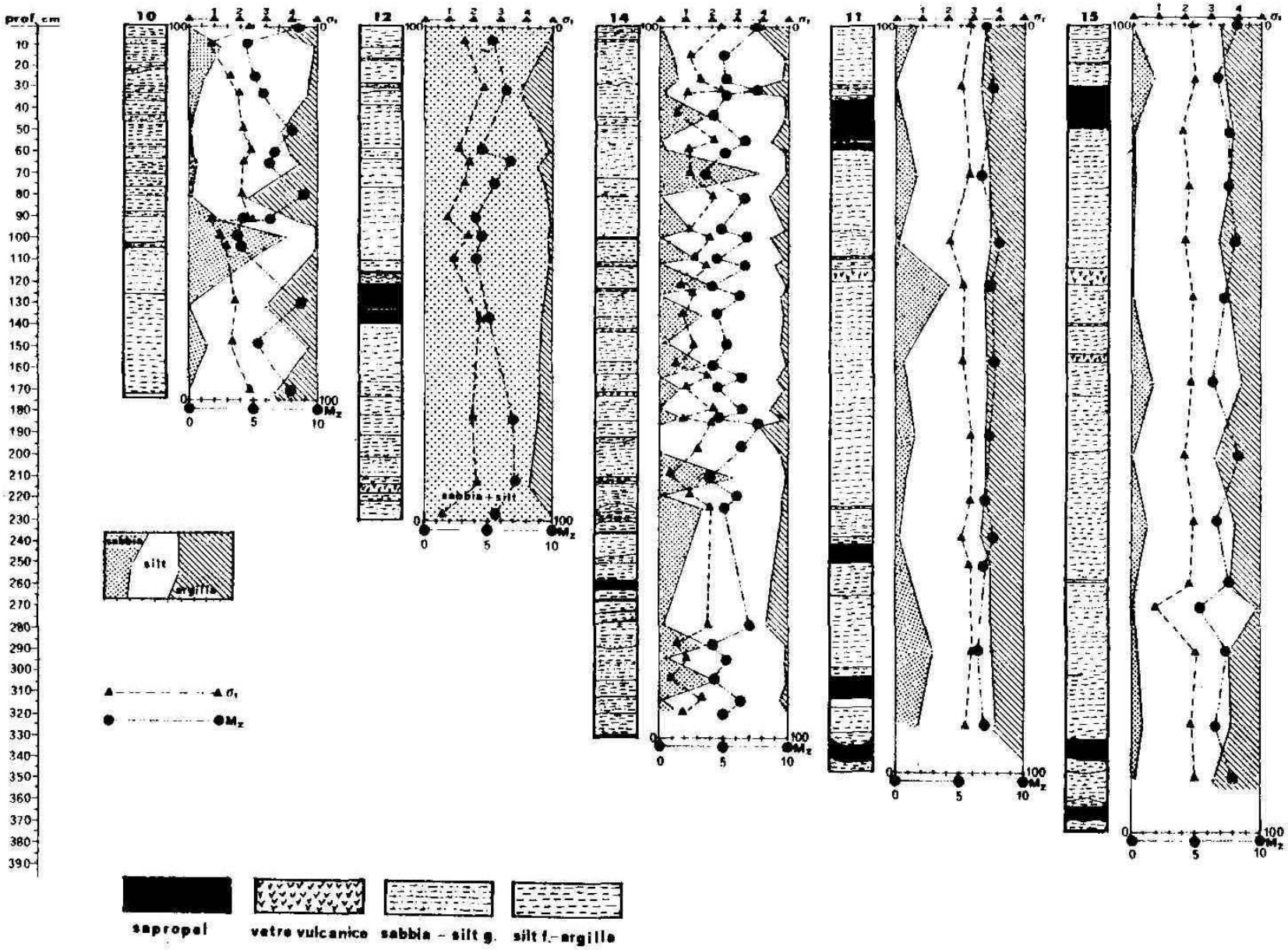


Fig. 2. Caratteristiche sedimentologiche delle carote.

due carote prelevate nella parte meridionale del Bacino (ME 11 e ME 15) rispetto a quelle della parte settentrionale (ME 10, ME 12 e ME 14). Infatti nelle carote ME 11 e ME 15 i livelli costituiti da silt grossolano e da sabbia sono poco frequenti; in media i valori di Mz dei campioni esaminati nelle due carote sono quasi analoghi: 7,25 e 7,20 o, rispettivamente. Nelle tre carote prelevate a nord il campo di variabilità dei valori del diametro medio è molto più ampio. Ciò è il risultato di una alimentazione di sedimenti più grossolani, come evidenziato dai numerosi livelli torbiditici presenti. Mediamente i valori di Mz della carota ME 10, situata nella parte nord-orientale, sono pari a 6,19 o. Valori medi di Mz leggermente inferiori, rispettivamente pari a 5,26 e 5,45 o, sono stati riscontrati nelle carote ME 12 e ME 14, prelevate più ad ovest.

Per quanto riguarda la classazione risulta che il parametro tende a migliorare (da 1,82 a 1,35 o) da est a ovest nelle carote settentrionali; valori mediamente più elevati, 2,68 e 2,26 o, condizionano rispettivamente le carote ME 11 e ME 15. I valori medi di asimmetria variano da 0,32 a 0,37 o nelle carote più settentrionali, mentre risultano pari a 0,05 e 0,25 o rispettivamente nelle carote ME 11 e ME 15.

Il sapropel e i fanghi sapropelitici sono presenti in tutte le carote, fatta eccezione per la carota ME 10. Comunque il sapropel è stato osservato in misura più consistente nella carota ME 11, dove rappresenta il 13 % dell'intero sedimento, e nella carota ME 15 (9 %). I tipi di contatto sono prevalentemente netti e piano-paralleli, talora ondulati. Nei livelli sapropelitici non sono visibili strutture sedimentarie, mentre la componente detri-tica è assente oppure molto scarsa.

3. CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEI SEDIMENTI

La frazione argillosa è stata indagata per via diffrattometrica su tre tipi di preparato: naturale, glicolato e calcinato. Lo scopo era definire la composizione mineralogica con relativa determinazione semiquantitativa, il parametro v/p delle smectiti e l'indice di cristallinità dell'illite (I.K.). Per quanto riguarda la preparazione e le modalità di analisi si rimanda a Biscaye (1965) ed a Bonazzi et al. (1984). I risultati relativi alla composizione mineralogica della frazione argillosa di 33 campioni sono riportati nel diagramma della Fig. 3.

I minerali più abbondanti sono le smectiti, soprattutto nei livelli superficiali, talvolta in quantità maggiore al 50%. I

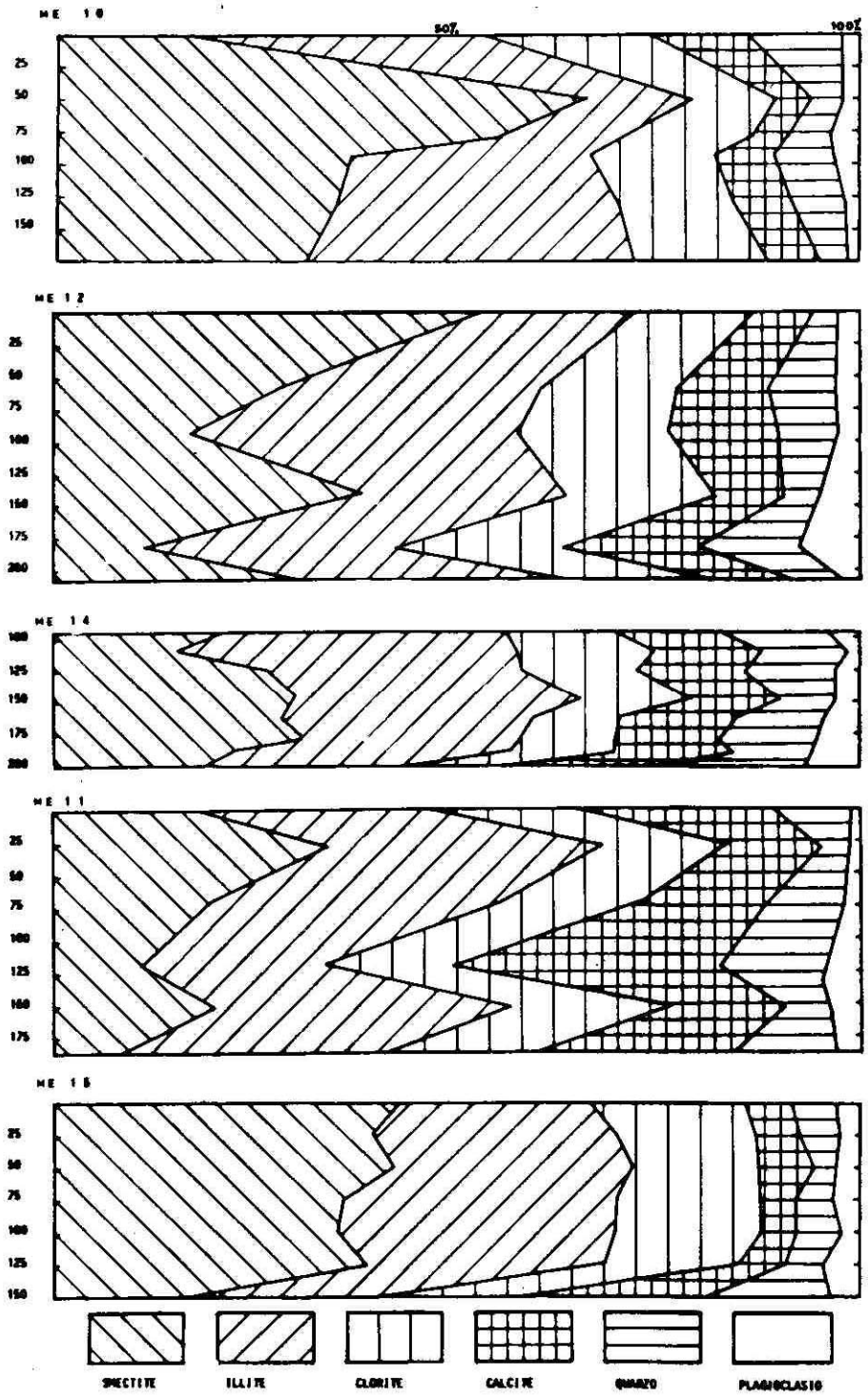


Fig. 3. Composizione mineralogica della frazione argillosa.

valori tendono a diminuire nei livelli più profondi, con alcune eccezioni da attribuire probabilmente ai sovrastanti livelli sapropelitici, molto ricchi di smectiti.

La quantità di illite tende ad aumentare in profondità; anche la calcite, il quarzo ed, ancora di più, i plagioclasi aumentano in percentuale in profondità. Costante, invece, è la quantità delle cloriti.

Per quanto riguarda i plagioclasi, sono presenti in modestissime quantità in tutti i livelli analizzati delle carote ME 10 e ME 11 (da 1 al 3% circa), mentre sono leggermente più abbondanti nei campioni delle carote ME 14 e ME 12 (dal 2 all'8%); intermedi sono i contenuti in plagioclasi riscontrati nella carota ME 15.

Le quantità relative alle illiti e al quarzo nella carota ME 14 (rispettivamente 25-35% e 7-18%) sono superiori a quelle riscontrate nelle altre carote. Anche il parametro della cristallinità presenta sensibili variazioni, infatti le due carote ME 10 e ME 12 sono caratterizzati da valori di I.K. più elevati (minore cristallinità) rispetto alle altre e ciò in quanto al picco dell'illite è associata una certa quantità di minerali a strati misti, tipo montmorillonite.

Il parametro v/p delle smectiti, calcolato sul preparato sottoposto a glicolazione, risulta essere in media pari a 0,65, 0,60, 0,58, 0,55 0,30 rispettivamente per le carote ME 11, ME 10, ME 15, ME 12, ME 14. Questi ultimi dati, uniti a quelli della determinazione semi quantitativa, permettono di ipotizzare un apporto significativo proveniente dal Nilo nelle zone corrispondenti alle carote situate più ad oriente (ME 11 e ME 10) e, in misura minore, a quelle delle carote ME 15 e ME 12 (abbondanza di smectiti e valore di v/p 0,5); mentre per ME 14 (v/p 0,5) si escluderebbe tale influenza (cfr. anche Venkatarathnam & Ryan, 1971).

Le analisi dei minerali pesanti, eseguite sulle carote ME 10, ME 12 e ME 14 hanno messo in evidenza una netta differenziazione di composizione tra la carota ME 14 e le altre due carote esaminate .

La tremolite-actinolite e gli epidoti sono percentualmente molto più abbondanti nella carota ME 10 e nella carota ME 12 (rispettivamente superiori al 33 % e al 28 %); viceversa il

tenore di orneblenda è maggiore nella carota ME 14 (mediamente si aggira attorno al 12 %).

La carota ME 14 è caratterizzata dalla presenza, oltre che di minerali metastabili, quali anfiboli (orneblenda, tremolite-actinolite, glaucofane), pirosseni (diopside, augite), olivina, granato ed epidoti, anche dalla presenza di minerali ultrastabili, quali titanite, tormalina, zircone e dalla particolare abbondanza della picotite (spinello cromifero).

Le carote ME 10 e ME 12 contengono invece principalmente minerali metastabili, quali anfiboli e pirosseni, spesso serpentinizzati, ed epidoti con minerali ultrastabili in percentuali minime.

4. CARATTERISTICHE DEI TEPHRA LAYERS

Nelle due carote meridionali (ME 11 e ME 15) e nella ME 12 sono stati riscontrati livelli cineritici vulcanici. I materiali sono stati sottoposti ad analisi chimiche degli elementi maggiori, eseguite mediante microsonda elettronica, su frammenti di vetro non alterato. I risultati sono stati confrontati con i numerosi dati esistenti in letteratura (tra gli altri: Keller et al., 1978; Federman & Carey, 1980; Vinci, 1985).

In particolare, è stato identificato il livello Y-5 (ignimbrite campana), originato nell'area napoletana, composizionalmente molto diverso dai prodotti vulcanici generati nell'arco ellenico e già ampiamente studiato (Ninkovich & Heezen, 1967; Keller, 1971; Keller & Ninkovich, 1972; Keller et al., 1978; Thunnel et al., 1979; Sparks & Huang, 1980; Cornell et al., 1983).

Il dato più importante, che costituisce una novità nella zona esaminata, è stato (Fig. 4) il rinvenimento del livello Y-2 (Vinci, in corso di stampa), in precedenza correlato con l'ignimbrite di Akrotiri (Thunnel et al., 1979; Federman & Carey, 1980),

Tale ignimbrite, che costituisce sul terreno una piccola sequenza di tufi saldati e di "pumice flow" debolmente saldato, si rinviene in spessori variabili tra 0,5 e 12 m nella parte meridionale dell'isola di Santorini (Pichler & Kussmaul, 1972).

La presenza del livello Y-2 (databile attorno ai 18.000 anni) nelle carote ME 11, ME 15 e ME 12, prelevate poco ad ovest di Cipro, modifica, ampliandone notevolmente i limiti, la precedente distribuzione areale proposta da McCoy (1981).

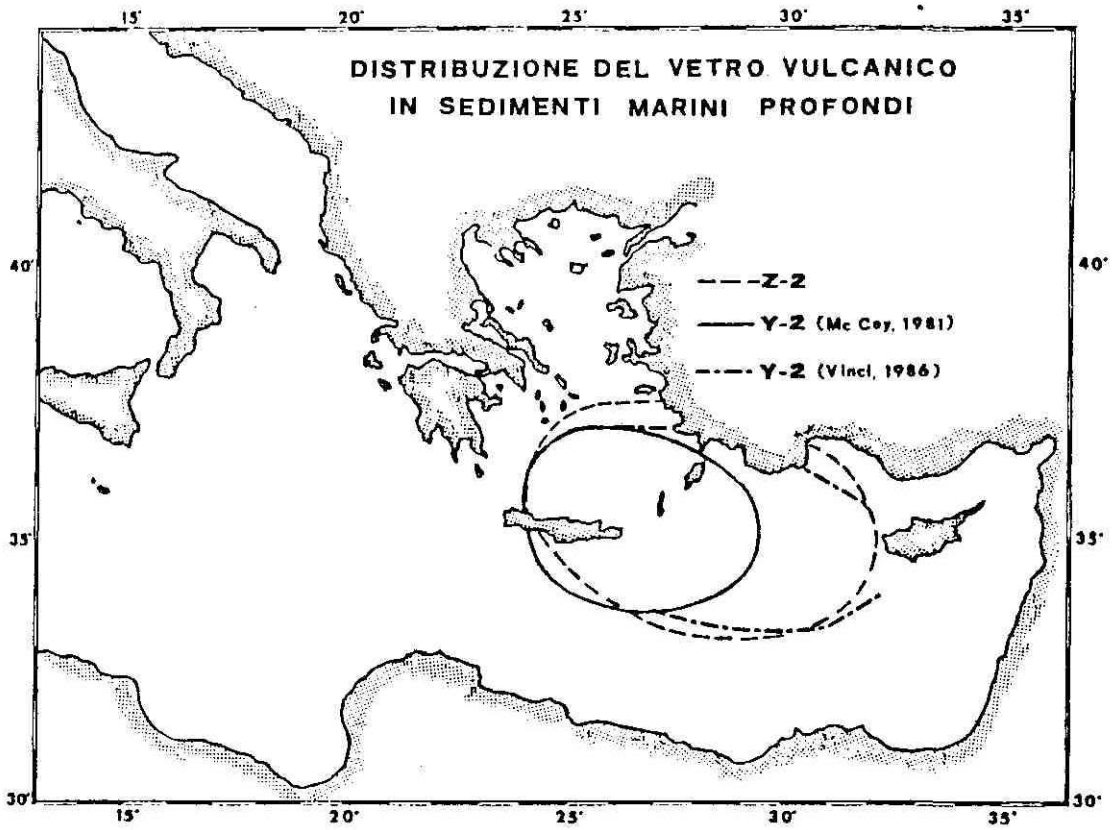


Fig. 4. Areale distributivo dei tephra layers provenienti da Thira.

Tale livello si presenta abbastanza uniforme in tutte le carote con un netto limite basale, senza evidenti contatti erosionali; il limite superiore è graduale. Il materiale è quasi esclusivamente costituito da ceneri vetrose, senza mescolamento con sedimenti detritici o organogeni, caratteristiche queste che indicano un deposito primario da fall-out.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La dinamica sedimentaria del Bacino di Antalya, definita sulla base dei risultati delle analisi sedimentologiche e mineralogiche, è sostanzialmente condizionata dagli apporti derivanti dalla costa turca e, subordinatamente, dal Bacino di Cilicia (cfr. anche Emelyanov et al., 1978, Shaw & Bush, 1978 e Mange-Rajetzky, 1983), mentre la provenienza dall'isola di Cipro sembra irrilevante. Questi diversi aspetti dell'alimentazione nell'area settentrionale e in quella meridionale del Bacino sono confermati anche dall'esame dei rilievi sismici a 3,5 kHz,

Le tre carote prelevate nella parte settentrionale del

Bacino evidenziano un generale incremento degli apporti di materiale relativamente più grossolano da est verso ovest, come confermato dall'aumento del numero degli eventi torbiditici e dal loro spessore, che globalmente raggiunge un valore massimo pari al 44% della lunghezza totale nella carota ME 14.

Nella parte meridionale la granulometria dei materiali è decisamente inferiore ed è più basso il numero di episodi di sedimentazione grossolana, mentre sono numerosi i livelli di sapropel (pari al 13% della lunghezza totale della carota ME 11).

La formazione e la conservazione di questi materiali, apparentemente non interessati da fenomeni erosivi, avvalora il quadro ambientale già delineato, caratterizzato da una sedimentazione poco attiva.

Infine il rateo di sedimentazione nel Bacino è stato calcolato sulla base della datazione delle ceneri vulcaniche, ed in particolare del livello Y-2 (18.000 anni) riscontrato per la prima volta in una zona così distante da Santorini. I valori ottenuti sono di 6 cm/1000 anni per le carote meridionali e di 12 cm/1000 nella zona settentrionale. Inoltre, facendo riferimento alla presenza dell ' Y-2 e del livello sapropelitico S1 (8000 anni) è stato calcolato il tempo medio di ripetibilità degli eventi torbiditici che risultano rispettivamente: uno in 2000 anni ed uno in 1300 anni. Questi valori sono molto vicini a quelli ottenuti da Kastens (1984) nello Ionio, uno in 1500 anni, e non si discostano molto neppure da quelli calcolati nelle torbiditi fossili della "Marnoso-arenacea" (cfr. Mutti et al., 1984).

BIBLIOGRAFIA

J.F. BAROZ, D. BERNOULLI, B. BIJU-DUVAL, G. BIZON, J.J. BIZON, J. LETOUZEY - Correlations of the Neogene Formations of the Florence Rise and of Northern Cyprus: paleogeographical and structural implications. - In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Washington, U.S. Government Printing Office, 42, 903-926 - 1978.

P.E. BISCAYE - Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans – Geol. Soc. Am. Bull., 76, 803-832 - 1965.

A. BONAZZI, E. SALVIGLI MARIANI, L. VERNIA - Tecniche di determi-

nazione dell'indice di cristallinità dell'illite in campioni di argille. – Miner. Petrogr. Acta, 28, 89-99 - 1984.

G. CATANI, G. LENARDON, A. MARCHETTI, G. TUNIS, A. VINCI - Sedimentological and seismic features in the Cyprian Sector of the Eastern Mediterranean Sea: preliminary results. Boll. Ocean. Teor. Ed Appl.,1, 4, 311-318 - 1983.

W. CORNELL, S. CAREY, H. SIGURDSSON - Computer simulation of transport and deposition of the Campanian Y5 ash. - Journ. Volc Geotherm. Res., 17, 89-109 - 1983.

E.M. EMELYANOV, K.M. SHIMKUS, K.J. HSU - Heavy-mineral composition of the Mediterranean Neogene sediments, D.S.D.P. Leg 42 A. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Washington, U.S. Government Printing Office, 42, 401 - 416 -1978.

A.N. FEDERMAN, S.N. CAREY - Electron microprobe correlation of tephra layers from Eastern Mediterranean abyssal sediments and the island of Santorini. - Quaternary Research, 13, 160-171 -1980.

R.L. FOLK, W.C. WARD -Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. - Jour. Sed. Petrol., 27, 3-26 - 1957.

K.A. KASTENS - Earthquakes as a triggering mechanism for debris flow and turbidites on the Calabrian Ridge. - Mar. Geol., 55, 13-33 - 1984.

J. KELLER - The mayor volcanic events in recent eastern Mediterranean volcanism and their hearing on the problem of Santorini ash layer. – Acta Intern. Scient. Congress Volc., Thera, Athens , 152-169 - 1971

J. KELLER.R, D. NINKOVICH - Tephra-Lagen in der Agais. - Z. Deutsch Geol. Ges., 123, 579-587 - 1972.

J. KELLER, W.B.F. RYAN , D. NINKOVICH, R. ALTHERR - Explosive volcanic activity in the Mediterranean over the past 200.000 yr as recorded in deep-sea sediments. - Geol. Soc. Am. Bull., 89, 591-604 - 1978.

M. A. MANGE-RAJETZKY - Sediment dispersal from source to shelf on

an active continental margin, S. Turkey . - Mar. Geol., 52, 1-26 - 1983.

F.W. MCCOY - Aerial distribution, redeposition and mixing of tephra within deep-sea sediments of the Eastern Mediterranean Sea. - Tephra Studies, Self & Sparks eds, Reidel Publ. Co., 245-24 - 1981.

E. MUTTI, F. RICCI LUCCHI , M. SEGURET, G. ZANZUCCHI - Seismoturbidites: a new group of resedimented deposits. - Mar. Geol., 55, 103-116 - 1984.

D. NIHKOVICH, B.C. HEEZEN - Physical and chemical properties of volcanic glass shards from Pozzolana ash, Thera Island and from upper and lower ash layer in Eastern Mediterranean deep sea sediment - Nature, 213, 582-584-1967.

H. PICHLER, S. KUSSMAUL - The calc-alkaline rocks of the Santorini Group (Aegean Sea, Greece). - N. JB. Miner Abh., 116, 268-307 - 1972.

H.F. SHAW, P.R. BUSH - The mineralogy and geochemistry of the recent surface sediments of the Cilicia Basin, Northeast Mediterranean. - Mar. Geol., 27, 115 -136 - 1978.

R. THUNNEL, A.N. FEDERMAN, S.R. SPARKS, D.F. WILLIAMS - The age, origin and volcanological significance of the Y 5 Ash Layer in the Mediterranean. - Quaternary Research, 10, 241-253 - 1979.

K. VENKKATARATHNAM, W.B.F. RYAN - Dispersal patterns of clay minerals in the sediments of the Eastern Mediterranean Sea. – Mar. Geol., 11, 261-282 - 1971.

A. VINCI - Distribution and chemical composition of tephra layers from Eastern Mediterranean abyssal sediments. - Mar. Geol., 64, 143 - 155 - 1985.

A. VINCI - The Akrotiri tephra-layer (Santorini volcano): new data from Eastern Mediterranean deep sea sediments. – Volcanology – in corso di stampa.

R.C. WRIGHT - Neogene paleobathimetry of the Mediterranean based on benthic foraminifers from D.S.D.P. Leg 42 A. - In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Washington, U.S. Government Printing Office, 42, 582 - 591 - 1975.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 217 a pag. 228

EUTROFIZZAZIONE: IL CASO DI UN BACINO ARTIFICIALE (+)

M. COTTA RAMUSINO, G. CROSA

Dipartimento di Biologia - Sezione di Ecologia
Via Celoria, 26-20133 Milano

SUMMARY

The artificial reservoir of Dirillo has been the subject of a hydrobiological investigation leading to the definition of its limnological characteristics.

In addition an evaluation has been made of the existence, entity and causes of the phenomena of deterioration which have been observed regarding the water (determination of the trophic level).

On the basis of this knowledge research, work has been started with the objective of defining how selective milking off hypolimnic waters may be determining factor for the trophic level of the reservoir. Further: how and how much the particular hydrological regime of artificial lakes may justify or require special methods of study different from those used in studying natural lakes.

The data and results obtained appear to justify deeper research into these last points.

1. INTRODUZIONE

II Dirillo, situato in Sicilia (prov. Catania), è il bacino artificiale più meridionale d'Italia, posto in una regione caratterizzata da precipitazioni estremamente scarse. In tabella 1 sono riportate alcune sue caratteristiche morfometriche e batimetriche.

Il lago trae origine dallo sbarramento del corso d'acqua omonimo che risulta essere il suo unico immissario; il regime di quest'ultimo è essenzialmente torrentizio.

(+) Ricerca finanziata da Enichem-Anic,
Stabilimento di Gela

	PIENO INVASO	10/10/83	29/2/84	14/6/84	26/9/84
Quota di invaso m (s.l.m.)	328,00	312,55	314,85	313,55	307,08
Superficie (m^2)	1.106.769	632.913	725.000	705.639	475.000
Profondità max (m)	42,00	26,32	28,75	28,34	21,10
Profondità media (m)	18,43	10,35	11,72	11,18	8,00
Volume (m^3)	20.040.444	6.725.297	8.250.000	7.500.961	3.750.000
Lunghezza max (m)	4.000	1.500	1.800	1.700	1.100
Larghezza media (m)	476,7	421,9	402,7	415,0	431,8
Linea di costa (km)	7,75	5,9	6,4	6,2	4.10
Indice di sinuosità	2,07	2,09	2,12	2,08	1,67
Grado di incavamento	0,44	0,39	0,40	0,39	0,38

Tab. 1 - Caratteristiche morfometriche e batimetriche.

Alle acque del Dirillo sono recapitati, tramite il suo immissario, gli scarichi cloacali di due frazioni, per un totale di circa 12.000 abitanti. Inoltre sul bacino imbrifero gravitano anche gli apporti dovuti ad un'attività zooagricola difficilmente quantificabile, e peraltro poco incidente, in quanto legata ad una conduzione di tipo familiare; sono assenti scarichi di tipo industriale.

Questo bacino è stato oggetto di una indagine idrobiologia che ha portato alla definizione delle sue caratteristiche limnologiche. Si e inoltre valutata l'esistenza e l'entità di fenomeni di deterioramento segnalati a carico delle acque (determinazione del livello trofico) e le cause che li provocano.

Sulle basi di queste conoscenze si è avviato un lavoro di ricerca che miri a definire come l'emunzione selettiva delle acque ipolimniche giochi un ruolo determinante ai fini del livello trofico del bacino. Ancora: in che modo e fino a quanto il regime idrologico particolare dei laghi artificiali giustifichi o richieda metodiche di studio particolari rispetto a quelle applicate per i laghi naturali.

Sono state condotte quattro campagne di campionamento nell'arco di un anno in tre stazioni poste lungo l'asse principale del bacino e una sull'immissario.

2. MATERIALI E METODI

Temperatura: le misure sono state eseguite tramite termistore a cavo VELP Minitherm, con precisione O,1°C.

Trasparenza: valutata con disco di Secchi (20 cm di diametro), mediando la profondità di scomparsa e di ricomparsa del disco.

Ossigeno disciolto: determinato, previa fissazione dei campioni prelevati In bottiglia di Ruttner, secondo il metodo di Winkler modificato da Alsterberg.

Saturazione di Ossigeno: calcolata in base al monogramma di Rawson ed alla tabella delle pressioni (valutate all'altitudine della superficie del lago).

Fosforo ortofosfato totale: entrambe le forme sono state determinate colorimetricamente, secondo le metodiche proposte da Strickland e Parson (1968) .

Azoto nitrico: determinato con il metodo spettrofotometrico alla brucina ed il metodo spettrofotometrico all'acido solfanilico e -naftilammina previa riduzione del nitrato a nitrito.

Azoto ammoniacale: valutato spettrofotometricamente con il reattivo di Nessler diretto o previa distillazione.

3. RISULTATI 3,1. Idrologia

I dati e i risultati riguardanti i parametri idrologici si riferiscono, dove non specificato, al periodo ottobre 1983-settembre 1984.

Nel Dirillo, come è di regola nei bacini utilizzati per riserva idrica, i prelievi si effettuano per mezzo di una galleria che si apre nel punto più basso della diga.

II regime idrologico annuo del bacino risulta caratterizzato da un periodo invernale di invaso (nov. - apr.) all'interno del quale l'afflusso massimo si registra a dicembre con un valore di $1.393 \times 10^3 m^3$, e da uno estivo di svaso (magg. - ott.).

I quantitativi di acqua prelevati nel periodo estivo sono notevoli in rapporta al volume dell'invaso: ad agosto il bacino

presentava un volume di $4,7x10^6$ m^3, $1,8x10^6$ m^3 di prelievo e 87.000 m^3 di afflusso (tab. 2).

	VOLUME (m^3x10^3)	AFFLUENZE (m^3)	PRELIEVI (m^3)	QUOTA (m)
* OTT	6.725	227.000	559.000	312,55
+ NOV	6.725	657.000	475.000	312,53
+ DIC	7.200	1.393.000	467.000	313,90
+ GEN	7.893	687.000	497.000	314,17
+ FEB	8.250	977.000	489.000	314,85
+ MAR	8.880	919.000	478.000	315,45
+ APR	9.000	604.000	510.212	315,67
* MAG	8.600	323.000	930.954	315,02
* GIU	7.500	268.000	1.452.051	313,55
* LUG	6.250	173.000	1.621.624	311,60
* AGO	4.700	87.000	1.875.116	308,74
* SET	3.750	167.000	1.103.778	307,08

	AFFLUENZE (m^3tot.)	PRELIEVI (m^3 tot.)	T_w (anno)	$\bar{Z}/T_w$ (m/anno)
+ INVASO	5.237.000	2.916.212	1,3	8,3
* SVASO	1.245.000	7.542.523	0,4	24,9
ANNO	6.482.000	10.458.735	0,7	15,0

Tab. 2 Parametri idrologici (Ottobre 1983 - Settembre 1984).

Il tempo teorico di ricambio, calcolato come rapporto tra il volume dell'invaso e la portata dell'emissario (valori medi annui), risulta 0,7 anni. Questo dato tuttavia non fornisce una informazione esauriente sulla vivacità idrologica del bacino: dalla tabelle 2 si può osservare come il ricambio idrico sia più elevato nel periodo estivo dove si registra un rapporto z/T_w pari a 24,9 m/anno.

3.2. Termica

I valori delle serie termiche sono illustrati in figura 1.

Nel periodo in esame il lago alterna una fase di stratificazione termica estiva (giugno) con una di completa isotermia (febbraio); il bacino rientra quindi nella categoria dei laghi monomittici caldi.

Le variazioni di temperatura nella serie termica di giugno, pur evidenziando una situazione di stratificazione, permangono in maniera graduale nella verticale dello strato ipolimnico; ciò

sottolinea una certa influenza, nella termica del bacino, da parte della continua sottrazione di acqua di fondo.

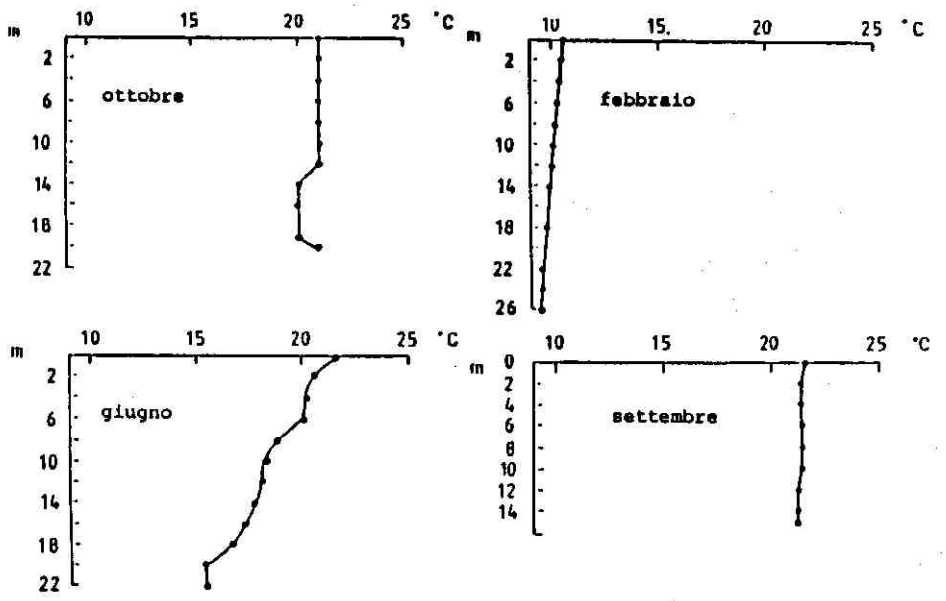


Fig. 1 Termica (ottobre 1983 - settembre 1984).

L'instaurarsi di un termoclino estivo, unito ai prelievi di acqua ipolimnica, sono caratteristiche della massima importanza i cui effetti si riflettono su tutto l'ambiente (Allanson, 1973; Arai, 1973).

3.3. Ossigeno disciolto

L'esame delle curve di concentrazione dell'ossigeno disciolto (fig. 2) evidenziano come il bacino sia interessato da un periodo invernale in cui si registra un andamento ortogrado con un valore medio superiore alla saturazione, e da un periodo estivo dove si fa spiccato il gradiente epilimnio-ipolimnio (con assenza di ossigeno sul fondo).

E' da rilevare che nei mesi di settembre e ottobre la verticale della temperatura non indica un persistere della stratificazione. Ciò porta a concludere che, terminato il periodo estivo, si ha un più veloce recupero termico rispetto a quello dell'ossigeno. Recupero che a settembre è facilitato dall1abbassarsi della quota di invaso (z = 8m).

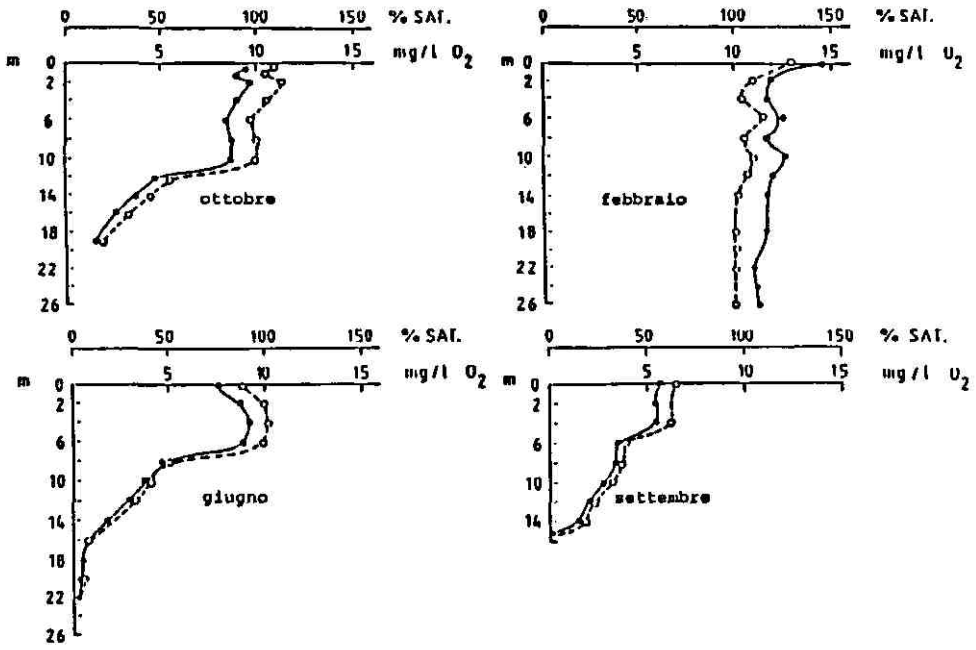


Fig. 2 Ossigeno disciolto (•) e percentuale di saturazione (o).

3.4. Nutrienti

I valori medi delle concentrazioni degli ortofosfati e del fosforo totale nel periodo di olomissi, significativo della situazione media del bacino, risultano essere rispettivamente 25 e 60 µg/l.

Tipico di ambienti ad alta produzione algale è l'andamento nella verticale degli ortofosfati nel periodo di stratificazione termica (fig. 3). A giugno, infatti, nell'epilimnio ai registra una diminuzione della concentrazione di questi ultimi a 5 µg/l, mentre nell'ipolimnio se ne osserva un'aumento: 250 µg/l sul fondo. A fine stratificazione (settembre), gli ortofosfati sono presenti nel bacino con valori inferiori ai 30 µg/l, e non si hanno gradienti degni di nota lungo la verticale.

La frazione di azoto nitrico è presente solo nei prelievi di febbraio e giugno con un andamento in profondità simile a quello registrato per gli ortofosfati: nel periodo di olomissi la concentrazione dei nitrati si mantiene costante dalla superficie al fondo (intorno ad un valore medio di 0,2 mg/l); con l'instaurarsi della stratificazione termica estive, la concentrazione nello

strato epilimnico si porta a O, mentre nell'ipolimnio si ha un graduale aumento di questi ultimi fino al valore massimo di 3 mg/l registrato sul fondo (fig. 3).

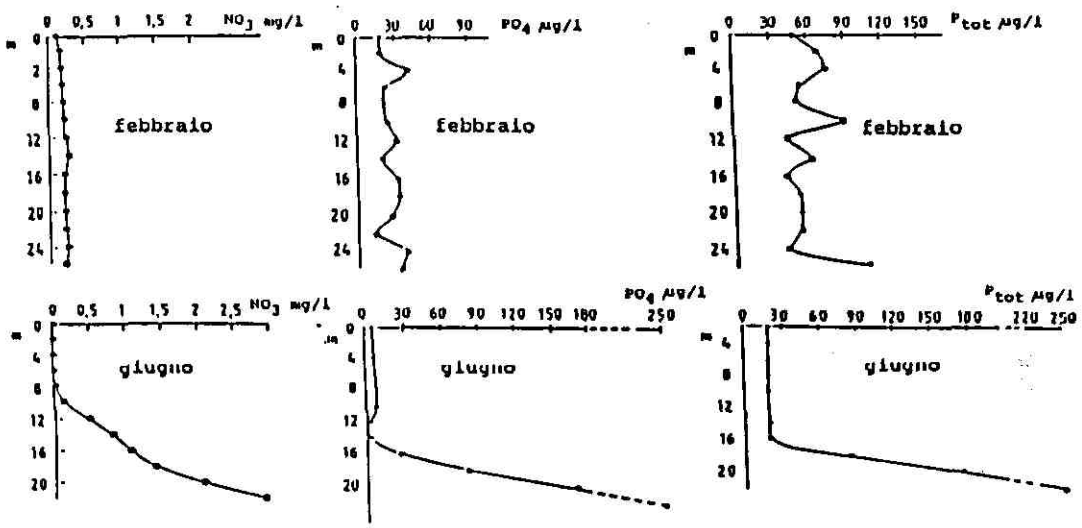


Fig. 3 Nitrati, ortofosfati e fosforo totale {febbraio, giugno).

Fig. 3 NO_3, PO_4, P_{tot}: ottobre 1983 e settembre 1984.

La frazione di azoto ammoniacale è presente solo nel prelievo di ottobre con un valore medio nella verticale di 0,05 mg/l dalla superficie alla profondità di 19 m, sul fondo (25 m) la concentrazione risulta di 2,4 mg/l.

Si è proceduto alla ricerca del fattore limitante la crescita algale calcolando il rapporto N/P nel periodo di olomissi alla profondità di 1 m. Si è cosi ottenuto un valore pari a 8, indice di una situazione nutrizionale bilanciata con la possibilità che l'uno o l'altro elemento diventi in una fase produttiva secondaria il fattore limitante. Ed è infatti la situazione che sembra verificarsi a giugno quando l'azoto, assente nello strato epilimnico, assume il ruolo di fattore limitante.

3.5. Determinazione del livello trofico

Per quanto concerne la determinazione del livello trofico del lago si fa riferimento all'esame dei seguenti parametri: fosforo totale, trasparenza, ossigeno ipolinmico (I.R.S.A., 1980).

Calcolata la concentrazione media di fosforo totale sulla colonna d'acqua nel periodo di olomissi, si è ricavato un valore pari a 60 µg/l. Tale valore supera le concentrazione prefissate per la definizione delle condizioni limite di ologotrofia e mesotrofia (Vollenweider, 1968; Rast e Lee, 1978). L'esame di questo parametro delinea quindi un prevalere degli aspetti tipici dell'eutrofia.

La trasparenza minima risulta essere 0,8 m; la U.S. Environmental Protection Agency ha determinato che valori di trasparenza minimi inferiori a 2 m indicherebbero situazioni di eutrofia.

Tale stato di eutrofia risulta confermato dal contenuto minimo di ossigeno ipolimnico (0 mg/l).

In particolare, per meglio delineare la situazione trofica, si è inserito il Dirillo in un ordinamento in senso di trofia crescente comprensivo di 52 laghi del territorio nazionale monitorati con tale metodica (I.R.S.A., 1980). Al bacino risulta attribuito il numero progressivo 44 e un indice trofico pari a 70.

3.6. Carichi

L'apporto idrico al Dirillo è realizzato tramite il suo unico immissario, non sono stati considerati gli apporti meteorici diretti sul pelo libero del bacino che, data la sua limitata area (~ 0,5 km^2), risultano trascurabili. E' ipotizzabile quindi che il lago sia interessato da una fonte puntiforme di apporti di nutrienti.

Su queste basi si è tentato di effettuare la valutazione dei carichi di fosforo e azoto (fosforo totale, azoto nitroso, nitrico, ammoniacale) utilizzando i dati di concentrazione di questi elementi nell'immissario e le portate mensili di quest'ultimo. Il calcolo delle concentrazioni si è basato su valori ottenuti dalla retta di regressione carico istantanee-portata, ricavata dalle misure condotte nel periodo in esame.

Il carico complessivo, calcolato per tale periodo, risulta di 3.019 kg P x anno e di 16.300 kg N x anno; corrispondenti ad un carico areale rispettivamente di 4,5 g P/m^2, 25 g N/m^2.

Utilizzando il bilancio di massa proposto da Vollenweider:
$L_c = K\,(z/T_w)\cdot(1+\sqrt{T_w})$, dove K è posto pari a 20, si è ottenuto il ca

rico accettabile di fosforo (L_c) per una situazione di mesotrofia, che risulta essere: 0,5 g P/m^2 anno. Per il carico ammissibile di azoto ci si è riferiti al criterio usato da Vollenweider (1968) secondo il quale i valori in peso per l'azoto sono pari a 15 volte quelli per il fosforo; risulta quindi un carico accettabile di 7,5 g N/m^2.

E' opportuno notare che tale bilancio è basato su valori di parametri idraulici e morfologici indicativi di una situazione media annua del bacino ottobre 1983 - settembre 1984. Tali parametri data la loro elevata variabilità nel tempo rendono diffi-cile una caratterizzazione del bacino e di conseguenza del bilancio dei nutrienti.

Come ulteriore informazione sono stati calcolati, applicando la precedente metodica, i carichi affluenti al bacino nel periodo invernale (nov. - febb.) che risultano: 10.500 kg N, 1.400 kg P. Secondo il bilancio proposto da Vollenweider un tale carico di fosforo nel periodo invernale determinerebbe una concentrazione nelle acque dell'invaso pari a 112,6 µg P/l, a febbraio la concentrazione media del fosforo risultava 60 µg/l. Sempre nel periodo invernale il rapporto N/P dei carichi risulta 7,5 e nel bacino 8.

4. CONCLUSIONI

II grado di trofia del bacino, valutato applicando la metodica dell'I.R.S.A. (1980) e il modello di Vollenweider (fig. 4), risulta elevato.

La causa è individuabile nell'eccesso di nutrienti apportati al bacino dal suo immissario: 3.019 kg P anno, 16.300 kg N anno. In particolare il rapporto carico annuo riscontrato/ammissibile, calcolato per il fosforo e l'azoto, risulta rispettivamente di 9 e 3.

Lo studio del Dirillo ha permesso di distinguere un periodo invernale (invaso) ed uno estivo (svaso) con aspetti chimici e idromorfologici ben distinti e caratteristici di due situazioni particolari.

Il periodo invernale (nov. - febb.), caratterizzato da una situazione di olomissia e dal prevalere dei processi di invaso, registra un carico di 10.500 kg N e 1.400 kg P tot. ed un rapporto z/T_w pari a 8,5 (m/anno). Il rapporto N/P tra i carichi (7,5) si

approssima a quello riscontrato nelle acque a fine olomissi (8) ed il modello previsionale della concentrazione di fosforo nelle acque del bacino, applicato a questa situazione particolare, porta ad un risultato di 112,6 µg/l (il valore misurato risulta di 50 µg/l). Sempre in questo periodo il rapporto N/P risulta essere prossimo al rapporto ottimale di assimilazione del fitoplancton e pertanto entrambi ne condizionano la produzione.

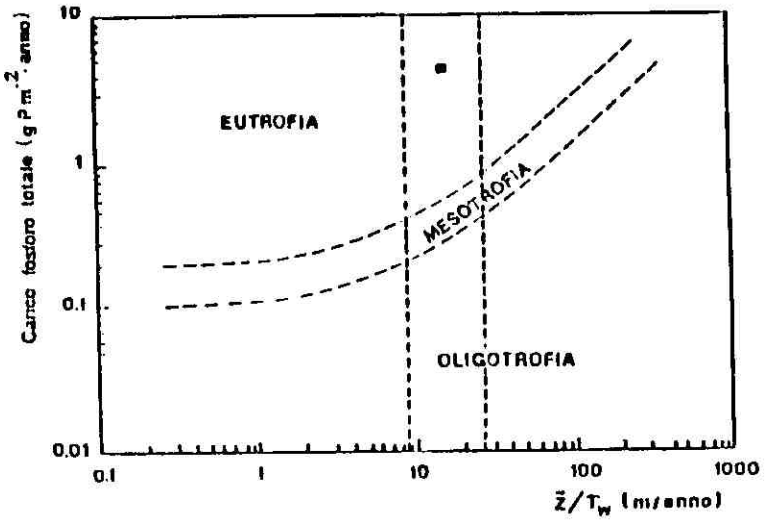


Fig. 4 Relazione tra il carico di $P_{tot.}$ ed il rapporto tra la profondità media ed il tempo di ricambio idrologico. I tratteggi orizzontali indicano il rapporto z/T_W invernale (8,5) ed estivo (24,9).

Nel periodo di svaso (magg. - ott.), in cui durante i mesi estivi si instaura una stratificazione termica con un deficit di ossigeno ipolimnico, il rapporto z/T_w risulta 24.9. A giugno si registra la scomparsa del nitrati nella zona trofogena che, limitando cosi lo sviluppo algale, evita un peggioramento della qualità delle acque.

L'esame della dinamica del nutrienti e dell'ossigeno disciolto, nei mesi di febbraio e giugno, mette in evidenza come il bacino sia interessato nei mesi primaverili da una forte produzione algale.

La concentrazione di fosforo nel bacino, prevista dal modello di Vollenweider in funzione del carico stimato, risulta più elevata rispetto al valore misurato sperimentalmente, sia nel pe-

riodo invernale (112, 6/60 µg/l) che per l'anno complessivo (164/60 µg/l). Questa sovrastima può trovare giustificazione in quanto il bacino artificiale è caratterizzato, nel periodo di stratificazione estiva, da una compartimentazione termica in cui sia l'epilimnio che l'ipolimnio sono soggetti ad una sottrazione di nutrienti. Infatti si ha assimilazione algale nella zona trofogena ed emunzione delle acque di fondo ipolimniche: una dinamica dei nutrienti propria dei bacini artificiali come il Dirillo. Si può quindi ritenere che il rilascio di fosforo nei bacini artificiali soggetti a stratificazione termica abbia una minore rilevanza sulla trofia delle acque rispetto a quella che potrebbe avere sui laghi naturali.

BIBLIOGRAFIA

ALLANSON, B.R. - physical limnology of man made lakes. In: W.C. Ackermann, G.F. White and E.B. Worthington (eds.) "man-made lakes: theirs problems and environmental effects" - am. geophys. union, Washington; 483 - 1973.

ARAI, T. - thermal structure of the artificial reservoir. In: W.C. Ackermann, G.F. White and E.B. Worthington (eds.) "man-made lakes: their problems and environmental effects" - am, geophys. union, Washington: 536 1973.

I.R.S.A. - indagine sulla qualità delle acque lacustri italiane -quaderni, 43 - Velocopy, Milano - 1980.

RAST, W., I.EE , G.F. - summary analysis of the North-American (U.S, portion) O.C.U.E. eutrophication project: nutrient loading-lake response relationships and trophic state indices - ecological research series EPA-600/3-008 Corvallis - 1978.

STRICKLAND, J.D.H., PARSON, T.R. - a practical handbook of seawater analysis - fish. res, bd. can. bull., 167 - 1968.

VOLLENWEIDER, R.A. - water management research,. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication - technical report, O.C.D.E. Directorate for Scientific Affairs - 1968.

VOLLENWEIDER, R.A. - input-output models. With special reference to the phosphorus loading concept in 1imnology - schweiz. z. hydrol.,37:53-1975.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 229 a pag. 240

ULTERIORI DATI GEOTECNICI SUI SEDIMENTI SUPERFICIALI DEL MARE ADRIATICO

Giovanni Paolo FANZUTTI

Istituto di Geologia e Paleontologia - Università di Trieste.

Abstract

In August 1984, an oceanographic survey was carried out to obtain sedimentological and geotechnical data of sea-bed sediments of the Upper and Central Adriatic Sea as far as San Benedetto del Tronto. From samples obtained with a box-corer from 26 stations, the following were determined: textural components, water content (w) referred to dry weight, water content (W) referred to natural weight, porosity (s), void ratio (e), mean horizontal resistance (qh) and sometimes the "apparent" vane shear strength (Va).

It resulted that some bulk properties (porosity and water content) depend directly on the textural components of the sample, expressed in terms of sand/pelite, easily traced to Nota's classification (1958).

As regard to mechanical properties, it has been found that penetrometer resistance can be described as a function of sand content, at least to about 75%. In the case of higher sand content it is at present preferable to describe qh as a function of water content w.

Furthermore, this last parameter is more strongly correlated to vane shear strength than to textural components.

1 -INTRODUZIONE

II livello quantitativo delle conoscenze geotecniche sul fondo e sottofondo dei mari italiani, specie nella fascia costiera, può considerarsi discreto soprattutto quando esse sono di supporto ad interventi ingegneristici per opere marittime.

Qualora però ci si discosti dal litorale verso fondali meno accessibili o comunque poco utilizzati, i dati si rarefanno velocemente e la conoscenza spesso si limita ad un modesto intorno delle piattaforme di perforazione petrolifera off-shore.

Pure per quanto concerne i sedimenti più superficiali del fondale marino, alla portata cioè di una campionatura di tipo tradizionale (benna, carotieri a gravità, etc.), fatta eccezione

per alcune ricerche (Ciabatti e Marabini, 1973; Candian et al., 1983; Colantoni et al., 1985) lo stato delle conoscenze non può certamente ritenersi esaustivo. La stessa piattaforma continentale adriatica, benché di facile accessibilità sia per la sua estensione che per i bassi fondali, non sfugge alla norma, al contrario di quanto avviene già da decenni per i mari di altri Paesi (Inderbitzen, 1974; Anderson 1974).

Con questa breve nota si vuole tentare l'ampliamento del quadro di conoscenze geotecniche di base, sottolineando, al contempo, come questi utili complementi alla descrizione dei fondali possano essere ricavati senza trascendere la normale routine di una campagna sedimentologica né esigere prelievi e conservazioni particolari di campioni per prove di laboratorio geotecnico. La strumentazione richiesta si riduce ad apparecchi tascabili, normale corredo di un qualsiasi geologo di cantiere.

La rapidità e l'estrema semplicità d'acquisizione dei dati già in campagna, suggeriscono che queste semplici determinazioni dovrebbero divenire routinarie.

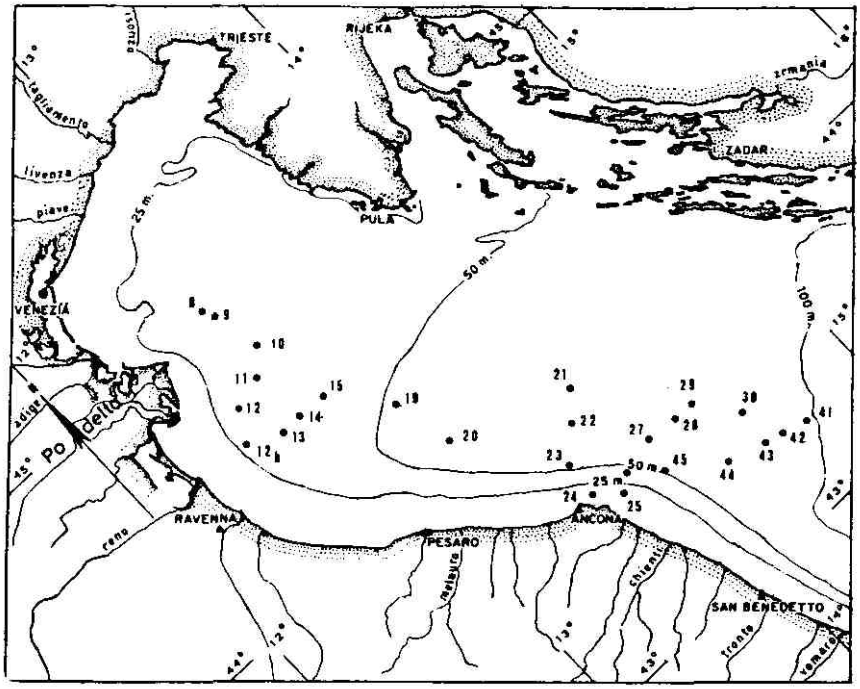


Fig. 1 – Ubicazione dei campioni

2. MATERIALI E METODI

Nell'area adriatica (fig. 1), nell'agosto 1984, tra 16 e 96 m di profondità sono state eseguite 26 stazioni di campionatura con box-corer provvisto di scatola di 166 x 98 mm di area di base e 255 mm di lunghezza.

Sulla zolla, in corrispondenza del lato rimovibile della scatola, ortogonalmente all'interfaccia acqua-sedimento, veniva campionato, costantemente tra 8-10 cm (ed, in due casi, anche fra 18-20 cm) il carico di rottura al penetrometro tascabile. Successivamente, con centro attorno a 15 cm di profondità dall'inter-faccia, sulle peliti, peliti sabbiose e molto sabbiose venivano determinati i valori di carico di rottura a torsione con torvane tascabile.

Il penetrometro tascabile Effegi mod. ST 308, con fondo scala di 11 Kgf e suddivisioni di 0.1 Kgf, era dotato di puntale di 25 mm di diametro e 6 mm di spessore. Per carico di rottura qh è stata assunta la media di 4-6 penetrazioni lente e uniformi nel campione.

Il torvane Soiltest mod. CL 600, con fondoscala di 1 TSF (tons/sq.ft.) e suddivisioni di 0.05 TSF è stato dotato di testa addizionale di rottura CL 602 di 47.8 mm di diametro e palette profonde 5.3 mm. Per carico limite apparente a torsione Va è stata assunta la media delle uniche 2 misure rese possibili dalla dimensione del campione. Detto carico è detto "apparente" in quanto, per semplicità, viene espresso nella scala del quadrante di lettura dello strumento. Il valore vero risulta di fatto inferiore di un fattore 5 rispetto a quello riportato nelle tabelle e nei grafici seguenti.

Terminate in pochi minuti queste misure, alla profondità di 8-10 cm è stato prelevato un campione di 200-350 g per la determinazione del contenuto in acqua e della granulometria. Riposto in un contenitore ermetico di tara nota, il campione è stato quindi pesato in laboratorio prima e dopo essicazione con una precisione pari a 0.05 g. L'essiccazione si è protratta all'aria per qualche settimana, successivamente in stufa termostatata a 50-55°C e quindi in essiccatore sino a peso costante del campione. La temperatura è stata mantenuta di proposito inferiore a 110°C (Lambe, 1951) per evitare serie alterazioni tessiturali e mineralogiche, specie ai minerali dell'argilla, a campioni da sottoporre successivamente ad analisi granulometrica e a determinazioni di densità. Il peso secco del sedimento è stato corretto

dal contributo salino di evaporazione dell'acqua interstiziale, avendo assunto per essa valori di salinità di 35‰ e di densità pari a 1.027 kg/dm^3.

I valori di porosità ed indice dei vuoti sono stati ottenuti rispettivamente dalle: n=(wG/1+wG) x l00 et e=wG (con w riferito all'unità; Colombo, 1974) risultando impossibile il campionamento a volume noto a causa dell'elevato rammollimento delle peliti. Per densità media dei granuli G è stata assunta la media di 2-4 determinazioni su 9 diversi campioni con picnometro a controllo di temperatura, impiegando il benzene come liquido a densità nota. Essa è risultata essere G=2.85±0.09 kg/dm^3.

Le analisi granulometriche sono state eseguite con il metodo setaccio-pipetta, secondo norme di scuola olandese, di cui è stata pure utilizzata la classificazione tessiturale (Nota, 1958).

3. RISULTATI SPERIMENTALI

I risultati sperimentali ottenuti sono riassunti nelle allegate tabelle. In tab. 1 compaiono sigla, ubicazione, composizione tessiturale dei sedimenti in termini di sand-silt-clay, diametro medio (Mz) e "inclusive standard deviation" (σ_i); questi ultimi due parametri sono stati calcolati con le formule introdotte da Folk and Ward (1957). Ricordando che la classe sand è stata corretta dal contenuto conchigliare e che il campo dimensionale del silt, secondo le norme olandesi, è 50-2 µm, la tessitura dei campioni è stata plottata in un diagramma ternario (fig. 2).

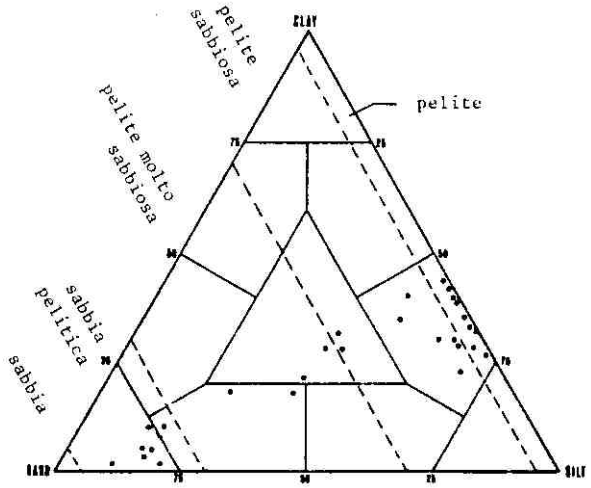


Fig. 2 – Composizione tessiturale dei sedimenti

sigla	Lat. N		Long. E		prof. (m)	Sand %	Silt %	Clay %	Mz	σi
GT 8	45	03.2'	12	50.9'	32	73.0	16.9	10.1	3.88	2.71
GT 8/1	"	" "	"	" "	"	75.9	15.1	9.0	3.70	2.62
GT 9	44	57.1'	12	52.5'	30	76.0	14.3	9.7	4.16	2.44
GT 10	44	48.3'	12	54.8'	36	29.0	42.6	28.4	6.84	2.80
GT 11	44	43.1'	12	48.3'	35	14.1	50.7	35.2	7.57	2.53
GT 12	44	39.2'	12	40.1'	33	0.0	60.3	39.7	8.27	1.78
GT 12/bis	44	35.0'	12	33.4'	29	0.0	61.0	39.0	8.32	1.72
GT 13	44	31.9'	12	43.5'	34	10.3	50.1	39.6	7.85	2.54
GT 14	44	32.0'	12	49.0'	39	27.4	40.2	32.6	6.95	2.75
GT 15	44	31.9'	12	58.0'	41	80.2	14.5	5.3	3.62	1.57
GT 19	44	19.2'	13	12.7'	52	87.4	10.6	2.0	3.67	0.72
GT 20	44	06.0'	13	16.8'	58	79.2	16.3	4.5	3.93	1.23
GT 21	43	56.9'	13	52.0'	73	7.9	61.6	30.5	7.19	2.34
GT 22	43	51.2'	13	45.3'	74	5.5	64.7	29.8	7.20	2.27
GT 23	43	42.9'	13	39.0'	49	0.4	66.6	33.0	7.72	1.95
GT 24	43	39.0'	13	33.1'	20	8.0	68.4	23.6	6.78	2.25
GT 25	43	33.1'	13	40.8'	16	3.0	68.5	28.5	7.37	2.13
GT 25/1	"	" "	"	" "	"	5.3	65.5	29.2	7.34	2.18
GT 26	43	35.8'	13	47.0'	37	0.8	72.2	27.1	7.38	2.01
GT 27	43	37.8'	13	59.8'	73	0.2	55.3	44.6	8.50	1.66
GT 28	43	36.8'	14	08.9'	82	0.0	58.3	41.7	8.50	1.68
GT 29	43	36.8'	14	15.8'	84	40.2	38.2	21.5	5.97	2.78
GT 30	43	28.0'	14	24.5'	92	43.5	38.2	18.3	5.77	2.65
GT 41	43	18.0'	14	36.0'	96	78.3	16.4	5.3	3.54	1.57
GT 42	43	20.0'	14	29.0'	95	56.2	26.0	17.8	5.20	2.82
GT 43	43	21.0'	14	23.0'	85	32.4	39.2	28.4	6.78	2.86
GT 44	43	22.9'	14	12.0'	75	0.0	67.0	33.0	8.47	1.46
GT 45	43	31.0'	13	56.1'	51	0.3	64.8	34.9	7.98	1.86

Tab. 1 - Ubicazione, composizione tessiturale; diametro medio e "inclusive standard deviation" (FOLK & WARD) dei campioni.

sigla	s%	w	W	n%	e	σh (kg/cm2)	Va (TSF)
GT 8	73.5	29.61	22.85	45.8	0.84	0.88	=
GT 8/1	76.3	32.13	24.31	47.8	0.91	0.45	=
GT 9	78.5	32.72	24.65	48.2	0.93	1.02	=
GT 10	39.7	70.92	41.49	66.9	2.02	0.15	0.160
GT 11	14.9	115.36	53.57	76.7	3.29	0.13	0.100
GT 12	4.3	94.47	48.58	72.9	2.69	0.13	0.100
GT 12/bis	0.8	93.61	48.35	72.7	2.67	0.18	0.130
GT 13	10.3	79.79	44.38	69.4	2.27	0.20	0.125
GT 14	31.7	63.86	38.97	64.5	1.82	0.20	0.115
GT 15	81.3	36.02	26.48	50.6	1.03	0.64	=
GT 19	89.3	32.33	24.43	47.9	0.92	(1.89)	=
GT 20	80.3	33.91	25.32	49.1	0.97	0.59	=
GT 21	11.5	69.33	40.94	66.4	1.97	0.13	0.140
GT 22	7.1	75.37	42.98	68.2	2.15	0.16	0.110
GT 23	0.4	75.02	42.86	68.1	2.14	0.23	0.135
GT 24	9.4	53.31	34.77	60.3	1.52	0.27	=
GT 25	7.6	55.54	35.71	61.3	1.58	0.18	=
GT 25/1	5.3	48.68	32.74	58.1	1.39	(0.36)	(0.185)
GT 26	0.7	73.62	42.40	67.7	2.10	0.18	0.125
GT 27	0.2	97.71	49.42	73.6	2.78	0.11	0.105
GT 28	1.2	116.39	53.79	76.8	3.32	0.11	0.095
GT 29	43.5	65.98	39.71	65.2	1.88	0.19	0.145
GT 30	46.9	55.96	35.88	61.5	1.59	0.25	0.185
GT 41	80.4	31.86	24.16	47.6	0.91	0.52	=
GT 42	58.7	45.86	31.44	56.6	1.31	0.31	=
GT 43	36.6	64.35	39.15	64.7	1.83	0.29	0.170
GT 44	0.8	102.41	50.60	74.5	2.91	0.11	0.110
GT 45	0.3	85.91	46.21	71.0	2.45	0.13	0.130

Tab. 2 - Caratteri geotecnici dei campioni (spiegazione dei simboli nel testo). I valori tra parentesi sono stati esclusi dall'elaborazione dei dati

Nella medesima figura risultano anche riportate (con linea a tratteggio) le campiture secondo la classificazione di Nota.

In tab. 2 si riportano le proprietà geotecniche determinate: percentuale di sabbia (s) comprensiva anche della frazione conchigliare, contenuto percentuale in acqua riferito al peso secco (w) e al peso del terreno allo stato naturale (W) , porosità percentuale (n) ed indice dei vuoti (e), carico medio di rottura orizzontale al penetrometro tascabile (qh) e, ove determinato, carico di rottura apparente a torsione (Va).

Lo scarto tra i valori percentuali di sabbia riportati nella prima e seconda tabella, permette di valutare che il contenuto medio in peso apportato dalla frazione conchigliare alla totalità del sedimento è di 1.5 ± 1.4%.

Per un più agevole confronto con i valori riportati in Colantoni et al., 1985 e in Brambati et al. (in stampa), in tab. 3 si forniscono infine i valori medi e la deviazione standard di w, W, n, qh per campioni raggruppati in base alle classi di Nota, comprendendo nella frazione sabbiosa anche la componente conchigliare.

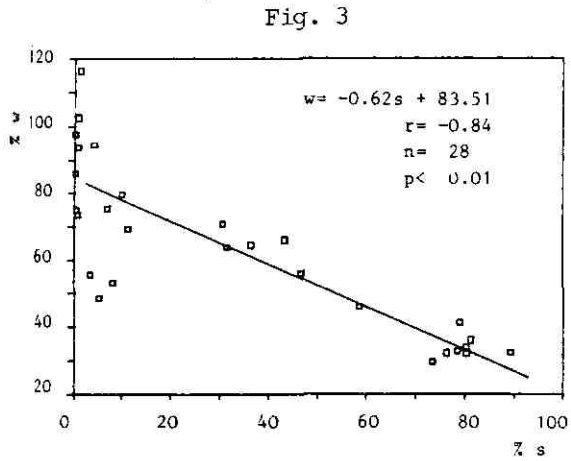
	w	W	n%	qh (kg/cm2)
SABBIA PELITICA n° campioni: 7	32.65 ±1.96	24.60 ±1.11	48.1 ±1.5	0.86 ±0.50
PELITE MOLTO SABB. n° campioni: 6	61.14 ±8.90	37.77 ±3.59	63.2 ±3.7	0.23 ±0.06
PELITE SABBIOSA n° campioni: 6	73.64 ±23.82	41.56 ±7.46	66.5 ±6.7	0.18 ±0.06
PELITE n° campioni: 9	88.32 ±18.09	46.44 ±5.39	71.0 ±4.6	0.15 ±0.04

Tab. 3 - Valori medi e deviazione standard di alcuni parametri geotecnici per campioni raggruppati secondo le classi tessiturali di Nota.

4. DISCUSSIONE

Si commentano brevemente quelle correlazioni tra le componenti tessiturali e/o parametri geotecnici risultate maggiormente significative.

In fig. 3 e 4 vengono messi a confronto, rispettivamente, il contenuto percentuale in acqua (riferito al peso secco) e la porosità con il tenore in sabbia (comprensivo della frazione conchigliare) nei diversi campioni. Come facilmente prevedibile, le due proprietà geotecniche si correlano inversamente con il



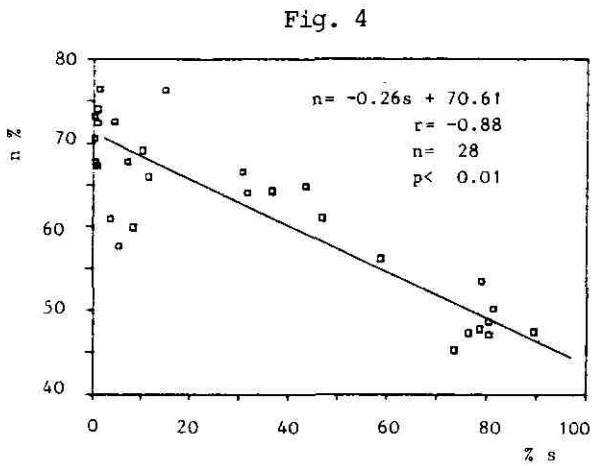


Fig. 3 - Relazione tra tenore in sabbia (s) e contenuto in acqua (w).
Fig. 4 - Relazione tra tenore in sabbia (s) e porosità (n).

parametro tessiturale considerato.

Significativi risultano i tre punti "scatterati", alla sinistra dei diagrammi, relativi a peliti di basso fondale (16-20 m) campionate qualche miglio al largo di Ancona. Il basso contenuto d'acqua (e quindi la bassa porosità) rispetto alle rimanenti peliti può essere conseguenza del miglior "packing" delle particelle sedimentate a causa della maggiore influenza del moto ondoso sul fondale in occasione di forti mareggiate.

In un precedente lavoro (Candian et al., 1983) era già stato esaminato il rapporto tra carico di rottura al penetrometro tascabile e contenuto in sabbia nei sedimenti della piattaforma Alto adriatica tra Iesolo e Pesare, campionati in due campagne del 1981.

In fig. 5 vengono riportati (punti) i dati del 1981 e la relativa traccia della funzione approssimante, che è risultata essere di equazione qm= 0.137 e^0.0146s (r=0.68). Sulla medesima figura sono stati inseriti (triangoli) i dati relativi alla campagna 1984. Nonostante che i dati del 1981 rappresentino, a rigore, il carico di rottura medio (qm) di sforzi ortogonali e paralleli all'interfaccia acqua-sedimento (peraltro risultati assai omogenei), mentre quelli del 1984 soltanto il carico medio orizzontale all'interfaccia, si noti tuttavia come la seconda serie di dati sia bene "fittata" dalla funzione approssimante proposta. Infatti con i soli dati del 1984 si ottiene la curva:

qh= 0.149 e^0.0134s

del tutto simile alla precedente ma con un miglior coefficiente

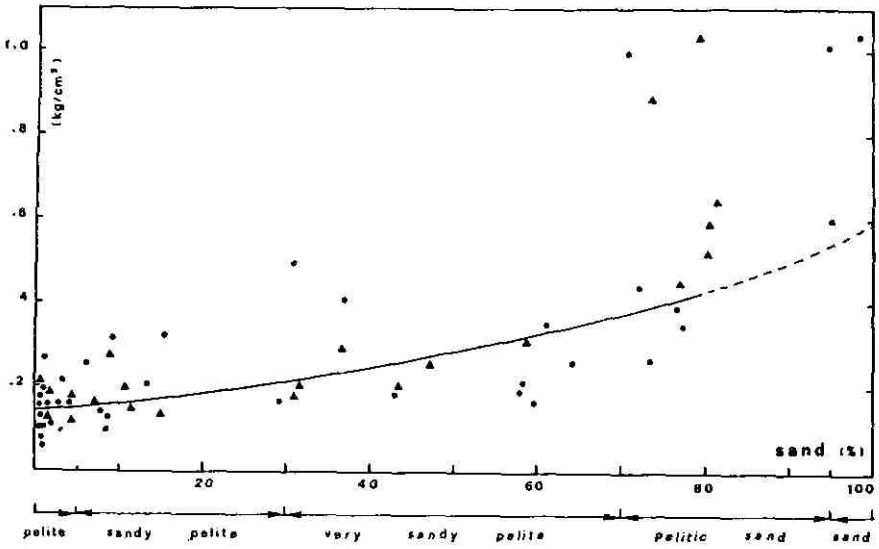


Fig.5 - Relazione tra tenore in sabbia (s) e: (punti) carico medio di rottura qm (campagna 1981), (triangoli) carico di rottura orizzontale qh (campagna 1984) al penetromstro. Si sono tralasciati alcuni valori ricadenti nel campo delle peliti.

di correlazione (r=0.78). Ciò almeno per contenuti in sabbia crescenti sino a 75-80%.

Era già stato notato (Candian et al., 1983) che alcuni dei campioni, con tenori in sabbia compresi in questo stretto "intervallo critico", manifestavano la tendenza a scostarsi nettamente dalla curva approssimante, non escludendo discontinuità o risposta multipla.

Anche se, a causa delle difficoltà di campionamento, ancora troppo scarsi sono i dati complessivamente acquisiti per descrivere l'andamento della funzione qh = f(s) per s > 75%, si è propensi a ritenere che, per contatti "floating" o "tangenti" tra granuli sabbiosi, l'andamento del carico di rottura può essere ricondotto a quello delle peliti molto sabbiose; per contatti più serrati esso assume invece valori superiori a 1 kgf/cm^2 con legge ancora da definirsi.

Di una certa utilità torna, a questo proposito, esprimere qh in funzione del contenuto in acqua in quanto la qh = f(w) è continua su tutto il dominio (fig. 6). Poiché mai si è ottenuto sperimentalmente qh< 0.1 e difficilmente w< 30% in sedimenti

sabbiosi sciolti, questi limiti fisici possono giustificare la traslazione d'assi:

$$X = qh - 0.1$$

$$Y = w - 30$$

e la funzione essere considerata asintotica a questi. Si è ricavata la funzione:

$$Y = 1.987\ X^{-0.945}\ (n= 28,\ r= -0.86)$$

ossia, con buona approssimazione:

$$Y = 2/X \text{ e quindi } qh= 2/(w-30)+0.10$$

II carico limite a torsione, misurato con scissometro tascabile, è stato determinato solo in campioni dal contenuto in pelite superiore al 50%: peliti, peliti sabbiose e peliti molto sabbiose "pro parte". E' usuale infatti eseguire questo tipo di prova, per la ricerca del modulo di coesione da introdurre nella relazione di Coulomb, in terreni fini molli o molti molli quando altri tipi di determinazioni sperimentali sono operativamente precluse. Pur rilevando che le misure sono spesso risultate prossime al limite della sensibilità dello strumento (ciò ha, tra l'altro, vanificato la ricerca di "resistenza residua"), sono state tentate correlazioni di tipo lineare tra le componenti tessiturali e Va (grafici non riportati).

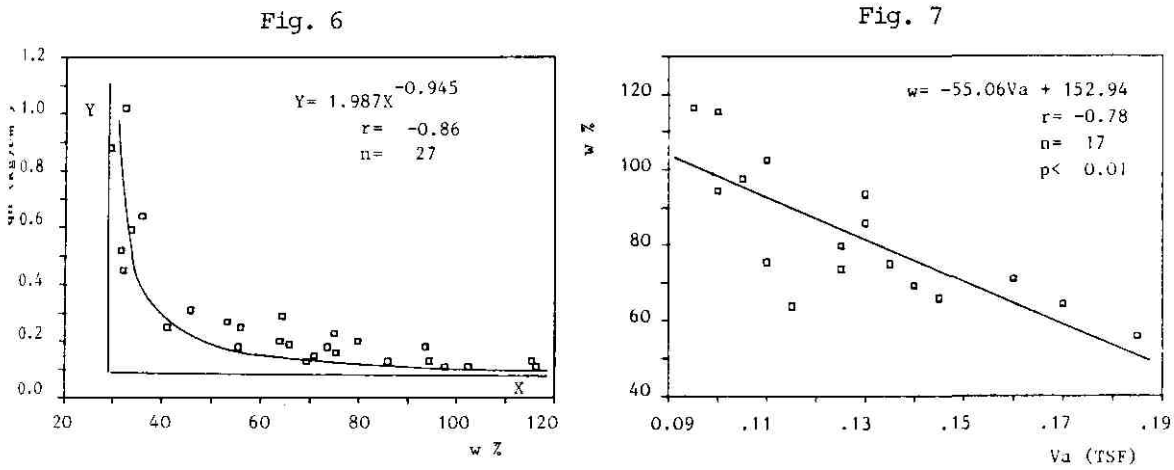


Fig. 6 - Relazione tra contenuto in acqua (w) e carico di rottura orizzontale (qh) al penetrometro.

Fig.7 - Relazione tra carico limite apparente a torsione (Va) e contenuto in acqua (w).

In particolare, quella con il contenuto in sabbia è risultata:

$$Va= 0.11\ s + 1.13\ (n= 17,\ r= 0.70)$$

tuttavia si verifica una notevole dispersione dei punti specie nel campo delle peliti.

Ciò ha indotto, uscendo dalla classificazione tessiturale di Nota, a tentare la correlazione con il contenuto percentuale di argilla (c), con risultato lievemente migliore:

$$Va= -0.03\ c + 2.12\ (n= 17,\ r= -0.74)$$

e l'indubbio vantaggio di discriminare meglio i campioni a basso contenuto di sabbia.

Il fatto che la correlazione con l'argilla sia risultata inversa, verosimilmente perché i terreni campionati hanno avuto ben poca "storia geotecnica", ha indotto a correlare Va con w. Il risultato compare in fig. 7 da cui si evince che lo sforzo a torsione è inversamente correlato con il contenuto naturale in acqua. Risulta inoltre che, sulla base dei coefficienti r, l'ultima delle tre correlazioni esaminate è la migliore.

5. CONCLUSIONI

Alcune proprietà di volume (porosità e contenuto in acqua) relative ai sedimenti di fondo dell'Adriatico settentrionale e centrale dipendono strettamente dalla composizione tessiturale, esprimibile in termini di sabbia/peli te, facilmente riconducibile alla classificazione di Nota (1958).

Per quanto concerne le proprietà meccaniche, viene confermato che il carico di rottura qh al penetrometro può essere descritto in funzione del contenuto in sabbia, almeno fino a tenori di 75% circa. Per tenori di sabbia più elevati, sembra al momento preferibile descrivere qh in funzione del contenuto in acqua w.

Quest'ultimo parametro inoltre, è correlato, ancor più che con le componenti tessiturali,con il carico limite a torsione Va.

Quindi il tenore in sabbia e il contenuto naturale in acqua (oltre che qh e Va, ad essi riconducibili) bene si prestano a completare la descrizione di quei corpi sedimentari costituenti il fondale adriatico, già a suo tempo indagati da un punto di vista sedimentologico e petrografico (Pigorini, 1967; van Straaten, 1970; Veniale et al., 1972, 1983; Brambati et al., 1973; Tomadin, 1975; Colantoni e Gallignani, 1978) e più recentemente, cartografati (Brambati et al., 1983; Brambati et al., in stampa).

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il prof. A. Brambati, titolare di contratto MPI, per aver reso possibile la ricerca e per le utili discussioni e suggerimenti. Un ringraziamento parti colare al collega ed amico prof, R. Marocco per il prezioso aiuto in campagna ed al dr. F. Finocchiaro per la collaborazione, oltre che in campagna, anche in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

R.S. ANDERSON - Statistical correlation of physical properties and sound velocity in sediments. - In: L.Hampton (editor) "Physics of sound in marine sediments.", Plenum Press, New York, 481-518, 1974.

A. BRAMBATI, D. BREGANT , G. LENARDON, D. STOLE A - Tran sport and sedimentation in the Adriatic Sea. - Pubbl. n.20 Mus.Friul. Sc. Nat., 61 pp., Udine, 1973.

A. BRAMBATI, M. CIABATTI, G.P. FANZUTTI, F. MARABINI, R. MAROCCO - A new sedimentological textural map of the Northern and Central Adriatic Sea. - Boll.Ocean.Teor.Appl., 1(4), 267- 271, 1983.

A. BRAMBATI, M. CIABATTI, G.P. FAHZUTTI, F. MARABINI, R. MAROCCO - Carta sedimentologica dei mari italiani 1:250.000. Carta 924 (Adriatico Settentrionale) e Carta 923 (Adriatico Centrale), (in stampa).

C. CANDIAN, G.P FANZUTTI, F. MARABINI - Relationships between pocket penetrometer resistance and bottom sediments texture in the Northern Adriatic Sea. - Rapp.Comm.int.Mer Mèdit., 28(4), 221-222, 1983.

M. CIABATTI, F. MARABINI - Caratteri geotecnici dei fondali del mare di Ancona ove è prevista la creazione di una zona di ripopolamento da parte del L.T.P. del CNR. - Rapp. interno Lab. Geol .Marina, Bologna, 6 pp, 1973.

M. CIABATTI, P. COLANTONI - Ricerche sui fondali antistanti il delta del Po. - Giorn.Geol. (s.2 a), XXIV (1), 189-210, 1967.

P. COLANTONI, P. GALLIGNANI (editors) - Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico. Risultati delle crociere

1976 e 1977 (da Ancona alle foci del Reno). - C.N.R. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, subprogetto 4, Quad. 1, 113 pp, Bologna, 1978.

P. COLANTONI, G.P. FANZUTTI, R. MAROCCO - Geologia della piattaforma adriatica. - In: "C.N.R. P.F. Oceanografia e Fondi Marini. Sottoprogetto Piattaforma Continentale . Rapporto Tecnico Finale", 49-85, 1985.

P. COLOMBO - Elementi di Geotecnica. - Zanichelli, Bologna, 280 pp, 1974.

R.L. FOLK, W.C. WARD - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. - Jour.Sed.Petrol., 27, 3-23, 1957.

A.L. INDERBITZEN (editor) - Deep-sea sediments. Physical and mechanical properties. - Plenum Press, New York, 497 pp, 1974.

T.W. LAMBE - Soil testing for Engineers. - J. Wiley and Sons, London, 165 pp, 1951.

F.J.G. NOTA - Sediments of the Western Guiana Shelf. - Report of Orinoco Shelf expedition, 2, Veenman & Zones, Wageningen, 98 pp, 1958.

B. PIGORINI - Aspetti sedimentologici del Mare Adriatico. - Mem.Soc.It.Sc.Nat., 16(2), 131-199, 1967.

L.M.J.U. VAN STRAATEN - Holocene and late Pleistocene sedimentation in the Adriatic Sea. - Geol-Rundsch., 60(1), 106-131, 1970.

L. TOMADIN - Clay minerals in the Northern Adriatic Sea: dispersal by drift currents. - Rapp.Comm.int.Mer Mèdit.,23 (4a), 283-285, 1975.

F. VENIALE, A. ADAMI, A. DEL NEGRO, B. PIGORINI, F. SOGGETTI - Clay mineralogy of bottom sediments in the Adriatic Sea. - Proc. 1972 Int. Clay Conference, Madrid, 249-258, 1972.

F. VENIALE, F. SOGGETTI, M. SEITI, F. CAUCIA - Distribuzione di quarzo e feldspati nei sedimenti di fondo del Mare Adriatico. Estr. Atti 4° Congr. A.I.O.L., Chiavari 1-3 dic. 1980, 12 pp, 1983.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 241 a pag. 254

VARIAZIONI A BREVE TERMINE DEI TENORI E DELLE CARATTERISTICHE COMPOSIZIONALI DEL PARTICELLATO SOSPESO NELLE ACQUE MARINE PRESSO AURISINA (TRIESTE)°

G.P.FANZUTTI *, F.FINOCCHIARO * e S. FONDA UMANI ˆ
* Istituto di Geologia e Paleontologia
ˆDipartimento di Biologia - UNIVERSITA' DI TRIESTE.

SUMMARY

In a station near Aurisina (Gulf of Trieste) seven series of observations on water column were repeated from September, 2 to 5, 1985. The sampling was taken in order to determine the temporal variations of concentration and grain size of suspended matter as well as the characteristics of phyto and microzooplankton populations.

It was noted the influence of the transit of a fast local storm, on the termoaline structure of water column and on the above written parameters. It was found an almost continuous stability of the .inorganic fraction and an evident change of the living and detritical organic fraction.

1. INTRODUZIONE

La variabilità a breve scala temporale della concentrazione, tessitura e composizione del particellato sospeso spesso dipende dalle condizioni meteomarine dei giorni precedenti la campionatura o dall'istante della giornata per essa prescelto, specie in ambienti prossimi alla costa. La conoscenza di questi fenomeni è quindi indispensabile per valutare correttamente i risultati di campionamenti ripetuti nel tempo, con osservazioni a lungo termine in stazioni fisse.

Durante il corso estivo di Oceanologia (OCEANEST, 2-6 settembre 1985), tenutosi presso il Laboratorio di Biologia marina di Aurisina, in una stazione ubicata a circa 0.5 miglia al largo, su un fondale pelitico di circa 15 m, sono state eseguite analisi sul particellato sospeso per determinare il range delle microvariazioni temporali dei parametri sopra citati. In contemporanea è stata analizzata la struttura della popolazione fitoplanctonica e microzooplanctonica, per verificare la loro influ-

---

° Lavoro pubblicato con fondi M.P.I. 40% "Piattaforma e margini continentali", titolare Prof. A. Brambati; M.P.I. 60% "Produzione pelagica nel Golfo di Trieste"; titolare: Prof. M. Specchi.

enza sulla struttura del particellato stesso.

La situazione meteorologica dei giorni precedenti il campionamento è stata caratterizzata da tempo stabile: perdurando tali condizioni quindi, le variazioni quantitative e qualitative del particellato potevano verosimilmente essere messe in relazione solo con l'alternarsi delle maree, come già riscontrato in Alto Adriatico, in ambiente lagunare o marino prossimo alle bocche (Brambati et al., l982; Barillari et al., l985). Erano state quindi programmate due campionature giornaliere su colonna, in alta ed in bassa marea rispettivamente, quando i ricambi delle masse d'acqua potevano ritenersi effettuati (fig. 1 A).

Un brusco peggioramento delle condizioni meteorologiche, culminato con un temporale in zona nella notte fra il 3 ed il 4, se da un lato ha ridimensionato il programma perseguito, dall'altro ha arricchito di nuovi spunti la tematica di ricerca.

2. MATERIALI E METODI

I dati meteorologici (temperatura dell'aria, direzione e velocità del vento, pressione atmosferica, precipitazioni) e mareografici sono stati forniti dall'Istituto Talassografico di Trieste del C.N.R..

Le misure di temperatura e conducibilità sono state eseguite con una sonda Beckmann RS-5, di metro in metro. I valori di salinità e densità sono stati computati mediante gli algoritmi dell'UNESCO (1981).

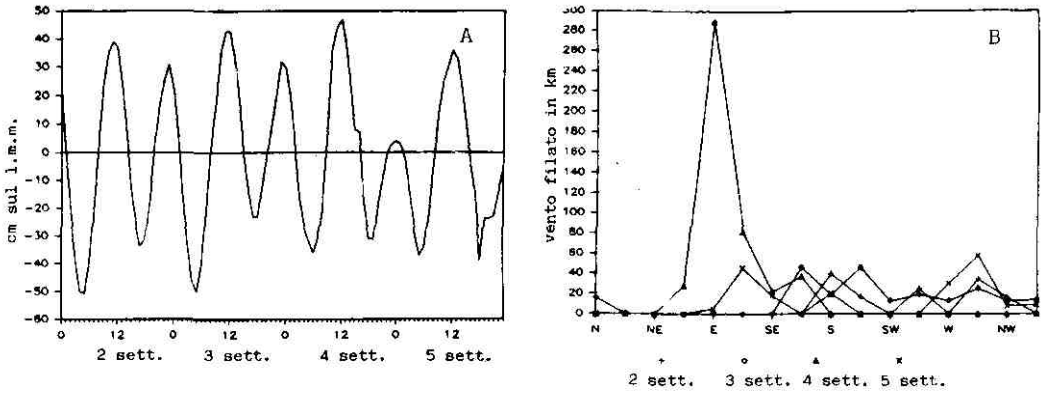


Fig. 1 A - Curva mareografica (Trieste, Molo Sartorio).
1 B - Vento filato (suddiviso per direzioni di provenienza).

Sono stati effettuati prelievi d'acqua, con bottiglie Niskin in PVC da 5 l nello strato superficiale, nell'intermedio, ed in quello prossimo al fondo. I campioni d'acqua così raccolti sono stati immediatamente frazionati in 4 subcampioni: di 1 l per analisi sul particellato totale; di 2 l, per la determinazione del microzooplancton; di 0.25 l per la determinazione del fito-plancton e per il conteggio al Coulter Counter.

La determinazione del fito e del microzooplancton, fissati con formalina al 3% neutralizzata, è stata eseguita mediante conteggio al microscopio rovesciato Leitz Labovert, secondo il metodo di Utermhol.

Per la determinazione gravimetrica del particellato si è proceduto ad immediata filtrazione del campione su filtri Millipore da 47 mm di diametro e porosità da 0.45 pm. Il filtro è stato lavato con almeno 50 cc complessivi di acqua distillata per ridurre, quanto più possibile, il sale trattenuto al filtro (Sanse et al., 1963; Brambati et al., 1983), pur senza lavare la corona circolare, per evitare perdite di materiale. Ripetute determinazioni hanno evidenziato che rimanevano sul filtro 0.45±0.08 mg di sali, di cui si è tenuto conto nel calcolo delle concentrazioni.

Le granulometrie del particellato sono state eseguite con un Coulter Counter mod. D-industrial con capillare da 140 µm. Il range dimensionale teorico da 70 e 3 µm (Coulter Electronics Ltd, 1976) è stato ridotto, per aumentare la significatività dei conteggi, da 64 a 4 µm e le classi dimensionali sono state riportate ad ampiezza di 1/2 unità phi. Per analizzare al Counter anche le ceneri residue, il particellato è stato risospeso dal filtro con ultrasuoni e bruciato in muffola a 550°C (Syvitsky et al., 1985). Mentre per la temperatura di combustione vi è relativo accordo fra i diversi Autori (450-550°C: Drake, 1974, Manheimm et al., 1970; Spencer and Sachs, 1970), ciò non avviene per i tempi, variabili da 1 a 6 ore; numerose determinazioni eseguite su particellato del Golfo di Trieste hanno consigliato tre ore di combustione, tempo mediamente richiesto per il raggiungimento di peso costante del campione.

3. CONDIZIONI METEOROLOGICHE

La settimana precedente la campionatura è stata caratterizzata da temperature medie giornaliere oscillanti fra 23.4°C e 2l.3°C e da pressioni atmosferiche variabili fra 1015 e 1018 mb

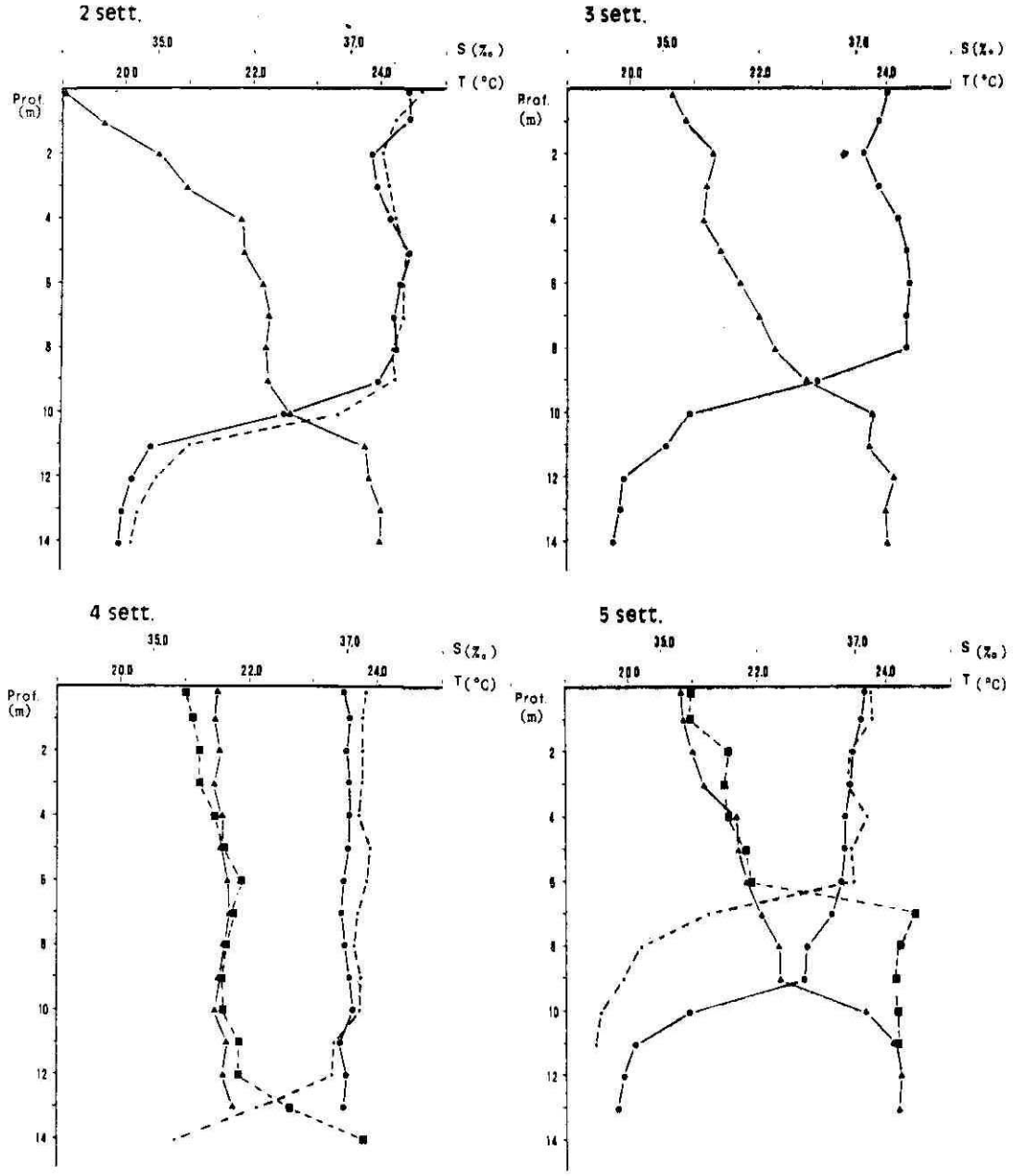


Fig. 2 - Distribuzione della temperatura (· e •) e della salinità (■ e ▲); le linee continue si riferiscono ai campionamenti antimeridiani, quelle tratteggiate ai campionamenti pomeridiani.

(massima escursione media giornaliera: 2.4 mb).

Durante il giorno 2 e nella mattinata del 3 il vento (fig. 1 B) proveniva prevalentemente dal 3° e 4° quadrante, con velocità media oraria quasi mai superiore a 2.8 m/s. Nel pomeriggio del 3 il vento è rinforzato, provenendo da Nord, mentre il giorno 4 la direzione di provenienza è ulteriormente variata (da ENE a SSE), con velocità medie orarie che hanno raggiunto 8.6 m/s e raffiche a 19.0 m/s; la media della giornata è stata di 5.6 m/s. L'escursione giornaliera della pressione atmosferica è stata di 10.4 mb; inoltre la temperatura media dell'aria della giornata è scesa, rispetto al giorno 3, da 23.3 a 21.6°C. Infine, nel pomeriggio dell'ultimo giorno di campionamento il vento riprendeva a spirare dal 3° e 4° quadrante, con velocità media di 2.2 m/s mentre la temperatura media della giornata è stata di 21.1°C.

4. ANALISI DEI DATI

4.l Caratteri fisici del corpo d'acqua

Nei giorni 2 e 3 la colonna d'acqua presentava una marcata stratificazione (fig. 2), già riscontrata nel Golfo di Trieste in periodo estivo (Mesetti, 1967; Specchi et al., 1976; Bregant et al., 1981), con valori superficiali di salinità di 34-35 per mille e valori al fondo superiori a 37 per mille. Nella mattinata del giorno 4 i valori di salinità e temperatura erano omogenei dalla superficie al fondo; ma già nello stesso pomeriggio la colonna d'acqua tendeva nuovamente a presentarsi stratificata, con valori di salinità di 35.3-35.7 per mille fra la superficie e 10 m di profondità e valori di 35.9-37.2 per mille fra 11 m e il fondo. Il giorno seguente temperatura e salinità presentavano andamenti e valori confrontabili con quelli del giorno 2.

Analogamente la densità (espressa come σ-t) risultava, nei giorni 2 e 3, compresa fra 23.0 e 24.0 in superficie ed fra 26.6-26.8 al fondo; il mattino del giorno 4 i valori erano costanti (24.3-24.4) su tutta la colonna; già durante la mattinata del giorno 5 sono stati misurati al fondo valori di 26.7, pur verificandosi in superficie valori analoghi a quelli del giorno 4: la stratificazione picnica si riinstaurava pienamente nella serata.

4.2 Concentrazioni di particellato

L'andamento delle concentrazioni di particellato totale viene presentato in fig. 3 A. Per quanto concerne le concentrazioni nella stessa giornata, ma in ore diverse, si nota che i

tenori nel corpo d'acqua intermedio (10-12 m) sono pressoché costanti; mentre in superficie ed al fondo i valori serali superano quelli antimeridiani di circa 1 mg/l.

Per quanto riguarda l'evolversi delle concentrazioni nell' arco dei quattro giorni di esperienza si nota che, mentre nei giorni 2 e 3 settembre le concentrazioni si mantengono su 2.4 + 0.8 mg/l, nella serata del giorno 4, gli incrementi sono più vistosi al fondo ed in superficie. Il giorno successivo, mentre i tenori in superficie diminuiscono già nella mattinata, i valori al fondo restano costantemente più elevati rispetto ai primi giorni di campionatura.

4.3 Popolamenti planctonici

La struttura della colonna d'acqua condiziona in modo evidente la distribuzione qualitativa e quantitativa dei popolamenti planctonici. Infatti, finché permane una netta stratificazione la comunità fitoplanctonica associata agli strati superficiali e a quelli intermedi si differenzia nettamente da quella presente presso il fondo. Quest'ultima, numericamente più abbondante, è dominata da Diatomee Centriche, appartenenti ai generi: Chaetoceros (C. curvisetus, C. affinis, C. brevis), Leptocilindrus (L.danicus, L. minimus) e Rhizosolenia (R. delicatula, R. alata forma gracillima, R. calcar avis) accompagnate da Diatomee Pennate (Diatoma vulgare var. adriatica) ed a Microflagellati. Nello strato intermedio e superficiale, invece, il popolamento è costituito quasi completamente da queste due ultime componenti, non assumendo mai le Diatomee Centriche un peso rilevante (fig. 4.1).

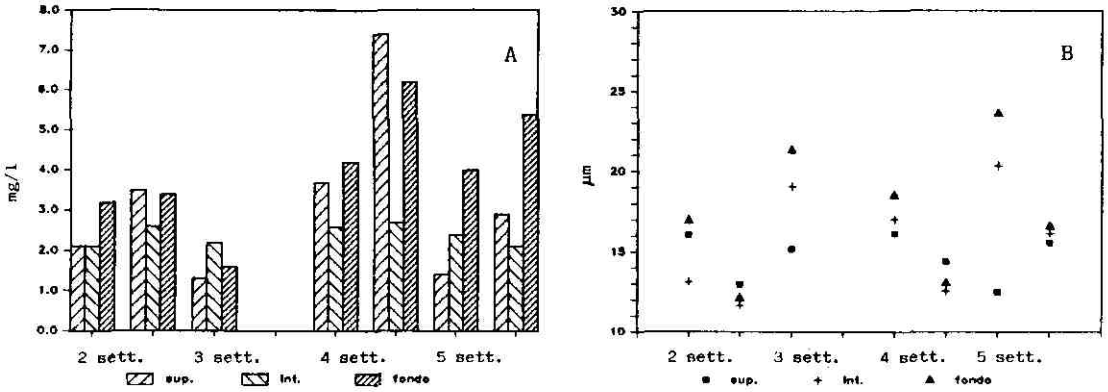


Fig. 3 A - Concentrazioni del particellato totale
B – Diametro medio del particellato totale

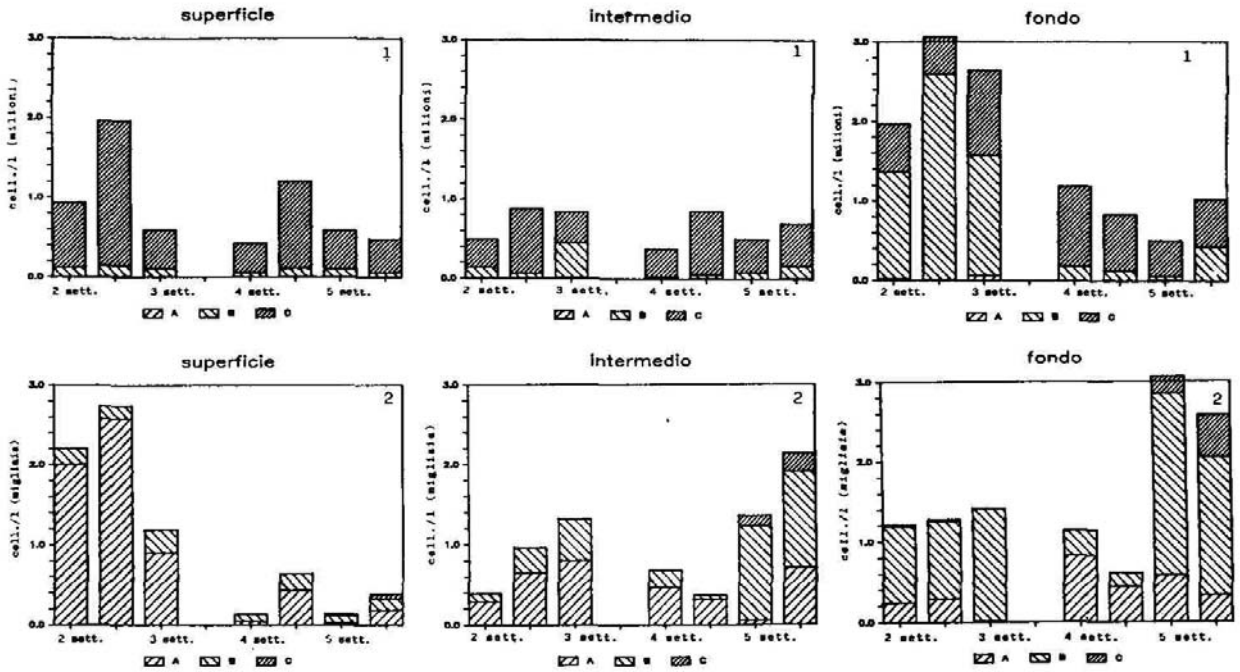


Fig. 4.1 - Popolamenti fitoplanctonici:
A-Dinoficee; B-Diatomee; C-Microflagellati
Fig. 4.2 - Popolamenti microzooplanctonici:
A - Ciliati nudi; B - larve di metazoi; C - altri Protozoi.

TABELLA 1

Sigla	quota	T (°C)	S (‰)	σ-t	C (mg/l)	N tot. (x1000)	N cen. (x1000)	D (µm)	Dinofl. (x1000)	Diatomee (x1000)	Microfl. (x1000)	Micro zoo	cell./l (x1000)
2-9, h 12.30	-1 m	23.6	34.4	23.3	2.1	1390	148	16.0	4	112	818	2206	936
	-12 m	20.1	37.2	26.4	2.1	2690	195	13.1	5	133	358	393	496
	-15 m	19.9	37.3	26.6	3.2	16100	1340	16.9	23	1338	603	1214	1970
2-9, h 18.30	-1 m	24.2	-	-	3.5	6600	1180	12.9	6	133	1818	2735	1960
	-5 m	24.3	-	-	2.6	4440	845	11.6	3	61	814	958	879
	-13 m	20.2	-	-	3.4	4480	1370	12.1	12	2578	572	1277	3160
3-9, h 12.00	-1 m	23.8	35.2	23.9	1.3	1650	226	15.1	4	102	487	1188	594
	-12 m	19.9	37.4	26.7	2.2	3800	378	19.0	11	439	387	1305	838
	-15 m	19.7	37.3	26.7	1.6	4340	269	21.3	60	1503	1075	1411	2640
4-9, h 12.00	-1 m	23.5	35.6	24.3	3.7	1250	1010	16.1	2	53	371	134	426
	-12 m	23.5	35.7	24.4	2.6	3370	234	17.0	0	24	355	678	380
	-15 m	23.4	35.8	24.5	4.2	3480	930	18.5	0	177	1006	1142	1180
4-9, h 17.10	-1 m	23.7	35.4	24.0	7.4	5340	1010	14.4	5	104	1094	635	1200
	-12 m	23.3	35.9	24.6	2.7	4050	1340	12.5	8	48	798	372	854
	-15 m	20.8	37.2	26.2	6.2	4940	930	13.0	4	125	706	611	836
5-9, h 11.45	-1 m	23.5	35.2	23.9	1.4	2800	775	12.4	0	103	483000	144	586
	-12 m	19.9	37.4	26.7	2.4	3400	264	20.3	0	81	423000	1354	505
	-15 m	19.8	37.4	26.7	4.0	2000	(7600)	23.5	6	50	443000	3164	502
5-9, h 18.10	-1 m	23.7	35.3	23.9	2.9	6300	1410	15.5	2	53	423000	386	478
	-10 m	19.5	37.4	26.8	2.1	4300	1220	16.1	6	154	536000	2130	698
	-12 m	19.5	37.4	26.8	5.4	11000	6470	16.5	2	421	593000	2582	1020

Tab. 1 - Tabella riassuntiva dei dati sperimentali. Vengono riportati: data, ora e quota del prelievo: temperatura (T), salinità (S), densità (σ-t) dell'acqua; concentrazione totale (C), numero totale di impulsi al Counter (N tot.), numero di impulsi relativo alle sole ceneri (N cen.), diametro medio (D) del particellato: numero di cellule di Dinoflagellate, Diatomee, Microflagellati, Microzooplacton e numero totale di cellule viventi (cell,/l)

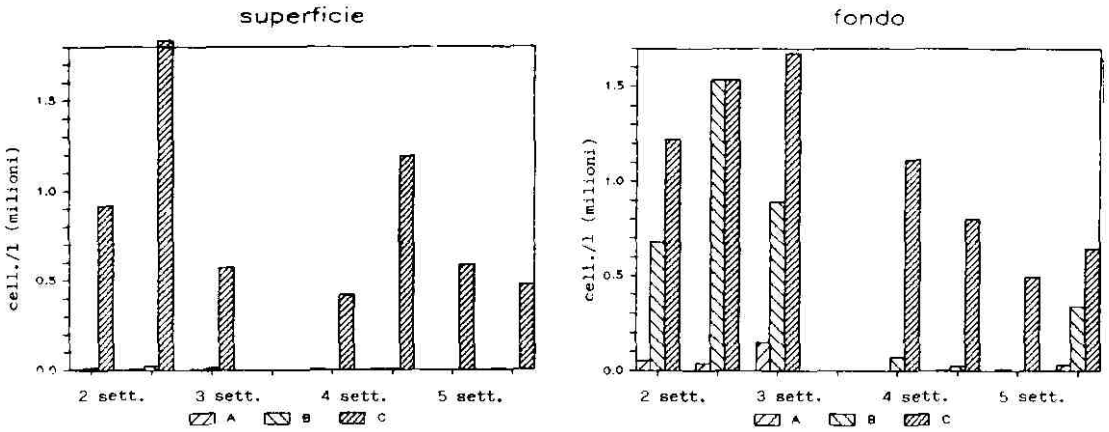


Fig. 5 - Numero degli organismi viventi (cell/l), suddiviso in classi dimensionali. A: < 9 µm; B : 10-25 µm; C: > 25 µm.

Alla scomparsa della stratificazione termoalina corrisponde la scomparsa della frazione a Diatomee Centriche anche nei campioni di fondo, nei quali si rinvengono quasi soltanto Microflagellati. Soltanto nella serie di prelievi effettuata nella serata del 5 sembra instaurarsi una situazione simile a quella dei primi due giorni.

Anche i popolamenti microzooplanctonici associati ai tre livelli campionati nei primi giorni evidenziano notevoli diversità (fig. 4.2). Infatti nello strato superficiale ed in quello intermedio dominano nettamente i Ciliati nudi (e fra questi prevale il genere Strombidium), mentre presso il fondo acquista un maggior peso la frazione costituita dalle fasi larvali precoci di organismi bentonici. In situazione di omeotermia le differenze fra gli strati tendono a scomparire, dominando, in linea generale, a tutti tre livelli i Ciliati nudi, analogamente a quanto avveniva per la frazione fitoplanctonica dominata dai Microflagellati; fra queste due componenti esiste infatti una buona correlazione ($r=0.63$, $p< 0.0l$).

Nell'ultima giornata di prelievi si assiste ad una ulteriore modificazione nei popolamenti microzooplanctonici caratterizzata da popolazioni superficiali numericamente esigue e da popolamenti dei livelli intermedi e profondi dominati dagli stadi larvali di Metazoi; acquistano inoltre maggiore rilevanza i Tintinnidi tra i quali domina Tintinnopsis nucula.

5. RISULTATI

L'evoluzione nel tempo dei popolamenti fito e microzooplanctonici è visibile in fig. 5. Per comodità di confronto con i dati granulometrici relativi al particellato totale, gli individui sono stati separati in tre classi dimensionali. Nella prima classe (inferiore a 9 µm) sono compresi Microflagellati e Diatomee di piccole dimensioni; la seconda classe (da 9 a 25 µm) è costituita da Diatomee Centriche di dimensioni intermedie; nell'ultima classe infine (maggiore di 25 µm) sono comprese Diatomee Centriche di dimensioni elevate e gli organismi del Microzooplancton.

In situazione di stratificazione, gli strati superficiali ed intermedi sono caratterizzati dalla classe di grandezza inferiore, mentre in quelli profondi hanno una certa rilevanza anche le altre due classi dimensionali. In situazione di omeotermia scompaiono le classi superiori e pressoché tutta la popolazione

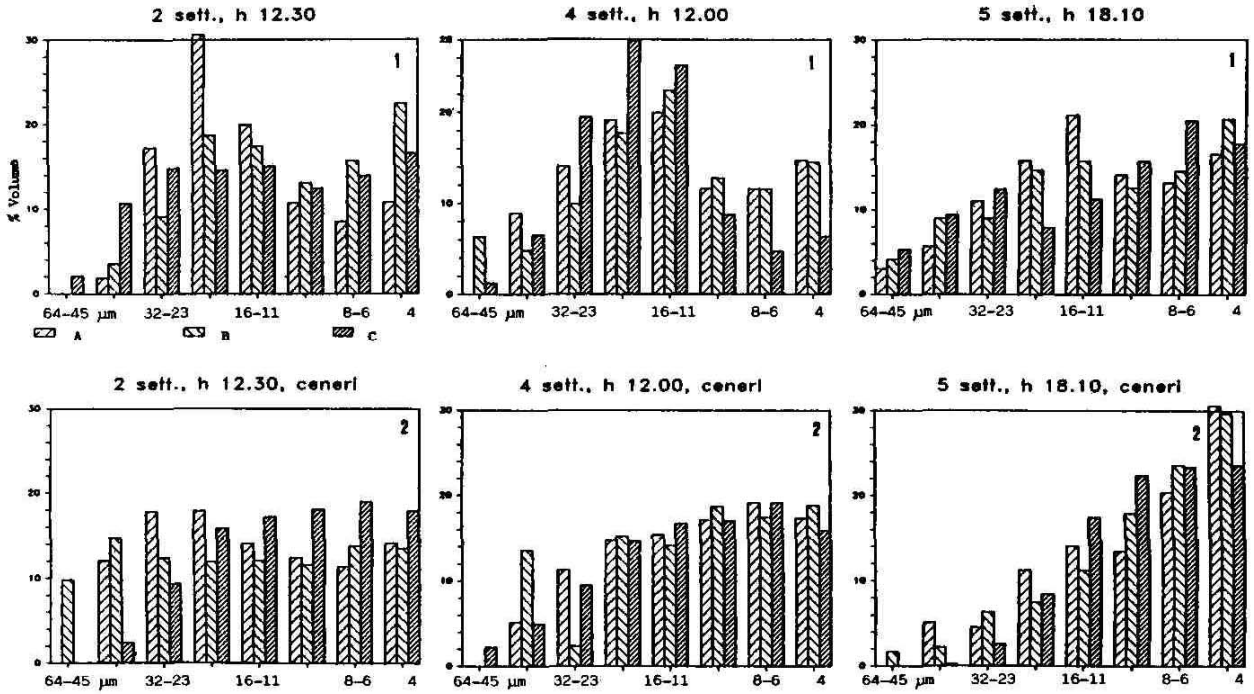


Fig. 6 - Esempi di distribuzione di frequenza del particellato totale prima (1) e dopo (2) combustione; A = superficie, B = intermedio, C = fondo.

planctonica è costituita da cellule di diametro inferiore a 9 µm. Pertanto, mentre le classi granulometriche grossolane del particellato totale, nei campioni di fondo dei primi due giorni di campionamento possono essere messe in relazione con la presenza di organismi viventi, ciò non sembra essere più valido per il giorno 4 e per la mattinata del 5.

Su tutti i campioni sono stati eseguiti spettri di frequenza (espressa come percentuale in volume) del particellato prima e dopo combustione a 550°C, di cui, a titolo d'esempio, si riportano in fig. 6, le distribuzioni di frequenza relative ad alcuni campionamenti del 2, 4 e 5 settembre, rappresentativi cioè di diverse situazioni strutturali della colonna d'acqua. Questo al fine di discriminare la componente inorganica da quella organica. Lo studio comparato sulle classi di frequenza degli istogrammi ottenuti prima e dopo combustione, confrontato con i conteggi al microscopio delle cellule viventi, rende possibile la valutazione dell'incidenza del detrito sul totale della componente organica.

Già dagli istogrammi del particellato totale presentati si può notare una notevole eterogeneità delle classi modali, tanto in frequenza che in diametro; quindi, per una descrizione più sintetica delle caratteristiche granulometriche del particellato, in fig. 3 B, vengono riportati i diametri medi aritmetici dei campioni di particellato: i valori oscillano da un minimo di 12.1 µm (2-9, h 18.30, fondo) ad un massimo di 23.5 µm (5-9, h 11.45, fondo); la maggior parte dei valori si attesta intorno ai 14-16 µm. Confrontando le coppie di campionamenti antimeridiani e pomeridiani nei diversi giorni, si osserva che i campioni prelevati in bassa marea sono più fini e più uniformi lungo la colonna, mentre quelli prelevati in alta marea sono più grossolani, specie al fondo.

Per contro la distribuzione granulometrica della frazione inorganica, interpretabile dagli spettri delle ceneri, risulta complessivamente più costante anche se essa tende, tuttavia, a divenire sempre più fine nelle ultime campionature.

Dal confronto fra distribuzioni di frequenza si può notare inoltre come alcune classi dimensionali, particolarmente nei campioni di fondo, siano sempre riferibili alle frazioni inorganiche, in quanto si ritrovano, negli stessi tenori, sia nello spettro di frequenza del particellato totale, sia in quello delle ceneri; nei primi tre campionamenti, invece, come si è detto, alcune classi sono giustificabili con la presenza di cellule vive,

verificate con conteggio diretto. Le classi presenti nel particellato totale, che scompaiono nell'istogramma delle ceneri, cui non corrispondono elevati conteggi di cellule al microscopio, sono invece da mettere in relazione, per esclusione, con detrito organico non vivente (es.: classe 16-23 µm del campione al fondo del giorno 4, h 12.00).

Sono stati messi a confronto i valori di concentrazione del particellato con i conteggi totali al Counter e, come prevedibile, all'aumentare delle concentrazioni aumenta anche il numero delle particelle totali ($r=0.465$, $p< 0.05$, escludendo un solo campione). Le concentrazioni di particellato non risultano invece correlabili né con il numero di cellule vive, né con il numero cumulativo di impulsi al Counter, relativo ai campioni combusti. I conteggi delle ceneri, particolarmente elevati in rapporto alla concentrazione totale, nei due campionamenti del giorno 5 al fondo, suggeriscono una concentrazione di particellato fine inorganico, appena al di sotto del picnoclino.

Questa mancanza di correlazione fra concentrazione e conteggi, sia delle ceneri che del plancton, evidenzia l'importanza della componente detritica organica: picchi di concentrazione, particolarmente elevati il giorno 4 non possono che essere imputati all'aumento di questa frazione.

6. CONCLUSIONI

Dai dati sopra esposti risulta che, nella stazione considerata, l'alternarsi della marea ha indotto modeste variazioni sulle concentrazioni del particellato sospeso e sul suo diametro medio. Di gran lunga più evidente è stata invece l'influenza dell'evento temporalesco che ha condizionato la stratificazione della colonna, la concentrazione totale e la composizione del particellato sospeso e quella delle comunità planctoniche.

E' possibile quindi evidenziare situazioni distinte susseguitesi nel tempo. La fase che si configura nei primi due giorni è caratterizzata da una colonna d'acqua nettamente stratificata, da un maggior contributo della frazione organica vivente al particellato totale, soprattutto negli strati profondi. In una fase successiva invece, la struttura termoalina della colonna è omogenea, aumenta nettamente la concentrazione di particellato totale, essenzialmente per il contributo del detrito organico, in quanto diminuiscono gli organismi viventi in tutti e tre i livelli campionati e rimane praticamente costante la componente inor-

ganica. Nell'ultimo giorno di campionatura si assiste al ripristinarsi delle condizioni precedenti la perturbazione e ad una concentrazione residua di particellato fine inorganica al di sotto del picnoclino.

Le mutate condizioni meteomarine nella zona litorale studiata sembrano quindi avere conseguenze limitate sulle concentrazioni e sulla granulometria della frazione inorganica del particellato sospeso, mentre inducono profonde modificazioni sia sulla componente vivente che, soprattutto, su quella detritica.

RINGRAZIMENTI

Si ringrazia il prof. G. Breasan, direttore del Laboratorio di Biologia marina di Aurisina per l'assistenza logistica. Si ringrazia inoltre il prof. A. Brambati , direttore dell'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste per aver caldeggiato la ricerca e per la lettura critica del manoscritto. Un ringraziamento particolare alla sig.na M.P.Zay per il costante aiuto in laboratorio ed ai sig.ri S, Sichenze e M. Gennaro per l'aiuto in campagna. Si ringraziano infine, nella persona del dott. D. Bregant, tutti i colleghi dell'Istituto Talassografico CNR con cui si è collaborato durante l'OCEANEST.

BIBLIOGRAFIA

K.BANSE, C.P.FALLS, L.A.HOBSON - A gravimetric method of determining suspended matter in sea water using Millipore filters - Deep-sea Res., 10, 639-642, 1963.

A.BARILLARI, F.BIANCHI, A.BOLDRIN, F.CIOCE, A. COMASCHI SCARAMUZZA, S.RABITTI, G.SOCAL - Variazioni dei parametri idrologici, del particellato e della biomassa planctonica durante un ciclo tidale nella laguna di Venezia - Atti 6° Congr.A.I.O.L. Livorno, 12 - 14 aprile 1984, 227-234, 1985.

A.BRAMBATI, G.P.FANZUTTI, R.MAROCCO - Suspended matter transport in lagoons: the Grado lagoons - Boll.Oceanol.Teor.Appl.,1 (1) 5-18, 1983.

D.BREGANT, G.CATALANO, F.MORO - La distribuzione dei nutrienti nel Golfo di Trieste - *Atti Conv. U.O.* Sottoprogetti Risorse biologiche e inquinamento marino, Roma 10-11 nov. 1981, 859 – 873, 1982.

COULTER ELECTRONICS Ltd. - Instruction manual for Coulter Counter Model D (Industrial) - 4°ed., pp 94, Harpenden, 1976.

D.E.DRAKE - Distribution and transport of suspended particulate matter in submarine canyons off southern California - In: Suspended solids in water. Gibbs R.J. ed., Plenum Press, New York and London, 133-153, 1974.

S.FONDA UMANI, G.P.FANZUTTI, F.PINOCCHIARO, R.OLIVOTTI, F.STRAVISI, M.GENNARO, S.SICHENZE - Un anno di ricerche sul particellato sospeso in una stazione idrologica del Golfo di Trieste: risultati preliminari - Nova Thalassia, in stampa

F.T.MANHEIM, R.H. MEADE, G.C. BOND - Suspended matter in surface waters of the Atlantic continental margin from Cape Cod to the Florida Keys - *Science*, 167, 371-376, 1970.

F.MOSETTI - Caratteristiche idrologiche dell'Adriatico settentrionale. Situazione estiva - Atti Ist.Ven.Sc.Lett.Arti, CXXV, 147-175, 1967.

M.SPECCHI, L.FAMIANI - Alcune osservazioni idrologiche in una stazione fissa del Golfo di Trieste - Archo.Oceanogr.Limnol., 18, (3), 255-264, 1976.

D.W. SPENCER, P.L.SACHS - Some aspects of the distribution, chemistry and mineralogy of suspended matter in the Gulf of Maine - Mar.Geol., 9 (2), 117-137, 1970.

J.P.M.SYVITSKY, K.W.ASPREY, D.A.CLATTENBURG, D.G.HODGE - The prodelta environment of a fjord: suspended particle dynamics - Sedimentology, 32, 83-107, 1985.

UNESCO - Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978 -Unesco Tech. Pap. in Mar.Sci., n.37, 144 pp, 1981.

UNESCO - Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater 1980 -Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci., n.38, 192 pp, 1981.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 255 a pag. 260

LIVELLI DI MERCURIO NELLO STRETTO DI GIBILTERRA E NEL MEDITERRANEO OCCIDENTALE.

R. FERRARA, B. E. MASERTI, A. PETROSINO ed M. TORTI

C.N.R. - ISTITUTO DI BIOFISICA, via S. Lorenzo,26 - 56100 PISA

SUMMARY

INTRODUZIONE

MATERIALI E METODI

costante. I livelli di mercurio non presentano gradienti di concentrazione, né in funzione della profondità, né in funzione della salinità rimanendo su valori medi di 3.2 ng/l. Si deve rilevare come alla profondità di 40 m sia stato osservato un valore della concentrazione di mercurio di 4.8 ng/l. Questo valore che si discosta notevolmente da duello medio, non è stato considerato significativo in quanto non riscontrato nelle altre stazioni esaminate.

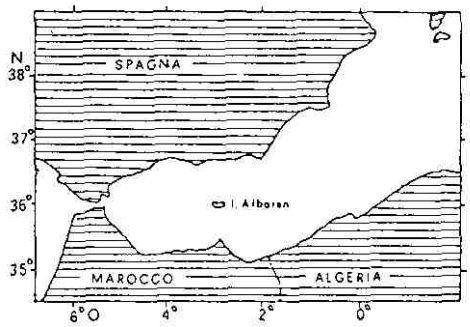


Fig.l - Area esaminata e stazioni di campionamento. Alcune stazioni, situate nella zona delle Bocche di Bonifacio, non sono riportate nella figura per evidenti ragioni di dimensioni .

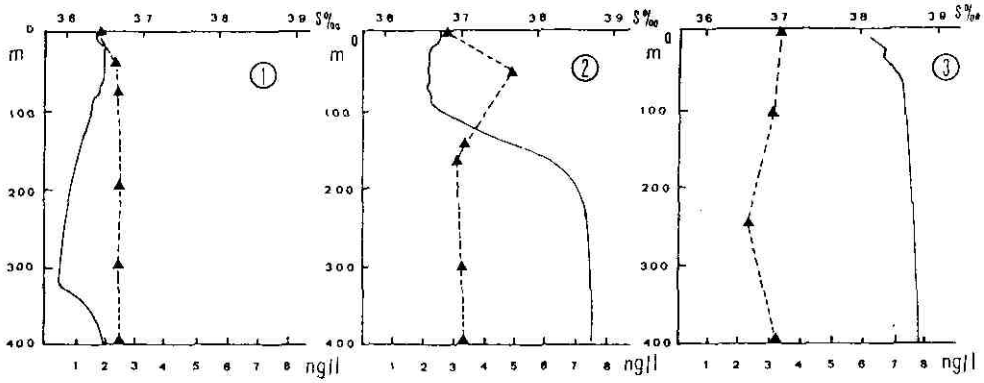


Fig. 2 - Andamento della concentrazione di mercurio disciolto (ng/l) e della salinità, in funzione della profondità in tre stazioni di campionamento. I grafici, per motivi di dimensioni, sono riportati fino alla profondità di 400 m.
1 - Oceano Atlantico 2 - Mare di Alboran 3 - Bocche di Bonifacio

RISULTATI

CONCLUSIONI

During September 1985 an oceanographic cruise in the Strait of Gibraltar with the N/O "Bannock" (CNR) was held.

Particular attention was devoted to exchanges between Atlantic and Mediterranean water bodies and to related mercury levels.

Results show that total mercury dissolved in water presents a concentration range of 4-6 ng/l; the value of mercury concentration dissolved in Mediterranean waters is comparable to that the Atlantic ones; no variations of metal concentration related to depth were noted.

Agli inizi degli anni 70 nei tessuti di certe specie pelagiche viventi nel Mediterraneo, furono misurati livelli di mercurio molto più elevati che nelle stesse specie viventi in Atlantico (Baldi et al. 1969).

Il fenomeno fu spiegato partendo dal presupposto che le acque del Mediterraneo contenessero più alte concentrazioni del metallo in forma disciolta e che questo assimilato dal plancton, venisse poi trasferito e biomagnificato all'interno della catena alimentare.

Le ricerche furono, quindi, volte in due sensi: capire perché il Mediterraneo contenesse elevate quantità di mercurio ed accertare quali fossero i reali livelli del metallo nelle acque.

Dai primi studi apparve chiaro che le sorgenti antropogeniche fornivano un modesto contributo rispetto ai flussi naturali ed erano significative solo su scala locale, mentre l'apporto naturale poteva giocare un ruolo importante a causa della presenza nel Bacino del Mediterraneo di circa il 65% dei giacimenti di cinabro.

Per quanto riguarda la determinazione delle concentrazioni di mercurio nelle acque è necessario mettere in evidenza le difficoltà insite nel raccogliere,conservare ed analizzare campioni che contengono il metallo in tracce. La strumentazione, inoltre, come dimostrato anche dagli esercizi di intercalibrazione proposti da Olaffson nel 1982, è spesso per molti laboratori ai limiti della rivelazione.

Queste considerazioni, di ordine generale per chiunque si accinga allo studio dei metalli in tracce, sono particolarmente valide per i laboratori del Mediterraneo dove, spesso, tecniche perfezionate e strumentazione adeguata sono state acquisite solo da breve tempo.

Infatti i dati dell'ordine di 0.5-3 ng/l che venivano riportati per gli oceani dagli attrezzati laboratori U.S. (Gardner, D. 1975), sono stati recentemente confermati da Gill and Fitzgerald nel 1985.

D'altra parte le prime determinazioni (Robertson et al., 1972; Fukai and Huynh-Ngoc, 1976) dei livelli di mercurio nelle acque del Mediterraneo mostravano un ampio range (10-110 ng/l) con valor medio di circa 20 ng/l.

Questi valori furono,inizialmente ritenuti validi in quanto potevano giustificare l'elevato accumulo del metallo riscontrato in alcuni organismi pelagici. Tuttavia, nel corso degli ultimi dieci anni, i livelli di concentrazione misurati sono andati diminuendo di pari passo con il perfezionamento delle metodiche di ricerca applicate, fino ad arrivare ai dati più recenti della letteratura che riportano un range di 0.5-5 ng/l (Copin-Montegut et al., 1986).

Allo scopo di studiare con le stesse metodiche analitiche e contemporaneamente le acque del Mediterraneo e dell'Atlantico per un paragone diretto della concentrazione del mercurio disciolto, è stata intrapresa nel Settembre 1985, una campagna oceanografica con la N/O Bannock del CNR, nell'area dello Stretto di Gibilterra. Questa è, infatti, caratterizzata dalla contemporanea presenza delle masse d'acqua atlantiche entranti e di quelle mediterranee uscenti, che possono essere facilmente individuate mediante rilievi di salinità effettuati con una batisonda.

In ciascuna stazione la caratterizzazione delle masse d'acqua Mediterranea ed Atlantica è stata effettuata mediante la valutazione dei valori di salinità e temperatura ottenuti elaborando a bordo i dati di conducibilità, temperatura e densità forniti da una batisonda.

Il grafico 2 si riferisce ad una stazione situata tra lo Stretto di Gibilterra ed il mare di Alboran (prof. 1340 m). La salinità presenta nei primi 100 m, un valore di circa 35.8% evidenziando la presenza di uno strato di acqua atlantica, la salinità aumenta poi, fra i 100 ed i 200 m, fino a portarsi a valori tipici delle acque mediterranee (38.5%), per poi rimanere

I campioni di acqua superficiali sono stati raccolti mediante battellino pneumatico a circa 400 m. dalla nave, onde limitare possibili contaminazioni.

I campioni di acqua alle profondità prescelte sono stati raccolti mediante bottiglie go-flow pretrattate (immerse per 10 giorni in una soluzione di acqua di mare filtrata e HNO_3 al 10% e quindi riempite di acqua di mare filtrata fino al momento dell'uso).

I campioni di acqua sia superficiale che di profondità, che mostravano torbidità superiore a 0.2 Unità Nefelometriche (Fisher turbidimeter DRT 15) sono stati filtrati subito dopo la raccolta in circuito chiuso, su membrane Sartorius (SM 11306, porosità 0.45 µm).

I campioni sono stati, quindi, trattati a bordo con 400 µl di K_2MnO_4 ed irraggiati con lampada UV ad immersione per 15 min.

Successivamente il mercurio totale disciolto, in essi contenuto è stato trasferito su trappole d'oro secondo quanto riportato da Seritti et al.(1980). Le trappole sono state sigillate con parafilm e conservate per essere analizzate in laboratorio a terra.

Per molte stazioni di prelievo un secondo campione di acqua è stato conservato mediante acidificazione con HNO_3. Il contenuto di mercurio disciolto è stato poi determinato in laboratorio a terra.

I filtri contenenti il mercurio associato al materiale particellato sono stati analizzati secondo le procedure già descritte (Ferrara,R. et al. 1986).

In figura 1 è riportata l'area di studio con le stazioni di campionamento. Altre stazioni non riportate sulla cartina, sono state scelte al largo dell'Isola di Corsica, allo scopo di ottenere campioni di acqua tipicamente mediterranea.

In figura 2 .sono riportati i grafici relativi alla salinità ed alla concentrazione del mercurio disciolto, in tre stazioni scelte fra le più significative.

II grafico 1 si riferisce ad una stazione localizzata al largo di Cadice (prof. 414 m.) in cui la salinità presenta valori di circa 36-5 ‰ caratteristica di acque atlantiche. La concentrazione del mercurio non mostra variazioni in funzione della profondità ed il suo valor medio è di 2.5 ng/l.

Il grafico 3 si riferisce ad una stazione situata vicino alle bocche di Bonifacio (prof. 1900 m). La salinità si mantiene praticamente costante in funzione della profondità, con valori tipici delle acque mediterranee (38.5‰). Anche la concentrazione di mercurio non varia in funzione della profondità e si mantiene vicino ad un valor medio di 2.6 ng/l.

CONCLUSIONI

Dall'esame dei primi dati ottenuti dalla campagna oceanografica nell'area dello Stretto di Gibilterra, si possono trarre le seguenti conclusioni:

La concentrazione del mercurio disciolto presenta un range di 2-6 ng/l per tutta l'area esaminata.

Il valor medio della concentrazione è risultato essere di 3.5 ng/l.

Non sono state rilevate variazioni della concentrazione del mercurio disciolto né in funzione della salinità, né in funzione della profondità.

La concentrazione del mercurio associato al materiale particellato presente in sospensione nelle acque, è compresa fra 0.2-0.6 ng/l.

La concentrazione del mercurio disciolto nelle acque del Mediterraneo risulta, quindi, paragonabile a quella misurata nelle acque dell'Atlantico, parzialmente in accordo con quanto recentemente trovato da Copin-Montegut et al.(1985).

Le anomalie geologiche caratteristiche del Bacino del Mediterraneo non sembrano, quindi, influenzare tanto i livelli di mercurio disciolto nelle acque, quanto quelli osservati nei sedimenti (Baldi, F. e Bargagli. R. ,1982; Orio, A.A., 1986).

Alla luce di queste conclusioni ci sembra che la principale causa dell'elevato accumulo di mercurio riscontrato in certi organismi marini viventi nel Mediterraneo, non sia da attribuirsi ad una maggiore concentrazione del metallo disciolto nelle acque del Mediterraneo rispetto a quelle dell'Atlantico. Riteniamo, invece, che una spiegazione del fenomeno sia legata all'interazione fra sedimento ed organismi bentonici i quali potrebbero giocare un ruolo significativo nel rendere il metallo biodisponibile dal sedimento all'ambiente marino.

BIBLIOGRAFIA

Baldi, F., Renzoni, A. & M. Bernhard. Mercury concentrations in pelagic fishes (anchovy, mackerel and sardine) from the Italian coast and Strait of Gibraltar. IV Journées Etud. Pollution CIESM, Montecarlo, Antalya, 251-254 (1969).

Baldi, F. & R. Bargagli. Chemical leaching and specific surface area measurements of marine sediments in the evaluation of mercury contamination near cinnabar deposits. Mar.Environ. Res., 6 69-82 (1982).

Copin-Montegut,G., Courau,P. & F.Laumond. Occurrence of mercury in the atmosphere and waters of the Mediterranean. Meeting on "The Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean". FAO Fisheries Report N. 325 Supplement, 51-57, (1986).

Ferrara, R., Seritti, A., Barghigiani, C. & A. Petrosino. Mercury levels in the dissolved and particulate fractions of the Tyrrhenian sea. Mar. Chem., 18, 227-232 (1986).

Fukai,R. & L. Huynh-Ngoc. Trace metals in the Mediterranean sea water. Activ. Int. Lab. Marine Radioactivity. Monaco Ann. Rep. IAEA-187, IAEA, Vienna, 122-132, (1976).

Gardner, D. Observations on the distribution of dissolved mercury in the ocean. Mar. Pollut. Bull., 6, 43-46 (1975).

Gill, G.A. & W. Fitzgerald. Mercury sampling of open ocean waters at the picomolar level. Deep-sea Res., 32, 287-297 (1985).

Orio, A.A. Mercury in sediments of the Northern Adriatic Sea. Meeting on "The Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean". FAO Fisheries Report N. 325 Supplement, 51-57 (1986).

Robertson, D.E., Rancitelli, L.A., Langford, J.C. & R.W. Perkins. Battelle Northwest contribution to the IDOE base-line study. In: Workshop on baseline studies of pollutants in the marine environment, Brookhaven Nat. Lab., 231-274 (1972).

Seritti, A., Petrosino, A., Ferrara, R. & C. Barghigiani. A contribution to the determination of "reactive" and "total" mercury in sea water. Environ. Technol. Letters, 1, 50-57 (1980).

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 261 a pag. 266

IL POPOLAMENTO ZOOPLANCTONICO DEL FIUME PO NELL'ESTATE 1985

I. FERRARI*, R. MAZZONI*, A. SOLAZZI**
* Istituto di Ecologia, università di Parma
** Dipartimento di Biologia, Università di Padova

SUMMERY

Samples of zooplankton from the middle reach of the Po River were examined; they were collected daily or every other day from 23 July to 30 August 1985 from a fixed station situated near Viadana. Changes in biocoenosis structure were analyzed in relation to variations in flow. Under scanty flow conditions, zooplankton presents very high densities (up to about 6600 ind./l) to wich Rotifers, particularly some species of Brachionus genus, make the most important contribution; the biocoenosis is characterized by considerable stability as persistence in time and space of the same structure pattern and it therefore constitutes a high predictability System. An increase in flow acts as disturbance faeton destabilizing the conrrunity organization. A preliminary analysis on phytoplankton and Protozoan taxocoenosis composition was also carried out.

INTRODUZIONE

Alcune ricerche condotte sullo zooplancton nei rami deltizi del Fiume Po (Ferrari et al.,1983; Ferrari et al.,1984) hanno recato un primo contributo allo studio dei fattori ambientali che influenzano le variazioni di struttura del popolamento. Successivamente, Ferrari e Benassi (1984), sulla base dell'analisi di campioni raccolti con frequenza settimanale nel tratto medio del fiume, hanno osservato che nei mesi estivi, in regime di basse portate la comunità zooplanctonica è caratterizzata da cospicue densità sostenute per lo più da Rotiferi e tende a strutturarsi su un certo numero di specie ricorrenti con un pattern tipico di distribuzione delle abbondanze relative.

Con la presente ricerca si è inteso approfondire l'analisi dei fattori di variabilità e dei processi "successionali" dello zooplancton nel Po seguendo un disegno di campionamento più impegnativo, basato su prelievi eseguiti a intervalli di tempo quanto più brevi. I campioni sono stati raccolti con periodicità di uno-due giorni, nel luglio-agosto 1985, da una stazione fissa

situata nei pressi di Viadana (Mantova).

Lo studio è stato condotto principalmente su tre taxa zooplanctonici: Rotiferi, Cladoceri e Copepodi; nel corso della ricerca sono stati prelevati anche alcuni campioni per un esame preliminare della composizione del fitoplancton e della taxocenosi a Protozoi.

MATERIALI E METODI

Il campionamento dello zooplancton è stato eseguito in occasione di 25 sopralluoghi, effettuati dal 23 luglio al 30 agosto 1985; i campioni sono stati raccolti in corrente nello strato superficiale con trappola di Patalas avente una capacità di 15 l, filtrando ogni volta 60 l d'acqua attraverso una rete ad apertura di maglia di 50 µm. Contemporaneamente ai prelievi di zooplancton sono stati rilevati dati di temperatura dell'acqua.

Si è proceduto anche al prelievo di campioni di fitoplancton e di Protozoi: campioni di fitoplancton sono stati raccolti il 30 luglio e il 21 agosto, prelevando 0.5 l d'acqua con bottiglia di Ruttner; campioni di Protozoi sono stati raccolti durante tre sopralluoghi (il 5, il 9 e il 21 agosto), prelevando ogni volta 15 l d'acqua con trappola di Patalas munita di rete ad apertura di maglia di 20 µm.

Rotiferi, Cladoceri e Copepodi sono stati conteggiati e classificati, quando possibile, a livello di specie. Non sono state conteggiate le forme del bentos di deriva, per lo più presenti nei campioni con densità assai modeste. I campioni di fitoplancton sono stati esaminati con il metodo Utermöhl. I1 conteggio delle specie di Protozoi è stato effettuato con la tecnica di subcampionamento messa a punto da Madoni (1984).

Dati giornalieri di portata rilevati a Boretto (località posta a meno di 1 Km dalla stazione di campionamento del plancton) sono stati forniti dall'Ufficio Idrografico per il Po, Parma.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le portate rilevate a Boretto durante la campagna di campionamenti del plancton (Fig. 1) sono piuttosto basse (meno di 700 m^3 /sec) nelle prime due settimane; subiscono un repentino aumento nei giorni successivi fino a un massimo di 1450 m^3/sec il 9 agosto; a metà agosto si ristabiliscono condizioni di magra che persistono per alte due settimane; alla fine di agosto si ha un nuovo aumento della portata fino a oltre 900 m^3 /sec. I valori più alti di temperatura dell'acqua (27°C) sono stati rilevati nell'ultima settimana di

luglio, quelli più bassi (21°C) in corrispondenza del massimo di portata del 9 agosto.

Sono state identificate 29 specie di Protozoi, almeno 50 specie di Rotiferi, 6 di Copepodi e 13 di Cladoceri (Tab. 1).

CILIOPHORA

Actinobolina radians
Cinetochilum margaritaceum
Codonella cratera
Coleps incurvus
Cyclidium glaucoma
Dileptus falciformis
Frontonia leucas
Mesodinium pulex
Metacineta sp.
Nassula tumida
Opercularia sp.
Paracineta möbiusi
Phascolodon vorticella
Plagiocampa rouxi
Podophrya sp.
Stentor polymorphus
Strobilidium sp.
Tintinnidium fluviatile
Tokophrya quadripartita
Trachelophyllum pusillum
Urocentrum turbo
Uronema nigricans
Vorticella campanula
V. mayeri
Zoothamnium sp.

SARCOMASTIGOPHORA

RHIZOPODA

Arcella sp.
Dinamoeba mirabilis

HELIOZOEA

Acanthocystis sp.
Actinosphaerium eichhorni

ROTIFERA

Epiphanes sp.
Brachionus angularis
B. bennini
B. budapestinensis
B. calyciflorus
B. falcatus
B. patulus
B. quadridentatus
B. urceolaris
Brachionus ♂
Keratella cochlearis
K. cochlearis tecta
K. quadrata
K. tropica
Anuraeopsis fissa
Euchlanis sp.
Mytilina ventralis
Trichotria pocillum
Colurella sp.
Lepadella sp.
Lecane elsa
L. flexilis
L. luna
L. (*Monostyla*) sp.
L. (*M.*) *bulla*
L. (*M.*) *closterocerca*
L. (*M.*) *hamata*
L. (*M.*) *quadridentata*
Scaridium longicaudum
Monommata sp.
Cephalodella spp.
Trichocerca sp.
T. capucina
T. elongata
T. pusilla
T. similis
Synchaeta sp.
Polyarthra dolich.-vulgaris
Asplanchna brightwelli
A. priodonta
Encentrum sp.
Pompholyx sp.
Flosculariidae
Testudinella patina
Hexarthra mira
Filinia cornuta-brachiata
F. longiseta
F. opoliensis
Collotheca sp.
Bdelloidea
Rotifera non identificati

CLADOCERA

Bosmina longirostris
Scapholeberis sp.
Moina micrura
Ilyocryptus agilis
Macrothrix sp.
Pleuroxus sp.
P. aduncus
Chydorus sphaericus
Leydigia leydigi
L. acanthocercoides
Alona quadrangularis
A. rectangula
A. costata

COPEPODA

Naupli
Copepoditi Harpacticoida
Copepoditi Cyclopoida
Macrocyclops albidus
Paracyclops fimbriatus
Acanthocyclops sp.
Cryptocyclops sp.
Thermocyclops crassus

Tab. 1 - Elenco delle specie di Protozoi, Rotiferi, Cladoceri e Copepodi presenti nelle acque del F. Po a Viadana (luglio - agosto 1985).

Di particolare interesse è l'elenco di specie di Protozoi: si tratta di un'informazione del tutto inedita, non essendo mai stato eseguito finora uno studio tassonomico dettagliato di questi organismi nel plancton del Po. I Protozoi nei 3 campioni esaminati hanno densità ragguardevoli, dell'ordine di

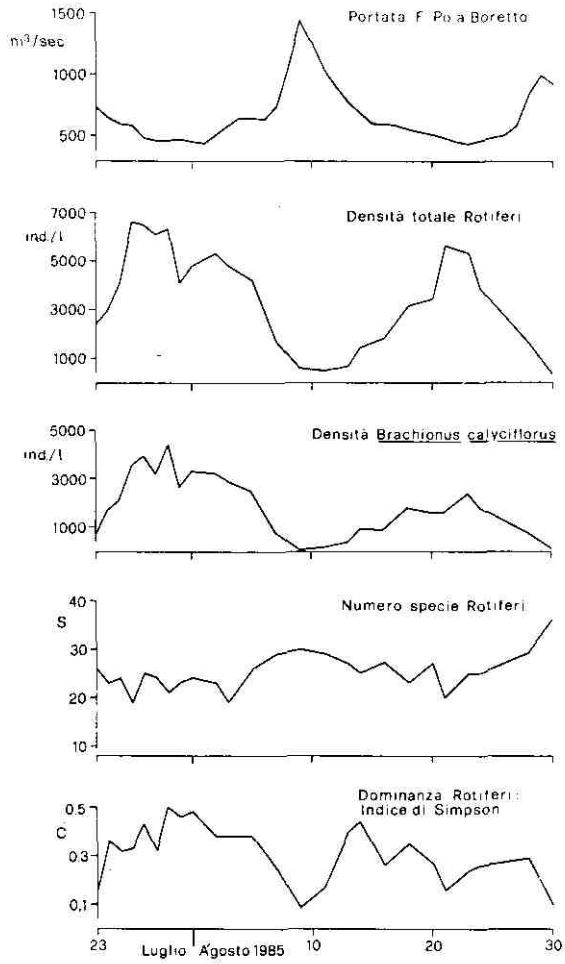


Fig. 1 - Variazione della portata del F. Po a Boretto e di alcuni indici di struttura relativi alla taxocenosi a Rotiferi nel plancton del fiume.

migliaia di individui per litro.

Sui 25 campioni raccolti con rete a maglie di 50 µm sono stati conteggiati Rotiferi, Cladoceri e Copepodi; questi due ultimi taxa mostrano abbondanze assai modeste, generalmente inferiori all'1% e comunque mai superiori al 2% della densità totale. Tra i Cladoceri le specie presenti con maggiore frequenza sono quelle tipicamente reofile come Bosmina longirostris, Moina micrura e Chydorus sphaericus; tra i Copepodi le forme più frequenti sono i naupli e i copepoditi di Ciclopoidi.

I Rotiferi sono, dunque, la componente zooplanctonica più rappresentativa in termini numerici. La specie dominante è Brachionus calyciflorus con una densità media di 1910 ind./l e una incidenza sulla densità dell'intera taxocenosi che è mediamente del 58.6%. Seguono, per importanza numerica, Brachionus bennini (9,3*%), Polyarthra dolichoptera-vulgaris* (8.5%), Synchaeta sp. (3.3%), Brachionus budapestinensis (2.5%). Per l'insieme delle 4 specie del genere Keratella (Tab. 1) l'incidenza sul totale dei Rotiferi è del 3.7%.

Nei periodi di magra, quando nelle acque del fiume si hanno intense fioriture di Diatomee (rappresentate principalmente da Fragilaria crotonensis a fine luglio e da Melosira granulata nella seconda metà di agosto), i Rotiferi compaiono con valori molto alti di densità, raggiungendo un massimo di 6.600 ind./l il 26 luglio (Fig. 1). Per questa data è stato stimato un trasporto della biomassa dei Rotiferi di $99 \cdot 10^6$g (peso secco) nelle 24 ore (sull'assunzione di un valore medio di peso secco individuale di 0.3 µg - Dumont et al., 1976 -).

Nei periodi di magra la taxocenosi è caratterizzata da una diversità relativamente bassa; il brusco aumento di portata che si ha alla fine della prima decade e alla fine della terza decade di agosto determina una riduzione sensibile sia della densità totale che della dominanza; si ha nel contempo un arricchimento in specie (Fig. 1) per la comparsa nel popolamento sospeso di numerose forme fitali e bentiche. I1 campione raccolto al massimo di portata del fiume, il 9 agosto, è l'unico dei 25 della serie in cui specie dominante non è Brachionus calyciflorus; in esso la specie a più alta incidenza percentuale (circa il 20% sul totale dei Rotiferi) è Keratella cochlearis.

In sintesi, i risultati di questa ricerca evidenziano il ruolo destabilizzante e destrutturante della piena sulle comunità planctoniche; ma queste mostrano una spiccata tendenza a recuperare, a ricostruire e a mantenere la loro struttura nel tempo e nello spazio. Alla luce dell'approccio ecosistemico del "River Continuum Concept" (Minshall et al., 1985) si può riconoscere nel plancton fluviale un subsistema ad alto grado di autoorganizzazione e predittibilità.

Ringraziamenti - Un vivo ringraziamento è dovuto al Dr. Paolo Madoni (Istituto di Ecologia, Parma) che ha gentilmente provveduto all'identificazione e al conteggio delle specie di Protozoi.

BIBLIOGRAFIA

DUMONT H.J., I. VAN DE VELDE and S. DUMONT - 1976 - The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. Oecologia, 19, 75-97.

FERRARI I, e G. BENASSI - 1984 - Ricerche sullo zooplancton estivo nel tratto medio del Fiume Po. Contributi di ecologia fondamentale (Ed. Zara, Parma), 27-41.

FERRARI I., A. MALICE, M. G. MAZOCCHI e G. MATTEUCCI - 1983 - Struttura dello zooplancton dulcicolo nei rami terminali del Po e in una laguna del Delta. Atti 5° Congresso AIOL, Stresa, 505-514.

FERRARI I., G. MATTEUCCI e P. MENOZZI - 1984 - Risalita del cuneo salino r variabilità dello zooplancton nel tratto terminale del Po di Pila. Atti 6° Congresso AIOL, Livorno, 323-328.

MADONI P. - 1984 - Estimation of the size of freshwater ciliate populations by subsampling technique. Hydrobiologia, 111, 201-206.

MINSHALL G.W., K.W. CUMMINS, R.C. PETERSEN, C.E. CUSHING, D.A. BRUNS, J.R. SEDELL and R.L. VANNOTE - 1985 - Developments in stream ecosystem theory. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1045-1055

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 267 a pag. 278

RILEVAMENTO MEDIANTE SIDE SCAN SONAR ED UNIBOOM SULLA PIATTAFORMA COSTIERA COMPRESA FRA GAETA E LA FOCE DEL VOLTURNO

O. FERRETTI (1), E. MICHELOZZI (3), L. SENSI (2)

(1) ENEA - Centro Ricerche Energie Ambiente, S. Teresa, La Spezia
(2) ENEA - Divisione Ambiente, Casaccia, Roma
(3) SACLANT - La Spezia

SUMMARY

Some environmental studies have been carried out on the area of Gaeta Gulf. In this contest UNIBOOM and SIDE SCAN SONAR investigations on the Continental shelf have been undertaken. The UNIBOOM profiles enabled to distinguish and limit the areas influenced by Garigliano and Voltiamo river on the platforms. With the SIDE SCAN SONAR profiles it could be possible to get the cartography of Posydonies areas. These series of investigations allowed a better interpretation of the distribution and scavenging.

INTRODUZIONE

Nell'ambito di un programma di analisi ambientale del sistema marino costiero da Capo Circeo all'Isola di Ischia (Zurlini et al., 1983), e' stato affrontato lo studio della piattaforma costiera mediante rilevamenti con UNIBOOM e SIDE SCAN SONAR. Gli scopi della ricerca sono stati essenzialmente i seguenti :

a) cartografare le aree a posidonia per meglio interpretare i fenomeni di distribuzione ed accumulo di radionuclidi e elementi in traccia (Anselmi et al., 1981);
b) individuare i sedimenti di delta e predelta dei fiumi Garigliano e Volturno e delimitare le loro aree di influenza per meglio comprendere i fenomeni di trasporto e sedimentazione sulla piattaforma.

CENNI GEOLITOLOGICI DELL'AREA

L'area costiera considerata e' da un punto di vista geomorfologico, caratterizzata da due morfotipi fondamentali (Brondi et al., 1983):
- costa alta rocciosa nell'area a nord di Gaeta;
- costa bassa alluvionale a sud, estesa fino oltre la foce del Volturno.

Da un punto di vista litologico, le coste alte sono carbonatiche e non danno significativo apporto detritico; alle spalle delle coste basse, invece, affiorano estese formazioni del Vulcano di Roccamonfina dalle quali derivano abbondanti materiali detritici.

Esiste una stretta relazione fra caratteri litologici e morfologici dell'area costiera e lo sviluppo della relativa piattaforma costiera; tali caratteri determinano la qualità e quantità degli apporti e caratterizzano i diversi ambienti di sedimentazione della piattaforma.

ANALISI DEI PROFILI ESEGUITI

Nella figura 1 sono riportate le rotte effettuate dalla nave per il rilevamento mediante UNIBOOM. Sono stati eseguiti tre profili completi della batimetrica –10m fino al limite della scarpata; il primo, davanti alla foce del Carigliano; il secondo, alla foce del Volturno ed il terzo nell'area intermedia di fronte a Mondragone. Dall'esame dei tre profili si osserva quanto segue:

- Profilo di fronte al Carigliano (foto 1): procedendo dalla scarpata verso lai costa si notano livelli diversi di bed-rock e sedimenti che hanno colmato il bacino in tempi diversi. Procedendo verso la foce", intorno alla batimetrica dei -50m si osserva una brusca variazione del segnale acustico; si passa, infatti, da una zona trasparente acusticamente, che permette di penetrare per oltre 1/8 di secondo nel sedimento, ad una zona senza trasparenza. Si presume che il fenomeno sia dovuto ad uno scattering acustico che preclude ogni coerenza di segnale. Da un punto di vista sedimentologico tale fenomeno può essere attribuito alla presenza di gas nei sedimenti (decomposizione di sostanza organica). Tale situazione di non trasparenza permane procedendo verso la foce del fiume. E' da mettere in evidenza che i sedimenti con gas non devono avere spessori notevoli in quanto e' già visibile (vedi foto n. 13) una lente scollata dalla zona con gas all'interno dell'area trasparente.

- Profilo di fronte al Volturno (foto 2): procedendo dalla scarpata verso la costa si notano segni di riempimento di differenti bacini e intorno alla batimetrica -70m si nota il medesimo fenomeno acustico di scattering illustrato per l'area del Garigliano; anche in questa situazione il fenomeno e' netto e continua fino alla foce del fiume.

- Profilo di fronte a Mondragone (foto 3): sulla costa (vedi fig. 1) affiorano "Formazioni carbonatiche che dividono i bacini alluvionali del Garigliano e Volturno; si notano diversi riempimenti del bacino e intorno alla batimetrica -30m compare lo stesso fenomeno acustico di scattering dei profili esaminati precedentemente; in questo caso, però la zona non trasparente non affiora in superficie ma e' ricoperta da uno strato sottile (circa 6m) di sedimenti trasparenti privi di gas (foto 4), questo fenomeno si estende per quasi un miglio.

Sulla base delle osservazioni effettuate si e' ipotizzato che lo strato acusticamente opaco sia attribuibile a sedimenti recenti apportati da due fiumi. Si e' quindi cercato, in base a questo fenomeno, di delimitare con maggior dettaglio le aree di influenza sedimentologica dei due fiumi sulla piattaforma già delineata in precedenti studi a carattere granulometrico e mineralogico degli stessi autori (Anselmi, 1981). A questo scopo

sono stati eseguiti transetti trasversali e paralleli alla costa che hanno permesso di circoscrivere l'area di apporto del Volturno e, con maggiore incertezza, quella del Garigliano; nella zona intermedia e' stato cartografato lo strato non affiorante con il comportamento simile ai sedimenti con gas attribuiti a sedimenti fluviali; tale strato non e' sicuramente collegato agli apporti del Volturno; mentre non e' possibile affermare con sicurezza che sia collegato al Garigliano.

RILEVAMENTI MEDIANTE SIDE SCAN SONAR

Nella figura 2 e' riportata la rotta effettuata dalla nave e la cartografia delle aree a posidonia con l'identificazione delle differenti abbondanze e le aree a sedimenti con differenti granulometrie. La foto 4 mostra un'immagine con presenza di abbondanti posidonie su fondali sabbiosi (promontorio di Scauri). Nella foto 5 e' ripresa l'immagine di un'area di fronte al Garigliano caratterizzata da fondali sabbiosi con segni di alterazione dovuta all'azione di reti a strascico. In conclusione, l'indagine ha messo in evidenza che le aree a posidonia sono concentrate intorno alla batimetrica -10m, con il massimo nell'area protetta dal moto ondoso e dalle correnti del promontorio di Scauri, mentre scompaiono nell'area di apporto alluvionale del Garigliano, dove i fondi sono sabbiosi omogenei con tracce dell'azione di correnti e segni frequenti di reti a strascico.

CONCLUSIONI

II rilevamento mediante UNIBOOM ha confermato e circoscritto le aree di influenza sedimentologica dei due fiumi sulla piattaforma e mostrato una stretta correlazione fra le strutture morfologiche che si rinvengono nell'area costiera e le situazioni di piattaforma. L'influenza sedimentologica del Garigliano e del Volturno, e' stato riconfermato, non supera sulla piattaforma le aree della batimetrica dei -50m. Dopo tale zona i sedimenti tendono ad avere caratteri più uniformi ed a divenire pelagici. Il rilevamento mediante il SIDE SCAN SONAR delimitando le aree a posidonia ha permesso una più corretta interpretazione di alcuni fenomeni di accumulò di radionuclidi ed elementi in traccia (Anselmi, 1981; Anselmi, 1982; Brondi, 1983). Il rilevamento della piattaforma e' risultato un utile strumento nella strategia di campionamento dei sedimenti e nella successiva interpretazione dei fenomeni di trasporto ed accumulo.

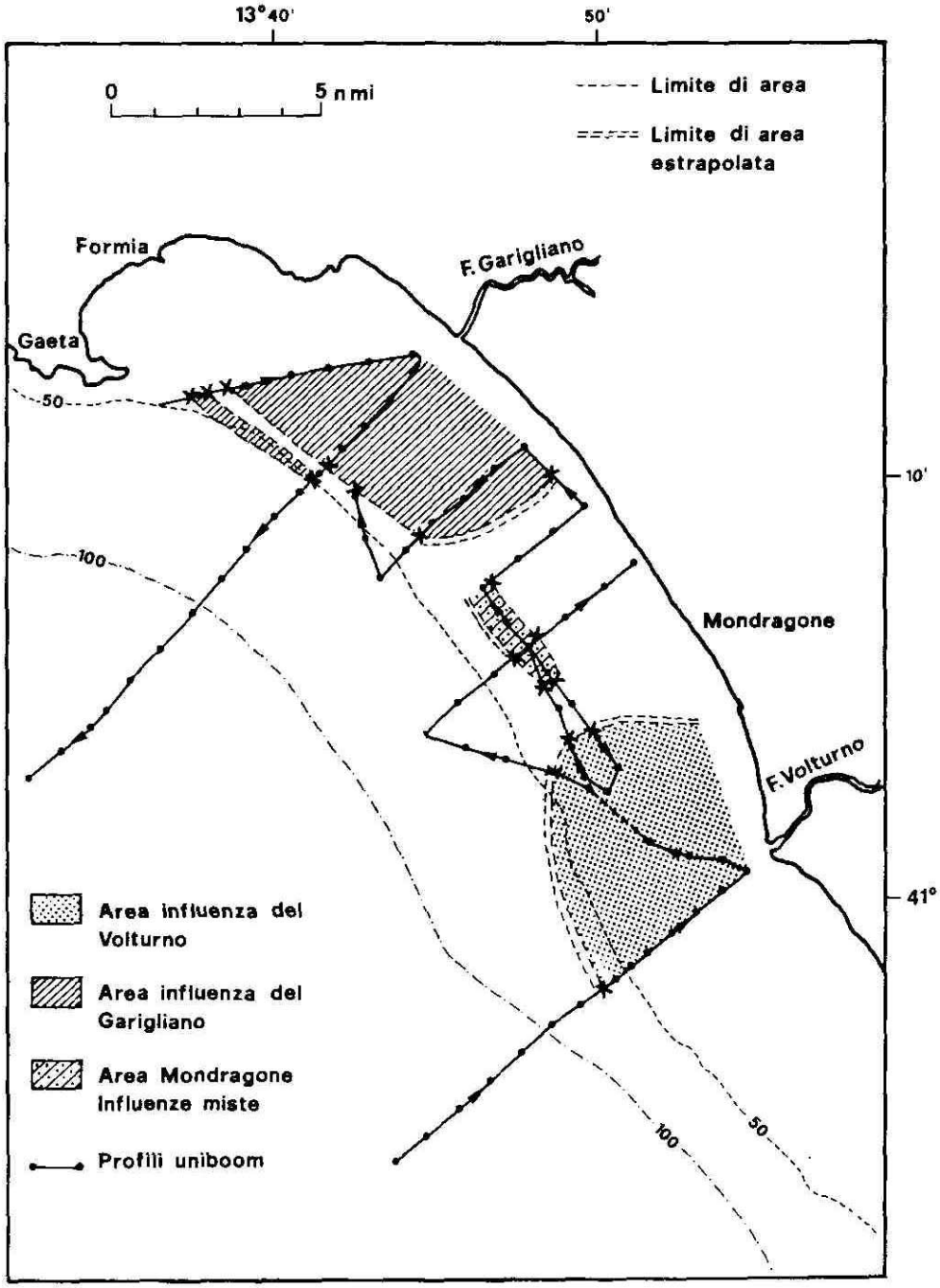


Fig. 1. Area di studio (rilevamenti mediante UNIBOOM)

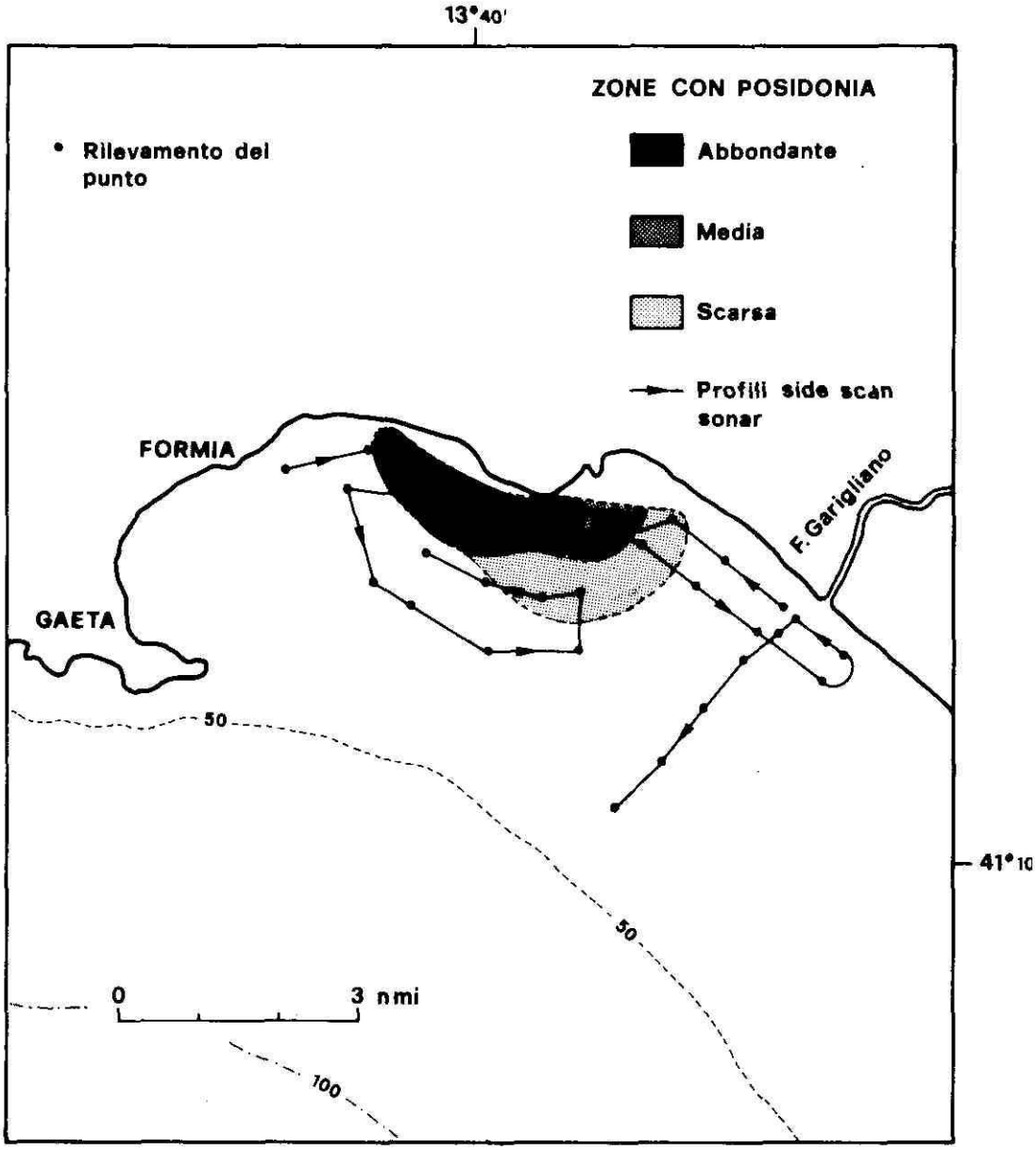


Fig. 2. Area in studio (rilevamenti mediante SIDE SCAN SONAR)

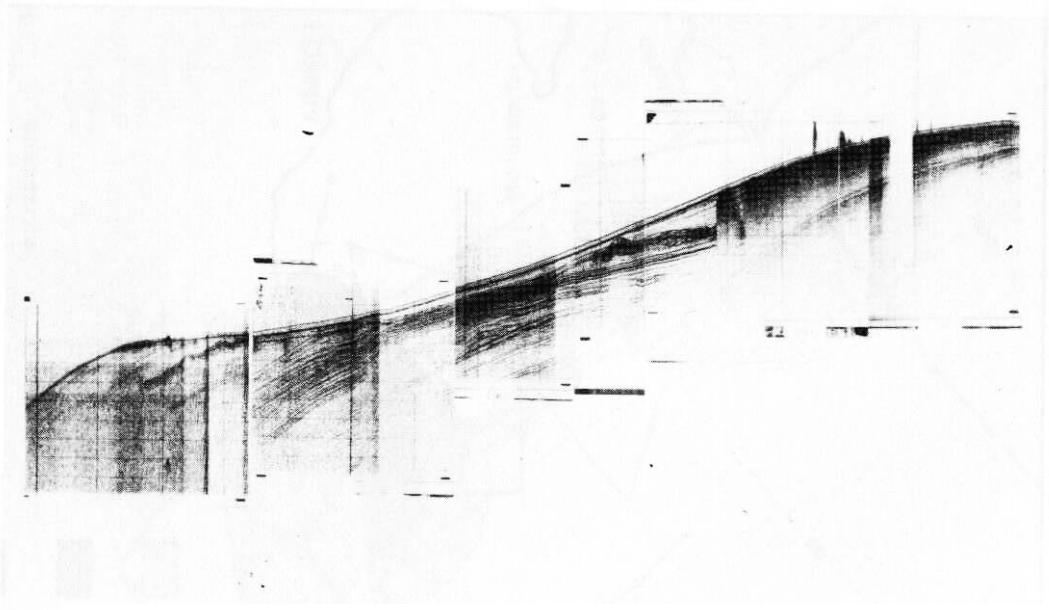


Foto 1. Rilevamento UNIBROOM (transetto davanti al Garigliano).

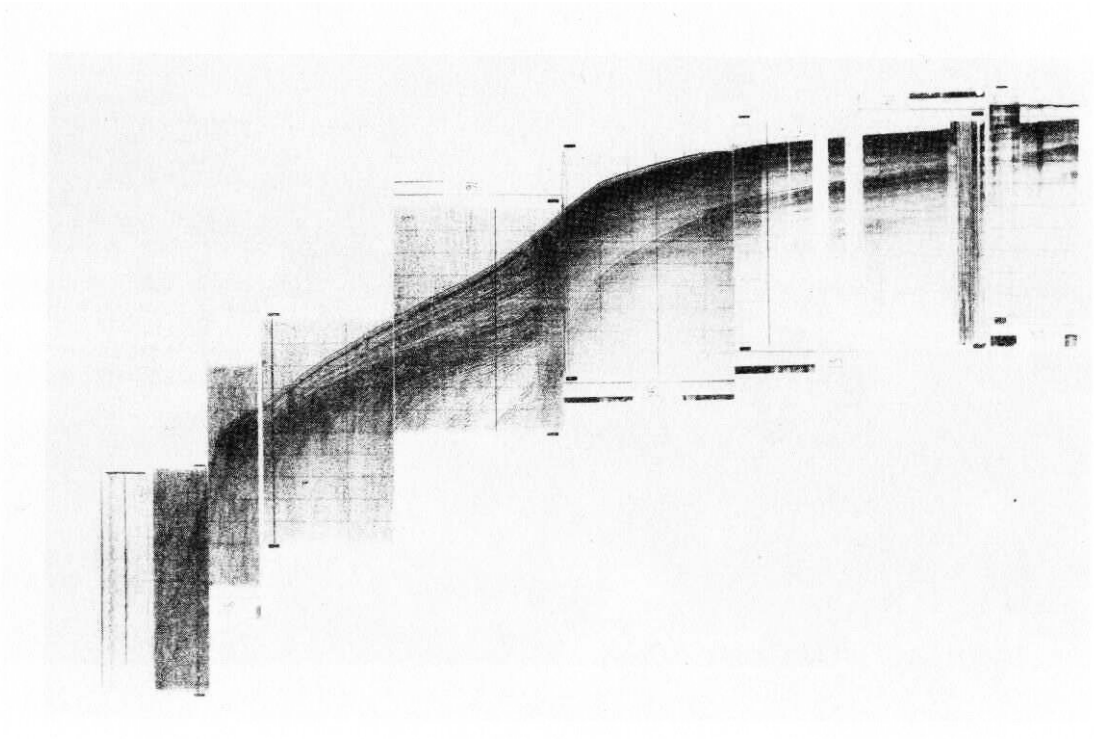


Foto 2. Rilevamento UNIBOOM (transetto davanti al Volturno).

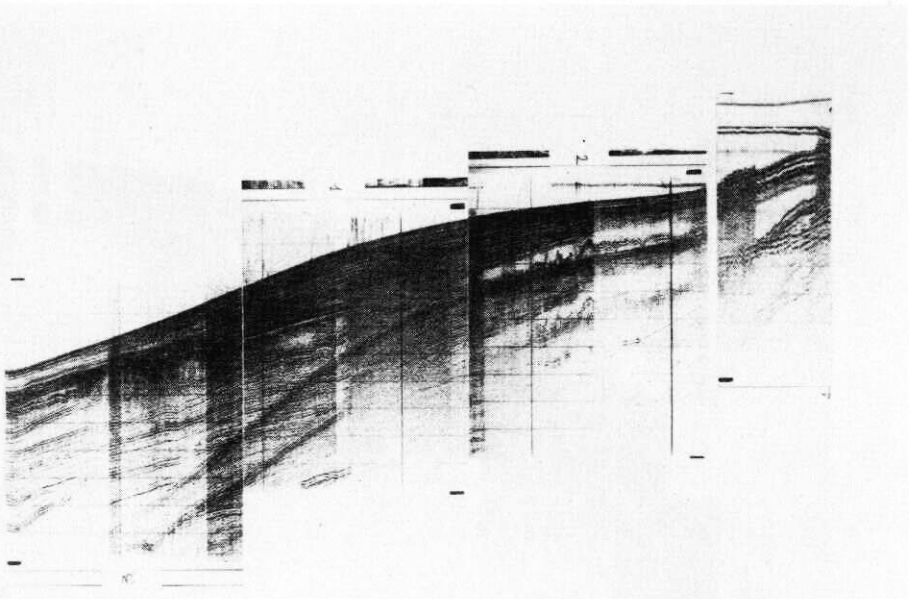


Foto 3. Rilevamento UNIBOOM (transetto davanti sl Mondragone).

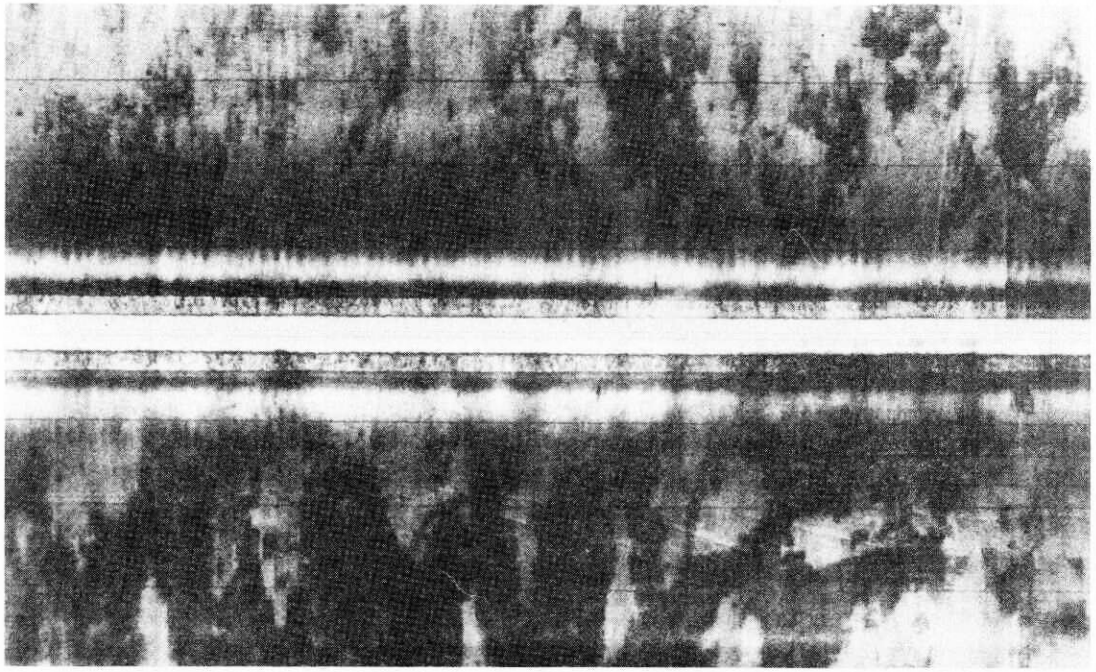


Foto 4. Concentrazioni di posidonia su fondo sabbioso (Golfo di Gaeta).

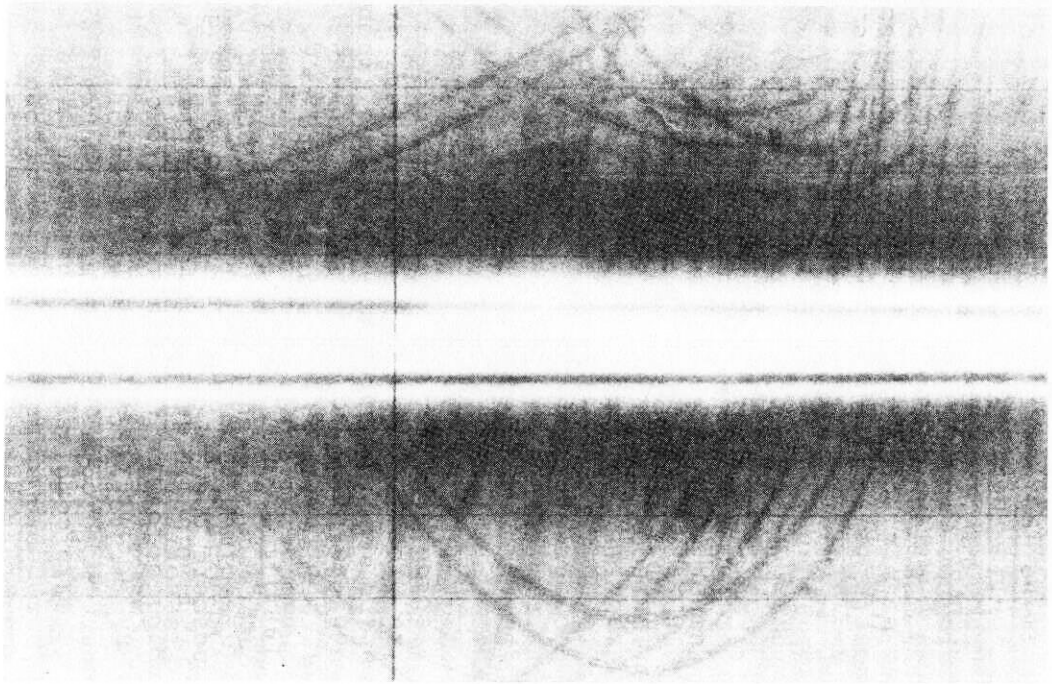


Foto 5. Fondali a granulometria sabbiosa con segni di reti a strascico (davanti al Garigliano).

BIBLIOGRAFIA

B. ANSELMI, O. FERRETTI, C. PAPUCCI - Studio preliminare dei sedimenti della piattaforma costiera nella zona del fiume Garigliano - Rend. Soc. Min. Petr. 389(1): 367-384, 1981.

B. ANSELMI, A. BRONDI, O. FERRETTI, C. PAPUCCI - Correlazioni fra geomorfologia costiera dei sedimenti e distribuzione dei radionuclidi in alcune zone marine subcostiere - Annali di radioprotezione - pp. 109-130, 1982.

T. AKAL, P. CUPZI, E. MICHELOZZI - Geoacustic measurements: physical property variations and sedimentary processes - (In stampa) Congresso Società Geologica, S. Benedetto del Trento, 1984.

A. BRONDI, O. FERRETTI, V. DAMIANI - Tipologia geomorfologica del tratto dì costa compreso tra Capo Circeo e l'Isola d'Ischia -Atti del Convegno ENEA/CNR del Centro di S.ta Teresa, Serie Simposi, 14 giugno 1983.

P. COLANTONI, P. GALLIGNANI, E. FRESI, F. CINELLI - Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile Beds around the Island of Ischia and in Adjacent waters - Mar. Ecol. 3 (1): 53-74, 1982.

R. NEWTON, A. STEFANON - Application of SIDE SCAN SONAR in Marine Biology - Mar. Biol., 31: 287-291, 1975.

A. STEFANON - Marine sedimentology through modern acoustical methods: I SIDE SCAN SONAR - 1985.

A. STEFANON - Marine sedimentology through modern acoustical methods: II. UNIBOOM - 1985.

G. ZURLINI, V. DAMIANI - Un esempio di analisi ecologica del sistema marino-costiero da capo Circeo all'isola d'Ischia - Atti Convegno ENEA del Centro di S.ta Teresa, Serie Simposi, 14 giugno 1983.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 279 a pag. 282

CONDIZIONI IDROLOGICHE ALL'ESTUARIO DEL FIUME TAGLIAMENTO

V. U. FOSSATO[+], G. PERIN[•], A. CARNIEL[O], L.CRABOLEDDA[+], F. DOLCI[+]

[+] Istituto di Biologia del Mare, CNR, Venezia
[•] Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Venezia
[O] Presidio Multizonale di Prevenzione, Pordenone

SUMMARY

Hydrological investigations were monthly carried out in the Tagliamento River Estuary over a twenty-month period, December 1982 to August 1984. Salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, suspended particulate matter, nutrients, coli- and entero-bacteria were determined both in sub-surface and in bottom waters. .A low orthophosphate concentration in water and an exceptionally high N/P atomic ratio were observed and attributed to the phosphorus uptake by the carbonate layer underneath the river basin. The nutrient load delivered by the river, calculated from mean flow and mean concentrations in the liquid phase, was 1, 863 t/y nitrogen and 11. 5 t/y phosphorus.

1. INTRODUZIONE

II fiume Tagliamento, con una lunghezza complessiva di 158 km ed un bacino imbrifero di 2.580 km^2, rappresenta il sistema idrografico più importante della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia (RAFVG).

Il regime idrologico del fiume è noto nelle linee generali, ma le conoscenze derivano più da stime indirette che da misure dirette di portata, che mancano del tutto nel tratto medio-inferiore del corso. Alla sezione di Pinzano (75 km dalla foce), che chiude un bacino montano esteso per 2.293 km^2, la portata media viene stimata in 92,5 m^3/s, detratti 20 m^3/s per uso irriguo (TEI/RAFVG, 1983; Mesetti P., Mosetti F., 1984). Nel tratto successivo il fiume ha un letto ghiaioso molto ampio nel quale si disperdono le acque che, in parte, vanno ad alimentare le falde ed in parte scorrono in subalveo, riemergendo a circa 35 km dalla foce. A Latisana {25 km dalla foce) la portata media sarebbe così ridotta a circa 62 m^3/s (TEI/RAFVG, 1983). Nel tratto terminale il letto del fiume, inciso fra espansioni goleniche, si trova a quota inferiore al livello medio mare; il deflusso risulta quindi fortemente influenzato dalla marea e dalla risalita dell'acqua di provenienza marina.

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati, relativi ai soli aspetti idrologici, di una ricerca sulle condizioni idrologiche e di inquinamento allo estuario del fiume, effettuata fra dicembre 1982 e agosto 1984.

2. MATERIALI E METODI

Il programma operativo ha comportato l'esecuzione di: (i) venti prelievi a frequenza mensile di acqua a 0,5 m dalla superficie e a 1,0 m sopra il fondo dal ponte di barche della Bevazzana (5 km dalla foce); (ii) cinque campagne stagionali (dicembre 1982, marzo, giugno, settembre e dicembre 1983). per rilievi di salinità, temperatura e ossigeno in soluzione lungo gli ultimi i dieci km del corso del fiume e per campionamenti di acqua su due sezioni del corso e alla foce.

I profili di temperatura, salinità e ossigeno in soluzione sono stati eseguiti a mezzo di un salinometro NIO MC-5 (UK) e di un ossimetro Delta Scientific mod. 3601 (USA). I campioni d'acqua destinati alle analisi chimiche e batteriologiche sono stati prelevati a mezzo di un campionatore magnetico di profondità Grami, Milano, equipaggiato di bottiglie in vetro da 1,0 l. Per il prelievo di maggiori volumi di acqua, destinati alla determinazione del materiale particellato sospeso e di altri parametri non riportati nel presente lavoro, si è usato un bottiglione in vetro da 10 l montato su un portabottiglie zavorrato (Fossato V. U., Frache R., 1983). Sul posto si è proceduto alla filtrazione dell'acqua su filtri in fibra di vetro Gelman A/E, trasferendo poi i campioni in laboratorio in borse termiche refrigerate.

Le analisi batteriologiche sono iniziate il giorno stesso del prelievo, adottando il metodo delle membrane filtranti (IRSA, 1960). Le analisi chimiche sono state eseguite entro 48 ore dal campionamento secondo il manuale di metodi analitici per le acque (IRSA, 1980). Il peso del materiale particellato sospeso e la percentuale di materia organica sono stati determinati per pesata dopo essiccazione a 105°C e successiva calcinazione a 550°C.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Le osservazioni dirette, eseguite in occasione delle campagne stagionali, e l'esame delle registrazioni dei tre mareografi (Bevazzana, Volta e Latisana) situati sul tratto terminale del corso del fiume, indicano chiaramente che l'onda di marea si propaga, seppure attenuata e in ritardo di fase, fino oltre Latisana. D'altra parte, i profili verticali di salinità e temperatura eseguiti in diverse sezioni del corso del fiume, in condizioni di alta e bassa marea, hanno permesso di verificare la risalita delle acque marine che entrano dalla foce e dai canali dell'Idrovia Litoranea Veneta. Normalmente il fronte del cuneo salino oscilla fra 7 e 9 km dalla foce, con differenze davvero molto limitate fra la bassa e l'alta marea; in altre parole, le acque salate di fondo si ricambiano solo in parie in un ciclo giornaliero di marea. Solo in occasione di ondate di piena esse vengono espulse e si ha poi un ricambio completo.
Una sintesi dei risultati relativi ai parametri fisici, chimici e batteriologici presi in esame è riportata nella Tab. 1.

TABELLA 1. Valori medi (X) e deviazioni standard (SD) per i parametri fisici, chimici e batteriologici delle acque del fiume Tagliamento alla Bevazzana.

Parametri		Superficie		Fondo	
		X	SD	X	SD
Campioni	n.	20		19	
Temperatura	°C	14, 0	6, 7	14, 6	7, 5
Salinità	‰	5, 6	4, 7	22, 7	9, 5
pH		8, 2	0, 1	8, 2	0, 1
O_2 disciolto	mg/l	9, 2	2, 2	9, 0	2, 0
O_2	% sat.	92, 7	13, 7	97, 8	11, 5
Mat. Part. Sosp.	mg/l	8, 2	5, 8	18, 2	16, 7
Mat. Part. Sosp.	% mat. org.	18, 3	11, 3	16, 1	6, 7
$N\text{-}NH_3$	µg-at/l	4, 13	1, 61	3, 48	2, 11
$N\text{-}NO_2$	"	0, 96	0, 43	0, 96	0, 47
$N\text{-}NO_3$	"	63, 0	21, 5	50, 4	22, 9
$P\text{-}PO_4$	"	0, 19	0, 17	0, 19	0, 19
N/P rapp. atomico		456	380	389	293
Coli totali	u. /100 ml	109	169	166	226
Coli fecali	"	41	59	39	56
Enterococchi	"	37	41	60	122

Alla stazione di Bevazzana la salinità media in superficie è risultata del 5,6‰, sul fondo del 22,7‰, il che dimostra un discreto mescolamento nonostante le due masse d'acqua siano chiaramente separate. Nel periodo in esame, la temperatura dell'acqua in superficie è variata da 4,6°C (14 dicembre 1983) a 24,7°C (2 agosto 1983), quella sul fondo da 4,0°C (21 febbraio 1984) a 25,6°C (2 agosto 1983). Le medie sono di 14,0°C e 14,5°C rispettivamente per l'acqua superficiale e di fondo. L'escursione termica risulta leggermente inferiore nella massa d'acqua dolce rispetto a quella marina ed è spiegabile con il fatto che nella parte centrale del corso il fiume riceve acque di risorgiva che fuoriescono a temperatura intermedia. Mediamente la concentrazione degl'ossigeno in soluzione, misurata alla Bevazzana fra le ore 11 e 12, si trova a livelli prossimi alla saturazione sia in superficie (92,7%) che sul fondo (97,8%); analoghi valori sono stati ottenuti a monte del cuneo salino e alla foce. Il pH è praticamente costante sul profilo verticale e nel tempo non presenta variazioni significative rispetto alla media. Il materiale particellato sospeso è più abbondante nello strato inferiore rispetto a quello superiore, mentre la percentuale di materia organica nel particellato sospeso non risulta significativamente diversa.

Per quanto riguarda i sali solubili di azoto e fosforo, va notata l'omogeneità dei valori di concentrazione fra le acque dolci e quelle di origine marina e la conseguente assenza di netti gradienti di concentrazione tipici delle zone

estuarini. In ogni caso, l'azoto nitrico rappresenta oltre il 90% dell'azoto totale in soluzione. Il rapporto atomico azoto/fosforo presenta valori eccezionalmente elevati sia nelle acque dolci che in quelle salmastre di fondo, analogamente a quanto riscontrato alla foce del fiume Isonzo (Bregant D., Catalano G., 1978). Per le acque del fiume ciò è imputabile alle bassissime concentrazioni di ortofosfati, dovute presumibilmente alla natura calcarea dei terreni del bacino imbrifero. Le acque salmastre di fondo presentano invece valori normali per ammoniaca, nitriti e fosfati, ma piuttosto elevati per i nitrati. La carica batterica delle acque risulta generalmente bassa a conferma di uno stato di salute del fiume complessivamente buono (TEI/RAFVG, 1983).

Una stima approssimata dell'apporto annuo al mare in sali nutritivi da parte del fiume Tagliamento può essere fatta sulla base dei valori medi di concentrazione e di portata (62 m^3/s). Il calcolo da i seguenti risultati: 113 t/a per $N\text{-}NH_3$, 26 t/a per $N\text{-}NO_2$, 1724 t/a per $N\text{-}NO_3$ e 11,5 t/a per $P\text{-}PO_4$. Il carico annuo di azoto e fosforo sul bacino del Tagliamento, stimato per via indiretta dai dati di popolazione equivalente e dall'estensione delle superfici coltivate e non coltivate, è risultato di 1530 t/a per l'azoto e di 223 t/a per il fosforo (TEI/RAFVG, 1983). La concordanza dei risultati per l'azoto è ragionevole, mentre per il fosforo il carico annuo calcolato sui dati di concentrazione nelle acque superficiali alla Bevazzana risulta di ben venti volte inferiore a quello valutato per via indiretta. La spiegazione va probabilmente ricercata nella natura calcarea dei terreni del bacino del Tagliamento, atti a trattenere il fosforo come sali insolubili. In questo caso è pensabile che una frazione non trascurabile del fosforo venga apportata al fiume e da questo al mare sotto forma di materiale particellato.

4. BIBLIOGRAFIA

BREGANT D., G. CATALANO - Condizioni chimiche e fisiche alla foce del fiume Isonzo, giugno 1976 - dicembre 1977. - Istituto Talassografico di Trieste, Pubbl. n. 545, pp. 12 - 1978.

FOSSATO V. U., R. FRAGHE - Campionamento. In Metodologie Analitiche per lo Studio della Qualità dell'Ambiente Marino. - CNR, Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, 4 - 25 - 1983.

IRSA - Metodi Analitici per le Acque. - Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque 11 - 1980.

MOSETTI P., F. MOSETTI - Una relazione per le portate dei corsi d'acqua del Friuli-Venezia Giulia. - Quaderni dell'Ente Tutela Pesca, Udine, 9, 1-16 - 1984.

TEI/RAFVG - Progetto del piano di risanamento del bacino idrografico del fiume Tagliamento. Rapporto conclusivo. - Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale Lavori Pubblici, pp. 109 - 1983.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 283 a pag. 294

DISTRIBUZIONE DEL PARTICELLATO ED IDROLOGIA NELL'ADRIATICO SETTENTRIONALE. Agosto 1984.

Paolo Franco, Sandro Rabitti e Alfredo Boldrin
Istituto di Biologia del Mare, CNR, Venezia

SUMMARY

Vertical distributions of total suspended matter were observed in the northern Adriatic Sea, during a cruise carried out from August 27 to September 9, 1984, with gravimetric, size distribution, scanning electron microscopy and transmissometric methods. Physical, chemical and biological properties were measured simultaneously to assess the effects of the riverine input on the particulate matter generation, and of the strong stratification on the concentration and size distribution of the suspended materia s along the water column.

Results shows a strong relationship between the vertical stability of the column, and the distribution of the particulate, matter. Well defined maxima were observed in the superficial diluted water mass, mainly from biogenic matter, and in the dense bottom one, owing to detrital materials and resuspended fine sediments; weak concentrations were on the contrary observed in the intermediate layer. Particle size spectra shows different, and in average characteristic, shape in each of the observed water layers.

INTRODUZIONE

La struttura delle acque del bacino nord-adriatico in regime estivo è caratterizzata dalla marcata stratificazione verticale, risultante dai processi iniziati nel periodo primaverile, ed il cui innesco deriva dall'interazione di molteplici fattori (Franco 1983). Assumono importanza particolare la diluizione superficiale, causata dall'apporto fluviale padano, il mescolamento turbolento derivante da fattori meccanici, le modificazioni della struttura termica verticale dovute alla penetrazione ed all'assorbimento dell'energia radiante incidente sulla superficie.

Le variazioni verticali della densità sono correlate prevalentemente con quelle della salinità negli strati superiori della colonna d'acqua, con quelle della temperatura in quelli profondi. Il diverso peso delle due variabili è influenzato.

direttamente od indirettamente, soprattutto dai processi di trasporto advettivo delle acque diluite, che influiscono in modo determinante non solo sul regime di circolazione, ma anche sulle fluttuazioni verticali del tasso di riscaldamento legato all'attenuazione della irradianza (Franco 1984).

La situazione dell'agosto 1984, precedente al periodo di osservazioni al quale ci si riferisce in seguito, era stata determinata da uno scarso apporto fluviale durante il periodo tardo-primaverile ed estivo[1]. Ciò aveva condotto alla formazione di uno strato superficiale relativamente omogeneo ed a torbidità molto ridotta, dalla quale era derivata una rilevante penetrazione dell'energia radiante nella colonna d'acqua. A causa del progressivo riscaldamento radiativo della massa d'acqua intermedia, questa risultava regolarmente stratificata in temperatura, mentre io strato di fondo era di ridotto spessore (Franco, in stampa).

MATERIALI E METODI

I dati di cui si riferisce provengono da misure eseguite durante una crociera, condotta nell1Adriatico settentrionale, in una zona compresa fra la costa occidentale e la longitudine 13°10'E, e fra le latitudini 44°30' e 45°15'N, su stazioni del reticolo standard usato dal 1965 (vedi Franco 1970, 1982) con la NOU D'Ancona, dal 27 agosto al 9 settembre 1984.

Le proprietà termoaline sono state misurate sia con profilatore STD (Bissett Herman 9006) che a quote discrete con termometri a rovesciamento e salinometro induttometrico (Bissett Herman 6230): le misure idrochimiche (pH, ossigeno disciolto) secondo Strickland e Parsons (1972), come il peso del materiale particellato (vedi anche Franco, Rabitti e Cioce, in stampa) e la clorofilla ed i feopigmenti estratti per fluorimetria. Sono state eseguite misure anche sulla trasmittanza di fascio collimato, con trasmissometro Marine Advisers, Mod, 2C.

Per i metodi di misura ed elaborazione si veda anche Franco

---

1) La portata del Po si era mantenuta su livelli molto bassi nel precedente periodo estivo (ca. 500 $m^3 s^{-1}$), ed era salita a valori attorno ai 1500 $m^3 s^{-1}$ solo dalla metà di agosto. (Dati del Servizio Idrografico del Ministero Lavori Pubblici, com. pers.).

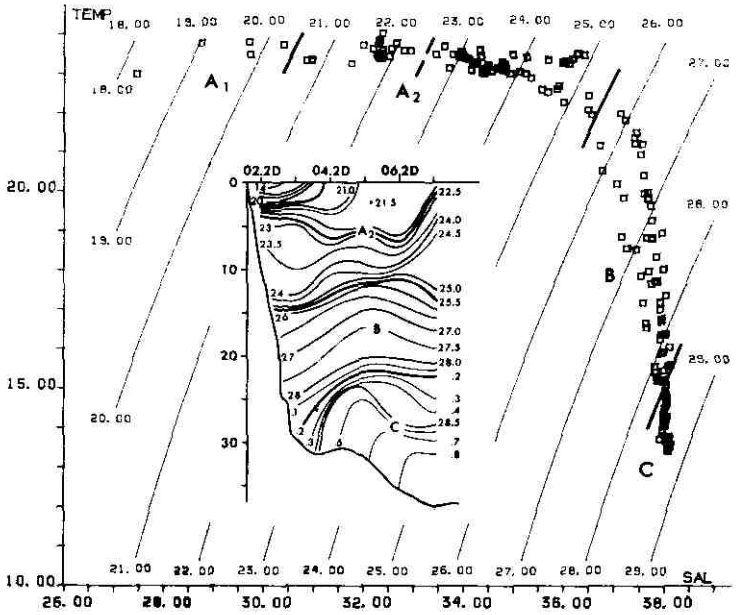


Fig. 1 Diagramma T/S, e corrispondente distribuzione della densità (come σ_t) sulla trasversale a latitudine 44°55'N (30 agosto 1984: sono indicate le principali masse d'acqua).

(1982); le proprietà derivate relative al campo di massa sono state ottenute secondo la nuova equazione di stato e gli opportuni algoritmi (Unesco 1981, 1983); quelle relative all'ossigeno disciolto secondo Weiss (1970). La distribuzione dimensionale del particellato è stata determinata con Coulter Counter, mod. TA II, interfacciato con microcalcolatore, usando un sensore da 100 µm (range dei diametri apparenti da 2 a 40 µm).

Le procedure di analisi dei dati adottate sono state: la discriminazione delle masse d'acqua con i metodi tradizionali (diagrammi T/S, analisi della distribuzione delle frequenze dei dati termoalini) e la valutazione delle variabili di interesse nei campi T, S e σ_t con essi definiti; l'analisi per Componenti Prin-

Tab. 1 Medie, e limiti fiduciali di queste, della temperatura, salinità e σ_t nelle masse d'acqua identificate per i caratteri termoalini (Dati da profili STD).

MASSA	T °C	S	σ_t
A_1	24,18	27,78	18,18
±	,26	1,43	1,09
A_2	23,33	34,01	23,12
±	,05	,14	,12
B	17,86	37,60	27,30
±	,18	,03	,07
C	14,10	37,99	28,51
±	,07	,07	,02

cipali (R mode) applicata alle variabili idrologiche ed a quelle caratterizzanti il particellato, ed alla distribuzione relativa delle classi negli spettri dimensionali. L'analisi è stata condotta sulla matrice di correlazione fra le variabili non sottoposte a trasformazioni: le procedure di calcolo seguite sono quelle di Cooley e Lohnes (1971), con alcune modificazioni (ad es. da Davis 1973 e da Blackitt e Reyment 1971).

RISULTATI E DISCUSSIONE

1. Caratteri termoalini, distribuzione delle masse d'acqua

I dati termoalini provenienti da una sezione trasversale al bacino forniscono le informazioni essenziali sulla struttura verticale della colonna d'acqua nel bacino, e sulle caratteristiche delle masse d'acqua principali nel periodo di indagine (Fig. 1).

Lo strato superficiale è separato da quelli sottostanti da un netto picnoclino attorno a σ_t 25.5; al suo interno sono riconoscibili la piume del Po (A_1), in espansione per l'aumento della portata durante il periodo di misura, a σ_t inferiore a 20, e lo strato di diluizione precedentemente alimentato (A_2) a σ_t inferiore a 23.5. Una ulteriore transizione termoalina separa la massa d'acqua di fondo (C), a σ_t maggiore di ca. 28.3, da quella intermedia (B). Le masse d'acqua separate dai picnoclini sono identificate da caratteri medi termoalini e dell'anomalia di densità significativamente diversi (Tab. 1).

Tab. 2 Medie, e limiti fiduciali di queste, della temperatura, salinità e σ_t, pH, utilizzazione apparente dell'ossigeno di sciolto, peso secco ed incinerato del materiale sospeso, clorofilla e feopigmenti nelle masse d'acqua identificate con l'analisi dei componenti principali (Dati alle quote standard; vedi tab. 1).

MASSA	T °C	S	σ_t	pH	AOU $cm^3 dm^{-3}$	DW $mg dm^{-3}$	IW	CHL $\mu g dm^{-3}$	FEO
A_1	23,98	28,47	18,76	8,51	-2,75	3,75	1,82	10,16	2,41
±	,39	2,55	1,95	,07	1,10	,88	,54	4,14	1,08
A_2	23,27	34,13	23,23	8,34	- ,39	,70	,21	1,02	,14
±	,19	,57	,47	,02	,13	,09	,05	,28	,05
B	18,06	37,48	27,17	8,12	1,22	,65	,30	,84	,31
±	,80	,23	,37	,03	,38	,11	,08	,30	,09
C	14,17	38,00	28,50	7,99	3,00	2,09	1,61	,54	,36
±	,36	,05	,11	,02	,28	,35	,31	,31	,09

La struttura di stabilità corrispondente alla distribuzione di densità descritta implica una variazione della diffusività verticale nella colonna che si riflette sui processi di trasferimento ed accumulo di proprietà e di sostanze nei diversi corpi d'acqua.

2. Distribuzione di proprietà idrogeochimiche

La fondamentale importanza del campo di densità come fattore forzante nel controllo dei processi biogeochimici nel bacino è indirettamente confermata anche dai risultati ottenuti con tecniche di elaborazione dei dati diverse da quelle finora considerate. Un'analisi dei componenti principali condotta sui principali parametri considerati (temperatura, salinità, utilizzazione apparente dell'ossigeno disciolto, peso secco ed incinerato del materiale sospeso, clorofilla e feopigmenti) porta infatti ad un'aggregazione dei punti misura nel piano definito dai componenti principali (Fig. 2) corrispondente a quella ottenuta a partire dall'esame del campo di densità, con caratteri medi delle masse d'acqua così definite non differenziabili statisticamente (Tab. 2) ed analoga distribuzione spaziale.

Le condizioni idrologiche immediatamente precedenti a quelle

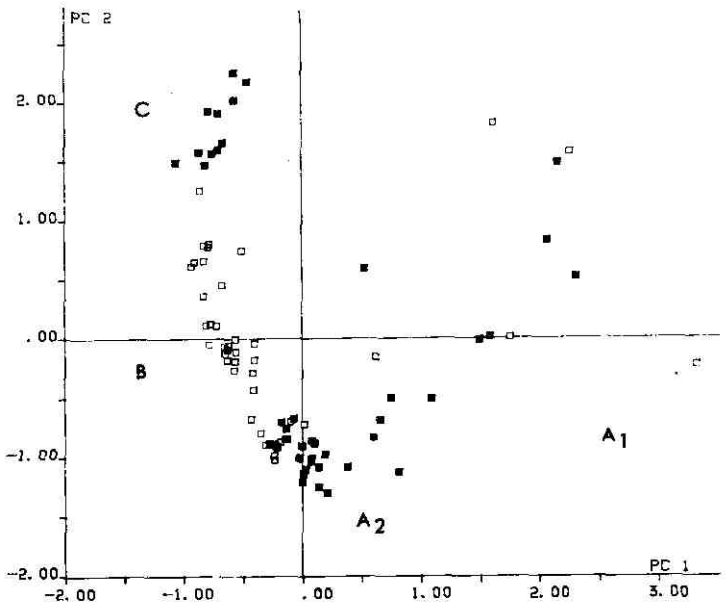


Fig. 2 Analisi dei componenti principali sulla matrice di correlazione fra le variabili indicate nel testo: scores dei punti misura proiettati sul piano definito dai primi due componenti (i simboli vuoti corrispondono a valori negativi del terzo componente). E' indicata la corrispondenza con le masse d'acqua (vedi fig. 1).

riscontrate durante la crociera corrispondevano a carichi estremamente bassi di materiale particellato nella colonna d'acqua, con concentrazioni relativamente elevate solo nella massa d'acqua prossima al fondo, ed in misura minore nel ridotto volume di quella superficiale soggetta a diluizione (Franco, Rabitti e Cioce, in stampa).

Nel periodo coperto dalle osservazioni l'aumento di portata del Po causa l'iniezione nel bacino di acque fluviali, e del loro carico di sospeso e di nutrienti, in un sottile strato superficiale, che diventa sede di attiva produzione biologica di particellato, che carica le masse d'acqua superficiali ed apparentemente quella profonda, mentre quella intermedia conserva valori

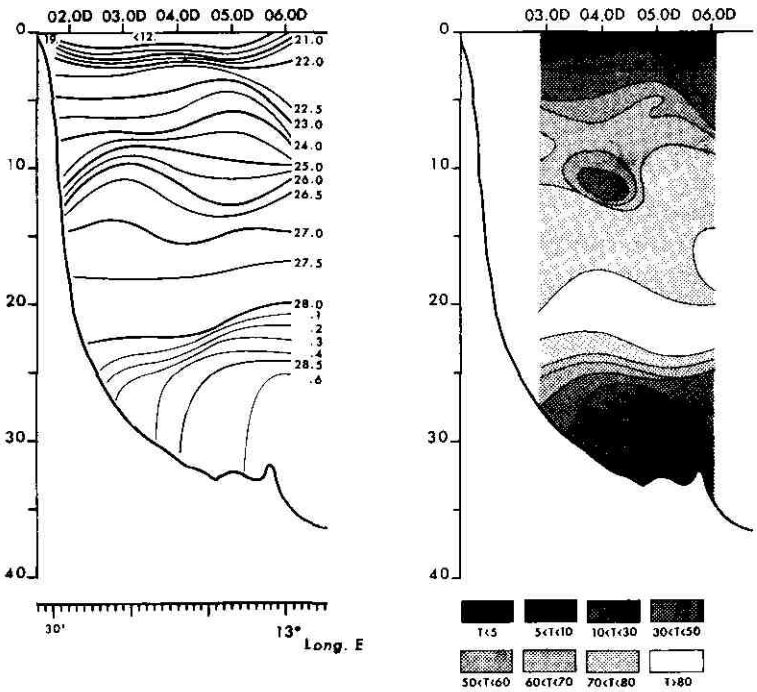


Fig. 3 Distribuzione della densità (come σ_t, a sinistra) e della trasmittanza di fascio collimato (T %, a destra); trasversale alla latitudine 45°N, 4 settembre 1984.

di concentrazione relativamente bassi. La natura prevalentemente biogenica del particellato nello strato superficiale viene indicata dal rapporto di ceneri sul peso totale, attorno al 30-40 % nelle masse d'acqua diluite, dalla correlazione con i pigmenti clorofilliani, dall'osservazione microscopica a scansione, e dalla distribuzione dimensionale, che presenta picchi nei diametri attorno a 4 e 10 µm, corrispondenti a popolazioni fitoplanctoniche diverse.

Nello strato profondo il sospeso è prevalentemente detritico, con il 77 % di ceneri in media, e la presenza ad es. di

frustoli di diatomee, coccoliti, e di minerali argillosi in risospensione dal sedimento superficiale. Lo spettro dimensionale ha un picco attorno a 3-4 µm, ed una caratteristica distribuzione log-normale, troncata verso i diametri più bassi dalla metodica sperimentale, molto simile a quella rilevata nell'analisi del film superficiale del sedimento.

Il trasporto verticale del particellato appare controllato dalla struttura di densità ,ed il veloce trasferimento allo strato di fondo probabilmente mediato in prevalenza dalla compattazione da parte dei fito- e zooplanctofagi in fecal pellets, particelle di dimensioni rilevanti (10^2 - 10^3 µm) ed elevata velocità di sedimentazione (10-10^3 m giorno^{-1}, Sackett 1978), seguito dalla loro disintegrazione. Ciò viene suggerito dalla bassa concentrazione di particellato nel range dimensionale da 2 a 40 µm nello strato intermedio, e dai suoi caratteri morfologici e chimici in quello prossimo al fondo.

Il sospeso di minori dimensioni (2-20 µm) tende ad assumere concentrazioni relative elevate immediatamente al di sopra degli strati a massima stabilità statica, corrispondenti ai picnoclini, nei quali il trasporto turbolento verticale è molto ridotto e che intrappolano le particelle in sedimentazione, e nei quali infine lo scorrimento orizzontale isopicnico apparentemente concentra insiemi di particelle in zone definite (Fig. 3).

Gli spettri dimensionali hanno infine caratteristiche nettamente diverse, sia quantitativamente che qualitativamente, nelle masse d'acqua descritte (Fig. 4). Ciò viene messo in evidenza sia raggruppando in insiemi le distribuzioni spettrali a partire dalla classificazione dei punti di misura con una delle tecniche già indicate, sia applicando l'analisi dei componenti principali direttamente alla frequenza delle classi dimensionali negli spettri, i quali ultimi risultano ordinati in modo analogo a quello ottenuto indirettamente.

3. Conclusioni

I risultati, ottenuti indipendentemente con i metodi esposti dai dati della crociera 1984, e coincidenti, si possono così riassumere:

a) la struttura di densità delle acque del bacino, e la corri-

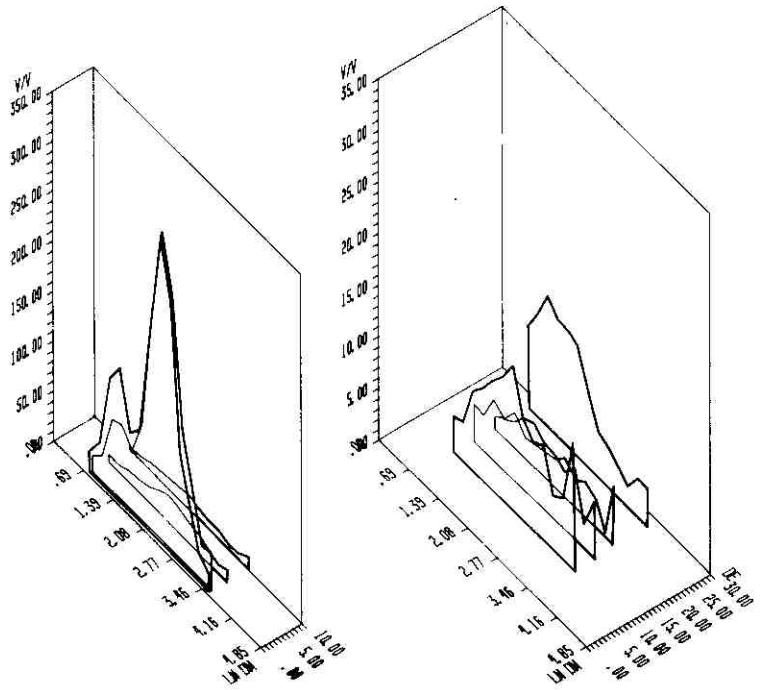


Fig. 4 Spettri dimensionali del materiale particellato (V/V: concentrazione in 10^{-4} µm^3 cm^{-3}; LN DM : diametri in µm come logaritmi naturali; quote diverse (DE: in m) della stazione 04.OD (vedi fig. 3), 4 settembre 1984.

spendente separazione in masse d'acqua distinte, ha una diretta rispondenza con la distribuzione quantitativa del materiale sospeso, sia come concentrazione ponderale, che del numero o volume delle particene. Questa assume valori elevati nello strato superficiale diluito ed in quello profondo, ed altri relativamente bassi in quelli intermedi. Le diverse condizioni di stabilità nelle masse d'acqua, e le discontinuità che le separano, risultano avere cioè un diretto controllo sui processi di generazione e trasferimento del materiale particellato nella colonna.

b) La rimozione del particellato biogenico dagli strati super-

ficiali, nelle condizioni esistenti di stabilità verticale e considerate le caratteristiche del sospeso negli strati intermedi, avviene verosimilmente per aggregazione attraverso processi biologici in unità di dimensioni relativamente elevate (fecal pellets), dalla disgregazione delle quali deriva in parte il materiale mantenuto in sospensione nello strato prossimo al fondo.

c) Gli spettri dimensionali hanno andamenti diversi e caratteristici nelle masse d'acqua identificate, con distribuzioni aventi generalmente massimi prevalenti nel range da 8 a 16 µm nello strato superficiale, associati a popolazioni di fitoplanctonti nelle corrispondenti classi dimensionali, ed in quello da 2 ad 8 µm nello strato profondo, associati a materiale detritico.

BIBLIOGRAFIA

Blackitt, R.E. Reyment, R.A. 1971 Multivariate morphometrics. Academic Press, New York, 412 p.

Cooley, W.W. Lohnes, P.R. 1971 Multivariate data analysis. John Wiley and Sons, New York, 364 p.

Davis J.C. 1973 Statistics and data analysis in geology. John Wiley and Sons, New York, 550 p.

Franco, P. 1970 Oceanography of northern Adriatic Sea. 1. Hydrologic features: cruises July-August and October-November 1965.
Archo Oceanogr.Limnol. 16 suppl., 93 p.

Franco, P. 1982 Oceanography of northern Adriatic Sea. Data from the cruises of the years 1978 and 1979.
Archo Oceanogr.Limnol. 20 suppl., 207 p.

Franco, P. 1983 L'Adriatico settentrionale, caratteri oceanografici e problemi.
5 Congr. AIOL, 1-27

Franco, P. 1984 Fattori influenti sulla produttività primaria dell'Adriatico settentrionale.
Boll.Oceanol.teor.appl. - 2, 125-140

Franco, P. Adriatico settentrionale in condizioni di stratificazione. 1. Struttura termoalina e di densità e proprietà idrochimiche (1983). Boll.oceanol.teor.appl. (in stampa)

Franco, P. Rabitti, S. Cioce, F. Adriatico settentrionale in condizioni di stratificazione. 2. Distribuzione del materiale sospeso e delle proprietà ottiche. Boll.oceanol.teor.appl., (in stampa)

Sackett, W.M. 1978 Suspended matter in sea water.

In: Riley, J.P. Chester, R. (Eds.) Chemical oceanography, Academic Press, London, 7 (Ch.37), 127-172

Strickland, J.D.H. Parsons, T.R. 1972 A practical manual of seawater analysis. J.Fish.Res.Bd.Can., 167, 310 p.

Weiss, R.F. 1970 The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. Deep-Sea Res. 17, 721-735

---- 1981 Tenth report of the joint panel on oceanographics tables and standards. Unesco Techn.pap.mar.sci. 36, 25 p.

---- 1983 Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. Unesco Techn.pap.mar.sci. 44, 53 p.

---- 1985 The International System of Units (SI) in oceanography. Unesco Techn.pap.mar.sci. 45, 124 p.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11 - 14 GIUGNO 1986 da pag. 295 a pag. 306

OSSERVAZIONI PRELIMINARI SULLA DISTRIBUZIONE DEL FOSFORO PRESENTE NEI SEDIMENTI DELLE "PIALASSE" DI RAVENNA

F. FRASCARI^, L. LANGONE^, M. RAVAIOLI^ & G. ROVATTI^

^ Istituto per la Geologia Marina CNR - via Zamboni, 65 Bologna

RIASSUNTO

II complesso lagunare delle "Pialasse" di Ravenna è stato oggetto nel tempo di numerosi interventi antropici tesi a migliorare la circolazione delle acque dell'area portuale adiacente, a fornire bacini utili per la pesca o per smaltire le acque di retrostanti casse di colmata. L'eccessivo sviluppo urbano e industriale delle zone circostanti ha provocato notevoli problemi per alcuni di questi tipi di utilizzazione, soprattutto per la pesca. Una delle anomalie più1 evidenti è stata una crescita abnorme di macro e micro alghe legata alla disponibilità di sostanze nutrienti. Per chiarire la provenienza, i meccanismi di distribuzione e utilizzazione di queste sostanze e la loro possibile persistenza nei bacini, sono in corso ricerche sul chimismo sia dei fondali che delle acque.

Alcune caratteristiche dei sedimenti delle Pialasse della Baiona (RA) dimostrano in via preliminare che il Canale Via Cupa è il principale responsabile degli apporti di composti di P e di sostanza organica di origine terrestre; questi influenzano direttamente i bacini meridionali. I bacini centrali e soprattutto quelli settentrionali ricevono le sostanze nutrienti prevalentemente in seguito a meccanismi di ridistribuzione provocati dalle correnti di marea. Qui il contenuto di sostanza organica del sedimento è strettamente legato allo sviluppo locale delle alghe. I venti dominanti contribuiscono ad accumulare le alghe nei bacini nord occidentali, arricchendone i sedimenti delle componenti organiche. Nei bacini che risultano isolati rispetto alla circolazione generale, il ciclo delle sostanze nutrienti può invece essere definito a livello "naturale".

Parole chiave: eutrofizzazione, nutrienti, sedimenti lagunari.

INTRODUZIONE

Le "Pialasse" costituiscono un complesso lagunare connesso con il porto canale di Ravenna (fig. l). Negli ultimi 30 anni sono state sede dì notevoli scarichi industriali, agricoli e civili, sia di sostanze tossiche (Anconelli et al., 1980) che nutrienti. In particolare l'eccesso di queste ultime ha determinato vistosi fenomeni di crescita algale.

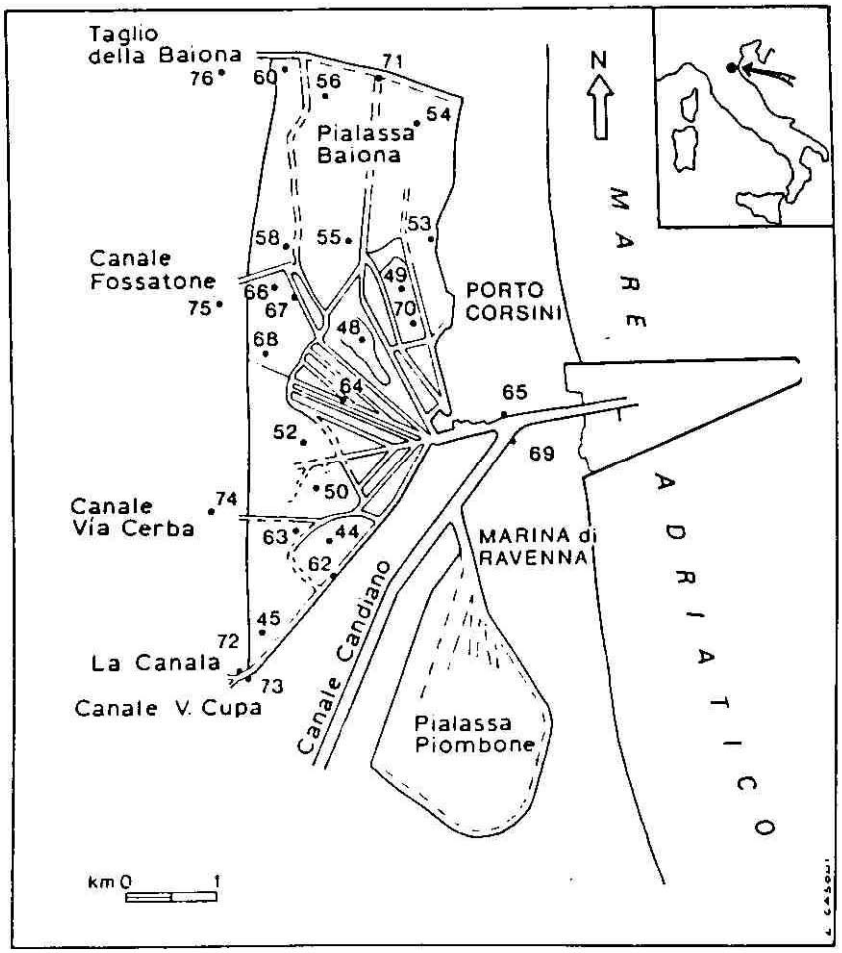


Fig. 1 - Area studiata e stazioni di campionamento

Si ritengono perciò necessari, in previsione di eventuali interventi di risanamento, studi per valutare sia l'entità del fenomeno sia le fonti di nutrienti e i meccanismi di distribuzione degli stessi nei diversi bacini.

In questo lavoro preliminare il problema viene affrontato partendo da alcuni aspetti della composizione dei sedimenti superficiali, come le caratteristiche granulometriche, le concentrazioni di sostanza organica, dei composti di fosforo e azoto.

AREA STUDIATA

Attualmente la Pialassa del Piombone, posta a sud del C.Candiano, fa parte a tutti gli effetti, delle strutture del porto di Ravenna. La Pialassa della Baiona, oggetto di questo studio, è invece costituita da una serie di bacini poco profondi (0.5-0.8 m) solcati da canali disposti a lisca di pesce, costruiti verso la metà del 1800 per contrastare la formazione della barra di foce del canale portuale, aumentando l'effetto del riflusso di marea.

Gli apporti di acqua dolce, attualmente, sono dovuti soltanto ad alcuni canali di bonifica, divenuti col tempo canali di smaltimento di rifiuti industriali, civili ed agricoli, che complessivamente drenano un'area di 256 kmq. L'intero bacino di drenaggio, tuttavia, comprende anche l'area portuale e la Pialassa del Piombone ed ha un'estensione complessiva di 342 kmq.

La bocca lagunare è coincidente con il canale portuale; è larga circa 100 m, presenta profondità variabili tra 6.50 e 9.50 m ed è soggetta a dragaggi periodici. I ricambi di acqua marina determinano un'idrodinamica interna pesantemente condizionata dalle fasi della marea e una salinità dell'acqua simile a quella del mare,o leggermente più alta (in estate) nei bacini non direttamente collegati alla bocca lagunare. Solo in aree estremamente circoscritte ai punti di immissione dei canali provenienti da terra, la salinità è relativamente più bassa.

Da un punto di vista granulometrico, gli unici fondali sabbiosi sono quelli dei canali immissari e ovviamente, nei bacini s.s., quelli attigui ai cordoni dunosi che delimitano le Pialasse ad E e W, mentre in generale predomina la sedimentazione pelitica.

MATERIALI E METODI

Nell'ottobre del 1982 sono stati raccolti 27 campioni di sedimento superficiale, mediante benna Van Veen. Sottoposti a misura di T, pH ed Eh, i campioni sono stati successivamente congelati a -20 C e così mantenuti fino al momento delle analisi. I punti-stazione (fig. 1) furono accuratamente selezionati dopo una serie di campagne preliminari.

In seguito sono stati determinati sui sedimenti (precedentemente seccati a 105 C) i contenuti di P inorganico e totale (per differenza si è ottenuto l'organico) secondo i metodi colorimetrici di Strickland & Parsons (1972) adattati all'analisi dei sedimenti mediante opportune estrazioni (Aspila et al., 1976). Inoltre sono stati ricavati i valori di C organico e N

totale mediante CHN Analyzer, da sedimento trattato con HC1 2M per eliminare la frazione carbonatica. In accordo con Giordani & Angiolini (1983), si ritiene l'N totale quasi coincidente con l'N organico. Queste metodiche sono state scelte in quanto hanno permesso un confronto con lavori precedenti su aree marine vicine (Angeloni et al., 1978, Astorri et al., 1983) e di ambienti simili (Frascari et al., 1984).

In tab. 1 sono riportati i valori di concentrazione nei punti campionati.

SIGLA	AREA	PTOT mg/kg	PINORG mg/kg	PORG mg/kg	CORG %	C/N atomi
72		570	512	58	.82	10.55
73	canali	2253	1723	530	3.56	26.50
74	adduttori	785	569	216	1.81	9.82
75					.27	10.50
76		756	663	93	1.37	10.01
65	canale	510	456	54	.66	12.83
69	portuale	718	603	115	1.07	12.48
44		1294	952	342	3.42	13.75
45	bacini	1552	1176	376	3.60	15.55
62	meridionali	2081	1669	412	6.67	55.56
63		1124	764	360	6.52	8.83
medie per area		1512	1140	373	5.05	
49		613	415	198	2.30	8.94
50		640	457	183	2.62	7.64
52		661	538	123	1.67	8.47
64	bacini	677	562	115	1.38	10.73
66	centrali	870	623	247	4.86	7.99
67		582	474	108	1.12	13.06
68		639	536	103	1.45	9.43
70		732	523	209	2.71	7.90
medie per area		677	516	161	2.26	
48	bacino isolato	593	461	132	2.23	9.28
53		511	390	121	1.35	7.16
54		769	509	260	4.02	8.53
55	bacini	750	545	205	3.13	8.69
56	settentr.	794	503	291		
58		685	554	131	2.35	11.42
60		1137	673	464	8.40	7.37
71		820	625	195	2.34	8.53
medie per area		781	543	238	3.60	

TAB 1 - Parametri chimici nei sedimenti superficiali delle Pialasse

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Fosforo inorganico (Pinorg)

Nel Canale Via Cupa e nei bacini meridionali, dove esso si immette, si sono riscontrati i valori massimi: circa quantità doppie rispetto a tutti gli altri bacini (tab. 1, fig. 2a). Questo lascia supporre che il C.Via Cupa sia il maggior responsabile degli apporti di P. Nel punto in cui sfocia in Pialassa, la salinità dell'acqua è di circa 20 gr/1, sembra perciò ragionevole ipotizzare che qui siano già avvenuti fenomeni di flocculazione dei colloidi e precipitazione di sostanze nutrienti disciolte nell'acqua, che di solito si verificano al mescolamento acqua dolce-acqua salata, già a basse salinità (Sholkovitz, 1976; Baie & Morris, 1981). I materiali flocculati tuttavia possono essere rimossi e ridistribuiti in Pialasse, soprattutto nei bacini più vicini al punto di immissione di questo canale nelle valli.

Tra gli altri punti campionati si sono registrati valori relativamente alti nel Taglio della Baiona e nel bacino più prossimo al suo punto di immissione per cui non è da ritenere trascurabile l'apporto di P da questo canale. Non si hanno dati riguardo il C.Fossatone, mentre il Via Cerba e La Canala non sembrano condizionare le concentrazioni di Pinorg.

Il dato del campione 48 (461 ppm), raccolto in un bacino completamente isolato, potrebbe rappresentare un valore vicino a quello "naturale" per queste aree, in assenza di apporti antropici.

Fosforo organico (Porg)

La sua distribuzione ricalca parzialmente la precedente, con valori molto alti nel C.Via Cupa e nei bacini meridionali. Tuttavia elevate concentrazioni si sono misurate anche nei bacini settentrionali (tab. 1, fig. 2b), specialmente in quello nord occidentale. Presentano concentrazioni basse i bacini centrali, meglio collegati alla bocca lagunare, i bacini isolati ed alcuni canali (La Canala, il Porto Canale).

L'alto contenuto di Porg nei bacini settentrionali è da mettere in relazione alla notevole produttività dell'acqua di quest'area in cui si registra la comparsa di enormi quantità di micro e macro alghe, a cui corrisponde sul fondo una concentrazione notevole di sostanza organica. Per effetto dei venti dominanti (da E, SE) (Antoniazzi, 1967), una parte delle macroalghe che si originano in tutti i bacini settentrionali viene spinta verso il limite occidentale delle Pialasse, che si presenta

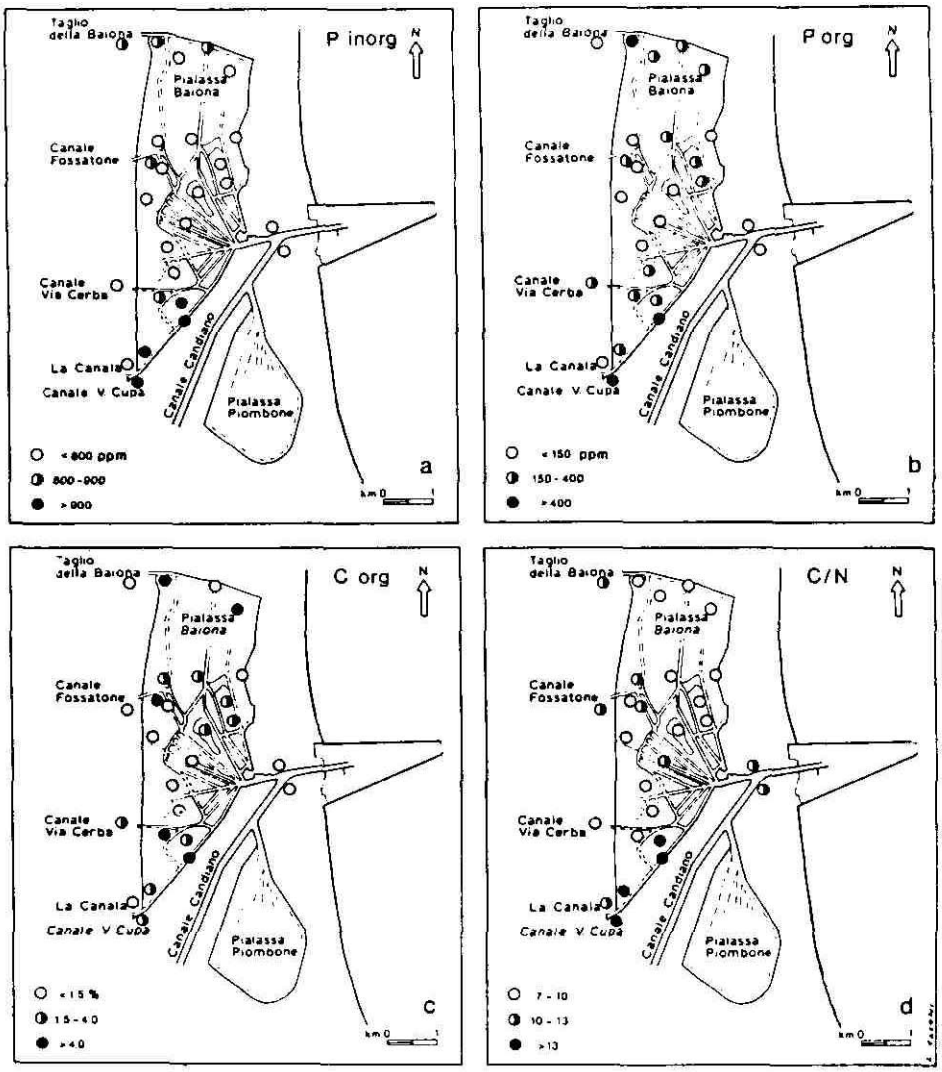


Fig. 2 – Distribuzione del P inorganico (a), P organico (b), C organico (c) e del rapporto C/N (d) nei sedimenti delle Pialasse.

spesso come una distesa continua di alghe in putrefazione (camp.60).

Per il camp.48 vale quanto detto a proposito del Pinorg.

Carbonio organico (Corg)

Come per il Porg, si sono registrati (tab. l, fig. 2c) valori elevati nei bacini settentrionali e meridionali in relazione all'alta produttività algale di queste aree; nei bacini meridionali, inoltre, per la provenienza diretta dal C.Via Cupa. Il bacino nord occidentale presenta i valori massimi, anche per quanto riferito sul trasporto (cfr. par. prec.).

Rapporto C/N

I rapporti C/N sono stati utilizzati per formulare ipotesi sulla natura della sostanza organica e quindi sulla sua provenienza (Emery, I960, in Giordani & Angiolini, 1983). In sedimenti lagunari la sostanza organica è essenzialmente costituita da organismi vegetali (Gadel et al., 1983) e può avere origine alloctona (continentale) o autoctona (marina lagunare), a cui corrispondono rispettivamente valori alti o bassi del rapporto C/N (Muller, 1977). Gli apporti fognari, nei quali assume maggior importanza la sostanza organica animale, abbassano il rapporto, poiché sono più1 ricchi di proteine e quindi di componenti azotate (Muller, 1977).

Tra i canali adduttori il C. Via Cupa presenta uno dei valori più alti (tab. l). Nei bacini direttamente alimentati dallo stesso il rapporto C/N quasi sempre è superiore a 13 (fig. 2d), cosa che mette in risalto una netta prevalenza di sostanza organica di origine terrestre o, per lo meno, in via di decomposizione.

I sedimenti dei bacini centrali e settentrionali hanno un C/N tale da far supporre che la materia organica sia di origine autoctona, poco degradata.

I valori relativamente alti in prossimità della bocca lagunare (tab. 1) si ritengono influenzati sia dal C.Via Cupa sia dal porto canale Candiano.

CONFRONTI CON ALTRE AREE

In tab. 2 sono riportati i valori minimi, massimi e medi, dei parametri di interesse, rilevati, mediante metodi analitici analoghi, nei sedimenti superficiali di: a) aree marine, antistanti la costa ravennate (fra il F.Reno e Cervia), a deposizione peli-

AREA	N.CAMPIONI	PINORG mg/kg	PORG mg/kg	CORG %
AREA ADRIATICA DI PRODELTA (INVERNO)	16	573 (464-833)	80 (13-143)	0.68 (0.37-1.08)
AREA ADRIATICA DI PRODELTA (ESTATE)	23	546 (444-1264)	90 (20-161)	0.74 (0.33-1.35)
SALINE DI CERVIA	5	587 (275-962)	181 (140-230)	3.28 (1.44-5.87)
SALINE MARGHERITA DI SAVOIA	5	382 (125-533)	111 (9-268)	1.99 (1.18-4.93)
PIALASSE	27	672 (390-1723)	216 (54-530)	2.75 (0.27-8.40)

TAB 2 - Valori medi,minimi e massimi dei parametri chimici: confronti con altre aree.

tica, e di diretta influenza degli apporti fluviali (profondità comprese tra -7 e -11 m) (Campagne IGM-CNR 1977, 1978, 1979; Astorri et al., 1983); b) bacini lagunari del Ravennate (Saline di Cervia) e della costa pugliese (Saline di Margherita dì Savoia) (Frascari et al., 1984). Questi ultimi bacini possono essere considerati incontaminati, tuttavia i sedimenti appartengono ad una provincia mineralogica diversa da quella emiliana e ciò potrebbe influire in parte sui valori di P inorganico.

Confrontando i dati delle Pialasse con quelli citati, si nota quanto segue:

- Per il P inorganico i valori medi e i massimi assoluti più alti si trovano nelle Pialasse. Valori medi inferiori si riscontrano in mare e nelle Saline di Cervia. Valori medi molto bassi si trovano a Margherita di Savoia. Le concentrazioni riscontrate in un bacino isolato delle Pialasse sono di poco superiori ai valori medi di Margherita di Savoia.
- Il C organico presenta i valori maggiori nelle Saline di Cervia; le Pialasse seguono immediatamente; indi, in ordine decrescente, si hanno le Saline di Margherita di Savoia e l'area marina emiliano-romagnola. Questo ordine particolare mette in risalto un eccesso di sostanza organica in entrambi i bacini lagunari del Ravennate.
- Il P organico presenta valori decrescenti nello stesso ordine, con una eccezione: le concentrazioni nelle Pialasse sono più

alte che nelle Saline di Cervia. Anche questo dato, insieme con quello relativo alla concentrazione di P inorganico, testimonia la presenza di composti di P in eccesso nelle Pialasse, che sono senz'altro in gran parte derivati da scarichi diretti.

CONCLUSIONI

I sedimenti dei bacini meridionali e settentrionali delle Pialasse risultano arricchiti nelle componenti sia organiche che inorganiche del P rispetto a quelli centrali o completamente isolati.

I valori assoluti, se confrontati con quelli delle aree marine e delle Saline di Margherita di Savoia (tab. 2) sono molto alti. Sono alti anche rispetto alle Saline di Cervia, nonostante queste si mostrino molto degradate.

Dai valori del rapporto C/N risultano molto evidenti gli apporti di origine continentale e/o antropica nel C.Via Cupa e nei bacini meridionali, e la natura più autoctona della sost. organica nei bacini centrali e settentrionali.

Allo stato attuale delle ricerche si possono perciò fare alcune considerazioni preliminari, così sintetizzabili:

a) II C.Via Cupa è il principale responsabile degli apporti di sost. organiche e nutritive. Tali apporti influenzano direttamente i caratteri geochimici dei bacini meridionali e in maniera indiretta quelli dei bacini settentrionali, dove vengono ridistribuiti per "pompaggio" ad opera delle correnti di marea, dopo essere stati richiamati verso la bocca lagunare. Da qui parte dei nutrienti potrebbe anche essere immessa in mare.

b) II fondale del bacino nord occidentale risulta particolarmente arricchito nella componente organica del P a causa dei venti dominanti che convogliano in quella direzione anche alghe di bacini limitrofi.

e) Nei bacini delle Pialasse il contenuto di nutrienti nel sedimento superficiale è tale da costituire, allo stato attuale, un serbatoio consistente di rilascio e autoalimentazione per lungo tempo, anche in assenza di apporti esterni.

Gli effetti di questi processi possono venire ulteriormente accentuati dalla temperatura, costantemente alta, dell'acqua del C.Via Cupa (Contessi, inedito).

d) I bacini completamente isolati dalla circolazione dell'acqua, con i loro valori di P e sostanza organica relativamente bassi, possono considerarsi allo stato "naturale" anche confrontati con le Saline di Margherita di Savoia, e sottolineano le condizioni di degrado ambientale in cui si trovano gli altri bacini delle Pialasse.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare il Dr. S. Miserocchi per la preziosa collaborazione prestata nelle fasi operative della ricerca.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ANCONELLI M.T.,BALDRATI C. & VANDINI W. - 1980 - Studio composito sull'inquinamento da mercurio ed altri oligoelementi delle valli ravennati (Pialasse). Estr. da "Acqua-Aria" - 10 -RAVENNA.

ANGELONI A.S.,ANGIOLINI L.,FRASCARI F.,GHEDINI N.,GIORDANI P.,GUERZONI S.,MENGOLI M.,PELLERANO I. & ROVATTI G. - 1979 - II ruolo dei sedimenti nell'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna: caratterizzazione chimica e sedimentologica dei fondali. Atti Conv.Eutrofizzazione in Italia, Roma, 3-4 Ottobre 1978, CNR, AC/2/50, 79-100.

ANTONIAZZI A. - 1967 - L'erosione marina nel litorale forlivese Conoscenze attuali-Prime ipotesi sul fenomeno - Un programma di studio. Boll.Mens. Cam.Comm.Ind.Art.Agr. Forli.

ASPILA K.J..AGEMIAN H. & CHAU A.S.Y. - 1976 - A semi automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. Analyst, 101, 187-197.

ASTORRI M., BORTOLUZZI G., FRASCARI F., FRIGNANI M., GIORDANI P., GUER20NI S., INCREMONA N., RAVAIOLI M., ROVATTI G. & TURCI O. - 1983 - Processi di sedimentazione e fenomeni eutrofici. Atti Conv.Eutrofizz.Adriatico, Bologna, 18-19-20 maggio.

BALE A.S. & MORRIS A.W. - 1981 - Laboratory simulation of Chemical processes induced by estuarine mixing: the behaviour of iron and phosphate in estuaries. Estuar.Coast.Shelf Sc., 13, 1-10.

CONTESSI A. - inedito - Indagine ecologica sulla situazione fisico-chimico delle acque superficiali interne alla pineta di S.Vitale ed alle Pialasse della Baiona.

FRASCARI F., RAVAIOLI M., ROVATTI G. - 1984 - Studio sedimentologico e geochimico nelle saline di Cervia e di Margherita di Savoia: valutazione dei rapporti fra stato di eutrofia e produzione di sale. Mem. Soc.Geol.lt., vol. 27, 533-544.

GADEL F., MARTIN R., DUMAS J.P. - 1983 - Origine, distribution et evolution de la materie organique dans les depots de deux ecosystemes lagunaries mediterraneens. Rapp. comm. int. Mer Medit. 28,7,

GIORDANI P. & ANGIOLINI L. - 1983 - Chemical parameters characterizing the sedimentary environment in a NW Adriatic coastal

area (Italy). Est., coast. and shelf Sc., 17, 159-167.
GIORDANI M.P. & ASTORRI M.- 1985 - BPhosphate chemistry of coastal sediments in relation to eutrophication. Atti 6 Congresso A.I.O.L., 337-342.
MULLER P.J. - 1977 - C/N in Pacific deep-sea sediments: effects of inorganic ammonium and organic nitrogen compounds sorbed by clays. Geochimic.et Cosmoch. acta, vol. 41,765-776.
SHOLKOVITZ E.R. - 1976 - Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and sea water. Geochim. Cosmochim. Acta, 45, 181-189.
STRICKLAND J.D.H.& PARSONS T.R. - 1972 - A practical handbook of sea water analysis. Ed.Bull.Fish.Res.Bd.Can., l67.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11 - 14 GIUGNO 1986 da pag. 307 a pag. 318

NUTRIENT FLUXES AT THE SEDIMENT-WATER INTERFACE IN A COASTAL AREA OF THE ADRIATIC SEA

M. Frignarli[1], P. Giordani[1], A. Milandri[2], C. Nizzoli[2] and R. Poletti[2].

1 - Istituto per la Geologia Marina del C.N.R. - Bologna
2 - Laboratorio di Biochimica Marina - Cesenatico

SUMMARY

Data are presented of benthic fluxes of nutrients (phosphate, ammonia, nitrite and silica) from experiments carried out in coastal waters of the Emilia-Romagna Region, periodically subjected to eutrophication.

Benthic fluxes have been measured with different techniques. Our results point out that the main problem, which limits the use of these data, is their high variability, due to the in homogeneity of bottom sediments in this System.

INTRODUCTION

Eutrophication phenomena periodically appear in NW Adriatic waters, along the Emilia-Romagna coast. The role of sediments in the mass balance of nutrients in the overlying waters has not yet been clearly assessed. In 1979-1982 our research group carried out a number of experiments, in order to measure benthic fluxes of nutrients along a transect in front of Cesenatico, to a depth of nearly 20 meters. These included:

1) analyses of water samples from a sediment-water System set up in the lab;

2) analyses of interstitial waters from sediment cores collected at three stations;

3) analyses of water samples drawn from benthic chambers.

During experiments 2) and 3), Rn has been used as a tracer. Most of the results have been published (Frignani & Turci,198l; Hammond et al.,1984; Giordani & Hammond,1985). This paper reports unpublished data for benthic fluxes of nutrients from "in situ" experiments carried out in summer-fall 1981 and 1982 at three stations, 1, 3 and 6 km off-shore.
By comparison of these results with the ones reported in the earlier papers, some interesting information has come to light.

1. STUDY AREA

The stations where all the experimental work was performed are reported in fig. 1. The last one is 18 km off-shore, at a 20 m depth. This area is characterized by a long, sandy coast, receiving the effluents of depurators, channels and small rivers. Sediment distribution to a 8-10 m depth off-shore, is mainly affected by particulate material discharged from these sources and by water dynamics, which is variable throughout the year, depending on wind-drift currents and a coastal counter current in the NW direction, along the coast. Between 10 and 30 m depths, sediment supply comes mainly from the Po river effluent, which flows in the SE direction (Bortoluzzi et al.,1984; Hammond et al.,1984).

The choice of the Cesenatico transect was mostly suggested for practical reasons, related to the availability of marine facilities and the presence of the laboratory of Marine Biochemistry. Even if previous investigations seem to indicate stations further North, in the Ravenna area, as those where benthic flux contributions to the nutrient balance in the water mass are potentially larger (Astorri et al.,1983), these ones turned out to be representative of a large coastal area and, each being characterized by different sediment texture, particularly suitable for checking the utility of the techniques.

2. MATERIALS AND METHODS

a) Laboratory experiments - The behaviour of a set of 8 artificial sediment-water systems nave been extensively described by Frignani & Turci (1981). These systems were set up using undisturbed cores and artificial sea-water. Sediments carne from cores collected at the stations 1 and 6 km off the coast at Cesenatico and 10 km from the outflow of the Savio River. The experiments lasted 15-22 days. Water samples were drawn at regular time intervals and analyzed for ammonia and orthophosphate. Eh, pH and dissolved oxygen were also measured while sampling. The nutrient exchange values are the averages of those calculated over the time of the experiments.

b) Analysis of interstitial waters - All the operations performed from collection of the cores to analysis are thoroughly described in Giordani & Hammond (1985). Interstitial waters were centrifuged out of 2-3 cm thick core sections, inside a glove box, under nitrogen atmosphere. Before cutting sections, pH and

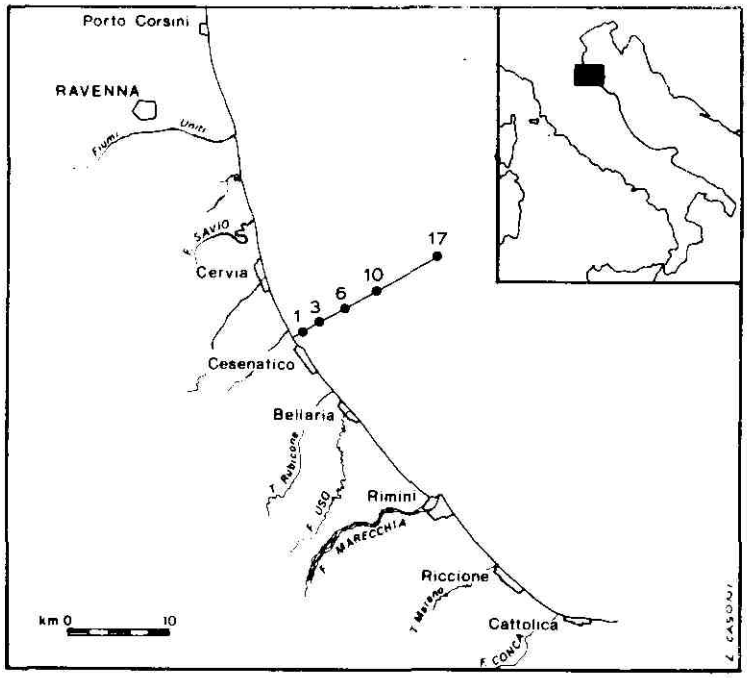


Fig. 1 - Study area and station location.

Eh measurements were carried out, by inserting the appropriate electrodes into the mud. Current buffers, pH=7 and 9, and ZoBellt solution (1946) respectively were used to calibrate electrometers.

Interstitial water samples were analyzed for $P0_4^{3-}$ and $Si(OH)_4$ according to Strickland & Parsons (1972); NH_4^+ was analyzed by the salycilate-hypochlorite method (Bower & Holm-Hansen, 1978).

c) "In situ" experiments - Nutrient exchanges were assessed by analyzing the concentrations in a known water volume overlying a measured sediment area enclosed within plastic boxes ever a predetermined time interval (Hartwig, 1976). At stations 1, 3 and 6, three cylindrical small boxes and a rectangular or square one were used. The latter type of chamber was deployed both with and without a stirring apparatus. Four analytical data for each station were obtained to assess the experimental variability. Water samples were drawn 4-5 hours after deployment and deep frozen until analyses. Quadruplicate analyses of the same samples were carried out in order to minimize analytical errors. At each station, depth profiles of Eh and pH were measured by inserting the electrodes into the regularly spaced holes drilled in a special liner of a 20 cm core, collected by divers (Frignani et

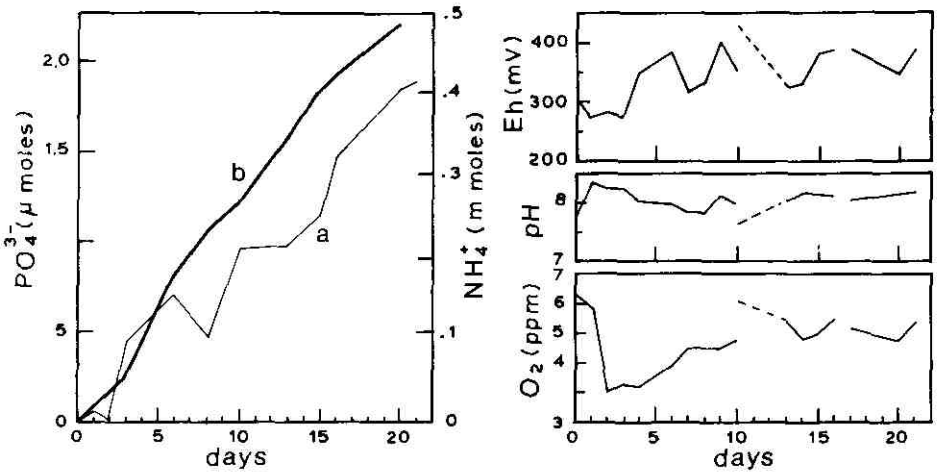


Fig. 2 - Cumulative releases of $P0_4^{-3}$ (a) and NH_4^+ (b) and behavior of experimental parameters in a lab sediment-water System.

al.,1983).

A separate set of experiments was carried out at stations 3, 10 and 17 at the end of June 1982 (Giordani & Hammond,1985). Three square benthic chambers equipped with a stirring system were deployed at each station and left over for 24 hours. Water samples were drawn after 3-4 and 24 hours both for Radon and nutrient analyses. Radon was analyzed immediately, and later on the other species (phosphate, silica and ammonia). Samples were preserved at 5°C and analytical methods were the same followed for interstitial waters, except for ammonia (Truesdale,1971).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Some interesting results from laboratory experiments can be summarized as follows:

1 - Fluxes ranged between 0.003 and 0.56 mmoles $m^{-2}day^{-1}$ for $P0_4^{-3}$, between 2.40 and 8.10 mmoles $m^{-2}day^{-1}$ for NH_4^+. The mass balance of ammonia is one or two order of magnitude larger than that of phosphate.

2 - A typical trend of the cumulative exchange of nutrients is shown in fig. 2. Fluxes were directed from sediment to water for most of the time but, in some instances were inverted. The release of nutrients from the sediment occurred even when the interface was not under reducing conditions.

3 - Orthophosphate was exchanged in a more random way than ammonia and its concentration strongly depended on the gradients between water and sediment.

4 - In the experiment of fig. 2, after 20 days, 0.002 mmoles of PO_4^{-3} - and 0.23 mmoles of NH_4^+ were released; these values are 5.8 % and 219 % respectively of the quantities initially measured in the sediment as the fractions extractable by artificial sea water. This means that, while ammonia is continuously regenerated in sediments, orthophosphate shows a different behaviour.

Phosphate concentrations in interstitial waters are very low (0-20 μM), often below the sensitivity of the analytical method. Depth profile do not show a regular trend, unlike ammonia and silica. Fig. 3 shows two profiles of ammonia. Below a 15 cm thick layer, concentrations increase monotonically. A very good correlation between ammonia and alkallnity indicates that sulphate reduction occurs with organic matter degradation. Ion activity products showed that interstitial waters are saturated with respect to hydroxyapatite and calcite. Radon measurements throughout the sediment column at stations 10 and 17 pointed out that non diffusive processes play an important role in benthic exchange from sediments to the overlying waters. This has also been confirmed by the measurements of experimental fluxes (Hammond et al.,1984).

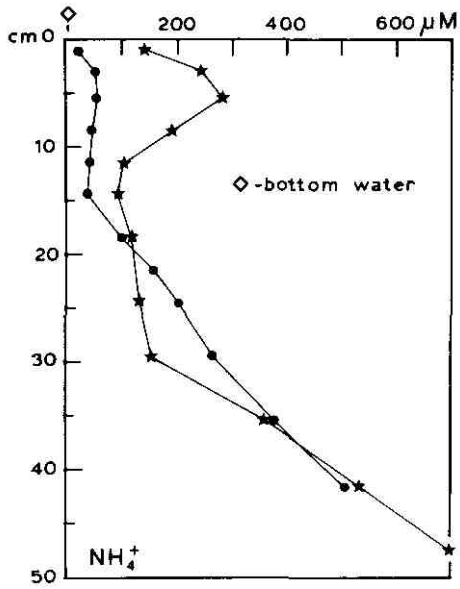


Fig. 3 - Depth profile of ammonia concentration in two cores collected at station 10 on June 1982. Calculated fluxes are positive (from sediment to water).

Two series of the "in situ" experiments have been carried out from July 1981 to October 1982 and in June 1982 respectively.

Station km	Date	Fluxes (mmoles m^{-2} day^{-1}) PO_4^{3-}	NH_4^+	NO_2^-	$Si(OH)_4$
3	6.08.'81	-0.03	-6.60	0.02	2.20
3	7.13.'81	0.04	0.11	-0.02	0.56
3	6.29.'82	-0.01 ± 0.01	-0.30 ± 0.50	nd	0.20 ± 0.10
6	8.05.'81	0.46 ± 0.42	0.03 ± 2.08	0.05 ± 0.04	1.88 ± 0.58
6	10.30.'81	0.12 ± 0.09	2.18 ± 0.23	0.02 ± 0.18	2.74 ± 0.38
6	6.08.'82	0.29 ± 0.18	3.61 ± 1.99	0.07 ± 0.02	0.57 ± 0.20
6	7.16.'82	-0.13 ± 0.09	3.49 ± 1.34	0.01 ± 0.04	0.83 ± 1.16
6	8.31.'82	-0.16 ± 0.08	4.69 ± 1.38	0.29 ± 0.29	4.30 ± 1.05
6	10.01.'82	0.22 ± 0.12	2.60 ± 0.79	0.06 ± 0.08	6.67 ± 0.58
1	10.21.'82	0.13 ± 0.08	2.21 ± 0.45	0.25 ± 0.07	2.40 ± 1.81

TABLE 1 - Benthic fluxes from a series of "in situ" experiments. Negative fluxes are from water to sediments.

In the former set of experiments, benthic chambers were deployed at stations 1, 3 and 6. Calculated fluxes are reported in Table 1. Results are affected by a large variability, which must be related to the in homogeneity of the System, since analytical variability was minimized by carrying out quadruplicate analyses for each sample. There is no systematic difference due to the geometry of boxes and to mixing of the water inside the chambers. Because of the small area delimited (maximum 50 x 50 cm), it is likely that small differences in the distribution of the benthic fauna or the presence of decomposing matter strongly affect the fluxes. Moreover, on the basis of the data listed in Table 1, it is not possible to see any difference among stations or seasons. This is not surprising since- fluxes are influenced by such a large number of factors and the errors due to the in homogeneity of the bottom are also so large that no simple relation among the data is expected.

Sediments at stations 1 and 3 are sandy and nutrients are mainly dissolved in interstitial waters. The differences in flux estimates seem to indicate a terrestrial provenance of nutrients.

Fig. 4 illustrates the experiment carried out on August 31» 1982, at the end of an algal bloom. Redox potential in the top layer (0-0.5 cm) of the sediment was 22 mV. The bottle on the left was filled with bottom water at the beginning and left capped over the time of the experiment (4.25 hrs). After that, the concentration of phosphate in bottom waters was increased by nearly 0.48 moles/1. This was probably due to the decomposition of particulate matter in the overlying water. In the bottle, the increase was the same, while in the boxes it was smaller suggesting that some phosphate was transferred to the sediment. Pomeroy et al. (1965) found that sediment can act as a buffer for the phosphate concentrations in bottom waters. Our results sug-

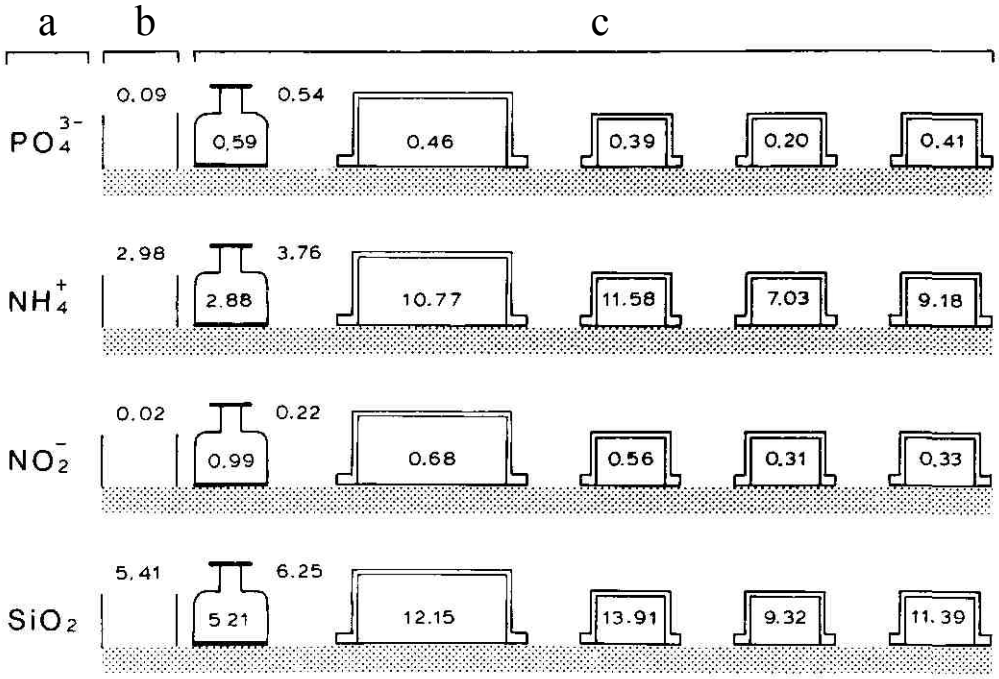


Fig. 4 - "In situ experiments of 8.31.1982. a) chemical species; b) bottom water concentration ; e) concentrations in bottom waters, bottle and benthic chambers after 4.25 hrs. Values for boxes with different size cannot be compared.

gest that regeneration in the water column can be the factor controlling phosphorus cycling in this coastal environment.

During the same experiment, ammonia concentration inside the boxes increased more than in the bottle and in bottom waters. This means that NH_4^+ was released from the sediment.

Some interesting observations can be made on the data of oxidation-reduction potentials measured both during the field work, and in the lab, according to the methods reported above. Some examples are reported in figg. 5 and 6. Although they nave been measured by different techniques and frequency along the core length, they look quite in agreement. Profiles 5 a) and b) have been measured in the field, at station 6, profiles 6 a) and b) in two cores from station 10.

Top values are positive, indicating oxidizing conditions; that of profile 5 b) is higher, reflecting the difference in the oxygen content of bottom waters.

The profiles reach a minimum at 5 and 10 cm depths and then slowly drift to zero. In profiles 6 a) and b) values are shown to reach positive values below 20-25 cm depths, suggesting a change in the potential determing redox couple . According to Bagander

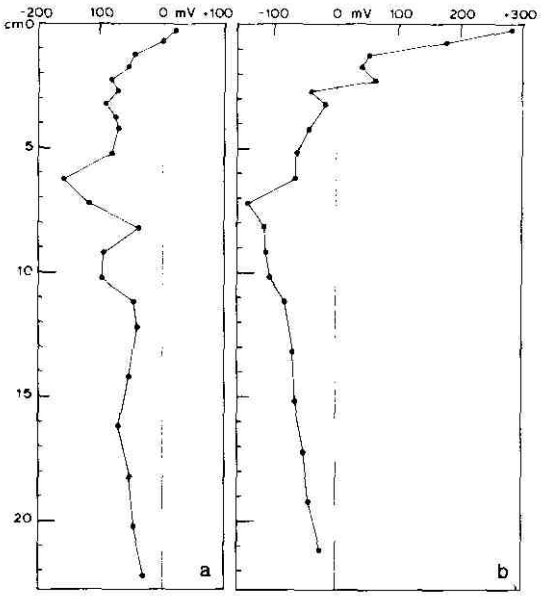


Fig. 5 - Eh profiles in sediments at station 6, measured directly inserting the electrode in an especially made core liner, a) 8.31.1982; b) 10.1.1982.

and Niemsto (1978) and Revsbeck et al. (1980), this should be the Fe^{+3}/ Fe^{+2} couple. Reduction of Fe^{+3} is regarded as a main control for dissolution of phosphate from solid particles in natural waters. While in fresh water and estuarine systems this process seems to occur at Eh values of 100-120 mV (Engler et al.,1976; Khalld et al.,1978), in marine environments it is different. Giordani & Astorri (1985) found an inverse relation between easily soluble forms of phosphorus and Eh, but iron-bound phosphates were extracted in strongly reducing conditions (-400 mV). In the sea of Azov, Alexandrova and Bronfman (1973) found that phosphate release from bottom sediments started at -20 mV. Iron dissolution largely depends on pH and is not favoured by the relatively high values of bottom sediments. A good inverse relation was found in interstitial waters, while iron was not detectable in water samples from the benthic chambers. All these observations suggest that, in this marine area, sediment phosphate should not give a large contribution to the mass balance of nutrients in the waters, except where the surface sediments can reach Eh values as low as -20 mV or less.

4 - CONCLUSIONS

Table 2 summarizes all the results of benthic fluxes

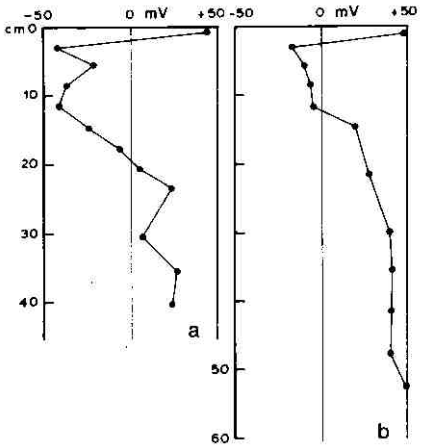


Fig. 6 - Eh profiles from replicate cores collected at station 10 on June 1982 (from Giordani & Hammond, 1985).

obtained during the two surveys. On comparing the reported values one can make the following observations:

1) In all instances phosphate flux is lower of a factor of ten or more than the other ones.

2) Fluxes measured in the laboratory systems are mostly in the sediment-water direction as well as the diffusive ones, calculated from concentrations gradients in interstitial and bottom waters.

3) The experimental fluxes from both surveys show that the sediment can act both as a sink and a source for all the nutrients analyzed; this happens particularly for phosphate, since the other species are more often released.

4) The absolute values of fluxes at stations 1, 3 and 6 are of the same order of magnitude as those measured in the lab for phosphate and ammonia. This is not easy to explain, unless invoking a similarity or a compensation among the factors controlling the process in the two different situations.

Method	PO_4^{3-}	NH_4^+	$Si(OH)_4$
Laboratory experiments	0.003-0.56	2.40-8.10	nd
Interstitial waters	0.0001-0.002	0.10-0.58	0.30-0.60
(stations 10 and 17)	(0.001)	(0.28)	(0.50)
Benthic chambers	-0.17-0.46	-6.60-5.10	0.57-7.10
(stations 1, 3, 6)	(0.10)	(1.40)	(2.55)
Benthic chambers	-0.03-0.07	0-1.40	-5.30-13.90
(stations 10 and 17)	(0.05)	(0.90)	(2.50)

Table 2 – Comparison of fluxes (mmole m^{-2} day^{-1} obtained with different methods.

5) The values reported for phosphate and ammonia at stations 10 and 17 are much lower than those measured at stations 1, 3 and 6. This could be due to analytical problems, because the sets of samples from the two surveys had been differently preserved between collection and analysis. The former one (stations 1, 3 and 6) had been deeply frozen and analyzed much later, the latter had been filtered and kept in a refrigerator at 5°C for a week. Nutrient preservation is affected by the pH of the water and the optimized values have been found to be pH=1-2 and pH=4-5 for phosphate and ammonia respectively (Mosello et al.,1986). Since the pH was not controlled in both sets of samples, the former results could have been affected in excess by desorption from particulate matter and the latter in defect by adsorption on the walls of the containers for phosphate and by oxidation for ammonia. Our data do not clearly explain the difference from this point of view. Else these values could be correct and representative of different environmental conditions.

These data can be compared with others from different marine environments, where benthic fluxes have been measured with the same techniques, to check their consistency (Mc Caffrey et al.,1980; Lyons et al.,1982; Hammond et al.,1985). This part of the Adriatic coastal marine System shows lower values for experimental fluxes, but of the same order of magnitude for ammonia and silica; a factor of ten less for phosphate. Also, in the other marine environments, molecular diffusion seems to be more important.

The results of Radon-222 analyses showed the same, very high variability as the other species, even if the fluxes are always positive, as expected; bioturbation seems to be an important factor controlling the mass balance of Radon and nutrients.

AKNOWLEDGMENTS

We thank G. Montanari and A. Rinaldi for diving and the local government of the Emilia-Romagna Region for providing ship time of the oceanographic vessel Daphne.

This is contribution n. 602 from the Istituto per la Geologia Marina del CNR.

REFERENCES

M.ASTORRI, G. BORTOLUZZI, F. FRASCARI, M. FRIGNAMI, P.

GIORDANI, S. GUERZONI, N. INCREMONA, M. RAVAIOLI G. ROVATTI & TURCI C. - Processi di sedimentazione e fenomeni eutrofici - Atti Conv. Eutrofizzazione Adriatico, Bologna (May 18-20, 1983), 169-191, 1983.

L.E. BAGANDER & L. NIEMSTO - An evaluation of the use of redox measurements for characterizing recent sediments - Estuar. Coastal Mar. Sci., 6, 127-134, 1978.

G. BORTOLUZZI, F. FRASCARI & M. RAVAIOLI - Ricerche sedimentolo-giche in aree marine adriatiche e tirreniche finalizzate alla comprensione dei fenomeni di inquinamento marino. Mem. Soc. Geol. It., 27, 461-467, 1984.

C.E. BOWEN & T. HOLM-HANSEN - A salycilate-hypochlorite method for determining ammonia in sea water. - Can. J. Aquat. Sci., 37, 794-798.

R.M. ENGLER, APTIE D.A. & W.H. PATRIK jr - Effect of dissolved oxygen on redox potential and nitrate removal in flooded swamp and marsh soil.- J. Environ. Qual., 5, 230-235, 1976.

M. FRIGNANI, G. MONTANARI & A. RINALDI - Le role des sediments dans les processes d'eutropisation, le recours aux plongeurs pour l'echantillonage direct dans l'etude in si tu de certains phenomenes - CIESM, Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 28, 8, 165-168, 1983.

M. FRIGNAMI & C. TORCI - II ruolo dei sedimenti nei fenomeni di eutrofizzazione costiera. - CNR, AQ/2/12, 101 pp.,1981.

P. GIORDANI & M. ASTORRI - Phosphate chemistry of coastal sediments in relation to eutrophication. - Atti 6° Congr. A.I.O.L., Livorno 12-14 aprile 1984, 337-342, 1985.

P. GIORDANI & D.E. HAMMOND - Techniques for measuring benthic fluxes of 222Rn and nutrients in coastal waters. - CNR/IGM Rapp. Tecn. n.20, 33 pp-, 1985.

D.E. HAMMOND, C. FULLER, D. HARMON, B. HARTMAN, M. KOROSEC, L.G. MILLER, R. REA, S. WARREN, W. BERELSON & S.W. HAGER - Benthic fluxes in San Francisco Bay. - Hydrobiol. 129, 69-90, 1985.

D.E. HAMMOND, P. GIORDANI, G. MONTANARI, A. RINALDI, R. POLETTI, G. ROVATTI, M. ASTORRI & M. RAVAIOLI - Benthic flux measurements in NW Adriatic coastal waters. - Mem. Soc. Geol. Ital.

27, 461-467, 1984.
E.O. HARTWIG - The impact of nitrogen and phosphorus release from intact lake sediment cores. Environ. Sci. Technol., 14, 79-87, 1976.
R.A. KHALLD, W.H. jr. PATRICK & R.P. GAMBRELL - Effect of dissolved oxygen on chemical transformations of heavy metals, phosphorus and nitrogen in an estuarine sediment. - Estuar. Coastal Mar. Sci., 6, 21-35, 1978.
W.B. LYONS, T.C. LODER & S.M.MURRAY - Nutrient pore water chemistry, Great Bay, New Hampshire: benthic fluxes. - Estuaries, 5, 230-233, 1982.
R. Me CAFFREY, A.C. MYERS, E. DAVEY, G. MORRISON, M. BENDER, N. LUEDTKE, D. CULLEN, P. FROELICH & S. KLINKHAMMER - The relation between pore water chemistry and benthic fluxes of nutrients and Manganese in Narragansett Bay - Limnol. Oceanogr., 25, 31-44, 1980.
R. MOSELLO, R. BAUDO, G. TARTARI, M. CAMUSSO, G. MARENGO & H. MUNTAU - Prime esperienze di intercalibrazione del Gruppo Formale di Limnologia: analisi chimiche. Atti 7° Congr. A.I.O.L. Trieste, 11-14 giugno 1986, in press.
L.R. POMEROY, E.E. SMITH & C.M. GRANT - The exchange of phosphate between estuarine water and sediments. - Limnol. Oceanogr. 10, 167-172, 1965.
N.P. REVSBECK, J. SORENSEN & T.H. BALCKBURN - Distribution of oxygen in marine sediments measured with microelectrodes. -Limnol. Oceanogr., ,25, 403-411, 1980.
J.D.H. STRICKLAND & T.R. PARSONS - A practical handbook of sea water analysis. - Can. Fish. Res. Bd. Bull. 167, 2nd ed., 310 pp.,1972
V.H. TRUESDALE - A modified spectophotometric method for the determination of ammonia (and amino-acids) in natural waters, with particular reference to sea water.- Analyst, 96, 584-590, 1971.
C.E. ZOBELL - Studies on the redox potential of marine sediments. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 30, 477-513, 1946.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 319 a pag. 324

L'ASPORTAZIONE STAGIONALE DI BIOMASSA VEGETALE COME TECNICA AMBIENTALE PER IL RECUPERO DELLA QUALITÀ DEI LAGHI (+)

G. GALANTI, P. GUILIZZONI

C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

The small, shallow and eutrophic Lake Candia (area of 1.4 km^2, max depth of 6.5 m) has been selected and preliminary; studied for the purpose of manipulate its dense macrophyte community and thus improving lake eutrophication. This lake is very rich in aquatic plants. The dominant species are represented by the reed Phragmites australis and by the waterchestnut Trapa natans, which from a dense belt, up to one hundred meter thick, all around the lake. Such situation give us the opportunity to include plant management among the biomanipulation experiments planned on this environment.

The harvesting program lies in removing at regular intervals along the lacustrine perimeter the about 50% of the aerial part of reed and the same percentage of waterchestnut. The quantity of nutrient (P and N) removed will widely exceed the external loading so that positive implication for the lake recovery are expected.

INTRODUZIONE

L'asportazione di sostanza organica e di nutrienti dai laghi mediante raccolte di biomassa vegetale è da tempo considerata una strategia potenzialmente in grado di alleviare il problema della eutrofizzazione (Nichols, 1974). Indicazioni in questo senso derivano dai numerosi studi che hanno messo a confronto le quantità di nutrienti (soprattutto fosforo) sottraibili all'ecosistema lacustre dai popolamenti vegetali e dalle alghe epifitiche ad essi associati con i carichi esterni e/o con la quantità degli stessi elementi che annualmente si accumulano nei sedimenti (Sloey, Spangler and Fetter, 1978; Wile, 1978; Wile, Hutchin and Beggs, 1979).

Al di là delle ottimistiche aspettative teoriche mancano tut-

---

(+) Ricerca svolta nell'ambito del Contratto CEE-CNR ENV-748-1 (SB) "Biomanipolazione di catene alimentari e suoi effetti sulla qualità dell'ambiente"

tavia, nel nostro Paese, esempi concreti di ecosistemi lacustri eutrofizzati che abbiano tratto reali benefici dall'applicazione delle pratiche di "harvesting". La spiegazione di questo fatto va ricercata in diverse implicazioni di carattere ecologico (Weller, 1978; Loucks, 1985) ed economico (Smith, 1979; Sabol and Hutto, 1984) che condizionano fortemente la realizzazione di queste operazioni le quali necessitano, tra l'altro, di essere ripetute con costanza negli anni.

La possibilità di migliorare sensibilmente la qualità delle acque di un lago mediante tali pratiche sono maggiori laddove i carichi esterni sono ridotti o nulla e la biomassa delle macrofite acquatiche è elevata rispetto al volume complessivo del corpo di acqua. Il fatto che nel Lago di Candia (TO) entrambe queste con dizioni siano soddisfatte ci ha indotti a programmare in tale ecosistema un piano pluriennale di raccolta della vegetazione acquatica da affiancare agli interventi, già in atto, di biomanipolazione della comunità ittica e zooplanctonica finalizzati al recupero della qualità delle acque lacustri.

La vegetazione acquatica del Lago di Candia (S= 1,403 km^2; P= 5,734 km; z max= 6,5m; z media= 3,8 m) è ampiamente descritta nel recente lavoro di Badino, Camoletto e Dal Vesce (1982-83) al quale si rimanda per un elenco dettagliato delle specie e delle principali associazioni.

La presente nota riassume invece i risultati degli studi da noi condotti, nel corso del 1985, sulla produzione di Trapa natans L. e sulla consistenza dei popolamenti di questa specie e di Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steudel, che saranno oggetto di gestione negli anni futuri.

I piani di raccolta terranno conto della diversa biologia delle due specie e concilieranno l'esigenza di effettuare un raccolto annuale il più possibile abbondante con la necessità di salvaguardare un patrimonio floristico di fondamentale importanza per 1'ecosistema lacustre.

METODOLOGIA

L'estensione ed i confini dei popolamenti di P. australis e di T. natans sono stati determinati sia mediante rilevamenti topografici effettuati a terra con radar e tacheometro, sia attraverso aerofotogrammetrie in bianco e nero (I.R.). Il calcolo delle superfici coperte è stato quindi eseguito sul rilievo in scala 1:

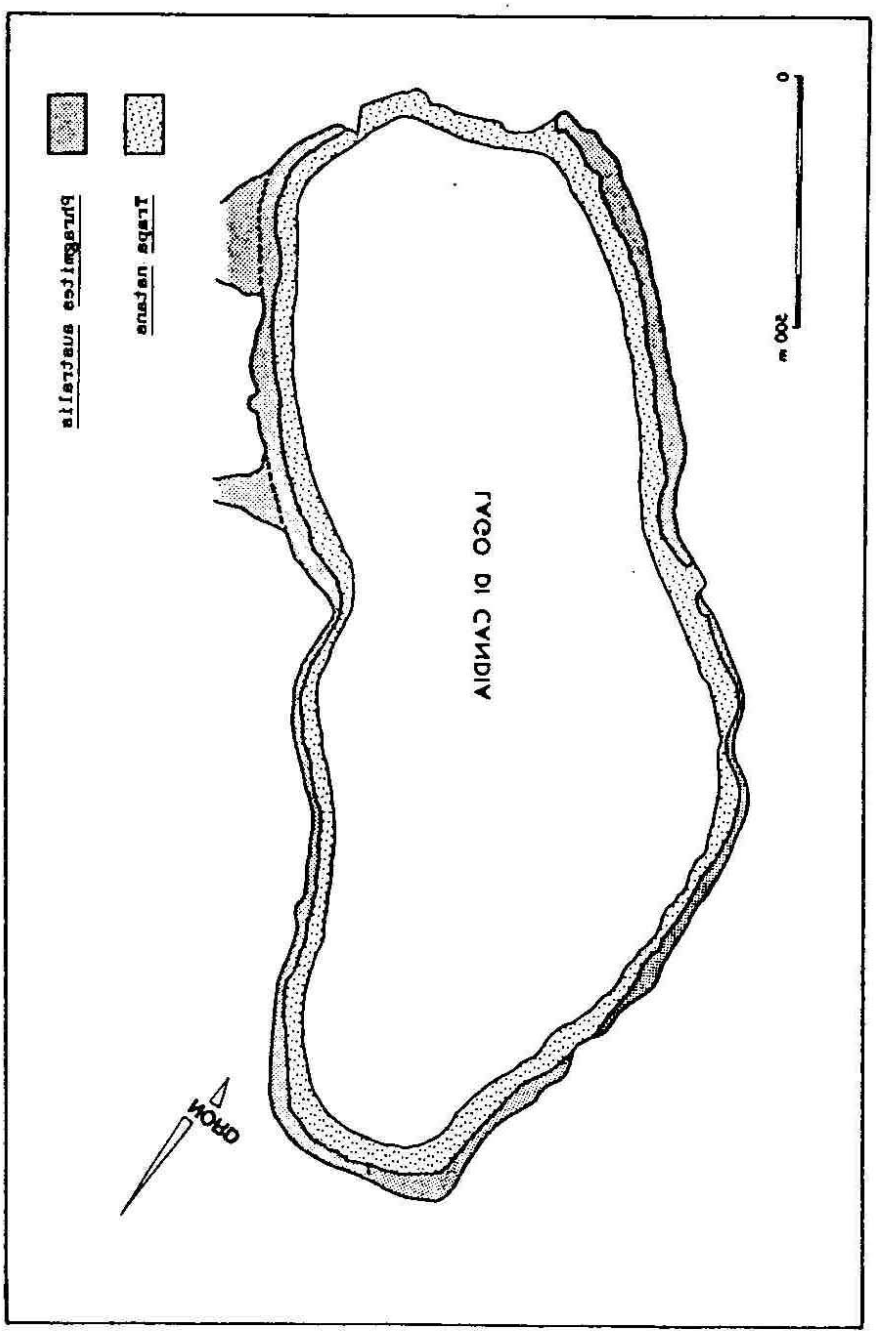


Fig. 1 Mappa della distribuzione di *P. australis T. natans* nel lago di Candia (ottobre 1985).

2000, riportato, opportunamente ridotto, in figura 1.

Durante tutto il ciclo vitale di T. natans, a partire dal 28/6 fino al 21/10/85, sono stati effettuati sei campionamenti quantitativi della biomassa presente in lago comprensiva anche del. le parti morte, quasi esclusivamente costituite da foglie in decomposizione. I campionamenti sono consistiti nella raccolta di Trapa su superfici abbastanza ampie (da 372 a 1568 m^2) per mezzo di una macchina falciatrice (Rolba Aquamarine 400) di proprietà dell'Amministrazione Comunale di Candia Canavese. Tutta la vegetazione raccolta veniva trasportata a riva e pesata entro 6-7 ore dall'inizio della raccolta per la determinazione del peso fresco. Un subcampione di 3-4 kg veniva portato in laboratorio ed analizzato per i seguenti parametri: peso secco, sostanza organica, fosforo e azoto.

RISULTATI

I popolamenti delle due specie oggetto di studio cingono il lago in una duplice -fascia pressoché continua dello spessore medio di 60-70 m, per un'area complessiva di 36,24 ha (Fig. 1). La copertura di Trapa occupa 19,84 ha e si estende verso il centro del lago fino ad una profondità di 2,5 m su di un sedimento soffice, ricco di sostanza organica.

La biomassa di questa specie aumenta rapidamente con il progradire della stagione estiva e raggiunge il suo valore massimo, di circa 8t di peso secco per ettaro (equivalente a circa 80 t di peso fresco per ettaro), all'inizio di Settembre (Tab. 1). Altrettanto rapido è il decadimento poiché, verso la fine di Settembre si ha già un dimezzamento della biomassa mentre, a Novembre, la pianta è ormai completamente scomparsa.

Tab. 1 - Valori di biomassa, sostanza organica e nutrienti in Trapa natans del Lago di Candia durante la stagione di crescita 1985.

Data	Peso secco kg/ha	Sost. organica		Azoto		Fosforo	
		% p.s.	kg/ha	% p.s.	kg/ha	% p.s.	kg/ha
28/06	1740	90,1	1570	3,12	54	0,21	3,7
5/08	4710	81,9	3860	2,69	127	0,23	10,8
22/08	7150	84,6	6050	2,11	151	0,17	12,2
12/09	7890	87,4	6900	1,89	149	0,15	11,8
25/09	3890	85,9	3340	2,40	93	0,21	8,2
21/10	1450	86,2	1250	2,19	32	0,17	2,5

Le concentrazioni di sostanza organica, azoto e fosforo tendono ad essere leggermente più alte all'inizio della crescita (s.o.= 90,1% p.s.; N= 3,12% p.s. e P= 0,21% p.s.) mentre in seguito non mostrano accentuate variazioni (mediamente: s.o.- 86% p.s. e P= O,19% p.s.). Le quantità di azoto e di fosforo associate alla vegetazione (g/m^2) seguono pertanto l'andamento stagionale della biomassa. Esse raggiungono infatti il loro valore massimo tra la seconda metà di Agosto e la prima metà di Settembre per poi de crescere velocemente in conseguenza della rapida decomposizione cui la pianta va incontro e che procede di pari passo con la caduta dei semi.

CONCLUSIONI

L'obiettivo che ci si prefigge di raggiungere sul Lago di Candia è quello di asportare annualmente la maggior quantità possibile di biomassa vegetale senza incidere sulla produzione della stessa negli anni successivi. Nel caso di P. australis questo si otterrà effettuando lo sfalcio dei fusti in periodo invernale ed avendo .cura di non danneggiare i rizomi. Per quanto riguarda T. natans si tratterà invece di concentrare il raccolto nel periodo di massima biomassa (Agosto e Settembre), alternando lungo tutto il perimetro lacustre zone di raccolta e zone nelle quali la pianta sarà lasciata crescere indisturbata fino alla caduta dei semi. Con questo sistema si prevede di asportare il 50% del popolamento di Trapa sottraendo annualmente al lago non meno di 100 kg di fosforo ai quali si potranno aggiungere altri 20 kg di fosforo derivanti dallo sfalcio di Phragmites.

Il carico esterno di fosforo del Lago di Candia è principalmente costituito da 69 kg P/anno che derivano dal dilavamento dei terreni agricoli compresi nel suo bacino imbrifero (Durio, Mori e Perosino, 1983). Questa quantità è circa la metà del fosforo sottraibile al lago attraverso l'asportazione della biomassa vegeta le che pertanto potrebbe rappresentare un intervento di importanza rilevante al fine di ottenere un auspicabile miglioramento della qualità delle acque di questo lago.

BIBLIOGRAFIA

Badino, G. , R. Camoletto e G. Dal Vesco - Popolamenti fanerogamici del bacino di Candia e assetto idrobiologico del lago - Rev. Valdotaine d'Hist. Naturelle, 36-37 - 43-125. 1982-83.

Durio, P., D. Mori e G.C. Perosino - Aspetti limnologici del

Lago ci Candia - Riv. Piem, St. Nat., 4 - 137-169. 1983.
Loucks, O.L. - Looking for surprise in managing stressed eco systems - Bio Science, 35 - 428-432. 1985.
Nichois, S.A. - Mechanigal and habitat manipulation for aquatic plant management. A review of techniques - Tech. Bull. N. 77, Dep.Nat.Resour., Madison, Wis. - 34 pp. 1974.
Sabol, B.M. and T.D. Hutto - Simulating mechanical control operations - Information Exchange Bulletin of U.S. Army Corps of Engineers - Water Ways Experimental Station - Vol. A-84 - 1-8. 1984.
Sloey, W.E., F.L. Spangler and C. W. Fetter Jr. - Management of freshwater wetlands for nutrient assimilation. In: Good R.E., D.F. Whigham and R.L. Simpson (Eds.) "Freshwater Wetlands. Ecological Processes and Management Potential - Academic Press, New York - 321-340. 1978.
Smith, G.N. - Recent case studies of macrophyte harvesting costs: options by which to lower coat. In: Breck J.E., R.T. Prentky and O.L. Loucks (Eds.) "Aquatic plants, lake management and ecosystem consequence of lake harvesting" - Proc. of Conference of Madison, Wisconsin, February 14-16th - 345-356. 1979.
Weller, M.W. - Management of fresh marshes for wildlife. In: Good R.E., D.F. Whigham and R.L. Simpson (Eds.) "Freshwater Wet lands. Ecological Processes and Management Potential - Academic Press, New York - 267-284. 1978.
Wile, I, - Environmental effects of mechanical harvesting - J. Aquatic Plant Management, 16 - 14-20. 1978.
Wile, I., G. Hitchin and G. Beggs - Impact of mechanical harvesting on Chemung lake. In: Breck J.E., R.T. Prentky and O.L. Loucks (Eds.) "Aquatic plants, lake management and ecosystem consequence of lake harvesting" - Proc. of Conference of Madison, Wisconsin, February 14-16th - 145-159. 1979.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 325 a pag. 332

CONFRONTO TRA METODICHE (DRAGA CHARCOT E BENNA SMITH-MCINTYRE) NEL CAMPIONAMENTO DEI POLICHETI DI FONDO MOBILE

M.C. GAMBI[0], A. GIANGRANDE[00] e M. SCARDI[0]

[0]Laboratorio di Ecologia del Benthos (Stazione Zoologica), Napoli
[00]Istituto di Biologia Marina, Università di Pisa

SUMMARY

The Charcot dredge was compared with the Smith-Mclntyre grab on the basis of Polychaete species composition, distribution and state of preservation. Six samplings, consisting of four grab replicates and one dredge replicate each, were collected along two depth transects (-2-16 m) in the Gulf of Salerno (Tyrrhenian Sea) . The factorial analysis of correspondence served for statistical purposes. The four grab replicates were highly consistent with each other and with respective dredge points, apart from the shallowest site (St. 14). Grab and dredge points were distributed according to the depth-gradients and both described the same cenocline. The only differences in species composition between the two instruments concerned rare species, which were associated mainly with the grab. As regards Polychaete preservation, the dredge seems to be more lesive for worms than does the grab. Therefore, the latter is preferable for Polychaete sampling taxonomy and quantitative evaluation.

INTRODUZIONE

Nello studio del benthos marino, la scelta del metodo di campionamento è di estrema importanza per un'interpretazione bionomica, strutturale e funzionale che sia il più fedele possibile alla realtà osservata. Metodologie diverse, infatti possono dare risultati differenti e a volte contraddittori (McIntyre, 1956); 1a loro conoscenza e selezione sono pertanto una delle fasi cruciali nella impostazione della ricerca.

Nei fondi mobili, in particolare, sono stati da tempo standardizzati vari metodi ed attrezzi tra i quali la draga Charcot (Picard, 1965) e la benna Smith-McIntyre (Holme, 1971) sono tra i più diffusi in relazione anche alla praticità ed economia d'uso.

Nel presente lavoro viene effettuato un confronto dei risultati ottenuti i utilizzando gli attrezzi sopra citati in rapporto alla bionomia e zonazione dei Policheti. Vengono inoltre presi in considerazione aspetti legati allo stato di conservazione di questi organismi. I Policheti, infatti, risentono, forse più di ogni altro gruppo del benthos, degli affetti traumatici dovuti al metodo di rilievo e dei "danneggiamenti" arrecati dai vari attrezzi.

MATERIALI E METODI

Nell' ambito di una vasta ricerca sul macrobenthos di fondo mobile in un'ampia zona del Golfo di Salerno, sono stati effettuati numerosi dragaggi a mezzo

draga Charcot (Colognola et al., 1984). I risultati concernenti la distribuzione dei Policheti in tutta l'area studiata, sono riportati in Gambi et al. (1984), Gambi e Giangrande (1984) e Giangrande e Gambi (1986). In alcune stazioni di questa zona (st. 1,2,14,16,17 e 18, Fig. 1), poste lungo due transetti di profondità tra 2 e 16 m e con caratteristiche ambientali e sedimenti diversi, sono stati prelevati campioni supplementari con una benna di tipo Smith-McIntyre. Per ognuna delle suddette stazioni è stata effettuata una dragata (circa 50 litri di sedimento), di 5 minuti di traino parallelo alla costa alla velocità di circa 0,5 nodi, e quattro repliche di benna (0,1 m^2, circa 10 litri di sedimento) (fa eccezione la st. 18 con solo tre repliche). I campioni, sia di draga che di benna, sono stati setacciati a 1 mm di maglia e fissati in formalina all'8%. I dati delle 6 dragate e 23 bennate complessive sono stati sottoposti ad analisi fattoriale delle corrispondenze (A.F.C., Benzecri, 1973). I risultati di uno studio simile, svolto nella stessa area sulla Malacofauna, sono riportati in Russo et al. (1986).

RISULTATI

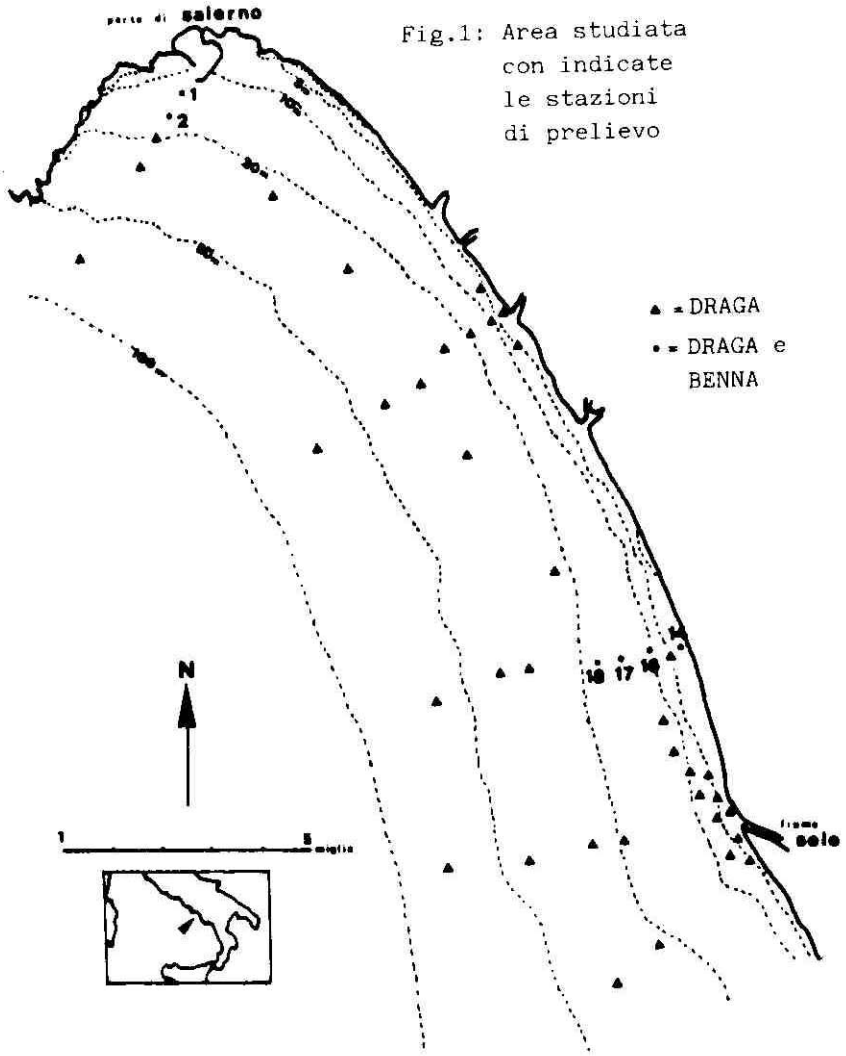
Sono stati rinvenuti complessivamente 4402 individui (2019 nelle dragate e 2383 nelle bennate) appartenenti a 87 specie (36 Erranti e 51 Sedentari) delle quali 60 nelle dragate e 78 nelle bennate. Ventuno specie (8 nelle dragate e 13 nelle bennate) sono presenti una sola volta e con abbondanze molto esigue. In generale le quattro repliche di benna cumulate presentano una ricchezza specifica maggiore rispetto alla singola dragata (eccetto la st. 18 più profonda) ed anche abbondanze maggiori (eccetto st. 17 e 18) (Tab. 1). Le specie in comune tra bennate cumulate e dragata non sono molte, rispetto al totale della stazione, ma rappresentano però i taxa più comuni ed abbondanti. L'indice di Sorensen tra bennate cumulate e dragata, mostra valori medi (0,45-0,58), ad eccezione della st. 1 (0,35) (Tab. 1).

In alcuni casi il tipo di attrezzo sembra campionare selettivamente certi taxa; ad esempio Psammolyce inclusa, è presente più volte solo nelle dragate, mentre Magelona cf. alleni, Caulleriella caput-esocis, Lumbrinereis emandibu1ata-mabiti, Spio filicornis, Paradoneis armata, Glycera unicornis, Amphitrite cirrata e Notomastus latericeus, sono state rinvenute solo nelle bennate.

Tra le specie raccolte con entrambi gli attrezzi, Glycera alba, Eunice vittata, Lumbrinereis gracilis, Sthenelais boa, S. limicola, Melinna palmata, Ampharete acutifrons, Myriochele heeri e Chone sp. 1, sono più abbondanti nelle dragate, mentre Magelona papillicornis, Prionospio maImgreni, Caulleriella alata, Euclymene oerstedi, Branchiomma vesiculosum e Chone duneri, sono più frequenti nelle bennate.

Nel complesso, sembra vi sia una tendenza leggermente maggiore nella draga alla cattura di specie più mobili, rispetto alla benna.

Il modello di ordinamento dell'analisi fattoriale delle corrispondenze (A.F.C.) è riportato nel piano dei primi due fattori (F1 e F2) che sono entrambi significativi e spiegano rispettivamente il 13,9% e il 13,2% della varianza totale (Fig. 2); F3 non è risultato significativo. Nel modello si nota una discontinuità net-



ta, su FI, tra la st. 14, che è la più superficiale (-2 m), e tutte le altre. Questa stazione presenta anche la maggiore dispersione dei punti-benna. I punti-benna delle altre stazioni sono invece molto coerenti tra loro ed anche con i rispettivi punti-draga (soprattutto le st. 2,16 e 18) e sono ordinati in accordo con il gradiente batimetrico (Fig. 2).

Le specie con i contributi assoluti più elevati nell'A.F.C. sono Spiophanes bombyx e Nephthys cirrosa, associate alla st. 14; Chone duneri, C. filicaudata, Nephthys hombergii, Eunice vittata e Sthenelais boa, associate alle altre stazioni. Le differenze tra i due attrezzi in rapporto allo stato di conservazione di alcune specie sono invece più evidenti (Tab. 2) e la draga si rivela senza dubbio lo strumento più lesivo tra i due per i Policheti. Tra i taxa che vengono maggiormente "danneggiati" compaiono anche specie molto comuni (es. Nephthys spp,

Tabella 1: Alcuni parametri quantitativi dei prelievi. A,B,C,D = repliche di benna; Ch= draga. 1 = numero di specie; 2= abbondanza; 3= biomassa (gr peso fresco) bennate cumulate e dragata; 4= numero di specie bennate cumulate; 5= abbondanza bennate cumulate; 6= specie in comune bennate cumulate e dragata; 7= indice di Sorensen.

St.	Prof. (m)	1	2	3	4	5	6	7
1A	-12	5	9	0,90	36	221	10	0,35
1B		25	101					
1C		26	73					
1D		16	38					
1Ch		21	112	4,03				
2A	-15	16	32	1,76	33	100	10	0,45
2B		14	27					
2C		11	16					
2D		14	25					
2Ch		11	32	0,15				
14A	-2	6	32	0,35	9	45	4	0,53
14B		1	1					
14C		4	5					
14D		1	7					
14Ch		6	14	0,08				
16A	-8	22	348	2,32	40	1669	20	0,58
16B		28	868					
16C		18	221					
16D		18	232					
16Ch		28	1373	2,31				
17A	-12	22	78	2,42	51	317	23	0,54
17B		25	125					
17C		19	43					
17D		26	71					
17Ch		33	354	2,99				
18A	-16	3	3	0,77	13	31	8	0,41
18B		9	15					
18C		8	13					
18Ch		26	134	2,05				

O. fusiformis, M. palmata, M. bellii) Per il generi Phylo, Scolaricia e Dispio e per molti Maldanidae inoltre, la presenza di individui "non completi" ha reso molto difficile l'identificazione delle singole specie.

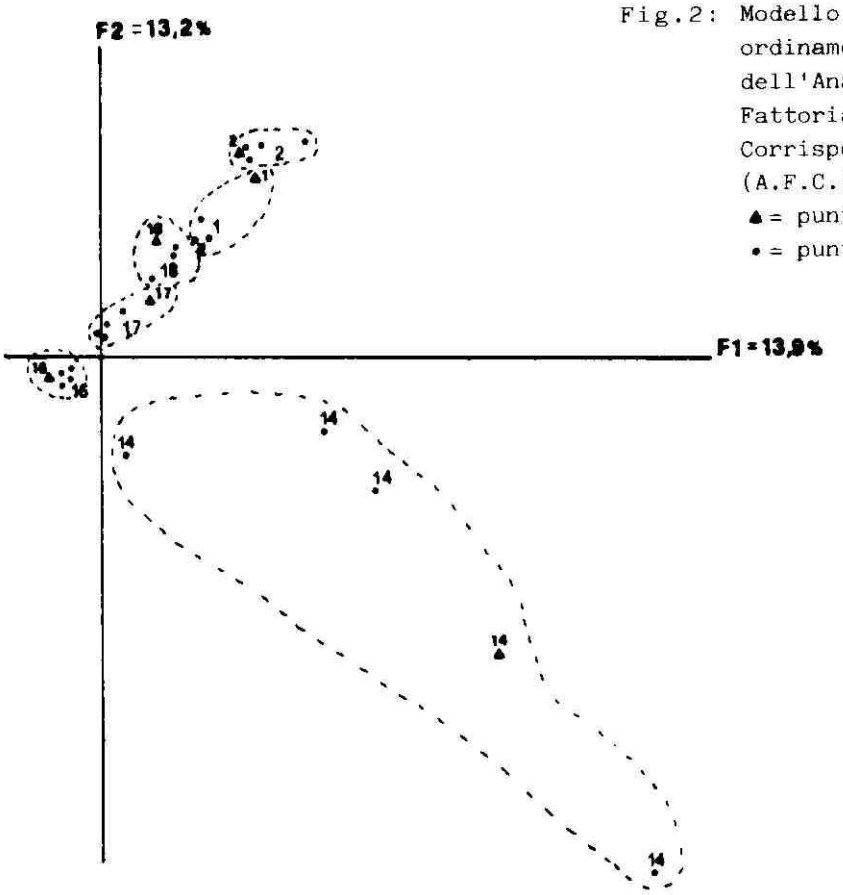


Fig.2: Modello di ordinamento dell'Analisi Fattoriale delle Corrispondenze (A.F.C.)
▲ = punti-draga
• = punti-benna

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'analisi delle Tabelle, unitamente all'A.F.C., in particolare alla non completa "sovrapposizione" di alcuni punti-draga con le rispettive bennate (st. 1, 14 e 17), dimostra che le differenze tra i due attrezzi, anche se spesso relative a taxa poco comuni, esistono. L'interpretazione di queste differenze sulla base di questi soli dati e tenuto conto anche del fatto che sono stati presi in considerazione sedimenti e condizioni mesologiche diverse, in cui di volta involta gli attrezzi possono aver agito diversamente, risulta un pò limitata.

Si può ipotizzare, come suggerito anche in lavori analoghi (Ambrogi e Bedulli, 1983, Russo et al., 1986), che questo "effetto attrezzo", dipenda in larga misura dalla diversa superficie di prelievo campionata. Infatti, a parità di volume di sedimento raccolto, la draga percorre superfici maggiori rispetto alla benna ed in questo modo è meno "sensibile" al tipo di dispersione, spesso per "aggregati", degli organismi bentonici. Questo effetto attrezzo, tuttavia, sem-

Tabella 2

Specie ben conservate con entrambi gli attrezzi di prelievo	Myriochele heeri, Chone duneri, C. filicaudata
Specie danneggiate in varia misura con entrambi gli attrezzi	Onuphis eremita, Dispio sp., Magelona papillicornis
Specie pe l'80% danneggiate nei prelievi con draga e ben conservate con la benna	Sthenelais boa, S. limicola,Sigalion mathildae, Phyllodocidae spp, Nephthys spp,Marphisa bellii, Phylo spp, Scolaricia typica,Caulleriella alata, C.caput-esocis, Diplocirrus glaucus, Maldanidae spp, Owenia fusiformis, Melinna palmata, Dialychone acustica

bra irrilevante al fine descrittivo della zonazione del syntaxon a Policheti e l'"immagine" bionomica della comunità può considerarsi molto simile nei due tipi di prelievo. Infatti, la forte polarizzazione su F1 della st. 14 e la sua dispersione sono dovuti alle condizioni di elevata energia idrodinamica a cui questa stazione è sottoposta. Ciò è in accordo con quanto osservato per la zonazione dei Policheti in un lavoro precedente, esteso a tutta l'area in esame (Gambi et al., 1984) ed anche in altre zone (Gambi e Giangrande, 1986), nonché per il benthos in generale (Fresi et al., 1983). Il cambiamento cenotico che si sviluppa, a partire dalla st. 14, negli altri prelievi è in dipendenza dei numerosi fattori ecologici legati al gradiente batimetrico (soprattutto idrodinamismo e tessitura dei sedimenti). Tale gradiente e relativo cenoclino, anche se non sono molto marcati (come indicano anche le basse percentuali di varianza di F1 e F2), vengono descritti in modo coerente dai due tipi di attrezzo. Risultati simili sono stati osservati nello studio della Malacofauna di questa zona (Russo et al., 1986).

Le differenze tra i due metodi di prelievo in rapporto allo stato di conservazione delle specie sono invece più facilmente spiegabili. Le draghe infatti, strascicando sul fondo, agiscono in modo più traumatico sul corpo molle dei Policheti e provocano quindi "danneggiamenti" maggiori che non le benne. Queste ultime, campionando animali più integri, permettono anche una valutazione più accurata della biomassa e della produzione.

Riteniamo quindi che, in considerazione anche del fatto che nei fondi mobili i Policheti rappresentano spesso oltre la metà del popolamento zoobentonico (Knox, 1977), per una migliore raccolta, tassonimia e valutazione quantitativa di questi organismi, le benne siano, ove possibile, da preferire, anche se pongono più problemi di manovrabilità rispetto alle draghe.

BIBLIOGRAFIA

AMBROGI R., BEDULLI D., 1983 - Descrizione delle comunità macrobentoniche marine di fronte al delta del Po sulla base di due diversi metodi di prelievo. - Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste, 35: 145-157.

BENZECRI J.P., 1973 - L'analyse des données. Voi. 2: L'analyse de correspondence. - Dunod, Paris, 623 pp.

COLOGNOLA R., LABANCHI L., FRESI E., 1984 - Analisi della distribuzione degli Echinodermi nel Golfo di Salerno: aspetto invernale.- Nova Thalassia 6 suppl.:637-644.

FRESI E., GAMBI M.C., FOCARDI S., BARGAGLI R., BALDI F., FALCIAI L.- 1983 - Benthic community and sediment types: a structural analysis.- P.S.Z.N. Marine Ecology, 4(2): 101-121.

GAMBI M.C., GIANGRANDE A., FRESI E., 1984 - I Policheti dei fondi mobili del Golfo di Salerno: ipotesi di un modello di distribuzione generale.- Nova Thalassia 6 suppl.: 575-583.

GAMBI M.C., GIANGRANDE A., 1984 - Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei Policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno.- Oebalia N. S., 11: 223-240.

GAMBI M.C., GIANGRANDE A., 1986 - Structural analysis of the distribution of soft-bottom Polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian sea (Italy).-Estuarine, Coastal & Shelf Science, 23: 847-862.

GIANGRANDE A., GAMBI M.C., 1986 - Polychètes d'une pelouse de Cymodocea nodosa (Ucria) Aschers, du Golfe de Salerno (mer Tyrrhenienne).- Vie et Milieu, 36(3) 185-190.

HOLME N.A., 1971 - Macrofauna sampling. - In: IBP Handbook n. 16: Methods in marine benthos: 80-130. ;

MC INTYRE A.D., 1956 - The use of trawl, grab and camera in estimating marine benthos. - J. mar. biol. Ass. U.K., 35: 119-129.

PICARD J., 1965 - Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des sub-strats meubles dragables de la region marseillaise.- Ree. Trav. St. mar. En-doume, 52(36) : 1-160.

RUSSO G.F., FRESI E., SCARDI M., 1986 - II campionamento della Malacofauna di fondo mobile: confronto tra metodiche (la draga Charcot e la benna Smith-McIntyre) in rapporto alla zonazione del syntaxon. - Atti lavori S.I.M., Palermo, 1986, 22: 7-14.

KNOX G.A., 1977 - The role of Polychaetes in benthic soft-bottom communities. -Essay on Polychaetous Annelids, ed. D.J. Reish & K. Fauchald, Allan Hancock, Found., Los Angeles: 547-604.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 333 a pag. 346

ESTRAZIONE DI PIGMENTI FOTOSINTETICI DA UNA MAT MICROBICA: CONFRONTO DI EFFICIENZA FRA ACETONE, ETANOLO E METANOLO.

G. GENCHI, S. CALVO, A. LUGARO, R. BARONE, C. FRADA' ORESTANO

Gruppo di Ecologia Acquatica - Dipartimento di Scienze Botaniche Università di Palermo, Via Archirafi 38, Palermo

SUMMARY

Nine methods of chlorophyll *a* and bacteriochlorophyll *a* extraction were compared. They were: 1) extraction in 90% aqueous acetone at 4°C, 2) and 3) extraction in boiling and cold 100% methanol, U) and 5) extraction in boiling and cold 90% aqueous methanol, 6) and 7) extraction in boiling and cold 90% aqueous ethanol, 8) and 9) extraction in boiling and cold 80% aqueous ethanol. As organic matrix a laminated microbial mat, containing cyanobacteria and photosynthetic sulphur bacteria, was selected. Extraction of pigments in boiling solvents gave better results, but the highest ones up to 50% more than acetone were obtained for chlorophyll with methanol. Also for bacteriochlorophyll pronounced variations, in the range 10-30% greater than acetone, were recorded. Acidification procedure was found a critical step for methanol and a further neutralization stage was required. According to the results of this study alcohols confirm to be by far better solvents for pigments in microbial mats, even though special care must be taken in correcting for the presence of phaeopigments.

INTRODUZIONE

In ecologia acquatica la determinazione delle clorofille e batterioclorofille è da tempo - dai classici lavori di McKinney G. (1941), Richards T.A. & Thomson T.G. (1952), Vernon L.P. (1960), Stanier R.Y. & Smith Y.H.C. (1960), in poi - il metodo indubbiamente più diffuso di valutazione della biomassa fotoautotrofa.

Anche se attualmente l'analisi spettrofotometrica di assorbimento o di fluorescenza negli estratti in toto continua a restare la tecnica di misura più utilizzata, vi è una chiara evidenza che i sistemi di separazione cromatografica, su carta (Jensen A. & Liaaen-Jensen S., 1959; Hallegraeef G.M., 1976; Steembergen C.L.M. & Korthals H.J., 1982), TLC (Jeffrey S.W., 1981; Jeffrey S.W. & Hallegraeff G.M., 1980) e, soprattutto, HPLC (Abaychi J.K. & Riley J.P., 1979; Jacobsen T.R., 1978; Gi-

eskes W.W.C. & Kraay G.W., 1983) sono da preferire per precisione, accuratezza e per un completo screening delle varie componenti fotosintetiche presenti nel campione da analizzare.

Tuttavia, su alcune fasi analitiche, a monte dei vari metodi di misura prima citati, persiste ancora una certa disomogeneità di vedute e di approccio metodologico, la qual cosa non solo deve indurre a valutare criticamente i dati a disposizione, ma oggettivamente contribuisce ad intaccare l'effettiva comparabilità. In particolare, fra i punti cui si fa riferimento, vanno annoverati :
- la scelta del solvente d'estrazione;
- i coefficienti di assorbimento specifico;
- le condizioni acide per correggere l'eventuale presenza di prodotti di degradazione (da applicare solo per l'analisi spettrofotometrica).

Su questi argomenti esiste oggi un'abbondante serie di lavori, anche se, nella quasi totalità dei casi, limitata a materiale fitoplanctonico. Reports e bibliografia apposita possono trovarsi condensati negli Atti di due specifici Congressi, editi da Rai H. (1980) e da Rai H. & Marker A.F.H. (1982)

Decisamente inferiore, invece, è la documentazione riguardante l'estrazione di pigmenti fotosintetici da popolamenti bentonici (Marker A.F.H., 1980) ed ancor più limitata quella relativa alle comunità organo-sedimentarie .che prendono il nome di "microbial mats" o "ecosistemi microbici laminati" o "stromatoliti potenziali viventi" (Jørgensen B.B. et al., 1979; Stai L.J. et al., 1984; Cohen Y. et al., 1984).

Per studiare la struttura delle "mats cianobatteriche e solfobatteriche fototrofe che si formano sui sedimenti delle vasche delle saline ed i processi chimico-fisici connessi alle loro attività metaboliche, risulta importante la distribuzione fine, nel senso della zonazione verticale, dei pigmenti fotosintetici e, di conseguenza, la loro determinazione.

Il nostro Gruppo di ricerca ha intrapreso da alcuni anni un'indagine sugli ambienti a salinità elevata della costa occidentale della Sicilia, centrata, in particolare, su aspetti biogeochimici e geomicrobiologici delle saline di Marsala (Genchi G. et al., 1985 a, b). In tale contesto, quindi, partendo da una necessità oggettiva di cui non si disponeva un apposito riscontro bibliografico, si è impostato un test di efficienza estrattiva dei pigmenti fotosintetici fra i tre solventi più comunemente adoperati in questo campo - acetone, etanolo e metanolo - ed allo stesso tempo si sono confrontate le relative condizioni acide per correggere la presenza dei feopigmenti.

Della complessa matrice naturale è stata utilizzata solo

la parte più superficiale, all'incirca i primi 7-8 mm, costituiti da cianobatteri e solfobatteri purpurei.
Dall'analisi si è dovuto eliminare lo strato dei solfobatteri verdi, causa la inevitabile sovrapposizione spettrale negli estratti organici (non separabile per via spettrofotometrica) delle loro batterioclorofille con la clorofilla *a* (Madigan M.T. & Brock T.D., 1976; Oelze J., 1985).

1 . MATERIALI E METODI

Porzioni della "mat" sono state prelevate usando come carotatore una siringa di plastica da 60 ml priva della porzione di testa. Da ogni carota sono stati asportati con una lametta i primi 7-8 mm della "mat", dove erano chiaramente distinguibili gli strati dei cianobatteri (verdi-azzurri) e dei solfobatteri purpurei (rosa-porpora). I campioni sono stati riuniti ed immediatamente omogeneizzati con un Ultra-Turrax sotto raffreddamento con miscela frigorifera ghiaccio-sale. Subito dopo, sub-campioni (5 repliche per ognuno) sono stati prelevati, pesati e posti in tubi di vetro con tappo a vite. Sono stati poi aggiunti 10 mli di solvente di estrazione a contenuto acquoso e nelle condizioni di 'temperatura indicate nella Tabella 1 .

SOLVENTE % H_2O	ACETONE 90%	METANOLO 100%	METANOLO 100%	METANOLO 90%	METANOLO 90%	ETANOLO 90%	ETANOLO 90%	ETANOLO 80%	ETANOLO 80%
TEMPERATURA °C (minuti)	4	4	68 (3)	4	68 (3)	4	78 (5)	4	78 (5)
TEMPO DI ESTRAZ. finale : intermedio (ore)	24	24	24 / 2	24	24 / 2	24	24 / 2	24	24 / 2

TAB. 1. Solventi e Modalità di estrazione impiegati nella prova.

Le letture finali di densità ottica per tutti i campioni sono state effettuate dopo estrazione "overnight" a 4°C, alle A lunghezze d'onda di 665 nm prima e dopo acidificazione per la clorofilla *a*, ed i feopigmenti, e di 770 nm per la batterioclorofilla *a*, utilizzando uno spettrofotometro Beckman mod. 26.

Le condizioni di acidificazione dell'estratto nei diversi solventi, riferite alla concentrazione idrogenionica finale, sono riportate in Tabella 2.

Per gli estratti in metanolo alla fase di acidificazione è stata anche aggiunta una fase di neutralizzazione, operando in alcuni casi con $MgCO_3$ (25 mg/ml di solvente) ed in altri con una soluzione metanolica di 2-feniletilammina (FEA) ad una concentrazione finale equivalente a quella dell'acido aggiunto.

La Tabella 2 riporta i coefficienti di assorbimento specifico (SAC) ed i rapporti di acidificazione (R), questi ultimi espressi come rapporto fra densità- ottica dell'estratto non acidificato (D) ed acidificato (D). Con tali fattori sono state calcolate le concentrazioni dei pigmenti.

	ACET. 90%	MET. 100%	MET. 90%	ET. 90%	ET. 80%
SAC ($ml\ mg^{-1}\ cm^{-1}$)	89	77	86	82	83.4
10^3/ SAC	11.2	13	11.6	12.2	12
R	1.7	1.6	1.58	1.7	1.7
$\|H^+\|$ estratto fin.	$3x10^{-3}$	$3x10^{-3}$	$3x10^{-3}$	$6x10^{-3}$	$4x10^{-3}$
NEUTRALIZZAZIONE $MgCO_3$ (25 mg/ml estr.)	no	si	si	no	no
NEUTRALIZZAZIONE 2-feniletilammina	no	si	si	no	no

Tab. 2. Coefficienti di Assorbimento Specifico (SAC) della clorofilla *a* Rapporti di Acidificazione ($R=D/D_a$) e Condizioni analitiche di correzione per i feopigmenti.

Per tutti i riferimenti: Marker et al., 1980; Marker A. F. Il. and Jinks S., 1982 .

2. RISULTATI

L'efficienza estrattiva dei tre solventi è stata esaminata prendendo come punto di riferimento la classica estrazione "overnight" con acetone 90% a 4°C, (Tab. 3).

Nella tabella vengono riportate le concentrazioni di clorofilla *a*, calcolate in base ai procedimenti ed ai fattori analitici precedentemente descritti. I risultati sono espres-

si sia come valori totali di clorofilla (chl. non corretta), sia come valori corretti per la presenza di prodotti di degradazione (chl. corretta). Inoltre, nel caso delle estrazioni in metanolo sono presentati anche gli effetti derivanti dalla neutralizzazione con carbonato di magnesio e con la 2-feniletilammina dei campioni acidificati.

Esaminando i dati di clorofilla non corretta, risaltano abbastanza chiaramente due aspetti:

a) il metanolo mostra una capacità estrattiva superiore sotto le varie condizioni saggiate;
b) le estrazioni a caldo, metanoliche o etanoliche che siano, incrementano in modo notevole l'efficacia del processo.

Se esaminiamo i rapporti fra le quantità di pigmento estratto con le varie modalità impiegate, nei confronti della estrazione in acetone, la maggiore efficienza del metanolo si traduce percentualmente nel 24% (metanolo 90%) e nel 34% (metanolo 100%) in più, mentre a caldo essa sale rispettivamente fino al 43% ed al 54%.

Valori inferiori si sono ottenuti con l'etanolo, mediamente intorno al 17% in più nelle estrazioni a freddo e punte del 33% (etanolo 80%) e del 39% (etanolo 90%) in più in quelle a caldo.

Le correzioni apportate per tenere conto della presenze dei feopigmenti introducono ulteriori elementi di valutazione. In particolare, per quel che riguarda i campioni trattati con metanolo, la fase di acidificazione appare decisamente critica. I dati indicano un crollo netto sia in concentrazione che in efficienza percentuale estrattiva rispetto a quelli prima citati. Nel, caso limite del metanolo 100%, addirittura, una efficienza del - 2.44% sembrerebbe ribaltare i risultati evidenziati in precedenza.
L'intervento di una fase di neutralizzazione successiva, tuttavia, porta a riequilibrare nuovamente i valori di concentrazione ed efficienza nei limiti registrati per la clorofilla non corretta.

Al contrario, i dati relativi all'etanolo appaiono globalmente concordanti; anzi, nei campioni trattati a freddo si evidenziano sensibili incrementi: dal 16.8% al 24.2% per l'etanolo 90% e dal 18.2 al 24.9% per l'etanolo 80%.

SOLVENTE	ACET. 90%	MET. 100%	MET. 100% (ebolliz.)	MET. 90%	MET. 90% (ebolliz.)	ET. 90%	ET. 90% (ebolliz.)	ET. 80%	ET. 80% (ebolliz.)
Chl. a non corretta	42.79 ± 3.9	57.23 ± 2.8	65.96 ± 4.2	53.12 ± 1.2	61.14 ± 1.3	49.96 ±1.2	59.73 ± 0.3	50.59 ± 1.6	57.04 ± 1.5
EFFICIENZA (%) su Acetone	=	+ 33.75	+ 54.15	+ 24.14	+ 42.88	+ 16.76	+ 39.59	+ 18.22	+ 33.30
Chl. a corretta	38.14 ± 2.4	37.21 ± 1.7	42.54 ± 2.5	43.32 ± 1.8	48.76 ± 1.0	47.32 ± 1.2	53.76 ± 1.1	47.64 ± 1.3	51.59 ± 0.3
EFFICIENZA (%) su Acetone	=	- 2.44	+ 11.54	+ 13.58	+ 27.84	+ 24.17	+ 40.95	+ 24.91	+ 35.26
Chl. a corretta + $MgCO_3$	=	52.85 ± 2.2	58.18 ± 3.7	=	=	=	=	=	=
Chl. a corretta + FEA	=	50.31 ± 2.0	60.22 ± 2.9	47.53 ± 1.7	56.84 ± 1.0	=	=	=	=
EFFICIENZA (%) su Acetone	=	+ 35.24	+ 55.22	+ 24.62	+ 49.03	=	=	=	=

TAB: 3. Concentrazioni di clorofilla *a* (µg/g peso fresco). Correzioni per i feopigmenti. Efficienza estrattiva percentuale su acetone 90%. Medie ± deviazioni standard (calcolate su n=5 replicati).

Gli istogrammi della Figura 1 riassumono graficamente i risultati riportati nella precedente tabella per quanto riguarda la clorofilla a non corretta.

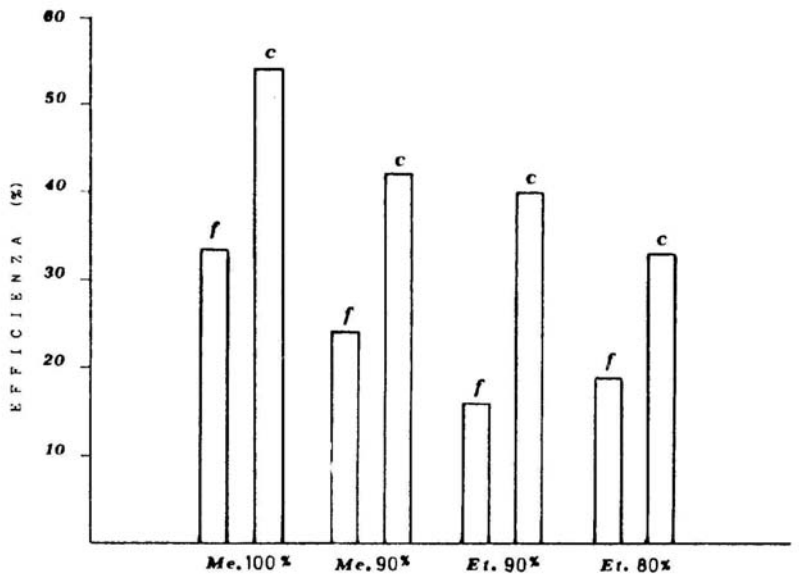


FIG. 1 . Efficienza estrattiva percentuale di Metanolo ed Etanolo su Acetone; c = a caldo, f = a freddo.

Una verifica interna è stata effettuata nei confronti della serie di campioni sottoposti al trattamento termico.

La Tabella 4 dimostra che i procedimenti analitici utilizzati per il metanolo e 1'etanolo consentono il recupero pressoché completo dei pigmenti in tempi notevolmente inferiori alle solite 24 ore, permettendo una maggiore rapidità nell'espletamento delle analisi.

Riguardo l'estrazione della "batterioclorofilla *a*, pigmento principale dei solfobatteri purpurei, sono stati confrontati soltanto l'acetone 90% ed il metanolo 100%, (Tab. 5), poiché si dispone dei coefficienti di assorbimento specifico soltanto per questi due solventi.

In forma meno accentuata, se paragonata ai dati della

	D_i (3 ore)	D_f (24 ore)	Effic. (%)
METANOLO 100% 3 min. ebol.	0.131	0.133	98
METANOLO 90% 3 min. ebol.	0.185	0.193	96
ETANOLO 90% 5 min. ebol.	0.124	0.130	95
ETANOLO 80% 5 min. ebol.	0.124	0.129	96

TAB. 4. Confronto tra estrazione rapida (3-5 min.) a caldo e "overnight". Densità ottiche iniziali (D_i) e finali (D_f) ed efficienza estrattiva iniziale.

clorofilla *a*, il potere estraente del metanolo è ancora superiore a quello dell'acetone. Un notevole salto di efficienza si registra per i campioni estratti a caldo, con valori prossimi al 31% in più rispetto ai quasi 11% in più per quelli estratti a freddo.

	SAC	Bchl. a	Effic. (%) su Acetone
ACETONE 90% 4°C overnight	92.3°	8.43 ± 0.3	=
METANOLO 100% 4°C overnight	84.1°°	9.35 ± 0.8	+ 10.90
METANOLO 100% ebol. 3 min.	84.1°°	11.02 ± 0.4	+ 30.70

TAB. 5. Concentrazioni di Batterioclorofilla *a* (µg/g peso fresco, valori medi ± deviazione standard su n = 5 replicati) ed Efficienza estrattiva su acetone.

° (Steenbergen C.L.M. and Korthals H.J., 1982)
°°(Stal L.J. et al., 1984)

3. DISCUSSIONE

Tra le principali difficoltà nella valutazione dei pigmenti fotosintetici per via spettrofotometrica, oltre ai problemi accennati nell'introduzione, vanno sottolineate le condizioni di estrazione e l'interferenza da parte dei prodotti di degradazione.

Già a livello di materiale fitoplanctonico è stata indicata una chiara superiorità estraente degli alcoli, metanolo (Riemann B., 1980) ed etanolo (Nusch E.A., 1980), rispetto all'acetone. In particolare, tale superiorità appare più accentuata nel caso di una dominanza, nei popolamenti, di cloroficee e di cianobatteri, mentre nel caso di una predominanza di diatomee e criptoficee la differenza tra acetone e metanolo sembra ridursi a livelli pressoché equivalenti (Tolstoy A., 1980).

In questo lavoro si è vagliata la capacità estrattiva dei tre solventi nei confronti di una struttura organo-sedimentaria come una "mat" microbica, una matrice evidentemente ben diversa, sotto taluni aspetti, da quella fitoplanctonica.

I risultati hanno mostrato differenze fra i solventi di certo non trascurabili, accentuando, anzi, quanto già evidenziato in bibliografia sotto l'aspetto fitoplanctonico.

Tra le serie di campioni estratti con il metanolo, le rese più elevate si sono ottenute con il solvente puro. In generale, seppure ad un livello minore, anche per l'etanolo si conferma tale tendenza, sebbene in questo caso ci si riferisca al solvente con il contenuto acquoso inferiore. E' molto probabile che sul processo estrattivo abbia potuto incidere la quantità effettiva di acqua presente nell'estratto organico finale. Va sottolineato, infatti, che tra acqua interstiziale ed intracellulare presente nella struttura geliforme della "mat", si può arrivare negli strati più superficiali ad un contenuto acquoso intorno a 70-80% del peso fresco (Genchi G. et al., 1985, a).

L'etanolo, eccetto i campioni trattati a caldo con il solvente all'80%, sembra risentire meno di questo fattore e, del resto, Riemann B. (1980) riporta per altre esperienze differenze intorno all'1% tra etanolo 96% e 80%.

E' stato inoltre seguito l'andamento del pH nei vari passaggi precedenti e seguenti l'acidificazione e la neutralizzazione degli estratti (Tab. 6). Per il particolare tipo di problemi inerenti ad una misura di pH in solventi organici, questi valori vanno intesi come puramente indicativi, con il solo fine di potere effettuare un confronto comparativo fra i tre solventi.

Poiché il pH in tutti i campioni si mantiene in un ambito ristretto, 2.50-2.90, le interferenze spettrali che si manifestano grossolanamente negli estratti metanolici stanno ad indicare una maggiore facilità di formazione in questo solvente, piuttosto che in acetone ed etanolo, di forme bicationiche della feofitina e di prodotti di ossidazione di carotenoidi epossidici. Tali processi, tuttavia, mostrano reversibilità nella successiva fase di neutralizzazione.

Nonostante che la 2-feniletilammina neutralizzi solo parzialmente gli estratti (pH compreso tra 4.45 e 4.63, tab. 6), la reazione appare sufficientemente efficace e comparabile negli effetti all'azione del carbonato di magnesio. Non risulta invece consigliabile un eccesso della base, in quanto condizioni decisamente alcaline possono incidere negativamente ed irreversibilmente sulle reazioni chimiche descritte in precedenza.

	ACET. 90%	MET. 100%	MET.90%	ET. 90%	ET. 80%
ESTRATTO INIZIALE	7.48	7.41	7.68	7.52	7.48
ESTRATTO ACIDIFICATO	2.52	2.48	2.85	2.66	2.89
ESTRATTO ACIDIFICATO + $MgCO_3$	=	6.86	7.02	=	=
ESTRATTO ACIDIFICATO + FEA	=	4.45	4.63	=	=
ESTRATTO ACIDIFICATO + FEA x 2	=	9.73	9.45	=	=

TAB. 6. pH degli estratti durante le fasi analitiche.

4. CONCLUSIONI

Appare sufficientemente dimostrata, sotto le condizioni estrattive esaminate, una maggiore efficienza del metanolo rispetto all'etanolo ed ancor più rispetto all'acetone.

L'uso del metanolo, specie a caldo, pone tuttavia problemi di tossicità e,di conseguenza, necessita di particolare attenzione da parte dell'operatore. Inoltre, esso impone stadi aggiuntivi (neutralizzazione) da introdurre nella metodologia analitica quando si deve tenere conto di prodotti di degrada-

zione.

L'estrazione a caldo, oltre ad eliminare eventuali effetti dell'enzima clorofillasi, accelera il procedimento e consente rese notevolmente maggiori.

Nel caso particolare dei pigmenti associati ai microrganismi che costituiscono la "mat" microbica uno dei limiti di fondo dell'analisi spettrofotometrica resta l'impossibilità di differenziare l'apporto dei solfobatteri fotosintetici verdi senza ricorrere ad un preventivo processo di separazione della clorofilla a.

E, restando nel campo di una metodologia analitica semplice e roubinaria, le tecniche di ripartizione liquido-1iquido, per esempio metanolo-esano (Stai L.J. et al., 198H) o aceto-nitrile-esano (Wun C.K. et al., 1980) ,possono ovviare sotto molti aspetti ai problemi finora discussi, sia per quel che riguarda le interferenze clorofilla a -batterioclorofille *c, d, c*, sia le interferenze derivanti dai prodotti di degradazione e da alcuni carotenoidi.

Non c'è dubbio,però, che le moderne tecniche di analisi cromatografica tipo 1'HPLC, superati gli inconvenienti di scarsa praticità e rapidità analitica, si pongono oggi (Gieskes W.W.C. & Kraay G:W., 1984; Biddigare et al., 1985) come il migliore mezzo di misura dei pigmenti fotosintetici, con in più il vantaggio di poter rappresentare, attraverso la separazione e la valutazione di pigmenti specifici ("markers"), uno strumento chemiotassonomico a tutti gli effetti.

BIBLIOGRAFIA

ABAYCHI J.K. & RILEY J.P.- The determination of phytoplankton pigments by high performance liquid chromatography. - Analyt. Chem. Acta - 107: 1-11, 1979

BIDIGARE R.R., KENNICUTT II M.C., BROOKS J.M. - Rapid determination of chlorophylls and their degradation products by high performance liquid chromatography. - Limnol. Oceanogr. - 30 (2): 432-435, 1985

COHEN Y., CASTENHOLZ R.W., HALVORSON H.O. - Microbial mats: Stromatolites - Alan R. Liss, Inc. - 498 pp., 1984

GENCHI G., CALVO S., LUGARO A., RAGONESE S. - Penetrazione della luce, gradienti chimici e microrganismi fotosintetici nei sedimenti di un bacino evaporitico artificiale. - SITE, Atti, 5: 195-202, 1985 (a)

GENCHI G., CALVO S., LUGARO A., RAGONESE S. – Microzonazione

di specie dello zolfo in mats di organismi fototrofi -SITE, Atti, 5: 887-890, 1985 (b)

GIESKES W.W.C. & KRAAY G.W. - Unknown chlorophyll a derivatives in the North Bea and tropical Atlantic Ocean revealed by I1PLC analysis. - Limnol . Oceanogr. - 28 (4): T5T-T65, 1983

GIESKES W.W.C. & KRAAY G.W. - Phytoplankton, its pigments, and primary production at a central North Sea station in May, July and September 1981. - Neth.J.Sea Res. - 18 (1/2): 51-70, 1984

HALLEGRAEFF G.M. - Pigment diversity in freshwater phytoplankton. 1.A comparison of spectrophotometric and paper chromatographic methods. - Int. Rev. ges. Hydrobio. -61: 149-168, 1976

JACOBSEN T.R. - A quantitative method for the separation of chlorophyll *a*, and *b* from phytoplankton pigments by HPLC - Mar. Sci. Comm. - 4: 33-47, 1978

JEFFREY S.W. - An improved chromatographic technique for marine phytoplankton pigments. - Limnol. Oceanogr. - 26: 191-197, 1981

JEFFREY S.W. & HALLEGRAEFF G.M. - Studies of phytoplankton species and photosynthetic pigments in a warm core Eddy of the East Australian Current. II.A note on pigment methodology.-Mar. Ecol. Prog. Ser. - 3: 295-301, 1980

JENSEN A. & L.IAAEN-JENSEN S. - Quantitative paper chromatography of carotenoids. - Acta Chem. Scand. – 13: 1863 -1869, 1959

JØRGENSEN B.B., REVSBECH N.P., BLACKBURN T.H., COHEN Y. - Diurnal cycle of oxygen and sulphide microgradients and microbial photosynthesis in a cyanobacterial mat sediment. - Appi. Environ. Microbici. - 38: 46-58, 1979

MADIGAN M.T. & BRQCK T.D. - Quantitative estimation of bacteriochlorophyll *c* in the presence of chlorophyll *a* in aquatic environments . Limnol. Oceanogr. - 21: 462-467, 1976

MARKER A.F.H. - A note on the extraction of chlorophyll from benthic algae using methanol. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 14: 88-90, 1980

MARKER. A.F.H. & JINKS S. - The spectrophotometric analysis of chlorophyll *a* and phaeopigments in acetone, ethanol and methanol. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 16: 3-17, 1982

MARKER. A.F.H., NUSCH E.A., RAI H., RIEMANN B. - The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods: Conclusions and recommendation. - Arch. Hydrobiol.Beih. Ergebn. Limnol. - 14: 91-106, 1980

tion. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 14: 91-106, 1980
MCKINNEY G. - Absorption of light by chlorophyll solutions. - J. Biol. Chem. - 140: 315-322, 1941
NUSCH E.A. - Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 14: 14-36, 1980
OELZE J. - Analysis of bacteriochlorophylls - In GOTTSCHALK G. (ed.) Methods in Microbiology - Academic Press - 257-28H, 1985
RAI H. (ed.) - The measurements of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 14: 106 pp., 1980
RAI II. & MARKER A.F.H. (eds.) - The measurement s of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 16: 130 pp., 1982
RICHARDS T.A. & THOMSON T.G. - The extimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. II. A spectrophotometric method for the extimation of plankton pigments. - J. Mar. Res. - 11: 156-172, 1952
RIEMANN B. - A note on the use of methanol as an extraction solvent for chlorophyll *a* determination. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. . - 14: 70-78, 1980
STAL L.J., YAK GEMERDEN H., KRUMBEIN W.E. - The simultaneous assay of chlorophyll and bacteriochlorophyll in natural microbial community. - J. Microbiol. Methods - 2: 295-306, 1984
STANIER R.Y. & SMITH J.H.C. - The chlorophylls of green bacteria. - Biochim. Biophys. Acta - 41: 478-484, 1960
STEENBERGEN C.L.M. & KORTHALS H.Y. - Distribution of phototrophic microorganisms in the anaerobic and microaerophilic strata of Lake Vechten (The Netherlands). Pigment analysis and role in primary production. - Limnol. Oceanogr. - 27 (5): 883-895, 1982
TOLSTOY A. - Information on the standardization of pigments methodology in Nordic countries. - Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. - 14: 81-87, 1980
VERNON L.P. - Spectrophotometric determination of chlorophylls and phaeophytins in plant extract. Anal. Chem. - 32: 1144-1150, 1960
WUN C.-K., RHO J., WALKER R.W., LITSKY W. - A solvent partitioning procedure for the separation of chlorophylls from their degradation products and carotenoid pigments.
- Hydrobiologia - 71: 289-293, 1980

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L. da pag. 347 a pag. 354
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986

ALCUNE CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E BIOLOGICHE DI TRE STAZIONI DEL PORTO DI GENOVA.

S. CERACI, V. ROMAIRONE, M. MONTANARI

Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli. C.N.R. GENOVA.

SUMMARY

Three sampling sites have been chosen in Genoa Port during 1985/86 to control, by means of different species larvae and settled Barnacles, together with some hydrological and biological parameters, the pollution status of portual waters.

The aim of this work is to record some environmental parameters before the under construction city depurator begins to operate and to repete the same measures when the Plant will be running. At present we observed a graduality in pollution from inner to outer stations and a noted difference between deeper and superficial waters, especially concerning Coliforms bacteria, whose higher together with lower salinity values in superficial waters, show a clear stratification due to the freely flowing sewer dischargers. Also a laboratory index (Diatoms/Protozoans at 24, 48 and 72 hours of incubation) confirms this graduality. The Barnacle larvae are more abundant in the eutrophic waters of the inner stations but their settlement is of the same order of magnitude in all the three stations. The barnacle species settled on artificial substrata submerged in the outer station are Balanus amphitrite, B. eburneus , B. perforatus and B. trigonus while in the inner only B. amphitrite and B. eburneus are represented.

INTRODUZIONE

Già da diversi anni il reparto di Biologia dell'Istituto segue l'evoluzione dell'insediamento del fouling nell'avamporto di Genova (Ceraci e Romairone 1982); più recentemente ci si è dedicati in particolare ai Balani dei quali sono stati descritti gli stadi larvali delle quattro specie presenti nel porto di Genova (Ceraci e Romairone 1986). Poiché le larve di questi organismi rappresentano un'apprezzabile quantità dello zooplancton di baie e porti (Bassindale 1936, Le Reste 1965, Picone e Zunini-Sertorio 1976, Zunini-Sertorio et al. 1980) e poiché si è constatato che i balani si insediano con differenze quantitative e qualitative in zone variamente inquinate del porto (Ceraci et al. 1982), si è pensato di usare questa caratteristica per verificare se la prossima entrata in funzione del costruendo depuratore cittadino del

Porto Vecchio possa, modificando l'ambiente portuale, portare a cambiamenti nei rapporti tra le varie specie di balani, sia come larve, sia come organismi insediati.

A tale scopo sono state scelte tre stazioni sufficientemente diversificate topograficamente in relazione agli attuali scarichi misti ed al previsto sbocco dell'effluente depurato. In queste 3 stazioni (Fig. l) sono stati rilevati alcuni parametri ambientali e biologici per un ciclo annuale (1985/86) che consideriamo nella presente nota. Tali rilevamenti verranno ripetuti ad impianto in esercizio.

MATERIALI E METODI

La stazione 1, denominata "Marinetta", su un fondale di 8 m, è prossima ad un grosso collettore fognario e dista non più di alcune centinaia di metri dal previsto sbocco dell'effluente depurato. La stazione 2, denominata "Molo Vecchio", su un fondale di 8 m, risulta al centro del semicerchio del bacino del Porto Vecchio. La stazione 3, denominata "Zattera", è situata nell'avanporto in prossimità dell'apertura di levante, su un fondale di 12 m. In queste stazioni sono state immerse, ad una profondità di 2 m, alla quale risulta minima l'interferenza dell'insediamento algale, tre strutture per pannelli di fibrocemento (300x200x3 mm). Con cadenza quindicinale in ciascuna stazione venivano sostituiti pannelli quindicinali e mensili per il conteggio dei balani insediati e venivano effettuate tre pescate planctoniche verticali con retino in nytal monofilamento a maglie da 80 /< m per un totale di 2-3 m di acqua filtrata. Contemporaneamente venivano registrate la temperatura dell'acqua in superficie a -2 m e la trasparenza mediante il disco del Secchi. Infine venivano campionati 5 1 d'acqua in superficie e a -2 m per la determinazioni di: salinità, pH e Ossigeno disciolto; azoto nitroso, nitrico, fosfati reattivi e seston (Strickland e Parson 1972); clorofilla a (estratta con metanolo anidro e calcolata secondo la formula semplificata di Talling e Driver 1963); coliformi fecali (Coli Counter Sampler della Millipore); test di laboratorio di sviluppo Diatomee/Protozoi ciliati (Tacchi e Montanari 1985).

1. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE.

Nella fig. 2 si può notare come le stazioni scelte differiscano tra loro: vediamo infatti che pH, salinità, Ossigeno di saturazione e trasparenza aumentano in modo continuo man mano che ci si sposta dalla stazione più interna verso la più esterna. Al

contrario nitriti, nitrati, fosfati, coliformi e clorofilla diminuiscono spostandoci nello stesso senso. Più in particolare possiamo osservare come nella stazione 1 i valori di salinità mostrino una netta stratificazione che è già meno evidente nella stazione 2, non interessata a scarichi diretti, e che tende a scomparire nella 3.

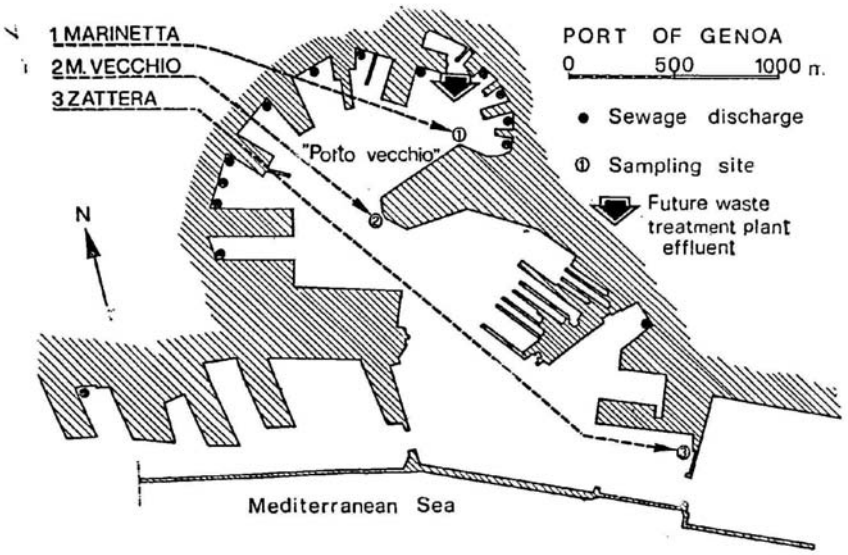


FIG. 1 Stazioni di campionamento e previsto scarico depuratore

Una caratteristica comune a tutti i parametri osservati nella st. l è la loro marcata variabilità evidenziata dagli alti valori delle deviazioni standard e riscontrabile sopratutto nei rilevamenti di superficie. Questa variabilità, pur nel rispetto della suaccennata gradualità, è presente, seppur in modo meno evidente, anche nelle st. 2 e 3. La forte disomogeneità dei dati alla stazione più interna suggerisce l'ipotesi che siano i collettori fognari a funzionare in modo discontinuo, soprattutto in presenza di notevoli apporti di acque meteoriche che, dilavando rivi e collettori, fanno diminuire i valori di salinità, pH e trasparenza ed aumentare quelli del seston, nitrati e coliformi. Questi ultimi passano da valori medi annui per 100 ml di 28250 della st. l ai 758 della 3. Questa diminuzione è meno marcata a -2 m ove passano da 2670 a 336. Ciò è chiaro indice che i coliformi fanno parte di quello strato superficiale che risente dell'apporto di acque miste che si riversano dal centro storico lungo la circonferenza

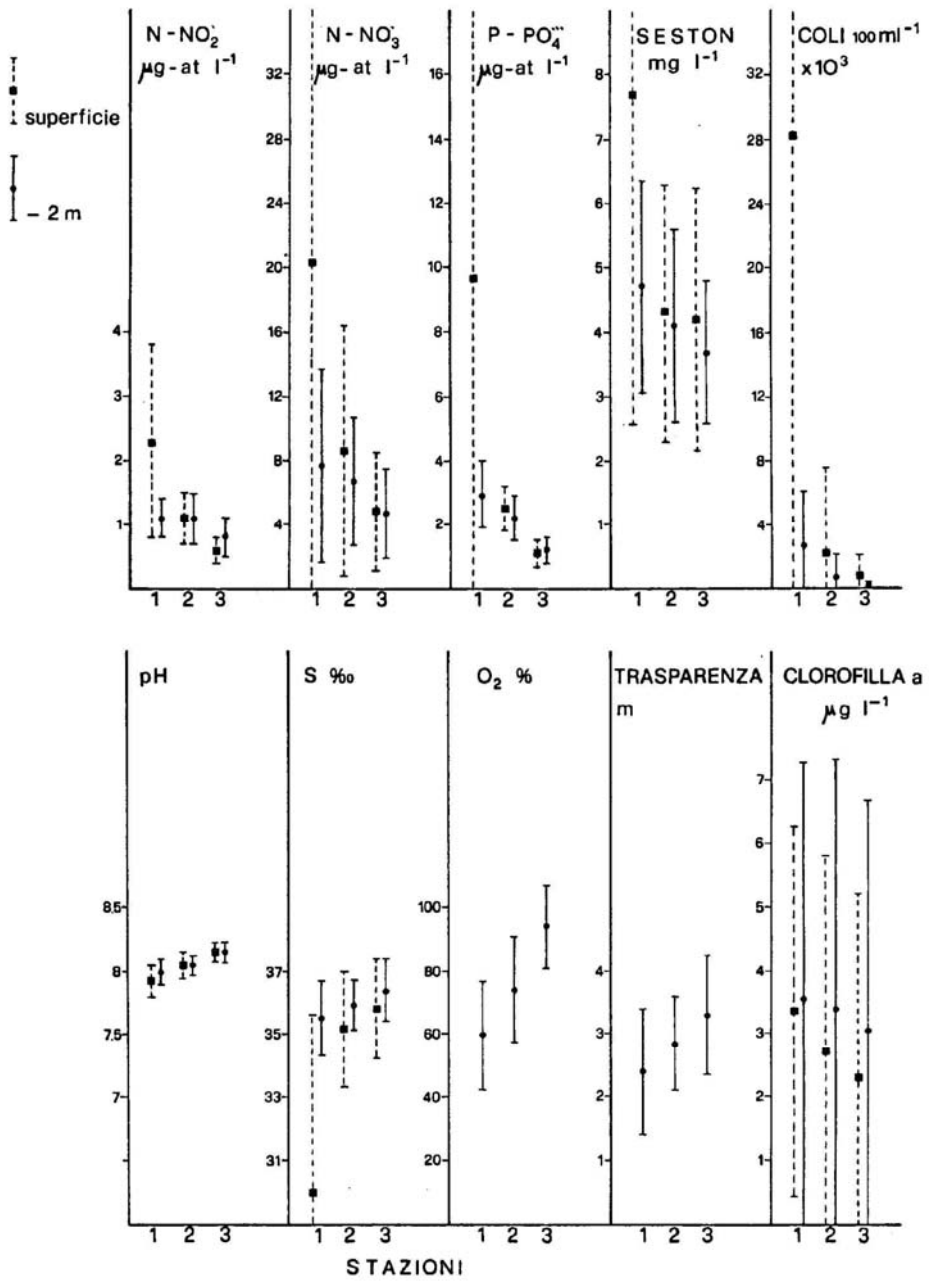


Fig. 2 Medie annuali e deviazioni standard di alcuni parametri ambientali

del bacino del Porto Vecchio. Buona risulta infatti la correlazione tra salinità e coliformi con, rispettivamente in superficie e a -2 m, r = 0,68 e 0,88 alla st. l; r = 0,82 e 0,80 alla st. 2. Viceversa alla stazione 3 essa è r = 0,37 e 0,30. La correlazione tra salinità e nitrati risulta, passando dalla superficie a -2 m, r = 0,92 e 0,87 alla st. l; r = 0,88 e 0,81 alla 2 ed r = 0,68 e 0,67 alla 3. Per quanto riguarda i nitriti la correlazione è buona solo alla st. l in superficie con r = 0,86.

Il test di laboratorio che analizza lo sviluppo del rapporto Diatomee/Protozoi ciliati, elaborato come indice di inquinamento organico "i" (Tacchi e Montanari 1985), e che può assumere valori compresi tra 1 e 0, a seconda del predominio assoluto rispettivamente delle Diatomee o dei Protozoi ciliati, contribuisce a definire le caratteristiche delle stazioni. Tale indice risulta infatti, relativamente alle st. l, 2, 3 in superficie: I = 0,21; 0,46; 0,83 e a -2 m I = 0,23; 0,46; 0,87.

2. LARVE DI BALANI ED INSEDIAMENTO

Pur tenendo conto dei limiti dei valori quantitativi in un campionamento planctonico effettuato con rete, nella fig. 3 si può notare come il numero totale di larve di balani sia di gran lunga minore alla st. 3 rispetto alla 2 ed alla 1 ove si osservano praticamente solo larve di Balanus amphitrite e Balanus eburneus. Alla st. 3 le specie ben rappresentate sono Balanus perforatus, B. trigonus e B. amphitrite. La st. 2 mostra un popolamento più simile alla st. l anche se si inizia a notare la riduzione delle larve di B. eburneus ed un aumento di quelle di B. trigonus. Occorre per altro osservare che la diminuzione del numero totale delle larve registrata nella stazione più esterna è verosimilmente dovuta alla presenza dell'apertura del porto attraverso cui le larve dei balani, come gli altri planctonti, possono venir disperse più facilmente di quanto non avvenga nello specchio acqueo del Porto Vecchio.

Per quanto concerne l'insediamento su pannelli quindicinali (Fig. 3), ciò che più colpisce è che esso risulta dello stesso ordine di grandezza nelle tre stazioni, compresa la 3 che pure presentava un numero di larve circa 4 volte inferiore a quello delle altre due. In questa stazione le quattro specie si sono insediate mantenendo lo stesso rapporto percentuale rilevato per le larve. Sembra, questo dell'avamporto, l'ambiente più idoneo per la sopravvivenza e l'accrescimento dei balani. Possiamo inoltre notare B. amphitrite sia più abbondante, come larve e come organismi in-

sediati in tutte e tre le stazioni. B. eburneus è presente in quantità discreta solo nelle stazioni più interne, B. trigonus le cui larve sono abbondanti alla st. 3, riesce ad insediarsi in maniera ancora massiccia alla 2. mentre è praticamente assente alla 1, analogamente a B. perforatus che mostra esigenze ancora più spiccate per zone più esterne e dotate di maggior idrodinamismo.

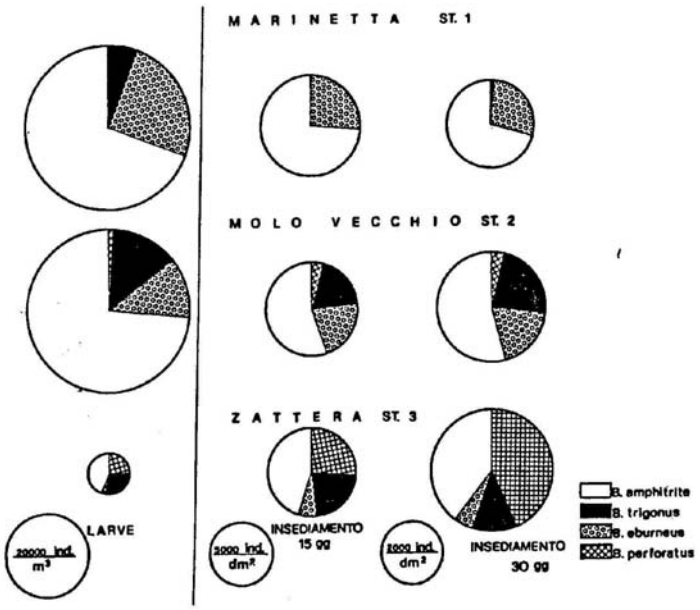


Fig.3 Larve ed insediamento annuo di Balani.

Un'analisi delle differenze d'insediamento delle quattro specie sui pannelli mensili (Fig. 3) fornisce ulteriori elementi di conferma delle tendenze osservate sui pannelli quindicinali. Alla st. l si osserva l'aumento percentuale di B. eburneus che, insieme a B. amphitrite, si conferma specie più eurialina e tollerante di condizioni ambientali sfavorevoli. Alla st. 3 si osserva la riduzione percentuale di B. amphitrite che non è più la specie dominante mentre assumono maggior importanza B. perforatus e B. trigonus. Inoltre l'incremento quantitativo che si osserva sui pannelli mensili è graduale dalla st. l alla 3, confermando le condizioni ottimali d'insediamento e sopravvivenza delle quattro specie in quest'ambiente.

In conclusione riteniamo che le variazioni indotte nell'ambiente dall'entrata in funzione del depuratore dovrebbero essere registrate sia dall'indice di sviluppo Diatomee/Protozoi ciliati,

sia dal popolamento di larve e di balani insediati, se non altro come variazione dei rapporti percentuali medi tra le specie. Esse hanno infatti dimostrato una gradualità di presenze che, pur legata al ridotto idrodinamismo delle zone più interne, appare collegabile ai differenti andamenti dei parametri idrologici. Sembra comunque interessante seguire un ambiente che potrebbe subire importanti modificazioni.

BIBLIOGRAFIA

BASSINDALE R. - The developmental stages of three English barnacles, Balanus balanoides (Linn.), Chthamalus stellatus (Poli) and Verruca stroemia (O.F. Muller). - Proc. Zool. Soc. Lond., 106: 57-74, 1936.

CERACI S. e V. ROMAIRONE - Barnacle larvae and their settlement in Genoa harbour (North Tyrrhenian sea). - P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 3 (3):225-232, 1982.

CERACI S. e V. ROMAIRONE - Larval stages and Balanus (Cirripedia) settlement in a port environment with a key to naupliar stages of Tyrrhenian species.- P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 7(2):151-164, 1986.

CERACI S., V. ROMAIRONE e C. CACCIAVILLANI - Larve dei principali organismi del fouling nelle acque del porto di Genova. - Boll. Mus.Ist.Biol.Univ.Genova, 50 suppl.:213-217, 1982.

LE RESTE L. - Contribution a 1'étude des larves des Cirripedes dans le golfe de Marseille. - Recl.Trav.Statn.Mar.Endoume,38 (54): 33-121, 1965.

PICONE P. e T. ZUNINI SERTORIO - Barnacle larvae in italian harbours waters. - Proc. 4th Int.Congr.Marine Corrosion and fouling. Antibes. 1976.

STRICKLAND J.D.H. e T.R. PARSON - A pratical handbook of seawater analysis. - Fish.Res.Can.Bull.167: 1-310, 1972.

TACCHI B. e M. MONTANARI - Research to determine the extent of organic pollution of the genoese coastal waters. Diatoms/Ciliated Protozoans ratio. - Oebalia, 11:875-878, 1985.

TALLING J.F. e D. DRIVER - Some problems in the estimation of chlorophyll a in Phytoplankton. - Proc. U.S. Atomic Energy Comm. Hawaii T.I.D. 7633: 142-146, 1963.

ZUNINI SERTORIO T., N. DELLA CROCE e P. PICONE - Ecologia e biologia dei porti del Mar Ligure ed alto Tirreno. 11 Parametri ambientali e popolamento zooplanctonico del porto di Genova. - Catt.Idrobiol.Pise.Univ.Genova. Rapp.Tech.1980.

da pag. 355 a pag. 366 ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986

L'AREA LAGUNARE DI OLIVERI-TINDARI: SUE VARIAZIONI MORFOLOGICHE RECENTI ED EVOLUZIONE DEI POPOLAMENTI A MOLLUSCHI

° S. GIACOBBE, °° M. LEONARDI

° Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina,
Università di Messina
°° Istituto Sperimentale Talassografico, C.N.R.,
Messina

SUMMARY

The Oliveri-Tindari Area is an environment characterized by a remarkable dynamic trend. In the present note the main phases of its morphological evolution from 1938 up today are described; and the variations occurred in the chemical characteristics and in the benthic populations, due to alternate phases of isolation of the basins from the sea are illustrated. It is also described the present composition and structure of the mussels populations.

INTRODUZIONE

Sul litorale tirrenico della provincia di Messina, fra Capo Milazzo e Capo Calava (Golfo di Patti), è ubicato il piccolo sistema di stagni salmastri noto come Area Lagunare di Oliveri-Tindari. Le principali caratteristiche di quest'ambiente sono il relativo isolamento dei singoli bacini ed il notevole dinamismo del suo assetto morfologico. Le variazioni di forma ed estensione che il sistema lagunare ha subito nell'ultimo decennio sono meno evidenti che nel passato; sono state tuttavia sufficienti a determinare, in alcuni bacini, sostanziali cambiamenti nello stato chimico-fisico delle acque. Analogamente, i popolamenti bentonici hanno subito modificazioni spazio-temporali, che è stato possibile, in parte, registrare. In tale contesto è stata eseguita nell' agosto scorso, una serie di campionamenti preliminari, allo scopo di fornire dati quantitativi (numerici e ponderali) sui popolamenti a molluschi che, nell'Area Lagunare di 0liveri-Tindari rappresentano la componente bentonica più rilevante.

1. CENNI SULL'EVOLUZIONE MORFOLOGICA DEL SISTEMA LAGUNARE

Gli stagni Marinello, Mergolo della Tonnara e Verde, già

riconoscibili in una carta I.G.M. del 1938, furono descritti per la prima volta da ABBRUZZESE ed ARIC O' (1955), i quali, riferendosi a fonti orali, facevano risalire la loro origine intorno al 1805. Gli altri tre stagni (Nuovo, Piccolo e Porto Vecchio) che oggi completano la fisionomia del sistema, si sono originati rispettivamente negli anni 1968, 1972, 1978. I momenti storici citati come data di formazione degli stagni, si riferiscono a periodi in cui rilevanti fenomeni di ripascimento hanno fatto mancare, a-gli stessi, rapporti ampi e costanti col mare.

In Fig. 1 si può osservare come la storia evolutiva del sistema proceda mediante la formazione di frecce litorali e successiva frammentazione dei bracci di mare da esse circoscritti. Nel riquadro A, in cui è riportata la situazione relativa al 1938, i tre stagni di più antica formazione appaiono di forma già non dissimile dall'attuale. Il riquadro B mostra la situazione relativa al 1968, fase di transizione che prelude alla chiusura dei tre bacini più recenti. Nel riquadro C infine (1978) la situazione è già molto vicina a quella attuale, resta infatti in comunicazione col mare solo l'ultimo dei sei bacini che costituiscono oggi il sistema (Fig. 2). Ricordiamo ancora che oltre gli eventi naturali, anche l'intervento antropico ha inciso, in qualche caso, sull'assetto del sistema; basti ricordare lo scavo di un canale, per pratiche di acquacoltura, operato nel 1968. Tale canale metteva in comunicazione tra di loro gli stagni Mergolo della Tonnara e Verde, e quest'ultimo con l'attuale Porto Vecchio, all'epoca ancora in ampia comunicazione col mare.

2. PRINCIPALI VARIAZIONI NELLO STATO CHIMICO DELLE ACQUE

Durante le fasi di isolamento dal mare, lo stato alino dei bacini subisce marcate variazioni, a causa della presenza di cospicui apporti freatici. I valori di salinità registrati in tali occasioni (1954 e 1985) risultano infatti nettamente inferiori a quelli riscontrati in periodo di collegamento col mare (1978). ABBRUZZESE ed ARICO', nel 1954, registrano per gli stagni Mergolo della Tonnara e Verde valori di salinità rispettivamente pari a 28,51%. e 24,31%., e li definiscono in alternanza di fasi mesoaline e polialine. In seguito alla apertura del canale i valori di salinità aumentano, come riportato da CRISAFI, GIACOBBE e LEONARDI (1981), che nel 1978 registrano per il Mergolo della Tonnara 34,10%. nella porzione Nord e 34,00%. a Sud, mentre citano per il Verde 36,40%. alla riva Nord e 35,70%. alla riva Sud.

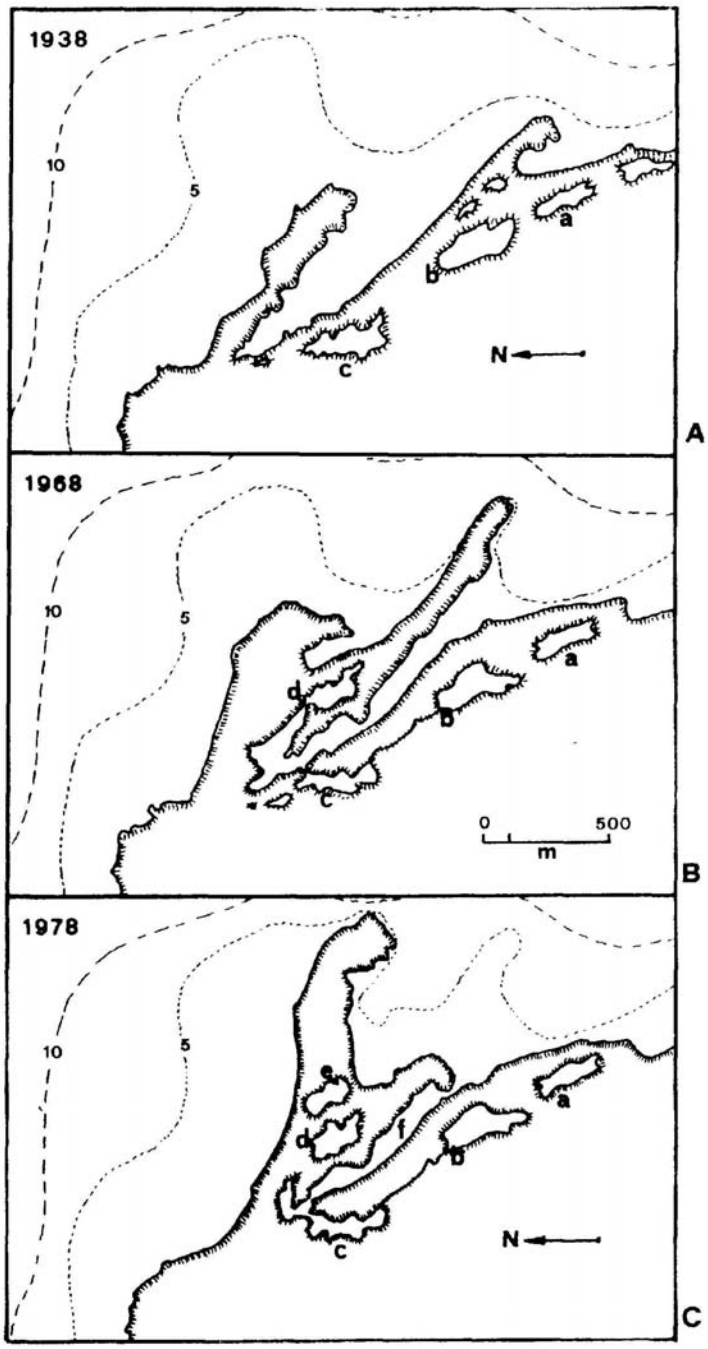


Fig. 1. Conformazione dell'Area Lagunare di 01iveri-Tindari negli anni 1938 (A), 1968 (B), 1978 (C), e progressiva formazione dei sei stagni: Marinello (a), Mergolo della Tonnara (b), Verde (e). Nuovo (ci), Piccolo (e), Porto Vecchio (f).

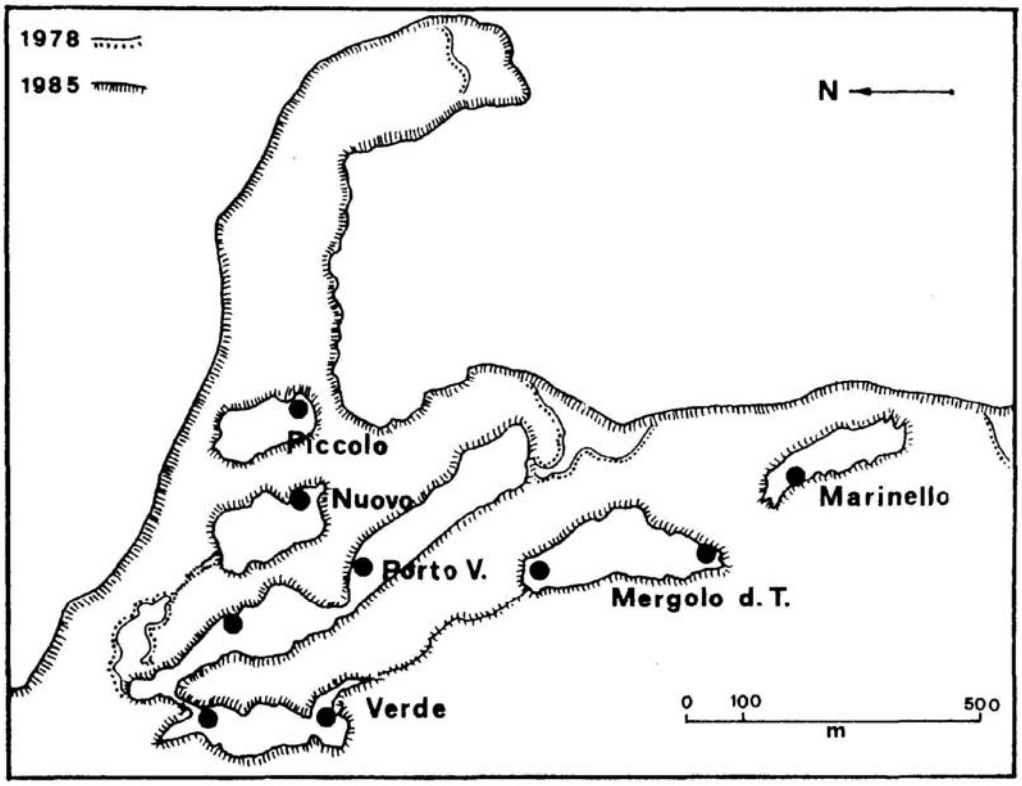


Fig. 2. Conformazione dell'Area Lagunare di Olivieri-Tindari nel 1978. Aggiornamento al 1985 con l'ubicazione delle nove stazioni di prelievo

STAZIONE	Salinità S%.			Ossigeno disciolto ml/l		
	1954	1978	1985	1954	1978	1985
Marinello	14.61	--	18.14	4.52	--	6.33
Mergolo-Nord	28.51	34.10	30.13	4.59	5.72	5.94
Mergolo-Sud	--	34.00	30.70	4.59	5.98	6.02
Verde-Nord	24.31	36.40	26.44	4.47	5.55	7.96
Verde-Sud	--	35.70	--	--	5.35	--
Porto Vecchio-Nord	--	36.80	31.03	--	5.85	6.30
Porto Vecchio-Sud	--	37.70	--	--	5.89	--
Nuovo-Nord	--	37.50	33.18	--	5.78	6.30
Nuovo-Sud	--	37.50	--	--	6.05	--
Piccolo-Nord	--	37.60	34.23	--	5.54	4.99
Piccolo-Sud	--	37.60	--	--	5.44	--

Tab. 1. Tabella riepilogativa dei valori di Salinità ed Ossigeno disciolto negli anni 1954, 1978 e 1985.

Nel 1979 si interrompe la comunicazione col mare , con conseguente graduale diminuzione della salinità; i rilevamenti eseguiti nell'agosto scorso, danno per il Mergolo della Tonnara una salinità del 30 13%. alla riva Nord e del 30,70%. alla riva Sud; il valore registrato per il Verde è pari al 26,44%. Per gli stagni di recente formazione non si hanno ovviamente dati storici; è possibile comunque notare un decremento dei valori attuali rispetto a quelli del 1978. Tale decremento è da ritenersi,anche in questo caso, una conseguenza del già citato episodio di interruzione dei collegamenti col mare. Infatti, anche se allo stato attuale tutti i bacini sono morfologicamente isolati, nondimeno esistono influenze reciproche, testimoniate, nel nostro caso, dal generalizzato abbassamento della salinità. Tali relazioni sono rese possibili dalla notevole permeabilità delle barre di sabbia grossolana che separano i bacini.

I valori di ossigeno disciolto mostrano che, nonostante il particolare momento stagionale (agosto) ed il parziale stato di isolamento dei bacini, il sistema non presenta manifestazioni di particolare sofferenza ambientale. Ancora possiamo osservare, dal confronto dei tre momenti storici citati in tabella, un generale incremento dei valori, dai primi rilevamenti a quelli attuali. Si può ipotizzare a questo proposito l'esistenza di una relazione col maggiore sviluppo dei popolamenti fitobentonici osservato negli ultimi anni.

3. PRINCIPALI VARIAZIONI NEI POPOLAMENTI A MOLLUSCHI E LORO STATO ATTUALE

Da quanto finora esposto emerge che negli anni 1968-1978 si è verificata una fase di massimo scambio fra i bacini ed il mare. In tale fase una bocca di laguna relativamente ampia si apriva a Sud del Porto Vecchio che costituiva, di conseguenza, un ambiente di transizione, rispetto a quello tipicamente salmastro degli stagni più interni. Principale caratteristica di questo bacino era la presenza, nella sua porzione centrale subpianeggiante (2m-3m di profondità), di popolamenti ascrivibili alla Biocenosi delle Sabbie Fangose di Ambiente Calmo (SVMC di PERS & PICARD, 1964), con Cymodocea nodosa e Caulerpa prolifera distribuite a mosaico. Nella macrofauna dominavano Holothuria tubulosa, Cerianthus membranaceus e, fra i molluschi, Loripes lacteus, Gastrana fragilis, Jagonia reticolata, Cerithium vulgatum. Nella porzione periferica, più superficiale, si estendeva per contro una ben individuata Biocenosi delle Sabbie Grossolane e Ghiaie Fini sotto l'in-

fluenza delle Correnti di Fondo (SGCF di PERES & PICARD, 1964), con le specie di Bivalvi caratteristiche esclusive e preferenziali Dosinia exoleta, Donax variegatus, Venerupis lucens, Tellina crassa, Tellina donacina, Laevicardium crassum ed il cefalocordato Branchiostoma lanceolatum anch'esso caratteristico esclusivo.

Nella porzione terminale di questo bacino (Fondo Porto) e nei due stagni Nuovo e Piccolo, la Biocenosi SVMC si arricchiva, da un canto, della presenza massiva del bivalve Venerupis aurea, in funzione della minore profondità e del diradarsi del Cymodoceetum, mentre d'altro canto apparivano sempre più numerosi elementi della Biocenosi delle Lagune Euriterme ed Eurialine (LEE di PERES & PICARD, 1964), quali ,Rissoa grossa, etc .

Negli stagni a ridotta comunicazione (Verde e Mergolo) la Biocenosi LEE assumeva una fisionomia sempre più marcata e comprendeva, per i popolamenti a molluschi, le specie che esclusive Cerastoderma edule ed Abra ovata e le caratteristiche accompagnatrici Loripes lacteus e Gastrana fragilis. I due stagni erano inoltre singolarmente caratterizzati, l'uno (Verde) da una circoscritta facies a Mercierella enigmatica (Policheti), 1'altro (Mergolo) dalla rilevante frequenza dei molluschi Mytilaster lineatus e Cerithium rupeste. Nello stagno Marinello, che continuava ad essere l'unico isolato dal mare, la Biocenosi LEE assumeva caratteristiche estreme, con un popolamento a molluschi ormai monospecifico (Abra ovata).

Con l'interruzione degli scambi col mare (1978), la situazione biocenotica si è rapidamente evoluta fino ad una pressoché totale dominanza dei popolamenti LEE. Questa è documentata da i risultati dei nove campionamenti riportati nelle TABELLE 2 e 3, rispettivamente con i valori di abbondanza-dominanza e di biomassa (intesa come peso secco decalcificato, a 100°C). Le specie di molluschi riscontrate sono otto, ed alcune di esse determinano la caratteristica peculiare degli stagni. Ad esempio Mytilaster marioni mai prima riscontrato in alcuno dei bacini, sembra localizzato nel Mergolo della Tonnara, con un massimo di abbondanza nella stazione Sud (oltre 38000 esemplari/m^2, pari a 1830 g/m^2). Cerastoderma edule mostra un'incidenza significativa solo nello stagno Verde, che risulta però caratterizzato dalla notevole incidenza di Abra ovata (da 132 a 648 individui/m^2, pari a valori di dominanza del 70% e 57% rispettivamente). Ancora Abra ovata risulta ovviamente l'unica specie di mollusco riscontrata nello stagno Marinello, il suo valore di abbondanza è comunque bassissimo (20

SPECIE	Marinello		Mergolo				Verde				Porto Vecchio				Nuovo		Piccolo	
			Nord		Sud		Nord		Sud		Nord		Sud					
	abb.	dom.	abb	dom.	abb.	dom.	abb.	dom.	abb.	dom.	abb.	dom.	abb.	dom.	abb.	dom.	abb.	dom.
Mytilaster marioni (LOCARD)			48	10.17	38480	96.60												
Loripes lacteus (L.)			4	0.85														
Cerastoderma edule (L.)					8	0.02	20	10.64	196	17.31								
Abra (A.) ovata (PHILIPPI)	20	100.00			4	0.01	132	70.21	648	57.24								
Tapes (Ruditapes) decussatus (L.)			32	6.78	16	0.04					16	16.00	492	85.42	380	88.79	28	30.43
Cerithium rupestre RISSO			388	82.20	1252	3.14	8	4.26	196	17.31	52	52.00	24	4.17	48	11.11	28	30.43
Truncularіopsis trunculus (L.)					4	0.01												
Cyclope Neritea (L.)					56	0.14	28	14.89	92	8.13	32	32.00	60	10.42			36	39.13
TOTALE	20	100.00	472	100.00	39820	99.96	188	100.00	1132	99.99	100	100.00	576	100.01	428	100.00	92	99.99

Tab. 2. Tabella riepilogativa dei valori di abbondanza e dominanza relativi al popolamento a molluschi nelle nove stazioni di prelievo

	Marinello	Mergolo		Verde		Porto Vecchio		Nuovo	Piccolo
		Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud		
Mytilaster marioni (LOCARD)		0.06	1830.01						
Cerastoderma edule (L.)				0.25	0.79				
Abra (A.) ovata (PHILIPPI)	0.09		0.01	0.46	1.15				
Tapes (Ruditapes) decussatus (L.)		0.12	0.02			0.04	28.80	7.21	0.16
Cerithium rupestre RISSO		0.33	61.48		2.69	0.38	0.18	0.30	0.09
Cyclope neritea (L.)			0.15	0.26	0.66	0.22	0.48		0.20
TOTALE	0.09	0.51	1897.67	0.97	5.29	0.64	29.46	7.51	0.35

Tab. 3. Tabella riepilogativa dei valori di biomassa (Peso secco a 100°C, in g/m^2) relativi al popolamento a molluschi nelle nove stazioni di prelievo.

individui/m^2, pari a 0,09 g/m^2). Venerupis decussata, che oggi ha soppiantato la preesistente Venerupis aurea, caratterizza invece i bacini di più recente formazione (Nuovo, Piccolo, Porto Vecchio), con un massimo di densità nella stazione Sud del Porto Vecchio (492 individui/m^2, pari a 28,80 g/m^2) e valori massimi di dominanza nello stagno Nuovo (88,8%). Le variazioni di densità riscontrate fra i popolamenti possono essere in primo luogo attribuite a differenze nello stato trofico delle acque dei singoli bacini. Tale ipotesi è confortata dalla distribuzione dei nutrienti evidenziata in CRISAFI, GIACOBBE e LEONARDI (1981).

Per concludere, un'ulteriore descrizione della struttura dei popolamenti, può essere fornita dall'indice H di Shannon, associato all'indice E di equitabilità (Tab.). Nel nostro caso sono ben riconoscibili due gruppi di stazioni, l'uno caratterizzato da valori di H maggiori dell'unità (Verde Nord e Verde Sud, Vecchio Nord), l'altro da valori minori (Mergolo Nord e Sud, Vecchio Sud, Piccolo). Per lo stagno Marinello l'indice risulta nullo.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In conclusione, la tendenza del sistema lagunare nel suo complesso sembra essere di un progressivo isolamento dal mare. In conseguenza di ciò, popolamenti di ambiente marino, più o meno diversificati (SVMC, SGCF, etc.) evolvono rapidamente verso popolamenti monotoni di ambiente salmastro (LEE), che la successiva segregazione spinge verso facies particolari. In tale contesto la distribuzione delle specie di molluschi sembra da porsi principalmente in relazione con l'andamento della salinità e con l'idrodinamismo. Attualmente infatti il gradiente di salinità, che è in relazione al grado di isolamento dei bacini, determina una successione spaziale delle specie di molluschi, e di Bivalvi in particolare, che si accorda col grado di eurialinità loro attribuito da MARS (1952): Abra ovata, Cerastoderma edule, Mytilaster marioni, Loripes lacteus, Venerupis decussata. Tale distribuzione trova riscontro anche nel riferimento alle abitudini trofiche, per cui specie detritivore (ad es. Abra ovata) soppiantano le filtratrici (Venerupis decussata) negli ambienti più segregati, a basso idrodinamismo e maggior tasso di sedimentazione fine.

5. RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Italo Di Geronimo per la lettura del manoscritto.

STAZIONE	n°sp.	n°ind.	H	H max	E
Marinello	1	20	--	--	--
Mergolo Nord	4	472	0.89	2.00	0.44
Mergolo Sud	7	39820	0.23	2.80	0.08
Verde Nord	4	188	1.31	2.00	0.65
Verde Sud	4	1132	1.63	2.00	0.82
Porto Vecchio Nord	3	100	1.44	1.58	0.91
Porto Vecchio Sud	3	576	0.73	1.59	0.46
Nuovo	2	428	0.51	1.00	0.51
Piccolo	3	92	1.57	1.58	0.99

Tab. 4. Tabella riepilogativa del numero di specie (n°sp.), del numero di individui (n°ind.). dell'indice di Shannon (H) e dei parametri correlati (H max ed E) relativi al popolamento a molluschi nelle nove stazioni di prelievo.

6. BIBLIOGRAFIA

ABBRUZZESE D. & ARICO' F .-Osservazioni geomorfologiche e fisico-chimiche sui laghi di 0liveri-Tindari. -Boi1. Pesca Piscic.Idro biol., 10, p. 1-23 (1955).

CRISAFI E., GIACOBBE S., LEONARDI M. -Nuove ricerche idrobiologiche nell'Area Lagunare di 01iveri-Tindari (Messina) I. Morfologia dei bacini e caratteristiche fisico-chimiche delle acque e dei sedimenti - Mem. Biol. Mar. e Ocean., 11,p.139-186 (1981).

MARS P.-Euryhalinité de quelques mollusques mèditerranéens - Vie et Milieu, 1, p. 441-448 (1950).

PERES J.M. & PICARD J.-Noveau manuel de bionomie benthique de la Mer Mèditerranée - Rec. Trav. St. Mar. Endoyme,31,137 pp.(1964).

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 367 a pag. 372

INDAGINE PRELIMINARE SULLE DIATOMEE SEDIMENTARIE COME INDICATRICI DELLA DINAMICA AMBIENTALE RECENTE DEL LAGO BARATZ (SARDEGNA SETTENTRIONALE).

Luglié A.
Istituto di Botanica, Università di Sassari.

SUMMARY

Lake Baratz is the only natural lake of Sardinia. It is a eutrophic lake (Sechi e Cossu, 1980). In order to know its late history, a sediment core, from a littoral zone of lake, was sampled and freezed immediately. It was dissected in fifty-none sub-samples and every sample was treated according to Schrader (1973), to study sedimentary Diatomeae. The water content shows a normal behaviour whereas organic content shows a unusual trend. Cyclotella comta and Cocconeis placentula are the most important species quantitatively. The results assents to suppose that, when the deep sub-samples have stored, the level of lake was lower than now. To confirm the present data, also with others parameters, futher studies will be make.

INTRODUZIONE

II lago di Baratz, situato nella Nurra nord-occidentale, è l'unico lago naturale della Sardegna. Informazioni sul lago sono riportate in Cottiglia (1969), Sechi e Cossu (1980). Negli anni'30 parte del bacino imbrifero è stato sottoposto a bonifica agraria e negli anni '50 è stata attuata una forestazione interessante una fascia, circostante il lago, di circa 600-1000 m. L'utilizzazione dell'acqua per l'irrigazione, durata circa 15 anni, ha provocato, negli anni '75-'76, il quasi totale prosciugamento del lago. La sospensione dei prelievi idrici ha permesso il ripristino del volume già dal 1977-1978. Secondo Sechi e Cossu (1980) il lago va considerato eutrofico ed oligoalino. Data l'importanza ecologico-naturalistica del lago, dovuta sopratutto alla peculiarità del Baratz come unico ambiente lacustre naturale della regione, è stata compiuta un'indagine preliminare sulle Diatomeae del sedimento, per capire alcuni aspetti della sua evoluzione recente.

METODI

Una carota di sedimento lunga circa 50 cm, prelevata con un tubo in plastica da una zona litorale del lago ad una profondità di 4 m e subito estrusa in laboratorio, è stata sezionata in 59 sezioni di 0,8-0,9 cm di spessore, immediatamente congelate. Da ogni campione scongelato è stato prelevato un grammo di sedimento e trattato secondo la procedura di Schrader (1973)- I vetrini, preparati con 50 ul di materiale trattato, sono stati esaminati in contrasto di fase, cercando di conteggiare un minimo di 200 frustoli per ogni specie. Una parte del sedimento è stata utilizzata per la determinazione del peso fresco, del peso secco (dopo essiccazione in stufa per 4 ore a 105°C), del contenuto idrico (come differenza tra il valore di peso fresco e quello di peso secco), del contenuto di sostanza organica (previa cottura in forno a muffola per 6 ore a 550°C).

RISULTATI

II contenuto idrico (fig. 1a) diminuisce dalle sezioni superficiali (85%) verso quelle profonde (50%), ad eccezione di un picco (70%) a circa 36 cm dalla superficie (sez. 40) mentre, conseguentemente, il peso secco mostra un comportamento inverso; il contenuto di sostanza organica decresce dalla superficie (circa 19%) fino ai 27 cm di profondità (sez. 30; 15%),per riaumentare nella porzione successiva (23%). Tra contenuto idrico e sostanza organica, considerando l'intera carota, esiste una correlazione significativa ma di tipo inverso (r = - 0.469; P 0.001). Secondo Hakanson (1983), invece, la relazione tra i due parametri dovrebbe essere diretta. Una relazione diretta e significativa (r = 0.562; P 0.001) esiste solo per i primi 36 cm. Nella figura 1b viene riportata la densità totale delle Diatomeae, in relazione alla profondità. In superficie è stato riscontrato il valore massimo (60 x 10^6 cell./g.ps) e a 40 cm di profondità il valore minimo (sez. 49; 1 x 10^5 cell./g.ps.). Come schema generale sembra di poter notare una costante diminuzione dalla superficie verso la profondità, sebbene siano presenti notevoli variazioni dei valori a 4 cm (sez. 5; 13 x 10^6 cell./g.ps) e a 14 cm (sez. 15; 30 x 10^6 cell./g.ps) dalla superficie. Tra le numerose specie riscontrate nel sedimento poche hanno importanza in relazione alla densità e solo per queste si è proceduto alla determinazione tassonomica. Nella figura 1c viene riportato il numero totale di specie nei diversi livelli. Il valore massimo corrisponde ai 38 cm di profondità (sez. 43), mentre quello minimo si è presentato negli ultimi 4

cm della carota. Anche in questo caso sembra presente una diminuzione del numero di specie dalla superficie verso le sezioni profonde, ma questo va considerato come un effetto del basso numero di specie delle ultime sezioni. Infatti, se si escludono dai calcoli i valori delle sezioni inferiori, si ottiene un trend in costante aumento. Le specie che hanno mostrato maggiori densità sono state: Cyclotella comta (Ehr.) Kutz., Cocconeis placentula Ehr., Amphora commutata Grun., Amphora sp., Achnantes microcephala Kutz., Mastogloia smithii Thawaites, Navicula sp., Synedra acus Kutz., Cymbella affinis Kutz., Cymbella microcephala Grun., Fragilaria capucina Demazieres, Chaetoceros mullerii Lemmermann, Opephora martyi Heribaud, Diatoma elongatum (Lyngb.) Agardh, Campylodiscus clypeus Ehr., Anomoeoneis sphaerophora (Ehr.) Pfitzer. Oltre il 95% della densità totale è rappresentato da C. comta e C. placentula.

C. comta presenta (fig. 1d) la densità massima nella sezione superficiale (48 x 10^6 cell./g.ps) mentre la sua presenza è irrilevante nelle sezioni profonde. La specie presenta un andamento in costante diminuzione verso le sezioni profonde. C. placentula non raggiunge i valori della specie precedente e mostra un comportamento diverso (fig. 1e). Il valore massimo (8 x 10^6 cell./g.ps) è presente tra i 30 e i 40 cm di profondità, mentre nelle altre sezioni i valori sono estremamente, bassi o addirittura nulli. Si sono calcolate, su un valore medio relativo all'intera carota, le percentuali delle diverse specie distinte in base ai requisiti di salinità delle acque (fig. 1f). Il 29% è rappresentato da specie preferenti acque dolci (A), il 33% acque salmastre (B), il 18% acque marine (C). Il restante 20% è costituito dalle specie per le quali non si è trovata indicazione in bibliografia (D).

DISCUSSIONE

I risultati ottenuti dall'analisi di alcuni parametri del sedimento del lago di Baratz permettono di supporre che al tempo della deposizione degli strati più profondi della carota, il livello del lago fosse decisamente più basso rispetto all'attuale. Infatti lo andamento del contenuto di sostanza organica presenta un comportamento conforme a quello degli altri laghi (Hakanson, 1983) solo per metà carota, mentre nella porzione profonda appare un comportamento inverso; anche il rapporto riscontrato tra contenuto di sostanza organica e contenuto idrico, relativo all'intera carota, è contrastante con quello che si verifica normalmente. Solo se si prendono in considerazione i primi 36 cm si ottiene tra i due parametri una correlazione significativa e positiva. Il numero com-

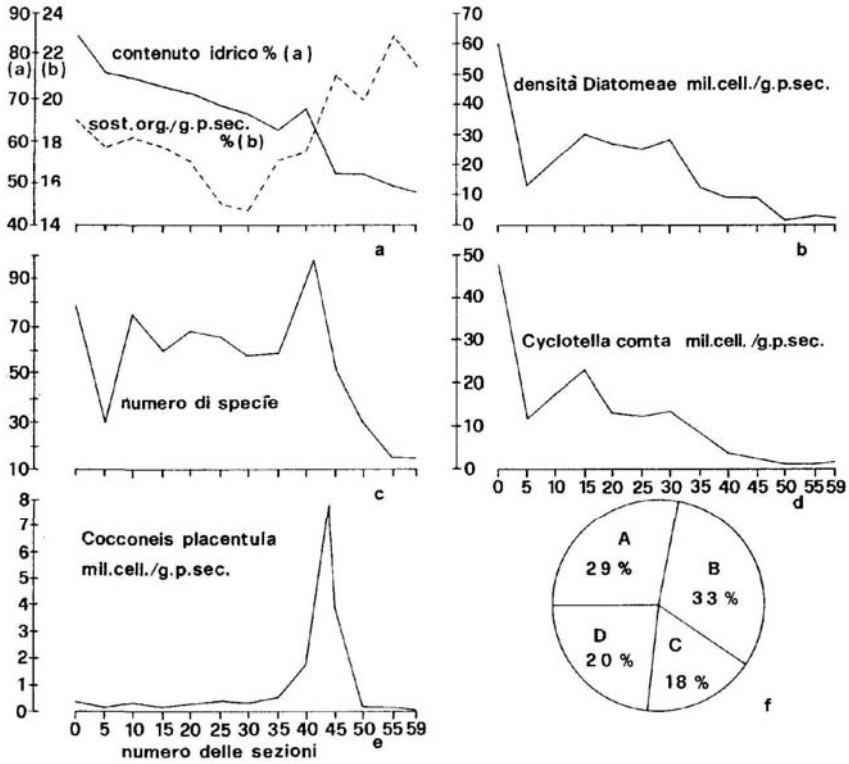


Fig. 1 - Rappresentazione grafica delle variabili considerate.

---

plessivo di specie e la densità totale delle Diatomeae indicano che nel lago in passato, nell'arco di un breve periodo, si sono inserite numerose specie. L'insieme di questi dati porterebbe a dividere la carota analizzata in due porzioni: una superficiale con comportamento raffrontabile a quello di altri laghi ed una profonda con comportamento piuttosto anomalo. L'analisi microscopica effettuata su materiale non trattato ha messo in evidenza la presenza, nella sola porzione profonda, di abbondanti resti vegetali, tra i quali fusti e oogoni di Characeae, e numerosi frammenti di gusci calcarei, probabilmente appartenuti a Gasteropodi limnici. La loro presenza non sarebbe possibile se non si ammettesse che al momento della deposizione di questi strati, il livello delle acque fosse decisamente più basso dell'attuale. Questo darebbe una spiegazione agli alti valori di sostanza organica e all'eleva-

to numero di specie di Diatomeae riscontrato in profondità. Per meglio capire quale sia stata la storia del lago si stanno analizzando altre carote di sedimento. Lo scopo degli ulteriori studi è quello di confermare, anche con l'analisi di altri parametri, i risultati ottenuti, di datare gli eventi sino ad ora registrati e di indagare, con carote più lunghe, sulla precedente storia del lago.

BIBLIOGRAFIA

Cottiglia, M. 1969. Il lago di Baratz. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., 5: 15-42.

Hakanson, L.and M. Janssen. 1983- Principles of lake sedimentology. Springer-Verl., Berlin.

Sechi, N.e A. Cossu. 1980. Note preliminari sull'ecologia del lago di Baratz. Atti del 3° Congresso A.I.O.L. Sorrento 18-20 dicembre -1978.

Schrader, H.J. 1973- Proposal for a standardized method of cleaning diatom-bearing deep-sea and land-exposed marine sediments. In 2th. Symp. Ree. Fos. Diatoms. R. Simonsen Ed. London, september 4-9, 1972. Verlag von J. Cramer.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. .373 a pag. 384

PRIME ESPERIENZE DI INTERCALIBRAZIONE DEL GRUPPO INFORMALE DI LIMNOLOGIA: ANALISI CHIMICHE.

R. Mosello e R. Baudo, CNR Istituto Italiano di Idrobiologia,
Pallanza
G. Tartari e M. Camusso. CNR Istituto di Ricerca sulle
Brugherio
6. Marengo e H. Muntau. Centro Comune di Ricerca, Ispra

SUMMARY

First experiences in intercomparison of the Informai Limnology Group: chemical analyses.

In order to guarantee reliable analytical results, laboratories can resort to internal and external quality controls. For each method of analysis adopted, the internal controls will be concerned with the smooth functioning and correct use of the instruments, calibration procedures, and the purity of the reactives used. Furthermore it is desirable, if not usual practice, to employ precision determinations at different concentrations falling within the field of validity of the analytical method, and determinations of the lower limits detection and quantification.
External quality controls involve the use of certified samples and intercomparison between various laboratories latter activity can give a correct indication of the comparability of data produced by different working groups; in even using the same methods of analysis and good quality instruments, the divergences which emerge in the results are often disconcerting.
Conscious of these problems, a group of research Institutes of the C.N.R., University and other Organization implied in environmental control, has conducted a campaign of intercomparison of the analytical determinations most widely used in limnological research: compounds of phosphorous, nitrogen and silicate, pH, conductivity and principal ions. At the same time similar tests were carried out relating to the determination of chlorophyll, and the identification and evaluation of the biomass of phytoplankton samples, The tests here reported were performed on lake water without added

nutrients and on water enriched with nutrients, filtered and left to stabilize for about one month at room temperature and in the light.
This paper aims to discuss the results of the first four intercomparisons of chemical methods, and to illustrate prospects for further work.

INTRODUZIONE

In risposta all'esigenza di un più intenso scambio di esperienze e informazioni fra persone operanti nel campo della limnologia e appartenenti ad Istituti di ricerca del C.N.R., universitari e di altri Enti, nel Novembre 1984 si formava a Pallanza il Gruppo Informale di Limnologia. I motivi di interesse comune erano individuati negli aspetti teorici e sperimentali delle pratiche di studio dei laghi. Un primo problema concreto affrontato dal Gruppo ha riguardato la confrontabilità dei risultati delle analisi chimiche e delle determinazioni di clorofilla eseguite in diversi laboratori, nonché le metodiche di classificazione e valutazione della biomassa del fitoplancton.

Per quanto riguarda il primo aspetto, è noto che al fine di assicurare risultati analitici di accettabile affidabilità i laboratori di analisi possono far ricorso a controlli di qualità interni ed esterni. I primi devono riguardare, per ciascuna metodica di analisi, la buona efficienza e l'uso corretto della strumentazione, le procedure di calibrazione e la purezza dei reattivi usati. Sono inoltre auspicabili, anche se non di pratica generale, determinazioni di precisione, da effettuarsi a diverse concentrazioni comprese nel campo di validità della metodica analitica, e determinazioni dei limiti inferiori di rivelabilità e quantificazione.

I controlli di qualità esterni consistono nell'uso di campioni certificati, fra i quali si possono citare quelli del National Bureau of Standards e del Bureau Communitaire de Reference (Alvarez, Rasberry and Uriano, 1982; Chau, 1983; Marchandise, 1985).

Fra i controlli di qualità esterni vanno anche citate le campagne di intercalibrazione tra laboratori, che consentono di valutare la confrontabilità dei dati prodotti da diversi gruppi di lavoro; infatti, anche utilizzando le stesse metodiche di analisi e strumentazione di buona qualità, le divergenze che emergono nei risultati sono spesso sconcertanti.

Negli ultimi anni in Europa e nel N. America sono state compiute numerose campagne di intercalibrazione finalizzate

alle più diverse metodiche analitiche (Thrane, 1978; Olfasson, 1982; Hanssen, Ladegard and Thrane, 1983; Smith, 1984; Baudo and Muntau, 1985). Nella vicina Confederazione Elvetica l'Istituto federale per la protezione delle acque (EAWAG) organizza sistematiche intercalibrazioni indirizzate ai diversi laboratori cantonali, aventi per oggetto la determinazione di nutrienti in acque naturali e di scarico.

Anche in Italia sono state svolte analoghe iniziative: per limitare il discorso alla analisi delle acque, si possono ricordare le intercalibrazioni riguardanti nutrienti algali in ambiente marino svolte nel 1978 nell'ambito degli studi sulla eutrofizzazione del Mar Adriatico (Chiaudani, Saggino, Marchetti e Vigni, 1982) e quella riguardante lo spettro ionico delle acque di pioggia, svolta dal Gruppo di Studio sulle caratteristiche chimiche delle deposizioni atmosferiche del N. Italia (Gruppo di Studio, 1985).

Le prime quattro intercalibrazioni hanno considerato le seguenti variabili chimiche: pH, conducibilità, alcalinità totale, solfati ,cloruri , calcio, magnesio, sodio, potassio, azoto ammoniacale, nitrico e totale, fosforo reattivo e totale, silicati reattivi al molibdato.

La presente comunicazione si propone di discutere i risultati con particolare attenzione alle variabili di maggiore interesse limnologico, quali i composti del fosforo e dell'azoto, e di illustrare le future prospettive di lavoro.

METODOLOGIA DI PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

I campioni sono stati preparati a partire da acque naturali tal quali o arricchite in composti di azoto e fosforo, filtrate (0.45 um, Sartorius) e lasciate stabilizzare per circa un mese a temperatura ambiente e alla luce in recipienti di 50 l; le soluzioni venivano travasate in bottiglie da 1 l il giorno precedente la distribuzione. La preparazione è stata curata da tre laboratori (n 1, 3, e 4 di Tab. 1) che si prendevano cura di seguire l'evoluzione delle concentrazioni nel tempo tanto prima che dopo la distribuzione. Questa avveniva nel corso di riunioni di lavoro, con la raccomandazione di eseguire la determinazione secondo le tecniche analitiche in uso nei rispettivi laboratori (Tab. 2), nel più breve tempo possibile e comunque non oltre cinque giorni dalla distribuzione, riportando in ogni caso la data di esecuzione delle singole analisi.

Le variazioni di concentrazione rilevate dai laboratori di riferimento hanno confermato la stabilità di variabili

quali conducibilità (intervallo di valori considerati: 50-250 uS/cm), alcalinità (0.3-3.0 meq/1), solfati (15-50 mg/1), calcio (5-50 mg/1), magnesio (1-10 ug/1), sodio (3-40 mg/1) e potassio (2-20 mg/1).

Fosforo reattivo e totale (2-250 e 10-300 ug P/l, rispettivamente) hanno al contrario evidenziato una diminuzione del 10-15% (Fig. 1 A). Nel corso della terza campagna è stato inoltre valutato l'effetto dell'acidificazione del campione con acido solforico al fine di stabilizzare le concentrazioni di fosforo reattivo e totale (Fig. 1 B). E stato cosi possibile mettere in evidenza che l'ambito di pH ottimale allo scopo è compreso tra 1 e 2; a valori di pH superiori a 2 si ha assorbimento di fosforo da parte delle pareti del contenitore (polietilene ad alta densità) mentre un'acidità superiore a pH 1 interferisce con la successiva determinazione colorimetrica (complesso fosfomolibdico e successiva riduzione con acido ascorbico, A.P.H.A., I960). Infine, la verifica della stabilità nel tempo ha evidenziato una tendenza all'aumento da parte dei nitrati (considerati complessivamente nel range di concentrazione 0.3-2.3 mg N/l), e una diminuzione dell'ammonio (0.1-0.5 mg N/l). Mentre la prima risultava accettabile ai fini dell'intercalibrazione, per l'ammonio si è dovuto in seguito ricorrere alla preparazione di soluzioni ad hoc (cloruro di ammonio in acqua deionizzata, a pH 4-5).

Su tutti i risultati pervenuti sono stati calcolati i parametri statistici di posizione e dispersione (media e mediana, deviazione standard e ambito di variazione). Sono stati quindi individuati i dati aberranti confrontando ogni singolo valore con il complesso dei rimanenti valori, usando un'applicazione del test t di Student secondo Soakal and Rohlf, 1969. I risultati ottenuti sono presentati nelle figure 2 e 3, dove l'asse delle ascisse riporta l'intervallo di valori rilevato per i tre laboratori di riferimento mentre l'asse delle ordinate riporta la variazione tra i rimanenti laboratori partecipanti. Le distribuzioni sono centrate sui valori medi corrispondenti ai due gruppi ottenuti dopo l'eliminazione dei dati aberranti. Nell'ipotetica situazione di uguaglianza fra le due medie il valore si troverebbe sulla diagonale mentre le Fig. 2 e 3 evidenziano che i valori medi tra tutti i laboratori sono generalmente inferiori del 5-10% a quelli dei laboratori di riferimento, con la sola eccezione dei nitrati per i quali non esiste una differenza statisticamente significativa. Per i composti del fosforo queste differenze sono verosimilmente spiegabili con un assorbimento sulle pareti delle bottiglie utilizzate per la

distribuzione. Per 1 ammonio la differenza è accentuata nella prima intercalibrazione, eseguita su campioni di acque naturali a concentrazioni prossime a 0.4 mg N/l; si attenua considerevolmente nelle successive prove, eseguite su soluzioni preparate come precedentemente descritto.

Le figure mostrano la presenza di numerosi dati aberranti nel caso dell'azoto ammoniacale e del fosforo reattivo, mentre l'azoto nitrico e il fosforo totale mostrano ambiti di variazione più contenuti. Il coefficiente di variazione, calcolato senza tener conto dei dati aberranti, è del 6-17%. e del 7-19%. nel caso dell'azoto ammoniacale e nitrico, rispettivamente; per il fosforo reattivo e totale 1 intervallo è risultato inferiore al 10%. per concentrazioni superiori a 100 ug P/l, mentre per concentrazioni inferiori a 30 ug P/l la variabilità è decisamente superiore (30-60%), con massimi anche del 110%.

CONCLUSIONI

L'esperienza svolta nell'ambito del Gruppo Informale di Limnologia ha confermato in pieno la validità delle intercalibrazioni quale strumento di controllo della qualità dei dati analitici prodotti all'interno dei singoli laboratori. Infatti i risultati hanno evidenziato per alcuni laboratori scostamenti dalla media ben superiori a quelli spiegabili con l'instabilità e la disomogeneità dei campioni, pur tenendo conto dell'approccio sperimentale che ha considerato acque naturali senza alcun stabilizzante. E da sottolineare che alcuni dei laboratori partecipanti eseguono queste analisi solo saltuariamente, mentre altri le svolgono regolarmente. I dati aberranti, nella maggior parte dei casi, non possono essere spiegati dalle differenti metodologie analitiche adottate, ma sembrano piuttosto determinate da errori casuali.

I risultati della prima fase dell'attività evidenziano, soprattutto per le basse concentrazioni, una notevole variabilità, ben superiore agli errori inerenti alle metodiche analitiche usate. Tale variabilità, peraltro non superiore a quella evidenziata in altre analoghe esperienze di intercalibrazione (Thrane, 1978; Analytical Quality Control (Harmonised Monitoring) Committee, 1984; The Severn Estuary Chemists' Sub-Commettee, 1984), è ben maggiore dell'errore che i singoli ricercatori ritengono comunemente associati ai propri risultati, spesso in base ad opinioni senza alcun riscontro

bibliografico o sperimentale. E' quindi auspicabile una maggiore sensibi1izzazione della comunità scientifica su questi temi, che si concretizzi anche in iniziative di carattere tecnico volte a migliorare la qualità del prodotto analitico.

Una ulteriore considerazione che può derivare dai risultati di queste intercalibrazioni riguarda l'atteggiamento da usare nel confronto e nel 1'utilizzo dei dati esistenti in bibliografia. La futura attività di lavoro che sarà svolta dal Gruppo Informale di Limnologia prevede la continuazione delle intercalibrazioni, utilizzando soluzioni sintetiche, delle quali siano note esattamente le concentrazioni, opportunamente stabilizzate rispetto alle variazioni nei tempo. Le variabili esaminate saranno ristrette ad azoto ammoniacale, nitrico e fosforo reattivo.

I risultati di questa, come di altre campagne di intercalibrazione, impongono la massima prudenza nel considerare quei risultati che non siano almeno supportati da indicazioni relative a controlli di qualità interni.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, R., S.D. Rasberry and 6. A. Uriano. 1982. NBS Standard Reference Materials: update 1982. Anal. Chem. , 54: 1226A-1244A

Analytical Quality Control (Harmonised Monitoring) Committee. 1984. Accuracy of determination of the electrical conductivity and the pH value of river waters.

A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. 1980. Standard methods for the examination of water and wastewater. Amer. Publ. Health Ass., Inc., New York. 1134 pp.

Baudo, R. and H Muntau. 1985. Report of the AIOL intercalibration exercise on aquatic plankton and sediments. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 43.

Chau, A.S.Y. 1983. Standard reference materials in environmental quality assurance. Water Quality Bullettin 8: 26-53.

Chiaudani ,G., G.F. Saggino, R Marchetta e M. Vighi. 1982. Caratteristiche trofiche delle acque costiere adriatiche: campagna di rilevamento 1978-1979. Collana del programma

Tab. 1 - Elenco dei partecipanti alle intercalibrazioni di chimica analitica

Intercalibrazione					
1	2	3	4		
*	*	*	*	1 CCR EURATOM, Ispra	G. Marengo, H. Muntau e G. Serrini
*		*	*	2 CCR EURATOM, Ispra	O. Ravera e R. Dal Molin
*	*	*	*	3 CNR Ist. Ital. Idrobiologia, Pallanza	R. Mosello e R. Baudo
*	*	*	*	4 CNR Ist. Ricerche sulle Acque, Brugherio	M. Camusso e G. Tartari
	*		*	5 CNR Ist. Ricerca sulle Acque, Roma	T. La Noce, A. Liberatori e L. Loreti
	*	*	*	6 ENEL-DCO, Piacenza	E. Joannilli e L. Bartoletti
*	*	*	*	7 Laboratorio Biologico Provinciale, Laives	D. Tait
*	*	*	*	8 Lab. Studi Ambientali, Bellinzona	A. Barbieri e G. Righetti
*	*	*	*	9 Univ. Bologna, Ist. Zoologia	P. Salmoiraghi
		*	*	10 Univ. Brescia, Ist. Igiene Ambientale	G. Barbato
*				11 Univ. Cagliari, Ist. Igiene	A. Contu
*				12 Univ. Ferrara, Ist. Zoologia	C. Carantoni
*	*	*	*	13 Univ. Milano, Dip. Ecologia	L. Garibaldi e A. Varallo
*	*	*	*	14 Univ. Padova, Dip. Biologia	B. Duzzin
*	*	*	*	15 Univ. Padova, Dip. Biologia	A. Paganelli e P. Cordella
*		*		16 Univ. Palermo, Lab. Ecologia Acquatica	S. Calvo e G. Genchi
*		*	*	17 Univ. Parma, Ist. Ecologia	P. Varioli e L. Tarozzi
*		*	*	18 Univ. Perugia, Ist Idrobiologia	O. Tiberi e L. Bufoli
*		*	*	19 Univ. Sassari, Ist. Botanica	N. Sechi

ıb.2 - Metodologie analitiche adottate dai laboratori partecipanti
l'intercalibrazione (i numeri dei laboratori corrispondono a quelli diTab.1).

Variabile/metodo	Laboratori
$N\text{-}NH_4^+$	
Nessler	11, 18
Indofenolo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 19
Berthelot	12
$N\text{-}NO_3^-$	
Salicilato	3, 4, 7, 9, 10, 13, 15, 19
Ac. fenoldisolfonico	2, 8, 14
Cromatografia ionica	1, 3, 6
Riduzione a nitrito	5, 8, 12, 16
Riduzione ad ammoniaca	1
P reattivo	
Compl. fosfomolibdico	
riduz. acido ascorbico	1, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19
riduz. cloruro stannoso	2, 5
Estraz. alcool isobutilico	18
P totale	
Digestione con persolfato in ambiente acido	1, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 17, 18
Digestione con persolfato in ambiente basico	3, 9, 17, 19

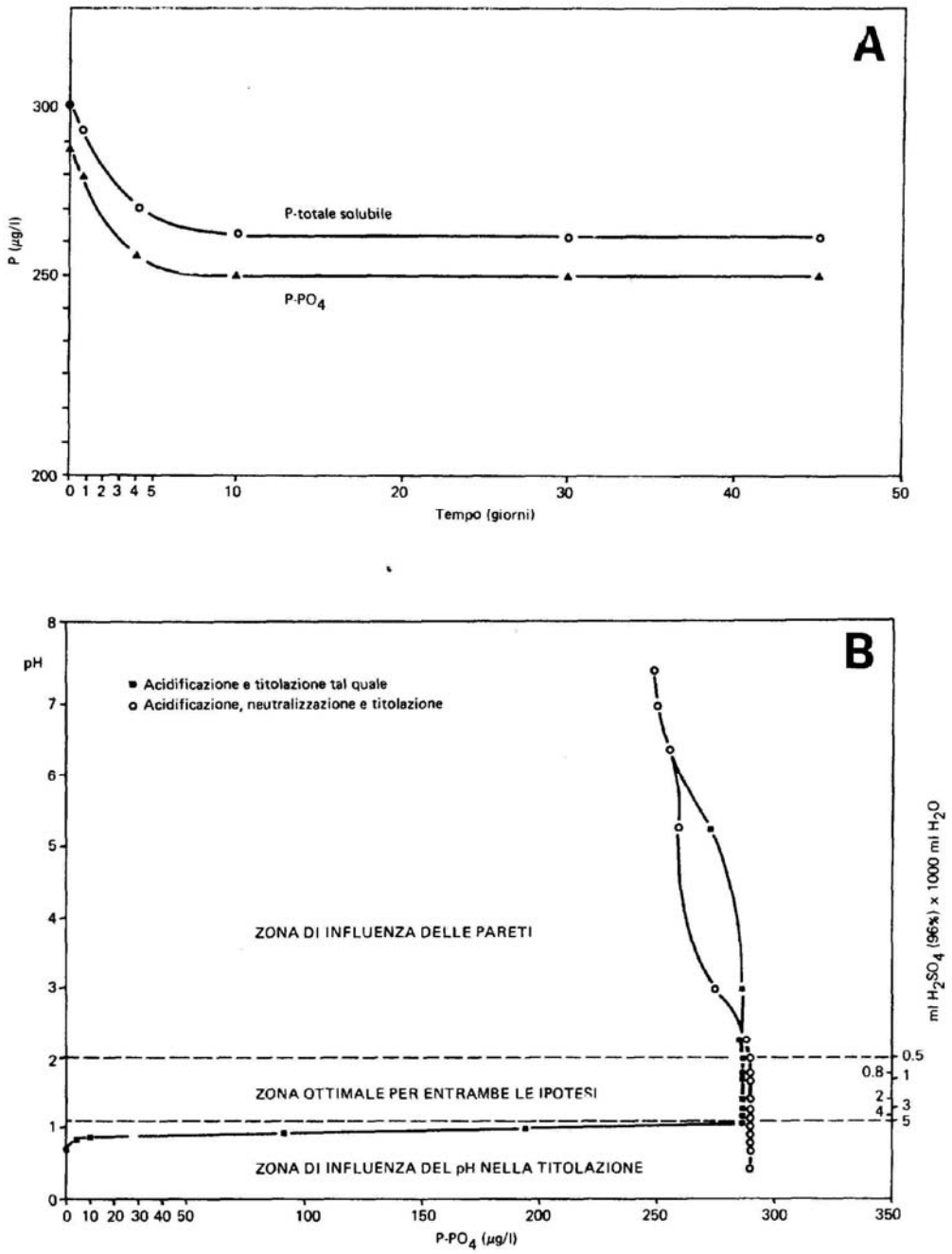


Fig. 1 - A: variazioni di fosforo reattivo e totale nel tempo B: effetto dell'acidificazione ai fini della stabilizzazione dei campioni.

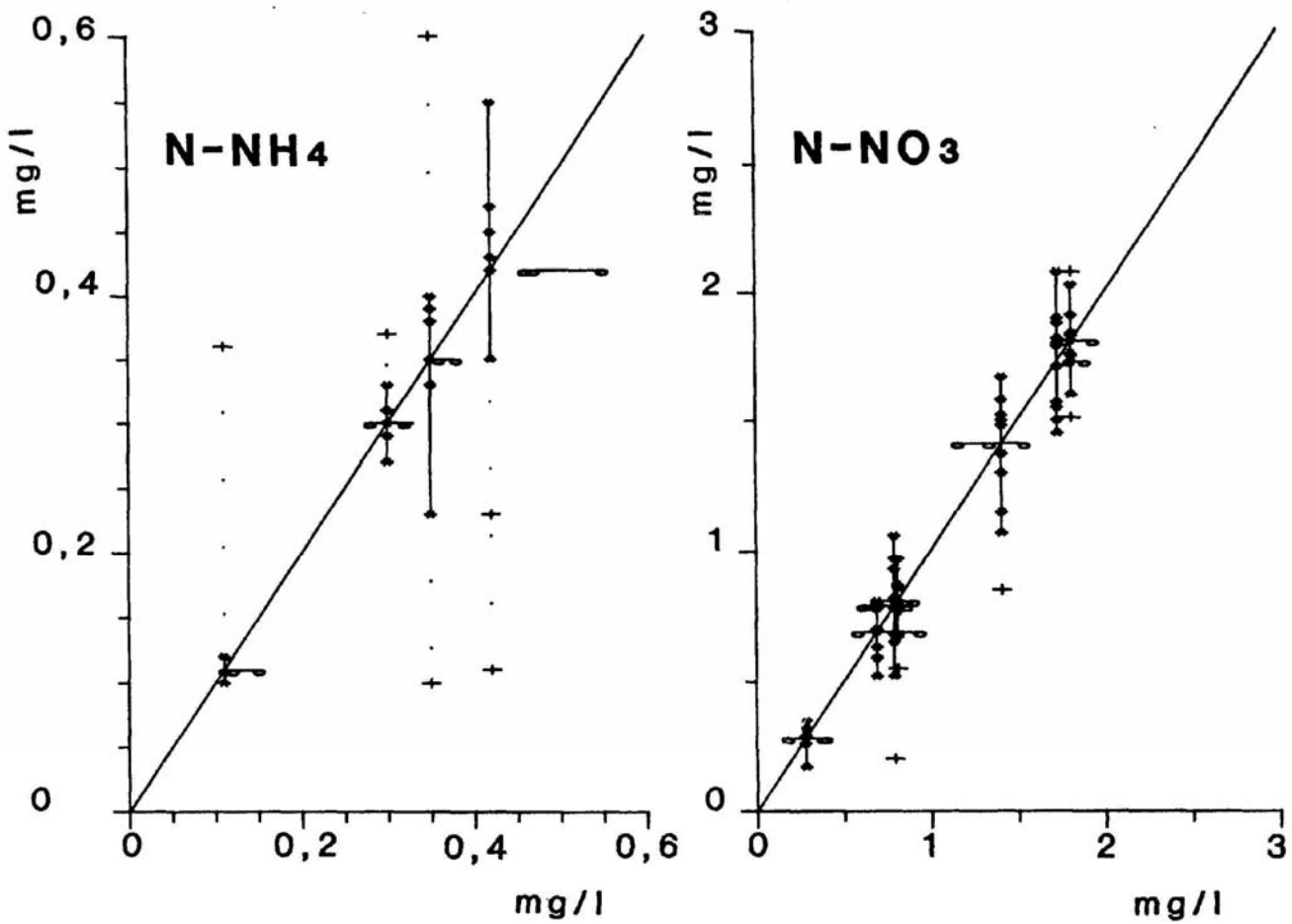


Fig. 2 - Risultati dei tre laboratori di riferimento (O) rispetto ai rimanenti laboratori (*); (+) valori risultati aberranti sulla base del test statistico usato (vedi testo).

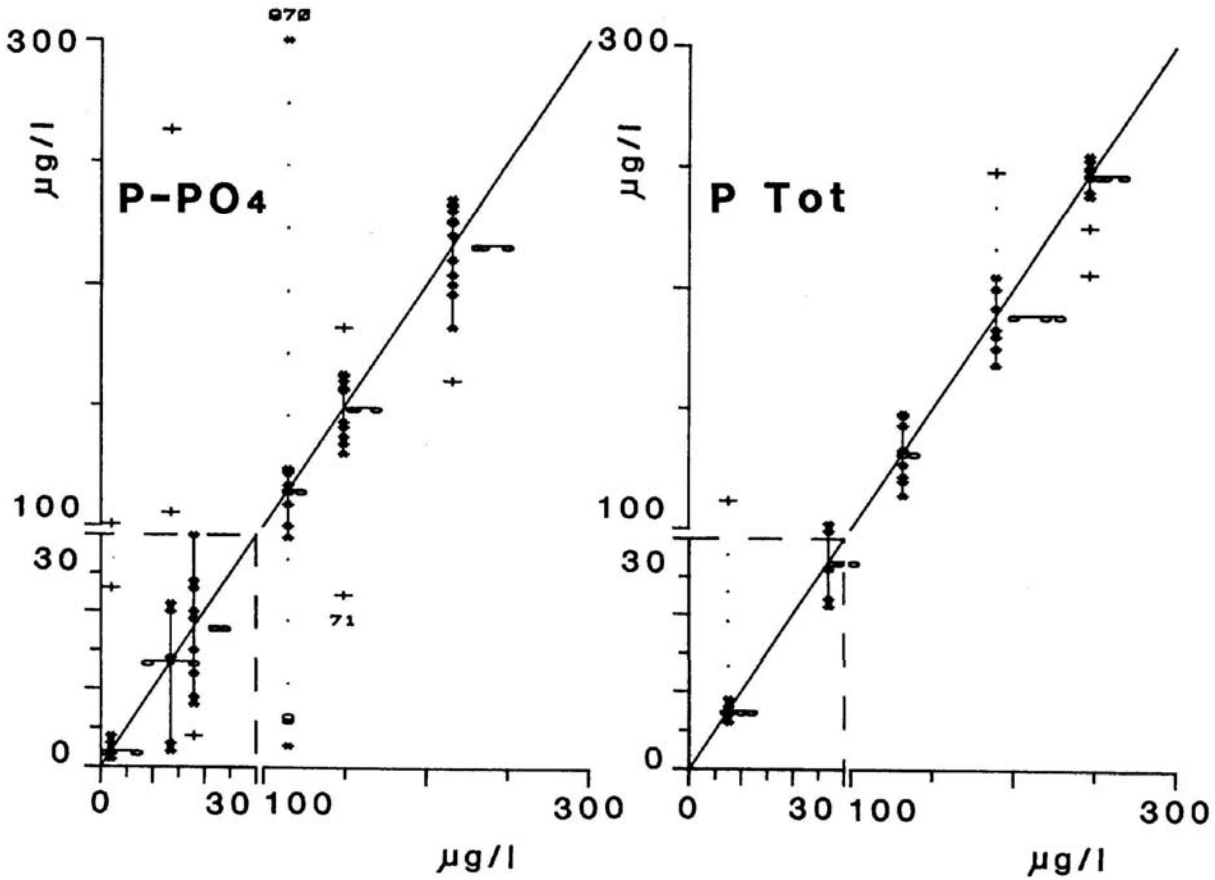


Fig. 3. – Come figura 2.

Finalizzato "Promozione della Qualità dell'ambiente", AG/2/14.

Gruppo di Studio sulle caratteristiche chimiche delle precipitazioni atmosferiche del Nord Italia. 1985. Deposizioni atmosferiche sul Nord Italia (Ottobre 1982-Settembre 1983). Acqua e Aria, 8: 721-735.

Hanssen, J.E., N.E. Ladegard and K.E. Thrane. 1983. The sixth intercomparison of analytical methods within the EMEP. EMEP/CCC. Report 2/83. 54 pp.

Marchandise, H. 1985. New reference materials improvement o-f methods of measurements. Commission of the European Communities, Community Bureau of Reference. EUR 9921 EN: 11 pp.

Olfasson, J. 1982. An international intercalibration for mercury in seawater. Marine Chemistry, 11: 129-142.

Smith, R. 1984. Interlaboratory comparison studies in southern Africa. Water Quality Bulletin: 9: 60-64.

Soakal , R.R. and F.S. Rohlf. 1969. Biometry. Freeman, San Francisco, 776 pp.

The Severn Estuary Chemists' Sub-Committee. 1984. Results of an Inter-1aboratory analytical quality control programme for non-saline waters. Analyst, 109: 3-14.

Thrane, K.E. 1978. Report on the first intercomparison of analytical methods within the EMEP. EMEP/CCC. Report 2/78. 45 PP-

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 385 a pag. 396

I LAGHI DELL'ITALIA CENTRALE: CLASSIFICAZIONE TROFICA ED ANALISI DEI FATTORI CHE LA INFLUENZANO

R. PAGNOTTA, T. LA NOCE, M. PETTINE, A. PUDDU
Istituto di Ricerca sulle Acque, C.N.R., Roma

SUMMARY

Twenty-eight lakes in the central part of Italy were investigated in order to evaluate their water quality characteristics. On the basis of Secchi disk depths, as well as dissolved oxygen, total phosphorus , total inorganic nitrogen and chlorophyll a contents, 6 of the considered lakes exhibit oligo or o ligomesotrophic conditions, 4 are eutrophic, while the remaining 18 show mesotrophic conditions. As far as the limiting factors are concerned, 70% and 22% of the lakes are P and N limited, respectively. Finally, on the basis of morphoedaphix index, natural phosphorus concentrations for each lake were evaluated and compared with the corresponding measured values, On the basis of such comparison, the found P concentrations are quite similar to the natural ones for 5 of the lakes. For the others the comparison allows to predict the level of P reduction in order to achieve natural trophic conditions.

INTRODUZIONE

Negli anni 1980-1983 è stata condotta, dall'IRSA di Roma, una indagine sperimentale per l'accertamento della qualità delle acque dei principali laghi dell'Italia centrale. Tale indagine si ricollega ed intende completare quelle effettuate in precedenza dall'IRSA di Brugherio e da altre istituzioni scientifiche nell'ambito del Progetto Finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente" .

Obiettivo dell'indagine è stato il completamento, utilizzando un approccio limnologico semplificato, di un quadro conoscitivo preliminare circa lo stato di qualità dei corpi idrici italiani con particolare riferimento al problema dell'eutrofizzazione.

1. CARATTERISTICHE FISIOGRAFI CHE DEGLI AMBIENTI LACUSTRI STUDIATI

Dei 28 laghi sui quali è stata eseguita l'indagine, 16 sono laghi naturali (Bracciano, Martignano, Bolsena, Vico, Monterosi, Albano, Nemi, Scanno, Canterno, Piediluco, Ripasottile, Trasimeno, Montepulciano, Chiusi, Averne e San Puoto), 4 sono bacini artificiali (Campotosto, Salto, Corbara e Turano) e 8 laghi salmastri (Fogliano, Monaci, Caprolace, Sabaudia, Fondi, Lungo, Patria e Fusaro). Nella seguente tabella (Tab. 1) sono riportate le principali caratteristiche fisiografiche di tali ambienti lacustri, mentre in fig. 1 è indicata la loro localizzazione.

2. CAMPIONAMENTO ED ANALISI

I campionamenti sono stati effettuati, di regola, nel periodo tardo primaverile, alla fine cioè del periodo di circolazione invernale ed in condizioni di maggior omogeneità delle caratteristiche chimiche e fisiche della colonna d'acqua, e tardo autunnale, alla fine cioè del periodo di stratificazione estivo. Il prelievo è stato effettuato in un unico punto, al centro del lago, a differenti quote scelte in funzione della profondità massima del lago stesso.

Oltre ad una serie di parametri limnologici di base (temperatura, conducibilità, pH, ossigeno disciolto, alcalinità, bicarbonati, etc) sono stati determinati i nutrienti (composti dell'azoto e del fosforo) ed, infine, i parametri indicatori di processi eutrofici (trasparenza e clorofilla a).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

In Tab. 2 sono riportati i risultati relativi al campionamento primaverile per fosforo totale disciolto (TDP), azoto totale inorganico disciolto (TIN), clorofilla *a* (Ch) e trasparenza
(SD).

I valori di TDP, TIN e Ch sono relativi al valore integrato lungo la metà superiore della colonna d'acqua o, nel caso in cui si disponeva solo di campionamenti a 2 profondità, alla concentrazione superficiale.

II ricorso al valore superficiale della colonna d'acqua si è reso necessario in quanto, nonostante il campionamento fosse av-

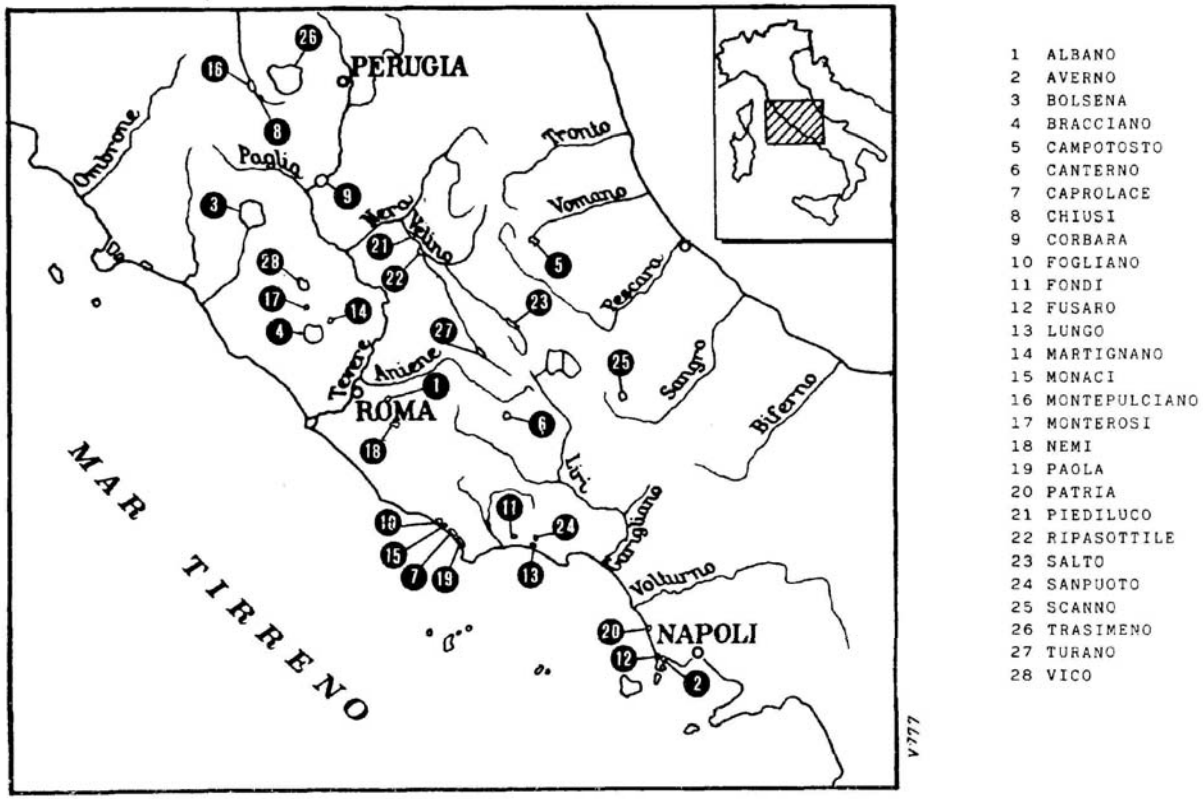


Fig 1 - Localizzazione dei laghi dell’Italia Centrale oggetto della presente indagine.

Tab. 1 - Caratteristiche fisiografiche dei principali laghi dell'Italia Centrale. Dati ricavati da Gaggino et al., (1985) I.R.S.A. (1973, 1974, 1980), E.N.E.L. (com. pers.).
V = Volume (m^3 x 10^6); S = Superficie (km 2); $\dot{Z}$ = Profondità media (m); Z = Profondità massima (m).

LAGHI	V	S	$\bar{Z}$	Z
ALBANO	464	6	77	170
AVERNO	12,1	0,5	22	34
BOLSENA	9.200	114	81	160
BRACCIANO	5.050	57	89	165
CAMPOTOSTO	235	14,6	16	27
CANTERNO	13,6	0,6	10	16
CAPROLACE	1,5	1	1,5	3
CHIUSI	-	-	3	6
CORBARA	190	10,5	18	51
FOGLIANO	3,5	4,1	1	2
FONDI	23	4,6	5	11
FUSARO	3	1	3	6
LUNGO	2	0,5	4	10
MARTIGNANO	72,3	2,4	30	60
MONACI	0,7	0,7	1	2
MONTEPULCIANO	-	-	2	4
MONTEROSI	1,3	0,3	4	6
NEMI	32,5	1,7	19	34
PAOLA	17,5	3,9	4,5	11
PATRIA	3,1	1,9	1,7	2,5
PIEDILUCO	14	1,5	9	23
RIPASOTTILE	4	1	4	7,5
SALTO	278	9,2	33	105
SANPUOTO	10	0,4	25	37
SCANNO	19,2	0,9	21	32
TRASIMENO	586	124	4,7	6,3
TURANO	163	5,4	30	76
VICO	261	12	22	48

Tab. 2 - Valori di fosforo, azoto, clorofilla, ossigeno disciolto e trasparenza riscontrati nei 28 laghi dell'Italia centrale.

TDP: Valore superficiale del fosforo totale disciolto (mg/m^3) relativo al campionamento primaverile.

TIN: Valore superficiale dell'azoto totale inorganico disciolto (mg/m) relativo al campionamento primaverile,

Ch: Valore superficiale della clorofilla *a* (mg/m^3) relativo al campionamento primaverile.

D.O.: Concentrazione di ossigeno ipolimnico (%) relativo al campionamento autunnale.

S.D.: Trasparenza al disco di Secchi (m)

LAGHI	TDP	TIN	Ch	D.O.	S.D.
ALBANO *	68,3	207,1	1,3	2	7,0
AVERNO *	374,8	1.157,5	20,4	-	1,1
BOLSENA *	11,4	112,9	0,4	13	7,0
BRACCIANO *	11,5	8,3	-	45	6,0
CAMPOTOSTO *	6,5	132,0	4,2	71	1,5
CANTERNO *	27,2	1.265,1	27,6	0	0,9
CAPROLACE	19,5	58,8	1,6	75	2,0
CHIUSI	39,9	46,8	20,2	87	1,0
CORBARA *	103,7	1.383,1	14,9	-	0,9
FOGLIANO	52,0	48,4	10,6	72	1,0
FONDI	25,7	549,4	11,0	-	0,7
FUSARO	90,0	67,5	13,4	-	1,1
LUNGO	16,1	633,5	24,1	-	0,5
MARTIGNANO *	7,8	110,1	-	83	7,5
MONACI	151,2	37,4	29,6	-	1,0
MONTEPULCIANO	16,2	45,2	41,2	45	0,5
MONTEROSI	55,7	102,2	-	96	5,6
NEMI *	74,5	151,1	6,0	0	1,5
PAOLA	19,5	20,7	7,6	30	1,5
PATRIA	21,2	472,6	3,1	87	2,5
PIEDILUCO *	14,8	884,0	18,8	54	1,5
RIPASOTTILE *	11,0	357,8	17,2	110	2,0
SALTO *	22,0	1.102,2	12,2	52	1,2
SANPUOTO	10,0	747,8	5,4	8	2,5
SCANNO *	14,1	225,0	26,0	4	1,8
TRASIMENO *	11,9	25,2	1,8	95	1,5
TURANO *	12,5	118,9	9,4	30	2,2
VICO *	17,4	29,1	1,7	82	4,0

* I valori di TDP, TIN e Ch sono valori medi integrati di più dati relativi alla metà superiore della colonna d'acqua

venuto in corrispondenza del periodo immediatamente successivo alla massima circolazione, le concentrazioni riscontrate per TDP e TIN sono risultate, in taluni casi, significativamente diverse tra la superficie ed il fondo, con valori generalmente più alti nello strato profondo. In particolare, nel caso dei laghi di Albano, Bolsena, Fondi, Lungo, San Puoto ed Averne si è riscontrato un rapporto TDPprof/TDPsup)>2 come conseguenza, presumibilmente, di fenomeni di rigenerazione che avvengono a livello dei sedimenti .

Nella stessa Tab. 2 viene riportato il valore minimo di ossigeno ipolimnico corrispondente al campionamento tardo autunnale.

Sulla base del contenuto in sali nutritivi, clorofilla, ossigeno ipolimnico e della trasparenza ed utilizzando i criteri di classificazione proposti dall'OCDE (1982), dall'EPA (1974), da Vollenweider (1968) e da Carlson (1977) sono stati ottenuti vari ordinamenti trofici (riportati in Tab. 3) che presentano tra loro differenze imputabili, alla inadeguatezza di ogni singolo parametro indicizzato a tener conto di una realtà complessa quale quella che regola i rapporti trofici all'interno di ciascun corpo idrico. Il criterio di classificazione finale adottato tiene conto di questo fatto e, per i differenti laghi, viene indicata una posizione trofica risultante mediata tra quelle ottenute utilizzando i differenti metodi di classificazione.

Sulla base di queste considerazioni 6 laghi possono essere considerati oligotrofi o oligo-mesotrofi (Bracciano, Bolsena, Martignano, Monterosi, Vico e Caprolace), 4 chiaramente eutrofi (Monaci, Fusaro, Averne e Corbara), mentre i rimanenti si collocano in una posizione variabile tra la mesotrofia e l'eutrofia.

Per quanto riguarda il rapporto tra il TIN ed il fosforo ortofosfato (indicato come rapporto N/P), i risultati ottenuti mostrano come per il 70% dei laghi il fosforo possa essere considerato elemento limitante ($N/P \geq 15$), mentre il 22%, avendo un $N/P \leq 7$ possa essere limitato dall'azoto (Albano, Bracciano, Trasimeno, Fogliano, Monaci, Fusaro). Il rimanente 7% (Monterosi e Vico) risulterebbe caratterizzato da condizioni di equilibrio nutrizionale ($7 \leq N/P \leq 15$).

Un'analisi analoga condotta, a livello nazionale, su 131 laghi (Gaggino et al. 1985) mostra risultati simili, con l'85% dei laghi limitato dal fosforo, il 7% dall'azoto e l'8% caratterizza-

Tab. 3 - Caratterizzazione trofica relativa ai singoli parametri per i differenti schemi di classificazione considerati.
uo = ultraoligotrofia; o = oligotrofia; m = mesotrofia; e= eutrofia; i = ipereutrofia. A = OCDE (1982); B = EPA (1974); C = VOLLENWEIDER (1968); D = CARLSON (1977); E = CLASSIFICAZIONE MEDIATA.

LAGHI	A			B			C		D	E
	TDP	Ch	SD	TDP	SD	DO	TDP	TIN	TSI	
ALBANO	e	o	uo	e	o	e	me	m	o	me
AVERNO	i	e	e	e	e	e	e	e	e	e
BOLSENA	m	o	uo	m	o	m	om	om	o	om
BRACCIANO	m	-	uo	m	o	m	om	o	o	om
CAMPOTOSTO	o	m	m	o	e	m	o	om	e	m
CANTERNO	m	i	e	m	e	e	m	e	e	me
CAPROLACE	m	o	o	m	m	m	om	o	-	om
CHIUSI	e	e	e	m	e	o	m	om	e	me
CORBARA	i	e	e	e	e	e	e	e	e	e
FOGLIANO	e	e	e	e	-	m	me	o	-	me
FONDI	m	e	m	m	e	e	m	me	e	me
FUSARO	e	e	e	e	e	-	me	o	e	e
LUNGO	m	e	e	m	e	e	om	me	e	me
MARTIGNANO	o	-	uo	o	o	o	o	om	o	o
MONACI	i	i	i	e	e	-	e	o	-	e
MONTEPULCIANO	m	i	i	m	e	m	om	o	e	me
MONTEROSI	e	-	o	e	o	o	me	om	-	om
NEMI	e	m	m	e	e	e	me	om	e	me
PAOLA	m	m	m	m	e	m	om	o	e	m
PATRIA	m	m	m	m	m	o	m	m	m	m
PIEDILUCO	m	e	e	m	e	m	om	me	e	me
RIPASOTTILE	m	e	e	m	m	o	om	m	m	m
SALTO	m	e	m	m	e	m	m	e	e	me
SANPUOTO	o	m	m	o	m	e	om	me	m	m
SCANNO	m	i	i	m	e	e	om	m	e	me
TRASIMENO	m	o	e	m	e	o	om	o	e	m
TURANO	m	e	m	m	m	m	om	om	m	m
VICO	m	o	o	m	o	o	om	o	o	om

to da condizioni di equilibrio nutrizionale.

Si può quindi affermare che, nella maggiore parte dei casi è il fosforo l'elemento che determina il livello trofico dei laghi in oggetto.

Partendo da questi presupposti è interessante confrontare le concentrazioni di fosforo totale (TP) misurate con quelle corrispondenti alla condizione naturale di ciascun lago. Queste ultime possono essere stimate attraverso la seguente relazione proposta da Chiaudani e Vighi (1985) in base all'elaborazione dei dati relativi a 53 laghi europei e nordamericani:

$$\text{Log } P = 1.48 + 0{,}33 \text{ Log } \text{MEI}$$

dove Log P è il logaritmo della concentrazione naturale di fosforo (in mg/m^3) e MEI è l'indice morfoedafico dato dal r apporto tra alcalinità (in meq/l) e profondità media del lago (in m) (Ryder et al. 1974). Quest'ultimo indice non risulta legato in maniera significativa a fenomeni di inquinamento come già evidenziato da Chiaudani e Vighi (1985) e confermato dalla assenza di variazione che i dati di alcalinità trovati nel corso della presente indagine mostrano rispetto a quelli riportati per i laghi di Bolsena, Bracciano, Vico e Trasimeno in occasione di una indagine svolta negli anni 1968-1970 (IRSA, 1974).

Applicando la relazione ai 28 laghi studiati si ottengono i rapporti TP_{mis}/TP_{teor} (relativi a tutta la colonna d'acqua) riportati in Fig. 2.

Dai risultati emerge una situazione articolata e complessa che può essere sintetizzata come segue:

- un caso in cui la concentrazione misurata di TP è inferiore a quella teorica (lago di Patria);

- casi in cui la concentrazione misurata di TP è uguale o doppia di quella teorica (Caprolace, Ripasottile, Paola e Fogliano). Interventi di riduzione del carico di fosforo, per questi laghi, possono portare un beneficio relativo essendo la concentrazione misurata non dissimile da quella naturale. Peraltro, secondo gli schemi di classificazione trofica utilizzati, nessuno di questi laghi raggiunge livelli di alterazione tali da richiedere urgenti misure di intervento;

- casi in cui la concentrazione misurata di TP è superiore a 2

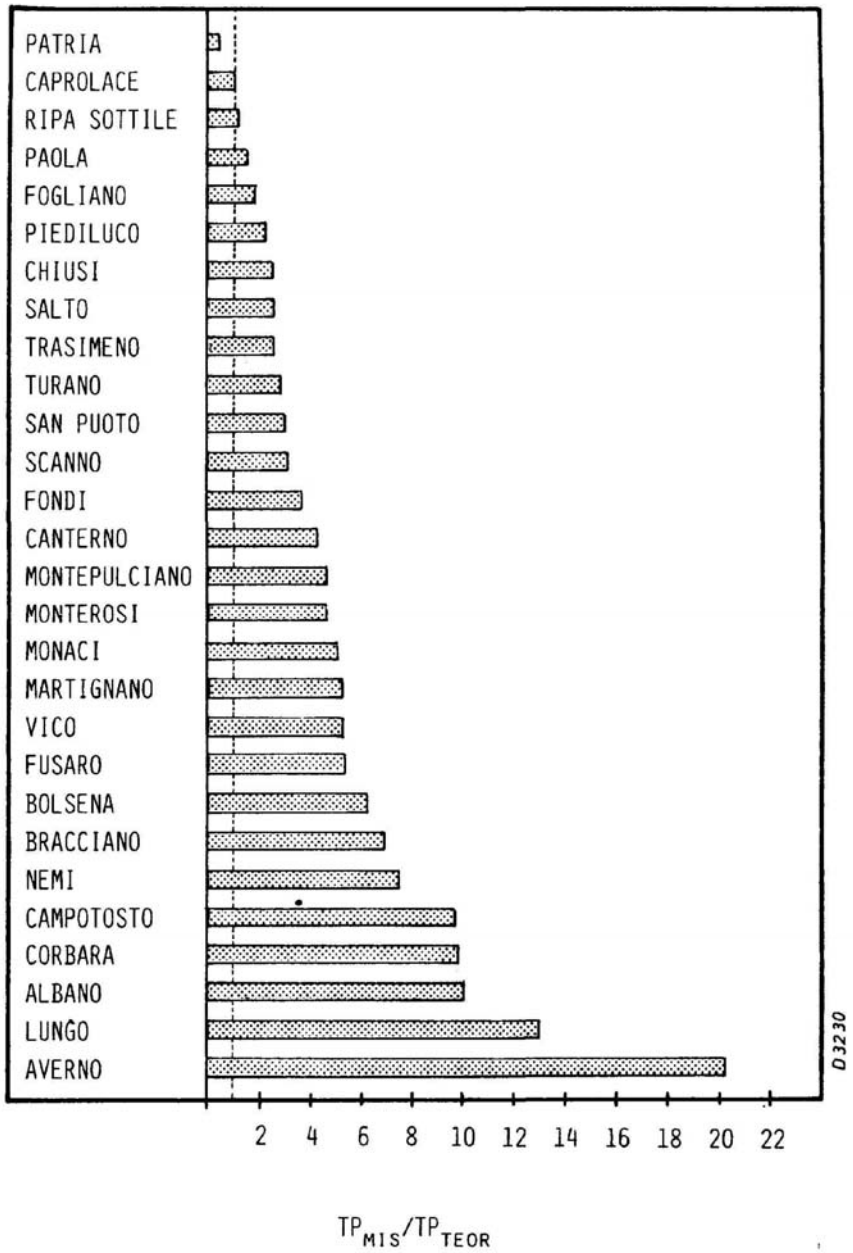


Fig. 2 – Rapporto tra il fosforo totale misurato sperimentalmente (TP_{MIS}) e quello ottenuto sulla base del MEI (TP_{TEOR}) per i differenti laghi.

volte quella teorica (fino a raggiungere, nel caso dello Averne, un rapporto TP_{mis}/TP_{teor} >20), per i quali un recupero può essere ottenuto solo attraverso un consistente intervento di riduzione del carico di fosforo. Va peraltro notato come, tra questi casi vi siano anche laghi classificati come oligo e oligomesotrofi per i quali il fatto di avere una concentrazione di TP di alcuni valori superiori a quella attesa non si traduce, secondo gli schemi di classificazione proposti, in un aumento del livello trofico.

Questi dati, anche se necessitanti di una più accurata verifica sperimentale, permettono nondimeno di ottenere delle informazioni, di base su cui impostare azioni di intervento al fine di pervenire al ripristino delle condizioni naturali dei corpi idrici.

4. CONCLUSIONI

L'impostazione data all'indagine sui principali laghi dell'Italia centrale ha sacrificato l'aspetto intensivo del campionamento per produrre dati tipici della limnologia comparata, volti a fornire informazioni sullo stato trofico, scegliendo opportunamente i parametri più informativi ed i momenti più significativi per la loro determinazione.

I risultati conseguiti sono stati utilizzati per pervenire, attraverso il ricorso a differenti schemi di classificazione proposti, ad una definizione dello stato trofico che fosse la risultante dei differenti criteri utilizzati. Infatti, l'utilizzo di singoli modelli di classificazione, pur dettati ciascuno da criteri logici ricavati da evidenze sperimentali, non di rado può portare, per lo stesso ambiente lacustre, a differenti giudizi di stato trofico.

L'approccio seguito, pur consentendo di completare in tempi brevi un censimento della qualità dei bacini lacustri italiani, non consente di pervenire a valutazioni di tipo definitivo relativamente alle caratteristiche di qualità del singolo corpo idrico. Tali caratteristiche possono essere descritte in modo esauriente solo attraverso una ricerca limnologica tradizionale che, per singolo lago, copra tutti gli aspetti descrittivi dell'ambiente lacustre, dall'analisi teorica delle fonti di generazione degli inquinanti, agli aspetti climatologici, fisici, chimici e biologici nelle varie componenti dell'ecosistema.

BIBLIOGRAFIA

Carlson R.E. - A Trophic State Index for Lakes - Limmol. Oceanogr. 22, 361-369 (1977).

Chiaudani G. & Vighi M. - A Simple Method to Estimate Lake Phosphorus Concentration Resulting from Natural, Background, Loadings - Water Res. 19, 987-991 (1985).

EPA - An Approach to a Relative Trophic Index System for classifying lakes and Reservoirs - National Eutrophication Survey, Corvallis, Oregon - Working Paper n° 24 (1974).

Gaggino G,F., Marchetti R., Cappelletti E. & Calcagnini T. - Qualità delle acque dei laghi italiani negli anni '80 - Atti Congresso ANDIS/EWPCA "Inquinamento e recupero dei laghi" - Roma, 15-18 aprile 1985 (in stampa).

I.R.S.A. - Relazione sulla qualità delle acque in Italia - Ist. Ric. Acque - Rapp. Tecn., 42 e (1972).

I.R.S.A. - Indagini limmologiche sui laghi di Bolsena, Bracciano, Vico e Trasimeno - Quad. Ist. Ric. Acque, 1', (1974).

I.R.S.A. - Indagini sulla qualità delle acque lacustri italiane - Quad. Ist. Ric. Acque, 43 (1980).

OCDE - Eutrophication of Water. Monitoring, Assessment and Control - Organization for Economic Cooperation and Development - Paris (1982).

Ryder R.A., Kerr S.R., Loftus K.H. & Regier H.A. - The Morphoedaphic Index as a Fish Yeld Estimator: Review and Evaluation - J. Fish. Res. Bd. Can. 31, 663-688 (1974).

Vollenweider R.A.: "Water management research. Scientific fundamentals of the eutrophication of Lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication", Techn. Rep. OCDE, Parigi, DAS-/CSI/68.27 (1968).

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano per la collaborazione tecnica fornita i signori Francesco Bacciu, Luigi Loreti, Domenico Mastroianni e Salvatore Tatti.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 397 a pag. 406

UN MODELLO NUMERICO PER LA SIMULAZIONE IN TEMPO REALE DELLA CIRCOLAZIONE E DEL TRASPORTO E DIFFUSIONE DI INQUINANTI NEL GOLFO DI GENOVA.

L. PAPA

Dipartimento di Fisica - Università di Genova.

SUMMARY

In this note we present a three-dimensional numerical model of the Ligurian Sea. A finite-difference method is used to solve the time-dependent Navier Stokes equations for incompressible fluids in three dimensions. The discrete pressure, temperature, salinity and pollutant concentration values are computed in a large scale model of the Ligurian Sea and in a small scale model of the Gulf of Genoa. Experimental verifications of the numerical simulations are perfomred in real-time by means of coastal sea level and current measurements taken at Pegli, Savona and Imperia where automatic stations control data acquisition and transmission to Genoa through radio and phone links.

INTRODUZIONE

L'attività svolta in campo meteo-oceanografico presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova ha assunto in questi ultimi anni un aspetto del tutto innovativo attraverso l'impiego di tecnologie di punta in campo elettronico ed informatico. In particolare sono state realizzate stazioni automatiche di misure meteo-oceanografiche a Genova-Pegli, Savona ed Imperia con invio dei dati in tempo reale via radio e telefono ad una stazione principale presso il Dipartimento di Fisica. I dati dopo una preelaborazione su un calcolatore HP 9816/S sono trasferiti su un calcolatore Vax 780 per la banca dati. Attualmente i

dati di livello marino e delle correnti superficiali delle zone costiere di Genova-Pegli,Savona ed Imperia sono confrontati con i risultati forniti da un modello numerico che simula in tempo reale la circolazione del Mar Ligure per effetto del campo di vento e della pressione atmosferica,elementi che in questo bacino determinano i moti marini,essendo le maree di modesta entità.

Viene qui esposto a grandi linee il sistema operativo realizzato su un personal computer HP 9816/S adibito allo "scheduling" di processi per il campionamento e l'elaborazione in tempo reale di grandezze meteo-oceanografiche; tale sistema è stato realizzato per soddisfare la necessità da parte degli oceanografi di un sistema molto flessibile e a basso costo, in grado di funzionare su di un personal, evitando l'impiego di un calcolatore di maggiori dimensioni con sistema operativo multi-utente. Per quanto riguarda la parte di acquisizione dei dati bisogna distinguere due tipi di grandezze da campionare:

a) grandezze "veloci": hanno un periodo minimo di 2 secondi e sono campionato ogni 0.5 secondi; considerate però le variazioni relativamente lente delle grandezze meteo-oceanografiche non è necessario un campionamento continuo, ma si possono ad esempio acquisire 512 valori ogni 30 minuti. Esempi di queste grandezze sono il moto ondoso e le onde microbariche dell'atmosfera;

b) grandezze "lente": hanno periodicità di alcune ore e richiedono un intervallo di campionamento tipico di 30 minuti. I processi per l'elaborazione dei dati acquisiti si possono a loro volta distinguere in due classi:

1) processi "relativi ad una grandezza": sono processi che devono entrare in funzione ogni N dati acquisiti,in generale per una valutazione preliminare della significatività dei dati durante il verificarsi di fenomeni rilevanti ,quali la formazione di un ciclone o

il passaggio di una perturbazione atmosferica. Alla luce dei risultati di tali elaborazioni preliminari il processo "relativo alla grandezza" può decidere se trasferire gli N dati nella banca dati e se mettere in funzione o meno processi di elaborazione del punto 2);

2) processi "periodici": sono processi che entrano in funzione ad intervalli di tempo definiti, indipendentemente dai dati acquisiti e possono essere in uno dei due seguenti stati: "attesa" e "pronto": se sono in attesa non vengono mai schedulati fino al momento in cui un altro processo non li abiliti al funzionamento mettendoli in stato di pronto. Tale abilitazione viene eseguita di solito da un processo "relativo ad una grandezza" al fine di effettuare ulteriori controlli e correlazioni sui dati acquisiti, ad esempio per monitorare un evento di notevole entità quale ad esempio il passaggio di una perturbazione atmosferica o una intensa rotazione della corrente costiera. La duttilità del sistema realizzato consiste nel fatto che tutti i parametri di campionamento delle grandezze, di scheduling dei processi di elaborazione ed i processi di elaborazione stessi sono definiti dall'utente e modificabili in qualunque momento. Tutti i parametri per il funzionamento del sistema devono essere definiti al momento di attivazione del sistema. In particolare vengono richiesti:

a) per ogni grandezza "veloce":

- numero del canale del multiplexer a cui è connesso il sensore interrogato;
- intervallo di campionamento;
- dimensione del buffer temporaneo.

b) Per ogni grandezza "lenta":

- numero del canale del multiplexer a cui è connesso il sensore ;
- intervallo di campionamento;
- dimensione del buffer temporaneo;
- numero di valori da mediare per ottenere un dato filtrato da

fluttuazioni ad alta frequenza;
- intervallo di tempo tra un valore da mediare ed il successivo;
- tempo di attesa prima che il sensore sia a regime una volta alimentato,

c) Per ogni processo "relativo alla grandezza":
- esistenza o meno del processo stesso;
- nome del file che lo contiene su disco,

d) Per ogni processo "periodico":
- nome del file che lo contiene;
- periodo di scheduling;
- stato iniziale (attesa o pronto);
- attesa prima della prima chiamata.

Una volta definiti, i parametri vengono memorizzati in un file su disco
per eventuali successive attivazioni del sistema.

IL MODELLO NUMERICO

Si descrive ora brevemente il modello numerico tridimensionale di simulazione del campo di corrente e delle variazioni di livello del Mar Ligure per effetto degli agenti forzanti di pressione atmosferica e di vento. Il modello simula anche il trasporto e la diffusione di sostanze contaminanti con particolare dettaglio spaziale nel golfo di Genova. In molte applicazioni oceanografiche le variazioni spazio temporali di temperatura e salinità sono piccole per cui le conseguenti variazioni di densità e di espansione di volume sono anch'esse piccole:le equazioni di Navier Stokes sono quindi risolte con l'approssimazione di Boussinesq (Welch, Harlow, Shannon, Daly, 1966; Spraggs, Street, 1975; Bulgarelli, Casulli, 1981; Papa, 1985).Si riportano nel seguito alcuni esempi di campi di velocità prodotti dal modello simulativo in corrispondenza di un campo di vento da SW a salita lineare da un valore nullo iniziale ad un valore

costante di regime di 10 m/sec, dopo un tempo di salita di 1000. secondi; lo stress del vento è stato assunto costante spazialmente su tutto il bacino con componenti di tipo quadratico con un drag coefficient pari a $2.6x10^{-3}$. Sono stati impiegati un reticolo a maglie quadrate di 10 Km ed un intervallo temporale di integrazione di 30 secondi per soddisfare la condizione di stabilità numerica di Courant-Friedrichs-Lewy. Lungo l'apertura verso il Tirreno è stata adottata una frontiera solida congiungente Capo Corso all'Elba e alla costa toscana; sono state inoltre usate le seguenti condizioni al contorno: a) per i limiti costieri: componenti normali di velocità uguali a zero; b) lungo il bordo aperto dalla Costa Azzurra alla Corsica: variazioni mille di livello rispetto al valor medio mare. Il modello ha simulato 30 ore con regolari uscite su disco ogni 12 minuti per memorizzare il campo di corrente e di elevazione. I campi di corrente in superficie e alle quote di 20, 40 e 70 metri sono riportati in Figg. 1, 2. L'aspetto più interessante di questi campi di corrente è rappresentato dagli effetti rotatori legati alla quota, secondo la ben nota teoria di Ekman (Defant,1961). E' interessante anche segnalare la presenza di un vortice anticiclonico che si sviluppa fra i 40 e 70 metri di profondità nella zona nord-occidentale del golfo di Genova,in accordo con precedenti risultati ottenuti con misure correntometriche e simulazioni numeriche bidimensionali del tipo " acque basse" (Papa, 1980, 1982). Alla profondità di 70 metri si evidenzia un vortice ellittico a carattere ciclonico con semiasse maggiore secondo la congiungente Capo Corso - La Spezia.

Di recente il modello è stato testato nel golfo di Genova per la simulazione di effetti di mescolamento e trasferimento dovuti a moti convettivi verticali su scale di tempo stagionali. In particolare sono stati riprodotti correttamente importanti fenomeni quali la discesa e la risalita del termoclino, l'evoluzione ed il decadimento della circolazione termica e le variazioni stagionali di "upwelling". Fine

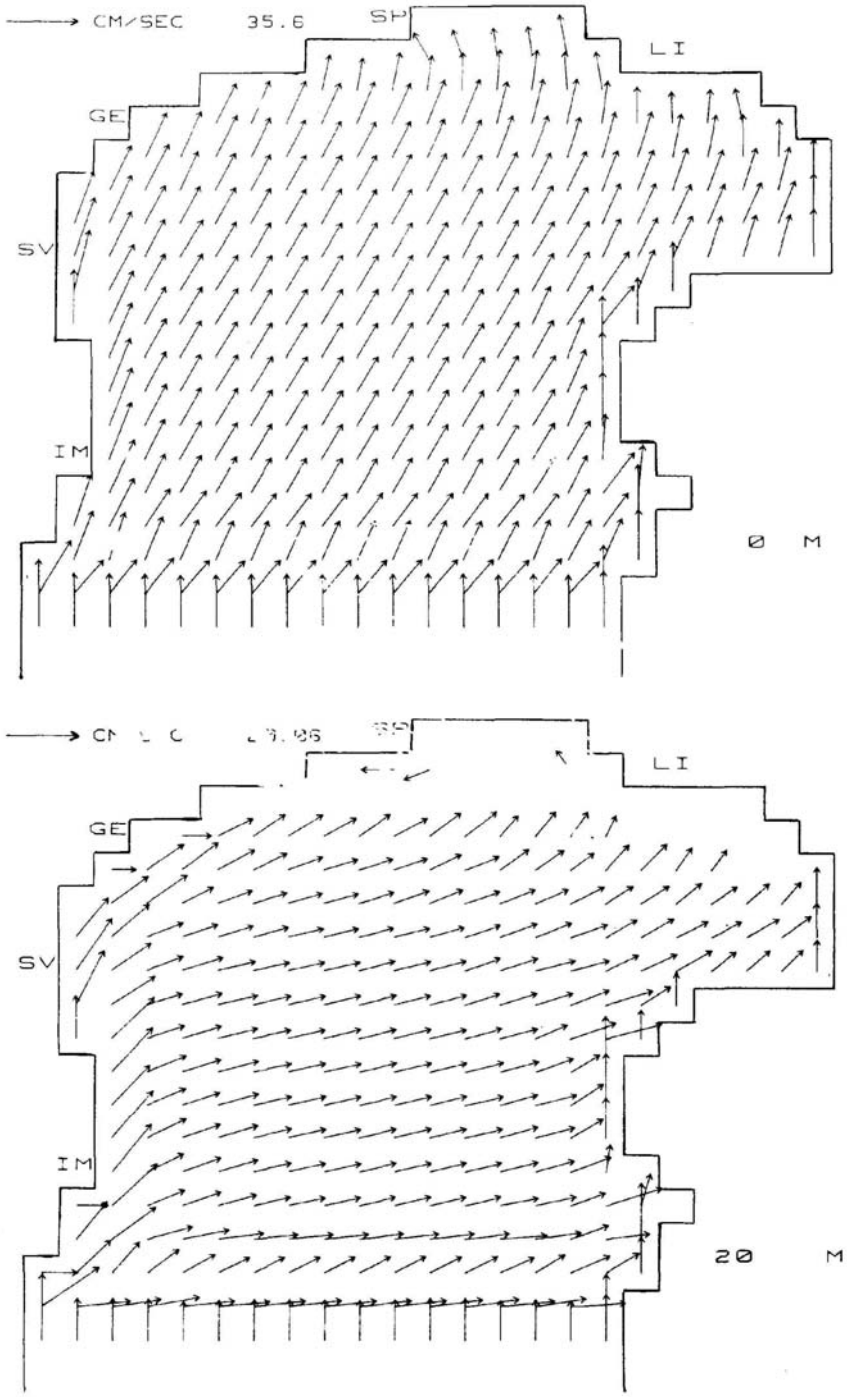


Fig. 1 Campo di velocità dopo 30 ore di simulazione con il vento da SW a salita lineare da zero al valore di 10 m/s.

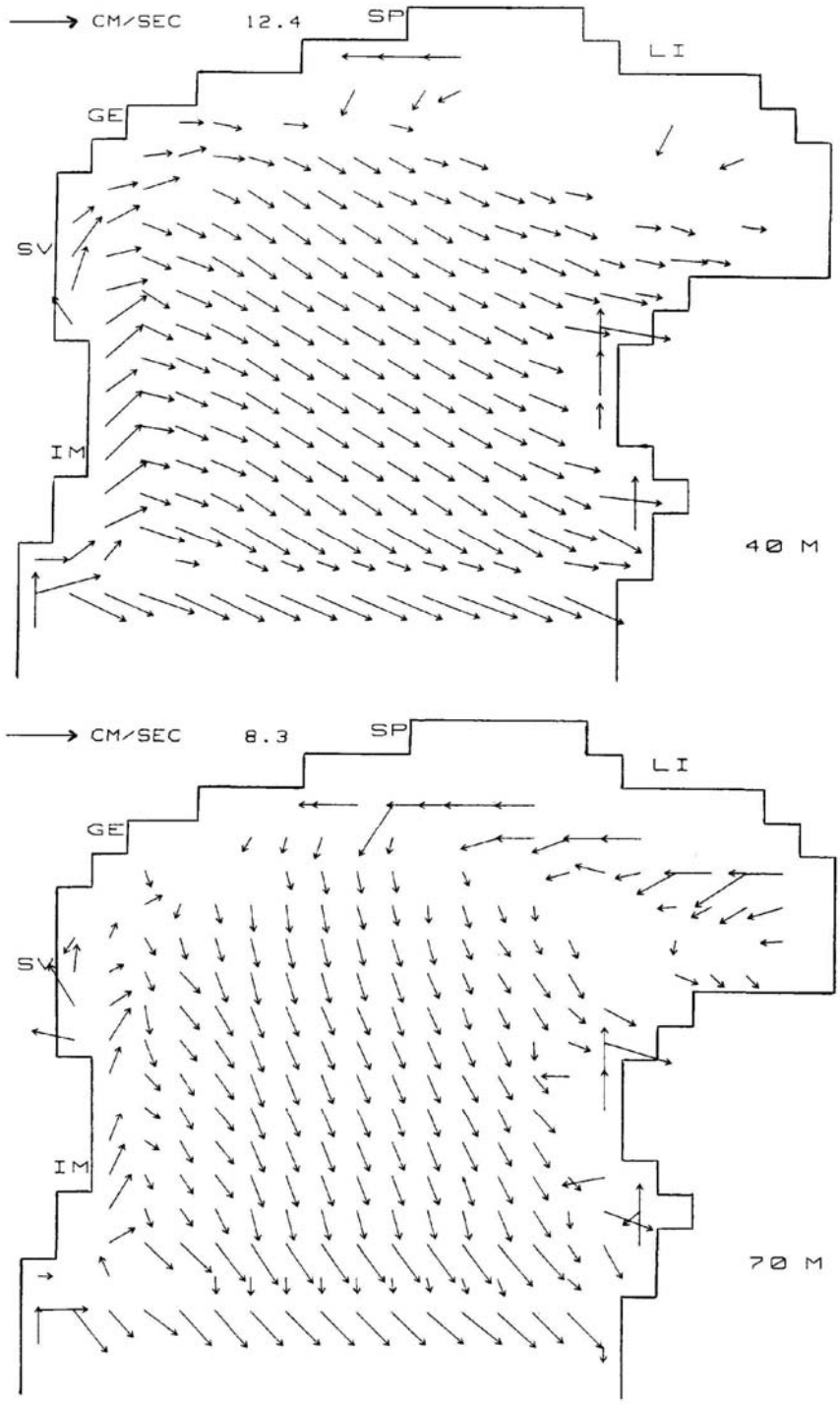


Fig. 2 Campo di velocità dopo 30 ore di simulazione con il vento da SW a salita lineare da zero al valore di 10 m/s.

ultimo di questo modello tridimensionale è di trovare correlazioni fra campo di moto in zone costiere e d'altura e misure di tipo biologico, quali ad esempio concentrazioni di vari nutrienti e produttività primaria nell'ambito di studi interdisciplinari dell'ecosistema marino.

BIBLIOGRAFIA

BULGARELLI U. e CASULLI V. - DINS e DIPI due programmi di calcolo per l'integrazione numerica di modelli di trasporto con frontiera libera e stratificazione. - Istituto per le Applicazioni del Calcolo C.N.R.Roma.Quaderno Serie III, N°122 - 1981.

COURANT R.E., E.ISAACSON e REES M. - On the Solution of Nonlinear Hyperbolic Differential Equations by Finite Differences. - Comm.Pure Appl.Math., 5 - 1952.

DEFANT A. - Physical Oceanography. - Pergamon Press, Oxford - 1961.

PAPA L. - A numerical verification of a clockwise circulation in the Gulf of Genoa. - Applied Math.Modelling, Vol.4 - 1980.

PAPA L. - An experimental verification of a clockwise circulation in the Gulf of Genoa. Arch.Met. Geoph. Biokl., Ser. A, 31 - 1982.

PAPA L. -Un modello numerico tridimensionale per lo studio della circolazione marina e del trasporto e la diffusione di inquinanti nel Mar Ligure. - Atti VI° Congr.Ass.Ital.Oceanol.Limnol., Livorno 12 - 14 aprile 1985.

SPRAGGS L.D. e STREET R.L.-Three-dimensional Simulation of

Thermally-influenced Hydrodynamic Flows. Stanford University Technical Report, N°190 - 1975.

WELCH J.E.,F.H.HARLOW, J.P.SHANNON e DALY B.J. - The MAC Method: A computing technique for solving viscous incompressible transient fluid-flow problems involving free surfaces. Los Alamos Scientific Laboratory Report LA 3425 - 1966.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 407 a pag. 426

DISTRIBUZIONE DELLA CALCITE E DELLA DOLOMITE NELL'ADRIATICO SETTENTRIONALE, TRA PO DI LEVANTE E CESENATICO.

RAVAIOLI MARIANGELA

Istituto di Geologia Marina - CNR - Bologna

Riassunto

Sono stati esaminati i sedimenti superficiali del Nord Adriatico, nella zona tra il Po di Levante e Cesenatico (Fig. l a), raccolti in due campagne eseguite nel Luglio e Ottobre 1977.
Questo studio riporta i risultati relativi alla distribuzione dei carbonati di calcio e di magnesio; l'indagine contribuisce all'individuazione delle aree di deposizione preferenziali del materiale sospeso, proveniente dai fiumi del Nord Adriatico, ricchi di tali minerali.

In particolare e' apparso utile il contenuto di dolomite proveniente dai fiumi dell'Alto Adriatico (Jostraibizer e Malesiani, 1973), che ne caratterizza i sedimenti da essi provenienti.

Lo scopo di tali campionamenti e finalizzato specificatamente alla quantificazione degli inquinanti e nutrienti presenti nelle aree indagate.

Le zone costiere vicine ai grandi fiumi sono soggette ad alto rischio ambientale. Individuare le aree di transito e di deposizione dei materiali fini serve alla localizzazione delle aree preferenziali di arricchimento delle sostanze antropiche (Bortoluzzi et. al., 1984).

Le sostanze inquinanti che vengono introdotte nell'ambiente marino per la gran parte tramite i fiumi, sono spesso legate al materiale particolato organico e inorganico specialmente fine (Olsen et. al., 1982).

In lavori precedenti sono state ampiamente discusse le caratteristiche chimico - fisiche dell'area oggetto di studio ed evidenziate le zone di deposizione delle sostanze antropiche. Esse sono situate preferenzialmente nelle aree di prodelta, nelle zone dove manufatti alterano il moto ondoso e nella fascia pelitica al largo dell'Adriatico dove il materiale sospeso proveniente

dai fiumi transita, incanalandosi preferenzialmente secondo la direzione della corrente principale dell'Adriatico (drif currents) e depositandosi gravimetricamente relativamente alla distanza di provenienza.

Correlazioni tra sostanze antropiche, composizione mineralogica e intervalli granulometrici si sono evidenziate per tipi di contaminanti tracciandone cosi la provenienza e la deposizione.

Summary

The surface sediments of the Northern Adriatic have been examined in the area between the East Po and Cesenatico (Fig. 1 a), picked up during two different campaigns in July and inn October 1977.

The study report the results concerning the distribution of calcium and magnesium carbonates.

The aim of the investigation was to give a contribution for focusing the preferential depositional areas of the suspended matter from North Adriatic rivers.

In particular the high dolomite content characterize the sediments out coming from both rivers (Jobstraibizer and Malesiani, 1973).

Furthermore, also the Po river inputs, because of its mixing with these sediments drift current canalized show dolomite traces, even if at lower proportions.

The area is divided into two zones off Porto Garibaldi, one is related to the dynamics of the Po river and the general and seasonal circulation of the Adriatic, and the other one by the flows of the Emilia-Romagna rivers and the other one

Introduzione

Si intende con il presente lavoro portare nuovi dati riguardanti la distribuzione dei carbonati nell'area di mare interessata, si viene così a creare, con una certa approssimazione, una visualizzazione della distribuzione dei carbonati, in relazione sia alla loro percentuale nei sedimenti immessi dai fiumi nelle acque del Nord Adriatico, sia all'influenza che le correnti di questo mare hanno nella dispersione e sedimentazione di questi minerali e relativamente anche alla composizione granulometrica del sedimento stesso, che alla sua densità e temperatura.

La circolazione marina dell'Adriatico consiste in un sistema

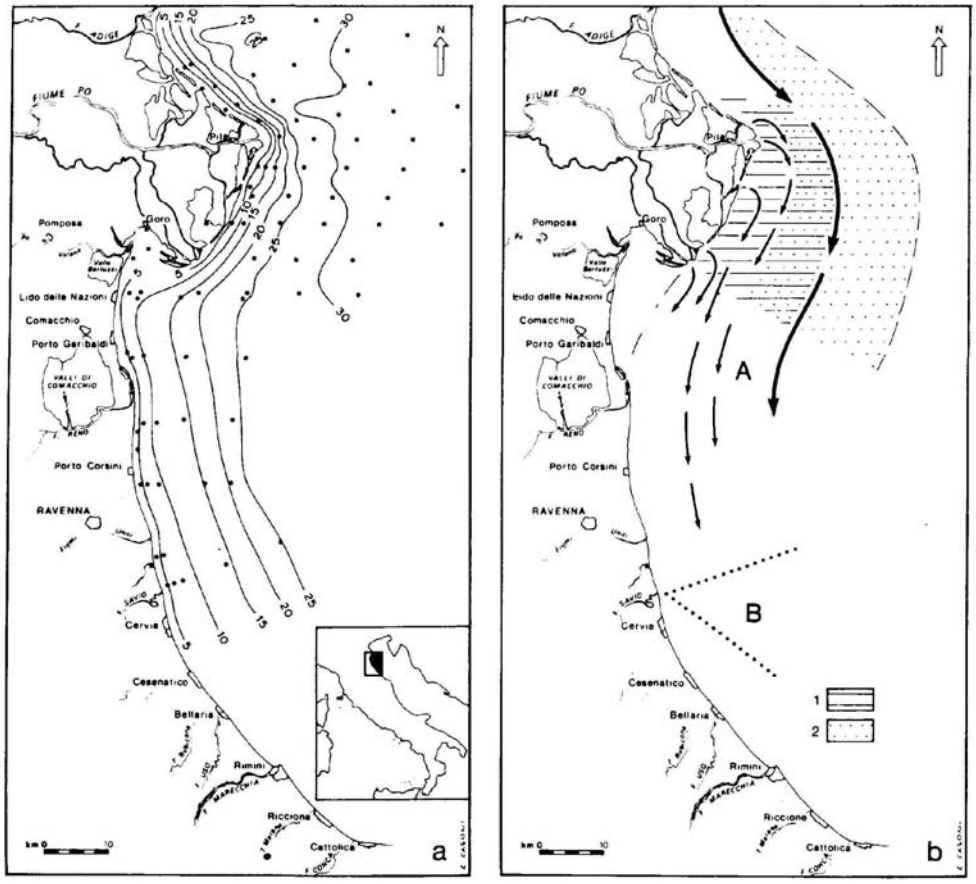


Fig. 1a - Area studiata. Campioni e batimetria. 1b – Caratterizzazione deposizionale ed energetica invernale dell'area marina Adriatica. Le frecce più fini rappresentano gli sversamenti del Po. Le frecce più marcate rappresentano la corrente di circolazione generale. Il 1) tratteggio marca le zone di transito del sospeso del Po, il 2) tratteggio marca le zone di transito del materiale sospeso e risospeso del Po. A e B sono comparti con velocità di deposizione decrescente, (Bortoluzzi et. al., 1984).

di celle principali di deriva o celle di circolazione marina, in moto parallelo alle coste italiane e slave in senso antiorario con variazioni estive ed invernali (Fig. la, Fig. 2); altre correnti agiscono lungo costa (longshore currentes) a scala più locale, di compensazione, ai movimenti delle masse di acqua diretta normalmente alla riva.

L'area risulta divisa in due zone all'altezza di Porto Cari-

baldi: una in stretta relazione con la dinamica del Po e della circolazione generale dell'Adriatico e l'altra influenzata dagli apporti dei fiumi emiliano - romagnoli.

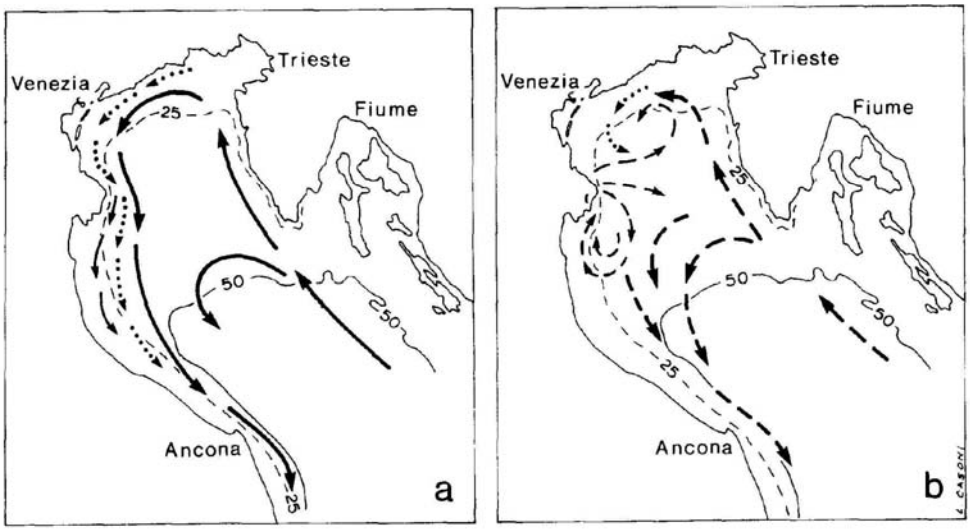


Fig. 2 - Schema della corrente generale dell' Adriatico, a) autunno-inverno, b) primavera-estate. Tratta da Malanotte Rizzoli e Bergamasco, 1982.

In lavori precedenti sono state ampiamente descritte e discusse le caratteristiche fisiche e chimiche dell'area oggetto di studio (Frignani e Ravaioli, 1981 Bortoluzzi et al.,1984, Frascari et al.,1984, Albertazzi et al.,1984).

Riassumendo l'indagine sulla distribuzione dei carbonati di calcio e di magnesio può dare alcuni contributi e precisamente:

a) caratterizzazione della distribuzione areale di tali minerali;

b) approfondire l'eventuale ruolo di diluizione che possono avere i carbonati per gli inquinanti, oppure più raramente, l'eventuale arricchimento per alcuni elementi come il Mn, Zn e Cd (Guerzoni e Ravaioli, inedito)

c) utilizzazione della dolomite come tracciante delle zone di transito di materiale fine proveniente dai fiumi dell'Italia settentrionale. (Bortoluzzi et. al,1984, Jobstraibizer e Malesiani, 1971).

Metodi e parametri utilizzati

L'area indagata è situata tra Po di Levante e Cesenatico. Sono state eseguite due campagne nel luglio 1977 davanti al delta del Po, per un totale di 63 campioni e nell'ottobre 1977 tra Porto Garibaldi e il Savio, per un totale di 30 campioni (Fig. la).

Il campionamento dei sedimenti di fondo e' stato effettuato con benne tipo Van-Veen e Shipeck, ed ha interessato in genere i primi 3 cm di sedimento.

Le analisi dei carbonati sono state eseguite mediante il metodo gas-volumetrico (Jobstribizer, 1971) per la determinazione dei carbonati di calcio e di magnesio; si è ritenuto opportuno effettuare alcuni confronti con l'analisi diffrattometrica delle polveri e alcune prove di verifica del metodo stesso all'assorbimento atomico (Tab. 8, Fig. 5a).

Il campione prima di essere trattato per l'analisi e' stato lavato con H_2O_2 per l'eliminazione della sostanza organica e seccato a 60 gradi, poi setacciato a 1 phi per l'eliminazione di frammenti conchigliari, quindi e' stata analizzata la frazione di sedimento inferiore ad 1 phi.

Area studiata

II Po e i fiumi costieri dell'Emilia Romagna sfociano in un tratto di mare chiuso, su di una piattaforma continentale (Van Straten, 1970, Colantoni et al., 1980), caratterizzato da profondità e gradienti molto bassi.

Molti autori hanno contribuito alla conoscenza sedimentologica del Mare Adriatico, sia con studi di ampio dettaglio comprendente Il intera area (Pigorini, 1968; Brambati et al., 1973,1984) , sia con ricerche finalizzate alla conoscenza dei singoli immissari e delle zone di mare antistanti (Nelson, 1972; Dal Gin, 1983) ed alla caratterizzazione mineralogico (Veniale et. al., 1974; Tomadin, 1979; Jobstraibizer et Malesiani 1973).

Sono stati anche affrontati studi relativi alla caratterizzazione chimico - sedimentologica dell' Adriatico settentrionale (Donazzolo et al, 1983, Frascari et al., 1984; Frignani e Ravaioli, 1982; Guerzoni et al.,1984).

Come è noto la maggiore quantità di materiali solidi riversati in Alto Adriatico e dovuta al fiume Po i cui apporti condizionano la sedimentazione dell'area costiera e della piattaforma continentale.

Secondo Dal Gin (1983), il trasporto solido totale del Po

N.camp.	Prof.	Cal.%	Dol.%	Carb.T%	Cal./Dol	Sa%
1	6	11.8	3.7	15.5	3.2	67.9
2	10	15.6	10.3	25.8	1.5	46.7
3	24	12.4	32.0	44.5	0.4	1.1
4	27	22.0	18.9	41.0	1.2	78.6
5	27	18.0	4.1	22.1	4.4	88.5
6	31	19.7	6.2	25.8	3.2	68.3
7	29	13.0	14.0	27.0	0.9	79.5
8	28	15.6	18.4	34.0	0.8	75.0
9	25	15.1	27.2	42.2	0.6	32.4
10	10	10.1	4.4	15.2	2.5	98.1
11	10	13.4	5.8	19.7	2.4	65.6
12	28	12.9	20.8	33.6	0.6	8.4
13	30	23.8	13.7	37.5	1.7	65.0
14	32	18.4	12.4	30.1	1.5	46.1
15	33	14.7	9.3	24.0	1.6	64.6
16	32	15.7	12.1	27.8	1.3	40.1
17	29	11.2	11.6	22.8	0.9	73.0
18	29	13.4	13.5	26.9	1.0	48.3
19	10	12.7	8.8	21.5	1.4	6.8
20	10	12.8	10.6	23.4	1.2	2.6
21	28	14.2	14.9	29.1	0.9	0.8
22	31	14.1	17.0	31.1	0.8	33.1
23	31	15.3	13.4	28.6	1.1	37.5
24	34	15.7	12.4	28.1	1.1	20.0
25	32	13.2	18.5	31.6	0.7	3.2
26	30	14.0	18.7	32.7	0.8	1.5
27	23	14.2	15.1	29.3	0.9	0.4
28	10	14.3	2.4	16.7	5.9	83.1
29	10	15.1	5.8	21.0	2.6	2.1
30	15	15.4	5.8	21.2	2.6	0.7
31	24	15.3	10.6	25.8	1.4	0.3
32	29	14.6	15.9	30.5	0.9	0.6
33	33	14.8	14.8	29.7	1.0	3.3
34	32	16.0	19.1	35.1	0.8	3.5
35	29	14.9	16.0	30.9	0.9	0.4
36	25	14.8	12.7	27.5	3.3	0.6
37	10	14.6	5.4	20.0	2.7	0.5
38	10	11.4	6.4	17.8	1.8	62.5
39	24	13.7	15.7	29.4	0.9	2.3
40	29	13.6	17.7	31.2	0.8	1.3
41	32	13.6	20.7	34.3	0.6	1.8
42	35	13.4	11.2	24.6	1.2	18.4
43	32	13.9	16.9	30.9	0.8	2.0
44	30	13.1	16.9	30.1	0.8	0.7
45	22	13.9	13.3	27.1	1.1	0.4
46	10	13.7	4.8	18.4	2.9	78.7
47	1	13.1	2.6	15.8	5.0	98.6
48	6	13.4	7.4	20.8	1.8	63.9
49	6	14.2	5.6	19.6	2.5	74.4
50	6	13.0	4.8	17.8	2.7	64.4
51	6	12.2	4.5	16.7	2.7	50.5
52	6	13.5	3.1	16.7	4.3	70.8
53	6	13.8	2.9	16.7	4.8	7.3
54	6	10.5	4.7	15.2	2.2	85.8
55	1	11.8	2.7	14.6	4.4	94.7
57	1	11.1	4.4	15.4	2.6	91.1
59	1	10.8	6.2	16.9	1.8	97.1
60	6	15.8	3.0	47.4	5.3	72.5
61	1	12.8	4.4	17.3	2.9	74.6

Tab. 1 - Tabella dei dati dei campioni situati nella zona antistante il delta del Po.

N. camp.	Prof.	Cal.%	Dol.%	Carb.T%	Cal/Dol	Sa%
1	3	19.6	9.4	29.0	2.1	83.2
2	24	16.6	9.2	25.8	1.8	0.6
3	19	16.3	5.4	21.7	3.0	0.5
4	9	17.7	6.8	24.5	2.6	1.8
5	7	19.8	7.0	26.8	2.8	0.4
31	2	17.0	5.4	22.4	3.2	84.1
32	6	15.6	7.1	23.0	2.2	44.7
33	9	16.0	6.3	22.3	2.6	5.7
34	13	16.0	5.9	21.9	2.7	1.6
35	21	15.7	9.0	24.7	1.7	0.4
36	3	12.8	7.0	19.8	1.8	3.0
37	3	16.6	3.2	19.8	5.1	95.5
38	3	13.8	6.0	19.8	2.3	75.3
39	15	13.8	7.2	21.0	1.9	1.6
40	26	10.5	19.5	30.1	0.6	0.7
41	6	13.6	3.1	16.6	4.4	41.2
42	7	13.2	7.5	20.8	1.8	2.8
43	2	18.5	4.7	23.2	3.9	97.9
44	16	16.4	7.4	23.8	2.2	4.5
45	25	14.9	10.6	25.5	1.4	0.4
46	7	16.9	5.9	22.8	2.9	62.3
47	5	18.0	5.4	23.4	3.3	3.3
48	3	14.8	5.7	20.5	2.6	74.0
57	3	17.4	7.5	24.9	2.3	91.3
58	18	16.5	7.8	24.3	2.1	0.7
59	14	16.8	7.2	24.0	2.3	1.8
60	9	16.0	6.7	22.8	2.4	5.2
61	7	17.8	5.4	23.2	3.3	6.7
62	6	19.0	7.1	26.1	2.7	81.7
63	3	19.4	7.0	26.3	2.8	87.1

Tab.2 - Tabella dei dati dei campioni situati nella zona di mare tra Porto Garibaldi e il Savio.

luglio77 n.camp.	cal.	dol.	ottobre77 n.camp.	cal.	dol.
40	10.5	19.0	32	14.6	14.9
39	13.8	7.2	30	15.4	5.8
42	13.2	7.5	29	15.2	5.8
41	13.6	1.1	60	15.8	3.0
38	13.8	6.0	59	11.4	6.4

Tab. 3 - Tabella di confronto delle percentuali di calcite e dolomite nei profili di luglio e ottobre, 1977a Porto Garibaldi.

sarebbe di $13,69.10^6$/t anno, secondo Nelson (1971) i materiali portati dal Po sarebbero composti mediamente per il 7% da argilla, per il 70% di silt e per il 23% da sabbia, l'apporto del materiale in sospensione è dovuto essenzialmente al Po di Pila e ai rami che sfociano nell' ala meridionale. Con la sua massa d'acqua il Po condiziona notevolmente la circolazione del Nord Adriatico, e a sua a volta da essa ne è influenzato.

I fiumi a Nord del Po hanno un apporto solido nell'entità più trascurabile, e risentono notevolmente dalle variazioni stagionali (Jostraibier e Malesiani, 1973; Donazzolo et al, 1983) Le frazioni sabbiose di tali fiumi, nella maggior parte dei casi, si depositano nelle zone costiere adiacenti, le frazioni pelitiche formano piccoli prodelta e una fascia limosa la quale si dispone parallelamente alla costa e solo una parte del materiale più fine sembrerebbe incanalarsi verso sud (Bortoluzzi et al., 1984; Frascari et al., 1984). Il maggior apporto proviene dall'Adige e precisamente $1,16.10^6$ t/anno fino al 1950, progressivamente il suo carico si è ridotto a sole $0,89.10^6$ t/anno (Avanzi, 1976), il plumes è diretto inizialmente verso N-E fino ad 1 Km dalla costa, poi si apre a ventaglio e piega decisamente verso S-E (Di Silvio e Rissi, 1976).

I fiumi appenninici a sud del Po di Volano hanno un apporto solido minore, rispetto a quelli più a Nord, ed il Reno e' il maggiore emissario.

D'inverno l'Alto Adriatico è sede di una circolazione ciclonica molto intensa lungo le coste italiane, in moto parallelo alla costa italiana e slava (Franco et al., 1982; Malanotte Rizzoli e Bergamasco, 1983, v. Fig. 2) mentre in estate è sede di certa stagnazione specialmente nell'area dell'Emilia Romagna. Nel periodo invernale il Plumes del Po e' diretto prima verso Nord piega poi a N-E (Fig. l b), finché al largo prende il sopravvento la corrente di deriva verso Sud del circuito adriatico a circa 15 Km dalla costa (Dazzi et al., 1979). Il materiale fine dei rami meridionali viene al largo deviato a Sud e talvolta coinvolto in movimenti a vortice; i rami settentrionali portano al mare poco materiale il quale e' convogliato verso S-E. Nel periodo estivo il Po fluisce liberamente nel bacino, originando vortici ciclonici a Nord e anticiclonici a Sud del delta (Fig. 2), con un campo di correnti costiere influenzate prevalentemente dal vento.

Si ipotizza comunque un intrappolamento delle acque dell'Emilia Romagna dovuta alla corrente proveniente da Nord (Malanotte e Bergamasco, 1983), l'area interessata dal Po di Volano e dal Reno subisce, in condizioni di vento particolare (vento di bora), apporti di materiale sospeso dalle acque più a Nord.

La caratterizzazione sedimentologica dell'area studiata e'

Stata oggetto di lavori precedenti (Frignani e Ravaioli, 1981;

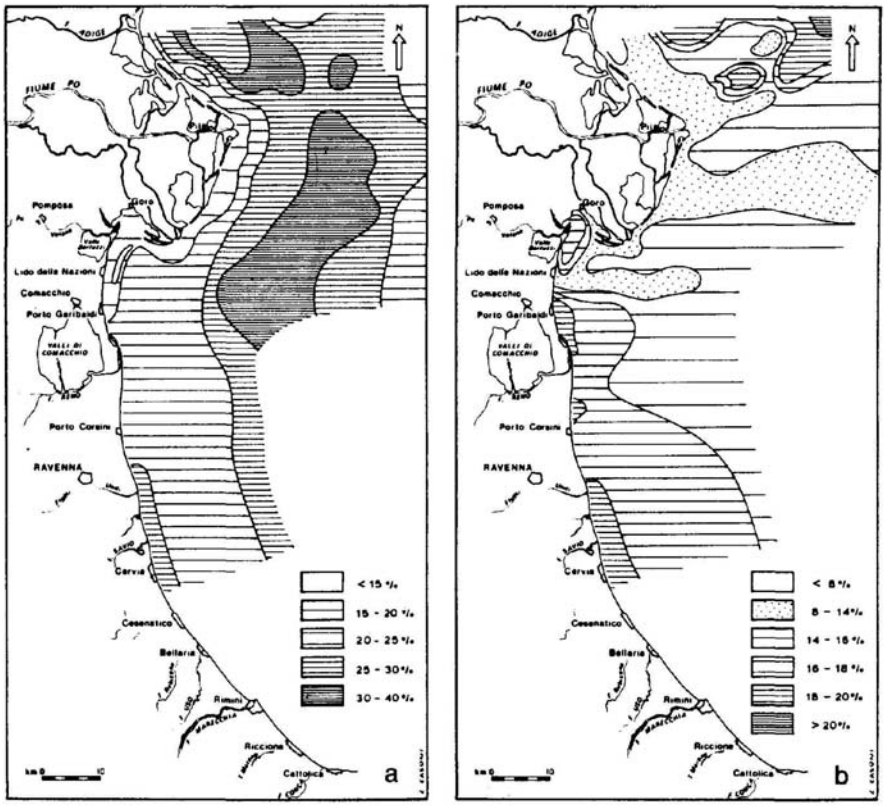


Fig 3a - Distribuzione dei Carbonati Totali. 3b - Distribuzione della Calcite.

Bortoluzzi et. al.,1984). Nella zona del delta del Po si riconoscono cinque gruppi di sedimento: sabbie costieri fini, sabbie siltose, silt, loam, sabbie residuali. La fascia pelitica a Nord della Pila è delimitata dalla sabbie residuali verso il largo e all'altezza della Pila stessa vi è un ampia zona a loam, a Sud la fascia pelitica si amplia notevolmente fino a quasi venti km dalla costa. La composizione dei sedimenti dell'area Emiliano-Romagnola mostra generalmente una successione da sabbie a limi parallelamente alla costa, con una fascia di transizione, tipica, tra i 6-7 m di profondità la quale subisce notevoli influenze stagionali dovute alla variazione degli apporti e alla incidenza del moto ondoso.

La composizione mineralogia dei sedimenti marini e fluviali è

esaurientemente trattata in Jobstraibizer e Malesiani, (1973), Nelson, (1972), Cazzi et. al., 1973, Veniale et. al. (1974), Tomadin,(1979), Gandolfi et. al., 1982, Donazzolo et al., (1983).
I sedimenti a Nord del Po risentono degli apporti dei fiumi dall'Isonzo all'Adige ricchi in carbonati. L'alternanza della predominanza di calcite o dolomite riflette la natura petrografica della zona. Le Tabb. 5, 6, 7, mostrano la composizione dei sedimenti fluviali e marini e sono tratte dai lavori di Jostraibizer e Malesiani, 1973 (legate alla variazione granulometrica), e da Donazzolo et al. 1983. Nella zona a Nord del Po la variazione della dolomite e'dovuta preferenzialmente alla frazione grossolana del sedimento, nell'area del delta del Po e dell' Emilia Romagna, pare, invece, correlata con la frazione fine .
II materiale sospeso e di fondo del tratto terminale del fiume Po, ha una netta prevalenza della calcite sulla dolomite. I valori sono in media, rispettivamente: sedimento sospeso, calcite - 16%, dolomite - 4%, sedimento di fondo, calcite - 14%, dolomite - 5%. I fiumi a Sud di quest'area sono più ricchi di rocce silicatiche, vi e' inoltre una netta prevalenza della calcite rispetto alla dolomite (Furani, 1984). I sedimenti del fiume Reno confermano questo andamento con una percentuale di calcite del 19,3% e di dolomite del 3%. La componente carbonatica degli apporti solidi dei fiumi dell'Emilia Romagna e' pressoché su questo valore, con un aumento di dolomite nei sedimenti del fiume Savio per l'influenza del complesso liguride.

Camp. N.	Cal.% tot.	Dol.% tot.	Pel%	Cal.% 63 u	Dol.% 63 u
38	11.4	6.4	37.5	1.8	5.2
39	13.7	15.7	97.3	12.0	15.3
40	13.6	17.7	98.7	11.8	17.1
41	13.6	20.8	98.2	11.5	20.1
42	13.8	11.2	81.64	9.8	10.5

Tab. 4 - Tabella di confronto delle percentuali di calcite e dolomite in alcuni del profilo di Porto Garibaldi del'ottobre 77, fra i contenuti nel campione totale e la fraz. pelitica.

Zone	Cal.% media	Dol.% media	Carb.% media	Ca/Mg media
Cavallino	65.05	19.36	45.69	0.49
Porto di Lido	61.60	18.80	42.80	0.46
Porto di Malamocco	53.46	19.98	33.48	0.68
Porto di Chioggia	46.30	17.30	29.00	0.65

Tab.5 - Dati tratti dal lavoro di Donazzolo et al., 1981, riguardante la media dei valori di carbonati alle bocche principali dell'area a Nord del Po.

Confronti tra i metodi utilizzati

Alcuni indagini si sono fatte per verificare l'attendibilità' del dato e precisamente:
a) confronto e ripetibilità fra alcuni campioni situati nell'area del delta del Po, indipendentemente dal diverso contenuto

granulometrico di partenza a dal contenuto totale di carbonati (17-45%) e/o dal rapporto calcite/dolomite (0.4-2.9). L'analisi in triplo col metodo gas - volumetrico è risultata ben ripeti-

Dolomite	63 u	100 u	160 u	250 u
Piave	49.7%	49.8%	40.7%	26.3%
Brenta	24.0%	19.7%	15.1%	9.8%
Bacchaglione	39.7%	39.7%	33.8%	18.8%
Adige	10.4%	9.2%	7.6%	6.6%
Po	2.0%	1.0%	0.5%	0.1%

Tab. 6 - Dati tratti da Jostraibizer et al., 1971, tendenti a valutare le percentuali di dolomite presente nelle frazioni di sedimento indicate.

Calcite	63 u	100 u	160 u	250 u
Piave	18.0%	20.9%	26.0%	25.1%
Brenta	9.0%	10.9%	11.6%	11.5%
Baccaglione	9.7%	11.2%	11.8%	10.9%
Adige	4.9%	5.5%	5.3%	4.7%
Po	12.9%	11.7%	10.1%	6.8%

Tab. 7 - Dati tratti da Jostraibizer et al., 1971, tendenti a valutare la percentuale di calcite presente nelle fraz. di sedimento.

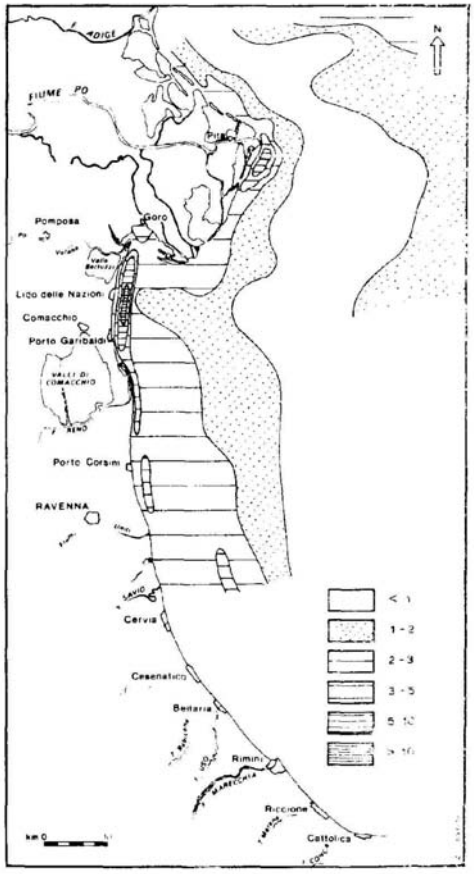


Fig. 4 - Distribuzione del rapporto calcite/dolomite.

b) confronto fra i metodi gas-volumetrico e diffrattometrico; a questo scopo i campioni situati tra Porto Garibaldi e il Savio sono stati analizzati con entrambe le metodologie. La distribuzione areale del rapporto calcite/dolomite (Fig. 4) corrisponde a grande scala alla distribuzione ottenuta con il metodo gas-volumetrico (Fig. 5b), soprattutto per le variazioni terra-largo. A piccola scala si hanno notevoli discrepanze, infatti, dove vi sono valori alti quantitativi si presentano valori bassi qualitativi ricavati dai diffrattogrammi. Questo avviene soprattutto sotto costa; forse i granuli grossolani ricchi in quarzo

hanno effetto sull'assorbimento dei raggi X e questo può modificare i rapporti calcite/dolomite. La correlazione fra questi dati mostra che i valori ricavati con la diffrattometria sono più alti dei corrispondenti ottenuti dalle calcimetrie, la dispersione è comunque contenuta entro un angolo di 10-15 gradi (Fig. 5b);
c) l'analisi all'assorbimento atomico degli estratti acidi procurati con il metodo gas-volumetrico (Tab. 8) ha confermato stechiometricamente la validità del metodo stesso. Si ottiene, infatti, un' ottima correlazione tra i valori del contenuto di dolomite e carbonati totali e rispettivamente la percentuale di magnesio e di calcio ottenuta all'assorbimento atomico (Guerzoni e Ravaioli, inedito).
d) per verificare l'incidenza della composizione granulometrica del sedimento sul contenuto dei carbonati si sono effettuate alcune analisi sulla singola frazione pelitica del campione (Tab. 4). Si può notare che le variazioni più rilevanti si hanno nei campioni sabbiosi e per la parte di calcite. La percentuale di dolomite varia generalmente legata alla percentuale pelitica del sedimento.

Nelle tabb. 3 e 4 sono riportati rispettivamente i valori ripetuti dei transetti all'altezza di Porto Garibaldi (tab. 3) delle due campagne del luglio e ottobre 77, dal confronto non si notano differenze rilevanti. Piccole variazioni sono nei campioni 40 (luglio) e 32 (agosto), dovute probabilmente alla percentuale di sabbia, che comunque non modifica (Tabb. 1 e 2) il rapporto cal./dol..

Le verifiche e i confronti effettuati avvalorano la confrontabilità del dato di dolomite nei sedimenti studiati, legato soprattutto alla frazione pelitica dello stesso, permettendo di affrontare la tematica principale di questo lavoro, che tende a evidenziare le vie di transito e deposizione del materiale solido nel Nord Adriatico , soprattutto del materiale fine che come più volte e' stato ricordato e' una via di trasporto preferenziale per i contaminanti.

Risultati e discussione

I dati dei carbonati sono riportate in tabb. 1 e 2 rispettivamente per le aree antistanti il delta del Po e dell'area Emiliano-Romagnola.

Studi pregressi della distribuzione dei carbonati totali in Adriatico sono stati affrontati da Antoniazzi, (1971), Brambati et al., (1973); dati sulla distribuzione dei carbonati di calcio

e di magnesio sulle sabbie dei fiumi tributari e dei sedimenti di sabbia dell'Adriatico Settentrionale sono state discusse in Venzo et. al., 1967 e Stefanini, (1968). I valori riscontrati

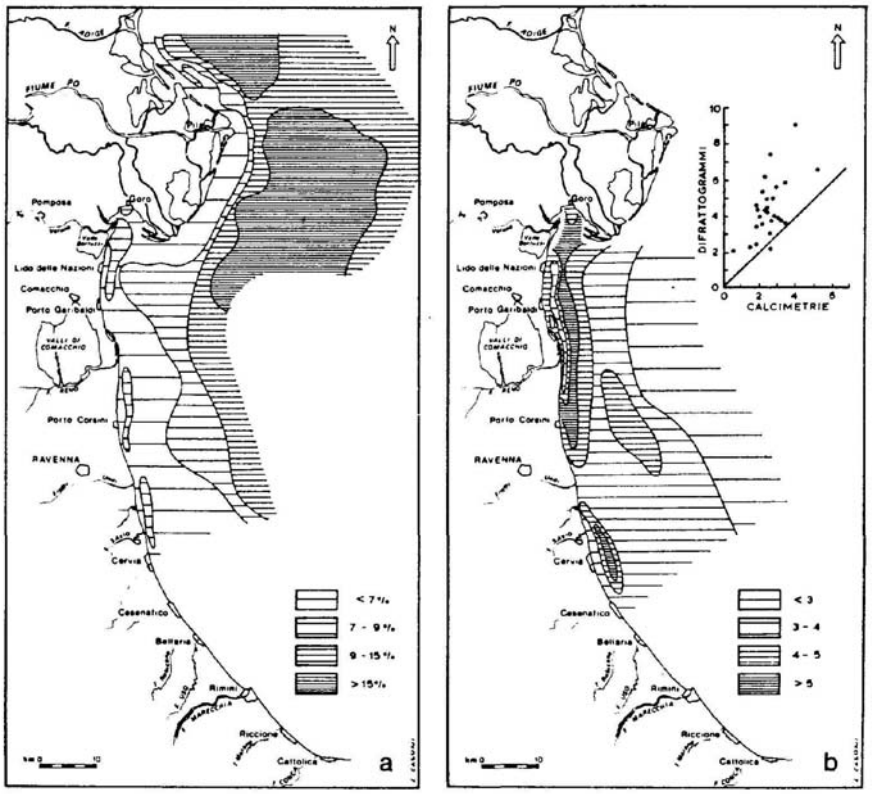


Fig. 5a - Distribuzione della dolomite 5b - Distribuzione della Calcite nel tratto tra P. Garibaldi e Cesenatico, i dati sono ottenuti con il metodo diffrattometrico il diagramma binario correla i valori della calcite ottenuti con il metodo gas-volumetrico e diffrattometrico.

pur confermando l'importanza degli apporti carbonatici in questa zona di mare non sono confrontabili in quanto ottenuti solo sulla frazione sabbiosa e con metodiche diverse. Altri studi sulla composizione delle sabbie trasportate dal Po e dall'Adige relativamente al loro contenuto di dolomite (e altre forme minerali) sono stati affrontati da Gandolfi et. al., 1982, evidenziando due province petrografiche diverse.

La metodologia qui usata ha permesso di evidenziare e trac-

ciare l'andamento della dolomite per il Nord Adriatico e il confronto con i dati di Jobstraibizer e Malesiani (1973) e Donazzolo et. al. (1983) (ricavati con indagini chimiche simili), permettendo alcune considerazioni sull'andamento del trasporto e deposizione del materiale solido proveniente da Nord e la sua influenza sul bacino del Nord Adriatico.

Due aree si sono evidenziate, a Nord e a Sud di Porto Garibaldi, legate alla complessità granulometrica della zona di mare antistante il delta, ai vari input fluviali e all'andamento della circolazione (drift currents) dell'Adriatico.

Il contenuto di dolomite risulta associato con la frazione pelitica (r = 0.50, p 0.001), dall'andamento della distribuzione (Fig. 5a) si evidenziano le due zone a Nord e a Sud dì Porto Garibaldi, e confermano i risultati di studi precedenti (Bortoluzzi et. al., 1984).

Il range della stessa nella zona antistante il delta del Po va da 2% a 32%, i valori più bassi dell' 8% sono confinati in una fascia costiera approssimativamente larga 4 Km. La massima

N. camp.	3	4	5	9	31
analisi granulometriche					
Sa%	1	79	89	32	74
Silt%	60	10	7	46	19
Arg.%	39	11	4	22	7
analisi gasvolumetriche					
Carb. tot.	45	36	25	43	17
	(44-45)	(33-36)	(25-25)	(43-43)	(17-18)
Cal.%	12	16	13	15	13
	(12-13)	(15-16)	(13-13)	(15-15)	(13-13)
Dol.%	32	19	13	28	5
	(32-33)	(18-21)	(13-13)	(28-28)	(5-5)
Cal./Dol.	0.4	0.8	1.0	0.6	2.9
	(0.4-0.4)	(0.9-0.7)	(1.0-1.0)	(0.5-0.5)	(2.8-2.9)
analisi chimiche					
Ca %	11.3	9.6	6.8	11.3	5.1
Mg %	3.4	2.0	1.3	3.0	0.5
analisi diffrattometro					
Cal./Dol.	0.7	0.7	0.9	0.6	6.4
	(0.7-0.7	(0.8-0.8	(1.0-0.8	(0.6-0.7	(5.6-5.0
	0.7)	0.5)	1.0)	0.6)	8.7)

Tab. 8 - Tabella di confronto di alcuni dati a differente granulometria, ripetuti in triplo, analizzati al diffrattometro,e con l'assorbimento atomico. I dati sono tratti da una tesina sperimentale, Guerzoni e Ravaioli, 1985.

concentrazione, (magg. del 25%, Fig. 5a), è distribuita nella parte a Nord del delta e a Sud di esso, tra i 20-25 m di profondità, parrebbe, anche dall'andamento del rapporto cal./dol. (Fig. 4), che tale fascia sia la zona di transito preferenziale

del materiale fine che proviene da Nord e che la dolomite sia un tracciante utile per evidenziare tale provenienza (Fig. 2).Nella zona di incidenza diretta del plumes verso Est vi e' una netta diluizione del contenuto di dolomite (pur rimanendo alta) dovuto agli apporti sedimentari (a basso contenuto di dolomite) del Po, soprattutto nel periodo estivo, (Dazzi et al., 1982).

Nell'area a Sud di Porto Garibaldi il range di variabilità e' più basso e va da un minimo di 3% (camp. 37) a un massimo di 19.46% (camp. 40). Vi e' una larga fascia di influenza costiera con valori inferiori al 7% e alcune variazioni vicino alle foci fluviali dovute a piccoli apporti locali. Un'ulteriore zona con valori fra il 7 - 9% e' situata attorno alla batimetrica dei 15m, questo contenuto e' anche nella zona sotto Po di Volano, verso costa, per una probabile influenza del apporto solido da Nord in condizioni di vento favorevole (vento di bora) che può deviare le acque verso tali zone. La fascia più al largo a 15 - 20 Km dalla costa con un valore di dolomite che va da un minino di 10.6% a un massimo di 19.6%, evidenzia la probabile zona di transito dei limi da Nord (Fig. 5a).

La distribuzione della calcite, mostra un piccolo range, da 10 a 24%, con una distribuzione a random, non è evidente una correlazione preferenziale con una particolare frazione granulometrica, pur trovando i valori piu' alti nelle zone prevalentemente: sabbiose, sia sottocostiere che nelle sabbie residuali dell'area più a Nord del delta. I massimi infatti si hanno lungo costa dal 16 al 20% e vi è un massimo assoluto (24%) dove sono site le sabbie residuali (fig. 3b).

La distribuzione dei carbonati totali e del rapporto calcite/dolomite conferma la tendenza già evidenziata di questa fascia preferenziale di distribuzione della dolomite, attorno alla batimetrica dei 15-20 m . Il range varia da un valore di 15.2% al 44.5% per i carbonati totali, l'andamento è naturalmente dovuto alla prevalenza della calcite o della dolomite, i massimi assoluti sono a Nord del Po (Fig. 3a). Il rapporto cal./dol. va da un minimo di 0.4 ad un massimo di 5.9 (Fig. 4). Si evidenzia una zona con valori inferiori a 1, al largo davanti al delta e si protende verso Sud senza interruzioni, subisce variazioni a Nord del Po risentendo dell'influenza di ricircoli di corrente e della presenza delle sabbie residuali, dopo uno strozzatura davanti alla bocca di Pila e a Sud la fascia si allarga piegando poi leggermente verso Porto Garibaldi. Un'ulteriore zona con valori da 1-2 estende la sua influenza fin sotto costa nella zona di Porto Garibaldi e potrebbe evidenziare il trasposto verso costa di materiale fine in situazioni di vento favorevole.

Conclusioni Riassuntive

Dall'esame della distribuzione dei carbonati di calcio e magnesio nella zona di mare studiata, si può dedurre che nell'area interagiscono 2 sistemi, 1) in diretta relazione con la dinamica del Po e la circolazione a grande scala dell'Alto Adriatico, 2) determinato dagli apporti dei fiumi emiliano-romagnoli.

La distribuzione di questi minerali non risentendo delle variazioni estivo-invernali rappresenta una sintesi sui fondali del destino del materiale sospeso da essi marcato, essendo parametri conservativi.

Gli andamenti ottenuti confermano un transito di materiale fine da Nord, il quale mescolandosi e incanalandosi con il materiale sospeso che proviene dal Po ne risulta anch'esso influenzato seppure con percentuali minori di dolomite.

Si evidenzia inoltre la deposizione di limi verso la zona di Po di Volano provenienti dall'Alto Adriatico in condizioni di vento favorevole.

L'apporto solido provenienti dai fiumi tra Porto Garibaldi e il Savio si disperde prevalentemente verso Sud, lungo costa, legato alle basse energie degli apporti stessi e al processo di confinamento delle acque dovuto alle correnti.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dr. S. Guerzoni, per gli utili consigli e per la lettura critica del testo. Si ringraziano il Sig. W. Landuzzi per le analisi al diffrattometro, il Sig. Casoni per la parte grafica e il Sig. Marezzi per la fotografia. Si ringraziano inoltre il Dr. M. Furani e A. Correggiani, per il contributo dato all'esecuzione delle analisi dei carbonati.

Questo è il contributo N. 648 dell'Ist. di Geologia Marina del CNR.

Bibliografia

Avanzi C., (1976) - Idrologia dell'Adige. In: CNR Gruppo Litorali: Risultati delle ricerche fino al 1975 sul litorale alla foce dell'Adige (spiaggia modello). Padova, 12-16.

Albertazzi S., Bopp R.F., Frignani M., Hieke Merlin O., Menegazzo

Vitturi L. Ravaioli M., Simpson H.J., Tassi Pelati L. e Triulzi C. (1984) - Cs-137 as a tracer for processes of marine sedimentation in the vicinity of the Po River delta (Northern Adriatic Sea). Mem. Soc. Geol. It., volume 27, aprile, 423-460.

Brambati A., Bregant D., Lenardon G., e Stolfa D. (1973) -Transport and sedimentation in the Adriatic Sea. Pubbl. N. 20, Museo Friul. St. Nat..

Bortoluzzi G., Frascari F. e Ravaioli M. (1984) - Ricerche sedimentologiche in aree marine adriatiche e tirreniche finalizzate alla comprensione dei fenomeni di inquinamento costiero. Mem. Soc. Geol. It., volume 27, aprile, 499-526.

Colantoni P., Gallignani P. e Lenaz R. (1980) - La Piattaforma Continentale dell'Alto Adriatico dalla foce del Reno a Venezia: evoluzione ed ambienti di sedimentazione tardo pleistocenici ed olocenici. In: Ricerche sulla Piattaforma Continentale dell'Alto Adriatico, Colantoni P. e Gallignnani P. eds, CNR, Prog. Fin Oceanogr. Fondi Marini, Quad. N. 2.

Colantoni P. e Gallignani P, (1985) - Sedimentazione recente ed attuale nei fondali antistanti il delta del Po. Atti Tavola rotonda: “II delta del Po”, Accad., Sci., Ist. Bologna (Nov. 1982) ,87-98.

Correggiani A. (1984) - Studio dei carbonati e di alcuni metalli pesanti in sedimenti marini a diversa granulometria nella zona del delta del fiume Po. Tesina sperimentale, Ist. Geol. Univ. Bo., Rel. Guerzoni S. e Ravaioli M. .

Dal Cin R. (1983) - I litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura. Boll. Soc. Geol It., 102, 9-56.

Dazzi R., Calcati G., Toffolo f. e Tommasino M. (1983) -Evoluzione stagionale estiva del bilancio di massa della zona marina antistante il delta del Po, nel quadro della circolazione dell' Alto Adriatico. Atti del V Cong. A.I.O.L. (Stresa, May 1982), 397-406.

Di Silvio G., e Rissi M. (1976) - Idrodinamico fluviale in: CNR Gruppo Litorali: Risultati delle ricerche fino al 1975 sul litorale alla foce dell'Adige (spiaggia modello). Padova.

Donazzolo R., Hieke Merlin O., Menegazzo Vitturi L. e Pavoni B. (1982) - Heavy metal content and lithological properties of recent sediments in the Northern Adriatic. Mar. Poll. Bull., 15. 93-101.

Franco P., Jeftic L., Malanotte Rizzoli P., Michelato A. e Orlic M. (1982) - Descriptive model of the Norlrn Adriatic. Oceanol. Acta, 5(3), 379-389.

Frascari F., Frignani M., Giordani P., Guerzoni S. e Ravaioli M.

(1984) - Sedimentological and geochemical behaviour of heavy inetals il the area near the Po delta. Mem. Soc. Geol. It., volume 27, aprile, 469-481.

Frignani M. e Ravaioli M. (1982) - Idrocarburi clorurati nei sedimenti dell'area di mare antistante il delta del Po. Atti Conv. U.O. Aff. Sottoprog. Ris. Biol. e inquin. mar. Roma, 10-11 Nov..

Furani M. (1984) - Distribuzione della calcite e dolomite sui fondali marini fra P. Garibaldi e Cesenatico. Tesina speri mentale. Ist. di Geol. Univ. Bo.; Rel. Ravaioli M..

Gandolfi G., Mordenti A. and Paganelli L. (1982) - Composition and Longshore Dispersal of Sands from the Po and Adige rivers ,- since the Pre-Etruscan Agel.2 - Journal of Sedimentary Petrology, Vol 52. No. 3, September, 1982, p. 0797-0805.

Gazzi P., Zuffa G.G., Gandolfi G. and Paganelli L. (1973) - Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale: Mem. Soc. Geol. It. v. 12, p. 1-37.

Guerzoni S., Frignani M., Giordani P. e Frascari F. 1984) - Heavy metals (Cd, Co, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb, Ti, V, Zn) in sediments from different environments (lagoons, rivers, seabed) of a Northern Adriatic sea area, Italy. Environ. Geol. Water Sci., 6, 11-119.

Jobstribizer P. (1970) - Determinazioni rapida di calcite e dolomite per via gas-volumetrica nei sedimenti. Boll. Soc. Geol. It., 89, 401-413.

Jobstraibizer P. e Malesiani P. (1973) - I sedimenti dei fiumi Veneti. Mem. Soc. Geol. It., Ì2, 411-452.

Malanotte Rizzoli P. e Bergamasco A. (1982,a) - Hydrodynamic of the Adriatic Sea. In Hydrodynamic of semi-enclosed seas, (Nihoul, J.C.J. ed.), Elsevier, Amsterdam.

Malanotte Rizzoli P. e Bergamasco A. (1982,b) - L'ecosistema sottocostiero dell'Emilia-Romagna. Atti Conv. U.O. Sottopr. Ris. Bio. Inq. Marino, Roma, 10-11 Novembre.

Mantovan P.f Menegazzo Vitturi L., Pavoni B., Rabitti S. (1985) - Sediment and pollution in the Northern Adriatic Sea: a statical analysis. In Continental Shelf Research, V. 4 N. 3 , p. 321-340.

Nelson B.W. (1970) - Hydrodynamic, sediment dispersal and recent historical development of the Po river Delta, Italy. In Deltaic sedimentation. Modern and ancient, Morgan J., ed., Soc. Econ. Paleont. Sp. Publ., 15, 152-184.

Nelson B.W. (1972) - Mineralogical differentiation of sediments dispersed from the Po delta. In L Mediterranean Sea: a natural sedimentation laboratory., Stanley D.J., ed., Dowden, Hutchinson e Ross, Strodsbourg, Pa, 441-453.

Olsen C.R., Cuishall N H. e Larsen I.L. (1982) - Pollutant -particle association and dynamics in coastal marine environments,- a review. Mar. Chem., 11 501-533.

Pigorini B. (1986) - Sources and dispersion of recent sediments of the Adriatic Sea. Mar. Geol.,6 187-229.

Rosso G. (1985) - II problema dell'inquinamento marino prodotto dal fiume pò: aspetti e problematiche della dinamica fluviale ed estuarina di alcuni metalli tossici. Tes. di laurea. Ist. di Geol. Univ. Bo.. Rel. F. Frascari.

Stefanini S. (1968) - Distribuzione dei carbonati di Calcio e di Magnesio nelle sabbie dei fiumi tributari dell'Adriatico Settentrionale tra Venezia e Trieste e dei loro principali affluenti. Stud. Trent. Sci. Nat. Sez. A, Anno XLV, N.2, pagg. 118-140.

Tomadin M. (1979) - Clay mineralogy of recent sediments around the Po River delta. Gior. Geol., 43, 249-275.

Van Straaten L. M. J. U. (1970) - Holocene and late pleistocene sedimentation in the Adriatic Sea. Geol. Rund., 60, 106-130.

Veniale F., Soggetti F., Pigorini B - Dal Negro A. (1974) -Effetto delle correnti marine sulla dispersione dei minerali argillosi nei sedimenti del mare Adriatico. 1: Area estendentesi dal delta del Po al golfo di Trieste. Estudios Geol., 30, 389-392.

Venzo G.A. e Stefanini S. (1967) - Distribuzione dei carbonati nei sedimenti di spiaggia e marini dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. Stud. Trent. Sci. Nat. Sez. A, V. XLIV n. 2. pagg. 178-201.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 427 a pag. 434

LA DINAMICA TEMPORALE E LA STIMA DELLA PRODUZIONE SECONDARIA DELLA COMUNITÀ DI ORGANISMI MACROINVERTEBRATI EPIBENTONICI NEL TORRENTE IDICE (PROVINCIA DI BOLOGNA)

G. SALMOIRAGHI, N. PALMIERI

Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale Università di Bologna

ABSTRACT

Density and population standing crop of the benthic fauna of the River Idice (province of Bologna) were studied.

From March to December 1985 ten samplings were carried out (each repeated from 5 - 30 times depending on hydrological rate) by using Surber's sampler.

The collected organisms were all sorted and measured in order to point out:

1) Numerical consistence of community and that of each population in different seasons;
2) Space distribution of community in different environments: rubble, mud and sand, gravel in central area with strong current and along the banks with reduced turbulence;
3) Standing crop estimate and determination of annual secondary production calculated with Hynes and Coleman's (1968) method modified by Hamilton (1969).

1. INTRODUZIONE

Minshall et al. (1985) sviluppando il concetto di River Continuum identificano una area: "Interazioni biotiche all'interno della comunità" in cui la mobilità degli organismi, i cicli vitali, le abitudini alimentari, le strategie di colonizzazione, i tassi demografici che regolano lo sviluppo delle singole specie rappresentano la capacità degli invertebrati bentonici a sopravvivere nei diversi microhabitat in ragione della variabile turbolenza idrica e dei diversificati, nello spazio e nel tempo, apporti di materiale organico dal bacino. La struttura trofica, la densità, la biomassa e la produttività secondaria della comunità bentonica rappresentano quindi la risultante integrata delle condizioni "ambientali" a cui la comunità è soggetta.

La ricerca da noi condotta ha preso in considerazione la successione temporale e spaziale della densità e biomassa degli organismi macroinvertebrati che compongono la comunità bentonica

presente in un tratto del Torrente Idice (Provincia di Bologna) in funzione della natura del substrato, dei regimi idrici e delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque. I dati acquisiti sono serviti, inoltre, per effettuare la stima della produttività secondaria globale e dei gruppi sistematici che sono maggiormente rappresentativi della comunità bentonica totale.

In questo lavoro viene presentata una prima elaborazione dei dati raccolti al fine di poter evidenziare alcune fra le più interessanti problematiche emerse dalla ricerca condotta.

2. MATERIALI E METODI Ambiente studiato

II Torrente Idice nasce in Toscana (Monte Canda) a 1161 m s.l.m., attraversa la Provincia di Bologna e si immette nel Fiume Reno in Provincia di Ferrara. Ha un percorso di 80 km, un bacino di drenaggio di 835 km^2 e una altitudine media di 303 m s.l.m. La portata media storica alla sezione di Monterenzio è di 0,97 m^3/sec (Idroser, 1978).

La stazione di campionamento è localizzata a Mulino del Grillo (700 m circa a monte di Monterenzio).

Modalità di campionamento

Da Marzo a Dicembre 1985 sono state eseguite mensilmente raccolte quantitative (da 5 a 30) di organismi bentonici mediante campionatore modello Surber modificato con rete a luce di 0,29 mm e superficie campionabile di 1540 cm^2.

I microambienti campionati (almeno 5 repliche per substrato) sono: limo + sabbia, ghiaia, e pietrisco in zone centrali con discreta velocità di corrente e in zone litorali dove la velocità di corrente è scarsa.

Biomassa e produzione secondaria

Gli organismi raccolti sono stati tutti determinati (fino al livello di genere o famiglia) e misurati.

La biomassa è stata calcolata trasformando le lunghezze lineari in peso fresco secondo la formula proposta da Hynes and Coleman (1968).

La produttività secondaria è stata calcolata, per la comunità totale e per alcuni fra i più importanti gruppi sistematici, con il metodo della somma algebrica fra i biovolumi

di organismi di classi di grandezza successivamente maggiori. Si tratta del metodo proposto da Hynes and Coleman (1968) e successivamente parzialmente modificato da Hamilton (1969), Waters and Crawford (1973), Benke (1979).

L'applicabilità del modello di Hynes and Coleman (1968) alla comunità totale da noi campionata è da considerare non del tutto soddisfacente in quanto le classi di lunghezza risultano molto ampie e diversificate; per ovviare a tale inconveniente la stima della produttività secondaria è stata operata ricorrendo anche a un altro modello tuttora in fase di elaborazione (Salmoiraghi). Ci si limita, in questo contesto, a riportarne la formula:

$$P_v = i_s \sum_{j=1}^{i} (n_j - n_{j+1})\left(\frac{L_j + L_{j+1}}{2}\right)^3$$

dove:
P_v = stima di produzione annuale in unità volumetriche;
n_j = numero medio di individui nella classe di lunghezza j;
L_j = lunghezza media della classe di lunghezza j;
$n_j - n_{j+1}$ = differenza numerica fra due classi di lunghezza successive;

II fattore i_s

$$i_s = \sum_{a=1}^{n} \frac{L_{\max(a)} D_a}{D_{tot}}$$

rappresenta la sommatoria delle lunghezze massime raggiunte dalle singole specie nel corso dell'anno, ponderate rispetto ai valori di densità totale. Si è cercato, in questo modo, di smorzare l'effetto amplificatore indotto dalla saltuaria presenza di organismi con elevate dimensioni corporee.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Distribuzione temporale

La comunità bentonica totale (Tabella 1) è quasi esclusivamente costituita da larve di insetti (la partecipazione di Crostacei e Molluschi è molto modesta) che presentano fra l'altro una discreta diversificazione trofico-funzionale e un rilevante spettro adattativo. Gli organismi bentonici più rappresentativi, in quanto mostrano una maggiore persistenza temporale e raggiungono densità rilevanti, sono: Leuctridae, Hydropsychidae, *Baetis, Caenis, Heptagenia* e Chironomidae.

Tabella I. Distribuzione temporale delle densità (con relative percentuali) degli organismi bentonici campionati nel Torrente Idice.

	25.03.1985		1.04.1985		23.04.1985		23.05.1985		24.06.1985		16.07.1985		13.08.1985		16.09.1985		16.10.1985		15.11.1985		TOTALE	
	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens. ind/m2	%	Dens.med ind/m2	%
PLECOPTERA																						
Brachyptera	25,1	26,7	0,2	0,6	0,6	0,1													0,6	0,1	2,65	0,3
Isoperla	3,0	3,2	1,3	3,8	4,3	0,7	0,5	0,1													0,91	0,1
Leuctridae			0,2	0,6	3,2	0,5	12,7	2,2	35,5	11,3	164,2	10,0	507,0	29,0	31,2	4,3	26,0	3,2	3,2	0,4	78,40	9,1
Nemoura	0,5	0,5																			0,05	0,0
Perlodidae	2,3	2,4			[illegible],3	0,2	0,2	0,0													0,38	0,0
Protonemura	0,2	0,2	0,2	0,6	5,4	0,9															0,58	0,1
TRICOPTERA																						
Beraeidae			0,2	0,6																	0,02	0,0
Hydropsychidae	7,1	7,6	[illegible],4	1,2	5,8	1,0	3,4	0,6	37,7	12,0	347,3	21,1	231,2	13,2	170,1	23,4	1441,6	69,2	478,0	64,3	272,26	31,8
Hydroptilidae											2,0	0,1									0,20	0,0
Philopotamidae					0,2	0,0	12,3	2,1			4,0	0,2									1,65	0,2
Polycentropodidae											1,0	0,1	1,3	0,1							0,23	0,0
Rhyacophilidae	0,5	0,5			1,5	[illegible]					5,5	0,3	5,2	0,3					0,6	0,1	1,33	0,2
EPHEMEROPTERA																						
Baetis	23,2	24,7	3,0	8,7	265,6	44,1	154,2	26,4	169,3	53,9	41,4	2,5	83,1	4,7	13,0	1,8	19,5	0,9	11,0	1,5	78,33	9,1
Caenis			9,0	26,2	7,4	1,2	9,9	1,7	1,3	0,4	781,9	47,6	455,8	26,0	13,0	1,8	98,7	4,7	85,1	11,5	146,21	17,1
Centroptilum	19,6	20,9	0,4	1,2	2,2	0,4															2,22	0,3
Ecdyonurus	3,0	3,2			3,7	0,6	0,7	0,1													0,74	0,1
Ephemerella			1,5	4,4	15,8	2,6	268,6	46,1	19,1	6,1	105,3	6,4	70,1	4,0							48,04	5,6
Habrophlebia					0,9	0,1	7,5	1,3	6,5	2,1	1,0	0,1	1,3	0,1							1,72	0,2
Neptagenia	7,1	7,6	0,4	1,2	9,1	1,5	7,0	1,2	4,0	1,5	1,5	0,1			2,6	0,4			0,6	0,1	3,31	0,4
Torleya					0,9	0,1															0,09	0,0
COLEOPTERA																						
Chrysomelidae					0,2	0,0															0,02	0,0
Dryopidae																			0,6	0,1	0,06	0,0
Dytiscidae											1,0	0,1	6,5	0,4			7,0	0,4			1,53	0,2
Hydrophilidae											0,5	0,5	19,5	1,1	1,3	0,2					2,93	0,3
Hygrobiidae													5,2	0,3							0,52	0,1
ODONATA																						
Cordulidae													1,3	0,1			13,0	0,6	29,2	3,9	4,35	0,5
Gomphidae							0,2	0,0					1,3	0,1							0,15	0,0
Cordulegasteridae			0,4	1,2											14,3	2,0					1,47	0,2
Libellulidae													1,3	0,1							0,13	0,0
DIPTERA																						
Anthomyidae											3,0	0,2	1,3	0,1			35,1	1,7	0,6	0,1	4,00	0,5
Ceratopogonidae	0,5	0,5			1,5	0,2	0,2	0,0													0,22	0,0
Chironomidae	0,2	0,2	15,0	43,7	266,7	44,3	36,6	6,3	16,5	5,3	143,2	8,7	197,4	11,3	464,9	64,0	413,0	19,8	64,3	8,7	141,78	18,9
Dolicopodidae																			1,3	0,2	0,13	0,0
Empididae					0,2	0,0	0,2	0,0													0,04	0,0
Limoniidae			0,2	0,6							1,5	0,1	14,3	0,8	2,6	0,4			7,1	1,0	2,57	0,3
Psycodidae									0,9	0,3									0,6	0,1	0,15	0,0
Simuliidae	0,7	0,7			0,4	0,1	62,8	10,8	21,6	6,9									7,8	1,0	9,33	1,1
Stratiomyd[illegible]	[illegible]																1,3	0,1	14,3	1,9	1,56	0,0
Tabanidae	0,5	0,5									10,0	1,1	33,8	1,9	11,7	1,6	15,6	0,7	11,0	1,5	9,06	1,1
Tipulidae	0,5	0,5					0,2	0,0			11,5	0,7			1,3	0,2	10,4	0,5	14,3	1,9	3,82	0,4
OLIGOCHAETA																						
Lumbricidae			1,1	3,2	0,4	0,1					0,5	0,0					1,3	0,1	1,9	0,3	0,52	0,1
Lumbriculidae					0,6	0,1															0,06	0,0
Naididae					2,8	0,5	5,3	0,9	0,9	0,3											0,90	0,1
Tubificidae			0,2	0,6	0,9	0,1													3,2	0,4	0,43	0,1
CRUSTACEA																						
Asellidae			0,2	0,6																	0,02	0,0
Gammaridae			0,4	1,2																	0,04	0,0
GASTROPODA																						
Bithynidae																			7,8	1,0	0,78	0,1
Lymnaeidae													114,3	6,5							11,43	1,3
PLANIPENNIDI																						
Sisyra							0,5	0,1													0,05	0,0
TOTALE	94,0		34,3		601,6		583,0		314,1		1642,3		1752,0		726,0		2083,3		743,1		857,37	

La densità media totale varia da 34,3 (1.4.1985) a 2083 (16.10.1985) org/m^2 e i Tricotteri Hydropsychidae sono gli organismi che presentano le più elevate densità.

La comunità bentonica totale, suddivisa nei cinque livelli-trofici proposti da Cummins (1985) appare così costituita:

	Densità media org/m^2	%
TRITURATORI (SHREDDERS)	138,1	16,1
FILTRATORI (FILTERING COLLECTORS)	283,2	33,0
RACCOGLITORI (GATTERING COLLECTORS)	390,7	45,6
RASCHIATORI (SCRAPERS)	18,0	2,1
PREDATORI (PREDATORS)	27,4	3,2

Distribuzione spaziale

La metodica di campionamento adottata ci ha permesso di mettere in evidenza la distribuzione spaziale nei diversi microambienti degli organismi campionati. In questo contesto ci si limita ad illustrare quanto è emerso per alcuni di essi.

I Tricotteri Hydropsychidae (Fig. 1) sono prevalentemente presenti nelle zone litorali e fra di esse sembrano prediligere il substrato costituito da pietrisco. Anche la distribuzione delle taglie e le variazioni massime di lunghezza (Fig. 1) sono interessanti in quanto mettono in evidenza che nei microambienti di forte corrente sono quasi sempre presenti organismi di taelia maggiore rispetto a quelli campionati nelle zone litorali.

Gli Efemerotteri appartenenti al genere *Baetis* (Fig. 1) sono stati rilevati con maggiore frequenza sui substrati limo, sabbia e pietrisco delle zone litorali. La "tendenza" aggregativa, in funzione dei diversi substrati, è moderata e presenta un andamento assimilabile al modello aggregativo binomiale negativo con un valore di k compreso fra 0,5 e 1 (Balestra e Salmoiraghi, 1986). La distribuzione spaziale e temporale delle dimensioni (Fig. 1) sono molto ampie e non riconducibili alla definizione di un preciso ciclo temporale e spaziale delle larve.

Produzione secondaria

Nella tabella 2 sono riportati i valori di produzione secondaria istantanea e di produzione annuale totale dell'intera comunità bentonica. Come si vede contro una biomassa media annuale (calcolata in funzione della frequenza delle diverse

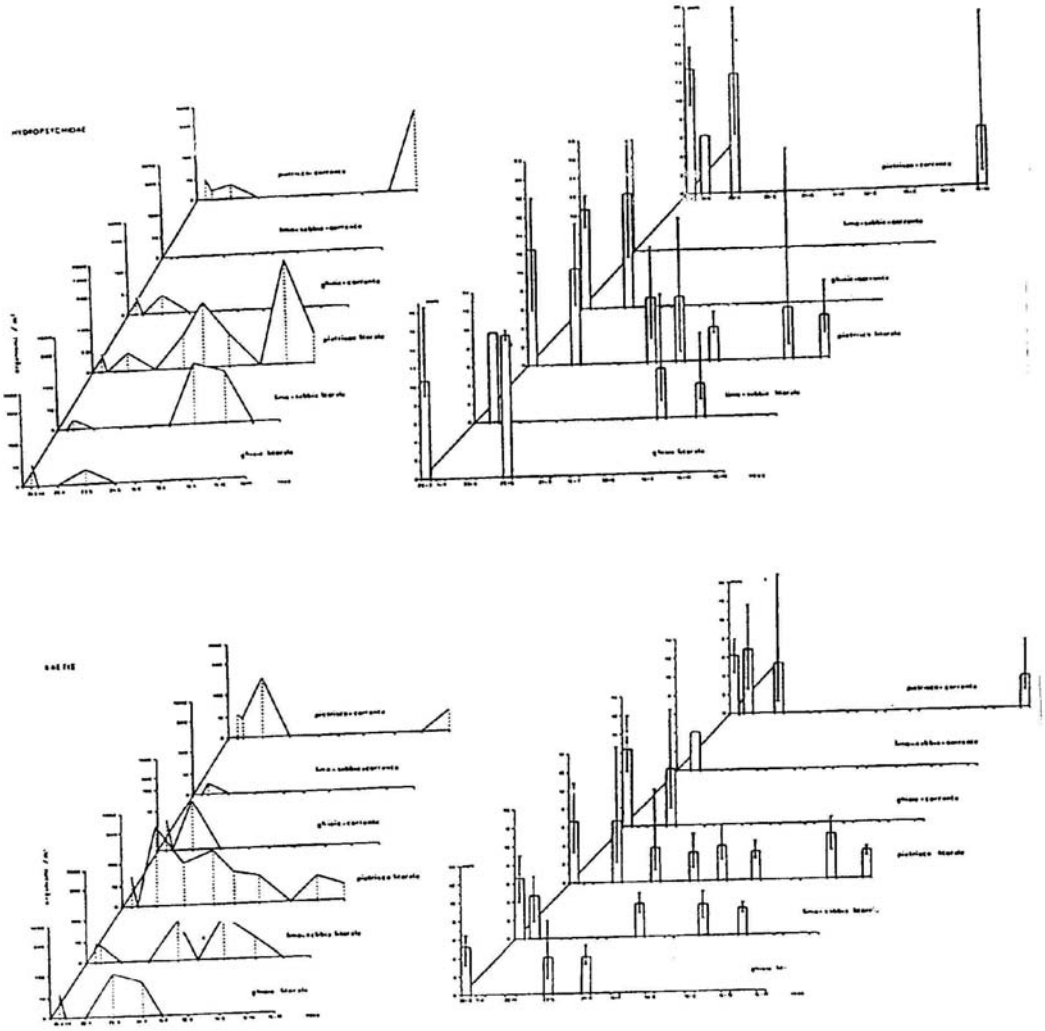


FIG. 1. Distribuzione temporale e spaziale, nei diversi substrati, delle densità (linea continua), lunghezze medie e ambito di variazione delle dimensioni corporee degli organismi Hydropsychidae (in alto) e *Baetis* (in basso).

classi di grandezza secondo il metodo di Hynes and Coleman, 1968) ai 14,5 g/m^2 la produttività è piuttosto variabile in ragione delle metodiche di calcolo utilizzate:, da 41,8 (metodo di Hynes) a 125,1 g/m^2 (metodo di Hamilton) e di conseguenza il rapporto di turnover P/B varia da 2,9 a 8,8/a.

Una simile differenza non deve certo stupire in quanto le due metodiche di calcolo generano sostanziali differenze; nello Afon Hirnant Wales i due Autori, con gli stessi dati sperimentali, stimano infatti 12,1 e 45,6 g/m^2 di produzione secondaria annuale.

Tabella 2. Produzioni istantanee (g/m2 peso fresco) e produzione annuale della comunità di organismi invertebrati bentonici del Torrente Idice.

		25.03	01.04	23.04	23.05	24.06	16.07	13.08	16.09	16.10	15.11	Produzione annuale
Densità	org/m2	94	34,3	601,6	583	314,1	1642,3	1752	726	2083,3	743,1	857,4
Biomassa	g/m2	2,47	0,47	6,65	6,34	1,57	14,38	14,66	2,42	25,65	18,6	14,49
P.S. Hynes	g/m2	8,23	1,57	21,18	19,76	4,61	45,2	51,07	6,92	83,49	64,12	41,78
P/B	/a	3,3	3,3	3,2	3,1	2,9	3,1	3,5	2,9	3,3	3,4	2,9
P.S. Hamilton	g/m2	11,39	1,79	43,71	40,86	7,55	91,43	119,09	16,66	198,42	120,68	125,12
P/B	/a	4,6	3,8	6,6	6,4	4,8	6,4	8,1	6,9	7,7	6,5	8,8
P.S. Salmoiraghi	g/m2	8,29	1,22	21,57	22,8	4,22	43,79	33,6	7,39	133,75	63,96	92,17
P/B	/a	3,4	2,6	3,2	3,6	2,7	3	2,3	3,1	5,3	3,4	6,5

Con il metodo di calcolo proposto da Salmoiraghi la produzione secondaria annuale è di 92,2 g/m^2. Si tratta di un valore compreso nel range di maggiore frequenza delle produttività riportate in letteratura (Waters, 1977; Margalef, 1983). Il tasso teorico di rinnovo (P/B = 6,5/a) appare più elevato rispetto ai valori (P/B compresi fra 2,5 e 5,0) relativi a singole coorti di organismi bentonici (Waters, 1969) ma molto vicino a quelli ottenuti da Waters and Crawford (1973).

Dal confronto fra i valori da noi rilevati e le stime eseguite su altri corsi idrici (Hynes and Coleman, 1968; Hamilton, 1969; Waters, 1977; Krueger and Waters, 1983) risulta che la produzione secondaria zoobentonica del torrente Idice (nella stazione presa in esame) è da considerare "medio-alta".

Le produttività secondarie dei gruppi sistematici più rappresentativi della comunità bentonica del Torrente Idice sono:

	Biomassa	P.S. Hynes		P.S.Hamilton	
	g/m^2 a	g/m^2 a	P/B	g/m^2 a	P/B
Leuctridae	0,45	1,25	2,8	2,06	4,6
Hydropsychidae	5,21	16,87	2,8	35,02	6,7
Baetis	0,69	2,11	3,2	3,80	5,5
Caenis	0,49	1,24	2,5	2,36	4,8
Heptagenia	0,11	0,37	3,4	0,56	5,1
Chironomidae	0,89	2,51	2,8	6,70	7,6

I Tricotteri Hydropsychidae, organismi filtratori ad elevato spettro adattativo, costituiscono l'aliquota maggiore. Nella

valutazione dei dati relativi ai Tricotteri occorre tener presente che non sono state da noi considerate e stimate la produzione delle exuvie e delle secrezioni utilizzate per la costruzione del fodero larvale che costituiscono una importante aliquota della produzione totale (Otto, 1975).

4. BIBLIOGRAFIA

Balestra, V. e G. Salmoiraghi - 1986 - Analisi statistica distributiva su larve di alcune specie epibentoniche fluviali - Trieste, VII Congresso A.I.O.L. - (in press).

Benke, A.C. - 1979 - A modification of the Hynes method for estimating secondary production with particular significance for multivoltine popolations - Limnol. Oceanogr. 36*: 690-708.*

Cummins, K.W. and M. A. Wilzbach - 1985 – Field procedures for analysis of functional feeding group of stream macroinvertebrate - Appalachia Environmental Laboratory, University of Maryland - Contribution n. 1611.

Hynes, H.B.N. and M.J. Coleman - 1968 - A simple method of assessing the annual production of stream benthos – Limnol. Oceanogr. 13*: 569-573.*

Hamilton, A.L. - 1969 - On estimating annual production - Limnol. Oceanogr. 14*: 771-782.*

Idroser - 1978 – Progetto di piano per la salvaguardia e l'utilizzo ottimale delle risorse idriche in Emilia-Romagna - vol IV, sez. III.

Krueger, C.C. and Waters, T.F. - 1983 - Annual production of macroinvertebrates in three streams of different water quality – Ecology 64*: 840-850.*

Margalef, R. - 1983 - Limnologia Ed. Omega, S.A., Barcellona.

Minshall, G.W., K.W. Cummins, R.C. Petersen, C. E. Cushing, D.A. Bruns, J.R. Sedell and R.L. Vannote - 1985 - Developments in Stream Ecosystem Theory - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42*: 1045-1055.*

Otto, C. - 1975 - Energetic relationships of the larval population of Potamophylax cingulatus (Trichoptera) in a South Swedish stream – Oikos 26: 157-169.

Waters, T.F. - 1969 - The turnover ratio in production ecology of freshwater invertebrates – Amer. Natur. 103*: 173-185.*

Waters, T.F. and G.W. Crawford - 1973 - Annual Production of a stream Mayfly population: a comparison of methods - Limnol. Oceanogr. 18*: 286-296.*

Waters, T.F. - 1977 - Secondary Production in Inland Waters. In: Advances in Ecological Research - Ed. A. Macfadyen – Academic Press - London.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 435 a pag. 440

LE ALGHE PLANCTONICE DELL'INVASO DEL MULARGIA (SARDEGNA CENTROME-RIDIONALE) CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AD UNA FIORITURA PROLUNGATA DI OSCILLATORIA RUBESCENS D.C. IN RAPPORTO ALLE CONDIZIONI CHIMICHE E FISICHE.

Sechi N. e Luglié A.
Istituto di Botanica, Università di Sassari

SUMMARY

Between january and july 1985 a massive algal bloom occurred in Mulargia reservoir that supplies water for drinking purpose. Serious problems happened in the water treatment plant. A limnological research, particularly on the phytoplankton structure and biomass, chlorophyll *a* and nutrient contents, started immediately in february and it is outstanding still. The sampling is made every week near to the dam. Many phytoplanktonic species, belongs to four different class, were identified. Numerically, Blue-green algae were found to be the main class with high density and biomass, due to Oscillatoria rubescens D.C.; it is present from february to july and, in this period, it is totally dominant. It is the reason of the problems in water treatment plant. The other class are in-significant in biomass terms. The mean annual contents of biomass and chlorophyll *a* are 6,6 cm^3m^{-3} and 13 mg m^{-3}respectively; they are very high therefore is possible an eutrophic level of the lake. The nutrient content, on the contrary, is quite low (30 mg P-tot. m^{-3}, 220 mg N-inor. m^{-3}, 550 mg N-tot. m^{-3}).

INTRODUZIONE

II Lago Mulargia, formato nel 1956 per sbarramento del torrente omonimo, è uno dei più grandi invasi esistenti in Sardegna. Il volume massimo nominale e di 320 x 10^6 m^3 cui corrisponde un'area di 12 km^2 ed una profondità media di 27 m. Il bacino imbrifero ha un'estensione di 172 km^2 ed è insufficiente, con un deflusso medio annuo di 60 x 10^6 m3, a riempire il lago. Un collegamento sotterraneo con il Lago Flumendosa, posto in un altro bacino imbrifero, permette di addurre al Mulargia notevoli volumi d'acqua integrativi anche se non del tutto sufficienti a portare il lago al volume massimo.

Dal mese di gennaio al mese di maggio del 1985 gli impianti di potabilizzazione che trattano le acque derivate dalla zona ipolimnica del lago presentarono degli inconvenienti nell'efficienza di rimozione del materiale particellato. In concomitanza venne notato un insolito colore rosso mattone delle acque lacustri. Le indagini limnologiche avviate a partire da febbraio del 1985 per chiarire l'origine e seguire l'evoluzione dell'evento sono ancora in corso; in questa nota vengono presentati i risultati del primo anno. Il lago dal punto di vista trofico è stato già classificato eutrofico (Sechi e Cossu, 1978; Sechi 1983).

METODI

I prelievi sono stati effettuati, con cadenza settimanale, in una stazione posta a circa 1 km dalla diga. I campioni sono stati prelevati alle profondità di 0; 1; 2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70 metri. La tecnica di conteggio e calcolo della biomassa fitoplanctonica è la stessa riportata in Sechi (1978) mentre le metodiche per le analisi dei parametri chimici sono le stesse riportate in Sechi e Cossu (1978). La clorofilla *a* è stata analizzata secondo Golterman and Clymo (1978) retificando la concentrazione finale di acidificazione a 3×10^{-3} M HCl.

RISULTATI

I risultati espressi come valori mediati nella zona fotica sono rappresentati nella figura 1. Un rapido sguardo ad alcuni parametri chimici permette di dire che i valori e le dinamiche sono tipici di stati eutrofici; il pH raggiunge valori elevati nei mesi estivi, con massimi di 9,7 in giugno e luglio; l'azoto inorganico è presente con contenuti abbastanza limitati nell'inverno 1985 (60 mg N m^{-3}), più elevati nell'inverno 1986 (250 mg N m^{-3}) e quasi nulli in estate; l'azoto totale va da un minimo di 100 mg N m^{-3}, registrato in settembre, ad un massimo di 800 mg N m^{-3}, in giugno; il fosforo presenta valori massimi invernali di 42 mg P m^{-3} nel 1985 e di 26 mg P m^{-3} nel 1986, e minimi estivi (4 mg P m^{-3}). Nel complesso il contenuto medio annuale, nell'intera colonna d'acqua, del fosforo totale è di circa 30 mg P m^{-3}, dell'azoto inorganico di 220 mg N m^{-3} e dell'azoto totale di 550 mg N m^{-3}. I contenuti della silice reattiva sono dell'ordine di 2,6 mg Si l^{-1} fino al mese di agosto, successivamente diminuiscono in concomitanza con la affermazione di specie di Diatomee, fino ad un minimo, in ottobre, di 0,1 mg Si l^{-1}.

Per quanto attiene ai valori globali della biomassa algale e della clorofilla *a* si può notare che i valori più elevati si verificano da febbraio a luglio del 1985 con una media di 14 cm^3 m^{-3} e 25 mg m^{-3} rispettivamente; i picchi si attestano su 22 cm^3 m^{-3} e 42 mg m^{-3}, entrambi in giugno. Nel ciclo annuale la biomassa esprime un valore medio di 6,6 cm^3 m^{-3} e la clorofilla *a* un valore di 13 mg m^{-3}.

La classe più importante, come volume, è quella delle Cianoficee, rappresentata dalla sola specie Oscillatoria rubescens D.C.. Quest'alga è stata presente con una fioritura ininterrotta per sette mesi, da febbraio a luglio 1985, causando sia gli inconvenienti nei processi di potabilizzazione sia il colore rosso mattone delle acque lacustri. La presenza di O. rubescens, dopo tre mesi di assenza totale, è ripresa in novembre ed è proseguita fino al mese di marzo del 1986. In termini quantitativi, nel primo periodo di presenza, la biomassa si è attestata sui 14 cm^3m^{-3}, pari alla totalità della biomassa espressa dal lago; nel secondo periodo la biomassa è risultata decisamente inferiore con valore massimo di 2,5 cm^3m^{-3}, raggiunto nel marzo 1986 dopo un lungo periodo di lentissima crescita. L'importanza delle altre classi è stata quantitativamente molto inferiore: le Dinoficee, con la sola specie Ceratium hirundinella (O.P. Muller) Schrank sono presenti per un breve periodo ed esprimono un massimo di 4 cm^3m^{-3}, nel mese d'agosto, subito dopo la scomparsa di O. rubescens; le Cloroficee sono presenti quasi sempre con le specie Closterium aciculare T. West, Closterium gracile Bréb. ex Ralfs e Staurastrum gracile Ralfs; solo C. aciculare esprime biomasse apprezzabili che comunque, come picco, non superano il valore di 1 cm^3m^{-3} registrato in luglio durante il rapido declino di O. rubescens. Anche le Diatomee sono sempre presenti con le specie Cyclotella ocellata Pantocksek, Melosira granulata (E.) Ralfs, Synedra acus Kg., Fragilaria crotonensis Kitton ed Asterionella formosa Hassal; M. granulata è presente da agosto a gennaio con biomasse molto variabili ed inferiori a 0,5 cm^3m^{-3} ad eccezione del mese di agosto quando presenta un massimo di 3,8 cm^3m^{-3}; S. acus è presente solo in luglio con un picco di 2,8 cm^3m^{-3}; C. ocellata è l'unica Diatonica sempre presente con un contenuto medio di 0,13 cm^3m^{-3} e con un massimo di 1 cm^3m^{-3} ai primi di ottobre.

DISCUSSIONE

I risultati così brevemente esposti documentano abbastanza chiaramente che la fioritura di O. rubescens, nell'arco dei primi sei mesi del 1985, è stata di proporzioni notevoli ed in termini

praticamente unispecifici. Quest'alga persiste nel lago sia a temperature invernali di 9-10°C sia a temperature estive di 24°C, in particolare in giugno, quando mostra il massimo sviluppo lungo tutta la colonna della zona fotica; questo comportamento è sostanzialmente diverso da quanto noto (Hutchinson, 1967), anche se sono stati già registrati casi di fioriture epilimniche estive o metalimniche a temperature di 15-20°C (Hutchinson, 1967). E' quindi possibile che questa fioritura, così notevole e prolungata, sia stata occasionale. I motivi che possono averla provocata sono certamente difficili da identificare. E' da rilevare che il lago, negli ultimi tre anni, ha subito un tipo di gestione completamente diverso, rispetto agli anni precedenti. Da una gestione annuale, che consentiva volumi d'invaso limitati, si è passati ad una gestione poliennale, con volumi di invaso più consistenti. In sostanza, prima si invasava poco, e tutta l'acqua accumulata in un anno veniva usata nell'anno medesimo, ora si invasa di più (deflussi permettendo), si usa la quantità prestabilita e si conservano scorte per gli anni siccitosi, molto frequenti in Sardegna. Si può vedere dalla tabella 1 la dinamica dei volumi d'invaso nei tre mesi più significativi (dicembre: minimo invaso, gennaio e febbraio: massimo invaso) degli ultimi 10 anni, che evidenzia quanto detto.

Tab. 1 - Volumi di invaso relativi ai mesi di gennaio, febbraio e dicembre degli ultimi 10 anni (x 10^6 m^3).

	Gennaio	Febbraio	Dicembre
1975	14	25	29
1976	32	58	99
1977	157	155	25
1978	27	88	31
1979	92	165	30
1980	43	82	60
1981	115	174	29
1982	61	88	82
1983	150	160	103
1984	140	163	217
1985	253	298	220
1986	220	275	-

Benché il contenuto medio annuale dei nutrienti sia modesto (30 mg P-tot. m^{-3}, 220 mg N-inor. m^{-3}, 550 mg N-tot. m^{-3}), tanto da

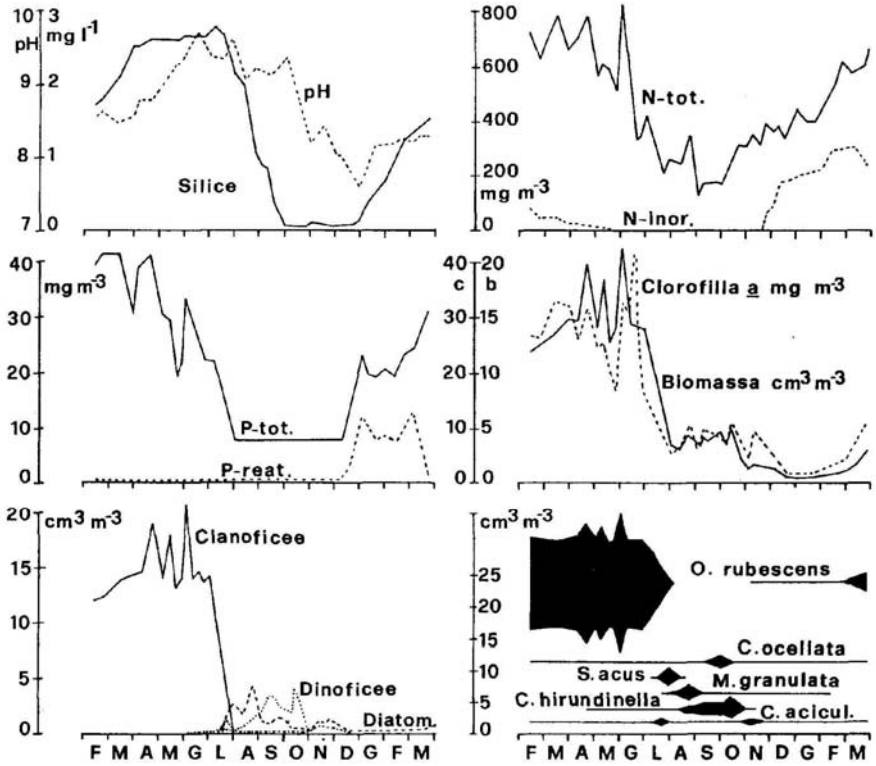


Fig. 1 - Rappresentazione grafica delle variabili considerate.

---

indicare, utilizzando le delimitazioni trofiche proposte da OCDE (1982), notevoli probabilità di mesotrofia, la produzione fitoplanctonica, espressa come biomassa volumetrica e come contenuto di clorofilla a risulta molto elevata (6,6 cm^3m^{-3} e 13 mg m^{-3}), tipica, secondo OCDE (1982) ed Heinonen (1980) di stato eutrofico. Lo stato di completa deossigenazione delle acque ipolimniche da luglio a novembre conferma questo stato, già precedentemente diagnosticato da Sechi e Cossu (1978) e Sechi (1983).

Le analisi ancora in corso permetteranno di esprimere, con maggiore sicurezza, un giudizio sullo stato trofico di questo lago senza i condizionamenti della presenza esuberante di O. rubescens. Il carico teorico del fosforo, stimato secondo Provini et al. (1979), è di circa 19 t $anno^{-1}$ ed è eccedente rispetto al carico critico, che è circa 15 t $anno^{-1}$, calcolato in base alla formula di Vollenweider (OCDE, 1982). La stima del carico teorico è semplicemente indicativa, considerate le notevoli difficoltà per la valutazione della frazione derivante dal Lago Flumendosa.

E' comunque in fase di avviamento una indagine per accertare sperimentalmente l'entità del carico per arrivare, in prospettiva, a prevedere interventi di recupero dello stato trofico del lago.

BIBLIOGRAFIA

Golterman, H.L., S.R. Clymo and M.A.M. Ohnstad. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Blackwell Scientific Publication. Oxoford.

Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Publication of the Water Research Institute, N° 37. National Board of Waters. Finland. Helsinki.

Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. Vol. II. J. Wiley and Sons. New York.

O.C.D.E., 1982. Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control. O.C.D.E. Pubblications, N° 42077. Paris. 154 pp.

Provini, A., M. Mosello, M. Pettine, A. Puddu, E. Bolle, e F.M. Spaziani. 1979- Metodi e problemi per la valutazione dei carichi di nutrienti. Atti del "Convegno sulla eutrofizzazione in Italia". Roma 3-4 ottobre 1978: 121-158.

Sechi, N. 1978. Struttura e biomassa dei popolamenti fitoplanctonici del Lago Omodeo (Sardegna Centrale). Giorn. Bot. Ital., 112: 347-360.

Sechi, N. 1983. Il fitoplancton e lo stato trofico di alcuni laghi artificiali della Sardegna. Atti 4° Congresso A.I.O.L.. Chiavari 1-3 dicembre 1980.

Sechi, N. ed A. Cossu. 1979- Prime valutazioni sui livelli trofici di alcuni bacini artificiali della Sardegna. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 37: 259-276.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 441 a pag. 448

DISTRIBUZIONE DEI NUTRIENTI IN RELAZIONE A SALINITÀ E TEMPERATURA NEL MARE DI ALBORAN

A. SERITTI, F. ORSINI, L. NANNICINI, G. SCARANO e E. MORELLI
C.N.R. Istituto di Biofisica, Via S. Lorenzo, 26, 56100 Pisa, Italy

SUMMARY

Vertical profiles of salinity, temperature, dissolved inorganic phosphorus and nitrate have been determined at six stations in the Alboran Sea. The distribution of nutrients was found oceanographically consistent. The dissolved phosphorus ($P\text{-}PO_4$) and nitrogen ($N\text{-}NO_3$) in the superficial layer up to 50 m with a salinity of 36.6‰, which is typical of Atlantic inflow waters, presented a concentration ranging from 0.04 to 0.12 µg-at/l and from 0.1 to 1.7 µg-at/l respectively. In the deep waters down to 200m, with a salinity of 38.7‰, the concentration of nutrients was more Constant with a range of 0.35-0.40 µg-at/l for phosphorus and 8.5-9.8 µg-at/l for nitrogen. Data are discussed in relation to the reported global budget of these elements in the Mediterranean.

INTRODUZIONE

II mare di Alboran è, dei bacini compresi nel mar Mediterraneo, quello ubicato più ad ovest. Compreso tra lo stretto di Gibilterra e la radiale Cape de Gate-Oran, definisce un'area di particolare interesse oceanografico essendo sede dei processi idrodinamici che governano gli scambi d'acqua tra l'Oceano Atlantico e il mar Mediterraneo (NORDA, 1985).

Attraverso lo stretto di Gibilterra una corrente superficiale di acqua atlantica a salinità inferiore al 36.5‰, trasporta verso est un volume d'acqua di circa $1.4\text{-}10^6 m^3/s$, mentre al di sotto di questa, e caratterizzate da una salinità di circa 38.5‰, fluiscono verso ovest le acque mediterranee con un flusso inferiore al primo di circa il 4% (Cruzado, 1985).

I flussi di queste masse d'acqua entranti ed uscenti dallo stretto, che differiscono nelle caratteristiche oceanografiche a causa delle particolari condizioni climatiche del Mediterraneo, mantengono il bilancio di acqua e di sali nel bacino.

Lo studio dei parametri fisici e chimici in questa area è

quindi importante al fine di conoscere la natura e l'entità di questi scambi.

Per quanto riguarda i nutrienti, la conoscenza della distribuzione verticale delle concentrazioni di fosforo e azoto e la stima degli scambi associati alle acque che attraversano lo stretto di Gibilterra, fornisce un indispensabile elemento in un modello di bilancio globale dei sali nutritivi nel Mediterraneo (Betoux, 1981).

Recentemente, studi condotti nelle acque del Pacifico e dell'Atlantico (Bruland, 1980; Bruland e Franks, 1983; Burton et al., 1983) hanno mostrato una forte correlazione tra cadmio disciolto e PO_4^{3-} che è stata interpretata in termini di connessione tra i meccanismi di trasporto verticale del particellato e il ciclo di questi elementi.

Come parte di uno studio più esteso in corso sulla distribuzione e sulla speciazione dei metalli in tracce nel bacino ovest del Mediterraneo anche in relazione alla distribuzione dei nutrienti, qui si riportano alcuni dati preliminari sulle concentrazioni di fosforo e azoto nelle acque del mare di Alboran. Tali dati sono discussi in relazione ai parametri chimico-fisici come salinità e temperatura che caratterizzano gli scambi tra Atlantico e Mediterraneo a Gibilterra.

1. MATERIALI E METODI

I campioni di acqua sono stati raccolti nel settembre 1985 durante una campagna oceanografica condotta con la N/O "Bannock" del C.N.R.. La raccolta delle acque non superficiali è stata effettuata a mezzo di campionatori NISKIN del volume di 20 litri (General Oceanics, Inc.). I profili di salinità e temperatura sono stati ottenuti con una sonda multiparametrica CTD (ME mod. KMF) e i dati sono stati elaborati con un calcolatore ZILOG (sistema MGZ1/25). Il fosforo reattivo e l'azoto nitrico sono stati determinati secondo i metodi indicati da Grasshoff et al. (1983). Le concentrazioni sono espresse in µg-at/l di N e P e si riferiscono alla frazione inorganica disciolta dell'elemento (filtrazione su Sartorius 0.45 µm). Le analisi sono state effettuate a bordo.

2. RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati si riferiscono alle stazioni indicate in figura 1. Nella figura 2 (a - d) sono riportate le concentrazioni di nitrati

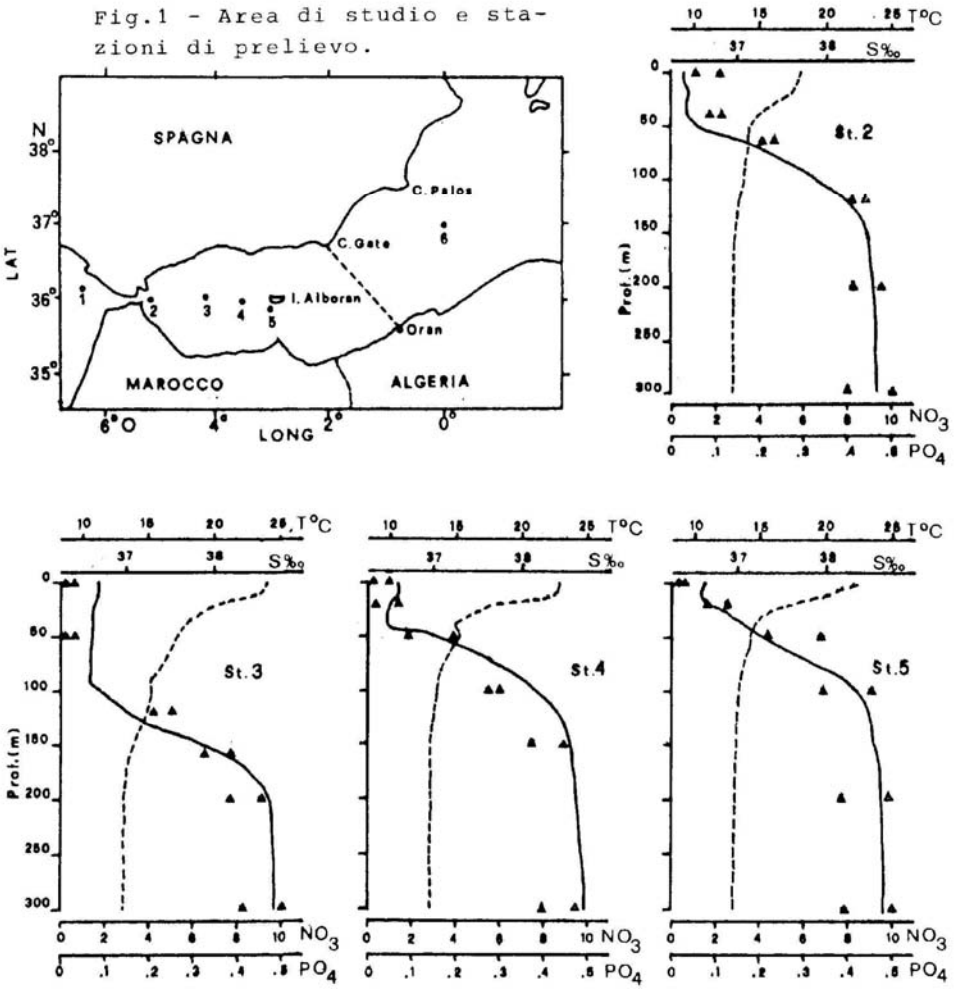


Fig. 2 - Confronto tra i profili verticali di (———), temperatura (--------), nitrati (A) e fosfati (A) alle stazioni 2, 3, 4, e 5 del mare di Alboran.
Le concentrazioni di nitrati e fosfati sono espresse in µg-at N/l e µg-at P/l

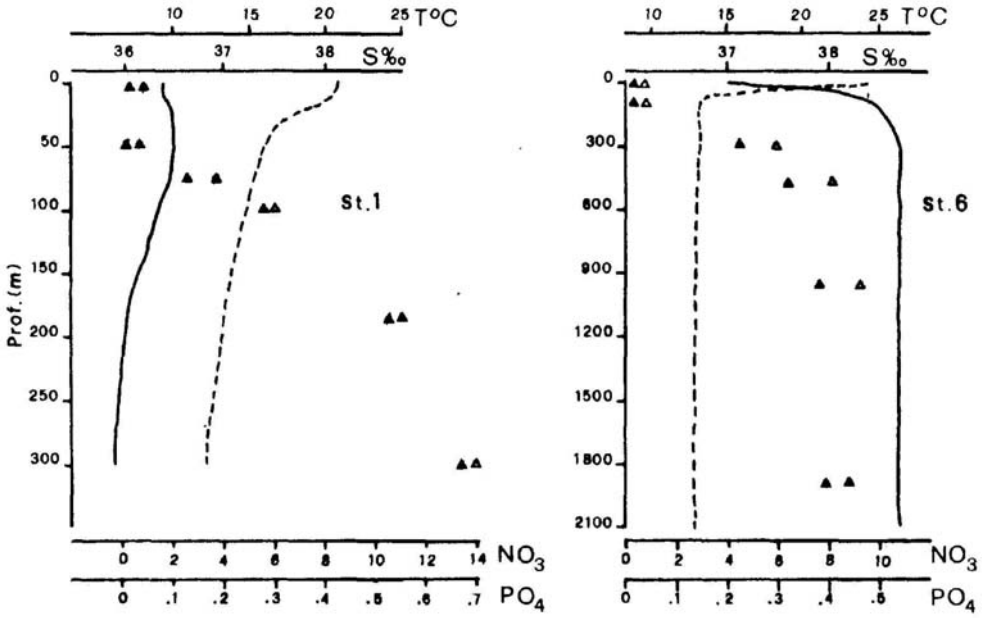


Fig. 3 e 4 - Andamento di salinità (——), temperatura (----), nitrati (△) e fosfati (▲) alla stazione 1 (Golfo di Cadice) e alla stazione 6 (ad Ovest delle Isole Baleari). Le concentrazioni di nitrati e fosfati sono espresse in µg-at N/l e µg-at P/l

Le concentrazioni di fosforo e di azoto nello strato superficiale di acqua atlantica a salinità di 36.5‰ risultano comprese rispettivamente tra 0.04 e 0.12 µg-at/l e 0.1-1.7 µg-at/l.

All'aumentare della profondità e in corrispondenza della zona a forte gradiente salino, le concentrazioni di fosforo e azoto aumentano rapidamente fino a raggiungere al di sotto dei 200 metri, nelle acque mediterranee uscenti caratterizzate da una salinità di circa 38.7‰, valori costanti di 0.35-0.40 µg-at/l per il fosforo e di 8.5-9.8 µg-at/l per l'azoto.

La figura 3 e la figura 4 mostrano rispettivamente gli andamenti dei parametri considerati per una stazione atlantica nel golfo di Cadice e per una stazione mediterranea ad ovest delle Isole Baleari.

Sulla base delle correlazioni esistenti tra la salinità e le concentrazioni dei nutrienti labili, è possibile schematizzare

la dinamica dei nutrienti nella zona compresa tra il Golfo di Cadice e la radiale Oran - C. de Palos. Questo è mostrato nella figura 5 che riporta le concentrazioni medie di fosforo e di azoto

	Golfo di Cadice	Est di Gibilterra	Mare di Alboran	Radiale Oran-C.d.Palos
Profondità m.	0-50	0-40	0-50	0-30
$[P-PO_4]$ µg at/ℓ	0.06	0.10	0.07	0.05
$[N-NO_3]$ µg at/ℓ	0.5	1.5	0.8	0.7
S‰	36.4	36.4	36.6	37.1-37.9
Profondità m.	300-450	200-500	200-500	200-500
$[P-PO_4]$ µg at/ℓ	0.65	0.40	0.39	0.35
$[N-NO_3]$ µg at/ℓ	11.4	9.6	9.9	9.8
S‰	36.0-36.5	38.6	38.6	38.7

Fig.5 - Concentrazioni medie di fosforo ed azoto associate alle acque atlantiche (S=36.4‰) ed alle acque mediterranee (S=38.6‰) nell'area studiata. Le frecce indicano le direzioni dei flussi d'acqua.

associate alle acque atlantiche e alle acque mediterranee nell'area studiata.

Sebbene lo schema rappresenti una semplificazione delle condizioni idrodinamiche della zona, non considerando gli spostamenti verticali delle acque e riferendosi ad un dato stagionale, tuttavia, e in particolare per il fosforo, le concentrazioni da noi misurate nelle acque superficiali sono in buon accordo con quelle calcolate da Betoux (1981) allo stretto di Gibilterra sulla base di un modello di bilancio globale di questo elemento nel Mediterraneo che considerava gli apporti tellurici, i flussi di acqua nei principali distretti e la concentrazione dell'elemento nelle acque profonde.

Nelle acque profonde del bacino occidentale e nel mare di Alboran le concentrazioni da noi rilevate per il fosforo sono in accordo con i dati di Mc Gill (1969) (misurati nel 1959-1962), con quelli di Coste (1969) (misurati nel 1967) e quelli di Millero (1978) (misurati nel 1976) che danno una concentrazione di fosforo

disciolto pari a 0.35 µg-at/l. Questo conferma un equilibrio del ciclo del fosforo nel bacino occidentale.

Per quanto riguarda l'azoto, le concentrazioni da noi rilevate nello strato superficiale atlantico e nelle acque profonde mediterranee risultano consistenti con i dati di altri autori (Millero et al., 1978; Statham et al., 1985).

Studi recenti sulla distribuzione dei metalli in tracce in mare, hanno evidenziato l'esistenza di una correlazione con la distribuzione dei nutrienti labili: in particolare il cadmio mostra una correlazione lineare con il fosforo nelle acque del nord Pacifico (Boyle, 1976; Bruland, 1980) e dell'Atlantico (Statham et al., 1985) con un generale aumento della concentrazione con la profondità simile a quello dei nutrienti. Nel Mediterraneo, dove le concentrazioni di fosforo sono molto più basse e sono verticalmente distribuite in maniera più omogenea, una tale correlazione sembra molto meno pronunciata (Laumond et al., 1984; Copin-Montegut et al., 1986). Per quanto riguarda l'area da noi studiata, i dati al momento disponibili sulla distribuzione dei metalli in tracce (non riportati) sembrano confermare una distribuzione uniforme con la profondità, non correlabile in maniera significativa all'andamento del fosforo.

A conclusione va tuttavia aggiunto che, sia nella formulazione di un modello di bilancio complessivo dei nutrienti, sia nello studio dei processi che influenzano le concentrazioni dei metalli in tracce nel mar Mediterraneo, non può essere trascurato il ruolo delle forme organiche di azoto e fosforo presenti nelle acque superficiali sia nella frazione disciolta che particellata.

BIBLIOGRAFIA

BETOUX, J.P. - Le phosphore et l'azote en mer Mediterranee, bilans et fertilité potentielle - Mar. Chem., 10 - p. 141-158 (1981).

BOYLE, E.A., SCLATER, F. and EDMOND, J.M. - On the marine geochemistry of cadmium - Nature (London), 263-p.42-44 (1976).

BRULAND, K.W. - Oceanographic distribution of cadmium, zinc, nichel and copper in the north Pacific - Earth and Planet. Sci. Letters, *47* - p.176-198 (1980).

BRULAND, K.W. and FRANKS, R.P. - Mn, Ni, Cu, Zn and Cd in western north Atlantic - In: Trace metals in seawater - C.S. Wong et al. Eds. - Plenum Press, New York - p.395-414 (1983).

BURTON, J.D., MAHER, W.A. and STATHAM, P.J. - Some recent measurements of trace metals in Atlantic ocean waters - In:

Trace metals in seawater - C.S. Wong et al. Eds. - Plenum Press, New York - p.415-426 (1983).

COPIN - MONTEGUT, G., COURAU, P. and NICOLAS, E. - Distribution and transfer of trace elements in the western Mediterranean. - Mar Chem., 18 - p.189-195 (1986).

COSTE, B. - Echanges de sels nutritifs dissous entre le mer Mediterranee e l'Ocean Atlantique. - Cah. Oceanogr. 21-p. 943-963 (1969).

CRUZADO, A. - Chemistry of Mediterranean waters - In: Western Mediterranean - Ed. R.Margalef - Pergamon Press - p. 126-147 (1985) .

LAUMOND, F., COPIN-MONTEGUT, G., COURAU, P. and NICOLAS, E. - Cadmium, copper and lead in the western Mediterranean sea. - Mar. Chem., *15* -p.251-261 (1984).

MC GILL, D.A. - A budget for dissolved nutrient salts in the Mediterranean sea. - Cah. Oceanogr. 21/6-p.543-554 (1969).

METHODS OF SEAWATER ANALYSIS - K. Grasshoff, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds. - Verlag-Chemie, Weinheim - pp.419 (1983).

MILLERO, F.J., MEANS, D. and MILLER, C. - The densities of Mediterranean sea waters - Deep Sea Res., 25 -p. 563-569 (1978).

N.O.R.D.A. - Contributions to the oceanography of the western Alboran sea. H. Perkins (ed.) - N.O.R.D.A. Technical Note 315-NSFL- Miss. USA, pp.116 (1985).

STATHAM, P.J., BURTON, J.D. and HYDES, D.J. - Cd and Mn in the Alboran sea and adjacent North Atlantic: geochemical implications for the Mediterranean - Nature, 313-p.565-567 (1985).

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 449 a pag. 460

RILIEVO MEDIANTE UNIBOOM E SIDE SCAN SONAR DEI FONDALI DI DUE ZONE DEL GOLFO DI TARANTO

STEFANON A. (1), MICHELOZZI E. (2), SENSI L. (3), FERRETTI O, (4)

(1) CNR Biologia del Mare - Venezia
(2) SACLANT ASW Research Centre - La Spezia
(3) ENEA Laboratorio Geologia Ambientale, Casaccia - Roma
(4) ENEA Centro Ricerche Energia Ambiente, S. Teresa - La Spezia

SUMMARY

Preliminary geo-acustic measurements were carried out on the Tarante gulf Continental shelf. The area near the Sinni river mouth presents an uniform sedimentological pattern; the area near Gallipoli shows grain-size differences due in part to abundant organogenic material and to less extended carbonatic outcrops. The Tarante gulf is characterized by the same tectonic structure of the continent where the Bradanic trance induces the central large canyon; then, on the eastern side of the canyon (Gallipoli), the UNIBOOM profiles demonstrated compressive strengthens, whereas, on the opposite side, the area (Sinni) is subjected to distensive movements with little faults and large displacements. These preliminary investigations are recognized of remarkable utility for determining platform sediment traits.

INTRODUZIONE

Rilievi esplorativi mediante prospezioni acustiche ad alta risoluzione con UNIBOOM e SIDE SCAN SONAR sono state condotte in due zone sulla piattaforma continentale del Golfo di Tarando, Le due aree in oggetto - la prima antistante la foce del fiume Sinni, e la seconda prospiciente l'abitato di Gallipoli - rivestono un particolare interesse in quanto sono già oggetto di una serie di campagne di ricerca ambientali quali zone indicate per possibili "siti" di future, grandi centrali energetiche (Fig. 1).

1. RISULTATI

1.1. RILIEVO CON SIDE SCAN SONAR

II rilievo mediante SIDE SCAN SONAR ha evidenziato due aree a diversa tipologia di sedimentazione: la zona del Sinni con distribuzione omogenea dei sedimenti superficiali, di tipo molto fine, siltoso-argillosi; la zona di Gallipoli invece e' a sedimentazione piuttosto grossolana - specie nella parte più costiera - con affioramenti rocciosi e presenza di detriti organogeni e con granulometria varia; questa comunque tende ad essere molto fine nelle zone più profonde interessate dal rilievo.

1.1.1. AREA DEL SINNI

La riproduzione n. 1 mostra il tipo fondamentale di fondo rilevato. Dall'esame dei dati acustici si può affermare che l'area e' piuttosto uniforme dal punto di vista granulometrico; si possono tuttavia individuare solamente delle ristrette zone a granulometrie più grossolane. Questi risultati sono confermati da quanto già noto in letteratura (Belfiore et al., 1981) e da analisi dei sedimenti superficiali eseguite ed in corso di elaborazione.

1.1.2. AREA GALLIPOLI - S. MARIA DI LEUCA

La figura 1 riporta la rotta effettuata dalla nave. Le immagini 2-3 evidenziano i tipi caratteristici di fondo trovati. Dall'analisi dei sonogrammi si può osservare che in tutta la zona affiorano strutture rocciose a volte orientate ed estesi affioramenti detritici. La zona antistante il Porto di Gallipoli (figura 2) e' stata oggetto di rilievi di dettaglio al fine di cartografare la posizione e la quantità di posidonie presenti. Si può osservare che l'area e' caratterizzata da insediamenti a posidonia nelle zone protette dal Porto di Gallipoli e dall'Isola di S. Andrea (immagine 3); più al largo granulometrie sabbiose o limose si alternano ad affioramenti rocciosi fe detriti grossolani. Su questa figura e' anche riportata la mappatura della posidonia; l'area a maggior concentrazione e' quella protetta dal moto ondoso e dal gioco delle correnti costiere. La zona fra l'isola di S. Andrea e il porto di Gallipoli può essere sede di correnti elevate, ed e' completamente priva di insediamenti a posidonia.

1.2. RILIEVO MEDIANTE UNIBOOM

II rilievo UNIBOOM ha evidenziato due stili sedimentologico-strutturali diversi tra la zona orientale e quella occidentale del Golfo. Esse pertanto vengono descritte separatamente.

1.2.1. AREA DEL SINNI

II rilievo in oggetto si riferisce ad una zona di circa 100 miglia quadrate, con oltre 40 miglia nautiche di profili UNIBOOM, il cui tracciato e' riportato nella figura 1. E' stato esplorato un tratto della piattaforma continentale, sino all'inizio della scarpata. L'orlo di questa e' dovuto alla presenza di un importante faglia subverticale, già individuata da vari autori (De Maio et al., 1979; Rossi e Gabbianelli, 1979; Belfiore et al., 1981), il cui rigetto - troppo ampio per poter essere misurabile sulle registrazioni - e' qui valutato in alcune decine di metri. Al piede della scarpata, accresciuti sul piano di faglia, giacciono dei sedimenti finemente stratificati, la cui struttura acustica (unitamente alle condizioni geologiche)

suggerisce debba trattarsi di una successione di torbiditi. Il principale motivo strutturale nella zona esplorata e' una nettissima superficie di erosione - sepolta a profondità variabili tra i 30 e i 55 metri sotto il fondo - ad andamento suborizzontale, piano e regolare, che tronca verso l'alto una potente serie ben stratificata, la cui pendenza apparente in direzione della faglia e' di circa 10 gradi. Sulla superficie di erosione poggia una successione fittamente stratificata di sedimenti decisamente fini - probabilmente una alternanza di sottili strati di silt ed argilla - che mostra di aver subito ampi fenomeni di scivolamento e frequenti micro-slumpings rotazionali. Altri fenomeni tettonici minori, sempre ad andamento subverticale (rilevabili solo grazie all'elevatissimo potere di risoluzione dell'UNIBOOM) sono presenti sotto la superficie di erosione. Il rigetto e' minimo, dell'ordine di qualche decimetro (Foto 4) e 1'andamento e' costantemente parallelo a quello della faglia che caratterizza l'orlo della scarpata. Tutta l'area mostra chiaramente di essere una zona soggetta a tensioni distensive, giustamente in contrapposizione con quella a fenomeni compressivi, oltre il grande canyon centrale.

1.2.2. AREA DA TORRE DELL'OVO A GALLIPOLI

II rilievo in oggetto si riferisce ad una zona di oltre 260 miglia quadrate, con circa 80 miglia nautiche di profili UNIBOOM, il cui tracciato e' riportato in figura 1. Nella foto 5 e' riprodotto il profilo più significativo. I profili sono stati registrati alla scala di 1/8 di secondo (125 millesecondi), e sulle registrazioni e' stato segnato il numero progressivo dei "fix" ed il valore in millesecondi dell'intervallo tra le righe orizzontali di scala. La struttura della piattaforma antistante Gallipoli e' caratterizzata anch'essa da una netta superficie (sepolta) di erosione, che tronca e modella una potente serie stratigrafica di materiali fini, siltoso-argillosi, ben stratificati, generalmente pendenti verso il largo; tale, serie e' però turbata da numerosi e vistosi piegamenti, non riscontrati al largo della Foce del Sinni. Le superfici di erosione sembrano inoltre essere più di una, ed identificherebbero almeno tre cicli erosivo-deposizionali, che potrebbero essere analoghi a quelli individuati di recente nel Basso Adriatico (Stefanon e Wezel, in preparazione). La copertura sedimentaria depositatasi sulla superficie di erosione più evidente - e più recente - e' di potenza molto modesta, ed in vari punti e' quasi assente. La risposta acustica suggerisce che, in molti casi, tali sedimenti debbano essere di tipo detritico, piuttosto grossolani, che localmente avrebbero subito anche processi di cementazione, come chiaramente indicato e confermato dalle indagini con SIDE SCAN SONAR. I profili confermano inoltre i dati degli Autori citati in bibliografia, che indicano la presenza di numerose formazioni organogene di tipo algale, probabilmente simili a .quelle segnalate da Newton e Stefanon (1975a; 1982) in Alto Adriatico. In generale la struttura mostra chiaramente d'essere un'area d'avampaese, con frequenza di fenomeni compressivi, ben in accordo con quelli estensivi della zona del Sinni.

CONCLUSIONI

L'esame mediante SIDE SCAN SONAR ha messo meglio in evidenza le differenze micromorfologiche e sedimentologiche superficiali delle due zone. E' stata distinta una zona di piattaforma ,alluvionale (fiume Sinni) caratterizzata da fondali omogenei a granulometria limosa in relazione a una litologia dei bacini afferenti prevalentemente argillosa. Nella seconda zona, quella di Gallipoli, caratterizzata da una morfologia costiera a terrazzi e una litologia prevalentemente carbonatica, la piattaforma e' risultata ricca di affioramenti e strutture; rocciose e presenza di praterie di posidonie in aree protette dal moto ondoso e dalle correnti. L'esame dei sonogrammi UNIBOOM ha permesso di riconoscere che lo due zone prese in esame presentano caratteristiche sedimentologico-strutturali sostanzialmente diverse, legate a diversi episodi tettonici e cicli erosivo-deposizionali. Tali diversità sono in prima istanza attribuibili all'importante struttura lungo la quale si e' impostato il canyon sottomarino "valle di Tarante", uno dei maggiori dei bacino del Mediterraneo, e che rappresenta il prolungamento dalla "fossa Bradanica" (Bonaduce et al., 1981). Altri disturbi tettonici e faglie minori, anche se imponenti, vanno però tenuti nelle debite considerazioni ed andrebbero opportunamente mappati, perche' suggeriscono (su basi tettoniche) motivi erosivo-deposizionali sostanzialmente diversi tra i due siti. Gli ambienti biocenotici sono ancora meno comparabili tra loro, dato anche lo stretto rapporto con le diverse condizioni di stabilità del fondo e con il diverso apporto sedimentario terrigeno. L'instabilità' strutturale e le fasi di movimento evidenziati dall'UNIBOOM sul versante calabro, confermano e spiegano perfettamente anche la meccanica di questi fenomeni di slumping che Rumhor (Ergenzinger et al., 1978) ha invece attribuito - nel vicino Bacino Buonamico - a semplici smottamenti per instabilita' da aumento del carico statico per eccesso di apporto sedimentario costiero. Nonostante le diversità evidenziate tra le due zone esplorate, sembrerebbe lecito affermare che il più recente episodio di spianamento - nettamente riconoscibile sia al largo di Gallipoli che della foce dei Sinni - possa essere considerato coevo; dovrebbe pertanto essere attribuito ad un fenomeno di portata molto vasta, che avrebbe interessato non solo tutto il golfo di Taranto, ma probabilmente anche l'intera piattaforma continentale calabro-ionica e della penisola Galantina. I .risultati qui presentati confermano chiaramente l'utilità del "profiling ad alta risoluzione" con UNIBOOM e SIDE SCAN SONAR in qualsiasi tipo di rilievo geo-morfologico-ambientale sulla piattaforma continentale.

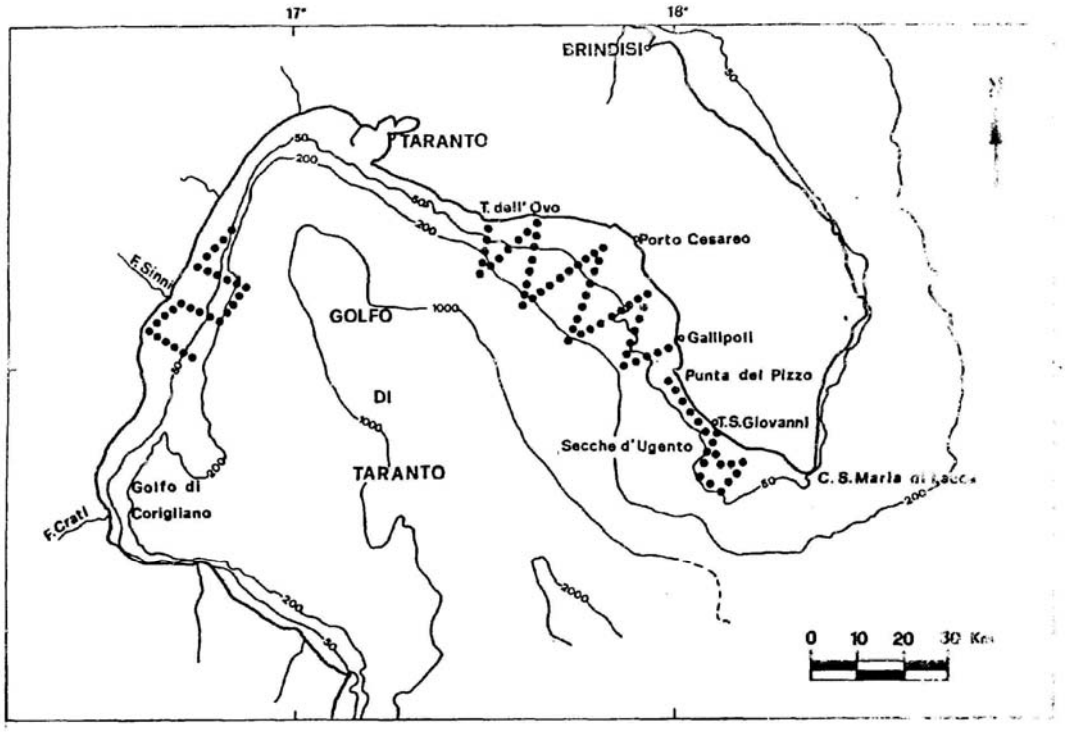


Fig.1. Golfo di Taranto. Area in studio. Rotta della nave

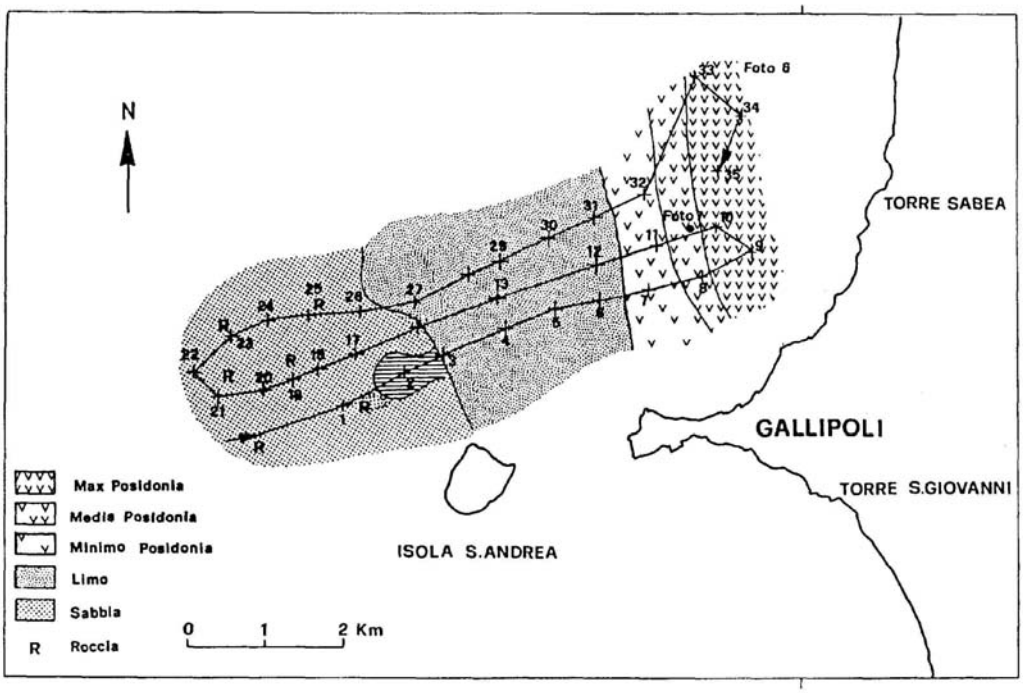


Fig. 2. SIDE SCAN SONAR – Zona di Gallipoli

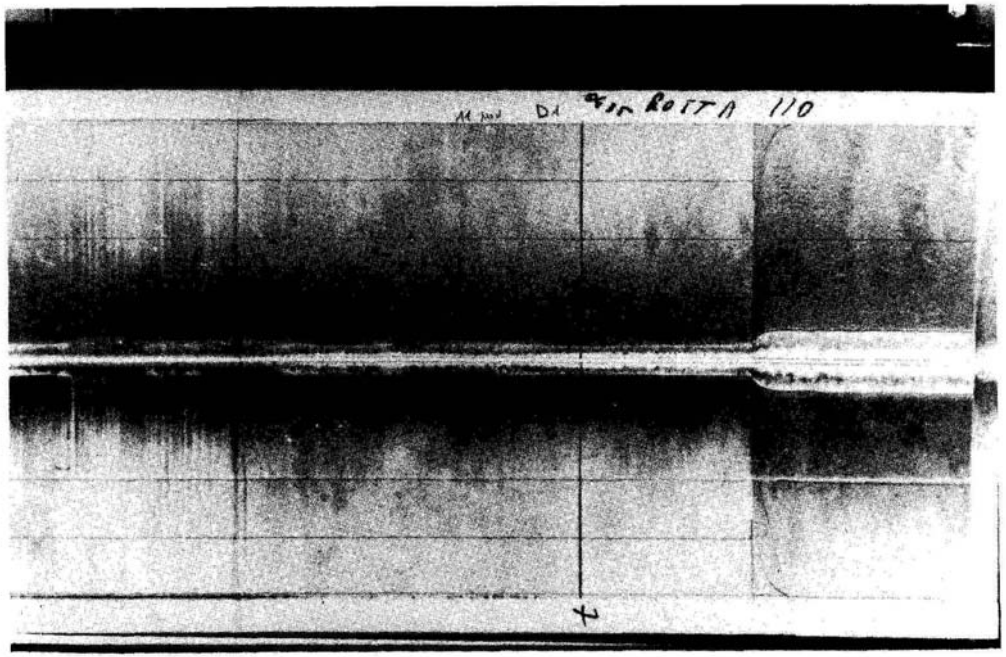


Foto 1. (immagine 1): Sedimenti a granulometria limosa-argillosa con presenza di lenti sabbiose evidenti (Area del

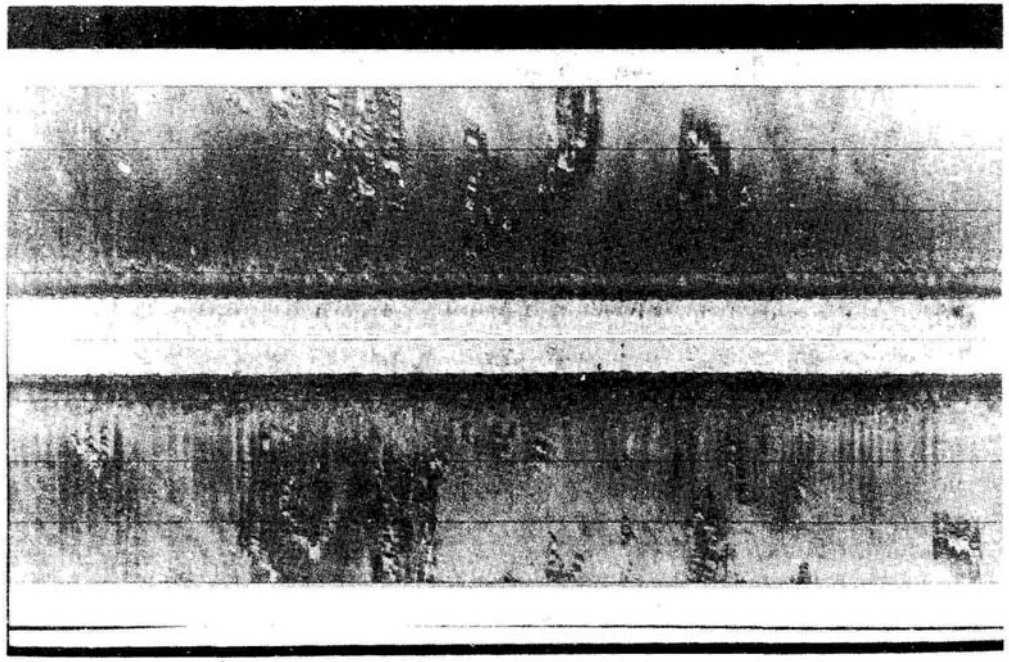


Foto 2. (immagine 2): Affioramenti rocciosi con strutture in aree sabbiose. Le strutture hanno orientamento 290°-110°; (Area Torre dell'Ovo – Gallipoli).

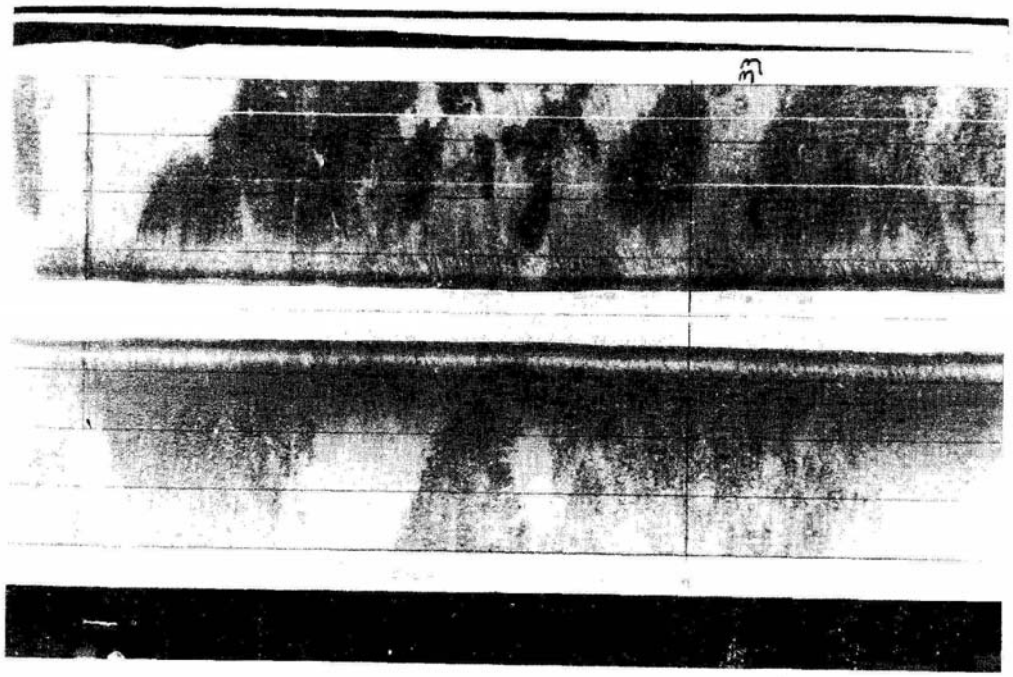


Foto 3. (immagine 3): Forti concentrazioni di posidonie su fondo limoso-sabbioso presenza di tracce di ancoraggi (linee bianche che incidono le posidonie), (Gallipoli).

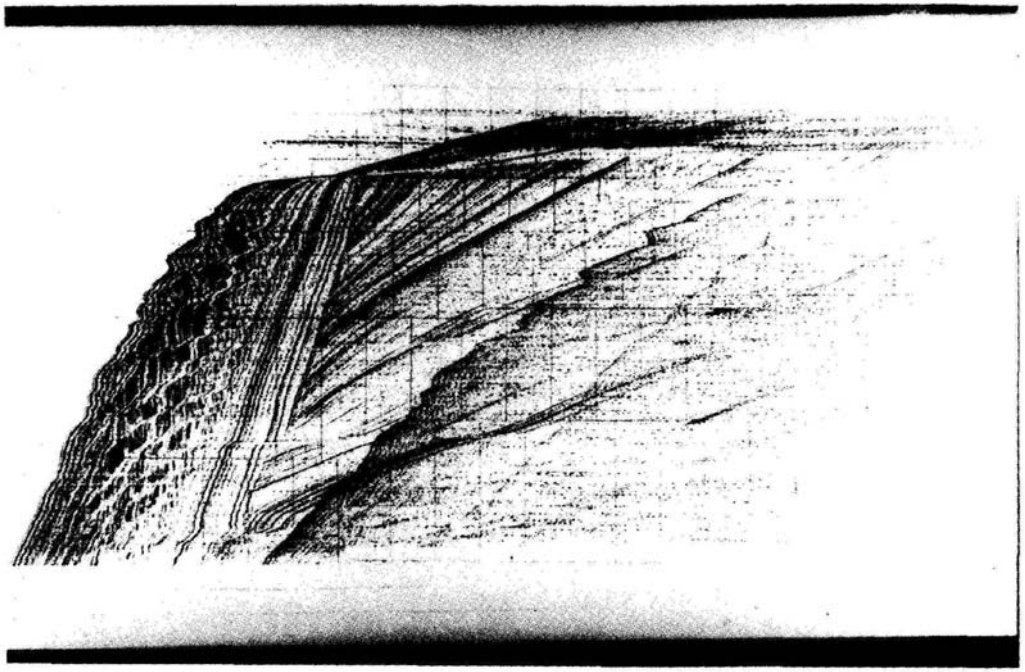


Foto 4. Esempi di profili caratteristici UNIBOOM –Zona del Sinni.

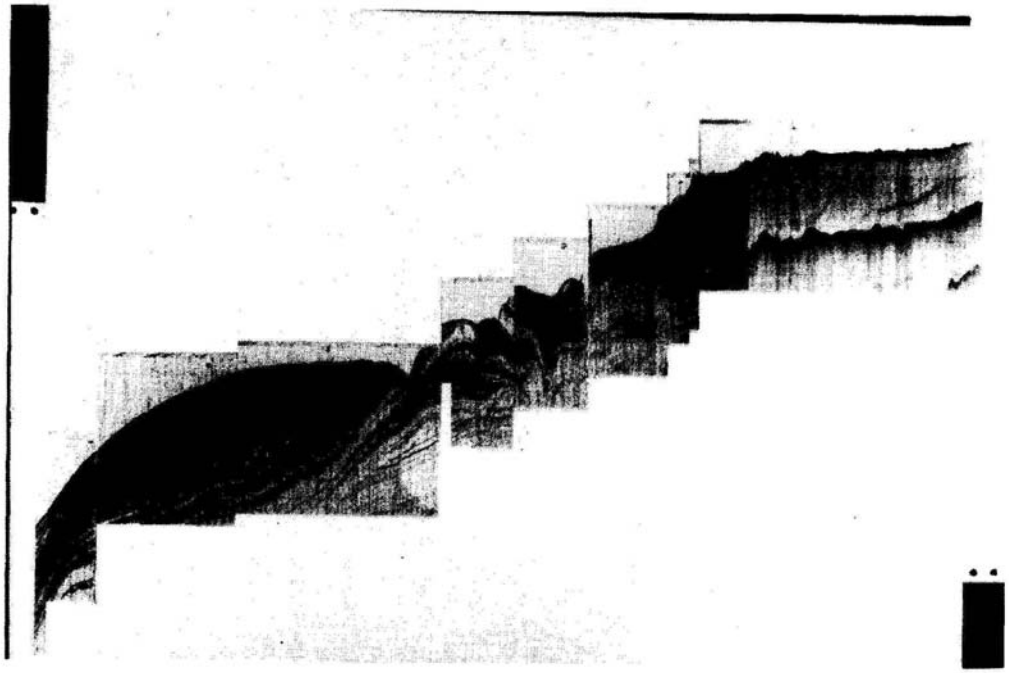


Foto 5. Esempi di profili caratteristici UNIBOOM – Zona Torre dell'Ovo - Gallipoli

BIBLIOGRAFIA

T. AKAL, P. CURZI, E. MICHELOZZI - Geoacustic measurements: physical property variations and sedimentary processes - Congresso Società Geologica, S. Benedetto dei Tronto, 1984 (In stampa).

A. BELFIORE, G. BONADUCE, G. GARAVELLI, P. MASCELLARO, M. MASOLI, L. MIRABILE, M. MONCHARMONT, M. MORETTI, G. NUOVO, M. PENNETTA, T. PESCATORE, B. FLAGELLA, N. PUGLIESE, B. RUSSO, M.R. SENATORE, F. SGARELLA, E. SANSONE, G. SPEZIE, J. THORENZ, M. TRAMUTOLI, M. VULTAGGIO - La sedimentazione recente del Golfo di Taranto (Alto Ionio, Italia) - Ist. Universitario Navale, Napoli, Appendice 3, (50): 5-96, 1981.

A. BELFIORE, F. DAMBLON, M. MONCHARMONT, A. OZER, T. PESCATORE, M. STREEL, J. THOREZ - La sedimentation recente du Golfe de Tarente (Italie Meridionale): aspects mineralogiques et micropaleontologiques - Bull. Soc. Royale Se. Liege. 11-12-. 373-383, 1981.

P. COLANTONI, P. GALLIGNANI, E. FRESI, F. CINELLI - Patterns of Posidonia oceanica (L.) Delile Beds around the Island of Ischia and in Adjacent waters - Mar. Ecol. 3 (1): 53-74, 1982.

A. DE MAIO, L. MIRABILE, M. MORETTI, T. PESCATORE, E. SANSONE, G. SPEZIE, M. TRAMUTOLI, M. VULTAGGIO - Primi risultati sugli studi eseguiti sulla piattaforma del Golfo di Taranto - Atti Conv. Sci. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini. Roma: 1333-1347, 1979.

F. ERGENZINGER, H. GOERLER, P. IBBEKEN, P. OBENAUF, J. RUMHOR - Calabrian Arc and Ionian Sea: Vertical Movements, Erosional and Sedimentary Balance. In: Alps Apennines Hellenides -Inter-Union Commission on Geodynamics Scientific Report 38: 359-373, 1978.

R. NEWTON, A. STEFANON - The Tegnue de Ciosa area: patch reefs in the Northern Adriatic Sea - Mar. Geol., 19: 27-33, 1975a.

R. NEWTON, A. STEFANON - Application of Side Scan Sonar in Marine Biology - Mar. Biol., 31: 287-291, 1975b.

R. NEWTON, A. STEFANON - Primi risultati dell'uso simultaneo in Alto Adriatico di SIDE SCAN SONAR, Sub-bottom, Profiler ed Ecografo - Mem. Biog. Adriat., 9 suppl.: 33-60, 1976.

R. NEWTON, A. STEFANON - SIDE SCAN SONAR and Sub-bottom Profiler in the Northern Adriatic Sea - Mar. Geol., 46: 279-306, 1982.-

S. ROSSI, G. GABBIANELLI - Geomorfologia del Golfo di Tarante - Boll. Soc. Geol. It., 97: 423-437, 1978.

M.R. SENATORE, L. MIRABILE, T. PESCATORE, M. TRAMUTOLI – La piattaforma continentale del settore Nord-Orientale del Golfo di Taranto (Piattaforma Pugliese) - Geol. Appl. Idrol. 15: 33-50, 1980.

A. STEFANON - Sedimentologia del mare Adriatico. Rapporti tra erosione e sedimentazione olocenica - Boll. Oceanol. Teor. Appl. Vol. II 4, 1984.

A. STEFANON - Marine sedimentology through modern acoustical methods: I. SIDE SCAN SONAR, 1985. A. STEFANON - Marine sedimentology through modern acoustical methods: II. UNIBOOM, 1985.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 461 a pag. 468

STRUTTURA E BIOMASSA ZOOPLANCTONICA IN ACQUE SUPERFICIALI E PROFONDE DEL GOLFO DI GENOVA

T. ZUNINI SERTORIO, E. GATTINI

Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

SUMMARY

Zooplankton has been examined in July in three layers of the water column (0-50m, 50-200m, 200-600m) at five stations along the Bisagno canyon, offshore Genova (N-W Mediterranean) to assess the vertical distribution of the biomass and of the population trophic structure. In the first 200m of the water column predators are 41% of the biomass and 46% in the total 0-600m. The trophic structure and the general low values of biomass show that at this time of the year zooplankton production is reaching its end.

INTRODUZIONE

La presente indagine sulla biomassa, sulla composizione tassonomica e sulla struttura trofica dello zooplancton a diversi livelli della colonna d'acqua intende dare un contributo alla conoscenza dell'ecosistema pelagico del Mar Ligure. Essa si inserisce in uno studio più ampio che, mediante la valutazione dei sali nutritivi, della sostanza organica particellata, del fitoplancton e dello zooplancton, mira ad ottenere una stima del flusso di materia e di energia ai primi livelli della catena alimentare pelagica.

La ricerca si è svolta al largo di Genova in una zona in cui a causa della particolare morfologia del fondale si è concentrata l'attenzione di biologi, chimici e geologi del GRUPPO DI RICERCA OCEANOLOGICA-GENOVA durante la campagna oceanografica della N/O Bannock nel luglio 1983.

METODI

II campionamento è stato effettuato tra il 21 e 24 luglio su una trasversale lunga ca. 5 miglia situata lungo l'asse del canyon del Bisagno (Fig. 1). In tale zona il fondale passa da 300 a oltre 1000 metri, per cui parte delle stazioni erano su fon-

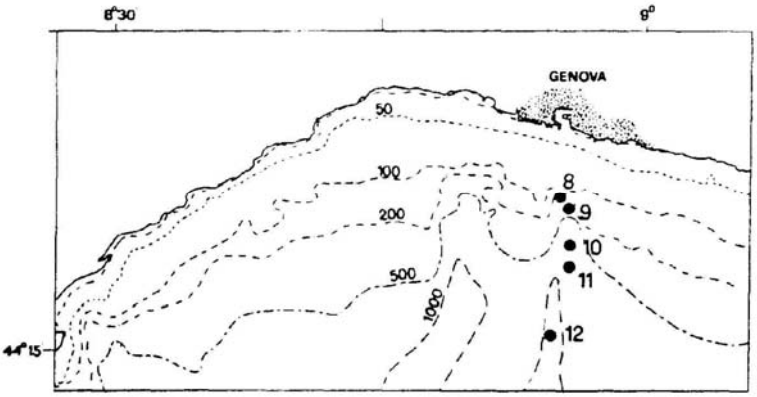


FIGURA 1. Posizione delle stazioni di campionamento.

dali maggiori di 600 m. Lo zooplancton è stato raccolto su cinque stazioni, in ore diurne, con rete modello WP 2 (200, µm) a chiusura per strozzamento. Le pescate sono state eseguite verticalmente tra 0-50m e 50-200m su tutte le stazioni ed ancora tra 200-600 m su quelle più profonde (Staz. 10, 11 e 12). I tre strati campionati vengono denominati rispettivamente: superficiale, sottosuperficiale e mesopelagico.

I campioni fissati in formalina al 4% sono stati utilizzati per l'esame degli organismi nonché per le valutazioni della biomassa in peso secco (60°C). Gli animali maggiori di 10 mm sono stati rimossi manualmente e considerati a parte quali componenti del macrozooplancton. Il conteggio degli organismi minori di 10 mm è stato effettuato in aliquote note prelevate dal campione portato a volume costante e accuratamente omogeneizzato. I Copepodi sono stati classificati al genere e se adulti alla specie; gli altri organismi sono stati raggruppati in categorie tassonomiche più elevate. I taxa osservati sono stati riferiti ad una delle due categorie trofiche: sospensivori e predatori. Vengono considerati sospensivori gli organismi filtratori, erbivori ed onnivori. Ai predatori vengono attribuiti gli organismi prevalentemente carnivori, masticatori e succhiatori. L'attribuzione a queste categorie si basa sui dati della letteratura e per i Copepodi segue la classificazione di Timonin (1971), tranne per il genere *Oithona* che è stato considerato sospensivoro e la famiglia Aetideidae che è stata attribuita ai predatori (Mullin, 1966). Nelle aliquote note contenenti non meno di 600 Copepodi (678-1400 organismi) i sospensivori sono stati divisi dai predatori ed il peso di ciascun gruppo è stato rapportato al campione totale. Il restante campione, è stato pesato in toto per ottenere la misura della biomassa da rete e anche questa è stata rapportata al campione totale. Tutti i valori dello zooplancton

sono stati riferiti al metro cubo o all'unità di superficie.

Su ogni stazione i parametri idrologici di temperatura, salinità e densità sono stati misurati ogni 5 metri per mezzo dalla batisonda "Neil Brown" su tutta la colonna d'acqua fino ad almeno 1000 metri o vicino al fondo in acque meno profonde. La trasparenza è stata misurata con il disco di Secchi. Contemporaneamente al campionamento zooplanctonico sono stati effettuati prelievi di acqua a diverse quote per la determinazione dei sali nutritivi, della sostanza particellata e dei pigmenti clorofilliani. I dati relativi a questi parametri verranno esaminati a parte da altri ricercatori.

QUADRO AMBIENTALE

I valori di temperatura e salinità rilevati sulle colonne d'acqua evidenziano una situazione tipica del periodo estivo in Mar Ligure. La stratificazione è ben pronunciata nello strato superficiale tra 15 e 100 m; in superficie la temperatura varia da 25.6 a 27.2°C sulle diverse stazioni; a 100 m è compresa tra 13.9 e 14.2°C. La salinità presenta valori in superficie tra 37.98 e 38.16‰. La diminuzione negli strati sottosuperficiali presenta un minimo vicino a 50m (37.95-38.05 ‰); a partire da ca. 100 m la salinità aumenta gradatamente e sotto 300 m oscilla attorno a 38.45‰. La trasparenza sulle cinque stazioni varia da 22 a 36 m ed in media è pari a 27 m.

BIOMASSA SULLE COLONNE D'ACQUA

Lo zooplancton da rete include gli organismi animali ed il seston, complessa mistura di fitoplancton, batteri e detrito presente in quantità molto variabili nei campioni. Nella trattazione che segue viene presa in considerazione la biomassa relativa ai soli organismi animali.

Nel transetto la biomassa dello zooplancton sotto un metro quadrato di superficie varia irregolarmente con l'allontanamento dalla costa e la profondità del fondale, sia sulla colonna 0-200 m che sulla colonna 0-600 m, e presenta i valori più bassi sulla stazione più esterna (Tab. 1). La ripartizione per strati indica che in questo momento stagionale lo strato 0-50 m contiene meno del 50% (13-45%) della biomassa presente sulla colonna 0-200 m. Nella colonna 0-600 m in media il 71% (55-84%) della biomassa è presente nello strato 200-600 m. Non è da escludere

che le differenze di ripartizione osservate tra stazioni siano in parte un riflesso dell'ora in cui è stato effettuato il prelievo (Razouls, 1969).

TABELLA 1. Distribuzione verticale della biomassa dello zooplancton catturato dalla rete 200 µm (mg/mq, peso secco) nei primi 200 metri e nei primi 600 metri su colonne d'acqua a diversa distanza da costa.

				0 - 200 m			0 - 600 m			
	data	ora inizio	prof m	PS mg/mq	0-50 %	50-200 %	PS mg/mq	0-50 %	50-200 %	200-600 %
Staz. 8	24.7	0808	270	254.9	44.6	55.4	-	-	-	-
9	21.7	1528	370	210.6	13.0	87.0	-	-	-	-
10	23.7	0825	645	196.4	32.7	67.3	758.4	8.5	17.4	74.1
11	22.7	1440	875	261.5	42.4	57.6	1651.9	6.7	9.1	84.2
12	22.7	1015	1297	159.8	40.9	59.1	354.2	18.5	26.6	54.9
Media				216.6	34.7	65.3	921.5	11.2	17.7	71.1

DISTRIBUZIONE E ABBONDANZA DEGLI ORGANISMI

Lungo il transetto il numero per metro cubo degli organismi mesozooplanctonici (< 10 mm) varia irregolarmente nei due strati più alti della colonna d'acqua; nei tre strati esaminati tocca i minimi valori nella stazione più esterna. Sul piano verticale la concentrazione si contrae ed il popolamento si modifica da uno strato al successivo (Tab. 2).

Nello strato superficiale (0-50 m) il numero di organismi varia tra 808 e 231/mc sulle cinque stazioni ed è particolarmente elevato sulla stazione più costiera. A tale maggior ricchezza contribuisce principalmente l'alta concentrazione dei Cladoceri (203/mc) ed in minor misura quella delle Appendicolarie (165/mc). Con l'allontanamento dalla costa si osserva una chiara tendenza alla diminuzione dei Dolioli e dei generi Paracalanus e Acartia mentre i generi dominanti Clausocalanus e Oithona mostrano variazioni irregolari che suggeriscono l'esistenza di 'macchie'. Nella struttura del popolamento in media Clausocalanus e Appendicolarie sono gli elementi più rappresentati (Tab. 3) e formano insieme il 39% degli individui.

Nello strato sottosuperficiale (50-200 m) il popolamento è più uniforme lungo il transetto. La concentrazione degli organismi compresa tra 295 e 193/mc è in media pari al 68% (29-102%) di quella nella fascia 0-50 m. Scemano drasticamente i non-Copepo-

TABELLA 2. Parametri fisici e dati dello zooplancton nei diversi strati d'acqua. Valori medi per strato.

Strati d'acqua	0-50m (5 staz.)	50-200m (5 staz.)	200-600m (3 staz.)
Temperatura, °C	20.46	14.17	13.37
Salinità, °/₀₀	37.98	38.04	38.41
Densità, σ_t	26.87	28.50	28.91
Organismi, n°/mc			
Mesozooplancton (0.2-10mm)	404.6	232.1	59.6
Copepodi	173.2	175.9	51.5
Non-Copepodi	231.4	56.2	8.1
Sospensivori, %	91.2	82.1	82.6
Predatori, %	8.8	17.9	17.4
Macrozooplancton (10-30mm)	0.7	0.0	0.2
Sospensivori, %	0.0	0.0	35.3
Predatori , %	100.0	0.0	64.7
Biomassa, mgPS/100mc			
Mesozooplancton (0.2-10mm)	101.9	93.5	65.3
Sospensivori, %	65.2	73.6	76.7
Predatori, %	34.8	26.4	23.3
Macrozooplancton (10-30mm)	50.8	0.0	113.6
Sospensivori, %	0.0	0.0	30.7
Predatori, %	100.0	0.0	69.3

TABELLA 3. Forme numericamente dominanti (>4%) nel mesozooplancton di ogni strato.

	0-50 m	50-200 m	200-600 m
> 10 %	Clausocalanus Appendicolarie Oithona	Clausocalanus Oithona Ctenocalanus	Oithona Oncaea Pseudocalanidae
<10>4 %	Cladoceri Dolioli Pteropodi tecosomi Larve Gasteropodi Celenterati	Appendicolarie Oncaea Larve Echinodermi Celenterati	Ostracodi Calanus Scolecithridae

di; tra i Copepodi i generi e Clausocalanus, Oithona, Paracalanus, Acartia riducono la concentrazione mentre altri, quali Oncaea e Calocalanus, aumentano di densità. Compaiono inoltre forme non catturate nello strato soprastante e tra queste spicca il genere Ctenocalanus noto per scendere a livelli sottosuperficiali quando la temperatura in superficie supera i 20°C (Vives, 1978). I generi Clausocalanus e Oithona sono numericamente dominanti e formano in media il 35% del popolamento.

Nello strato mesopelagico (200-600 m) la concentrazione degli organismi si riduce notevolmente (70-40/mc) ed è in media pari al 20% (17-21%) di quella trovata sulle stazioni profonde nella fascia 0-50 m e al 29% (25-32%) della fascia 50-200 m. Anche in questo strato più profondo sono dominanti Copepodi di piccole dimensioni ma assumono percentuali di rilievo (> 4%) forme di medie dimensioni quali il genere Calanus e membri della famiglia Scolecithridae.

Gli organismi del macrozooplancton (10-30 mm), numericamente scarsi, sono rappresentati da Meduse nello strato superficiale e da organismi diversi nello strato mesopelagico: Meduse, Sifonofori, Chetognati, Isopodi, Eufausidi, Decapodi e Pesci (Cyclone).

LIVELLI TROFICI

Nel mesozooplancton in tutte le stazioni e in tutti gli strati i sospensivori dominano in numero e in peso sui predatori e rappresentano in media il 71% della biomassa e l'86% del numero totale di organismi. Tali proporzioni cambiano ai diversi livelli della colonna d'acqua poiché il popolamento si modifica con la profondità (Tab. 2). L'incidenza ponderale dei sospensivori sulla biomassa totale aumenta nei due strati più profondi in contrasto all'incidenza del numero indicando un aumento del peso medio degli individui. Infatti nello strato superficiale Appendicolarie, Cladoceri e Dolioli, forme gelatinose o di piccole dimensioni, sono particolarmente numerose. Negli strati sottostanti in concomitanza alla riduzione o alla scomparsa di tali forme aumenta tra i sospensivori l'abbondanza relativa dei Copepodi, che hanno peso secco più alto, e tra questi sono presenti forme di media e grossa dimensione. Riguardo ai predatori l'incidenza della loro biomassa nel popolamento, pari in media al 29%, diminuisce con la profondità mentre aumenta l'incidenza del numero a causa della maggiore partecipazione di piccoli Copepodi succhiatori del genere Oncaea al popolamento dei due strati più profondi. Numericamente scarsi ma importanti contributori alla

biomassa dei predatori sono Isopodi, larve di Decapodi e larve di Mysidacei nei due strati più alti della colonna d'acqua; sono invece forme adulte di Copepodi di medie e grosse dimensioni (Euchaeta marina, Pseudochirella nothacanta, Aetideus armatus, Undinopsis bradi) nello strato mesopelagico.

Includendo gli organismi del macrozooplancton (10-30 mm) le percentuali della biomassa relative ai due gruppi trofici assumono i seguenti valori medi:

	Sospensivori	Predatori	Biomassa totale, mg PS/mc
0-50 m	43.8%	56.2%	1.53 (5 stazioni)
50-200m	73.6%	26.4%	0.94 (5 stazioni)
200-600m	55.2%	44.8%	1.79 (3 stazioni)

I predatori superano i sospensivori nello strato superficiale per la presenza di Meduse, principalmente forme giovanili di Pelagia noctiluca nello strato mesopelagico raggiungono il 45% per la presenza di organismi diversi del macroplancton e del micronecton.

CONCLUSIONI

II transetto esaminato, situato entro otto miglia dalla costa, abbraccia una zona nella quale la biomassa da rete sulla colonna d'acqua diminuisce verso il mare aperto passando da valori simili a quelli trovati in estate al margine della platea ligure (Della Croce e al., 1979) a valori più bassi, ma comunque doppi di quelli segnalati nella stessa stagione nel Mar Ligure d'altura (Razouls, 1969). La biomassa degli organismi catturati dalla rete con maglie 200 /um è in media 0.22 gPS/mq nella colonna 0-200 e 0.92 gPS/mq nella colonna 0-600 m. La concentrazione, della biomassa è pari a 1.53 - 0.94 - 1.79 gPS/mq rispettivamente negli strati 0-50 m, 50-200 m e 200-600 m.

Nella struttura del plancton l'allontanamento dalla costa è evidenziato in superficie dalla diminuzione di forme tipicamente neritiche e negli strati sottostanti da un aumento della diversità dei Copepodi. Sul piano verticale un'alta partecipazione del gruppo dei non-Copepodi caratterizza in questo momento il popolamento dello strato superficiale e lo differenzia da quello degli strati sottostanti. La concentrazione del numero di individui diminuisce più della biomassa indicando l'aumento del peso medio degli individui. Nel mesozooplancton (0.2-10 mm) il peso medio degli organismi è 26, 40, 105 µg rispettivamente negli strati superficiale, sottosuperficiale e mesopelagico.

Lo zooplancton contiene una percentuale di predatori pari in media al 41% della biomassa sulla colonna 0-200 m e al 46% sulla colonna 0-600 m. Tali valori rientrano negli estremi indicati per le acque oligotrofe (32-72%) di zone tropicali con stratificazione stabile e di zone boreali temperate dell'Oceano Atlantico in estate, e sono più alti dei valori riportati per zone produttive (10-15%) (Longhurst, 1967; Longhurst e Williams, 1579, Hopkins, 1982), Nell'area in esame la struttura trofica dello zooplancton ed i generali bassi valori della biomassa indicare che il periodo produttivo è in fase di esaurimento (Conover, 1979).

I risultati dello zooplancton, riassunti in Tab. 2, forniscono dati di base utili per la comprensione del ruolo trofico dello zooplancton nel momento estivo.

BIBLIOGRAFIA

CONOVER R.J. - Secondary production as an ecological phenomenon - Var der Spoel S. & Pierrot-Bults A.C. eds. Bunge Scientific Pub., Utrecht - Zoogeography and diversity of plantkon: 50-86 - 1979.

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

HOPKINS T.L. - The vertical distribution of zooplankton in the eastern gulf of Mexico - Deep-sea Res., 29: 1069-1082 – 1982.

LONGHURST A.R. - Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California current - Deep-sea Res.,*14:* 393-408 - 1967.

LONGHURST A.P. & WILLIAMS R, - Material for plankton modelling: vertical distribution of Atlantic zooplankton in summer - J.Plankton Res., 1: 1-28 – 1979.

MULLIN M.M. - Selective feeding, by Calanoid Copepods from the Indian Ocean - Harold Barnes ed. George Allen & Unwin Ltd, London – Some contemporary studies in marine science: 545-554 - 1966.

RAZOULS C. - Donées sur la biomasse du zooplancton de la Méditerranee Occidentale – Vie Milieu, 20, 1B: 75-89 - 1969.

TIMONIN A.G. - The structure of plankton communities of the Indian Ocean – Mar.Biol., 9: 281-289 - 1971.

VIVES F. - Distribución de la poblacion de copèpodos en el Mediterràneo occidental - Res.Exp.Cient.B/O Cornide, 7: 263-302 - 1978.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 469 a pag. 478

DOVE VA L'OCEANOGRAFIA IN ITALIA?

N. DELLA CROCE

Istituto Scienze Ambientali Marine - Università di Genova

L'interrogativo che mi sono posto e che desidero trasmettere deriva da un articolo apparso lo scorso anno su "Sea Technology" cric si riferiva, al problema degli "oceanografi di domani".

L'articolo riferisce su uno studio eseguito dalla "Joint Oceanographic Institutions, Inc." (JOI) che raggruppa le più prestigiose scuole di Oceanografia degli Stati Uniti d'America (*).

Tale studio, in breve, prende in esame in nove istituzioni americane, per il decennio 1976-1985, il numero di domande di ammissione ai "graduate programs" in Oceanografia ed ai dipartimenti di ingegneria civile e di ingegneria oceanica del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) (Fig. 1A); gli studenti iscritti ai corsi (Fig. 1B); i dottorati conferiti come "Doctor in Phylosophy" (Ph.D.) (Fig. 1C); ad infine le ammissioni ai specifici "graduate programs" in Oceanografia (Fig. 1D).

L'interessante articolo prende in esame la situazione nel suo complesso, ma qui io riferisco solo alcuni punti che ritengo di particolare significato per quello che è l'intendimento della presente comunicazione.

Oceanografia biologica.- Questa gode tradizionalmente della maggiore popolarità e del maggiore numero di studenti ed ha prodotto nell'ultima decade, 1983 escluso, il maggiore numero di laureati. Nel 1976 venivano accettate soltanto il 4% delle domande d'iscrizione; nel 1905 tale percentuale saliva al 15%.
Si deve però osservare che nell'ultima decade gli studenti che si sono candidati per l'Oceanografia bio1ogica è diminuito del 10%. Se continua questo "trend" negativo, l'Oceanografia biologica, che un tempo annoverava studenti altamente qualificati, corre seri rischi.

(*)A questo "pool" appartengono il Lamont-Doherty Geological Observatory, 1’Oregon State University, la Scripps Institution of Oceanography, la Texas A.&M. University, l'University of Hawaii, 1'University of Miami; l' University of Rhode Island, l'University of Texas, l'University of Washington e la Woods Ho1e Oceanographic Institution.

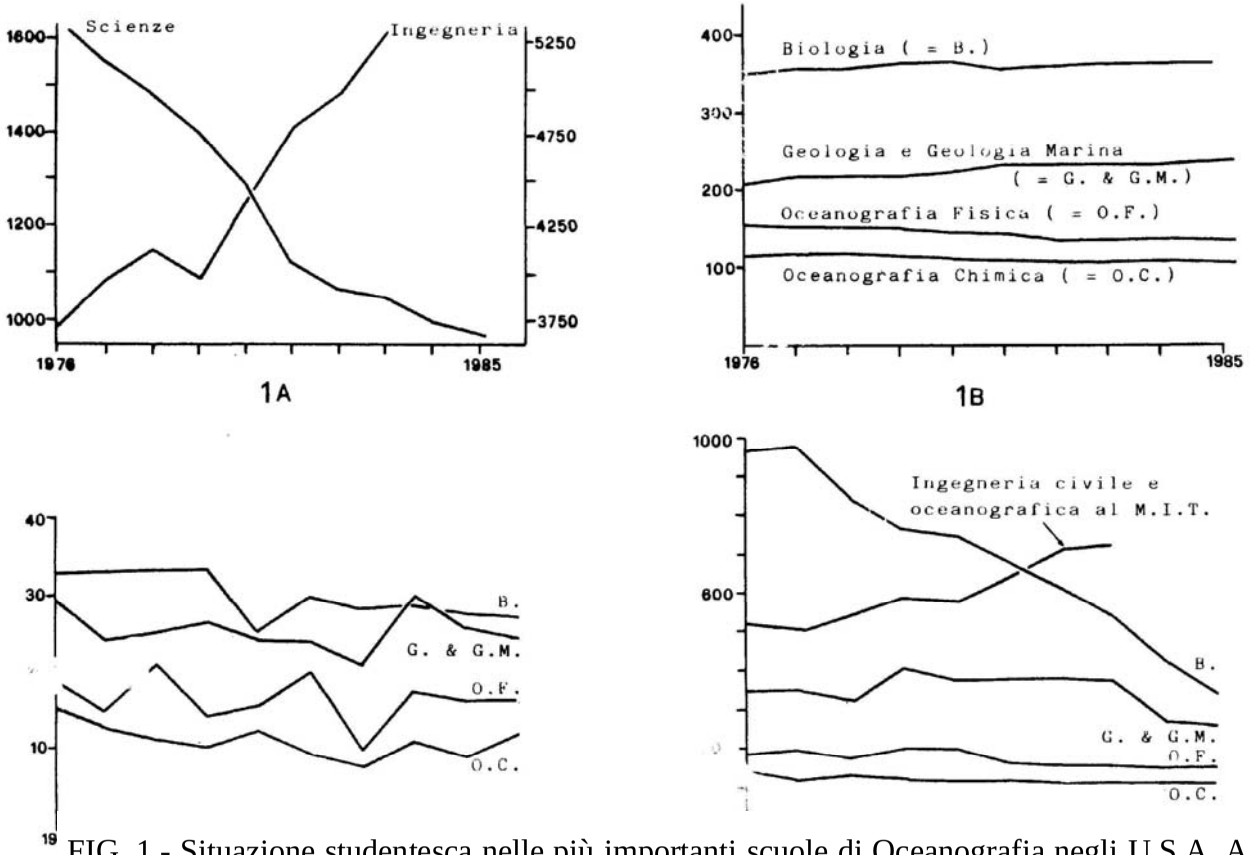


FIG. 1.- Situazione studentesca nelle più importanti scuole di Oceanografia negli U.S.A. A e D: domande di ammissione generiche e specifiche. S: studenti. C: laureati. (Ridisegnato da "Sea Technology", ottobre 1985.)

Geologia marina e Geofisica marina.- A questi settori afferisce al presente ca il 33% degli studenti delle nove istituzioni con un incremento del 10% nella decade trascorsa. La Geologia marina produce nel suo insieme più "master" e quasi lo stesso numero di "Ph.D." dell'Oceanografia biologica. Le domande d'iscrizione hanno iniziato a diminuire tre anni or sono.

Oceanografia fisica.- Questo settore, che è il terzo in ordine di grandezza, è costituito da ca il 18% del campione totale della popolazione studentesca presa in esame. Le domande d'iscrizione sono diminuite in questo campo del 10%. Preoccupa assai il fatto che in cinque anni nove delle prestigiose scuole americane in questione produrranno soltanto venti dottori "Ph.D." in Oceanografia fisica. A prescindere dai limiti dell'indagine, gli Autori dell'articolo prevedono una seria carenza di oceanografi fisici.

Oceanografia chimica.- Di tutti i campi, quello col minore numero di domande, di studenti effettivi e di "Ph.D." conseguiti è appunto l'Oceanografia chimica. La situazione non è praticamente cambiata negli ultimi dieci anni.

Ingegneria oceanica.- Questo è un campo di ricerca relativamente nuovo che attinge ai campi tradizionali dell’ingegneria e della scienza e li applica all'ambiente marino. La ricerca in ingegneria oceanica, secondo gli estensori delle attività, include ad esempio la dinamica dei fluidi della zona litorale e della platea continentale, l'idrodinamica navale delle imbarcazioni e loro ancoraggi, sistemi di propagazione acustica in mare ed elaborazione segnali sonar, sommergibili con operatività elevata e strumentazione avanzata non meglio definita.

Si deve segnalare che la ricerca in questo campo, svolta tradizionalmente da ingegneri di classica formazione, oggi richiede per la crescente complessità dei problemi non solo una più marcata specializzazione ma anche un solido "background" di conoscenze dell'ambiente marino.

All'University of Washington ed al M.I.T. si è osservato un costante aumento nel numero delle domande e delle iscrizioni effettive in questo settore negli ultimi dieci anni. Tuttavia, il tasso di crescita del 25% è modesto se paragonato a quello superiore al 50% osservato sul totale delle domande d'iscrizione presentate nei diversi campi dell'ingegneria nelle due predette istituzioni.

Dal quadro generale risulta che nella decade il numero delle iscrizioni e dei dottorati conseguiti è rimasto piuttosto costante. Globalmente, però, si è registrato, ingegneria esclusa, una riduzione del 50% nel numero delle domande d'iscrizione; riduzione pesantemente influenzata dalla situazione osservata in Oceanografia biologica.

Gli Autori osservano che il lato più preoccupante della situazione è che alla diminuzione piuttosto rapida di domande in Oceanografia biologica non è corrisposta una crescita negli altri settori dell'Oceanografia.

A parte le cause che posson avere ingenerato questa situazione ed una valutazione di mercato che vede, ad esempio, nei settori della fisica, della chimica e dell'ingegneria una domanda superiore all'offerta, gli Autori sono preoccupati nel senso che un ulteriore riduzione del "pool" delle domande d'iscrizione nei diversi settori dell'Oceanografia possa eventualmente risultata in un declino della qualità del prodotto "oceanografi"!

A questo punto non è i1 caso di insistere sul contenuto dell'articolo e tanto meno di tentare un confronto: infatti il confronto è impossibile perché manca il minimo di base per effettuare un confronto del genere!

L'unica cosa che si può prospettare è una serie di considerazioni .

L'Università italiana ha aperto faticosamente la porta all'Oceanografia nel 1972. I presupposti, in generale, sono che una cattedra universitaria oltre ad assolvere i compiti formativi suoi propri nell'ambito di determinati curricula di studio sviluppi la ricerca in determinati settori e crei allievi che - come si suol dire - superino sempre prima o dopo i maestri.

Non vorrei entrare in dettagli sull'argomento; compito questo semmai di chi vorrà dilettarsi a studiare le alterne vicende in Italia degli studi talassografici prima ed oceanografie; i dopo, ma vorrei solamente tentare di fare con i soliti mezzi di fortuna "il punto" del vascello "fantasma" Oceanografia.

Sino a qualche mese or sono si pensava all'Università che fosse giunto il momento di aprire nuova via in Oceanografia per completare, in senso classico, un quadro formale di competenze e conoscenze. Ovvero, si sarebbe giunti, anche se con sparute

forze, a delineare il quadro della ricerca oceanografica intesa come Oceanografia Biologica, Chimica, .Fisica, e come Geologia Marina.

Non esistendo in Italia istituzioni pubbliche o private che possono sostituirsi alle Università per lo sviluppo di determinate discipline, ne deriva che i tempi nei quali ed i modi con i quali una tematica scientifica viene affrontata possono ripercuotersi nel tempo in modo assai favorevole o negativo - come fatto culturale e di prestigio - a seconda della tempestività, della capacità e della lungimiranza con le quali il problema viene affrontato.

Purtroppo mi sovviene quale epilogo abbia avuto l'ultimo concorso a cattedre.

Qui il discorso potrebbe diventare polemico, ma non è quello che desidero; certamente non posso non evidenziare almeno due situazioni che si sono venute a creare. Ma prima di fare questo, vorrei stralciare da un articolo del Prof. De Benedictis "Requiem per un concorso" alcuni passi che ricordano situazioni a noi vicine e che forse saranno purtroppo destinate a ripetersi all'infinito.

Anche in quel caso ci si richiama alla "coscienza scientifica" dei commissari, all'ambiguità del concetto del "gruppo disciplinare" ed al fatto che si è "potuto promuovere in una sola volta una percentuale di colleghi spesso altissima, talvolta in un numero pari o anche superiore alla metà dei decenti della materia. A parte la qualità del risultato, quando soddisfacente e quando no, interi corpi scientifici sono stati così scombussolati, e ciò ad opera di cinque soli commissari, che talvolta il caso ha voluto mediocri ma, in quell'occasione, esageratamente potenti".

Il mio parere è che il corpo scientifico nel nostro caso sia stato più che scombussolato; nel mio pessimismo ritengo che il titolo dell'articolo poco prima citato possa essere semplicemente traslato in "Requiem per l'Oceanografia".

Definizione che posso spiegare, a mio modo di vedere, con almeno due nuove situazioni che si sono venute a creare ed alle quali mi riferivo dinnanzi in termini generici.

Allo stato attuale, pertanto, una di queste è che l'Oceano-

grafia chimica vedrà la luce come materia nelle Università italiane ben al di là del 2000, senza - con questo - fare previsioni di catastrofismo legate alla fine del secolo oppure del millennio; l'altra è che l'Oceanografia italiana, almeno quella fisica, sembra esprimersi al meglio in una sola istituzione universitaria .

Ancora una volta, sembra che la genetica intervenga in maniera decisiva, se non altro geograficamente, a definire dove sta il meglio del ceppo italico per il futuro della ricerca marina in Italia!

Oltre non vò, perché non ritengo che questa sia la sede idonea per misurare l'impegno necessario per dare agli studi oceanografici nelle Università uno standard di un certo livello.

E poi vi sono motivi di natura affettiva per amici e colleghi con i quali abbiamo visto crescere faticosamente l'Oceanografia nelle Università negli ultimi trenta anni, anche se oggi amaramente assistiamo allo sgretolamento di quel poco che era stato costruito.

Certo è che il paese sembra essere in grado di mettere a bilancio dello Stato, secondo il CENSIS, laureati al costo di quaranta milioni l'uno, (impegni personali e familiari a parte) che non sono utilizzati o che lo sono scarsamente; di creare dottorati in Scienza del Mare le cui possibilità e potenzialità sono ancora quasi tutte de definire, ma soprattutto quello che sconcerta è la mancaza di un minimo di continuità nella ricerca marina, dove non sono certo l'improvvisazione o l'arte di arrangiarsi a creare; una scuola e quindi nel tempo prestigio per un dignitoso ingresso nelle diverse assisi internazionali e, ad esempio, nell'ambito della cooperazione promossa dal nostro paese.

In queste condizioni non si può certo pensare ad operazioni come quelle portate a termine ad esempio dall'Institute of Oceanographic Sciences" (IOS) del "National Environmental Research Council" (NERO) nel Regno Unito. Questo Istituto ha creato il sistema sonar di ricerca GLORIA ("Geological Long Range Inclined Asdic") che ora verrà costruito dalla Marconi e che da eccellenti prestazioni.

Oppure non si può pensare ad una certa capacità di ricerca oceanografica. Sempre nel Regno Unito, ad esempio, nel periodo

Gennaio 1984 - Settembre 1985, le quattro navi oceanografi che del NERC hanno speso in mare 1227 giorni per la ricerca degli Istituti afferenti e delle

Università: 323 giorni per l'Oceanografia, 397 per la Geofisica e la Geologia, 26 per la Chimica e la Geochimica, 370 per la Biologia, 48 per l'Idrografia e 63 per altre discipline. Ed il paese oggi non è più quello dell'impero dove il sole non tramontava mai!

In queste condizioni mi è difficile pensare ad una certa ed effettiva disponibilità di cattedre e di borse di studio a supporto della ricerca marina; ad esempio del tipo promosso dal solo "Office of Naval Research" (ONR) negli Stati Uniti: nel presente anno accademico le cattedre universitarie convenzionate dall'ONR sono passate da tre a sette, mentre a partire dal 1982, 1'ONR ha elargito ben 190 borse di studio.

D'altra parte è noto che in Italia si sono sviluppate Società private, a partecipazione statale e pubbliche, che non temono confronti internazionali. Tali società per quanto mi è noto non sembrano avere attinto che sporadicamente alle nostre fonti (Università e CNR) dell'Oceanografia, per cui dovrei convenire che determinate industrie fanno a meno degli oceanografi o provvedono altrimenti.

Trascurando altri aspetti del problema, ritengo che a questo punto sia necessario un riesame della situazione, soprattutto di fronte a diverse iniziative didattiche che si stanno delineando nelle Università esistenti o in potenziali nuove sedi tra le quali una dove si propone di istituire un "Centro Superiore di Cultura per lo Studio del Mare" o di fronte ai problemi della gestione delle risorse marine e della difesa del mare, per citarne alcune, che si pongono talvolta in modo da suscitare sorpresa tra gli operatori scientifici del settore, ma non agli operatori politici!

Questo riesame della situazione ritengo che sia opportuno anche per altri due motivi.

Uno riguarda la vasta gamma di iniziative annunciate di recente da nuove ed interessanti imprese editoriali in campo acquatico.

L'altro riguarda il futuro, nel senso che se si percepiscono le realtà di fondo e le diverse situazioni che si sono venute a creare negli ultimi anni si dovrebbe giungere ad una verifica

degli scopi dell'Associazione. Questo significherebbe, a mio avviso, di rientrare qualitativamente nel contesto internazionale dal quale ci stiamo allontanando, oppure di ridefinire i compiti della nostra Associazione.

BIBLIOGRAFIA

CAMERA DEI DEPUTATI - Proposta di legge n. 682, Roma - 1986.

DE BENEDICTIS M. - Requiem per un concorso. - La Questione Agraria, 20: 175-187 - 1985.

DELLA CROCE N . - La crisi della ricerca oceanografica in Italia. - Rivista Marittima, CVI (2): 62-77 - 1973.

NERC NEWS JOURNAL - Sea-bed survey agreement. 3 (8), 3. - 1985.

NOWELL A.R.M., HOLLISTER C.D., BAGGERROER A.B. - Contemplanting tomorrow's oceanographers. - Sea Technology, 26 (10): 57-65 -1985 .

SEA TECHNOLOGY - Navy Currents. 26 (11): 57 - 1985.

SEESHOLTZ J.R. - Reinvigoration of Navy efforts in Oceanography. - Sea Technology, 27 (1): 58-59 - 1986.

SKINNER L., VERDON F., RVS BARRY - Research Vessel Services. – NERC news jour., 3 (8): 14-18 - 1985.

SIPE - Servizio Stampa per l'educazione e lo sviluppo. Roma. - X-XVIII (203): 6 - 1986.

TAVOLA ROTONDA

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 479 a pag. 482

TAVOLA ROTONDA

Ricerca subacquea e sue implicazioni nello sviluppo di nuove metodologie di campionamento

P.Colantoni, F.Cinelli e F. De Strobel

RELAZIONE INTRODOTTIVA

E' noto che ogni specialista delle diverse discipline nelle quali si articola la moderna oceanologia può trovare sott'acqua una possibilità di osservazione e di campionamento mirati, altrimenti neppure pensabili. Parlare di attività subacquea può, quindi, sembrare inutile fra oceanologi. Non dovrebbe,infatti, esserci alcun bisogno di sottolinearne 1'importanza ed i contributi che possono derivarne. Per molti,però, resta una attività collaterale,o di piacevole svago, da guardare con sufficienza e non si valutano affatto i pericoli e le responsabilità che essa , invece, comporta, sia per gli operatorie sia per i dirigenti. In questo stato di cose il nostro Paese, che pur annovera tradizioni, pionieri illustri, uomini di prestigio ed ottimi ricercatori, ed è favorito da un'invidiabile posizione geografica, rischia di segnare il passo e di rimanere indietro anche in questo specifico settore.
Abbiamo quindi voluto portare il problema proprio in questa sede certi che una maggiore consapevolezza generale possa avvicinare qualche problema alla soluzione.
Poter vedere e verificare di persona quello che l'acqua ricopre è sempre stato un sogno, forse fin dall'infanzia dell'uomo. Per questo sono stati fatti tentativi audaci, talora goffi e tragici, prima di arrivare alle moderne tecniche che permettano" immersioni nei limiti di una ragionevole sicurezza, sia a corpo libero su bassi fondali e sia per mezzo di sommergibili nelle profondità abissali.
L'interesse scientifico, almeno nei primi tempi,ha eguagliato quelli milita re e industriale nello spingere il progresso. Ricordiamo le immersioni con lo scafandro da palombaro del francese Henri Milne Edwands che nel 1844 compie il primo studio subacqueo dell'ambiente marino dello Stretto di Messina, le prime foto realizzate sott'acqua nel 1892 dal biologo Luis Boutan e le ricerche subacquee di Anton Dohorn, all'inizio del secolo, oltre alle spettacolari immersioni dello zoologo americano William Beebe che con la sua batisfera raggiunge nel 1934 la profondità di 923 metri. Dobbiamo a questi entusiasti pionieri, desiderosi di conoscenza, l'aver aperto la via all'esplorazione sottomarina. Passata l'epoca "preistorica", oggi, si può dire che non esista organizzazione oceanologica al mondo che non usufruisca delle possibilità offerte all'immersione subacquea, almeno come completamento di mezzi di indagine e di campionamento dalla superficie. In Italia non esiste, purtroppo, un coordinamento delle attività ma, favoriti

dal particolare ambiente Mediterraneo, diversi Ricercatori hanno indossato da tempo maschera, pinne e respiratore per andare sott'acqua a vedere, studiare, raccogliere e documentare.
Nel campo della Biologia Marina va ricordato, logicamente il prestigio e la grande tradizione napoletana che ha mostrato a tutti le grandi possibilità offerte dall'immersione e ne ha diffuso l'interesse e l'impiego. Attualmente sono, però, attivi anche diversi altri gruppi di ricerca, in massima parte provenienti dalle Università, a Genova, Pisa, Livorno, Roma, Trieste, Venezia, Padova, Cesenatico, Ancona, Bari, Messina, Catania, e Palermo, solo per citare i più importanti. A questi si devono fondamentali contributi alla conoscenza delle comunità bentiche del sistema costiero. Per quanto riguarda la Geologia Marina il quadro è più scarno, in quanto un minor numero di ricercatori si è dedicato all' immersione subacquea. Dobbiamo comunque menzionare il lavoro talora anche "storico",dei gruppi di Genova, Venezia, Bologna e quindi quelli più recenti di Catania e Cagliari, ove attualmente vi è forse il nucleo più attivo.
Ancora più sfortunato è il numero di operatori nei campi dell'Oceanografia Fisica e dell'Ingegneria Oceanografica. Esperienze con sommergibili da ricerca sono state infine fatte, approfittando di collaborazioni internazionali (non essendovi in Italia alcun mezzo di questo tipo), forse solo da ricercatori di Bologna e Messina.
Limitando anche alla sola attività di immersione autonoma svolta a corpo libero respirando aria compressa, che è quella praticata dalla massima parte dei ricercatori, si deve convenire che, malgrado il discreto numero di praticanti, l'immersione scientifica è una attività che non è stata ancora ben intesa e quindi tanto meno codificata. Il ricercatore usa normalmente le tecniche e le attrezzature dello sportivo, ma compie un lavoro vero e proprio, spesso alle dipendenze di un Ente che prevede una catena di comando e di responsabilità che vanno rispettate. Egli non può essere considerato neppure come un vero professionista o sommozzatore commerciale. Non si immerge, infatti, con la stessa frequenza, di solito non ha grandi esigenze di lunghe permanenze sul fondo o di alte profondità, ma soprattutto svolge un lavoro diverso, molto meno codificabile che coinvolge la sua conoscenza specifica di uomo di scienza. Ha quindi necessità di una normativa specifica che ne definisca idoneità metodologie di immersione, responsabilità e salvaguardi la sua sicurezza. Come è noto, in Italia, non esiste alcuna legislazione che regoli le attività subacquee lavorative(se si esclude l'istituzione del Sommozzatore in Servizio Locale nei porti). E' da tempo che se ne parla , ma per ora non è uscito nulla di concreto. Nell'attesa e nella consapevolezza del pericolo che comporta questa situazione, il C.N.R aveva anche istituito un'apposita Commissione di studio facendo proprie proposte di normativa avanzate dal CIRSS (Comitato Italiano Ricerche e Studi Subacquei) pubblicate ed adottate dall'Istituto per la Geologia Marina di Bologna (Rapporto tecnico n. 11780)e dal SACLANT ASW Research Centre di La Spezia (SACLANTCEN, Spec. Report 103, 1984). Vi è la possibilità che la mancanza di regole generi confusione ad uno stato di faciloneria pericolosa, ma anche che disposizioni severe limitino o uccidano le attività di ricerca.

Negli Stati Uniti l'Ente per la sicurezza sul lavoro (Occupational Health Safety Administration) ha recentemente regolamentato le attività subacquee, ma l'organizzazione dei Ricercatori Subacquei (American Accademy of Under water Sciences) è riuscita ad ottenere che le leggi per l'immersione commerciale (Commercial Diving) non si applichino all'immersione scientifica. Ne è scaturita anche una interessante definizione che riportiamo fedelmente: "l'immersione scientifica è quella svolta come parte necessaria di attività scientifiche, di ricerca o didattiche, da persone il cui unico scopo è quello di raggiungere fini di ricerca scientifica. L'immersione scientifica non comprende quindi l'attività svolta comunemente da sommozzatori professionisti (commerciali) quali: sistemazione e recupero di oggetti pesanti sotto acqua, ispezione di condotte sottomarine e manufatti similari, costruzioni, demolizioni, taglio saldatura, uso di esplosivi."
In Gran Bretagna, ove da tempo vi sono precise leggi che regolano l'attività lavorativa subacquea, che ha preso un grande sviluppo con lo sfruttamento del petrolio nel Mare del Nord, i Ricercatori avevano già fatto altrettanto.
In Italia aspettiamo con ansia, ma anche con timore, una legge che regoli il lavoro subacqueo. Nell'attesa viviamo una situazione di confusione e di pericolo che investe tutti i settori e le attività.
Ci auguriamo solo che la normativa per i sub venga fatta dai SUD, ognuno per il proprio settore di competenza, e non da esperti improvvisati che porterebbero inevitabilmente solo a restrizioni di libertà di azione. Da noi è troppo diffuso il concetto del tutto permesso o del tutto proibito. Per la ricerca vi è bisogno di chiarezza. Non è possibile pensare ad uno sviluppo, fortemente auspicabile, in questo stato di incertezza dall'oceanologia nazionale. Auspichiamo però che anche l'AIOL nella sua politica di sviluppo della conoscenza del mare prenda coscienza del fatto che un mezzo di indagine così importante come l'immersione subacquea oggi è governato da improvvisazioni pericolose e che la mancanza di normativa DUO soffocarla.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 483 a pag. 502

METODI DI RILEVAMENTO "IN SITU" E LORO UTILITÀ NELLO STUDIO DI ALCUNI SISTEMI BENTONICI COSTIERI.

L. MAZZELLA, M.C. BUIA, M.C. GAMBI, M. LORENTI, F.G. RUSSO, M.B. SCIPIONE.

Laboratorio di Ecologia del Benthos, Stazione Zoologica di Napoli, Ischia.

SUMMARY

The underwater techniques nave highly stimulated new approaches in investigations on marine systems, mostly for the benthic environments . Infact, the employment of different methods regarding the measurements of environmental and biological parameters, physio1ogie al processes and in-situ manipulations, have been largely used in the last years. In the present paper the different techniques adopted for investigations on Posidonia oceanica meadows are described. These techniques concern the measurements of environmental parameters like hydrodynamic forces, P.A.R. (Photo-synthetically Active Radiation) and Eh. Moreover, methods used for the definition of the bed-structures and applied in investigations on the photosynthetic activity are shown. In-situ experimental manipulations, employed for studies on some community problems or for applicative purposes, are also taken into account. A model which shows the importance of underwater techniques in an integrated study on benthic systems, is given.

INTRODUZIONE

Come è vero che la ricerca in qualsiasi disciplina scientifica stimola progressi nel settore de]la tecnologia, è anche vero che le innovazioni tecnologie ne possono avere una risonanza tale da provocare una notevole evoluzione nell'impostazione di indagini scientifiche. Un esempio in tal senso riguarda le tecniche di immersione subacquea che, con il notevole progresso raggiunto soprattutto in tempi recenti, sono state supporto indispensabile per l'evoluzione della "moderna ecologia" applicata all'ambiente marino. La semplice osservazione diretta degli organismi marini e dei vari biotopi ha stimolato ricerche volte a sviluppare nuovi modelli di zonazione del benthos in cui sono stati presi in considerazione i diversi adattamenti morfologici oltre che la distribuzione degli organismi stessi. Ciò si è verificato soprattutto per quegli ambienti difficilmente accessibili con mezzi diversi dall'immersione subacquea, come le grotte sommerse o le pareti rocciose. E' stato quindi possibile pervenire alla individuazione di modelli di zonazione riportabili a gradienti di parametri ambientali, quali

1'idrodinamismo e la luce (Riedl R., 1966) (Riedl R., 1971).

L'immersione subacquea con autorespiratore, favorendo l'introduzione di nuove metodiche di campionamento e di rilevamento, ha permesso l'applicazione agli ambienti bentonici marini di alcuni approcci, quale quello fitosociologico, precedentemente adottato per le comunità terrestri (Braun-Blanquet J., 1932). In particolar modo per i substrati duri, tali metodiche sono state applicate, oltreché alla componente vegetale, anche alla fauna e alla comunità "in toto" (Cinelli F. et al., 1977).

Parallelamente altri approcci, che prevedono manipolazioni o installazioni di strutture artificiali in-situ hanno trovato una applicazione nello studio di alcune tipologie e processi degli ecosistemi bentonici (Cowen R.K. et al., 1982) (Menge B.A., Lubchenco J., 1981). Inoltre, la realizzazione di sofisticate apparecchiature ha permesso di misurare direttamente sul campo processi biologici fondamentali di singoli organismi o di comunità. In tal caso si può dire che è nata una "autoecologia in-situ" complementare a quella di laboratorio. In conclusione, la realizzazione di metodiche subacquee di campionamento, di rilevamento di parametri ambientali ed infine di misurazione di processi biologici permette di raggiungere una conoscenza esauriente degli ecosistemi marini, sia dal punto di vista descrittivo sia da quello funzionale.

Lo scopo del presente lavoro è quello di mettere in evidenza l'importanza che i metodi di rilevamento diretto hanno nello studio dei sistemi bentonici litorali. In particolare, vengono descritte tecniche impiegate in ricerche su praterie formate da fanerogame marine, quale è Posidonia oceanica, specie endemica del Mediterraneo. Le tecniche subacquee permettono di indagare su tutti gli aspetti inerenti a tali sistemi molto complessi, trovando in tal modo un'ampia applicazione, considerato anche l'importantissimo ruolo che le praterie a fanerogame svolgono nell'equilibrio e nella produttività della fascia litorale. Le tecniche descritte riguardano il rilevamento di parametri ambientali e biologici, il campionamento della flora e della fauna e le misure di alcuni processi biologici.

1. RILEVAMENTO DI PARAMETRI AMBIENTALI

Idrodinamismo. L'energia idrodinamica è uno dei fattori ambientali che più influenza la distribuzione degli organismi marini e la struttura di intere comunità. Tuttavia 1'idrodinamismo a livello dei sedimenti è uno dei parametri più difficili da valutare per il fatto che la morfologia del fondo e le strutture biogeniche contribuiscono a creare condizioni locali molto diverse anche in aree circoscritte. In relazione a tale problematica, la tecnica subacquea

consente di utilizzare vari metodi.

Fonseca M.S. et al. (1983) hanno utilizzato in immersione dei microcorrentometri per misure su fondi colonizzati da fanerogame marine. Il metodo più empirico, descritto da Doty M.S. (1971) e da Muus B.S. (1974) si basa sul consumo differenziato di cubetti o palline di gesso esposti per un certo tempo a diverso regime idrodinamico. Attraverso una specifica funzione si riesce, con una certa approssimazione, a risalire dal consumo di gesso alla "velocità equivalente" dell'acqua che lo ha provocato. Questo metodo, inizialmente utilizzato nella zona di marea,è stato applicato in immersione su fondi duri (Pansini M., Pronzato R., 1982) (Boero F. et al., in stampa) e recentemente su praterie di Posidonia oceanica nelle acque intorno ad Ischia (Gambi M.C. et al., in stampa). Il metodo ha permesso di rilevare sia la presenza di un gradiente idrodinamico lungo un transetto di profondità, sia le differenze tra base e sommità delle foglie, dovute all'azione "smorzante" che lo strato follare esercita sui movimenti dell'acqua. A tal fine le sfere sono state poste, con speciali supporti, sia ad alcuni centimetri sopra le foglie sia ad alcuni centimetri dal fondo, a livello dei rizomi, prestando particolare attenzione nell'evitare possibili abrasioni tra palline e pianta (Fig. 1A). Per ogni profondità e livello è stato collocato un numero significativo di palline per permettere di valutare la "varianza" nella perdita di peso e di eseguire test statistici. Le misure sono state quindi ripetute in condizioni metereologiche diverse, in modo da ottenere "profili medi" di estinzione dell'idrodinamismo e, sulla base di questi, comparare praterie a diversa esposizione.

P.A.R. (Photosynthetically Active Radiation). La misura del flusso di fotoni che penetra al di sotto della superficie marina è finalizzata essenzialmente alla caratterizzazione dell'ambiente in cui vivono gli organismi fotosintetici. Di particolare importanza, in questo senso, è lo studio della relazione fotosintesi-irradianza in-situ e la sua correlazione con parametri quali la massima capacità fotosintetica, la soglia di saturazione e di fotoinibizione. In questo tipo di ricerche viene misurata la "densità di flusso fotonico fotosintetico" (PPFD), cioè il numero di fotoni nella banda della P.A.R. (400-700 nm) misurati su una data superficie nell'unità di tempo, sia come parametro vettoriale sia come irradianza scalare, cioè come flusso di quanti provenienti da tutte le direzioni rispetto al punto di incidenza. La densità di flusso fotonico viene misurata in Einstein per unità di superficie e di tempo con l'ausilio di sensori e quantametri che possono dare letture istantanee dei valori di luce o letture integrate in un intervallo di tempo dato.

Lo strumento utilizzato dagli AA. è un misuratore di irradianza scalare (Biospherical Instr., Mod. Q.S.I.-140B) che, in virtù

della sua compattezza e maneggevolezza. è possibile trasportare a mano nel corso dell'immersione in punti diversi della colonna d'acqua (Fig. 1B). Queste caratteristiche si dimostrano di notevole utilità nello studio in-situ dell'intensità luminosa a cui sono esposte le fanerogame marine (Mazzella L., Alberte R.S., in stampa). E' importante, infatti, misurare la quantità di luce rilevabile a livello delle foglie rispetto a quella che raggiunge la base dei ciuffi e calcolare l'attenuazione di intensità provocata principalmente dall'assorbimento e dall'effetto di copertura (shelf-shading) del canopy follare. Il gradiente di luce, determinato dalla distribuzione batimetrica e dalle caratteristiche strutturali delle diverse specie di fanerogame, influenza non solo la fenologia e fisiologia della pianta ma anche la fisionomia della comunità epifita e degli altri organismi associati.

Eh (Potenziale di ossido-riduzione). Il potenziale redox misurato *in-situ* con elettrodo di platino è un parametro "operativo" non identificabile con il termine adoperato in elettrochimica. La conoscenza dei profili di Eh si integra con quella di altre caratteristiche dei sedimenti, quali la loro granulometria, il contenuto in sotanza organica, la presenza di gas disciolti. Nei sedimenti le differenti condizioni di ossido-riduzione sono importanti per spiegare la distribuzione degli organismi, in particolare della flora e fauna interstiziali, e portano alla identificazione di microhabitat diversi all'interno dei substrati.

Le praterie di fanerogame esercitano un influsso notevole sull'Eh dei fondi su cui sono impiantate (Whitfield M., 1969) (Fresi E. et al. , 1981) e ciò appare ovvio quando si consideri il loro ruolo negli equilibri sedimentari del litorale. Esse, oltre a costituire siti di smorzamento delle forze idrodinamiche, rappresentano fonte di materiale organico, data anche la complessa struttura del sistema rizoma-radici che contribuisce a determinare caratteristiche peculiari del substrato di impianto.

L'apparecchio usato per la misura dell'Eh descritto da Fresi et al. (1981), consta di un elettrodo di platino inserito in uno stelo di plexiglass e di un elettrodo di riferimento al calomelano collegati ad un voltmetro. Le dimensioni ridotte dell'apparato consentono un suo facile utilizzo nelle operazioni di rilevamento sul campo; l'elettrodo di platino viene spinto nel sedimento a profondità progressive per ciascuna delle quali si registra il valore di Eh in millivolt (Fig. 1C). Va tuttavia considerato che l'uso in-situ di questo tipo di elettrodi pone una serie di problemi (Whitfield M., 1969) quali, ad esempio, l'alterazione meccanica prodotta dalla penetrazione della sonda nel sedimento, l'introduzione di gas negli strati inferiori, l'adesione di sostanze alla superficie del platino oltre all'attacco diretto del metallo da

parte di composti come i solfuri.

2. RILEVAMENTO DI PARAMETRI E PROCESSI BIOLOGICI

Fisionomia di sistemi bentonici. In indagini volte alla descrizione dei sistemi bentonici è indispensabile prendere in considerazione la maggior parte degli aspetti riguardanti la loro distribuzione ed estensione, la loro struttura ed il loro ruolo funzionale. Ciò è possibile per sistemi sia di fondo mobile, nudo o colonizzato da macrofite e/o fanerogame, sia di fondo duro, che in genere sono caratterizzati da un ricco popolamento algale.

Come prima fase di indagine è importante definire la morfologia generale del sistema da studiare. Uno dei vantaggi dell'immersione è stato quello di consentire l'ispezione diretta dell'estensione dei limiti e delle principali strutture dei biotopi. Per facilitare queste operazioni vengono utilizzati veicoli sottomarini (es. Aquazepp) che, manovrati dal subacqueo permettono di coprire lunghe distanze. Con tali veicoli, corredati da contametri e da bussole, è possibile eseguire profili che consentono di quantificare l'estensione di intere comunità.

Questo metodo si è rivelato particolarmente utile nello studio delle praterie di Posidonia oceanica in quanto ha consentito di controllare e di integrare i dati sull'estensione e morfologia di questi sistemi dopo il rilevamento con il Sonar a Scansione Laterale (Side Scan Sonar) (Colantoni P. et al., 1982). Tali metodiche si sono dimostrate molto accurate in quanto permettono di rilevare anche particolari strutture o irregolarità all'interno di tali praterie (caratterizzazione dei limiti, direzione e morfologia dei canali inter-"matte", ecc.). Altri metodi, quale la posa di strutture fisse in corrispondenza dei limiti delle praterie, vengono impiegati per seguire fenomeni di espansione e di regressione delle stesse (Meinesz A. et al., 1981).

Sempre in indagini sui sistemi a fanerogame, il rilevamento di alcuni parametri riguardanti la pianta edificatrice può essere effettuato facilmente in campo. Uno dei parametri più importanti per la definizione della struttura di una prateria è la densità dei ciuffi foliari che solo attraverso l'immersione subacquea è possibile stimare accuratamente. Vengono infatti effettuate conte di ciuffi in stazioni stabilite lungo transetti tracciati per tutta l'estensione delle praterie, mediante un quadrato (40x40 cm) depositato a caso nella prateria, e replicate in un numero che permetta di avere una stima della variabilità della densità. Da tali stime, riportate al metro quadrato, viene ricavata una classificazione della prateria sulla base dei valori di densità di riferimento (Gi-

Fig. l. Illustrazione delle tecniche impiegate in immersione su praterie di fanerogame marine. Sfere di solfato di calcio (A), fotometro subacqueo (B), Eh-metro (C), quadrato per misure di densità o rilevamento di microstrutture (D), prelievo di ciuffi fogliari (E), marcatura di foglie (F), cilindro perraccolta di piante (G), strutture artificiali simulanti ciuffi (H), respirometro (I), sostegni per studio della flora fungina (L), sorbona (M) e retino (N) per raccolta di fauna vagile.

raud G., 1977) (Fig. 1D). La stessa tecnica viene utilizzata per indagare sulla diffusione dei fenomeni di fioritura e fruttificazione delle piante mediante la conta delle infiorescenze in differenti stand della prateria (Mazzella L. et al., 1984).

Oltre alle misure di densità, altri parametri riguardanti le caratteristiche fenologiche della pianta possono essere misurate in laboratorio, in seguito al prelievo di un numero significativo di ciuffi effettuato in immersione in un'area omogenea della prateria. Tali parametri, quali il numero di foglie per ciuffo, la lunghezza e larghezza follare, sono legati al ritmo di accrescimento della pianta per cui le misure vanno ripetute per iodicamente nell'arco di un anno ed a diversa profondità. Conoscendo la densità della prateria e la superficie o la biomassa follare per ciuffo si può ottenere una stima della L.A.I. (Leaf Area Index) o del L.S.C. (Leaf Standing Crop), parametri che mettono in evidenza l'importanza della pianta quale organismo fotosintetizzante e produttore di sostanza organica (Mazzella L., Ott J.A., 1984) (Fig. 1D). Per misure sulla microdistribuzione di ciuffi, di fiori o di frutti, le conte vengono effettuate utilizzando un quadrato di un metro di lato, suddiviso in sott'unità (Panayotidis P. et al., 1980) (Mazzella L. et al., in stampa) (Fig. 1E). Un altro strumento utilizzato per le misure di densità di ciuffi, infiorescenze e frutti, e che permette di estrapolare i valori di biomassa relativi alla porzione ipogea (radici e rizoma) oltre a quella epigea (foglie), è un cilindro metallico del diametro di 28 cm e dell'altezza di 40 cm (Pire H., 1983). L'attrezzo viene introdotto nel sedimento, con movimento rotatorio, per circa 20 cm e, agendo da carotiere, permette di estrarre una zolla del prato (Fig. 1G).

Lo studio delle caratteristiche fenologiche delle fanerogame, in quanto legate al loro ritmo di accrescimento, è importante soprattutto per stimare il tipo di influenza che tale processo ha sulla struttura delle comunità epifita e vagile associate alle praterie.

Produzione e processi metabolici. Alcuni fenomeni riguardanti la fisiologia di singoli organismi o i flussi energetici all'interno di comunità possono essere direttamente controllati in campo grazie alla messa a punto di tecniche e la realizzazione di strumenti utilizzabili in immersione. Queste metodiche sono state impiegate soprattutto per sistemi a fanerogame e a macroalghe e si sono rivelate molto utili permettendo di integrare informazioni ottenute mediante sperimentazioni effettuate in laboratorio.

Per il controllo della crescita e della produzione sia di macroalghe sia di fanerogame marine viene utilizzato il metodo diretto della marcatura delle foglie o di altre strutture (Mann K.H.,

1972) (Parke M., 1948). Tale tecnica, introdotta da Zieman J.C. (1974) nello studio delle fanerogame, consiste nel produrre un piccolo foro alla base del lembo follare di un certo numero di ciuffi (Ott J.A., 1980). Lo spostamento del foro, controllato ad intervalli di tempo stabiliti, da una misura della crescita di ciascuna foglia. I ciuffi marcati vanno inoltre individuati e numerati, in un'area ben delimitata e facilmente reperibile nei successivi controlli. Questi, ripetuti nell'arco di un anno, permettono di determinare il ritmo di accrescimento della pianta, oltre a fornire una stima della produzione annuale di tessuto vegetale (Fig. 1F). La tecnica della marcatura è utilizzata anche per seguire l'accrescimento annuale dei rizomi, mediante l'incisura tangenziale *in-situ* degli stessi (Pire H., 1983). In tal modo si può risalire all'età dei singoli ciuffi e, per le praterie "giovani", al periodo di insediamento (Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., 1983).

Oltre al ritmo di accrescimento, alcuni processi metabolici come la fotosintesi e la respirazione possono essere misurati in-situ grazie alla recente messa a punto di metodiche e strumenti appropriati. I metodi che verranno descritti si basano sulla misura in sistemi chiusi sia della variazione di concentrazione di ossigeno, rilasciato o consumato dalla pianta, sia dell'assorbimento di carbonio quantificato attraverso l'impiego del tracciante radioattivo (^{14}C). Entrambi i metodi come è stato recentemente illustrato (Plante-Cuny M.R., Libes M., 1984), pur presentando inconvenienti, si sono rivelati di grande utilità in rapporto alla risoluzione di varie problematiche inerenti allo studio del processo fotosintetico.

Il primo metodo denominato "respirometria" prevede l'impiego di "campane" (bell-jars) trasparenti, fissate sul fondo in modo da racchiudere una determinata superficie, caratterizzata da un qualsiasi popolamento bentonico, ed un determinato volume d'acqua ad esso sovrastante. Le variazioni della concentrazione di ossigeno vengono rilevate da elettrodi-sensori collegati, tramite un sistema chiuso di tubi, con l'interno della campana e registrate da sofisticate apparecchiature elettroniche (Fig. 1I). Lo strumento utilizzato per la Posidonia prevede l'installazione in-situ di bell-jars cilindriche (80 cm di altezza con circa 15 litri di acqua) che racchiudono uno o più ciuffi foliari (Ott J.A., 1980); è possibile ottenere una registrazione in continuo dei dati per oltre 24 ore, che rappresenta il tempo di autonomia dell'apparato (Svoboda A., Ott J.A., 1983). Un indubbio vantaggio di tale metodo è anche quello di ottenere stime di respirazione utilizzando campane scure (nere) (Bay D., 1978). Tale tecnica presenta il solo inconveniente di non poter distinguere l'attività fotosintetica e la respirazione della pianta ospite da quella dei suoi epifiti vegetali ed animali. Allo scopo può essere utilizzato il metodo di assorbimento del car-

bonio, che consiste nell'inclusione di un ciuffo in un cilindro di plexiglass e nella successiva iniezione di ^{14}C al suo interno, evitando il distacco della pianta madre. Nel caso di Posidonia oceanica il metodo si è rivelato particolarmente utile in quanto ha permesso di stimare separatamente la produzione della pianta da quella dei suoi epifiti, di localizzare "i siti attivi di assorbimento", di seguire alcune tappe del processo fotosintetico, attraverso la localizzazione di metaboliti neoformati nelle varie porzioni della pianta (radici, rizomi, foglie) ed il loro trasferimento negli epifiti; infine ha permesso di rilevare una continuità fisiologica tra i diversi ciuffi di una pianta in cui è difficile distinguere le singole unità costitutive (Libes M., 1984). Il metodo dell'assorbimento del carbonio, comunque, non permette di avere stime di respirazione ed inoltre non da la possibilità di misurare la produttività in continuo.

3. IL CAMPIONAMENTO DI ORGANISMI BENTONICI

Le tecniche di campionamento "dirette" si sono rivelate molto utili nelle ricerche di tipo più strettamente bionomico o volte comunque alla stima di parametri legati alla distribuzione degli organismi quali il ricoprimento e l'area minima.

Sui fondi duri in immersione si possono effettuare "grattaggi" che prevedono l'asportazione completa degli organismi con tutto il substrato entro superfici ben delimitate. Per le raccolte di fauna vagile sono stati impiegati anche piccoli aspiratori idraulici (sorbone) che offrono il vantaggio di catturare più efficacemente le forme a maggiore mobilità, (Kennelly S.J., Underwood A.J., 1985) (Poulicek M., 1984).

Sui fondi mobili, a profondità accessibili ai subacquei, possono essere utilizzate sorbo;:e manovrate in immersione che aspirano il sedimento all'interno di box di volume determinato (Masse H. , 1970) o veri e propri carotieri che permettono la raccolta di sedimento indisturbato per l'analisi di organismi fossori (Hertweck G., 1974), oppure piccole draghe manovrate a mano (Chessa L.A. et al. , 1985) .

Per quanto riguarda le praterie a fanerogame, data la grande complessità di questi sistemi dove sono individuabili diverse stratocenosi, differenti devono essere le tecniche di campionamento impiegate. La fauna e la flora epifite vengono campionate raccogliendo ciuffi interi, il che permette una analisi del popolamento sessile sia lungo la singola foglia sia tra le diverse foglie di un ciuffo, sia sui rizomi. La fauna vagile, invece, viene campionata in immersione utilizzando un retino manovrato a mano (Fig. 1N)

o una sorbona (Fig. 1M), con la quale sono possibili raccolte quantitative delimitando le aree di prelievo degli organismi (Russo G.F. et al., 1985) (Russo G.F. et al., in stampa). Insieme a questi attrezzi selettivi per lo strato follare, vengono poi utilizzati per il campionamento della fauna fossoria dei box-corers capaci di penetrare nel sedimento, ricco di radici e rizomi, e nella "matte" di Posidonia (Willsie A., 1983).

4. MANIPOLAZIONI E INSTALLAZIONI DI STRUTTURE ARTIFICIALI

Metodi che prevedono la posa di strutture artificiali e la manipolazione in-situ si sono rivelati molto efficaci sia per lo studio di alcuni aspetti descrittivi e funzionali degli ecosistemi (competizione,predazione, grazing, ecc.) (Menge B.A., Lubchenco J. , 1981) sia per fini applicativi (riforestazione dei fondali, protezione dei litorali, ecc.). Ancora una volta questi metodi sono stati ampiamente utilizzati per i sistemi a fanerogame marine. Tra le tecniche che trovano maggiore applicazione vi sono quelle legate ai problemi di regressione cui vanno soggetti i prati e che stanno rivestendo particolare importanza in questi ultimi anni. Si sono sviluppati quindi molti metodi volti alla riforestazione di substrati nudi che sostanzialmente prevedono l'installazione di strutture artificiali oppure il trapianto di strutture naturali. I primi implicano l'impianto di ciuffi simulanti quelli naturali delle fanerogame (Fig. 1H), i secondi invece consistono nel trapiantare le piante col sedimento che le contiene oppure i singoli ciuffi, fissati a supporti artificiali (Meinesz A., 1980). In alcuni casi sono stati seminati direttamente i frutti o i germogli (Thoraugh A., 1974). Le metodiche legate ai problemi di riforestazione,quanto meno per le praterie di fanerogame del Mediterraneo, sono da sviluppare ulteriormente per i puri fini applicativi, mentre hanno trovato largo impiego in ricerche volte alla definizione di alcuni aspetti ecologici delle praterie. Utili a questo fine sono stati gli esperimenti di trapianto dei singoli ciuffi provenienti da praterie profonde nei sedimenti di stand superficiali di praterie. Tali esperimenti sono volti ad indagare sull'adattabilità delle piante alle diverse condizioni ambientali mediante il controllo sia del ritmo di crescita sia dell'efficienza fotosintetica delle foglie (Cinelli F., 1980). Ciuffi artificiali sono stati impiegati, invece, per indagare sulle reciproche strategie adattative della pianta ospite e della flora epifita e per definire il contributo degli epifiti alla produzione del sistema (Mazzella L. et al., 1981).

L'installazione, all'interno di praterie, di strutture portanti masselli di legno e sacchetti contenenti detrito follare di Posidonia precedentemente sterilizzato, ha permesso di seguire lo sviluppo della flora fungina che colonizza le foglie e di indivi-

duare il ruolo che questa frazione vegetale svolge nel catabolismo delle foglie stesse (Cuomo V. et al., in stampa) (Fig. 1L). Sperimentazioni in laboratorio hanno inoltre evidenziato l'importanza della flora fungina nella conversione del detrito follare in materiale proteico altamente energetico.

Nel caso di Posidonia oceanica indagini sono state finalizzate alla conoscenza degli effetti che un eventuale "raccolto" possa avere sullo "stato di salute" delle praterie (Wittmann K., Ott J.A., 1981). A tal fine si è potuto indagare sulle capacità di crescita di foglie recise appositamente a varia distanza dalla base o a livello della base stessa.

MODELLO DI INTEGRAZIONE DELLE TECNICHE DESCRITTE

Gran parte delle tecniche illustrate precedentemente sono state impiegate nella prateria di Posidonia oceanica di Lacco Ameno di Ischia (Fresi E. et al., 1978). La sua peculiarità consiste nel fatto che si estende ininterrottamente da 1 a 32m, permettendo in tal modo di effettuare le indagini lungo un transetto completo di profondità. Scopo delle ricerche è quello di raggiungere la conoscenza integrata di un sistema alquanto complesso quale le praterie. Lungo il gradiente batimetrico si è cercato di individuare i parametri ambientali che influiscono sia sulla struttura della prateria sia sulle comunità ad essa associate. Inoltre sono state descritte alcune caratteristiche fenologiche ed alcuni cicli biologici della pianta. Ipotizzando che 1'idrodinamismo fosse il principale fattore che, al di là di alcuni cicli intrinseci della fanerogama, potesse influire sulla struttura della prateria ed indirettamente sulle comunità epifite e vagili, sono state stabilite varie stazioni a differenti profondità che hanno permesso di evidenziare discontinuità lungo il transetto.

Per quanto riguarda lo studio di alcune caratteristiche delle foglie e degli epifiti (es. biomassa e superficie), al di là di trend alquanto simili osservati nelle stazioni prese in considerazione, è stato evidenziato uno sfasamento temporale, con ritardo nelle stazioni più profonde, sia nella produzione follare sia nella colonizzazione degli epifiti. Lo smorzamento del regime idrodinamico lungo il transetto, accompagnato da variazioni di luce e di temperatura, sembra giocare un ruolo importante sugli andamenti stagionali della pianta e dei suoi epifiti (Mazzella L; Ott J.A., 1984) (Fig. 2).

Parallelamente, da studi condotti sulla fauna vagile associata allo strato follare, si sono potuti individuare dei livelli critici di profondità in corrispondenza dei quali si isolavano un popola-

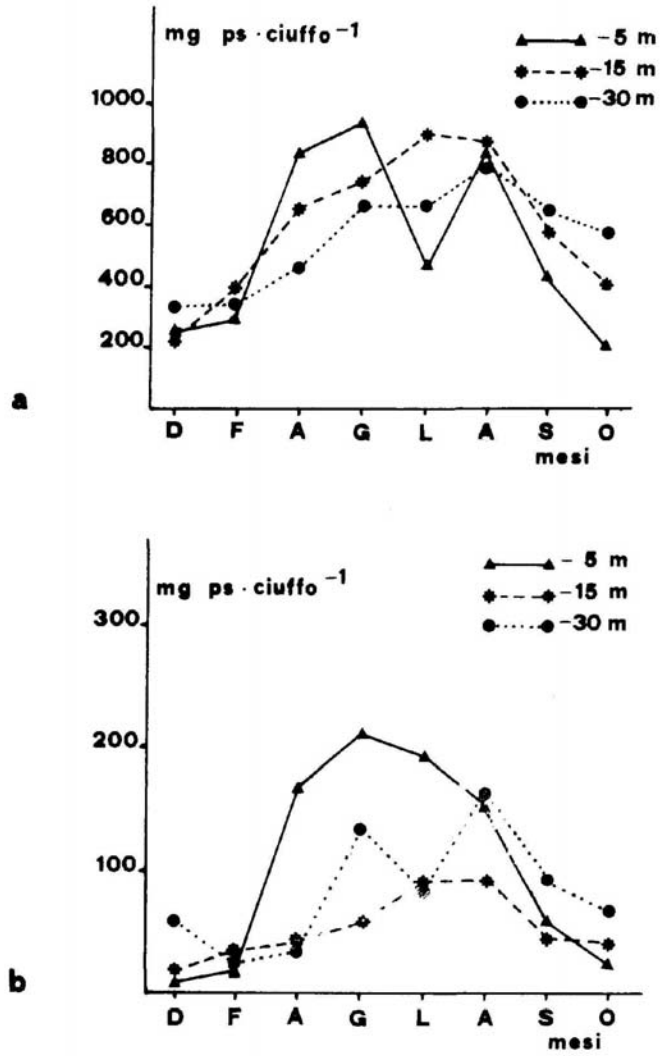


Fig.2. Andamento stagionale della biomassa delle foglie (a) e della comunità epifita (b) di Posidonia oceanica, a differenti profondità.

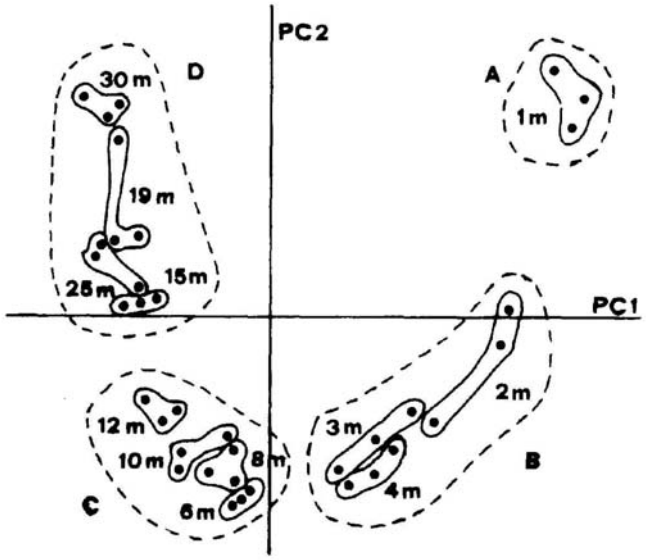


Fig.3. Modello di ordinamento (Analisi in Componenti Principali) della comunità a fauna vagile associata allo strato foliare di Posidonia oceanica lungo un transetto di profondità.

mento superficiale, specializzato per alti valori di energia idrodinamica, una comunità "tipica", probabilmente in coincidenza di massimi valori di densità della prateria, un popolamento profondo in cui sono presenti intrusioni da fondi mobili circostanti (Scipione M.B. et al., 1983) (Fig. 3).

Il metodo del consumo differenziato di sfere di gesso, adottato per misurare differenze di energia idrodinamica alle varie profondità ha fornito risultati che hanno confermato le precedenti osservazioni. In particolare, si è evidenziata una zona compresa nei primi 6 m di profondità dove è messa in evidenza una elevata riduzione dell'idrodinamismo ed una zona profonda dove si assiste ad un graduale smorzamento dell'energia idrodinamica (Gambi M.C. et al., in stampa) (Fig. 4).

Questi sono soltanto alcuni esempi di come le tecniche utiliz-

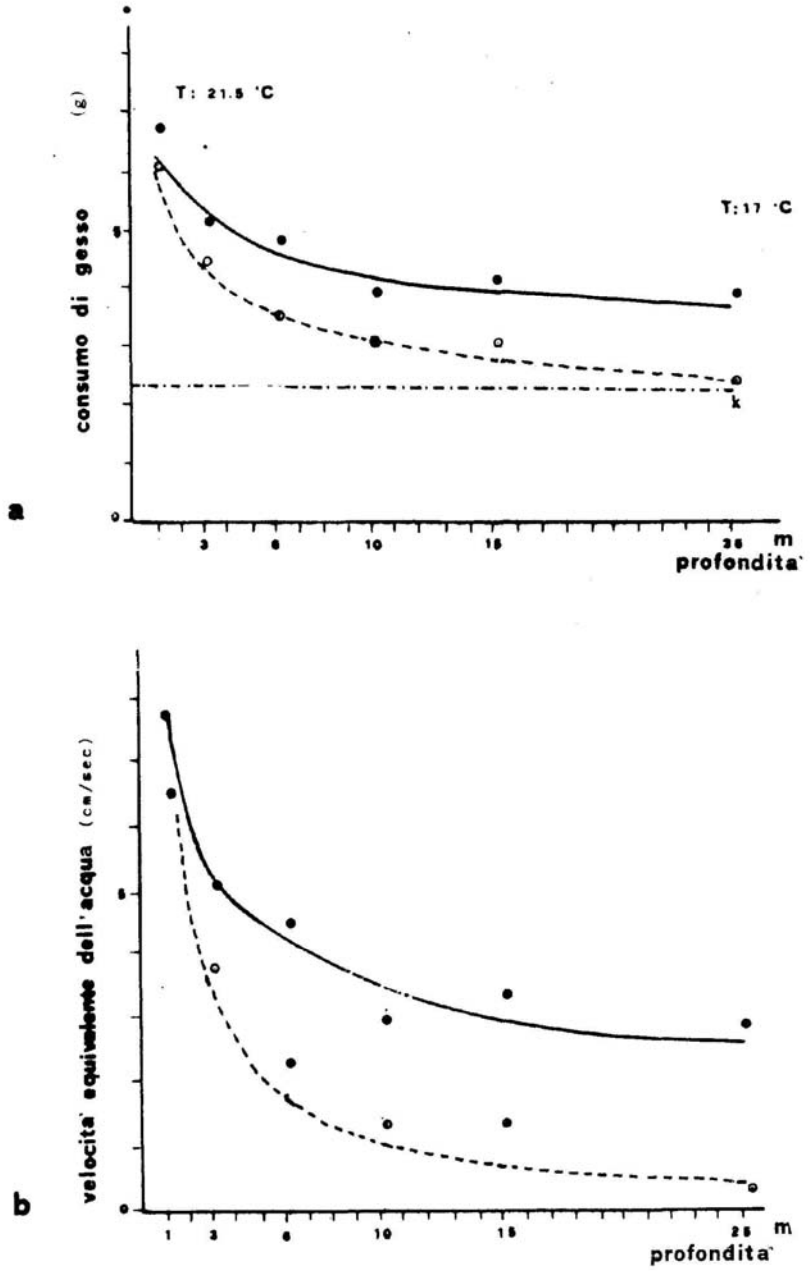


Fig. 4. Consumo differenziato di sfere di solfato di calcio (a) ed "equivalente velocità" dell'acqua (b) lungo un transetto di profondità di una prateria di Posidonia oceanica.

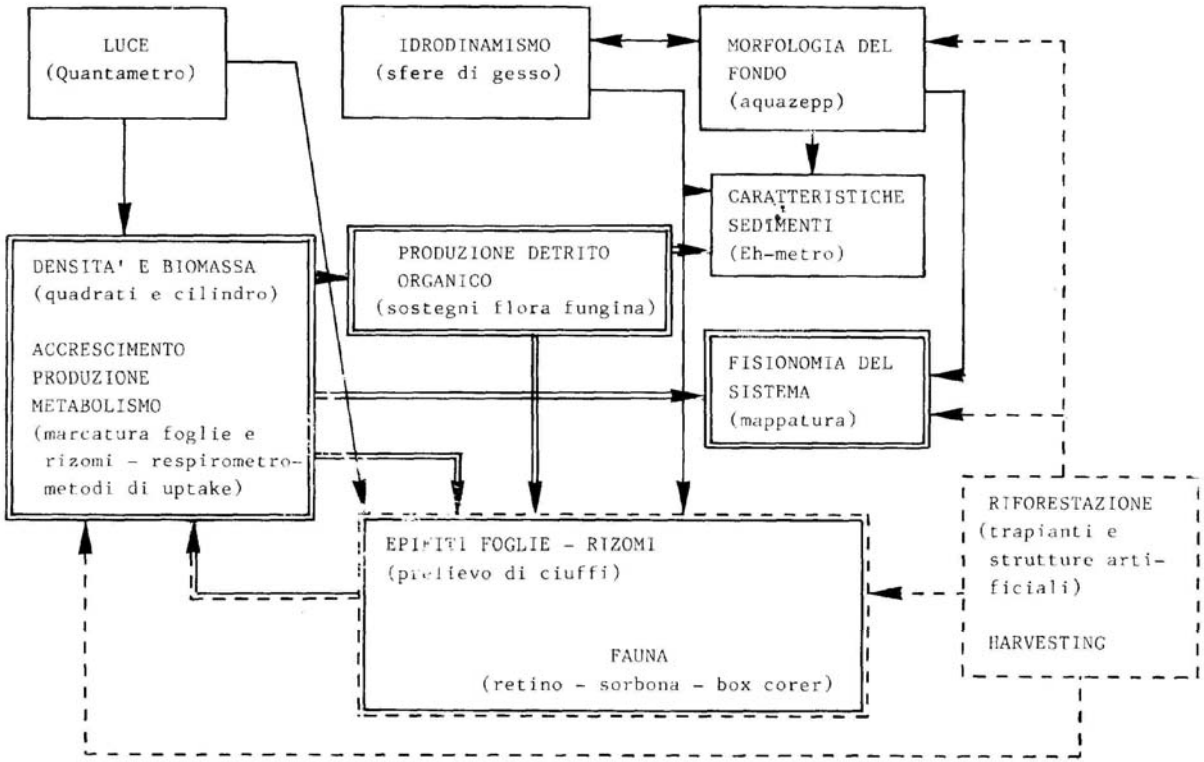


Fig. 5. Schema delle interrelazioni tra i differenti metodi di rilevamento "in situ indagine su praterie di Posidonia oceanica.

zate in immersione possono essere di grande vantaggio nello studio di sistemi a fanerogame in quanto permettono di evidenziare e seguire alcuni fenomeni ad un alto livello di risoluzione.

Al fine di fornire una visione sintetica dell'utilizzo delle varie tecniche subacquee descritte per indagare sugli aspetti sia descrittivi che funzionali di un ecosistema marino, quale quello a Posidonia, è stato tracciato uno schema dove si evidenziano le interrelazioni tra i parametri abiotici, i processi biologici e fisiologici della pianta e le comunità ad essa associate. Dallo schema si evince che solo attraverso l'impiego di metodi diretti possono essere affrontate problematiche non altrimenti risolvibili, la cui conoscenza è indispensabile per uno studio integrato di un qualsiasi sistema ecologico. E' evidente, inoltre, che le manipolazioni in-situ, che determinano modificazioni apprezzabili di alcune caratteristiche del sistema (morfologia del fondo, struttura della pianta e delle comunità animali e vegetali ad essa associate), usate in modo appropriato, possono incidere positivamente nella risoluzione di problemi legati al risanamento di alcuni ambienti litorali. Quanto rappresentato nel modello riguardante l'ecosistema Posidonia" può essere ricostruito anche per altri ecosistemi marini, utilizzando le stesse metodiche opportunamente modificate(Fig. 5)

BIBLIOGRAFIA

D. BAY - Etude "in situ" de la production primaire d'un herbier de Posidonies (Posidonia oceanica (L.) DELILE) de la Baie de Calvi-Corse - Thèse Faculté des Sciences, Université de Liège - 251pp – 1978

F. BOERO, E. FRESI, M. PANSINI, D. PESSANI, R. PRONZATO, M. SARA' - Distribution of the population of Porifera and Cnidaria in relation to environmental parameters along a vertical cliff -P.S.Z.N. I: Mar.Ecol. - in stampa

C.F. BOUDOURESQUE, A. JEUDY DE GRISSAC - L'herbier a Posidonia oceanica en Mediterranee: les interactions entre la piante et le sediment - J.Rech.océanogr. - 8(2-3): 99/122 - 1983

J. BRAUN-BLANQUET - Plants sociology - Ed.- 1932

L. A. CHESSA, G.M. DELITALA, B. MANUNZA, I. MILELLA - A diver-operated dredge for quantitative soft bottom sampling in shallow seas - Rapp.Comm.int.Mer Médit. - 29(6): 179/181 - 1985

F. CINELLI - Le fanerogame marine: problemi di trapianto e di riforestazione - Mem.Biol.Mar Ocea. - 10: 17/24 - 1980

F. CINELLI, E. FRESI, L. MAZZELLA, M. PANSINI, R. PRANZATO, A. SVU-VODA - Distribution of phyto- and zoocenosis along a light gradient in a superficial marine cave. - B.F. Keagan, P. O'Ceidigh, P.S.S. Boaden (Eds.)/ Biology of benthic organisms / Pergamon Press, Oxford - 173/183 – 1977.

COLANTONI, P. GALLIGNANI, E. FRESI, L. MAZZELLA - Patterns of Posidonia oceanica (L.)DELILE beds around the island of Ischia (Gulf of Naples) and adjacent waters -P. S.Z.N.I.: Mar. Ecol. - 3(1): 53/74 - 1982

R.K. COWEN, C.R. AGEGIAN, M.S. POSTER - The maintenance of community structure in a central California giant kelp forest - J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 64: 189/201 – 1982

V. CUOMO, F. VANZANELLA, S. D'ANTONIO, E. FRESI, L. MAZZELLA – The role of marine fungi on degradation and conversion of Posidonia oceanica and Cymodocea nodosa - 11° Int. Workshop on Posidonia oceanica beds, Ischia, 7-11 Ottobre 1985 - in stampa

M.S. DOTY - Measurement of water movement in reference to benthic algal growth - Bot. Mar. - 14: 32/35 - 1971

M.S. FONSECA, J.C. ZIEMAN, G.W. THAYER, J.S. FISHER - The role of current velocity in structuring eelgrass (Zostera marina L.) meadows - Estuarine coastal shelf science - 17: 367/380 - 1938

E. FRESI, F. CINELLI, L. MAZZELLA, M. DE ROSA, M. RIGILLO TRONCONE, V. SAGGIOMO - Documenti sull'ecologia dell'ecosistema Posidonia oceanica nelle acque dell'isola d'Ischia - Convegno Scientifico Nazionale P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma, 5-7 Marzo - 1: 145/155 - 1979

E. FRESI, K. WITTMANN, R. MACHAN - In situ Eh measurements in subtidal sediments - Rapp. Comm. Int. Mer Médit. - 27(9): 241/243 - 1981

M.C. GAMBI, M.C. BUIA, E. CASOLA, M. SCARDI - Estimates of water movement in Posidonia oceanica beds- a first approach - 11° Int. Workshop on Posidonia oceanica beds, Ischia, 7-11 Ottobre 1985 - in stampa

G. GIRAUD - Essai de classement des herbiers de Posidonia oceanica (Linné) DELILE - Bot. Mar. - 20: 487/491 - 1977

G. HERTWEG - Handstechkasten rue Gewinnung vom ungestorten Sediment-proben in Taucheinsatz - Senckenbergiana marit. - 6(2): 119/127 - 1974

S.J. KENNELLY, A.J. UNDERWOOD - Sampling of small invertebrates on natural hard substrata in a sublittoral kelp forest - J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 89: 55/67 - 1985

M. LIBES - Production primaire d'un herbier a Posidonia oceanica mesurée in situ par la méthode du carbone 14 - These - 199pp - 1984

K.H. MANN - Ecological energetic of the seaweed zone in a marine; bay on the Atlantic coast of Canada. II. Productivity of seaweeds- Mar. Biol. -14: 199/208 -1972

H. MASSE' - La suceuse hydraulique, bilan de quatre année d'emp1oi, sa manipolation, ses advantages et inconvientes - Tethys - 2(2): 547/556 - 1970

L. MAZZELLA, R.S. ALBERTE - Light adaptation and the role of autotrophic epiphytes in primary production of the temperate sea-grass Zostera marina L. - Exp. J. Mar. Biol. Ecol. - in stampa

L. MAZZELLA, F. CINELLI, W. KLEPAL, J.A. OTT - Studi sperimentali in situ sull'epifitismo della Posidonia oceanica (L.) DELILE -Quad. Lab. Tecnol. Pesca - 3(suppl.1): 481/492 - 1981

L. MAZZELLA, M.C. GAMBI, G.F. RUSSO, M.C. BUIA - Deep flowering and fruiting of Posidonia oceanica beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples, Italy) - 1° Int. Workshop Posidonia oceanica beds - GIS Posidonie publ. - 1: 203/209 - 1984

L. MAZZELLA, J.A. OTT - Seasonal changes in some features of Posidonia oceanica (L.) DELILE leaves and epiphytes at different depths - 1° Int. Workshop Posidonia oceanica beds - GIS Posidonie publ. - 1: 119/127 -1984

L. MAZZELLA, M.B. SCIPIONE, M.C. BUIA, G.F. RUSSO - "In situ" measurements and sampling techniques on Cymodocea nodosa (UCRIA) ASCHERS. prairies – XXX° Congress and Plenary Assembly of ICSEM, Palma, Majorca, October 20-25 1986 - in stampa

A. MEINESZ - Contribution a l'étude des caulerpales (Chlorophytes). These Sci. Nat. Nice - 262 pp - 1980

A. MEINESZ, M. CUVELIER, R. LAURENT - Mèthodes rècentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanerogames marines. Leurs applications sur les cotes françaises de la Mediterranee - Vie et Mi1ieu - 31(1): 27/43 - 1981

B.A. MENGE, J.LUBCHENCO - Community organization in temperate and tropical rocky intertidal habitats: prey refuges in relation to consumer pressure gradients - Ecol. Mar. - 51: 429/450 -1981

B.S.MUUS - A field method for measuring "exposure" by means of plaster balls - Sarsia - 34: 61/68 - 1974

J.A. OTT - Growth and production in Posidonia oceanica (L.) DELILE - P.S.Z.N.I.:Mar. Ecol. - 1: 47/64 - 1980

M. PANSINI, R. PRONZATO - Distribuzione ed ecologia dei Poriferi nella grotta di Mitigliano (Penisola Sorrentina) - Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova - 48/49: 47/54 - 1982

M. PARKE - Studies on British Laminariaceae. I. Growth in Laminaria saccharina (L.) LAMOUROUX - J. Mar. Biol. Ass. U.K. - 27: 651/709 - 1948

K. PIRC - Belowground biomass of Posidonia oceanica (L.) DELILE and its importance to the growth dynamics - Proc. Int. Synp. Aquatic "acrophytes, Nijmegen - 177/181 - 1983

M.R. PLANT-CUNY, M. LIBES - Revue criticue des differentes approches méthodologiques de l'estimation de la production primaire des herbiers a Posidonia oceanica - I° Int. Workshop Posidonia oceanica beds - GIS Posidonie publ. - 1: 235/243 - 1984

M. POULICEK - Les Mollusques des biocénoses à algues photophiles en Méditerranée. I. Comparison des résultats de trois méthodes de prélèvement - Cah. Biol. Mar. - 25: 419/425 -1984

R. RIEDL - Biologie der Meershöhlen - Ed. Verlag P. Parey/ Hamburg und Berlin - 636pp - 1966

R. RIEDL - Water movement. 5.3.Animals - O. Kinne (Ed.) – Marine Ecology / Wiley Interscience/ London - 1123/1156 – 1971

G.F. RUSSO, E. FRESI,D. VINCI - The hand- towed net method for direct sampling in Posidonia oceanica beds - Rapp. Comm. Int. Mer Médit. - 29(6): 175/177 - 1985

G.F. RUSSO, E. FRESI, D. VINCI, M. SCARDI - Problemi e proposte sul campionamento della malacofauna di strato follare nelle praterie di Posidonia oceanica (L.) DELILE - 1° Gong. S.I.M., Palermo 1984 - in stampa

M.B. SCIPIONE, E. FRESI, K. WIT1. IANM - The vagile fauna of *Posidonia oceanica* (L.) DELILE foliar stratum: a community approach - Rapp. Comm. Int. Mer Médit. - 28(3): 141/142 - 1983

A. SVOBODA, J.A. OTT - In situ measurements of community metabolism in littoral marine System - Handbook of polarographic oxygen sensor. Aquatic and physiological applications/ Forstner H., Gneige E. (edits.)/ Springer Verlag - 285/297 - 1983

A. THORAUG - Transplantation of the seagrass Thalassia testudinum König - Aquaculture - 4: 177/183 -1974

M. WHITFIELD - Eh as operational parameter in estuarine studies - Limnol. Oceanogr. - 14:547/558 - 1969

A. WILLSIE - Zonation de la macrofauna endogene de la matte de le herbier de Posidonia oceanica (L.) DELILE - Rapp. Comm. Int. Mer Médit. - 28(3): 165/168 - 1983

K. WITTMANN, J.A. OTT - Effects of growth in the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica (L.) DELILE - P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol. - 3(2): 97/107 - 1982

J. C. ZIEMAN - Methods for the study of the growth and production of the turtle grass Thalassia testudinum Konig - Aquaculture -4: 139/143 -1974

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 503 a pag. 510

SITUAZIONE DI UN'AREA COSTIERA A POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE DI ROSIGNANO SOLVAY (MAR LIGURE)

F.Cinelli°, U.Salghetti-Drioli°°, G.Pardi°°, F.Della Pietà°.
°Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio Pisa.
°°Centro Interuniversitario di Biologia Marina Livorno.

INTRODUZIONE

Lo studio cartografico applicato alle biocenosi marine ha avuto inizio, per il Mediterraneo, con il lavoro di Molinier e Picard (1961). Come tecnica cartografica e stato utilizzato il dragaggio; tale sistema presenta lo svantaggio di campionare su biotopi diversi con difficoltà di riferimento alla situazione reale.

Successivamente è stato impiegato il metodo della benna di Petersen, per le cartografie effettuate dal Servizio Idrografico della Marina francese ed italiana. La benna permette infatti di riportare sulle carte nautiche anche indicazioni relative al tipo di fondo: roccia, sabbia, fango, alghe; spesso il termine "alga" veniva usato impropriamente per indicare le praterie a fanerogame marine.

Un primo studio di sintesi per tracciare una cartografia delle praterie a fanerogame marine, dalle numerose cartografie effettuate con la benna per il Mar Mediterraneo, è stato fatto da Boudouresque e Faucher (1975), seguito da un lavoro di Meinesz e Lefevre (1978) per le Alpi Marittime.

Le carte ottenute con queste tecniche (dragaggio e benna) sono state realizzate il più delle volte in scala superiore a 1:50.000; potevano quindi coprire delle superfici molto ampie riportando solo le biocenosi principali dei piani Infralitorale e Circalitorale. Vi si possono quindi trovare solamente i limiti delle praterie a fanerogame .

Attualmente la cartografia di vaste aree viene effettuata utilizzando il sistema acustico, che impiega il sonar a scansione laterale (Side Scan Sonar) oppure la fotografia aerea con filtri che permettono un migliore rilevamento della lunghezza d'onda caratteristica di una prateria. Per quanto riguarda la cartografia del limite inferiore della prateria, può anche essere usato un sottomarino con l'ausilio di rilevatori di rotta il più precisi possibile.

Con l'avvento dell'uso dell'autorespiratore è stato possibile ridurre la cartografia fino a scala 1:5.000, aumentandone la precisione. Si sono potute realizzare infatti cartografie dettagliate di zone ristrette, come quella realizzata da Molinier e Picard (1952), per le fanerogame della costa francese e da Laubier (1966) per le biocenosi coralligene delle coste d'Alberes.

Negli ultimi dieci anni, le tecniche subacquee applicate alla

cartografia sono molto progredite ed hanno permesso di cartografare con precisione aree ristrette di praterie, definendo i limiti inferiore e superiore delle stesse e le eventuali variazioni della vegetazione. Le varie tecniche subacquee usate permettono di effettuare carte a diversa scala. L'uso di mezzi, di locomozione subacquei (scooter subacqueo) muniti di bussola, profondimetro e contametri sono stati usati da Hermelin e Troue (1964) per la cartografia della *Posidonia oceanica* nel golfo di Marsiglia in scala 1:50.000 e da Colantoni et al.(1982) per l'Isola d'Ischia. A Port-Cros, Augier e Boudouresque hanno realizzato carte 1:1250 e 1:5000. tramite fotografia aerei con controlli in immersione, lavorando ad una profondità compresa tra 0 e 15 m., limite in quelle acque per la fotografia aerea.

Attualmente l'esplorazione lungo profili subacquei è il metodo che può fornire, oltre alla cartografia, il maggior numero di dati riguardanti sia lo stato della prateria, che le variazioni delle biocenosi presenti. Con questo metodo si esplorano aree non molto ampie, in genere inferiori ai 100 ettari.

I profili possono essere realizzati con vari metodi. Il gruppo ECOMAR(1973a, 1973b) ha effettuato nella baia di Telone numerosi profili. La direziona del profilo veniva rilevata con una bussola subacquea e ciascun punto particolare era segnato da una boa le cui coordinate venivano rilevate da un battello appoggio. Posizionato il profilo, questo veniva esplorato da due subacquei che ne annotavano le caratteristiche, realizzando carte 1:2000.

Altro metodo per realizzare un profilo è stato usato da Falconetti et al. (1974); esso consiste nel tracciare una linea immaginaria, data da punti rilevati a terra, mentre una imbarcazione traguarda questa linea, calando per ogni traguardo, una boa con un corpo morto. In questo modo i profili ottenuti sono cartograficamente precisi e lungo di essi i sommozzatori comunicano con un telefono subacqueo le eventuali variazioni. Con questo metodo è stata realizzata la carta 1:500 di Beaulieu (Alpi Marittime) con profondità massima di 15 m.

Meinesz e Faconetti (1975) hanno utilizzato una sagola fissata sul fondo, lungo una direzione presa con la bussola di rilevamento. Questa sagola era segnata ogni 5 m.; i sommozzatori potevano così rilevare rapidamente e con sicurezza gli eventuali cambiamenti della vegetazione. In questa maniera è stata realizzata la cartografia della prateria a Cymodocea nodosa (scala l;2000)a Mento-

MATERIALI E METODI

Per la cartografia di Rosignano Solvay sono stati esaminati 4 transetti, ognuno di 200 m. di lunghezza, posti perpendicolarmente alla costa e distanti da questa 1 Km.(metodo di Meinesz e Falconetti, 1975). (Fig. 1)

Ogni profilo era costituito da una sagola, mantenuta a 1 m. dal fondo, da 2 corpi morti posti ai 2 capi della sagola stessa, con boe galleggianti in superficie. I sommozzatori esploravano ciascun profilo, segnando sulla sagola, con un nastro colorato, le variazioni della vegetazione e annotando le variazioni della profondità su una lavagnetta subacquea. I corpi morti di ciascun transetto saranno usati per un "balisage" permanente, in modo che in quel preciso punto la prateria possa essere sorvegliata, per constatare e descrivere le modificazioni temporali della vegetazione stessa. Ciascun transetto è stato riportato su carta millimetrata con scala 1:30.000 (fig. 2)., per la simbologia confronta Meinez (1983).

RISULTATI

Analizzando i 4 transetti (fig. 2.) si può notare che in questo tratto costiero, la prateria a Posidonia oceanica è costituita prevalentemente da "matte" morta, con chiazze sparse della fanerogama; tali chiazze presentano dimensioni, forme e densità fogliari diverse; procedendo verso il limite inferiore del transetto la prateria si presenta più ampia e densa.

Le zone a "matte" morta sono intercalate sia a substrati duri, che a substrati mobili sabbiosi, di natura organogena; i substrati sabbiosi sono frequentemente popolati da Caulerpa prolifera, mentre i substrati duri sono colonizzati da popolamenti sciafili con prevalenza di Corallinacee incrostanti.

CONCLUSIONI

Lo studio ha evidenziato che, nella zona esaminata, la prateria a Posidonia oceanica è notevolmente degradata, in quanto la "matte" morta è molto estesa e presenta zone di erosione.

Al fine di evidenziare un peggioramento o un miglioramento della salute della prateria, sono stati mantenuti in loco i 4 transetti; questo ci permetterà di riesaminare annualmente gli stessi tratti di costa.

BIBLIOGRAFIA

Boudouresque C.F., et M.Foucher.1975- Synthése bibliographique des ouvrages traitant des herbiers de Posidonies. Document ronèotypé, contrat CNEXO-Université d'Aix-Marseille II, 40p.

Colantoni P., Fresi E., Cinelli F. 1982 - Patterns of Posidonia oceanica (L.) Delile beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacent waters. P.S.Z.N.I. Marine ecology 3 (1) pp.53-74

Falconetti C., G. Fredj, J. Jaubert, M. Lafaurie, G. Legier, et R. Vaissière. - 1974. Relevès topografique et biocenotique prècis d'un pare expèrimental sous marine (Beaulieu-sur-mer - Alpes Maritimes - France). Rapp. Comm. Int. Mer. Mèdit., 22(6); 109-112, 1fig.

Harmelin J.G., et M. A. True -1964. Dèlimitation cartographique de l'extension actuel des herbiers de Posidonia oceanica (Delile) dans le Golfe de Marseille. Rec.trav.St.Mar. Endoume, 34(50): 157-160.

Laubier L., 1966.- Le coralligène des Albères. Monographie biocenotique. Ann. Inst.Oceanogr. Paris, 43(2);137-316

Meineffi A., et C. Falconetti, 1975.- Aménagement de la Baia Ouest de Menton. Étude des peuplements benthiques vègètaux et animaux. Document renèotypè èdite par le laboratoire de Biologie Generale de l'Université de Nice, 16p., 1carte.

Meinesz A., et J.R. Lefèfre, 1978 - L'aménagement de la côte entre Mentone et Theoule (Alpes Maritimes et Monaco) inventaire de restructuration du rivage et impacts sur la vie sous marine littoral. Bull. Ecol. 9(3): 259-276.

Molinier R., et J. Picard. 1952 - Recherches sur les herbiers de phanèrogames marines du littoral mèditerranèen francais. Ann.Inst. Oceanogr., Paris, 27(3): 157-234

Molinier R., et J.Picard. 1961 - Dèlimitation et cartographie des peuplements marine bentiques de la mer Méditerranéen. Bull. Serv. carte phytogèographique du C.N.R.S. serie B - 4(1):73-81.

Meinez A., C.F. Boudouresque, et al.,1983 - Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocenoses benthiques littorales de Méditerranée. Ann. Inst. océanogr., Paris, 59 (2): 155-172

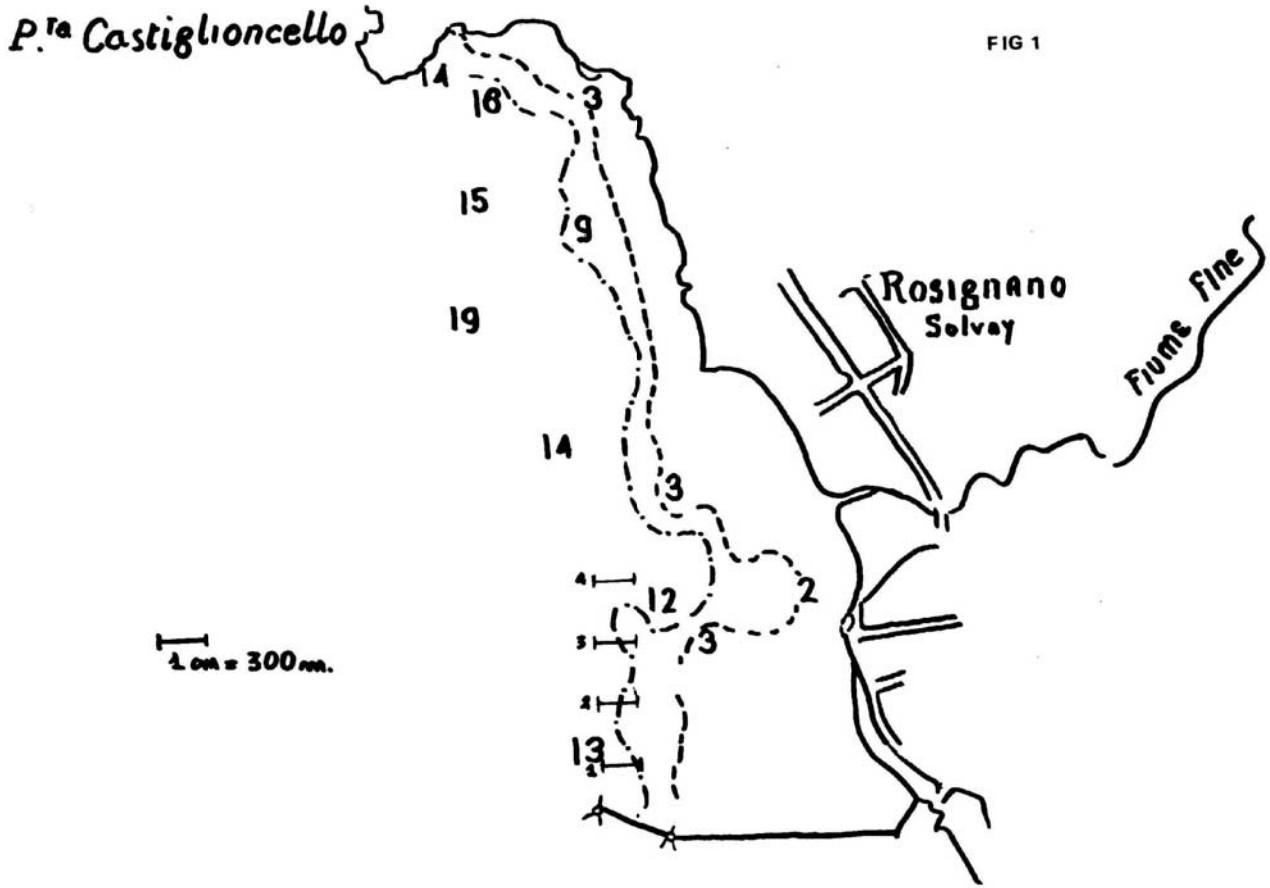

P.ta Castiglioncello
14
16
3
15
9
19
14
3
2
12
5
13
Rosignano
Solvay
Fiume Fine
1 cm = 300 m.

FIG 1

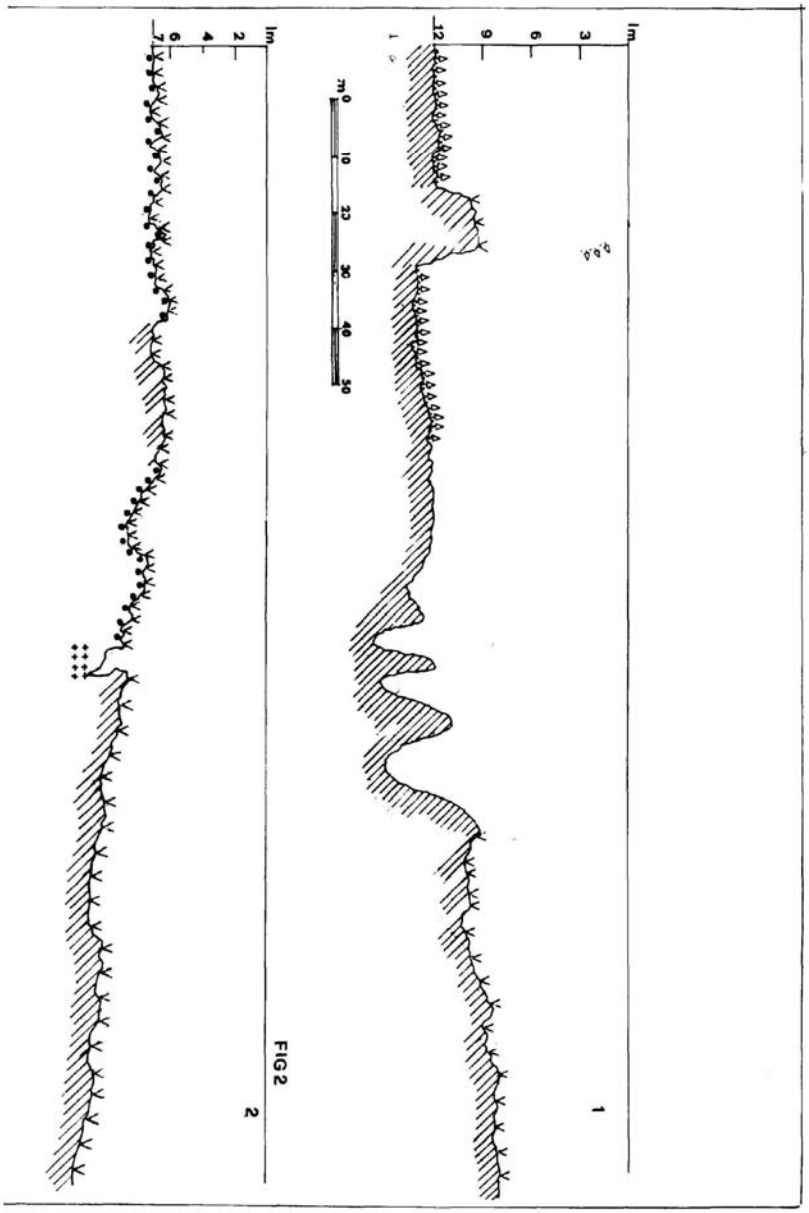


FIG 2

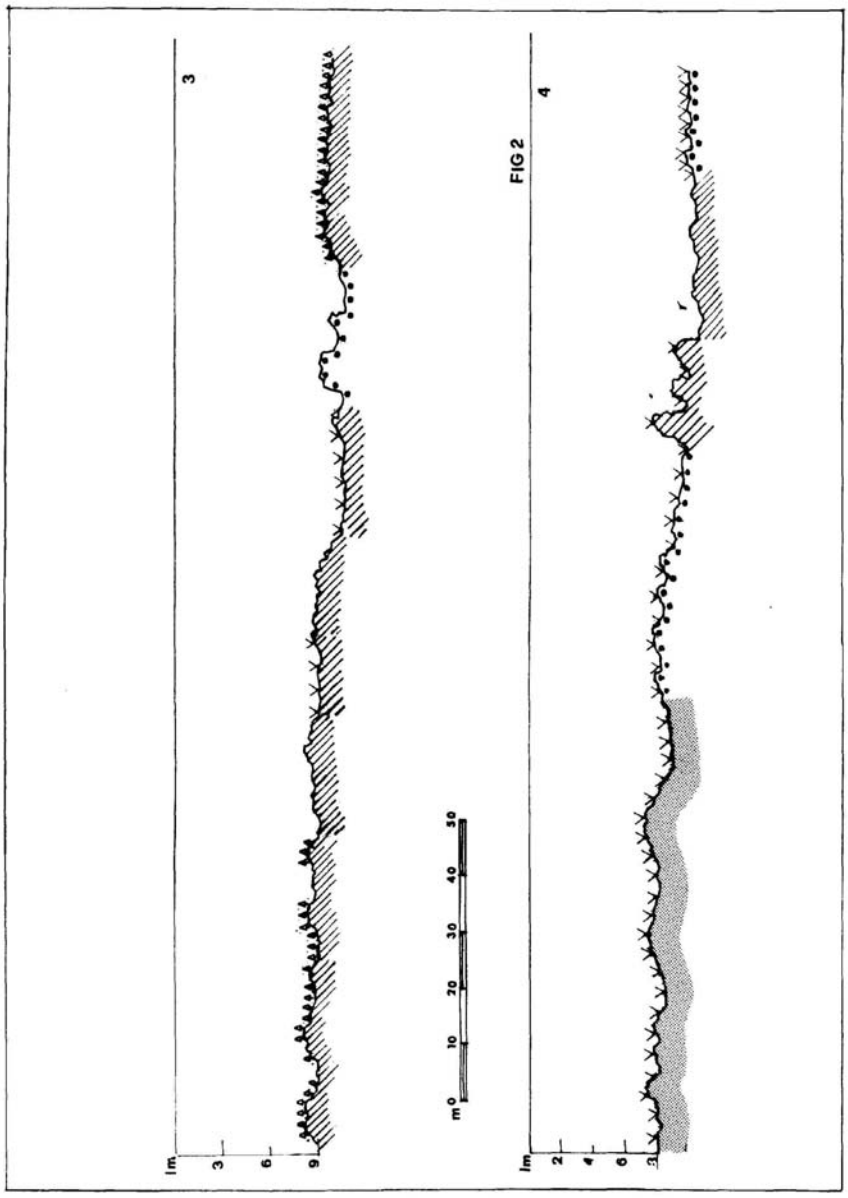


FIG 2

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 511 a pag. 518

ESPERIENZE DI STUDIO IN IMMERSIONE DELLO ZOOBENTHOS SESSILE.

A. BALDUZZI, F. BOERO, R. CATTANEO VIETTI, M. PANSINI R. BRONZATO.

Istituto di Zoologia dell'Università, via Balbi 5, 16126 Genova.

SUMMARY. Different techniques for the study of the sessile zoobenthos by diving are reported. Technical aspects such as the planning of total or selective samplings from surfaces of different area, the use of underwater photography to document or monitor benthic animals, the distribution and repetition of samples are discussed. The possibilities of a general utilization of the different techniques are critically considered, suggesting that every single problem has to be tackled by using a specific method. The use of different methods, and their comparison, are recommended.

Una delle prime campagne di ricerca condotte nei mari italiani nelle quali è stata impiegata l'immersione subacquea quale metodo di campionamento è stata la Tyrrhenia Expedition, guidata da R. Riedl all'inizio degli anni Cinquanta. Questa spedizione si proponeva di dimostrare come 1'immersione subacquea fosse uno strumento "insostituibile per gli studi di biologia marina, specialmente in ambienti difficilmente raggiungibili con metodi convenzionali, quali ad esempio le grotte.

Altri autori hanno già fatto ampi resoconti sulle applicazioni e l'importanza di questa tecnica per le ricerche di biologia marina (Fresi, 1980; Riedl, 1980; Pansini e Pronzato, 1982a).

Il nostro gruppo in un primo tempo ha utilizzato le metodologie proposte dalla scuola francese, facendo uso di campionamenti da superfici standard, con la tecnica del grattaggio completo. Un supporto teorico per stabilire le dimensioni della superficie di campionamento è stato lo studio dell'area minima. Diversi ricercatori, soprattutto europei, hanno lavorato su questo tema (Boudouresque, 1974; Weinberg, 1978; ecc.), ottenendo dati a volte contraddittori: in definitiva ogni ambiente ha una sua superficie ottimale di campionamento e, all'interno delle singole biocenosi, si possono identificare superfici minime di campionamento diverse per ogni gruppo animale (Balduzzi et al., 1985a).

Lo studio dei campioni ottenuti con grattaggio da superfici standard, pur essendo un sistema insostituibile per arrivare ad una conoscenza completa di tutte le componenti di un popolamento bentonico - si pensi ad esempio alla fauna endobionte - è tuttavia molto lungo e laborioso. Per questo tipo di ricerche è stata prevalentemente utilizzata la tecnica del grattaggio

completo da superfici di 400 cm^2. I dati ottenuti, pur ottimali dal punto di vista faunistico, possono essere ridondanti per ottenere un modello strutturale del popolamento mediante elaborazioni statistiche. In alcuni casi ci è apparso opportuno utilizzare sistemi differenziati a seconda delle problematiche, delle biocenosi e dei taxa considerati:

1) Variazioni strutturali delle biocenosi lungo gradienti di parametri ambientali.

Il nostro gruppo di ricerca ha affrontato questa problematica in collaborazione con il Laboratorio di Ecologia del Benthos della Stazione Zoologica di Napoli, studiando, in un primo tempo, la zonazione del benthos lungo un gradiente di luce nella grotta del Mago di Ischia (Cinelli et al., 1977). Un secondo approccio al problema è stato impostato con un transetto verticale lungo la falesia del Promontorio di Portofino (Sarà *et al.,* 1978) che ha previsto una serie di campioni da superfici standard (20 X 20 cm), lungo un gradiente di luce ed idrodinamismo dalla superficie a 20 m di profondità. Questa analisi ha permesso di verificare l'attendibilità dei modelli di zonazione del benthos mediterraneo, mostrando come, per i gruppi considerati, sia evidente una discontinuità a circa 1 m di profondità, seguita da una graduale modificazione dei popolamenti con l'aumentare della profondità.

Studi di distribuzione della fauna lungo transetti sono stati anche effettuati nelle praterie di Posidonia, dove a campioni da superfici standard è stato affiancato un metodo di raccolta orientato visivamente su vaste superfici (dell'ordine dei metri quadrati) (Balduzzi et al., 1981). In questo caso il confronto tra i dati ottenuti con i metodi standard e con quelli orientati visivamente ha dimostrato come questi ultimi siano senz'altro più efficaci in ambienti dove si ha una elevata dispersione della fauna da investigare (Boero, 1981; Pansini e Bronzato, 1985).

Un'esperienza analoga è stata condotta anche nelle grotte marine della Penisola Sorrentina, dove il popolamento spesso presenta una distribuzione a macchie. In questo caso sono state condotte parallelamente raccolte da superfici standard, raccolte orientate visivamente e rilevamenti fotografici (Balduzzi et al., 1982; Pansini e Pronzato, 1982b; Boero, 1985). Nelle grotte, comunque, vivono numerose specie di difficile individuazione in situ e i campionamenti con grattaggio completo del substrato si sono rivelati indispensabili. Partendo da una buona conoscenza della fauna presente è stato anche possibile utilizzare i rilevamenti fotografici per studiare la distribuzione di alcune specie facilmente individuabili (Balduzzi e Cattaneo, 1985; Balduzzi et al., 1985b). Anche nel caso delle grotte, tuttavia, i dati ottenuti mostrano come sia sempre consigliabile integrare le diverse tecniche in funzione di un risultato più completo.

2) Stagionalità e repliche.

Per alcuni gruppi la composizione e distribuzione dei popo-

lamenti sono molto variabili nel tempo: una sola serie di osservazioni non permette di ottenere notizie complete per organismi con spiccata stagionalità. E' stato quindi sviluppato un altro sistema di campionamento, basato sull'individuazione diretta degli esemplari all'interno di una striscia di fondo suddivisa in fasce di profondità. Questo tipo di lavoro orientato visivamente permette di effettuare lo smistamento del materiale al momento stesso della raccolta e permette anche di ottenere valutazioni quantitative secondo scale di abbondanza già largamente sperimentate da numerosi autori, (ad es. raro, mediamente abbondante, abbondante, etc.).

I risultati dei campionamenti da superfici standard - per quanto riguarda gli idroidi - sono stati confrontati con quelli ottenuti con il campionamento a vista: i due sistemi forniscono indicazioni analoghe e la quantità di informazione ottenuta non è molto diversa con i due metodi (Boero e Fresi, 1986). La differenza consiste, invece, nel tempo necessario per ottenere i risultati: giorni con i campioni standard, ore con quelli orientati visivamente. Questa rapidità di analisi dei campioni ha permesso di effettuare rilevamenti mensili, fornendo quindi un quadro più completo della dinamica stagionale del popolamento. Occorre ricordare, comunque, che queste esperienze sono possibili per taxa facilmente individuabili a vista come, ad esempio, gli idroidi. Per altri gruppi, con numerose specie appartenenti alla criptofauna, l'applicazione della stessa tecnica appare più problematica.

3) Caratterizzazione di biocenosi di substrato duro naturale.

Per avere informazioni sulla tipologia delle biocenosi di substrato duro si sono delimitate superfici di grandi dimensioni (1 m^2), con cornici di plastica al cui interno era fissato un reticolo di sagole. I popolamenti presenti sono stati mappati in immersione, individuando le specie più rappresentative e valutandone l'abbondanza. Una raccolta di campioni è comunque indispensabile per confermare la determinazione delle specie. Anche in questo caso si è rivelato estremamente utile l'impiego della fotografia subacquea, in modo da avere immagini relative ad ogni quadrato esaminato. Con questa tecnica si possono effettuare numerose osservazioni in una singola immersione, ottenendo informazioni sufficienti per la definizione bionomica dei fondali (Balduzzi et al., 1986 a).

4) Studi sulla dinamica di popolazioni.

Anche lo studio in situ della biologia di singole specie ha richiesto la messa a punto di tecniche particolari e non distruttive, che permettessero osservazioni protratte nel tempo sugli stessi individui.

L'idroide Eudendrium glomeratum. ad esempio, forma una facies invernale lungo il promontorio di Portofino, dove costituisce uno degli elementi caratterizzanti nella stagione fredda. Per

studiarne la dinamica di popolazione è stata fissata ad una roccia un'intelaiatura metallica di un metro quadrato e, ogni due settimane, sono state misurate le colonie di E. glomeratum presenti nell'area delimitata. Nell'arco di un anno si è potuto avere un quadro completo della dinamica della popolazione, individuando diverse coorti al suo interno (Boero et al., 1986).

Per quanto riguarda i poriferi, invece, l'evoluzione del popolamento è più lenta, con cicli pluriennali, per cui si è preferito utilizzare sistemi differenti da quelli impiegati per gli idroidi. Superfici delimitate con quadrati di plastica sono state fotografate per sei anni ad intervalli di mesi. Dalle fotografie sono state disegnate delle mappe che sono state studiate e confrontate, prendendo in considerazione sia lo sviluppo di ogni singolo esemplare sia l'evoluzione di tutto il popolamento di poriferi nel suo complesso. Questo studio ha consentito di ottenere informazioni sui ritmi di crescita dei poriferi, sulle loro variazioni morfologiche, sulla loro mortalità, su fenomeni di predazione e competizione per il substrato (Pansini e Pronzato, in stampa), che non avrebbero potuto essere ottenuti con sistemi diversi dalle osservazioni in situ.

5) Studi di comportamento, ritmi biologici.

Anche se gli studi in laboratorio sono di estrema importanza in quanto è possibile mantenere gli animali in condizioni controllate, è però altrettanto importante avere informazioni sulla biologia e l'etologia delle varie specie nel loro ambiente. Per quanto riguarda lo zoobenthos sessile, poi, sono estremamente scarsi gli studi etologici e di ritmi biologici, soprattutto in Mediterraneo. Una difficoltà oggettiva, in questo tipo di studi, consiste nel fatto che i rappresentanti dello zoobenthos sessile hanno ritmi e attività di solito molto lenti. Date le limitate possibilità di permanenza sott1acqua degli operatori non è quindi possibile seguirli mediante osservazioni in situ. Per questo motivo è stata messa a punto una fotocamera subacquea ad intervallo di tempo (Cicogna e Pronzato, 1985). Questa ha permesso di studiare i ritmi di contrazione di una spugna, i cicli di attività dei polipi di una gorgonia e quelli di un'attinia di grotta e delle sue prede. Tutto questo senza rimuovere gli animali dal loro ambiente e con minime interferenze.

6) Colonizzazione di substrati artificiali.

Lo studio della colonizzazione a lungo termine su pannelli sospesi su un fondo fangoso a 30 m di profondità (Pansini e Pronzato, 1981; Balduzzi e Deandreis, 1980) ha rappresentato un primo approccio a questa problematica. Nelle ricerche sull'insediamento dello zoobenthos sulle barriere artificiali della Riserva sottomarina di Monaco si è utilizzata l'esperienza acquisita nello studio del fouling. Sono stati costruiti elementi di barriera con mattoni in calcestruzzo, unendo la grande disponibilità di anfratti a bassissimi costi di realizzazione. La messa in opera di queste barriere a diverse profondità e distanze

dalla costa consente di valutare l'influenza di differenti condizioni ambientali sulla colonizzazione di strutture artificiali. Data la difficoltà di campionamento su strutture di questo tipo, si è pensato di utilizzare elementi amovibili in calcestruzzo inseriti sulla barriera, ma facilmente prelevabili senza alterare la costruzione immersa. I rilievi periodici *in situ* con le consuete tecniche ed il successivo esame in laboratorio di questi elementi ha permesso un'analisi molto più agevole e precisa dell'evoluzione del popolamento. Anche in questo caso una serie periodica di fotografie di un'area delimitata si è rivelata molto utile ed efficace (Balduzzi *et al.,* 1986b).

Conclusioni

Il nostro gruppo di ricerca, negli ultimi anni, ha affrontato numerose problematiche riguardanti la biologia dello zoobenthos di substrato duro naturale e artificiale. Questa esperienza ci ha insegnato come, quando possibile, sia necessario operare in situ non solo per la raccolta dei campioni, ma soprattutto per ottenere, già durante l'immersione, un quadro il più possibile completo della situazione, privilegiando il lavoro di 2ampo rispetto a quello di laboratorio.

Come già detto non esiste un sistema di campionamento ottimale in assoluto, ma esistono tecniche diverse, applicabili a seconda del gruppo tassonomico ed in funzione del risultato che si vuole ottenere, né sarebbe corretto un confronto tra i vari metodi di campionamento, se non fatto nello stesso ambiente e per lo stesso gruppo. Mettere a punto sistemi di campionamento in immersione, che non siano il semplice grattaggio di una superficie scelta a caso, significa anche risparmiare tempo nell'elaborazione dei dati, utilizzando direttamente le conoscenze biologiche dell'operatore subacqueo.

Sarebbe auspicabile che i ricercatori continuassero a sviluppare, nell'ambito di diverse problematiche, varie metodologie di campionamento confrontandone poi i risultati. In questo modo, oltre ad ottenere una maggiore attendibilità, sarà possibile selezionare le tecniche più idonee a seconda della tematica di ricerca. Anche nei corsi di immersione scientifica (del resto ancora troppo poco sviluppati in Italia) questi problemi dovrebbero essere approfonditi: in tal modo si prepareranno i futuri biologi marini ad integrare l'operatività subacquea e le conoscenze biologiche per lo sviluppo di tecniche ottimali di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

BALDUZZI A., C.N. BIANCHI, F. BOERO, B. BURLANDO, R. CATTANEO VIETTI, R. MANCONI, C. MORRI, M. PANSINI, R. PRONZATO, U. SALGHETTI ORIGLI - Premières observations sur la distribution des biocénoses littorales de substrat dur le l'ile de Capraia (Archipel Toscan) par deux méthodes de, relèvement en plongée. - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 30(2) - 263 - 1986a.

BALDUZZI A., F. BOERO, R. CATTANEO, F. CICOGNA, M. PANSINI, D. PESSANI, R. PRONZATO - An approach to the study of the benthic fauna of some marine caves along the Penisola Sorrentina (Naples, Italy). - Proc. 6th Int. Sci. Symp. C.M.A.S., 1980 -176-182 - 1982.

BALDUZZI A., F. BOERO, R. CATTANEO VIETTI, M. PANSINI, R. PRONZATO - Long-term photographic records from the artificial reefs of Monaco (1980-1985). Rapp. Comm. int. Mer Médit., 30(2) – 264 - 1986 b.

BALDUZZI A., F. BOERO, E. FRESI, A. LATTES, M. PANSINI, D. PESSANI, R. PRONZATO - Area minima di campionamento per alcune componenti dello zoobenthos fisso di substrato duro. - S.IT.E. Atti, 5 - 619 - 1985 a.

BALDUZZI A., F. BOERO, M. PANSINI, R. PRONZATO - A method for semiquantitative sampling of the sessile epifauna of the Posidonia oceanica beds. - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 27(9) -247-248 - 1981.

BALDUZZI A., R. CATTANEO - Estimation par relèvements photographigues de la distribution de Miniacina miniacea (Sarcomastigophora, Foraminiferida) dans une grotte sous-marine du Golfe de Naples. - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 29(5) - 127-129 - 1985.

BALDUZZI A., G. DEANDREIS - Osservazioni sull'insediamento di Briozoi ed Entoprocti su superfici sperimentali di diversa natura immerse per quattro anni nel Golfo del Tigullio (Riviera Ligure di Levante). - Mem. Biol. Marina e Oceanogr., N.S., 10 suppl. - -129-136 - 1980.

BALDUZZI A., M. PANSINI, R. PRONZATO - Estimation par relèvements photographiques de la distribution de spongiaires et bryozoaires dans une grotte sous-marine du Golfe de Naples. .Rapp. Comm. int. Mer Médit., 29(5) - 131-134 - 1985 b.

BOERO F. - Systematics and ecology of the hydroid population of two Posidonia oceanica meadows. - P.S.Z.N. I: Marine Ecology, 2(3) - 181-197 - 1981.

BOERO F. - Hydroid zonation along a marine cave of the Penisola Sorrentina (Gulf of Naples). - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 29(5) - 135-136 - 1985.

BOERO F., A. BALDUZZI, G. BAVESTRELLO, B. GAFFA, R. CATTANEO VIETTI - Population dynamics of Eudendrium glomeratum (Cnidaria: Anthomedusae) on the Portofino Promontory (Ligurian Sea). - Marine Biology, 92 - 81-85 - 1986.

BOERO F., E.FRESI - Zonation and evolution of a rocky bottom hydroid community. - P.S.Z.N. I: Marine Ecology, 7(2) - 123-150 - 1986.

BOUDOURESQUE C.F. - Aire minima et peuplements algaux marins. Bull. Soc. phycol. France, 19 - 141-157 - 1974.

CICOGNA F., R. PRONZATO - A time-lapse photography equipment for the investigation of macrozoobenthos activity. - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 29(6) - 183-184 - 1985.

CINELLI F., E. FRESI, L. MAZZELLA, M. PANSINI, R. PRONZATO, A. SVOBODA. - Distribution of benthic phyto- and zoocoenoses along a light gradient in a superficial marine cave. - Biology of benthic organisms. Pergamon Press, Oxford & N. York - 173-183 - 1977.

FRESI E. - Attività subacquee e loro ruolo nella ricerca

biologica marina. - Atti Soc. Tose. Sci. Nat., Mem., ser. B, 86, suppl. (1979) - 325-329 - 1980.
PANSINI M., R. BRONZATO - Etude des spongiaires de substrats artificiels immergés durant quatre ans. - Vie et Milieu, 31(1). - 77-82 - 1981.
PANSINI M., R. BRONZATO - L'impiego della tecnica subacquea nel rilevamento delle biocenosi bentoniche di substrato duro. Naturalista sicil., S. IV, 6 (suppl.), 3 - 467-476 - 1982 a.
PANSINI M., R. BRONZATO - Distribuzione ed ecologia dei poriferi nella grotta di Mitigliano (Penisola Sorrentina). - Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 50 suppl. - 287-293 - 1982 b.
PANSINI M., R. BRONZATO - Distribution and ecology of epiphytic Porifera in two Posidonia oceanica (L.) Delile meadows of the Ligurian and Tyrrhenian sea. - P.S.Z.N. I: Marine Ecology, 6(1) - 1-11 - 1985.
PANSINI M., R. BRONZATO - Observations on growth, competition for space, recruitment and mortality in a sponge community from temperate littoral waters. - Proc. 3rd Int. Conference Biol. Sponges, Woods Hole, nov. 1985 - in stampa.
RIEDL R. - Marine ecology. A century of changes. - P.S.Z.N.I: Marine Ecólogy, 1(1) - 1-104 - 1980.
SARA' M., A. BALDUZZI, F. BOERO, M. BANSINI, D. BESSANI, R. BRONZATO. - Analisi di un popolamento bentonico di falesia del Promontorio di Portofino: dati preliminari. - Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 46 - 119-137 - 1978.
WEINBERG S. - The minimal area problem in invertebrate communities of Mediterranean rocky substrata. - Marine Biology, 49 - 33-40 - 1978.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 519 a pag. 524

METODOLOGIE PER LA RICERCA BIOLOGICA "IN SITU" IN AMBIENTE MARINO: UN APPROCCIO ALL'ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL MACROBENTHOS.

G. SANTANGELO°, F.A. ASCIOTI°°,E. NAVARRA.

° Istituto di Zoologia, Università di Pisa, Pisa
°° Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina, Università di Messina, Messina

SUMMARY

The possibility of studying marine organisms in their natural environment opened new fields in marine biological research such as the study of behaviour, of interactions between organisms and between species, of pattern of spatial distribution of macrobenthos. The survey carried out directly "in situ" allow the researcher to study how hard bottom organism spread and give him the possibility to detect the information that is lost when the sessile macrobenthos is collected with a drag.

In order to study the pattern of spatial distribution of gorgonian corals (Anthozoa, Coelenterata) a research was carried out in two different steps. In the first step a continuous transect was surveyed in sections; on the basis of this survey the kind of distribution (that resulted contagious) and the densities at different depths of this population were determined. In the second step a discontinuous sampling on a more extensive area was performed, using quadrates of size and number determined on the basis of the results of the survey. The result of this last sampling were recorded by photograph and examined to determine the pattern of spatial distribution of gorgonian corals. The X^2 test of Pielou to detect the (eventual) competition and the "nearest neighbour" method to determine the inter and interspecific distance (Ripley '81) were used.

L'utilizzo dell'immersione autonoma da parte del biologo ha reso possibile lo studio degli organismi marini nel loro ambiente aprendo nuovi spazi per settori della Zoologia quali lo studio del comportamento, delle interazioni tra specie, dell'utilizzo dello spazio da parte degli animali marini (Riedl, 1980); in questi settori in particolare, le osservazioni e i dati raccolti dal ricercatore in immersione presentano un potere di risoluzione che altre tecniche di rilevamento non

consentono di ottenere.

Per quanto riguarda lo studio dell'utilizzo dello spazio da parte delle specie macrobentoniche viventi su substrato duro il prelievo "in situ" ha portato senza dubbio notevoli vantaggi, tuttavia non ha permesso di cogliere anche quella informazione riguardante la posizione dei singoli individui e le relazioni spaziali tra di loro che l'utilizzo di metodi come il "grattaggio" non consente di ottenere. Il rilevamento "in situ", possibilmente fotografico, del mecrobenthos permette di raccogliere anche l'informazione relativa alla disposizione dei singoli esemplari della stessa specie o di specie differenti l'uno rispetto all'altro. Lo studio in situ della distribuzione spaziale delle specie macrobentoniche, delle loro interazioni e della loro eventuale competizione utilizza ovviamente le metodiche e i criteri che l'attuale sviluppo dell'ecologia terrestre e della statistica mettono a disposizione del ricercatore (Ripley, 1981), ma i limiti operativi che l'ambiente gli impone costituiscono un ulteriore, potente stimolo per la messa a punto del progetto sperimentale da seguire e per l'ottimizzazione del campionamento.

Quanto detto sopra risulterà più chiaramente dalla descrizione di una ricerca nel corso della quale e stata affrontata questo tipo di problematica.

INTRODUZIONE

Nel corso di una campagna di ricerca realizzata nello stretto di Messina abbiamo studiato i fitti popolamenti di Alcionari con particolare riferimento alle due specie tassonomicamente e, si suppone, filogeneticamente correlate: Eunicella singularis (Esper) ed Eunicella cavolinii (Koch), (Carpine, Grasshoff, 1975).

Per realizzare questa ricerca ci siamo trovati ad operare in una zona in cui il fattore ambientale che favorisce l'insediamento e lo sviluppo dei popolamenti di Alcionari, l'intenso idrodinamismo rende difficoltoso il lavoro subacqueo imponendo ulteriori limiti alla operatività del ricercatore costringendolo ad operare solo nelle brevi fasi di "stanca" delle correnti mareali dello stretto.

1. - PROBLEMA

Nel corso di osservazioni preliminari era stata notata

una elevata densità di gorgonie del genere *Eunicella* lungo un pendio roccioso nella zona di S. Raineri (Messina); tale densità era superiore ai valori riportati da Riedl (Riedl, 1973). La distribuzione delle due specie di Funicelle presenti nella zona: E. cavolinii e E. singularis risultava chiaramente zonata con la fascia superiore, a partire dai 18 metri, popolata da E. singularis e quella più profonda dominata da E. cavolinii fino ai 47-48 metri; al di sotto di tale profondità una terza specie di Alcionario risultava dominante: l'Alcyonium palmatum (Pallas). La pendenza della parete restava costantemente prossima ai 45° fino ai 47-48 metri; dopo tale profondità la pendenza decresceva rapidamente.

In base alle osservazioni di Theodor (1069), da noi confermate, solo l'E. singularis ospita il Dinoflagellato endosimbionte Symbiodinium microadriaticum; la presenta di questa zooxantella fotosintetica potrebbe aver favorito la dominanza di E. singularis alle quote minori, più illuminate, attraverso l'instaurarsi di un meccanismo di competizione (per lo spazio) dovuto alla elevata densità delle colonie delle due specie nell'ambiente da noi studiato.

Obiettivi di questa ricerca sono lo studio della distribuzione delle due specie gorgonie in questione lungo il gradiente luce/profondità, della distribuzione delle classi di taglia, dello stato di dispersione o di aggregazione, delle distanze inter e intraspecifiche e dei possibili meccanismi di competizione.

Gli argomenti di cui sopra sono stati parzialmente trattati nel corso di precedenti pubblicazioni (Santangelo et al., 1984, 1985); nella presente nota vogliamo porre in evidenza alcuni criteri seguiti per rendere efficace il campionamento, in proporzione ai suoi "costi" elevati.

2. - DISCUSSIONE DELLE METODICHE

In una prima fase della ricerca abbiamo intrapreso un "survey" campionando, con un quadrato di 2 x 2 m., un transetto posto tra i 40 e i 26 metri di profondità, comprendente le due fasce di dominanza delle due gorgonie e una fascia intermedia di "coesistenza". I risultati di questo campionamento ci hanno permesso di evidenziare la differente distribuzione delle due specie rispetto al gradiente di profondità; l'aggregazione delle due specie è stata misurata utilizzando un apposito per misurare l'aggregazione attraverso lo studio del rapporto varianza/media (Scossiroli et al., 1974). In questa fase i

punti di insediamento delle colonie venivano rilevati graficamente in immersione.

Sulla base di questi primi risultati abbiamo realizzato un campionamento più ampio per il quale abbiamo utilizzato un quadrato con una maglia minore (1 m.) la cui dimensione è stata determinata in base ai risultati del survey nel modo seguente: poiché tutte e due le specie presentavano una distribuzione aggregata si è calcolato il lato della maglia minima che discrimina tra una distribuzione aggregata e una casuale (Scossiroli et al., 1974); in funzione di questa misura si è stabilita quella del lato del quadrato da utilizzare per campionare le due specie. E' stato pertanto utilizzato un quadrato di un metro di lato molto più maneggevole del precedente.

Stabilita questa misura si è voluto determinare quale fosse il numero minimo di quadrati da campionare, questa volta fotograficamente, per realizzare un campionamento efficace. Per rispondere a questa domanda abbiamo costruito, utilizzando i risultati del survey, un "pool" di dati dal quale abbiamo a caso estratto un numero di campioni sempre più grande fino a quando l'andamento della media (Eunicelle per m^2) non si era stabilizzato e quello della varianza non aveva cominciato a decrescere; questo risultato è stato ottenuto attorno al settantesimo campione (Fig. 1), per questo motivo è stato scelto questo numero di campioni da riprendere fotograficamente.

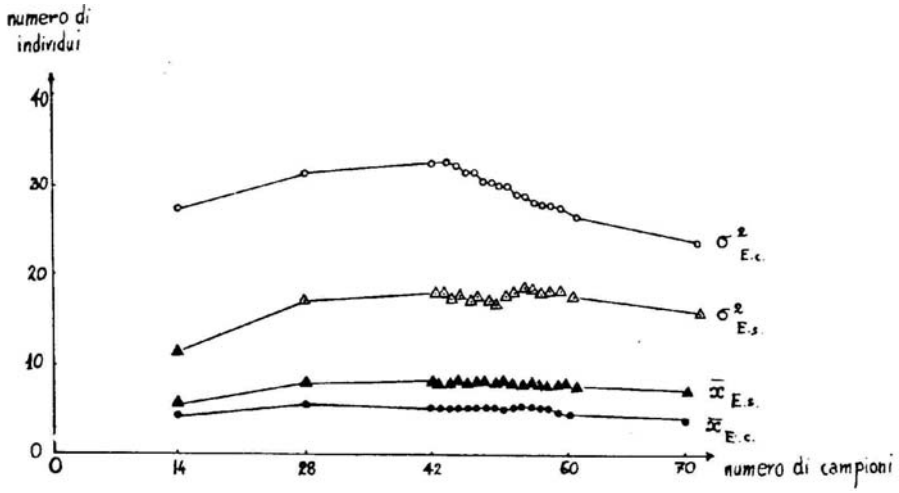


Fig. 1 – Andamento di media (X) e varianza σ^2 di Eunicella cavolinii (E.s.) e Eunicella singularis (E.s.) in un campionamento casuale simulato dai dati del survey.

I settanta quadrati di 1 m. sono stati distribuiti random su fasce di 1 m. in un'area di 270 m^2 ottenendo così una griglia discontinua di campioni. I singoli quadrati sono stati rilevati fotograficamente in modo tale che i margini del quadrato fossero sempre compresi nel fotogramma anche se la distanza da cui il quadrato veniva fotografato non era rigidamente costante.

La posizione, la specie, la taglia di ogni singola colonia veniva trasferita tramite lavagna grafica ed un personal Olivetti su minidisco, presso l'Istituto per l'elaborazione dell'informazione del CNR di Pisa; questi dati sono attualmente in fase di elaborazione per l'analisi delle distribuzioni di frequenza delle specie e delle taglie e per lo studio delle distanze intersoggettive (inter e intraspecifiche).

II test di Pielou per lo studio della competizione (Pielou, 1967), X^2 basato sul principio della "presenza-assenza" applicato ai dati del survey ha indicato una certa "coesistenza-competitiva" tra le due specie (Santangelo et al., 1984), questo risultato andrà verificato sui dati definitivi attraverso l'analisi delle distanze inter e intraspecifiche utilizzando un X^2 basato sul principio del "vicino più prossimo" (Ripley, 1981).

BIBLIOGRAFIA

CARPINE G., GRASSHOFF M. - Les Gorgonaires de la Mediterranée - Bull. Ist. Oceanogr. Monaco - vol. 71, 1430, pp. 1-140, 1975.

PIELOU D.P. and PIELOU E.C. - The detection of the different degree of coexistence - J. Theor. Biol. 16, pp. 427-437, 1967.

RIEDL R. - Marine Ecology - O. Kinne ed. - Wiley Interscence, pp. 1123-1156, 1972.

RIEDL R. - Marine Ecology: a century of changes - Marine Ecology - vol. 1 - Paul Parey, pp. 3-46, 1980.

RIPLEY B.D. - Spatial Statistic, Wiley, New York, pp. 1-252, 1981.

SANTANGELO G., ASCIOTI F.A., NAVARRÀ E. - A study of two species of Gorgonians coexisting on the rocky seabed - Rapport et proces-verbaux des réunions, XXIIIe Congrès-assemblée plénière de la C.I.E.S.M. - vol. 29, 5 pp. 329-330, 1984.

SANTANGELO G., ASCIOTI F.A., NAVARRA E. - Distribuzione di due gorgonacei in un'area dello Stretto di Messina, Ecologia, Atti del II Congresso S.I.T.E., pp. 81-86, 1985.

SCOSSIROLI R.E., CLEMENTEL S., SCOSSIROLI S. -Metodi Statistici per l'Ecologia - Zanichelli, 1974.

THEODOR J. - Contribution a l'étude des gorgones (Vili): Eunicella striata aphita - Vie et milieu - (A) 20 - 3, pp. 635-637, 1969.

ATTI DEL 7° CONGRESSO A.I.O.L.
TRIESTE 11-14 GIUGNO 1986 da pag. 525 a pag. 536

RICERCHE SULLA PIATTAFORMA CONTINENTALE DELLA SARDEGNA CON IMMERSIONI SUBACQUEE

P. ORRU' & A. ULZEGA
Dipartimento Scienze della Terra - Università di Cagliari

SUMMARY

In the geomorphological studies carried out in the sardinian Continental shelf, the direct investigation by divers has taken a determinant roll. Mere we show three examples where the data collection were carried out by diving.

1) Recognition and reconstruction of submerged sea levels, now at different depths.

2) Geomorphological survey of the sea bottom of S. Antioco's and S. Pietro's archipelago (South-West Sardinia) to sea evaluation

3) Poly-doctrina investigation on the conditions of Cagliari and Olbia Gulfs, to determine the urban and industrial pollution.

RIASSUNTO

Negli studi geomorfologici sulla piattaforma continentale della Sardegna, l'indagine diretta con l'utilizzo di sommozzatori ha assunto un ruolo di particolare rilievo. Vengono qui esposti tre esempi di ricerche nelle quali è stata indispensabile e determinante l'acquisizione di dati mediante immersioni:

1) riconoscimento e ricostruzione delle linee di riva quaternarie attualmente sommerse a varie profondità;

2) rilevamento geomorfologico dei fondi marini dell'arcipelago di Sant'Antioco e San Pietro (Sardegna sud-occidentale) per la valutazione del territorio marino in funzione della pesca, delle riserve marine e della prevenzione degli inquinamenti;

3) indagini multidisciplinari sullo stato dei golfi di Cagliari e di Olbia in rapporto agli inquinamenti urbani ed industriali.

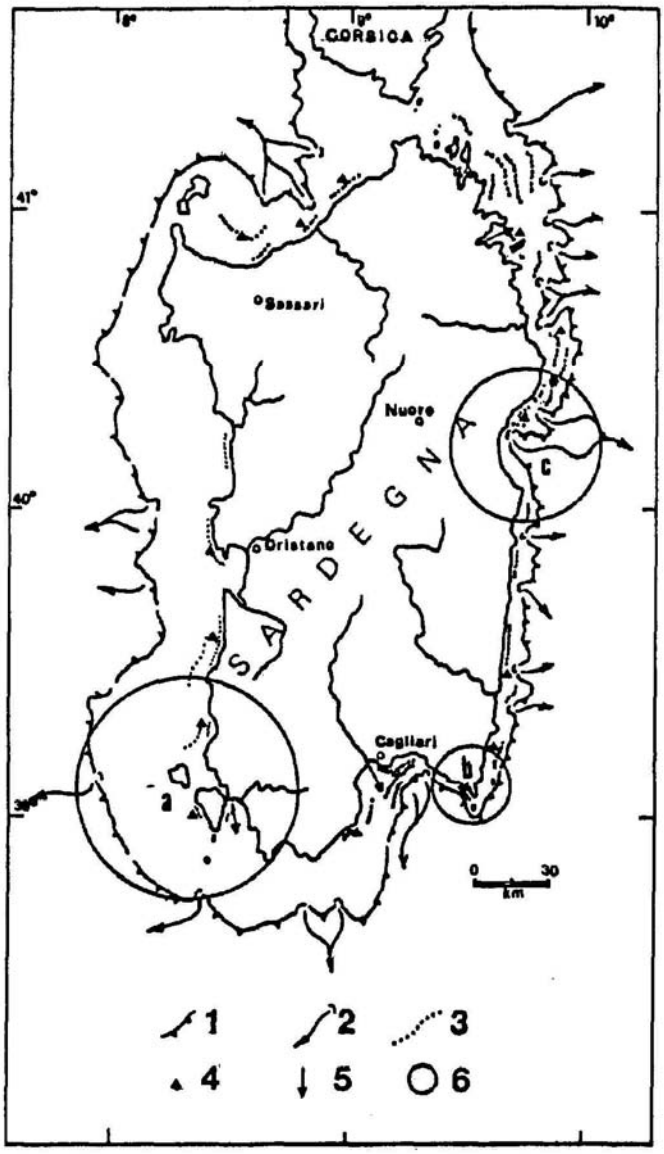


Fig. 1. Localizzazione delle ricerche geomorfologiche subacquee nella piattaforma sarda: 1) bordo della piattaforma continentale; 2) canyons; 3) beach-rocks; 4) rilevamenti geomorfologici di dettaglio per la definizione delle linee di riva sommerse; 5) indagine diretta applicata allo studio dello stato di inquinamento: Golfo di Cagliari, Golfo di Olbia, Golfo di Palmas; 6) indagini geomorfologiche sottomarine per possibile Riserva Naturalistica: a - arcipelago di S. Antioco e S. Pietro, b - Capo Carbonara e Isola dei Cavoli, e - Golfo di Orosei.

PREMESSA

Acquisita una base di conoscenza sulla piattaforma continentale sarda attraverso i normali metodi geofisici e di campionamento indiretto (CARTA et al., 1986), con l'aumentare delle esperienze e delle conoscenze si rivelò insufficiente e lacunosa sia l'interpretazione dei dati ecografici che il prelievo dei campioni senza controllo diretto. Per questo in un primo tempo vennero utilizzati operatori subacquei professionisti operanti con autorespiratori ad aria fino alla profondità di - 50 m (ULZEGA et al.,1980 PORCU et al., 1981); venne inoltre esaminata la possibilità di utilizzazione di miscele a base di elio per profondità fino a -140 m (DERNINI & ULZEGA, 1981), poi accantonata a causa di difficoltà di applicazione nell'ambito delle attuali strutture di ricerca universitaria.

Anche i dati forniti da operatori non specialisti si mostrarono incompleti, per cui fu necessario formare presso la Università di Cagliari un gruppo di operatori subacquei geologi che potessero correttamente rilevare e campionare il fondo marino. Tale gruppo in questi ultimi anni ha quindi effettuato rilievi geomorfologici, geologici e sedimentologici lungo tutta la piattaforma continentale della Sardegna (Fig. 1), a completamento del quadro fornito dai dati geofisici, utilizzando autorespiratori ad aria fino a - 50 m di profondità sia con la N/O Bannock del CNR che con mezzi minori (ULZEGA, LEONE e ORRU', 1984; ULZEGA et al., 1984; ULZEGA et al.-, 1985; ULZEGA, LEONE e ORRU', 1985).

L'insieme dei dati è stato sintetizzato nella "Carta Geomorfologica della Sardegna marina e continentale" alla scala 1: 500.000 (ULZEGA, 1986).

1. LE LINEE DI RIVA SOMMERSE

Anche nelle aree costiere, con le stesse metodologie, sono state studiate in dettaglio le beach-rocks ed è stato messo a punto un metodo di cartografia geomorfologica a piccola scala (OZER et al., 1984; ORRU' e ULZEGA, 1984; DE MURO e ULZEGA, 1985) (Figg. 2 e 3).

Per il rilevamento geomorfologico delle linee di riva sommerse è stato messo a punto il seguente schema di lavoro:

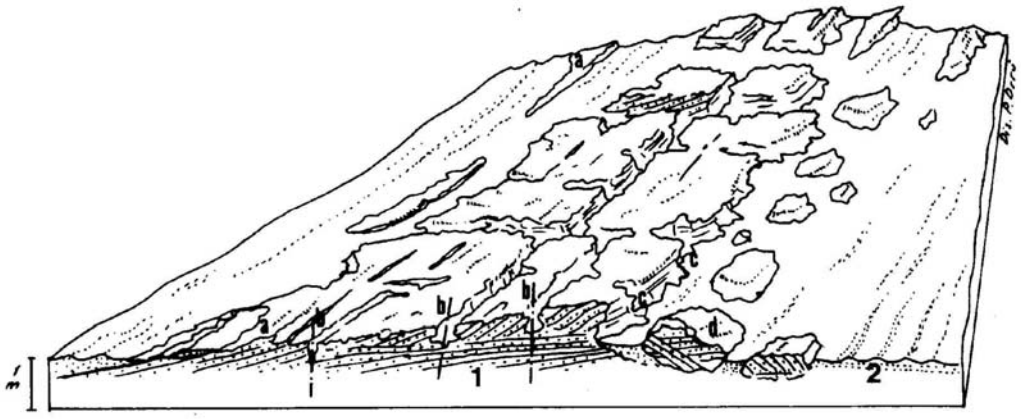


Fig. 2. Località Golfo di Cagliari; beach-rock a - 45 m. Bloccodiagramma geomorfologico da rilevamento diretto. Litologie: 1) arenarie e conglomerati di spiaggia a laminazione parallela ed inclinata; 2) sedimenti sciolti limo-sabbiosi a ripple-marks. Morfologie: a) superficie strutturale talvolta incisa da marmitte e solchi di abrasione; b) reticolo di fratture ortogonali; e) cornice netta con nicchie da scalzamento alla base (limite interno); d) blocchi franati per scalzamento.

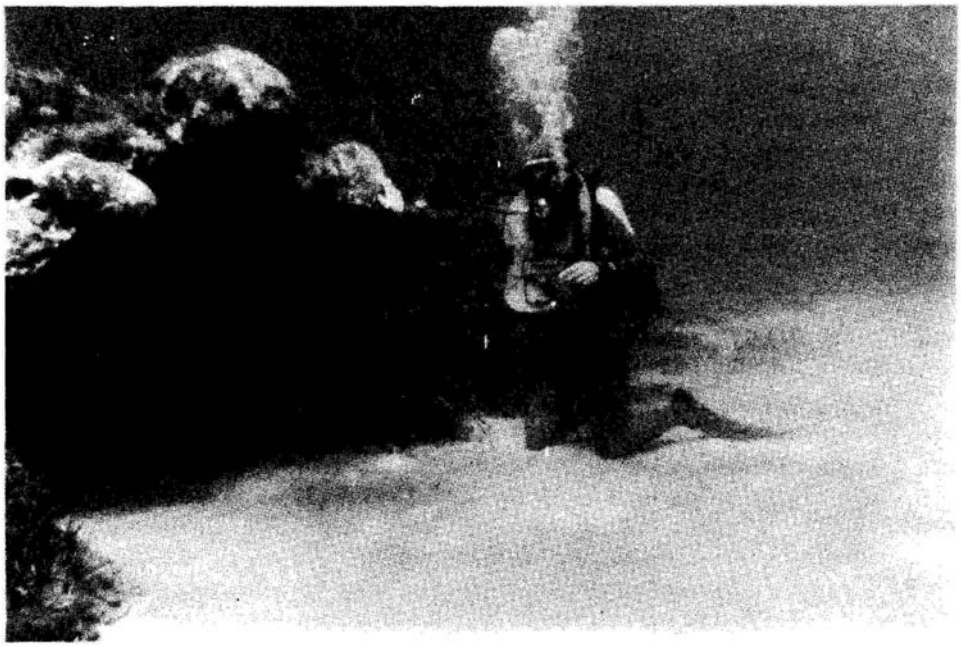


Fig. 3. Foto del fondo. Località Villasimius. Beach-rock a - 5 m. Cornici nette a nicchie di scalzamento caratterizzano spesso il limite interno delle beach-rocks. In questo caso la litologia è grossolanamente conglomeratica (elementi fino a 50 cm) in matrice arenacea e microconglomeratica; sul bordo della nicchia si segue ancora la superficie di abrasione sul basamento granitico.

a) rilievi indiretti:
- sismica a bassa potenza ed alta risoluzione - UNIBOOM;
- ecografia ad alta frequenza;
- ecografia a bassa frequenza (3.5 Khz) - SUBBOTTOM PROFILER;
- ecografia a scansione laterale - SIDE SCAN SONAR.

b) rilievi diretti:
- programmazione dei tempi di permanenza sul fondo in funzione della profondità;
- immersione lungo cavo posizionato da gavitello;
- campionatura di roccia in posto e sedimenti sciolti, rilevamento delle strutture, documentazione fotografica e televisiva sul fondo;
- invio di campioni ed attrezzatura in superficie tramite pallone di sollevamento lungo il cavo;
- risalita lungo il cavo e tappe di decompressione secondo il programma.

Le limitazioni imposte al lavoro geologico subacqueo dai tempi di permanenza sul fondo, in genere non superiori a 15' alle profondità maggiori (- 45, - 50 m), sono state superate da una stretta specializzazione dei compiti nel lavoro di gruppo: due operatori al campionamento della roccia in posto, un operatore al campionamento dei sedimenti sciolti, un operatore al rilevamento delle strutture e morfologie ed alla documentazione fotografica, un operatore alla documentazione televisiva. Di estrema utilità si è dimostrata l'utilizzazione delle registrazioni televisive nella prima discussione e trascrizione dei dati (Fig. 4).

2. VALUTAZIONE DELL'AMBIENTE

In Sardegna si è andata sviluppando, in questi ultimi anni, un'esigenza di maggiore conoscenza dei fondali marini in funzione delle risorse biologiche ed ambientali. Alcuni Enti locali hanno ritenuto opportuno acquisire queste conoscenze rivolgendosi agli organismi preposti alla ricerca.

In particolare l'Amministrazione Provinciale di Cagliari ha avviato col Dipartimento Scienze della Terra dell'Università di Cagliari uno studio geomorfologico dei fondi marini dell'arcipelago di S. Antioco e S. Pietro.

In questa occasione i rilevamenti di dettaglio delle

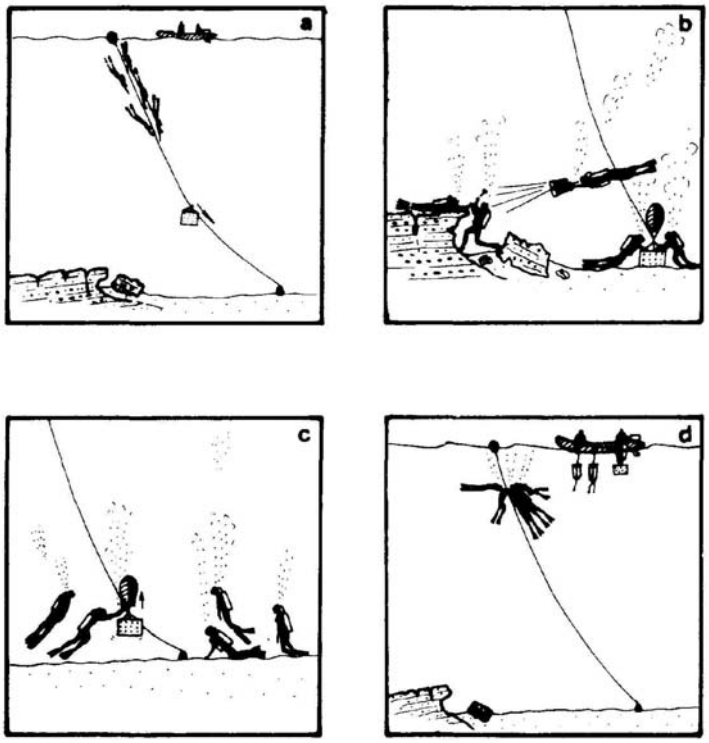


Fig. 4. Schema di immersione per rilievi geomorfologici, a) Invio sul fondo del basket con le attrezzature; discesa lungo il cavo posizionato sul gavitello, b) Prelievo delle attrezzature di lavoro dal basket, conduzione dei rilevamenti e campionamenti secondo i compiti prestabiliti, e) Invio delle attrezzature e dei campioni di fondo in superficie tramite pallone di sollevamento, d) Risalita degli operatori con soste di decompressione secondo il programma.

forme, le campionature e la documentazione fotografica sono state realizzate mediante immersioni. L'opera del geomorfologo subacqueo ha permesso di calibrare e rifinire i dati geofisici; è stato così possibile riconoscere i caratteri litologici e morfologici del basamento vulcanico e identificare alcuni centri di emissione sottomarini. Sono stati inoltre individuati i principali lineamenti paleogeografici quaternari: livelli marini con piattaforme, falesie, beach-rocks, aree lagunari, campi dunari, dune, tomboli. Sono in via di definizione i caratteri della prateria a *Posidonia oceanica* con le morfologie e le profondità dei limiti, la direzione e la distribuzione del "matte" e delle aree di "intermatte".

Particolare attenzione è stata posta nel rilevamento di forme da degradazione antropica operate dalla pesca a strascico e dagli ancoraggi in rada sulla prateria a posidonia, dalle immissioni minerarie ed industriali sui sedimenti, dalla pesca del corallo con l’"ingegno" sulle scarpate e cornici rocciose.

Per questo lavoro si sta utilizzando una Goletta di 25 m dell'Istituto Tecnico Nautico Statale di Carloforte, una Pilotina dell'Università di Cagliari ed imbarcazioni minori opportunamente attrezzate.

Recentemente hanno preso avvio studi geomorfologici subacquei, finalizzati alla caratterizzazione di altre aree marine possibili riserve naturalistiche: Capo Carbonara ed Isola dei Cavoli (Sardegna sud-orientale), ove è prevista l'istituzione di un centro di Ricerche Sottomarine, ed il Golfo di Orosei nella costa orientale, ove urge tutelare alcune specie in pericolo di estinzione (*Monachus monachus*) (Figg. 5).

3. L'INQUINAMENTO

Al fine di studiare i Golfi di Cagliari ed Olbia, in rapporto agli inquinamenti urbani e/o industriali, è stato formato un Gruppo di Studio polidisciplinare (Istituto di Igiene e Dipartimento Scienze della Terra di Cagliari, Istituto di Botanica di Sassari).

Per questo lavoro l'indagine diretta è stata condotta su una base cartografica preliminare elaborata con metodi fotogrammetrici e con ecografia ad alta frequenza ed a scansione laterale. E’ in via di completamento una mappatura alla scala

1: 10.000 del fondo marino della ria di Olbia; sono state identificate le morfologie e le litologie sottomarine con particolare attenzione alla natura e distribuzione dei sedimenti; è stata ricostruita la dinamica dei sedimenti sul fondo attraverso lo studio delle strutture di corrente; sono state rilevate le evidenze di degradazione antropica sia a carico della prateria a Posidonia oceanica che delle piane sabbiose ad opera di dragaggi e risedimentazioni.

Per il campionamento dell'interfaccia acqua-sedimento è stato messo a punto un microcarotiere da 50 cm a pareti sottili in plexiglass (0 10 mm) estratto in depressione. Il campionatore viene surgelato conservando la verticalità per determinare la distribuzione degli inquinanti sia nelle acque immediatamente soprastanti il sedimento che all'interno dello stesso, nelle varie frazioni granulometriche.

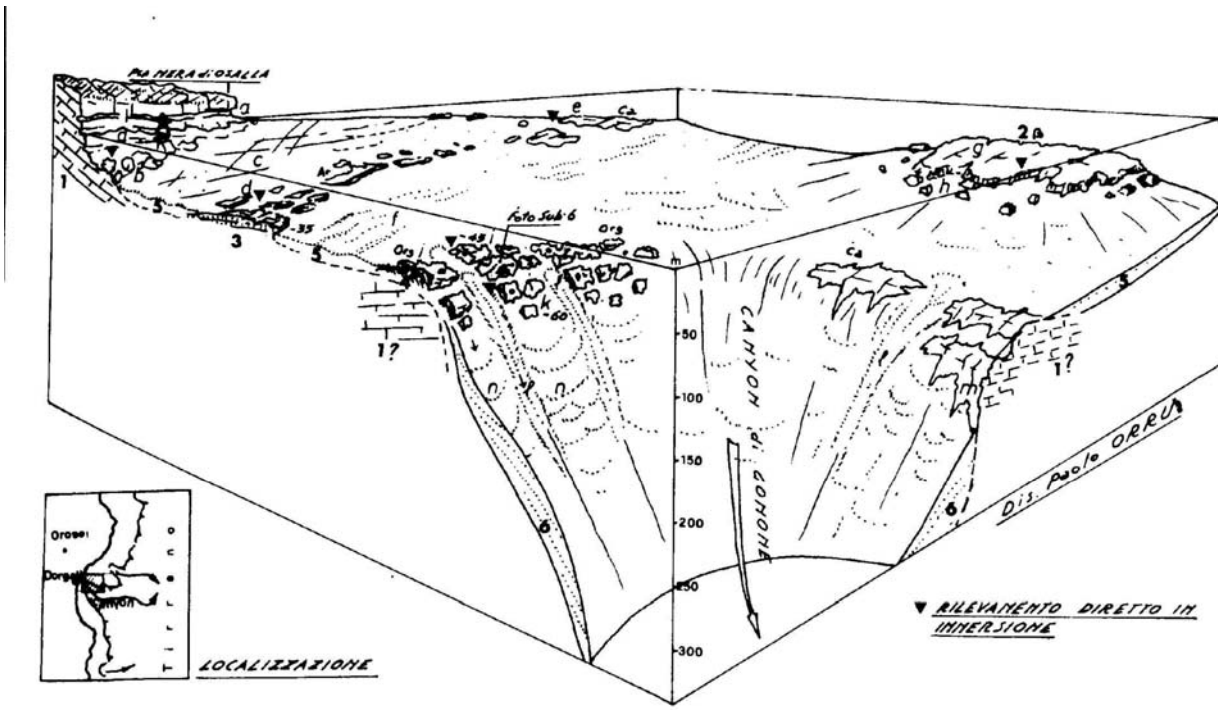


Fig. 5. Località Golfo di Orosei-P.ta Nera di Osalla. Testata del Canyon di Gonone. Bloccodiagramma-Schema geomorfologico dai profili Sub Bottom Profiler e Side Scan Sonar, integrata da rilievi in immersione. Litologie: 1) calcare dolomitico (Giurese); 2) basalti scoriacei (Plio-Quaternario); 3) arenarie e conglomerati di spiaggia (Pleistocene sup.); 4) biocostruzione a. Litotamni; 5) sabbie e sabbie limose; 6) limi. Morfologie: a) falesia subverticale incisa da solchi di battente a quote differenti, da + 10 a - 7 m, interrotta da grotte; b) frana di crollo alla base della falesia (- 15 + - 20 m); e) piana sabbiosa con tracce di intensa pesca a strascico; d) beach-rock - 35 m; e) piattaforma di abrasione sul basamento affiorante; f) strutture di corrente delle piane sabbiose; g) superficie strutturale di espandimento basaltico intensamente fratturata; h) cornici nette a blocchi franati; i) costruzioni organogene in posto lungo la testata del canyon; k) blocchi in frana lungo la scarpata; 1) canali di drenaggio con selezione e migrazione di sedimenti; m) scarpate in roccia lungo la testata; n) slumpings di sedimenti fini lungo la scarpata.

BIBLIOGRAFIA

M. CARTA, C. DEL FA', A. ULZEGA, I. URAS. - La piattaforma continentale della Sardegna. Studi geogiacimentologici, geofisici, sedimentologici e di valorizzazione dei minerali contenuti. - Progetto finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini", Sottoprogetto "Risorse Minerarie". Rapporto tecnico finale. - Roma - 119-218 - 1986.

A. CONTU, L.'LECCA, F. LEONE, p. MULAS, G. SARRITZU, M. SCHINTU, A. ULZEGA - Indagine chimica e geomorfologica nel Golfo di Cagliari - Atti V Congresso A.I.O.L. - Stresa, 19-22 maggio - 349-364 - 1982.

A. CONTU, P. MULAS, G. SARRITZU, M. SCHINTU, A. ULZEGA - Morphological, sedimentological and chemical aspects of the sediments in the Gulf of Cagliari (Sardinia) - Boll. Oceanologia Teorica e Applicata - I, 3 - 1983.

S. DE MURO, A. ULZEGA - II Golfo di Arzachena nella Sardegna settentrionale. Ricerche di geomorfologia costiera e sottomarina - Boll. Soc. Geol. It. In stampa - 1985.

C. DERNINI, A. ULZEGA - Helium free diving in the marine underwater research - CIESM - Rapp. comm, int. M. Mediterranee 27, 8 - Cagliari - 1981.

P. ORRU', A. ULZEGA - Geomorfologia costiera e sottomarina della baia di Funtanamare (Sardegna sud-occidentale) - Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. In stampa - 1985.

G.P. PORCU, M. RODRIGUEZ, A. ULZEGA - Utilisation de plongeurs avec bouteilles a air pour des reléves et des échantillonnages geologiques - Rapp. et P.V. CIESM - 27, 9 - 1981.

A. ULZEGA - The Continental shelf of Sardinia (Italy). Geomorphological outline - First int. conf. on Geomorphology - Manchester, 15-21 september - 1985.

A. ULZEGA, R. COSTA, M. CUOMO, S. DE MURO, L. LOI, P. ORRU', V. PANIZZA, G.P. PORCU, C. SANNA - Linee di riva sommerse nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale). Crociera Oceanografica LM/MCS 85 - R.S.F.S.U. - Cagliari -In stampa - 1985.

A. ULZEGA, S. FAIS, C. FERRARA, L. LECCA, F. LEONE - II significato delle linee di riva sommerse nella ricerca dei placers - Convegno sui Placers marini, C.N.R. - Trieste 26-27 giugno - 109-120 - 1980.

A. ULZEGA, F. LEONE, S. DE MURO, S. FERCIA, G. FRANCESCHI, F. GRIMALDI, L. LOI, M. LUMMERZHEIM, A. MANUNZA, P. MARONGIU, P. ORRU', G.P. PORCU, M. RODRIGUEZ, C. SANNA, R. SANNA - Primi risultati della crociera oceanografica LM 84 per lo studio delle linee di riva sommerse della Sardegna - R.S.F.S.U. - Cagliari - LIV, 2 - 93-107 - 1984.

A. ULZEGA, F. LEONE, P. ORRU' - The submerged beach-rock of Serpentara - Simposio int. sobre cambios del nivel del mar y evolucion costerà en Cuaternario Tardio - Mar del Piata - 1984.

A. ULZEGA, F. LEONE, P. ORRU' - Geomorphology of submerged late Quaternary shorelines on the Southern Sardinian continental shelf - Journal of Coastal Research - SI, I - 73-82 Fort Lauderdale, ISSN 0749-0208 - 1986.

A. ULZEGA, P. ORRU' - Les beach-rocks de la baie de Funtanamare Sardaigne sud-occidentale) - Colloque sur les beach-rocks Lyon (1983) - 151-160 - 1984.

A. ULZEGA - Carta geomorfologica della Sardegna marina e continentale 1: 500.000 - CNR, Ist. Geogr. De Agostini - In stampa 1986.

ATTI

DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

di

OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A. I. O. L.)

dal 1° Gennaio 1985 al 31 Dicembre 1986

VERBALE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA TENUTOSI A TRIESTE IL 15.2.1985

In data 15.2.1985 alle ore 9.30 si è riunito presso l'Istituto Sperimentale Talassografico C.N.R. di Trieste il Consiglio di Presidenza dell'Associazione, su convocazione del Presidente Dott. Davide Bregant.

Erano presenti i Consiglieri: Paolo Franco, Mauro Fabiano, Roberto Bertoni e la segretaria Serena Fonda Umani.

Dopo un cenno di saluto da parte del Presidente al nuovo Consiglio Direttivo, si passa all'esame della situazione finanziaria della Società.

Bertoni produce la documentazione relativa alla chiusura definitiva della gestione 1982/1984 dell'Associazione.

In base alla documentazione relativa al VI Congresso svoltosi a Livorno, prodotta da Cinelli, risulta un saldo attivo.

Si prende in esame la fattura pro-forma della Tipografia incaricata della stampa degli Atti e le proposte relative al costo degli estratti, che verranno Immediatamente comunicate ai Soci interessa ti.

Ci sono ancora alcuni problemi tecnici, relativi alla stampa degli Atti, dovuti a ritardi da parte di alcuni relatori, ma si spera di riuscire ad avere il volume stampato entro la fine di Maggio.

Viene quindi ampiamente discussa l'opportunità di una modifica dello Statuto per quanto concerne l'elezione del Presidente.

Le varie proposte verranno sottoposte al giudizio dell'Assemblea generale.

Si passa poi alla discussione relativa al problema della crescita scientifica dell'Associazione. Si rileva come venga sempre più sentita dai Soci la necessità di confronti specifici sulle metodologie usate, a partire dal campionamento. Ci sono già varie iniziative in atto, rivolte all'intercalibrazione delle metodiche, sia in acqua dolce che in mare, alle quali sembra opportuno partecipa

re e che potrebbero venire estese ad altre aree problematiche.

Viene anche preso in considerazione il problema della stampa degli Atti dei Congressi dell'Associazione, che potrebbero anche assumere la veste di una pubblicazione periodica dell'Associazione stessa, garantendo un referee ed una diffusione a livello internazionale. Anche in questo caso si decide di portare le varie proposte a livello dell'Assemblea.

La convocazione dell'Assemblea generale viene fissata per il giorno 16 Maggio 1985 a Bologna, presso l'Istituto di Geologia.

In quest'occasione verranno invitati due Soci a svolgere rispettivamente una relazione riguardante l'ambiente delle acque dolci e una di carattere più specificatamente oceanografico.

Si pensa inoltre di proporre all'Assemblea il periodo Aprile-Maggio 1986 come data possibile per il prossimo Congresso che potrebbe avere come tema principale i nutrienti, in tutti i loro aspetti, sia in acqua dolce che in mare.

La riunione termina alle ore 13.30 .

Il Presidente	La Segretaria
Dr. Davide Bregant	Dr.ssa Serena Fonda Umani

VERBALE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA TENUTOSI A BOLOGNA IL 15.5.1985

Il giorno 15.5.1985 alle ore 15.15 presso l'Istituto di Geologia marina C.N.R. di Bologna si è riunito il Consiglio di Presidenza.

Erano presenti: Bregant, Bertoni, Cinelli, Fabiano, Fanucci e Fonda.

Viene letto il verbale della seduta precedente ed approvato con una breve modifica.

La segretaria espone brevemente la situazione finanziaria al momento presente, fa rilevare come quasi metà dei soci abbiano già provveduto al pagamento della quota annuale per l'85.

Fabiano e Cinelli espongono la situazione finanziaria relativa alla stampa degli Atti dell'ultimo Convegno, che sono appena usciti dalla tipografia, sono stati inviati a Trieste e da li verranno spediti ai Soci al più presto possibile.

Si passa ad analizzare la situazione dell'Associazione ed una volta di più si rileva l'opportunità di un maggior coinvolgimento da parte dei Soci.

Viene anche proposto l'istituzione di un bollettino d'informazione, anche in forma molto economica, (distribuzione di fotocopie con le notizie più importanti).

La segretaria si dichiara disponibile purché i Soci mandino le informazioni in tempi utili.

Vengono dichiarati decaduti i Soci morosi: Cataldo, Chiaudani, Copat, Creazzo, De Simone, Marconi, Massi e Mirabile.

Il Presidente presenta le modifiche da apportare allo Statuto ed al Regolamento che verranno presentate all'Assemblea generale del 16.5.1985.

Dopo ampia discussione si decide di proporre le modifiche nella seguente forma :

STATUTO: art. 8

Tutte le cariche sociali hanno durata di due anni. Il Presidente ed i Consiglieri potranno essere rieletti una sola volta consecutivamente nella stessa carica.

REGOLAMENTO: Titolo II art. 2

Le elezione del Presidente e dei sei Consiglieri, fatte su liste di candidati precedentemente proposte dai Soci, avvengono in una medesima seduta dell'Assemblea Generale dei Soci con votazione segreta mediante schede, delle quali una per l'elezione del Presidente l'altra per l'elezione dei Consiglieri.

Lo spoglio e lo scrutinio delle schede verrà fatto seduta stante da tre scrutatori precedentemente nominati dall'Assemblea. Risulterà eletto Presidente il Socio che avrà ottenuto il maggior numero di voti. E' previsto il ballottaggio in caso di parità di voti. Risulteranno eletti Consiglieri i sei Soci che in una graduatoria avranno ottenuto il maggior numero di voti. In caso di parità di voti per il posto del sesto Consigliere, prevarrà quello con maggior anzianità di Associazione.

Si decide di proporre all'Associazione di aumentare la quota annuale e quindi quella di iscrizione a Lire 15.000 e di conseguenza, per quanto riguarda gli Enti, a Lire 150.000.

Per quanto riguarda l'organizzazione del VII Congresso oltre al tema dei nutrienti, Fanucci propone un tema più strettamente geologico per coinvolgere anche queste competenze.

Il Consiglio infine esprime parere favorevole riguardo le spese relative agli estratti della Relazione di Franco al V Congresso (Stresa).

La seduta termina alle ore 18 .

Il Presidente	La Segretaria
Dr. Davide Bregant	Dr.ssa Serena Fonda Umani

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNDLOGIA TENUTOSI A BOLOGNA IL 16.5.1985

Il giorno 16.5.1985, alle ore 10.15 presso l'Istituto di Geologia Marina si è riunita l'Assemblea Generale Ordinaria della Associazione.

Apre i lavori il Presidente ringraziando il Dr. Colantoni che ha organizzato logisticamente la riunione.

Cede la parola a Fabiano che ricorda brevemente la socia dr.ssa Cattaneo, deceduta improvvisamente lo scorso anno, segue un minuto di raccoglimento.

Viene dato per letto ed approvato il verbale relativo alla precedente Assemblea Generale, così come risulta stampato negli Atti relativi all'ultimo Congresso.

Il Presidente illustra l'attività finora svolta dal nuovo Consiglio di Presidenza.

La segretaria illustra la situazione finanziaria. Il bilancio consuntivo è quello riportato a stampa nell'ultimo volume degli Atti, dal quale risulta un saldo attivo di L. 8.125.465.

Bilancio Preventivo per il 1985:

Stampa Atti	L. 5.000.000
Spese postali	L. 400.000
Tipografia	L. 250.000
Cartoleria	L. 60.000
Spese per spedizione	L. 600.000
TOTALE	L. 6.310.000

Il consuntivo parziale della nuova gestione all'11.5.85 e di L. 1.020.000, relativo alle quote già riscosse.

Il Bilancio viene approvato seduta stante. La Segretaria informa che nell'86 accanto a circa L. 600.000

di spese ordinarie, bisogna prevedere circa L. 22.000.000 per il Congresso, che verrà organizzato dai Soci di Trieste.

Cinelli espone il lavoro svolto relativo alla stampa degli Atti. Viene rilevata ed applaudita la rapidità con cui si è proceduto in questo caso, infatti gli Atti sono disponibili esattamente un anno dopo la data del Congresso. Ciò è stato possibile per la buona volontà e l'impegno di Cinelli e Fabiano, sia per la scelta del sistema offset.

L'Assemblea approva l'aumento delle quote (L. 15.000 la quota di iscrizione e quella annuale per persone, L. 150.000 per gli Enti).

Viene rilevata la necessità di una qualche forma di promozione dell'attività dell'Associazione per aumentare il numero degli iscritti. A tal fine ci potrebbe essere una maggiore diffusione delle locandine in occasione dei Congressi.

Il Presidente illustra i motivi che hanno portato alle richieste di modifiche dello Statuto e del Regolamento, preparate dal Consiglio di Presidenza. Esse sono state dettate dall'esigenza di coinvolgere maggiormente i Soci nelle scelte programmatiche della Associazione, che si esplicano essenzialmente al momento dell'elezione dei Consiglieri e del Presidente.

Le proposte vengono ampiamente discusse da tutti i partecipanti e quindi approvate nella forma riportata nel modulo allegato, che verrà inviato a tutti i Soci, per l'espletamento della votazione, così come previsto dall'art. 18.

Si passa alle proposte dei temi per il prossimo Congresso: resta il tema sui "Nutrienti" e si aggiungono "Geologia e sedimento logia dei bacini mediterranei orientali" e "Struttura e dinamica di popolamenti animali e/o vegetali in rapporto ai parametri ambientali".

Viene inoltre proposto da Colantoni l'organizzazione di una Tavola Rotonda a chiusura del Congresso sulle "Metodiche subacquee di indagine scientifica" che dovrebbe coinvolgere tutte le varie competenze (geologiche, biologiche, ingegneristiche, ecc.) appartenenti all'Associazione, su un approfondimento ed aggiornamento del

le metodiche.

Spetta al Comitato organizzatore e al Consiglio di Presidenza invitare relatori di un certo peso sui vari temi proposti.

Al più presto ci sarà una riunione del Consiglio di Presidenza per la definizione più puntuale della località, del periodo e dei temi del Congresso.

Fin da ora si propone Grado e Maggio 1986.

Vengono ammessi quali nuovi soci :

NOME	qualifica
Marino Astorri	juniores
Andrea Balduzzi	attivo
Carlo Nike Bianchi	attivo
Franco Bozzoli	associato
Furio Finocchiaro	juniores
Anna Occhipinti Ambrogi	attivo
Renato Sconfietto	juniores
Marco Zavatarelli	juniores

La seduta si chiude con le due relazioni dei Soci Giussani e de Strobel, a cui vanno i ringraziamenti di tutti i presenti. L'Assemblea termina alle ore 13.30.

Il Presidente
Dr. Davide Bregant

La Segretaria
Dr.ssa Serena Fonda Umani

RICORDO DELLA DOTT. SSA MARIA ROSA CATTANEO

L'8 Agosto, a causa di un incidente stradale, è tragicamente scomparsa Maria Rosa Cattaneo ricercatrice presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova.

La Dott. Cattaneo attiva comprotagonista dei Congressi della nostra Associazione, allo sviluppo della quale ha validamente contribuito, resta nel ricordo dei colleghi di lavoro e di tutti i soci per le sue spiccate doti umane e per il rigore critico con cui era solita condurre il proprio lavoro scientifico.

Campo di interesse principale era lo studio delle biocenosi macro bentoniche a cui dobbiamo tra l'altro la relazione "Macrobenthos dei

fondi molli del Mar Ligure "presentata all'ultimo nostro Congresso e che appare sul 6 volume degli Atti dell'A.I.O.L.

Ultimamente la sua attività si era accresciuta sia quantitativamente che qualitativamente anche attraverso apprezzate collaborazioni internazionali e ciò è motivo di ulteriore rammarico per la comunità scientifica e per coloro che più vicini a Lei Le pronosticavano un brillante avvenire. Peraltro tutto questo unitamente alla marcata impressione suscitata dalla sua forte personalità e dal suo spiccato senso umano sarà motivo di indelebile ricordo per noi tutti.

VERBALE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA TENUTOSI A FERRARA IL 12.6.1985

Il giorno 12.6.1985 si è riunito a Ferrara presso gli Istituti Scientifici dell'Università il Consiglio di Presidenza.

Erano presenti: Bregant, Fabiano, Fanucci, Cinelli e Fonda, assenti giustificati: Franco, Bertoni e de Domenico.

L'ordine del giorno prevedeva la messa a punto del programma del VII Convegno secondo le indicazioni emerse dall'Assemblea Generale di Bologna.

Viene una volta di più rilevata l'importanza di trovare momenti unificanti tra le Società che si occupano di ricerca ambientale (SITR, SIBM e Aiol) ma non si ritiene opportuno almeno per il momento proporre congressi riuniti.

Si può viceversa estendere l'invito a partecipare al prossimo Congresso dell'AIOL ai colleghi biologi, geologi, ecc. non soci , per una maggiore diffusione dei dati ed un'integrazione delle componenti della ricerca su temi unificati; anche in quest'ottica vengono proposti i seguenti temi :

- I nutrienti: aspetti metodologici, teorici ed applicati;
- Bacini sedimentari del Mediterraneo Orientale;
- Evoluzione spazio-temporale dei popolamenti in rapporto alla dinamica ambientale.

Per ciascuno dei tre temi verranno invitati a cura degli organizzatori, dei relatori per introdurre l'argomento.

A chiusura del Convegno verrà organizzata una tavola rotonda avente per tema :

- Ricerca subacquea e sue implicazioni nello sviluppo di nuove metodologie di campionamento.

Come sempre oltre alle relazioni ad invito sono previste altre relazioni e short communication.

Verranno anche accettati lavori non strettamente attinenti ai temi proposti nell'apposita sezione "a tema libero" compatibilmente con la disponibilità di tempo.

I riassunti verranno sottoposti al referee del Consiglio di Presidenza, sarebbe perciò opportuno che i riassunti fossero inviati al Comitato organizzatore entro la fine dell'anno.

Si pensa inoltre di invitare ad esporre i loro prodotti più recenti oltre alle Ditte specializzate in attrezzature scientifiche , come è già stato fatto nei precedenti Congressi, anche quelle specializzate in attrezzature subacquee.

Il Consiglio di Presidenza ritiene anche opportuno invitare i vari Enti, diversi dall'Università e dal CNR, che si occupano di ricerca oceanografica e limnologica, a partecipare al convegno con poster illustranti la loro attività.

Il primo avviso ai soci e le lettere di invito alle Ditte specializzate e agli Enti saranno inviate entro Settembre - Ottobre.

Il Presidente	La Segretaria
Dr. Davide Bregant	Dr.ssa Serena Fonda Umani

VERBALE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA TENUTOSI A GENOVA IL 11 .10.1985

Il giorno 11.10.1985, presso l'Istituto di Geologia dell'Università di Genova, si è riunito il Consiglio di Presidenza, con il seguente ordine del giorno:
1 - lettura ed approvazione del verbale della seduta precedente;
2 - organizzazione del prossimo Congresso;
3 - varie ed eventuali.
Erano presenti: Bertoni, Bregant, Fabiano, Fanucci e Fonda; assenti giustificati: Cinelli, De Domenico e Franco.

Dopo discussione viene accettata la seguente "scaletta" per il prossimo Congresso:

Mercoledì
9.30 Inaugurazione
11.30 Relazione introduttiva sul tema: Nutrienti, aspetti metodologici, teorici ed applicati
12.30-15.00 Sospensione dei lavori
15.00-19.00 Relazioni e comunicazioni sul tema ed alla fine (se possibile) a tema libero

Giovedì
9.30 Relazione introduttiva sul tema: Evoluzione spazio temporale dei popolamenti in relazione alla dinamica ambientale
10.30 Relazioni e comunicazioni sul tema
12.30-14.30 Sospensione dei lavori
14.30-16.30 Comunicazioni sul tema
16.30 Assemblea generale dei soci

Venerdì
9.30 Relazione introduttiva sul tema: Bacini sedimentari del Mediterraneo Orientale

10.30 Relazioni e comunicazioni sul tema
12.30-14.30 Sospensione dei lavori
14.30 Comunicazioni a tema libero

Sabato

Tavola Rotonda sul tema: Ricerca subacquea e sue implicazioni nello sviluppo di nuove metodologie di campionamento.

I titoli dovranno pervenire entro il 30 Novembre, i riassunti entro il 31 Dicembre, questi verranno sottoposti al referee del Consiglio di Presidenza, il quale comunicherà l'accettazione ai Soci entro il 15 Febbraio 1986.

I Soci dovranno consegnare durante il Congresso i loro contributi nella veste definitiva al Comitato Organizzatore.

Al momento dell'accettazione verranno inviate ai Soci le istruzioni per la stesura definitiva in base anche alle indicazioni fornite dalla tipografia che si occuperà della stampa degli Atti.

A questo proposito si decide di contattare preventivamente la Tipografia 20 Miglia che si è detta disposta a continuare a stampare gli Atti dell'Associazione e che ha dato prova di efficienza e rapidità.

La quota di partecipazione viene fissata in Lire 100.000 per i soci e in Lire 150.000 per i non soci.

Il Consiglio di Presidenza pensa inoltre che sarebbe opportuno favorire durante il Congresso la riunione di gruppi omogenei su problematiche comuni, anche per stabilire linee di condotta coordinate nei confronti di organizzazioni internazionali (ad esempio il C.I.E.S.M.).

Il Consiglio si augura anche che durante la Tavola Rotonda programmata ci sia un proficuo scambio soprattutto per quanto attiene le metodologie di campionatura e le relative tecnologie usate da chi pratica l'immersione subacquea come strumento di ricerca e gli altri ricercatori.

Viene quindi presa in esame la richiesta di patrocinio da parte della S.I.T.E. per il convegno da questa organizzato in Dicembre a Parma. Dopo ampia discussione il Consiglio di Presidenza

decide di inviare un osservatore dell'A.I.O.L. al convegno medesimo, nonché di informare tutti i Soci dell'iniziativa.

Vengono quindi riferiti i risultati delle votazioni per le modifiche di Statuto e di Regolamento: Votanti: 92
modifica del Regolamento approvata con 86 sì, 5 no e 1 astenuto, modifica dello Statuto approvata con 90 sì e 2 no.

La seduta termina alle ore 13.

Il Presidente	La Segretaria
Dr. Davide Bregant	Dr.ssa Serena Fonda Umani

VERBALE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA TENUTOSI A BOLOGNA IL 17.2.1986

Il giorno 17.2.1986 si è riunito a Bologna, presso l'Istituto di Geologia Marina del CNR in via Zamboni 65 il Consiglio di Presidenza per discutere il seguente ordine del giorno :
1 - Accettazione dei lavori proposti per il VIL Congresso
2 - Definizione del programma dello stesso
3 - Varie ed eventuali

I lavori hanno avuto inizio alle ore 10. Sono presenti: Bregant, Betoni, Cinelli, Fabiano, Fanucci, Franco e Fonda Umani, assente giù stificato De Domenico.

Punto 1 - Si passa all'esame dei riassunti dei lavori pervenuti, si rileva immediatamente e con rammarico la scarsa "oceanograficità" e "limnologicità" generale dei lavori proposti.
Ciò d'altra parte è conseguente alla situazione italiana delle ricerche in questi campi, che soffrono, come non mai, di scarsità di mezzi finanziaziari e navali. Inoltre i risultati relativi alle poche crociere effettuate negli ulti mi anni sono spesso sottoposti a vincoli da parte dei vari Ministeri, vedi ad esempio l'ASCOP, che di fatto ne limitano la diffusione tra la comunità scientifica.
I lavori accettati vengono suddivisi per affinità tra i temi proposti per il prossimo Congresso:
a) Nutrienti
b) Bacini sedimentari
e) Dinamica delle popolazioni
I restanti vengono inclusi nella sezione a tema libero, in cui si inserisce una sottosezione dedicata alle Metodologie.

Punto 2 - Si definisce nelle sue linee generali il programma del prossimo Congresso, in base al numero dei lavori accettati nelle diverse sezioni.

Punto 3 - Si decide di avvalersi nuovamente per la stampa degli Atti della tipografia che ha curato la pubblicazione di quelli

del VI Congresso, apportando degli aggiustamenti segnalati anche dai soci.

Non essendoci altre varie la riunione termina alle ore 13.

La Segretaria
Dr.ssa Serena Fonda Umani

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA TENUTASI A TRIESTE IL 12.6.1986

Il giorno 12 giugno 1986 presso l'Hotel Europa di Aurisina di Trieste, sede del VII Congresso dell'Associazione Italiana di Oceanografia e Limnologia, si è riunita l'Assemblea Generale dei Soci per discutere il seguente ordine del giorno:

1 - Saluto del Presidente
Commemorazione della prof.ssa Tonolli
2 - Elezione di due revisori dei Conti e di due Scrutatori
3 - Relazione del Presidente
4 - Intervento del Prof. Della Croce
5 - Relazione finanziaria
6 - Proposte nuovi soci
7 - Propste soci onorari
8 - Elezione cariche sociali
9 - Varie ed eventuali

1 - I lavori dell'assemblea iniziano alle ore 16.30 con il saluto di benvenuto da parte del Presidente Bregant e l'augurio di profiquo lavoro. Quindi viene data la parola a de Bernardi che con parole connesse ricorda la prof. Livia Tonolli recentemente scomparsa; segue un minuto di raccoglimento.

2 - Vengono proposti come revisori dei conti De Strobel e Fanzutti, come scrutatori Catalano e Albertelli. L'Assemblea approva all'unanimità.

3-11 Presidente illustra brevemente la situazione dell'Associazione che conta attualmente più di 200 Soci.

Rileva le difficoltà che incontrano le ricerche in campo oceanografico e limnologico. I lavori non sono numerosi e condotti generalmente su aree limitate, ciò a causa della politica dei finanziamenti perseguita per queste ricerche o meglio non perseguita in questi ultimi anni. Questo stato di cose ha penalizzato soprattutto quelle ricerche il cui svolgimento è legato sia ai mezzi navali sia ad un approccio interdisciplinare. Purtroppo queste attività senza

un'oculata politica di incentivazione, raramente possono sussistere.

Le riunioni del Consiglio di Presidenza hanno avuto uno svolgimento regolare. Particolarmente seguito è stato il problema della stampa e della diffusione degli Atti dell'A.I.O.L. Anche per questo Congresso è intenzione di servirsi della Tipografia che ha curato l'edizione degli Atti del VT Congresso di Livorno, che si è dimostrata piuttosto efficiente.

4 - Prende la parola Della Croce che presenta un'ampia relazione sulla situazione della didattica e della ricerca italiana ed internazionale nel campo oceanografico (o). Si apre quindi la discussione: prende la parola de Strobel che auspica una presenza più rilevante dell'ingegneria oceanografica nel seno dell'Associazione per un maggior apporto di esperienze applicate alle ricerche oceanografiche. Inoltre ritiene che l'attività scientifica svelta dai Soci dell'A.I.O.L. dovrebbe avere maggior diffusione a livello internazionale per raggiungere un grado più elevato di rigore scientifico, sarebbe opportuno cercare a tale scopo un aggancio con associazioni internazionali, quali ad esempio Oceanography and Limnology, che rappresenta negli Stati Uniti gli stessi interessi o quasi raccolti dalla nostra Associazione.

Accerboni fa notare come sia particolarmente scarso nell'ambito societario il contributo dei fisici.

Brambati rileva che bisognerebbe dare più enfasi a quegli incontri dove esiste un maggior contatto tra l'imprenditoria e la ricerca pura ed applicata e ai quali partecipa un maggior numero di persone di quelle presenti oggi a Trieste.

Inoltre, riallacciandosi al discorso del Presidente sul problema delle pubblicazioni in questo settore, ricorda che da un paio di anni vie ne stampato a Trieste a cura dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale il Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata, al quale peraltro pochi dei Soci dell'A.I.O.L. hanno finora inviato i loro lavori.

In qualità di Presidente della Commissione Oceanografica del CNR passa quindi ad illustrare quelle che sono state le iniziative fino ad oggi intraprese per far uscire l'oceanografia da questo stato di cose. E' stato presentato al Ministero per la Ricerca Scientifica e

---

Vedi pag. 465 dei presenti Atti

e Tecnologica un "Piano Mare", che però non ha dato i frutti sperati per la già lamentata scarsa sensibilità politica in materia di ricerca sui problemi del mare.

Successivamente è stato presentato, nel Maggio 1985, alla Presidenza del CNR un "Progetto Finalizzato Oceanografia 2". Purtroppo dei vari Progetti Finalizzati presentati negli ultimi anni ne sono stati selezionati una ventina, di cui 10 circa sono già stati finanziati, ma fra questi ultimi non è stato fatto partire quello sul mare. Il "Progetto Oceanografia 2" è particolarmente importante per l'Italia, anche perché consentirebbe la partecipazione del nostro Paese a programmi internazionali, quali ad esempio 1'EUREKA - EUROMAR. Ci sono state comunque anche recentemente assicurazioni da parte della Presidenza del CNR sull'approvazione della scheda di fattibilità.

Marengo nota come non siano stati presentati lavori in collaborazione, ed auspica che in futuro invece siano in qualche modo incentivate le ricerche interdisciplinari.

Per De Bernardi la situazione relativamente alle ricerche in campo limnologico è anche più grave in quanto mancano addirittura i nuclei di condensazione, anche se si ritiene che ci sia un maggior equilibrio tra le varie competenze ed anche una maggiore integrazione.

Fossato rileva come ad ogni modo sia la chimica a rivestire il ruolo della Cenerentola sia in campo oceanografico che limnologico, molti ricercatori nell'ultimo periodo si sono dedicati a problemi legati all'inquinamento proprio per problemi di finanziamento e come inoltre ci sia un'estrema frammentarietà tra i vari gruppi di ricerca operanti in Italia in questo settore.

Per Fierro sarebbe opportuno che l'Associazione organizzasse workshop con partecipazione dell'industria, rileva inoltre che la A.I.O.L. manca come rappresentanza presso il Ministero dell'Ecologia.

De Strobel chiede l'appoggio dell'Associazione per condurre un serio discorso a livello legislativo sui problemi relativi alla si. carezza degli operatori subacquei in campo oceanografico, 1'A.I.O.L. potrebbe essere l'interlocutore privilegiato su questo ed altri problemi a livello ministeriale.

Genchi fa notare come esistano gravi problemi anche a livello di amministrazioni pubbliche locali, dove manca l'applicazione della

visione ecologica nell'affrontare temi di ingegneristica ambientale.

5 - La Segretaria dell'Associazione legge la relazione finanziaria sulla quale i Revisori dei Conti non hanno nulla da osservare, l'Assemblea approva all'unanimità.

6 - Viene quindi presentata la "situazione soci": devono essere depennati in quanto morosi :
Argentesi
Battaglia
Cicconi
Fornaseri
Malanotte Rizzoli
Piattelli
Stocchino
Viarengo

Si procede all'esame delle domande di ammissione a nuovi soci di:
Alberotanza
Ambrosetti
Antonietti
Cardelicchio
Catani
Donato
Frascari
Ceraci
Giordani
Hull
Morbidoni
Nicolai
Orestano
Perdicaro
Pugliese
Purini
Ravaioli
Tamaro
Tassi Pelati

che chiedono di essere ammessi come soci ordinari
Furlan

Gambi
Luglié
Milani

che chiedono di essere annessi come soci juniores
Bressan
Dolzani
Orrù

che chiedono di essere ammessi come soci associati ed infine la Sezione Geomineralogica dell'Università di Venezia

L'Assemblea approva all'unanimità.

7 - Viene formulata la proposta di fare socio onorario il Prof. Ghirardelli. Cinelli fa una documentata presentazione, l'Assemblea approva per acclamazione, segue un breve ringraziamento da parte del nuovo socio onorario.

8 - Si passa alla votazione per l'elezione del nuovo Consiglio Direttivo e del nuovo Presidente. Hanno ottenuto voti per la carica di Presidente:

Bregant	47	voti
Cinelli	5	"
de Strobel	2	"
De Bernardi	1	"
Della Croce	1	"
Barbanti	1	"
schede bianche	2	"

Pertanto Bregant viene riconfermato Presidente dell'Associazione per il biennio 1987 - 88.

Hanno ottenuto voti per la carica di Consigliere:

De Bernardi	57	voti
Fabiano	49	"
Colantoni	44	"
Fonda Umani	44	"
Tomasino	34	"
Sansone	33	"
Cinelli	26	"

Fossato	9 voti
Bonomi	6 "
De Strobel	5 "
Barbanti	3 "
Della Croce	3 "
Brambati	2 "
Franco	2 "
Magazzù	1 "
Fierro	1 "
Genchi	1 "
Bregant	1 "

Risultano pertanto eletti come consiglieri: De Bernardi, Fabiano, Colantoni, Fonda Unani, Tomasino e Sansone.

9 - Non essendoci "varie ed eventuali" l'Assemblea termina alle ore 19,30.

La Segretaria
Dr.ssa Serena Fonda Umani

CURRICULUM DEL PROF. GHIRARDELLI

Elvezio Ghirardelli - Nato il 30 gennaio 1918 a Cursolo-Orasso (No)

Nel 1938 si iscrive al corso di laurea in Scienze Naturali dell'Università di Bologna (dopo aver conseguito nel 1936 l'Abilitazione magistrale e nel 1938 la Maturità Scientifica). Si laurea nel 1942 con 110 e lode.

Assistente incaricato alla Cattedra di Zoologia dell'Università di Bologna dal Novembre 1942. Assistente di ruolo presso la stessa Cattedra dal Novembre 1948. Nel 1954 ottiene l'abilitazione alla libera docenza in Zoologia e nel 1958 quella in Biologia e Zoologia generale compresa la Genetica e la Biologia delle razze. Nel Febbraio 1962 è chiamato come straordinario alla Cattedra, appena istituita, di Zoologia dell'Università di Trieste, dove dal 1965 è ordinario nella Facoltà di Scienze.

Le ricerche su argomenti di Biologia marina cominciano con la tesi di laurea sulla sistematica e la biologia di un gruppo di organismi planctonici marini: i Chetognati che, allora, erano studiati da pochissimi ricercatori. Il lavoro di tesi è stato fatto in parte, presso lo Istituto Italo-Germanico di Biologia marina di Rovigno d'Istria.

Vincitore di una borsa di studio del Governo francese nel 1949 lavora per tre mesi alla Station Zoologique di Villefranche-sur-mer presso Nizza. Come è noto il plancton di quella baia e quello di Messina hanno i più alti indici di diversità specifica di tutto il Mediterraneo.

Con la guida del Prof. Trégouboff, Ghirardelli fa pratica nella conoscenza del plancton e continua le ricerche sui Chetognati,in particolare quelle sulla morfologia dell'apparato riproduttore e sul determinante germinale. Per i risultati ottenuti la borsa gli viene confermata per un altro mese nel 1950. Con la Station Zoologique di Villefranche ha mantenuto, anche negli anni successivi, costanti rapporti scientifici, tanto che nel 1985 è stato uno degli oratori invitato a celebrarne il centenario della fondazione.

Nei mesi estivi, dal 1951 al 1958 con borse di studio CNR, lavora alla Stazione Zoologica di Napoli continuando le ricerche iniziate a Rovigno ed a Villefranche.

La chiamata a Trieste coincise con l'istituzione del Corso di laurea in Scienze biologiche che rese necessaria l'attivazione dell'Istituto di Zoologia e poi del laboratorio di Biologia marina ad Aurisina, sul mare a pochi chilometri dalla città. Nella biblioteca di questo laboratorio e conservata parte della dotazione di libri e periodici rimasti in Italia dopo che l'Istituto di Rovigno e passato alla Iugoslavia.

A Trieste, oltre alle strutture, il Ghirardelli ha fondato una scuola indirizzata alle ricerche sul mare che collabora attivamente a programmi nazionali ed internazionali (ASGOP, valutazione degli stocks di clupeidi ecc.). In più di 200 pubblicazioni vengono descritti i popolamenti planctonici e bentonici del Golfo di Trieste e di altre zone del mare Adriatico, la biologia di molti organismi planctonici: Chetognati, Cladoceri, Copepodi, Sifonofori e in questi ultimi anni anche la biologia e le sciamature della medusa *Pelagia noctiluca* nell'ambito di un programma UNEP. Sono inoltre affranate problematiche relative alla pesca ed all'inquinamento delle acque.

Sono circa 100 i lavori di Ghirardelli che hanno per oggetti organismi marini, fra questi una serie di comunicazioni presentate ai Congressi del CIESM (Comm. int. expl. Mer Médit); North Adriatic Plankton Proc. 9th Europ. mar. bioù. Symp. 1975. Some aspects of the biology of the Chaetognaths. Adv. mmar. Biol. 6,271-375, 1968 ed il trattato " La vita nelle acque ", pp. XVI, 610, fig. 376, UTET, 1981

Bilancio finanziario A.I.O.L. anni 1985 - 1986

ENTRATE

Residuo precedente gestione	L. 8.125.465
Quote sociali	L. 4.225.000
Iscrizioni VII Congresso	L. 10.000.000
C.N.R.	L. 5.000.000
Regione Friuli Venezia Giulia	L. 4.000.000
Interessi bancari	L. 849.104
TOTALE ENTRATE	L. 32.199.569

USCITE

Completamento Atti VI Congresso	L. 4.931.769
Anticipo Atti VII Congresso	L. 4.000.000
Spese postali	L. 1.002.700
Spese cartoleria e fotocopie	L. 1.003.800
Spese trasporti (corriera)	L. 330.000
Spese trasporti	L. 200.000
Spese registrazione notaio	L. 30.000
Spese affitto sala congresso	L. 3.000.000
Spese ospitalità relatori	L. 304.000
Rimborso spese viaggio relatori	L. 163.000
Cena sociale	L. 2.100.000
Spese segreteria Congresso	L. 1.150.000
Spese per il cartellone	L. 236.000
Tipografia	L. 2.395.000
Necrologio Tonolli	L. 215.000
Battitura indirizzi	L. 200.000
TOTALE USCITE	L. 21.261.269

Totale entrate	L. 32.199.569
Totale uscite	L. 21.261.269
Attivo	L. 10.938.300

APPENDICE NUOVO STATUTO

E

NUOVO REGOLAMENTO

APPENDICE

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

STATUTO

Art. 1

È costituita la « Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia ».

Art. 2

L'Associazione ha lo scopo di favorire per mezzo di contatti scientifici la collaborazione tra studiosi delle diverse discipline afferenti all'Oceanologia ed alla Limnologia onde contribuire al progresso di queste scienze.

Art. 3

L'Associazione ha sede legale in Bologna. Via Zamboni 65, e sede amministrativa presso il Presidente pro-tempore.

Art. 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nella Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri junlores dell'associazione.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono ricoprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte della Associazione senza diritto di voto.

Art. 5

Chiunque desidera diventare membro deve farne domanda al Presidente per mezzo di due membri attivi proponenti. Per gli enti di cui all'ultimo capoverso dell'art. 4 basta la semplice domanda.

L'ammissione dei nuovi membri, previo parere favorevole del Consiglio di Presidenza, è deliberata dall'Assemblea.

Ciascun membro sarà tenuto a versare una quota sociale annuale la cui misura sarà fissata anno per anno dalla Assemblea.

Art. 6

Sono organi dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia il Consiglio di Presidenza e l'Assemblea Generale dei Soci.

Art. 7

IL Consiglio è costituito dal Presidente e da sei Consiglieri. I componenti del Consiglio saranno scelti fra i cultori delle diverse discipline. Il Consiglio nomina inoltre, al di fuori del suo seno, un Segretario-Tesoriere.

Art. 8

Tutte le cariche sociali hanno durata di due anni. Il Presidente ed i Consiglieri potranno essere rieletti una sola volta consecutivamente nella stessa carica.

Art. 9

Il Presidente ed i Consiglieri sono nominati dalla Assemblea Generale. Il Segretario-Tesoriere è scelto dal Consiglio tra i Soci.

Art. 10

Al Consiglio sono devoluti tutti i poteri di amministrazione ordinaria e straordinaria, per l'attuazione degli scopi sociali che non siano per legge tassativamente riservati all'Assemblea.

Art. 11

La rappresentanza legale e la firma della Associazione sono devolute al Presidente o, in caso di sua assenza o impedimento, ad un membro del Consiglio delegato dallo stesso Presidente.

Art. 12

Per la validità delle deliberazioni del Consiglio è necessaria la presenza di almeno 5 membri, tra cui il Presidente. Le deliberazioni si prendono a maggioranza assoluta di voti.

Art. 13

L'Assemblea Generale dei Soci si riunisce almeno una volta all'anno presso la sede sociale o in altro luogo indicato nell'avviso di convocazione.

Essa è convocata dal Presidente o dal Segretario-Tesoriere mediante avviso contenente l'ordine del giorno da rimettersi a ciascuno dei soci, almeno quindici giorni prima di quello fissato per l'adunanza.

Eventuali Assemblee Straordinarie possono essere convocate su richiesta di almeno un decimo dei membri attivi.

Art. 14

L'Assemblea è validamente costituita in prima convocazione con la presenza di almeno metà dei soci ed in seconda convocazione con la presenza di un numero qualsiasi di soci. Le deliberazioni si prendono a maggioranza di voti dei soci presenti e votanti. Ciascun socio non può presentare più di una delega.

Art. 15

Gli atti ufficiali e le comunicazioni presentate nei Convegni dalla Associazione vengono pubblicati come « Atti » della Associazione.

Art. 16

Il patrimonio necessario alla Associazione per il raggiungimento dei propri scopi sarà costituito dalle quote sociali e da eventuali contributi e donazioni.

Art. 17

Le modalità di applicazione dello Statuto saranno precisate da apposito regolamento che verrà approvato dall'Assemblea.

Art. 18

Le modifiche dello statuto e del regolamento, previa approvazione della loro proponibilità da parte della Assemblea generale, devono essere sottoposte al voto per lettera di tutti i soci.

Per l'approvazione è richiesto il voto favorevole di almeno 2/3 dei votanti.

Firmato
GIUSEPPE MACCHI
CARLO MORELLI
RAIMONDO SELLI
NORBERTO DELLA CROCE
LUCIANO TOMADIN
ALDO VICO NOTAIO

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

REGOLAMENTO

Titolo I - Membri

Art. 1 - Possono essere membri dell'Associazione cittadini italiani e stranieri.

Art. 2 - Per l'ammissione all'Associazione è necessaria oltre alla domanda controfirmata da due soci proponenti la compilazione di un apposito modulo informativo.

Art. 3 - La domanda di ammissione all'Associazione presuppone da parte del richiedente l'accettazione dello Statuto e del Regolamento dell'Associazione.

Art. 4 - Ogni membro è tenuto a comunicare al Segretario il proprio indirizzo esatto ed ogni eventuale sua variazione.

Art. 5 - Ciascun membro è tenuto a versare, al momento dell'accettazione della domanda, la quota di iscrizione e la quota annuale d'Associazione relativa all'anno in cui la domanda è presentata.

Art. 6 - Cessa di appartenere all'Associazione il membro che non sia in regola con il pagamento della quota sociale da quattro anni.

Titolo II - Consiglio di Presidenza

Art. 1 - Al Consiglio di Presidenza spetta l'organizzazione delle attività che rientrano nelle finalità dell'Associazione di cui all'Art. 2 dello Statuto. Esso risponde del proprio operato all'Assemblea.

Art. 2 - Le elezioni del Presidente e dei sei Consiglieri, fatta su liste di candidatura precedentemente proposte dai Soci, avvengono in una medesima seduta dell'Assemblea Generale dei Soci con votazione segreta mediante schede, delle quali una per l'elezione del Presidente e l'altra per l'elezione dei Consiglieri. Lo spoglio delle schede verrà fatto seduta stante da tre scrutatori precedentemente nominati dell'Assemblea. Risulterà eletto Presidente il Socio che avrà ottenuto il maggiore numero di voti. E previsto il ballottaggio in caso di parità di voti. Risulteranno eletti Consiglieri i sei Soci che in graduatoria avranno ottenuto il maggior numero di voti. In caso di parità di voti per il posto del sesto Consigliere prevarrà quello con maggior anzianità di associazione.

Art. 3 - La convocazione del Consiglio di Presidenza è fatta dal Presidente mediante invito diramato dal Segretario almeno 15 giorni prima di quello fissato per la riunione. Il Presidente è tenuto a convocare il Consiglio entro un mese calla richiesta scritta di almeno tre Consiglieri.

Art. 4 - La rappresentanza ledile e la firma dell'Associazione sono devolute al Presidente, come da Art. 11 dello Statuto, il quale in caso di assenza o impedimento potrà delegare, a seconda dei casi e di volta in volta, un membro del Consiglio.

5 - IL Segretario-Tesoriere, nominato dal Consiglio, è tenuto a presentare all'Assemblea annuale il bilancio consuntivo per l'anno trascorso e il bilancio preventivo per l'anno seguente. L'Assemblea nomina due Revisori dei conti.

Art. 6 - IL Consiglio propone congressi e simposi, ne fissa la data, la sede ed ogni altra modalità.

Art. 7 - Ai Congressi annuali verranno tenute relazioni e comunicazioni su argomenti generali. Gli argomenti ed i relatori ufficiali saranno scelti dal Consiglio di Presidenza. Tutti i membri avranno la possibilità di presentare comunicazioni, che saranno tuttavia scelte e limitate nel numero di un Comitato di Redazione interdisciplinare nominato dal Consiglio di Presidenza. Negli Atti dei Congressi verranno pubblicati i riassunti delle relazioni e delle comunicazioni e/o, compatibilmente con le disponibilità finanziarie, i relativi testi integrali.

Titolo III - Assemblea Generale dei Soci

Art. 1 - Nelle deliberazioni dell'Assemblea hanno diritto al voto solo i membri in regola con il pagamento della quota sociale.

Art. 2 - All'Assemblea sono demandate le modifiche allo Statuto ed al Regolamento.

Art. 3 - L'Assemblea può nominare, ove ne ravvisi la necessità, delle Commissioni per lo studio di particolari problemi.

Titolo IV - Pubblicazioni ufficiali

Art. 1 - Le pubblicazioni ufficiali dell'Associazione sono gli Atti .dei Congressi e dei Simposi da essa organizzati. Un apposito comitato, nominato dal Consiglio di Presidenza ne cura la stampa.

Art. 2 - Gli Atti dei Congressi, i rendiconti dell'Associazione e l'elenco dei Soci, verranno distribuiti a tutti gli iscritti in regola con il pagamento delle quote sociali.

Art. 3 - L'Associazione scambia le proprie pubblicazioni con quelle di altre Associazioni, Società o Istituti scientifici. Le copie disponibili possono anche essere vendute.

Art. 4 - Il deposito delle pubblicazioni dell'Associazione, dei libri ricevuti in scambio o omaggio e dei beni sociali è presso la sede legale dell'Associazione.

INDICE PER AUTORI

Alberotanza, L. 75, 83
Albertelli, G. 91
Ambrosetti, W 29, 119
Ascioti, F.A. 519

Bacciola, D. 101
Balduzzi, A. 511
Barale, V. 83
Barbanti, A. 109
Barbanti, L. 29, 119
Barone, R. 133, 185, 333
Baudo, R. 373
Bendoricchio, G. 195
Bergamasco, A. 83
Bertoni, R. 145
Bianchi, F. 155, 165
Boero, F. 511
Boldrin, A. 155, 165, 283
Bonazzi, A. 205
Boniforti, R. 101, 175
Bonomi, G. 3
Buia, M.C. 483

Callieri, C. 145
Calvo, S. 133, 185, 333
Camusso, M. 195, 373
Carniel, A. 279
Catani, G. 205
Cattaneo Vietti, R. 511
Gattini, E. 461
Ciceri, G. 175
Cinelli, F. 479, 503
Cioce, F. 155, 165
Colantoni, P. 479
Contesini, M. 145
Cotta Ramusino, M 217
Craboledda, L. 279
Crosa, G. 217

De Bernardi, R. 47, 61
Della Croce, N. 469
Della Pietà, F. 503
De Marco, C. 145
De Strobel, F. 479
Di Bernardo, F 185
Dolci, F.

Fanzutti, G.P. 229, 241
Ferrara, R. 255
Ferrari, I . 261
Ferretti, 0. 267, 449
Finocchiaro, F. 241
Fonda Umani, S. 241
Fossato, V.U. 279
Fradà Orestano, C. 133, 185, 333
Franco, P. 283
Frascari, F. 109, 295
Frignani, M. 307

Galanti, G. 319
Gambi, M.C. 325, 483
Genchi, G. 133, 185, 333
Ceraci, S. 347
Giacobbe, S. 355
Giangrande, A. 325
Giordani, P. 307
Giussani, G. 47, 61
Guilizzoni, Po 319

Imro, M. A. 47

La Noce, T. 385
Langone, L. 295
Leonardi, M. 355
Lenardon, G. 205
Lorenti, M. 483
Lugaro, A. 185, 333
Luglié, A. 367, 345

Manca, M. 47, 61
Marengo, G. 373
Maserti, B.E. 255
Mazzella, L. 483
Mazzoni, R. 261
Medina, A. M. 75
Michelozzi, E. 267, 449
Milandri, A. 307
Montanari, M. 347
Monti, E. 175
Morelli, E. 441
Mosello, R. 373
Muntau, H. 373

Nannicini, L. 441
Navarra, E. 519
Niccolai 101
Nizzoli, C. 307

Orrù, P. 525
Orsini, F. 441

Pagnotta, R. 385
Palmieri, N. 427
Paltrinieri, D. 109
Pansini, M. 511
Papa, L. 397
Pardi, G. 503
Perin, G. 279
Petrosino, A. 255
Pettine, M. 385
Poletti, R. 109, 307
Pronzato, R. 511
Puddu, A. 385

Queirazza, G. 175

Rabitti, S. 165, 283
Ravaioli, M. 295, 407
Romairone, V. 347
Rossi, G.L. 91
Rosso, G. 109
Rovatti, G. 297
Raggiera, R. 101
Ruggiu, D. 61
Russo, F.G. 483

Salghetti-Drioli, U. 503
Salmoiraghi, G . 427
Santangelo, G. 519
Scarano, G. 441
Scardi, M. 325
Scipione, M.B. 483
Sechi, N. 435
Sensi, L. 267, 449
Seritti, A. 441
Socal, G. 155
Solazzi, A. 261
Stefanon, A. 449

Tartari, G. 195, 373
Torti, M. 255
Tunis, G. 205

Ulzega, A. 525
Vinci, A. 205
Zunini Sartorio, T. 461