

GAETANO BARBATO\*

## CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE DELLE ACQUE DEL GOLFO DI SALÒ\*\*

**RIASSUNTO** - Nell'arco di un anno sono state tenute sotto osservazione le caratteristiche fisico chimiche delle acque del golfo di Salò, nel lago di Garda: sono state scelte quattro stazioni prelevando le acque a diversa profondità. I risultati hanno evidenziato una situazione abbastanza buona, con scarsi elementi indice di inquinamento, con notevole ossigenazione nelle acque profonde, conseguenza forse di correnti sublacustri.

La situazione meno buona è risultata essere quella attinente alla stazione n. 3, la più interna del golfo.

**SUMMARY** - *Physical/chemical characteristics of the waters of the gulf of Salò (Lake Garda).* The physical/chemical characteristics of the waters of the gulf of Salò (Lake Garda), have been analysed for a year. Four stations have been selected and the water was drawn from different depths. The results show a rather good situation. The pollution index is low, possibly due to lake-bottom currents. The worst situation was observed at the innermost station (number 3).

### PREMESSA

Sono state scelte quattro stazioni: la n. 1 al centro del golfo, la più caratterizzante in quanto uniformemente distante dalle sponde e con la massima profondità; la n. 2 di fronte all'abitato di Salò in asse alla piazza Zanardelli, vicino ad una sponda fortemente urbanizzata; la n. 3 all'estremità più interna del golfo; la n. 4 di fronte alla punta del Corno, nella posizione più esterna del golfo. L'indagine è stata svolta dal mese di marzo 1982 al mese di febbraio 1983, con prelievi per quanto possibile mensili.

I prelievi sono stati fatti a diverse profondità nella stazione centrale e vicino al fondo nelle altre stazioni, dopo aver controllato che le caratteristiche complessive delle acque superficiali fossero abbastanza uniformi nelle quattro stazioni e ipotizzando che fosse assai più probabile reperire acque in condizioni precarie vicino al fondo che non in superficie. Le profondità delle stazioni periferiche dove sono stati fatti i prelievi sono comprese in un ambito fra i 10 e i 25 metri: esse sono indicate nella tab. II riguardante le concentrazioni di ossigeno. La fig. 1 indica le posizioni delle stazioni.

---

\* Università degli Studi di Brescia - Centro Studi Naturalistici Bresciani.

\*\* La relazione è il frutto di indagini eseguite in collaborazione con il Centro di Ricerche Idrobiologiche applicato alla Pesca presso lo Stabilimento Ittiogenico di Brescia per conto della Regione Lombardia. La Regione Lombardia ha consentito la pubblicazione dei risultati delle indagini ad alcuni anni di distanza dal termine delle stesse.

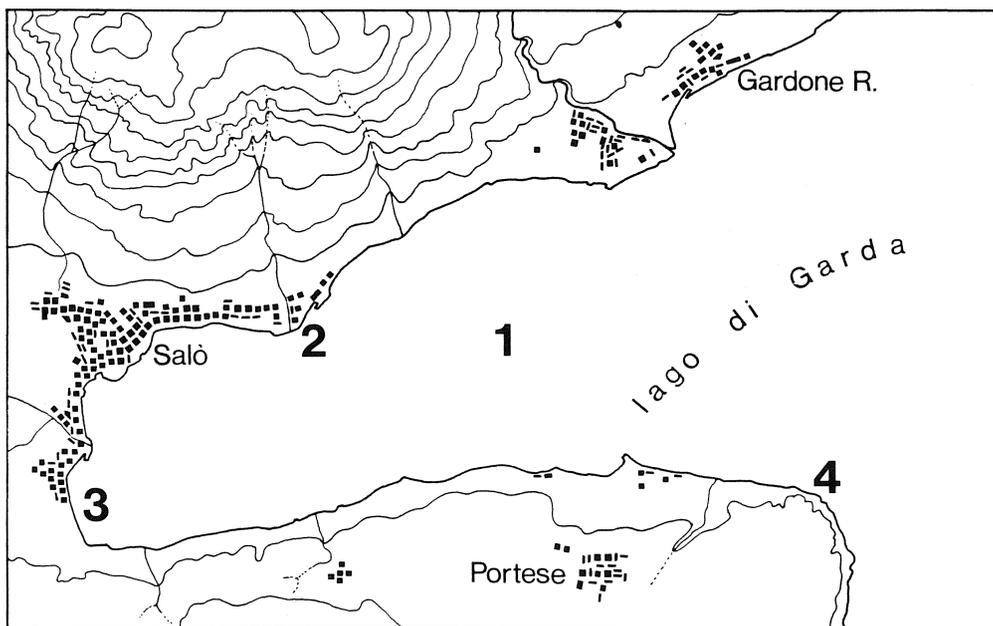


Fig. 1 - Localizzazione delle stazioni di prelievo nel golfo.

## MATERIALI E METODI

Il prelievo dell'acqua è stato fatto con bottiglia di plastica tipo Van Dorn. La temperatura è stata misurata con termistor della ditta L.R.E. di Milano. L'ossigeno disciolto è stato calcolato con il metodo di Winkler modificato. Il pH misurato con pHmetro digitale Top Tronic.

La conducibilità con conduttimetro analitico della Ditta Radiometer di Copenhagen.

La trasparenza è stata misurata con disco di Secchi.

La durezza totale (calcio + magnesio) con titolazione complessometrica.

L'azoto ammoniacale col metodo indicato dal Bollettino dei Chimici dell'Unione Italiana dei Laboratori Provinciali (1981).

I nitriti con il metodo al blu indifenolo di Strickland e Parsons.

I nitrati con il metodo all'acido salicilico.

Il fosforo ortofosfato con il metodo all'ammonio molibdato.

Il fosforo totale con il metodo al potassio persolfato e digestione in autoclave.

I silicati con il metodo del reattivo molibdico.

I solfati per turbidimetria.

La determinazione dei suddetti anioni è stata fatta con spettrofotometro Perkin-Elmer.

I metalli sono stati determinati con il metodo dell'assorbimento atomico.

I metodi su indicati sono quelli messi a punto dall'Istituto di Ricerca sulle Acque del C.N.R.

## RISULTATI

### Temperatura

È un parametro molto importante: da essa dipende la percentuale di saturazione dell'ossigeno, è il primo indice di avvenuto rimescolamento delle acque, può essere utilizzato per l'identificazione di fenomeni putrefattivi, è rapportabile con gli insediamenti planctonici e ittici.

La temperatura, nel golfo, è stata misurata con un termist munito di un cavo lungo oltre 100 metri: è stato possibile così avere un'indicazione precisa dei valori praticamente centimetro per centimetro, con indubbi vantaggi rispetto alle misure effettuate con termometro a rovesciamento.

I risultati sono riportati nella tab. I mentre nella fig. 2 sono rappresentate le curve stagionali di temperatura in rapporto alla profondità, e nella fig. 3 le isoterme annue in superficie, a 50 e 100 metri di profondità.

Prof. m	23/3/82	25/5/82	28/6/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
0	6.5	17.0	22.5	24.0	19.5	18.0	11.5	6.5
10	6.5	15.0	22.0	22.0	19.7	18.0	11.5	6.0
20	6.5	11.5	14.7	15.5	15.0	13.5	11.5	6.0
30	6.5	10.0	13.5	14.0	13.4	11.2	11.5	6.0
50	6.5	8.7	9.0	12.0	12.0	10.5	11.3	6.0
70	6.5	8.5	8.8	9.0	8.8	9.0	8.3	6.0
90	6.5	8.0	8.1	8.5	8.2	8.0	8.0	6.0
105	6.5	8.0	8.0	8.3	8.2	8.0	8.0	6.0

Tab. I - Temperatura °C.

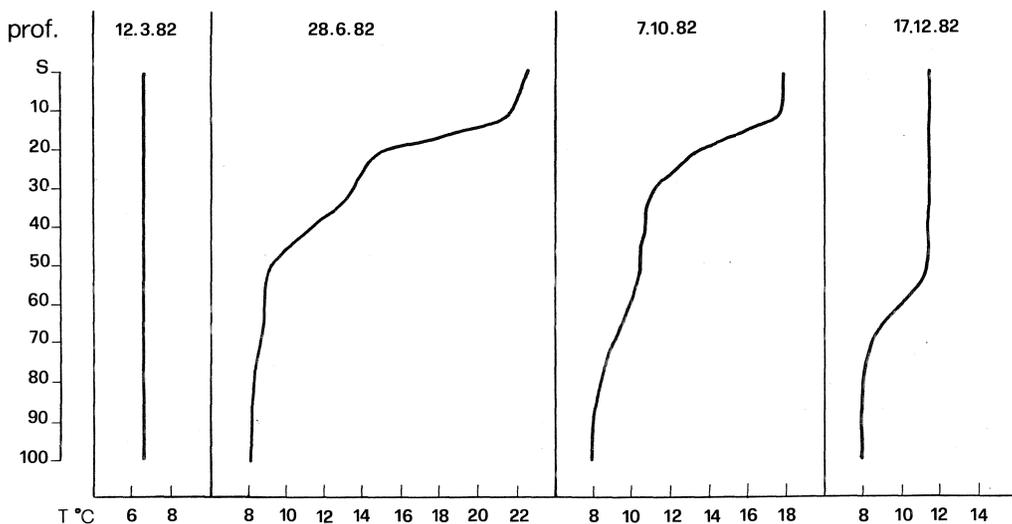


Fig. 2 - Curve di temperatura.

I dati sono inerenti alla stazione centrale, ma sono applicabili anche alle stazioni periferiche: in tre occasioni diverse è stata misurata la temperatura delle acque anche in queste stazioni, ottenendo valori identici a quelli della stazione centrale.

L'esame della tab. I permette di constatare che durante il periodo freddo — gennaio e febbraio — le acque divengono isoterme senza nemmeno le piccole variazioni, in rapporto alle diverse profondità, che sono tanto comuni in altri laghi italiani.

Nelle altre stagioni la temperatura ha ovviamente valori più elevati nelle acque superficiali, diminuendo poi gradualmente con l'aumentare della profondità. La fig. 2 mette bene in evidenza tutto questo: infatti la curva inerente al mese di marzo '82 è praticamente una retta, ben diversa da quelle riferibili alle altre stagioni. Anche queste tuttavia si rettificano quasi completamente al di sotto dei 70 metri di profondità, indice questo di uniformità di valori ai livelli più profondi.

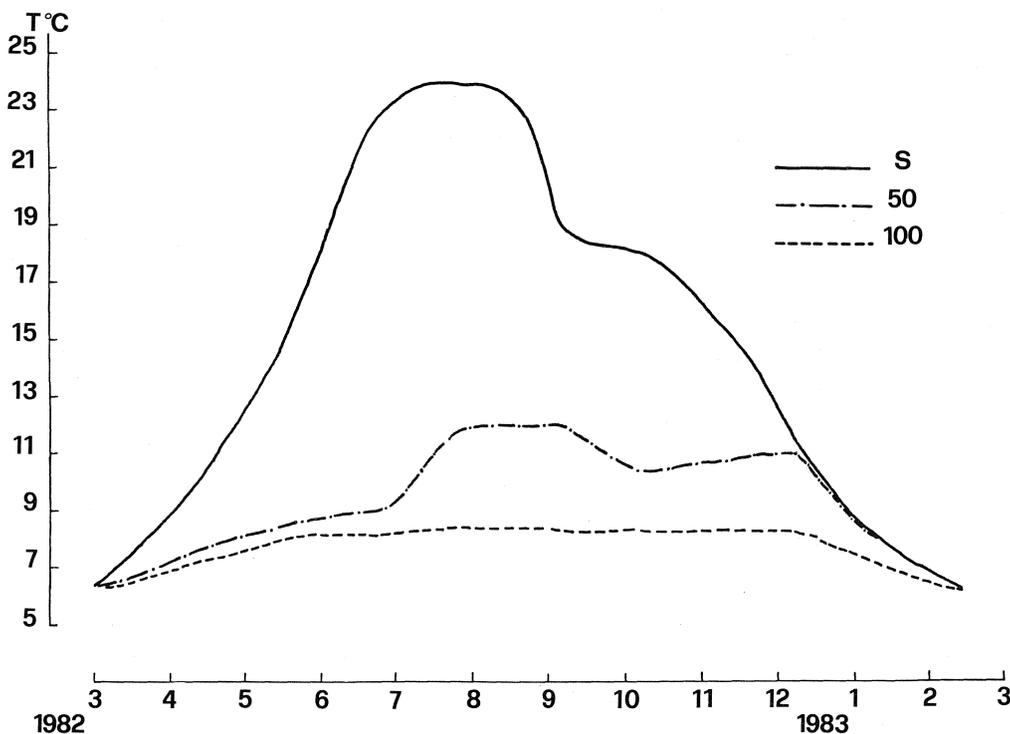


Fig. 3 - Isotherme annue.

La fig. 3 riporta le isoterme annue. Si possono osservare le variazioni stagionali nelle acque superficiali con valori massimi e minimi abbastanza normali per i laghi sudalpini italiani: in particolare le temperature estive non sono molto elevate, a differenza di quanto si verifica per esempio nei piccoli laghi dell'anfiteatro morenico del Garda (indagine dell'autore in corso di stampa), grazie probabilmente al movimento ondoso e quindi originariamente ai venti.

Questa situazione può essere poi correlata con il popolamento planctonico, nella fattispecie fitoplanctonico, con ridotto sviluppo nel numero di specie adattabili ad ambienti molto caldi.

Le variazioni stagionali sono molto meno evidenti alla profondità di 50 metri e praticamente nulle alla massima profondità dove l'unica variazione è la diminuzione invernale realizzatasi con il rimescolamento con le acque superficiali e la conseguente isotermità.

In conclusione la situazione è abbastanza buona: non sono evidenti salti termici anomali.

## Ossigeno

La tab. II riporta i valori delle concentrazioni di ossigeno disciolto e le percentuali di saturazione.

Nella fig. 4 vengono riportate alcune curve costruite con i valori delle concentrazioni alle varie profondità.

La fig. 5 riguarda le isoplete annue delle concentrazioni assolute e delle percentuali di saturazione.

Nella fig. 6 viene fatto il confronto fra i vari parametri dell'ossigeno nelle diverse stazioni alla stessa profondità.

La tab. II e la fig. 4 evidenziano come il livello di ossigenazione alle diverse profondità sia sempre buono: anche al di sotto dei 90 metri le acque sono sufficientemente ossigenate; solo nell'ottobre 1982 sui 100 metri di profondità il valore è un po' basso, con una percentuale di saturazione del 50%.

Le acque superficiali — fino a 20 metri di profondità — nelle stagioni primaverile ed estiva sono abbondantemente sovrasature, ma questo è normale in conseguenza dello sviluppo algale nei periodi caldi: infatti il fenomeno cessa con il mese di ottobre.

Staz.	Prof.	23/3/82	25/5/82	28/6/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	12.9	8.9	15.6	15.0	14.8	8.6	10.4	11.2
		105	92	180	178	161	91	95	89
	10	11.6	10.7	15.8	14.9	15.0	8.6	10.4	11.4
		95	107	180	170	164	91	95	92
	20	9.6	8.6	14.2	14.2	14.9	8.8	10.4	9.8
		79	79	140	142	148	85	96	79
50	9.6	8.3	11.1	13.6	9.6	8.8	10.2	9.6	
	79	71	96	122	89	79	93	77	
90	9.2	10.0	11.0	13.0	9.3	7.2	10.0	9.2	
	75	85	93	111	79	61	84	74	
105	9.5	9.8	11.0	12.3	9.2	6.0	9.7	9.2	
	78	83	93	104	78	51	82	74	
2	11.8	11.8	12.0	13.5	13.5	7.8	10.2	11.2	
	(-13)	(-13)	(-15)	(-23)	(-20)	(-18)	(-30)	(-12)	
3	97	115	117	131	134	75	92	90	
	8.6	8.5	7.6		7.2	7.7	10.2	8.5	
4	(-12)	(-12)	(-18)		(-16)	(-20)	(-25)	(-13)	
	70	83	74		71	72	92	69	
4		11.8	11.2	11.2	13.8	8.6	9.5	11.2	
		(-11)	(-20)	(-24)	(-16)	(-20)	(-10)	(-11)	
		115	109	109	137	83	87	90	

Tab. II - Ossigeno disciolto: mg/l e % di saturazione.

Le cifre tra parentesi indicano le profondità alle quali sono stati eseguiti i prelievi.

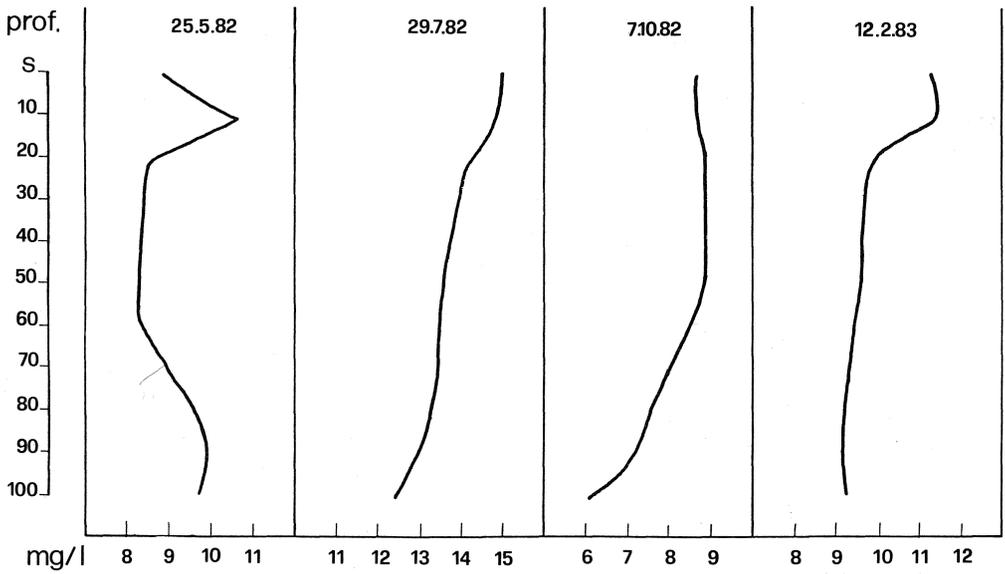


Fig. 4 - Distribuzione verticale dell'ossigeno disciolto.

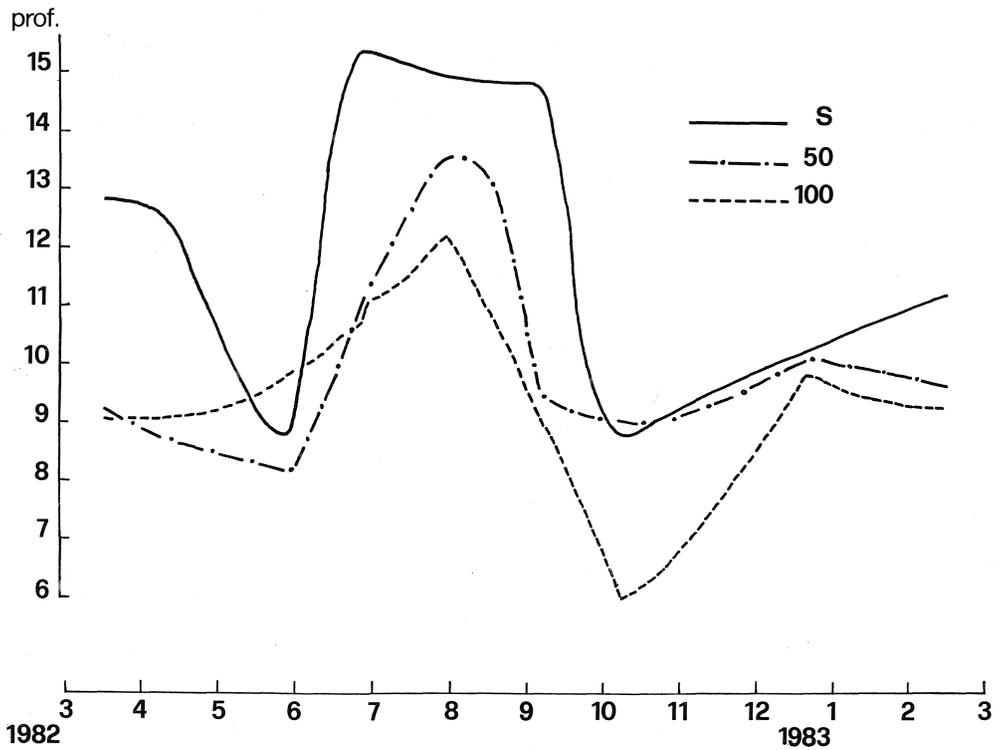


Fig. 5 - Isoplete annue delle concentrazioni assolute e delle percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto (staz. n. 1).

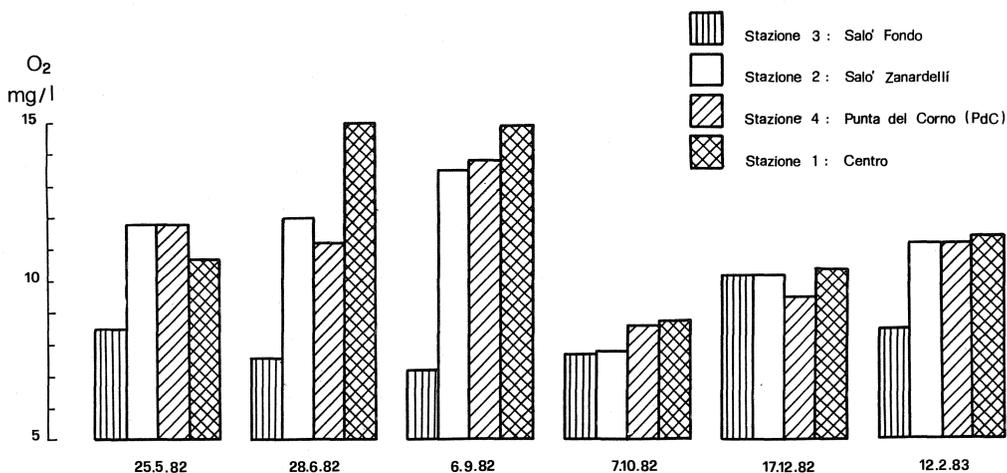


Fig. 6 - Confronto fra i valori dell'ossigeno disciolto nelle diverse stazioni alla stessa profondità.

Dalla fig. 4 si ricava che i valori della concentrazione dell'ossigeno disciolto, come di regola, decrescono dalla superficie al fondo. Solo nel maggio 1982 si verifica una situazione anomala: le acque profonde sono più ossigenate di quelle sovrastanti.

È una situazione che si è verificata solo una volta e quindi può essere considerata eccezionale, tuttavia forse è opportuno tentare di spiegarla.

Dal momento che sono difficilmente ipotizzabili sia l'accumulo di ossigeno in seguito all'afflusso dalle zone superficiali e al mancato consumo sia la produzione in loco data l'assenza di luce e di fotosintesi, forse l'ipotesi più attendibile è quella di una corrente profonda, proveniente dall'esterno del golfo, apportante acque ossigenate.

Ciò sarebbe anche un avallo delle affermazioni dei pescatori sulla presenza di correnti profonde.

La fig. 5 mostra l'andamento annuo delle concentrazioni di ossigeno disciolto: non si vede più qui quella linearità mostrata dai valori della temperatura; sono evidenti infatti delle variazioni cospicue anche nelle acque profonde. Nel luglio 1982 ad oltre 100 metri di profondità le acque sono sovrassature di ossigeno ed hanno le concentrazioni più elevate di tutto l'anno.

Il fatto che le acque sovrastanti siano ancor più sovrassature non spiega completamente la situazione della zona profonda, poiché la mescolanza delle acque dovrebbe essere esclusa visti i diversi valori di temperatura (tab. II). D'altra parte è risaputo che il periodo peggiore dell'anno per le acque profonde dei laghi è quello della stratificazione estiva. Forse anche in questo caso si possono ipotizzare correnti profonde.

La fig. 6 mette a confronto le situazioni delle varie stazioni alla stessa profondità. Risulta evidente che la stazione n. 3 è quella in condizioni più precarie.

## Derivati dell'azoto

Le indagini sono state fatte inerentemente a  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NO}_2$ : vengono qui riportati i dati dei primi due derivati, dal momento che i nitriti sono composti labili nel processo di ossidazione che porta alla formazione dei nitrati. In tutti i casi i risultati delle analisi sui nitriti non hanno denotato nulla di particolare rientrando ampiamente nella correlazione con i nitrati.

## Ammoniaca

I dati inerenti alle indagini sull'ammoniaca, calcolata con un metodo messo a punto piuttosto recentemente ed in grado di rivelare tracce del composto, sono abbastanza confortanti. L'ammoniaca nelle acque del golfo di Salò è quasi sempre assente e questo è un dato positivo dal momento che la sua presenza è legata sia all'immissione di sostanze inquinanti di origine fognaria o agricola, sia a fenomeni di degradazione di sostanza organica in assenza di ossigeno.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	0	70	0	0	0	0
	90	0	0	70	0	0	0	0
	105	0	0	60	T	180	0	T
2	0		0	0	0	0	0	
3	0	0	190	170	T	0	0	0
4	0	0	0	85	0	0	0	0

Tab. III - Azoto ammoniacale:  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

La tab. III evidenzia che solo in due occasioni le concentrazioni di ammoniaca sono risultate abbastanza elevate: il 29.VII nella stazione n. 3 e il 7.X alla profondità di 100 metri circa nella stazione n. 1. Si può ipotizzare che nel primo caso vi fosse stata un'immissione fognaria particolarmente accentuata, nel secondo un mancato completo processo di ossidazione nella zona aderente al fondo. In questa occasione infatti la concentrazione di ossigeno (tab. II) è la più bassa ritrovata nelle acque di fondo. Sembra evidente, in conclusione, essersi trattato di un fenomeno episodico.

## Nitrati

I nitrati sono uno dei composti più importanti nel ciclo dell'azoto. La loro presenza è legata sia all'apporto pluviale diretto che a quello proveniente dal bacino imbrifero. Sono i composti base per la componente fitoplanctonica. Le variazioni stagionali delle concentrazioni di azoto nelle acque sono quindi legate ad una molteplicità di fattori.

La tab. IV evidenzia la situazione del golfo di Salò. Nel complesso i valori sono medi, indice questo di un apporto non elevato o di un consumo cospicuo. I livelli maggiori sono caratteristici del periodo invernale allorché si realizza, tra l'altro, la piena circolazione delle acque, anche in rapporto all'insediamento algale ridotto; i livelli minori alla fine estate-inizio autunno, in rapporto con i cicli biologi-

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	305	198	170	80	10	195	275
	10	305	198	175	85	10	200	275
	20	310	180	205	125	25	215	275
	50	325	270	325	255	50	245	320
	90	325	255	280	190	35	310	310
	105	320	250	275	190	30	345	310
2			220	190	200	90	235	275
3		270	235	200	190	90	275	370
4			206	185	120	85	215	250

Tab. IV - Azoto nitrico:  $\mu\text{g/l}$ .

ci. La stratificazione termica influenza la distribuzione verticale dei nitrati, facendo sì che le acque intermedie, in rapporto al termoclinio, siano più ricche di quelle sovra e sottostanti.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	1.84	1.82	1.68	1.70	1.80	2.19	2.45
	10	1.72	1.80	1.40	1.70	1.84	2.18	2.35
	20	1.60	1.64	1.10	1.56	1.96	2.18	2.35
	50	1.58	1.82	0.80	1.80	2.12	2.16	2.36
	90	1.70	1.66	1.10	1.75	2.15	2.15	2.38
	105	1.70	1.60	1.18	1.70	2.18	2.15	2.38
2	0		1.86	1.20	1.60	1.88	1.66	1.74
3	0	1.74	1.70	1.10	1.60	1.80	1.80	1.70
4	0		1.90	0.27	0.90	1.88	1.80	1.80

Tab. V - Alcalinità: meq/l.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	1.85	1.80	1.73	1.71	2.07	2.25	2.49
	10	1.73	1.78	1.44	1.71			
	20	1.61	1.62	1.13	1.67			
	50	1.59	1.80	0.85	1.81	2.41	2.22	
	90	1.71	1.64	1.17	1.76			
	105	1.71	1.58	1.26	1.42	2.48		
2	0	1.75	1.84	1.28	1.61	2.16	1.69	
3	0		1.68	1.17	1.50	2.07		
4	0		1.88	0.28	0.91	2.16		1.83

Tav. VI - Anidride carbonica totale: meq/l.

## Alcalinità e CO<sub>2</sub>

Le tabb. V e VI riportano i risultati delle analisi di questi due parametri, il secondo dei quali — è bene ricordare — ricavato con le Tabelle di Saunders *et al.* dai valori dell'alcalinità e del pH. La CO<sub>2</sub> è un elemento assai importante ai fini di una caratterizzazione di un lago, dato che la sua presenza è legata sia all'andamento climatico stagionale e alla composizione litologica del bacino imbrifero, sia ai processi metabolici della biocenosi lacustre.

Le acque del golfo di Salò per quanto riguarda questi due parametri, sono ampiamente comprese nella media dei valori dei maggiori laghi sudalpini italiani: il bacino imbrifero è notoriamente calcareo, in particolar modo nell'area retrostante l'abitato di Salò.

I valori un po' più elevati sono inerenti al periodo invernale, verosimilmente in rapporto con i minori processi metabolici.

## pH

Il pH delle acque del golfo di Salò — tab. VII — risulta generalmente compreso fra 7 e 8, si tratta cioè di acque leggermente alcaline. Le variazioni dei valori con l'aumento della profondità sono poco significative e la cosa è particolarmente interessante nel periodo estivo durante la stratificazione termica, allorché nella zona trofolitica profonda l'alcalinità dovrebbe diminuire. Anche in questo caso, come già visto per l'ossigeno, può essere supposta la presenza di correnti profonde.

I valori del pH sono per lo più rapportabili al contenuto di bicarbonati e carbonati soprattutto nel periodo invernale (C.N.R., 1974) con ridotti processi di fotosintesi. Il fatto che la CO<sub>2</sub> disciolta nelle acque sia abbondante indica che nel golfo di Salò questo rapporto non è stato alterato in maniera violenta da immissioni di sostanze inquinanti. Il confronto fra i risultati riguardanti le diverse stazioni non evidenzia significative differenze: le acque nel complesso sono bene tamponate.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	8.10	8.40	7.8	7.4	7.23	7.9	8.1
	10	8.20	8.45	7.7	7.4	7.3	7.9	8.1
	20	8.20	8.55	7.6	7.4	7.3	7.9	8.1
	50	8.25	8.45	7.5	7.5	7.5	7.9	8.1
	90	8.16	8.25	7.5	7.4	7.5	7.9	8.1
	105	8.13	8.20	7.5	7.4	7.66	7.95	8.1
2	0	8.20	8.6	7.6	7.7	7.98	8.00	8.2
3	0		8.5	7.7	7.7	7.87	8.04	8.1
4	0	8.1	8.7	7.17	7.2	7.66	7.94	8.2

Tab. VII - pH.

## Fosforo ortofosfato

È un parametro molto importante poiché viene considerato un indice del livello di trofia di un lago dal momento che viene rapidamente metabolizzato dagli organismi presenti: è quindi genericamente auspicabile che la presenza di questi sali sia limitata, senza dimenticare tuttavia che esso può diventare un fattore limitante.

Analizzando la tab. VIII si può constatare che il più delle volte le concentrazioni dei fosfati sono uguali a zero. In alcune rare occasioni i valori sono molto elevati, in contrasto a quanto era lecito attendersi. Pensando ad un errore manuale, in due di queste occasioni (29.VII.82 - 7.X.82) le analisi sono state fatte rifare presso un altro centro di ricerca, ottenendo dei valori in accordo con quelli già trovati, pur tenendo conto della difficile ripetitività dei risultati in tempi diversi.

È arduo interpretare i dati della tab. VIII: comunque è evidente che nella stazione n. 3 le concentrazioni del fosforo ortofosfato sono più elevate che nelle altre stazioni, in accordo con l'elevato numero di sbocchi fognari in questa zona. La fig. 7 illustra questa situazione.

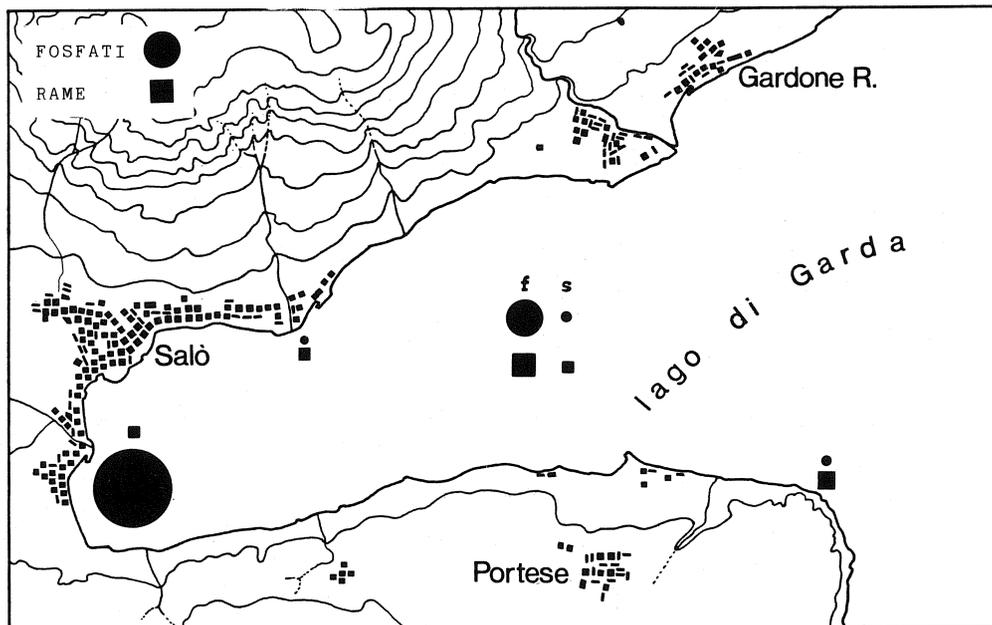


Fig. 7 - Distribuzione del fosforo ortofosfato e del rame nelle acque del golfo.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	0	0	2.3	0.5	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	16.0	0	0	1.0	0	0
	90	0	0	0	0	5.0	0	0
	105	0	0	1.5	1.5	13.0	0	0
2	0	0	0	2.0	0	0	0	0
3	0	2.0	6.0	5.0	0.9	13.6	0	2.0
4	0	0	0	5.2	0	0	0	0

Tab. VIII - Fosforo ortofosfato:  $\mu\text{g/l}$ .

## Silicati

La presenza dei silicati nelle acque di un lago è legata all'apporto dal bacino imbrifero e al metabolismo delle Diatomee. Una fioritura di queste alghe comporta di solito una diminuzione della concentrazione di silice disciolta, silice che viene successivamente rimessa in circolo per decomposizione batterica dei fanghi di fondo contenenti le spoglie delle Diatomee.

I valori che si possono leggere nella tab. IX sono generalmente bassi come d'altra parte era da attendersi data la natura calcarea delle rocce circondanti il golfo di Salò; sono piuttosto uniformi con dei massimi evidenti nelle acque di fondo durante la stratificazione estiva e la conseguente riduzione del contenuto di ossigeno, e minimi nelle acque superficiali in rapporto probabilmente con il metabolismo delle Diatomee.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	0.5	0.1	0.18	0.15	0.13	0.10	0.3
	10	0.75	0.1	0.20	0.20	0.20	0.10	0.4
	20		0.1	0.35	0.25	0.40	0.20	0.5
	50	0.68	0.6	0.8	0.7	0.68	0.60	0.65
	90	0.78	0.82	0.9	1.0	1.15	0.8	0.8
	105	0.85	1.0	1.18	1.50	2.02	1.0	0.40
2	0	0.70	0.12	0.8	0.5	0.2	0.4	0.4
3	0	0.75	0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7
4	0	0.10	0	0.27	0.20	0.05	0.1	0.1

Tab. IX - Silicati: mg/l.

## Calcio e magnesio

Dalla tab. X risulta che le concentrazioni del calcio variano con le stagioni: allorché il rimescolamento delle acque cessa (periodo estivo) le concentrazioni risultano più elevate nelle acque del fondo; inoltre nel periodo invernale è evidente un maggiore contenuto del calcio in tutte le acque. Queste variazioni sono attribuibili alle diverse forme di metabolismo, come pure al passaggio da bicarbonati a carbonati — dei quali sali il calcio è il catione prevalente — con precipitazione sul fondo e conseguente perdita dell'elemento per le acque.

Più lineare invece l'andamento delle concentrazioni per il magnesio, che rimane piuttosto stabile nell'ambito dell'intero anno. Proprio a questo diverso andamento vanno attribuite le variazioni del rapporto Ca/Mg che passa da una media di 2.7-2.8 a una media di 3.2-3.3.

## Sodio e potassio

La presenza di sodio e di potassio deriva solitamente dalle rocce interessanti il bacino imbrifero: tuttavia essi, il sodio in particolare, possono essere presenti negli scarichi urbani e quindi le elevate concentrazioni debbono essere attentamente valutate.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	27.7	26.0	25.0	26.0	29.4	38.4	33.4
		10.95	9.8	10.2	10.1	10.2	11.2	11.2
	10	28.3	28.9	27.8	27.3	27.6	27.4	28.1
		10.0	10.1	10.1	10.1	10.2	10.1	10.2
	20		26.5	28.0	27.4	27.5	27.9	28.0
			9.6	10.2	10.1	10.1	10.2	10.2
	50	26.8	29.1	27.5	29.1	39.9	36.3	28.2
		10.5	10.1	10.4	10.2	10.5	10.7	10.1
	90	25.2	25.5	28.1	31.4	39.9	36.8	30.2
		10.0	9.7	10.3	10.4	10.3	10.4	10.3
105	27.5	28.2	31.1	34.0	40.0	42.3	36.2	
	10.2	10.1	10.2	10.2	10.0	12.4	11.1	
2	0	27.3	26.1	26.9	29.2	31.9	28.5	45.2
		10.3	9.8	10.0	10.1	10.1	10.2	12.6
3	0		27.1	27.1	28.1	30.3	30.4	43.5
			10.1	10.2	10.1	10.2	10.3	13.6
4	0	27.3	25.0	30.7	29.4	30.0	29.1	38.5
		10.1	9.7	10.1	10.2	10.0	10.1	

Tab. X - Calcio/Magnesio: mg/l.

Nel golfo di Salò, come appare dalla tab. XI il sodio è presente in quantità discrete, forse leggermente maggiori della media dei laghi settentrionali italiani di grandi dimensioni (I.R.S.A., 1980). Le concentrazioni del potassio sono abbastanza notevoli, in rapporto probabilmente più alla struttura litologica dell'area circostante che ad una effettiva immissione di elementi inquinanti. Non sussistono variazioni veramente significative fra le varie stazioni. Il rapporto Na/K è di circa 3.1.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	3.20	3.16	3.17	3.19	3.09	3.48	2.58
		1.08	1.08	1.09	1.07	1.04	1.03	1.09
	10	3.45	3.47	3.18	3.20	3.18	3.50	3.49
		1.06	1.06	1.00	1.04	1.05	1.05	1.04
	20	3.40	3.30	3.18	3.20	3.22	3.54	3.50
		1.06	0.76	0.83	1.01	1.04	1.06	1.05
	50	3.03	3.16	3.18	3.50	4.85	3.62	3.58
		1.07	2.82	1.06	1.06	1.04	1.08	1.09
	90	3.16	2.96	3.16	3.28	3.44	3.48	3.54
		1.05	0.84	1.16	1.16	1.09	1.05	1.02
105	3.10	3.12	3.28	3.24	3.18	3.30	3.56	
	1.05	1.10	1.26	1.18	1.26	1.03	1.06	
2	0	2.62	3.23	3.22	3.20	3.23	3.45	3.60
		1.02	1.09	1.08	1.09	1.09	1.03	1.03
3	0		3.20	3.22	3.18	3.11	3.41	3.80
			1.10	1.19	1.18	1.18	1.14	1.10
4	0	3.00	2.85	3.22	3.22	3.23	3.44	3.60
		1.00	0.89	1.04	1.08	1.06	1.02	0.98

Tab. XI - Sodio/Potassio: mg/l.

## Metalli pesanti

In due occasioni diverse sono stati ricercati nelle acque il piombo, il cromo ed il mercurio, con esiti fortunatamente negativi. Per il rame i risultati sono riportati nella tab. XII. Da questa tabella risulta:

- 1) le minori concentrazioni si trovano nelle acque superficiali e le maggiori nelle acque al di sotto dei 50 metri di profondità;
- 2) la stagione nella quale le concentrazioni sono più elevate è quella autunnale;
- 3) delle stazioni la più «ricca» di rame è la n. 4, di Punta del Corno, cioè la meno urbanizzata e più «agricola».

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	1.0	1.5	1.2	2.8	3.5	3.5	2.8
	10	4.2	2.1					
	20	3.8	6.7	5.1	5.4		3.4	
	50	3.3	5.0	6.4	6.0	4.2	1.9	2.9
	90	5.8	5.1	6.0				
	105	5.8	5.2	5.8	5.7	5.8	5.7	2.1
2	0	2.1	1.0	1.3	4.1	5.8	6.1	5.6
3	0	0	2.0	1.8	3.1	5.6	5.2	3.2
4	0	4.3	5.8	3.3	5.6	7.5	4.3	4.2

Tab. XII - Rame: mg/l.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	37	36	35	33	27	9	15
	10	37	41					
	20	34	41	35	36		10	
	50	31	36	30	40	41	10	22
	90	38	36	33				
	105	38	36	34	36	34	12	27
2	0	39	42	32	38	31	10	18
3	0	0	19	22	23	29	24	18
4	0	41	51	40	42	44	18	24

Tab. XIII - Zinco: mg/l.

In complesso i valori sono abbastanza elevati (fig. 7).

Data l'assenza di industrie che facciano uso di questo metallo e anche l'assenza di rocce che lo contengano nel bacino imbrifero, è probabile che la presenza di rame nelle acque del golfo di Salò debba essere attribuita alle pratiche agricole.

Un altro metallo del quale si sono fatte numerose analisi è lo zinco: esso entra in molti composti comunemente usati per le pratiche agricole, come antiparassitari e anticrittogamici. Nella tab. XIII, sono riportati i risultati delle analisi. I valori non sono elevati e comunque al di sotto dei limiti di accettabilità delle acque di scarico previsti dalla legge 309. Tuttavia una certa presenza è evidente: minore nella stagione invernale, forse in rapporto al minor «contributo» agricolo.

Come già visto per il rame, le concentrazioni sono più elevate nelle acque della stazione n. 4 di Punta del Corno.

## Conducibilità

Questo parametro fornisce una indicazione generale delle caratteristiche chimiche di un'acqua dal momento che è in rapporto col contenuto dei sali disciolti.

Dalla tab. XIV si può constatare che i valori sono piuttosto ridotti: questo era prevedibile dato che lo ione bicarbonato è quello prevalente ed ha una conducibilità equivalente piuttosto bassa. Durante il periodo invernale i valori sono un po' più elevati, forse in rapporto ai ridotti processi metabolici. Non vi sono differenze significative fra le diverse stazioni.

Staz.	Prof. m	23/3/82	25/5/82	28/6/82	29/7/82	6/9/82	7/10/82	17/12/82	12/2/83
1	0	130	100	110	110	105	105	170	140
	10	120	100	110	115	110	108	170	140
	20	120	100	110	115	115	110	170	140
	50	122	109	120	120	120	118	172	140
	90	120	105	135	120	120	120	175	140
	105	124	108	140	125	130	120	180	142
2	0	120	110	110	115	115	110	170	135
3	0		115	115	115	115	110	172	130
4	0	110	100	110	110	115	110	172	130

Tab. XIV - Conducibilità:  $\mu$ S.

## DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Considerando tutto quanto sopra esposto, le acque del golfo di Salò non appaiono in condizioni precarie: si collocano anzi in una buona posizione fra quelle degli altri laghi italiani. Dato però che un'analisi oggettiva è difficile da farsi ed ha un valore limitato se non vi sono termini di confronto in tempi lunghi, è opportuno tentare di fare un confronto con i risultati forniti da altre ricerche effettuate precedentemente. Ci si riferisce qui a un'indagine fatta sul lago di Garda negli anni 1971-72 (C.N.R., 1974), e all'indagine effettuata per conto della Regione Veneto (N.S.E. Garda, 1980) nella seconda metà degli anni 70. Purtroppo in nessuna di queste due indagini è stato esaminato particolarmente il golfo di Salò e quindi il confronto deve essere fatto con una certa cautela.

Per quanto riguarda la temperatura rispetto ai rilievi eseguiti da CASELLATO e DUZZIN e da GERLETTI (C.N.R., 1974) nonché rispetto a quelli di MERLO e MOZZI (1963) le acque superficiali del golfo di Salò presentano un'escursione termica maggiore passando dagli oltre 24°C estivi ai circa 6° invernali. Soprattutto i valori invernali sono piuttosto bassi rispetto a quanto evidenziato dalle analisi precedenti. Questi valori bassi sono peculiari anche delle acque di fondo nel periodo interessato dall'isoterma, che riguarda i mesi di gennaio, febbraio e parzialmente marzo.

Nell'insieme in questa parte dell'anno le acque sono state piuttosto fredde con possibile influenza sulla frega dei pesci. Nella restante parte dell'anno le acque di superficie subiscono i normali processi di riscaldamento e raffreddamento stagionali mentre quelle di fondo rimangono su un livello di temperatura di circa 8°. Tenendo conto che la profondità massima nel golfo di Salò è di poco superiore ai 100 m, questa temperatura è leggermente più elevata di quella misurata nelle diverse stazioni alla medesima profondità dall'indagine del C.N.R.

La cautela prima invocata deve essere qui ripetuta perché è evidente che le temperature diverse possono essere anche conseguenza di diversi andamenti climatici.

Per quanto riguarda l'ossigeno l'unica considerazione da fare è quella che al termine della stratificazione estiva nel golfo di Salò le percentuali di saturazione per le acque profonde sono un po' più basse di quelle delle altre zone lacustri. Si tratta comunque di concentrazioni che non dovrebbero pregiudicare la biocenosi insediata sul fondo.

Per l'alcalinità i valori sono un po' meno elevati rispetto alle altre aree lacustri, mentre è abbastanza in linea l'insieme dei valori del pH.

Le concentrazioni dell'ammoniaca sono un po' più basse di quelle evidenziate dalla ricerca del C.N.R., come pure di quelle evidenziate dalla ricerca voluta dalla Regione Veneto, soprattutto facendo riferimento ai risultati inerenti alle stazioni di Bardolino, Garda, Torri del Benaco e Castelletto di Brenzone.

Lo stesso discorso può essere fatto per i nitrati, anche se in qualche caso le differenze sono minime.

Per quanto riguarda i metalli risultano più elevate, nel golfo di Salò, le concentrazioni del magnesio e talvolta anche del calcio. Vi sono scarsi termini di confronto nei riguardi delle concentrazioni del sodio e del potassio, che tuttavia sembrano un po' più elevate nel golfo.

In conclusione, dal punto di vista fisico-chimico le acque di questo golfo del Benaco sono in condizioni accettabili, senza vistosi fenomeni di inquinamento, con buona ossigenazione. Facendo un confronto con le indagini svolte precedentemente, con le cautele già ricordate, la situazione non è peggiorata. Probabile la presenza di correnti di fondo. Delle varie stazioni scelte, quella che appare essere nelle condizioni meno buone è la n. 3.

## B I B L I O G R A F I A

- I.R.S.A., 1974 - *Indagine sul lago di Garda*. Quaderni I.R.S.A., 18.  
I.R.S.A., 1980 - *Indagine sulla qualità delle acque lacustri italiane*. Quaderni I.R.S.A., 43.  
MERLO S. e MOZZI C., 1963 - *Ricerche limnologiche sul lago di Garda*. Arch. Oceanog. Limnol., 13: 1-125.  
NSE GARDA, 1980 - *Stato igienico e condizioni di inquinamento nella sponda veneta del lago di Garda*.  
Collana di studi e ricerche, Regione Veneto.

Indirizzo dell'Autore:

GAETANO BARBATO, via P. Gobetti, 4 - 25015 DESENZANO DEL GARDA (Brescia)