

# IL LAGO DI GARDA

## Introduzione

Il Lago di Garda è un lago profondo sudalpino localizzato nel punto d'intersezione tra la catena alpina e la pianura padana. E' il più grande lago italiano che da solo rappresenta il 30% della totalità d'acqua contenuta nei bacini italiani.

Foto 1: Il lago di Garda (Punta S. Vigilio - Garda)



Il distretto settentrionale del Garda è situato tra catene montuose per una trentina di chilometri rappresentate ad est dal Baldo e ad ovest dalle prealpi lombarde e ledrensi. Il distretto meridionale del Garda, a differenza dell' asprezza di forme presenti a settentrione, è confinato tra la dolcezza delle colline moreniche originatesi dal deposito di materiale eroso dal ghiacciaio che modellò una conca nella quale ora giace il Benaco. Tale conca ha orientazione NNE / SSW: asse Riva - Desenzano ed una morfologia caratteristica ed assai riconoscibile: stretta ed allungata nel distretto settentrionale, addentrandosi nelle propaggini rocciose, larga e subcircolare nel distretto meridionale con asse maggiore corrispondente alla congiungente Garda con Peschiera (Zampieri D., 2001)

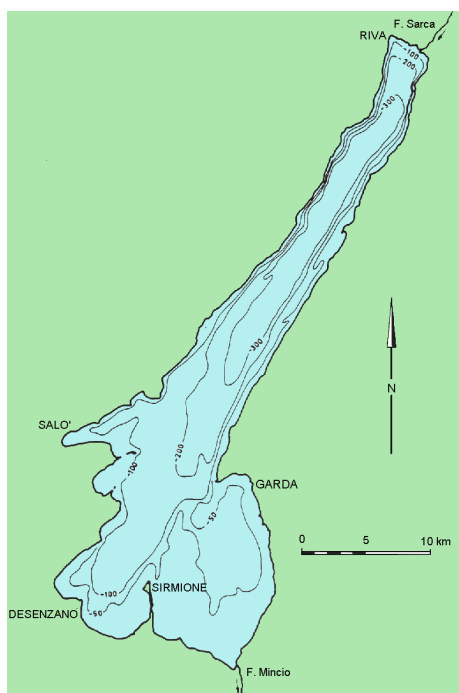
Tabella 1: Parametri morfometrici ed idrologici del Lago di Garda (Salmaso, 1994)

Lago di Garda	Bacino completo	Bacino nord - occidentale	Bacino sud - orientale
Superficie lago (km <sup>2</sup> )	368	273	95
Lunghezza costa (km)	165	145	45
Lunghezza massima (m)	51900	51900	15600
larghezza massima (m)	16700	11700	9800
Larghezza media (m)	7089	5260	6090
Profondità massima (m)	350	350	81
Profondità media (m)	133,3	167,6	34,4
Volume (milioni di m <sup>3</sup> )	49030	45766	3265
Profondità relativa (%)	1,62	1,88	0,74
Indice di sinuosità	2,42	2,48	1,29
Sviluppo del volume	1,14	1,44	1,27
Livello del lago (m)	65	65	65
Bacino imbrifero (km <sup>2</sup> )	2260		
Bac.Imbr./sup.lago	6,1		
Ricambio (anni)	26,8		
Max alt. Bac. Imbr. (m)	3556		

Osservando la mappa batimetrica di figura 1 si può notare che funzionalmente il Lago è suddiviso, da una dorsale sommersa tra Punta Grotte (in prossimità di Sirmione) e Punta S. Vigilio (poco a Nord di Garda), in due sottobacini: il più grande (nord occidentale) lungo circa 35 km e con profondità massima, al largo di Brenzone, di 350 m ed il minore (sud – orientale) lungo circa 15 km e con profondità massima di 81 m al largo di Bardolino.

L'immissario principale è il fiume Sarca, situato a nord in prossimità di Riva del Garda (TN), mentre l'emissario è il fiume Mincio situato a Sud nel comune di Peschiera del Garda (VR).

Figura 1: Mappa batimetrica del lago di Garda (CNR, 2004)



L'importanza strategica del lago di Garda è legata al fatto che è una enorme riserva (49 km<sup>3</sup>) d'acqua di buona qualità. Tale bacino garantisce una riserva d'acqua per l'approvvigionamento potabile e per uso irriguo, e mai come nel recente periodo di siccità (primavera-estate del 2003), si è potuto apprezzarne la preziosità.

L'attività turistico – alberghiera è senza dubbio una delle principali attività economiche impiegate sul Lago di Garda, infatti dai circa 156.300 abitanti residenti nei comuni rivieraschi si arriva, nei periodi di massimo afflusso turistico (agosto), a quasi 4.000.000 di presenze.

Per il clima mite vi è una pregiata produzione di vini e di olio di oliva.

Molto importanti sono infine le attività ludiche svolte sul lago di Garda: le principali sono senza dubbio la balneazione, la navigazione ed in particolar modo vela.

## Lo stato di qualità delle acque del Lago di Garda

Il bacino, come si può dedurre da quanto detto in precedenza, è sottoposto ad un enorme carico di presenze ed attività. Ma fino a quando la qualità delle acque del Garda, sottoposto ad un carico del genere, potrà rimanere buona? Sono sufficienti le soluzioni impiantistiche adottate per preservare questo enorme e prezioso bene comune?

Per tale ragione sul lago di Garda vengono effettuate molte campagne di monitoraggio volte a controllarne l'idoneità all'uso potabile ed alla balneazione

### Sorveglianza algale

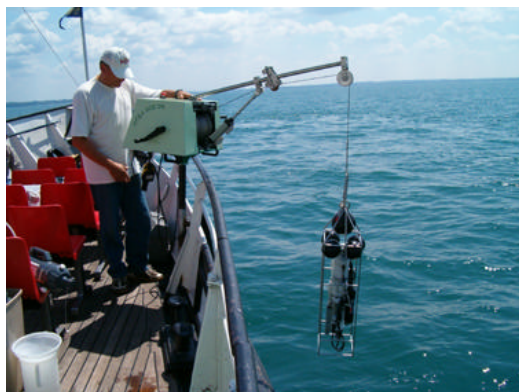
Il monitoraggio ha lo scopo di analizzare i taxa fitoplanctonici che si sviluppano nella zona fotica, ossia nello strato superficiale del lago raggiunto dalla luce. Questa attività viene svolta per verificare se il fitoplancton,

ritenuto dalla normativa il principale responsabile dell'innalzamento dei livelli di ossigeno, non presenti tra i propri taxa, livelli elevati di specie potenzialmente tossiche e che potrebbero rappresentare un rischio sanitario per i bagnanti. I risultati ottenuti sono utilizzati dalla Regione Veneto per ottenere deroga al valore limite del parametro Ossigeno Disciolto.

Le indagini fino ad oggi effettuate hanno dimostrato che le acque del Garda, anche se presentano livelli di Ossigeno Disciolto più elevato del valore limite disciplinato dal DPR 470/82, sono comunque balneabili.

La ricerca viene svolta su 4 stazioni di campionamento a centro lago: 2 rappresentative del bacino nord-occidentale (Brenzone e Torri del Benaco) e 2 rappresentative del bacino sud-orientale (Bardolino e Lazise). Per ciascuna stazione, mensilmente, vengono realizzati rilevamenti di pH, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica specifica e temperatura sull'intera colonna grazie ad una sonda multiparametrica (SEACAT 019). Vengono inoltre effettuate misure di trasparenza dell'acqua e campionamenti alle profondità ritenute rappresentative della situazione dei vari strati limnetici.. Sui campioni prelevati vengono effettuate le determinazioni analitiche di pH, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica specifica, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto ammoniacale, Fosforo totale, orto fosfato, silice, alcalinità, clorofilla A, feofitina e pigmenti totali.

Foto 2: Sonda multiparametrica SBE 19. Strumento utilizzato per la misura, sull'intera colonna d'acqua, di pH, conducibilità, ossigeno disciolto, temperatura e clorofilla A.



## Indagini limnologiche

La limnologia è la disciplina che si occupa dello studio dello "stato di salute" di un lago. Più precisamente, la limnologia, è quella branca dell'ecologia che studia la struttura e la funzione degli ecosistemi lacustri (anche delle acque dolci in genere). Tale studio si realizza attraverso la determinazione delle caratteristiche fisico, chimiche e biologiche di un bacino.

Lo "stato trofico" esprime la condizione di un lago in funzione della quantità di "nutrienti" in esso contenuti e della "produttività" del lago stesso. I "nutrienti" sono gli elementi o i composti che servono agli organismi che vivono nell'acqua (fitoplancton, zooplancton, etc..) per accrescersi e riprodursi.

La "produttività" è la massa di sostanza organica (biomassa) sintetizzata da una popolazione in una unità di tempo al netto delle perdite per il mantenimento del metabolismo (respirazione), per le escrezioni e secrezioni, per la mortalità e la predazione.

Tabella 2: Valori di riferimento per la classificazione dello stato trofico di un lago (Fonte: OECD 1982)

STATO TROFICO	ClorofillaA (mg/m <sup>3</sup> )		Trasparenza (m)		P <sub>tot</sub> (mg/m <sup>-3</sup> )
	Media annua	Max	Media annua	Min	Media annua
Ultraoligotrofia	<1	<2.5	>12	>6	<4
Oligotrofia	<2.5	<8	>6	>3	<10
Mesotrofia	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5	10 – 35
Eutrofia	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7	35 – 100
Ipereutrofia	>25	>75	<1.5	<0.7	>100

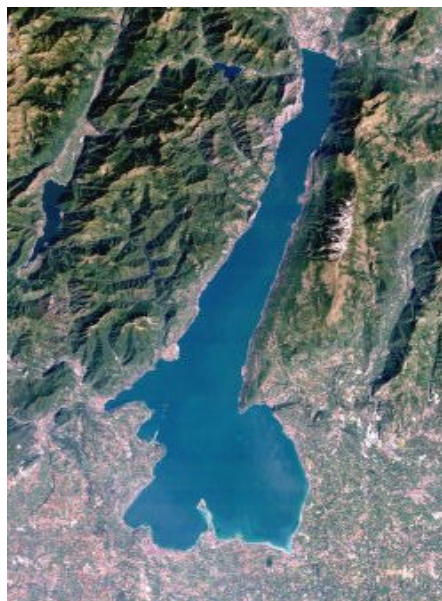
L'aumento delle concentrazioni di nutrienti algali e del livello trofico nei corpi lacustri determina una serie di effetti negativi sulla qualità e utilizzabilità delle acque. Quelli più evidenti includono l'incremento della biomassa fitoplanctonica, il cambiamento della struttura e composizione delle comunità vegetali e animali, il consumo ipolimnetico di ossigeno (con la possibile comparsa di composti tossici) e il deterioramento delle caratteristiche estetiche delle acque. Per quanto riguarda l'utilizzo ricreativo e potabile delle risorse idriche, uno degli effetti più gravi dell'eutrofizzazione è costituito dalla tendenza all'aumento dei cianobatteri. Questi organismi fitoplanctonici possono produrre tossine algali, costituendo un potenziale rischio per la salute umana nel caso di utilizzo di acque contaminate da una loro eccessiva presenza. La determinazione delle concentrazioni di nutrienti e la valutazione del livello trofico permettono pertanto di valutare la potenzialità dei corpi d'acqua di sviluppare elevate biomasse algali associate a possibili fioriture di cianobatteri. Ciò diviene tanto più importante se si considera che, originariamente, tutti i laghi profondi sudalpini erano oligotrofi. Dagli anni '50 e '60, con il progredire dello sviluppo economico e della pressione antropica, questi bacini hanno subito un evidente processo di eutrofizzazione. Attualmente, dopo una intensa campagna di riduzione dei carichi di nutrienti, solo il Lago Maggiore mostra una evidente tendenza verso condizioni originarie di oligotrofia, mentre, dagli anni '50 ad oggi, le concentrazioni primaverili di fosforo totale nell'intera colonna d'acqua del Lago di Garda sono quasi raddoppiate, passando da circa 10 µg/l a valori di poco inferiori a 20 µg/l.

Il Lago di Garda, in origine oligotrofo, si colloca tra la oligotrofia e la mesotrofia. Questo significa che la qualità delle acque del bacino sono ancora buone ma che, alla luce dei dati raccolti, vi è una tendenza al peggioramento. È importante tener presente che quando si parla di alti livelli di nutrienti ed in particolare del fosforo (fattore limitante la crescita degli organismi presenti nell'acqua) viene sempre fatta una considerazione relativa alle condizioni iniziali e all'equilibrio ecologico del lago. Infatti se confrontiamo i livelli di fosforo contenuti nelle acque del lago di Garda ed i livelli di fosforo che possiamo trovare nelle acque minerali scopriamo che queste ultime possono avere valori anche 50 volte superiori. Questo concetto è molto importante in quanto ci consente di capire che un aumento dei livelli di nutrienti, che in senso assoluto è insignificante se consideriamo solo le caratteristiche chimiche dell'acqua, può spostare l'equilibrio dell'ecosistema con il conseguente peggioramento del quadro biologico e quindi un peggioramento dello stato trofico del lago.

## Il fosforo

Il fosforo è un nutriente di notevole importanza per la vita fitoplanctonica, ovvero, è quello che ne governa la crescita. Infatti il fosforo è presente nell'ambiente terrestre in quantità piuttosto basse e gli organismi che ne usano la forma più solubile ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), derivante dall'ossidazione batterica dei composti organici contenenti fosforo, lo assimilano velocemente cosicché il fosforo, nelle acque lacustri, è sempre presente in quantità molto basse. Questo fa capire quanto importante sia il ciclo del fosforo e come, le attività antropiche, abbiano influito pesantemente sul ciclo di questo elemento immettendolo in eccesso nei laghi con i detersivi, le acque di scarico, i fertilizzanti.

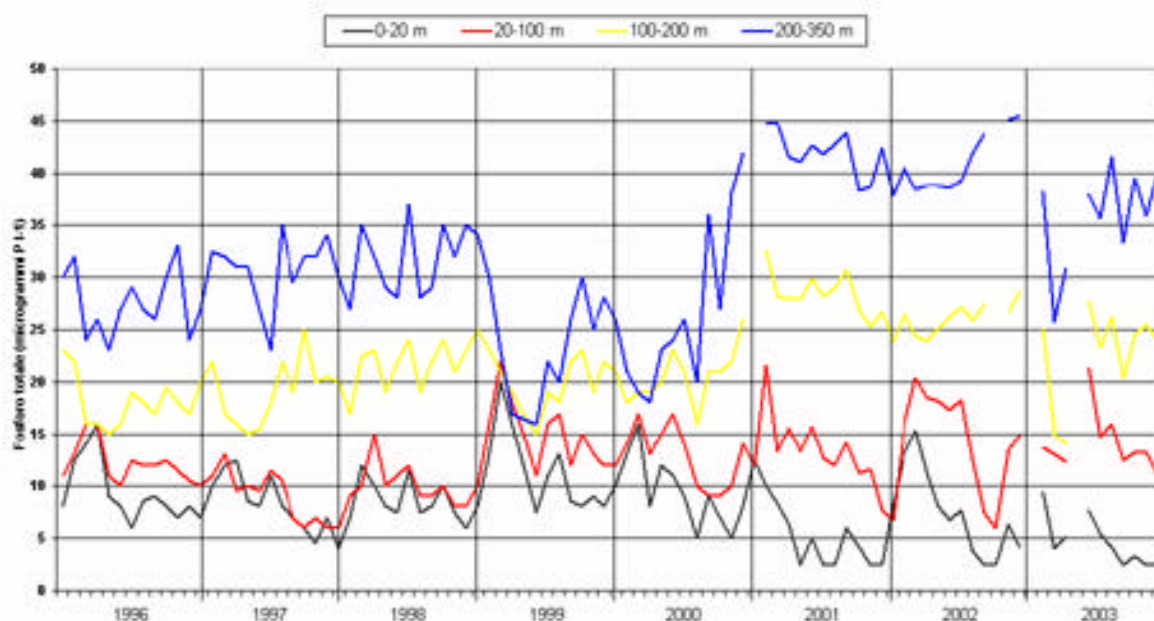
Immagine 1: immagine satellitare a colori naturali del lago di Garda acquisita dal sensore TM a bordo del Landsat 5, il 12 settembre 1990 - CNR – IREA - Progetto SALMON



Quindi, l'andamento dei livelli di fosforo, rappresentati nei grafici di seguito riportati, possono essere usati come traccianti per aiutare a capire come è variato negli anni lo stato trofico ed a valutare i possibili cambiamenti futuri dello stato del bacino.

L'incremento di fosforo che ha interessato le acque del Garda dagli anni '50 in poi è con ogni probabilità dovuto in gran parte ai carichi antropici (reflui urbani) che dal bacino imbrifero sono stati convogliati direttamente o indirettamente nel lago. Non vi sono insediamenti industriali o attività produttive tali da far pensare elevati contributi da parte di questi.

Figura 2: Andamento temporale della concentrazione di fosforo totale, espresso in  $\mu\text{g/l}$ , in funzione della profondità (Fonte: Salmasso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123; aggiornato e modificato da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona)



Il Lago di Garda è un lago oligomittico, ovvero, solo raramente le sue acque (gli strati limnetici) si rimescolano completamente. Questa caratteristica potrebbe indurre a pensare che i carichi di nutrienti, finiti in fondo al lago, in qualche modo restino confinati nell'ipolimnio "non interessando" così gli strati più superficiali delle acque direttamente utilizzate dall'uomo. Dal grafico sopra riportato si può vedere che non è così. Infatti si nota che negli anni 1999 e 2000 (anni in cui il rimescolamento completo si è verificato) gli strati più profondi si sono "impoveriti" di fosforo "rifornendo" gli strati più superficiali (circa  $20 \mu\text{g/l}$ ). La presenza più elevata di fosforo e di nutrienti nella zona fotica (cioè quella raggiunta dalla luce, dove è possibile la fotosintesi) ha fatto sì che il fitoplancton (micro-alghe planctoniche) presente avesse a disposizione nutrienti e "materiale da costruzione" per accrescersi e riprodursi in maniera massiccia. Questo viene confermato dalla diminuzione della trasparenza, all'aumento della biomassa presente, all'aumento dei livelli di clorofilla a e all'aumento dei livelli di ossigeno disciolto.

### La trasparenza

La trasparenza è un indice misurato attraverso il disco di Secchi ed è legato alla densità di popolazione presente nell'acqua. Il disco di Secchi è un disco bianco del diametro di circa 20 cm. Per ottenere la misura della trasparenza il disco viene calato in acqua con una corda metrata fino a quando non è più visibile. La misura di trasparenza viene espressa come profondità in metri alla quale il disco Secchi non è più visibile. E' intuitivo capire che: più organismi fitoplanctonici sono presenti, più materiale sospeso c'è; e quindi meno trasparente alla luce risulterà l'acqua (valore di trasparenza-disco Secchi più basso). Il limite di questa misura è che non distingue tra torbidità minerale-inorganica e torbidità da sviluppo di organismi, quindi è utile ma non sufficiente per determinare lo stato trofico di un Lago.



Figura 3: Andamento temporale dei valori minimi annuali di trasparenza misurati nelle stazioni di Brenzone e Bardolino. Per la valutazione dello stato trofico (ultraoligotrofia, oligotrofia, mesotrofia) sono riportati i livelli previsti dall'O.E.C.D. – 1982 (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123; aggiornato e modificato da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona)

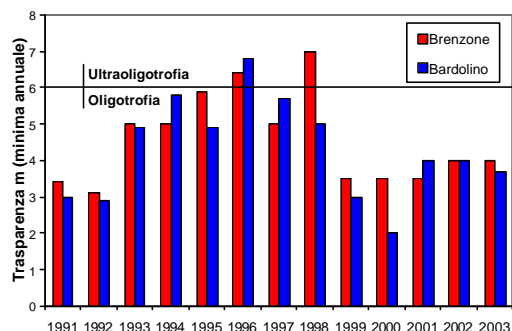
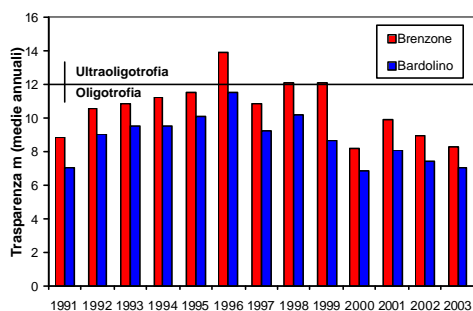


Figura 4: Andamento temporale dei valori medi annuali di trasparenza misurati nelle stazioni di Brenzone e Bardolino. Per la valutazione dello stato trofico (ultraoligotrofia, oligotrofia, mesotrofia) sono riportati i livelli previsti dall'O.E.C.D. – 1982 (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123; aggiornato e modificato da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona)



### Clorofilla A

La clorofilla a è un pigmento fondamentale per la realizzazione della fotosintesi da parte del fitoplancton. Misurando quindi i livelli di clorofilla a nella zona fotica (zona d'acqua dove, grazie alla luce che penetra, è possibile la fotosintesi) si ha una indicazione del quantitativo di fitoplancton (e quindi della produttività) presente nel Lago. Il limite di tale parametro è che non distingue tra clorofilla di organismi vivi in accrescimento ed organismi morti. Anche questo parametro è un ottimo indicatore ma non è sufficiente per valutare lo stato trofico di un lago.

Figura 5: Andamento temporale dei valori medi annuali di clorofilla A misurati nelle stazioni di Brenzone e Bardolino. Per la valutazione dello stato trofico (ultraoligotrofia, oligotrofia, mesotrofia) sono riportati i livelli previsti dall'O.E.C.D. – 1982 (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123; aggiornato e modificato da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona)

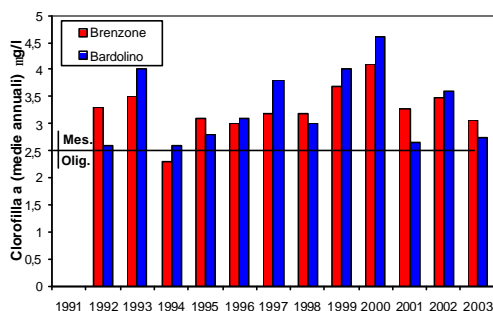
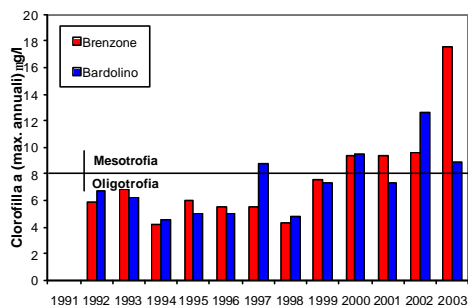


Figura 6: Andamento temporale dei valori massimi annuali di clorofilla A misurati nelle stazioni di Brenzone e Bardolino. Per la valutazione dello stato trofico (ultraoligotrofia, oligotrofia, mesotrofia) sono riportati i livelli previsti dall'O.E.C.D. – 1982 (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno),

Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123; aggiornato e modificato da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona)



### Ossigeno disciolto

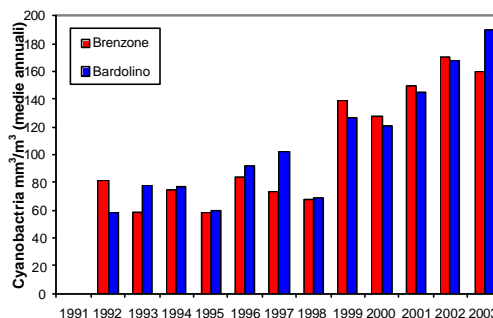
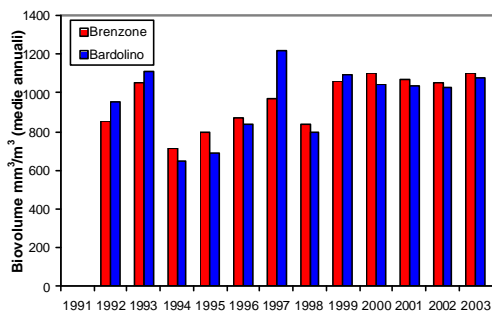
L'ossigeno è uno dei prodotti della fotosintesi. L'Ossigeno Disciolto nell'acqua deriva dal quantitativo di molecole che si sciolgono provenienti dall'aria (la solubilità è legata alla temperatura ed alla salinità dell'acqua), più quello prodotto per fotosintesi, meno quello consumato per la respirazione degli organismi presenti. Per non complicare le cose si trascurano volontariamente i contributi alla variazione dei livelli di ossigeno apportati dalle reazioni di ossido-riduzione non strettamente legate agli organismi. Risulta intuitivo che: all'aumentare della massa biologica, capace di produrre ossigeno, ne risulterà un aumento dell'Ossigeno Disciolto in acqua. Anche questo parametro, da solo, non ci consente di trarre una valutazione dello stato trofico, in quanto soggetto anche a variazioni legate alla temperatura dell'acqua e quindi alle condizioni climatiche. I livelli di ossigeno disciolto ipolimnico (strato d'acqua a contatto con il fondo del lago) sono comunque fondamentali per evidenziare un potenziale rischio di anossia sul fondo con conseguente innesco della ossidazione delle sostanze organiche attraverso via anaerobiche (operata da microrganismi) con produzione di sostanze tossiche.

### Lo stato trofico ed il biovolume

Mettendo insieme parametri quali: fosforo, trasparenza e clorofilla a, è possibile arrivare ad una buona valutazione dello stato trofico del lago. Esistono diversi metodi per farlo per esempio il metodo proposto dall'OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development - 1982 Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control); D.Lgs. 152/99 e successive modificazioni ed integrazioni, ed altri vecchi metodi dai quali questi hanno preso spunto. L'aumento dello stato trofico (eutrofizzazione) corrisponde ad un peggioramento della qualità del corpo idrico e quindi alla compromissione della fruibilità di tale bacino.

Il **biovolume** ( $\text{mm}^3/\text{m}^3$ ) è direttamente rappresentativo della effettiva popolazione fitoplanctonica presente. Con il processo di eutrofizzazione e quindi con l'aumento dei livelli di biovolume presente si verifica un altro fenomeno importante: la variazione della composizione fitoplanctonica. Come si può notare dai grafici di figura 7, con l'aumentare della media dei biovolumi, negli anni, la popolazione fitoplanctonica si va arricchendo di taxa potenzialmente tossici come i Cianobatteri. Questo potrebbe far sì che prima ancora di raggiungere livelli critici di eutrofizzazione, a lungo termine, si comincino comunque ad aver problemi per l'uso ricreativo e potabile delle acque del Garda.

Figura 7: Andamento temporale dei livelli medi per anno di biovolume (grafico a sinistra) e dei livelli medi per anno di cianobatteri espressi in biovolume misurati nelle stazioni di Brenzone e Bardolino. (Fonte: Salmasso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123; aggiornato e modificato da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona)



## La qualità delle acque di balneazione

### Introduzione

La normativa di riferimento per la gestione delle acque di balneazione è il D.P.R. n. 470 del 08.06.1982 e successive modificazioni ed integrazioni.

Il Decreto definisce:

- quali sono le acque di balneazione: acque dolci, correnti o di lago e le acque marine nelle quali la balneazione è espressamente autorizzata ovvero non vietata;
- cosa sono le "zone di balneazione": il luogo in cui si trovano le acque di balneazione;
- il periodo della "stagione balneare": per il Garda il periodo compreso tra il 1° maggio ed il 30 settembre;
- il "periodo di campionamento": periodo durante il quale si eseguono i rilevamenti necessari a stabilire l'idoneità delle acque da destinare alla balneazione, inizia un mese prima della stagione balneare e termina con la fine della stessa;
- le modalità tecniche di campionamento ed analisi;
- i requisiti delle acque di balneazione (valori limite);
- le competenze degli enti coinvolti nella gestione delle acque di balneazione ed i provvedimenti che, ciascuno di questi, deve intraprendere sulle "zone di balneazione" in funzione degli esiti analitici.
- Il quantitativo minimo di rilevamenti e campionamenti routinari da effettuare per ogni zona di balneazione durante il periodo di campionamento, ovvero almeno 12 (2 al mese)
- Le procedure di laboratorio e le modalità di campionamento e di rilevamento dei parametri chimico-fisici sul campo

Prima dell'inizio del periodo di campionamento la Regione Veneto emana un Decreto che, sulla base di quanto disciplinato dal DPR 470/82 e s.m.i. ed i risultati delle analisi svolte le ultime due precedenti stagioni balneari, determina:

- le zone da sottoporre a controllo, ed i relativi punti di campionamento, in quanto destinate alla balneazione e quelle non destinate alla balneazione (foci di fiumi, porti etc..).
- individua, tra le zone destinate alla balneazione, quelle:
  - idonee al 1° aprile
  - non idonee al 1° aprile
  - vietate, ovvero non idonee dal 1° aprile al 30 settembre (non idonee per 6 mesi = per l'intera stagione balneare)

### Il monitoraggio acque di balneazione del lago di Garda

Il controllo dell'idoneità delle acque alla balneazione consiste essenzialmente nella verifica della rispondenza delle acque ai requisiti chimici e microbiologici riportati in Tabella 3.

Tabella 3: Valori limite per la balneabilità delle acque del Lago di Garda (Allegato 1 DPR 470/82 e succ. modificazioni ed integrazioni).

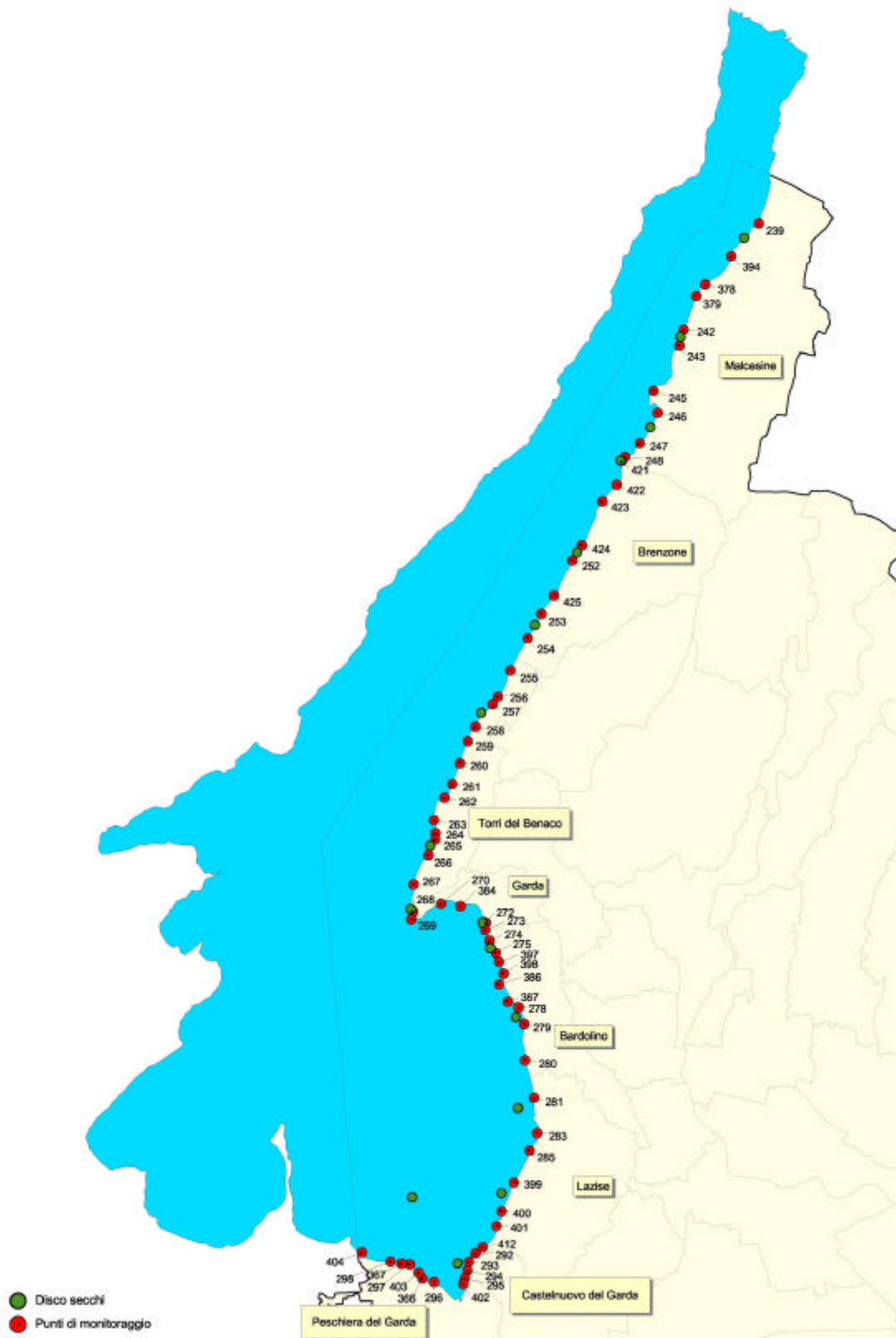
Parametro	Unità di misura	Valore limite	
		Minimo	Massimo
Coliformi totali	UFC/100 ml		2000
Coliformi fecali	UFC/100 ml		100
Streptococchi fecali	UFC/100 ml		100
Salmonelle	Presenza / Assenza su 1000 ml	ASSENTE	
pH	unità pH	6	9
Colorazione		Assenza di colorazioni insolite	
Trasparenza	m (disco secchi)	1	
Oli minerali	mg/l		0.5
Tensioattivi	mg/l		0.5
Fenoli	mg/l		0.05
Ossigeno disciolto	% Saturazione	70(*)	120(°)

(\*) In regime di deroga il valore è 50 (°) In regime di deroga il valore è 170

Tutte le indagini, sia chimiche che microbiologiche, sono effettuate tra le ore 9.00 e le ore 15.00 ed almeno a 48 ore di distanza dall'ultima precipitazione significativa avvenuta sul lago.



Figura 8: Punti per il controllo della balneazione sul lago di Garda



## **La gestione delle zone idonee e delle zone non idonee alla balneazione**

### **Zone idonee al 1° aprile**

Su queste zone vengono eseguite le indagini routinarie regolarmente come precedentemente descritto. Quando una routinaria risulta essere sfavorevole devono essere eseguite 5 indagini, dette suppletive, in rapida successione (non più di una al giorno!) nello stesso punto di campionamento. Se 4 su 5 indagini suppletive risultano favorevoli la zona rimane balneabile altrimenti, su proposta dell'ARPAV, con una ordinanza del Sindaco, il Comune competente per territorio dichiara la zona temporaneamente non idonea alla balneazione. Le indagini routinarie vengono svolte, come programmato, regolarmente sia sulle zone idonee che su quelle temporaneamente non idonee.

Le zone temporaneamente non idonee vengono dichiarate nuovamente idonee alla balneazione, su proposta dell'ARPAV, con una ordinanza del Sindaco del Comune competente per territorio quando due indagini routinarie consecutive sono risultate favorevoli.

### **Zone non idonee al 1° aprile**

Sono zone che hanno avuto problemi durante la stagione balneare precedente. Vengono per questo considerate delle "sorvegliate speciali". Infatti la loro idoneità viene decisa sulla base delle prime due routinarie che devono essere favorevoli. In caso contrario non si procede neppure alle indagini suppletive, vengono dichiarate non idonee per l'intera stagione balneare. Naturalmente vengono effettuate comunque le indagini routinarie programmate. Questo per fornire i dati necessari a dichiararle idonee, non idonee o non idonee per l'intera stagione in occasione dell'apertura della stagione balneare successiva.

Se le prime due routinarie danno esito positivo allora, per il resto della stagione, vengono dichiarate idonee con un'ordinanza del Sindaco del comune competente per territorio sempre su proposta dell'ARPAV. Una volta dichiarate nuovamente idonee le zone in questione vengono sottoposte ad indagini routinarie ed eventuali suppletive esattamente come le zone idonee al 1° Aprile soltanto che, nei periodi di massimo afflusso (dal 15 giugno al 15 settembre 2004 per il Garda), tra una routinaria e l'altra devono passare al massimo di 10 giorni. Pertanto alla fine del periodo queste zone avranno accumulato almeno 15 routinarie. Anche queste zone, come le idonee al 1° Aprile, nel caso che ad una routinaria sfavorevole seguano due suppletive sfavorevoli (non è più possibile raggiungere le 4 suppletive favorevoli su 5), possono essere dichiarate temporaneamente non idonee e successivamente riaperte alla balneazione in seguito a due routinarie favorevoli consecutive. In aggiunta però vi è il fatto che non appena si accumulano due routinarie sfavorevoli anche non consecutive le zone "sorvegliate speciali" vengono dichiarate non idonee per il resto della stagione balneare sempre attraverso un'ordinanza del Sindaco su proposta ARPAV.

### **Zone vietate, ovvero non idonee dal 1° aprile al 30 settembre (non idonee per 6 mesi = per l'intera stagione balneare)**

Su queste zone vengono effettuate solamente le indagini routinarie per fornire i dati necessari a dichiararle idonee, non idonee o non idonee per l'intera stagione in occasione dell'apertura della stagione balneare successiva.

Se una zona viene dichiarata vietata per due stagioni di seguito questa viene tolta dalle zone destinate alla balneazione ed attuati, su questa, dei piani recupero ambientale e di risanamento. Successivamente, previa una stagione, svolta con i soli accertamenti routinari, favorevole è possibile riaprire tale zona alla balneazione

## **Confronto dei principali parametri rilevati dal 1999 al 2003**

### **Ossigeno disciolto**

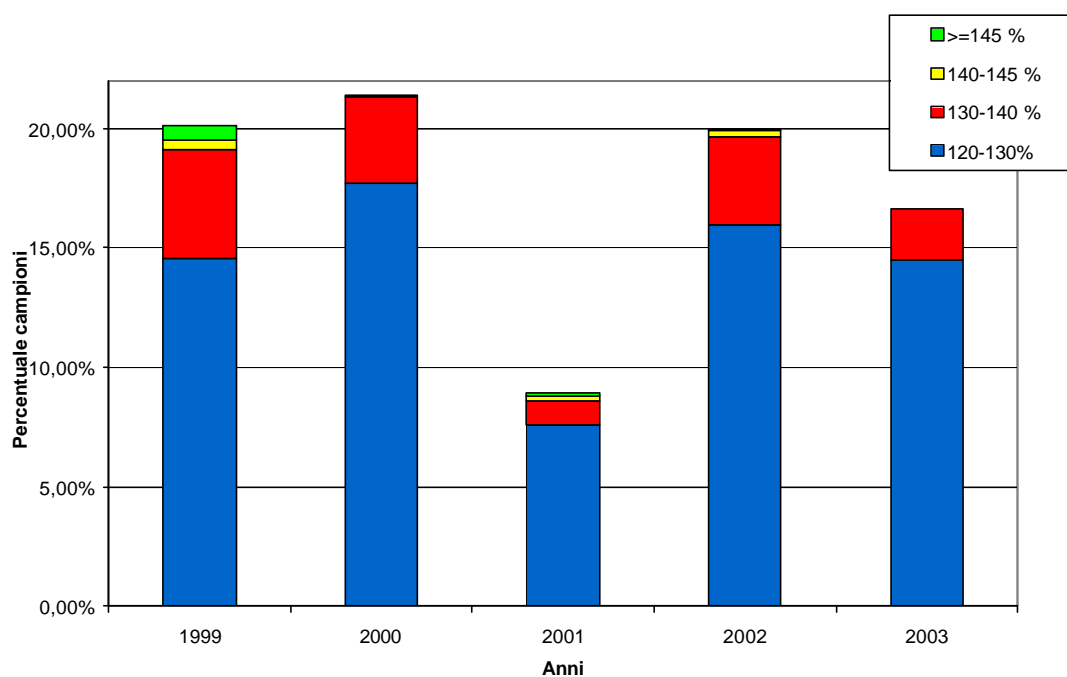
Come citato in precedenza il parametro ossigeno disciolto (OD) è ritenuto un indicatore dell'attività fotosintetica del fitoplancton. Più elevata è la quantità di fitoplancton (elevata produttività del lago) più è elevata la probabilità di avere taxa potenzialmente tossici. Per questo motivo è stato posto un limite di OD pari al 120%. Tale limite è stato stabilito indipendentemente dalla matrice (acqua di lago, di fiume, mare etc..) pertanto è stata data la possibilità di derogare dal valore disciplinato dal DPR 470/82 e s.m.i. (valore limite in deroga 170%) dimostrando, con l'attuazione di un programma di sorveglianza algale, che i taxa potenzialmente tossici non sono rappresentati in quantità significative. Il limite inferiore di OD (70%) disciplinato dal DPR è legato invece dal rischio, per la salute, rappresentato dalla possibilità di produzione di sostanze tossiche in seguito all'anossia delle acque.

Foto 3: Strumento per la misura elettrometrica dell'ossigeno disciolto, del pH, della conducibilità e della temperatura dell'acqua.



Le indagini effettuate sul lago di Garda non hanno mai rilevato problemi di anossia. I superamenti di OD sono sempre stati contenuti entro il 170% di saturazione. I pochi superamenti del valore limite 120%, in assenza di deroga, non hanno mai indicato alcun problema ne' ambientale ne' per la salute dei bagnanti.

Figura 9: Andamento nel tempo dei controlli di ossigeno disciolto delle acque del lago di Garda con valori di ossigeno disciolto superiore al valore di 120% di saturazione.



### Coliformi Totali e Fecali

I Coliformi Totali ed i Coliformi Fecali sono gruppi di batteri indicatori di contaminazione fecale delle acque. Essi sono importanti in quanto la totalità delle indagini sfavorevoli, lo sono, a causa del superamento del limite di almeno uno di questi parametri.

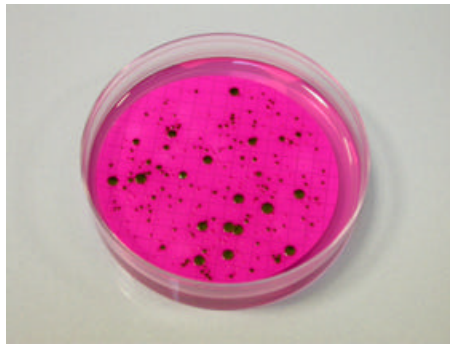
La contaminazione delle acque di balneazione avviene a causa di carichi antropici provenienti da: insediamenti urbani non collettati; immissari; impianti di collettamento o fognari in avaria; acque di dilavamento del bacino imbrifero.

I Coliformi Totali sono organismi indicatori di inquinamento fecale non recente ed in genere non sono patogeni. Aerobi ed anaerobi facoltativi, non sporigeni, a forma di bastoncino e in grado di fermentare il lattosio a 36°C e di crescere in presenza di sali biliari.

Sono presenti nel terreno, nelle piante e nell'intestino dei mammiferi.

Sono un gruppo eterogeneo rappresentato dalle famiglie delle Enterobacteriaceae (*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter*, *Serratia* e *Klebsiella pneumoniae*).

Foto 4: Coliformi Totali su terreno di coltura Endo



I Coliformi fecali sono indicatori di contaminazione fecale recente, sono un sotto gruppo dei Coliformi Totali, ovvero quella parte dei Coliformi Totali "termotollerante" (hanno la capacità di fermentare il lattosio a 44° C-45° C) e sono rappresentati essenzialmente da *Escherichia coli* e da *Klebsiella pneumoniae*.

Foto 5: Coliformi Fecali su terreno di coltura mFc

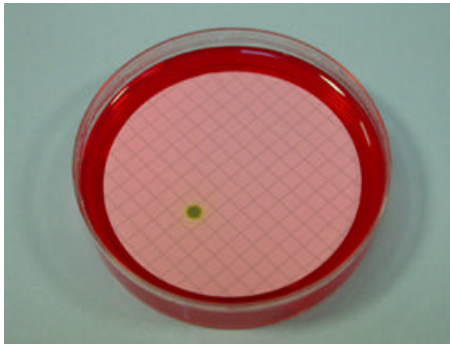
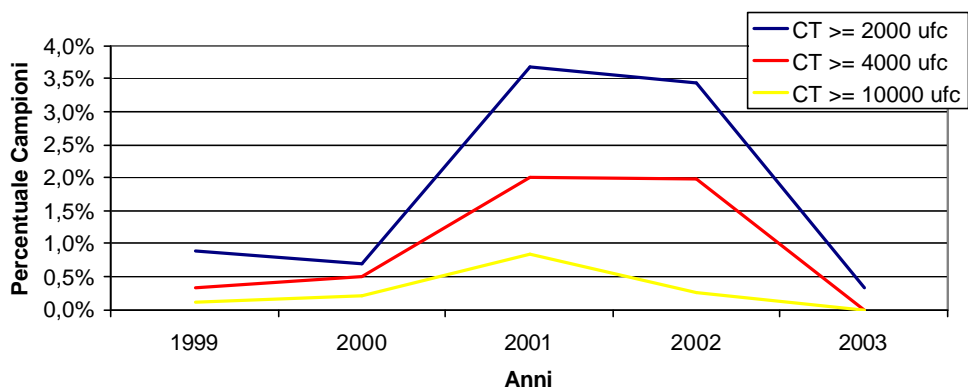


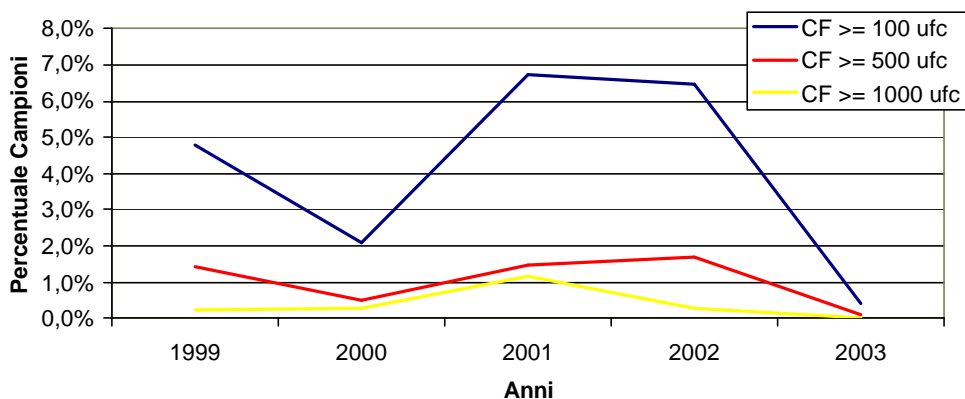
Figura 10: Percentuale di indagini sfavorevoli per superamento del limite relativo ai Coliformi Totali



Come si può notare dal grafico di figura 10, l'andamento negli anni dei superamenti del limite dei Coliformi Totali ha avuto un andamento altalenante con consistenti superamenti dei limiti di legge nel periodo 2001-2002 e con un recupero sorprendente nel 2003.

Un comportamento del tutto analogo (i due parametri sono correlati) si nota per i Coliformi Fecali.

Figura 11: Percentuale di indagini sfavorevoli per superamento del limite relativo ai Coliformi Fecali



Il sorprendente miglioramento molto probabilmente non è da ascrivere solo agli interventi di manutenzione e miglioramento delle condotte fognarie ma soprattutto alle condizioni meteo particolari che si sono verificate nel 2003. In figura 12 e 13 sono riportati i confronti tra le precipitazioni avute nel bacino del lago di Garda nel periodo balneabile e durante il resto dell'anno.

Figura 12: Andamento annuale della quantità di pioggia caduta nel periodo della balneazione e durante il resto dell'anno

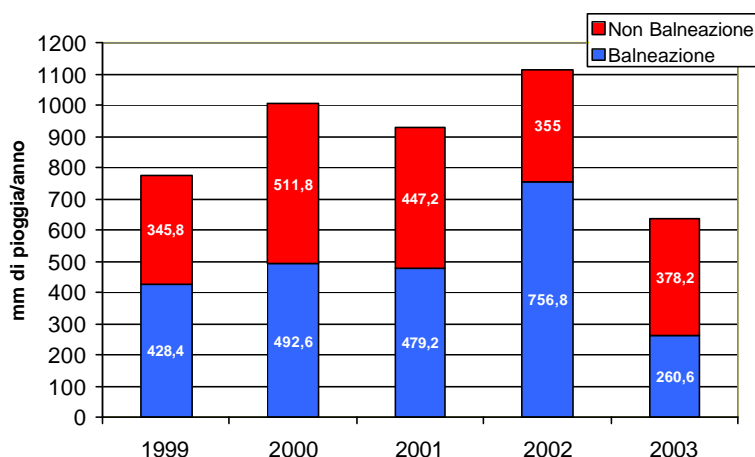
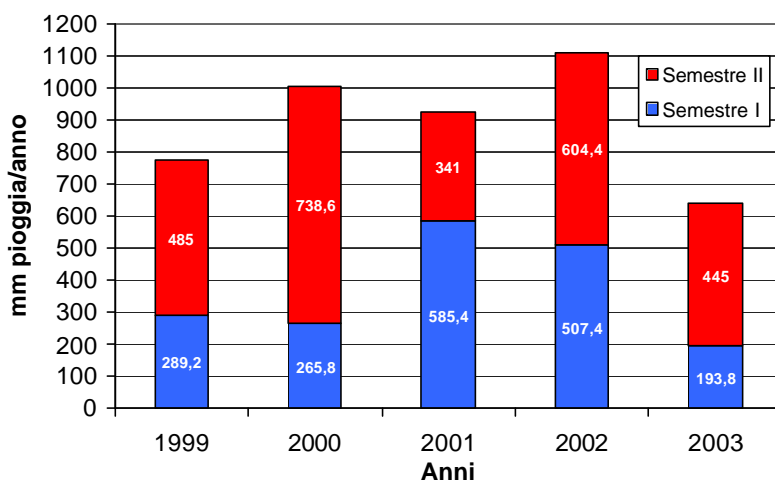


Figura 13: Andamento annuale della quantità di pioggia caduta nel primo e nel secondo semestre.



Il grafico in figura 12 evidenzia come le precipitazioni siano state inferiori agli 800 mm sia nel 1999 che nel 2003 ed in entrambi gli anni i superamenti dei limiti di legge sono stati sporadici, al contrario si nota che, in

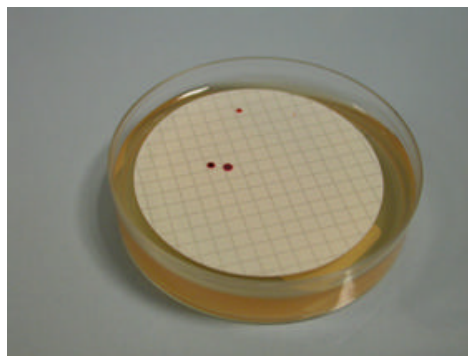


corrispondenza di anni particolarmente piovosi (2001 e 2002) ci sono periodi di balneazione con parecchie analisi sfavorevoli. L'affermazione appena fatta potrebbe, in prima analisi, essere confutata dal fatto che nell'anno 2000 sono caduti oltre 1000 mm di pioggia ed il numero delle indagini sfavorevoli è stato comunque abbastanza basso, nonché paragonabile ai livelli del 1999 (anno meno piovoso < 800 mm). Osservando però il grafico di figura 13 si nota che il quantitativo di pioggia caduta nel primo semestre 2000 non è elevata ed è paragonabile a quella caduta nel 1999. Si potrebbe ipotizzare quindi che gli andamenti delle stagioni balneari siano legate alla piovosità ed in particolare a quanta pioggia cade nel primo semestre sul bacino imbrifero. Questo farebbe pensare alla possibilità che i sistemi di condotta delle acque meteoriche e di dilavamento stradale non siano separate in maniera sufficiente dalle condotte dei reflui urbani e quindi, in caso di pioggia consistente, si attivassero con una certa frequenza i sistemi di protezione da sovraccarico delle condotte con conseguente immissione di emergenza a lago dei reflui. Inoltre, sempre in caso di pioggia consistente, sarebbe ipotizzabile un apporto di carichi antropici indiretti, attraverso gli immissari o altre condotte più o meno note dal bacino imbrifero.

### Streptococchi Fecali

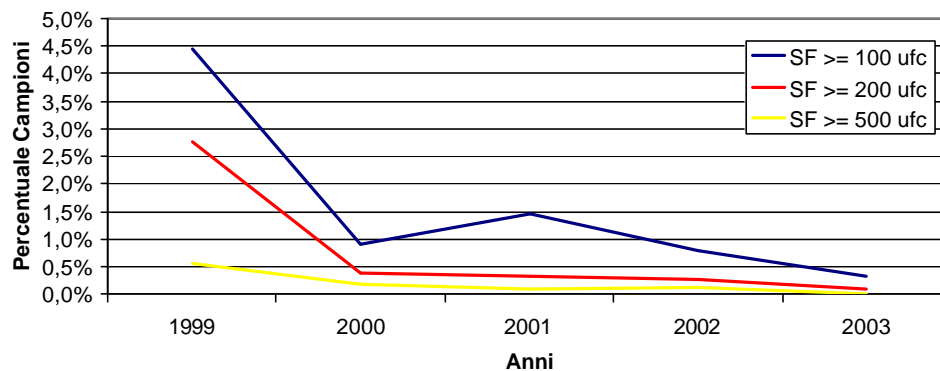
Il gruppo degli Streptococchi fecali (indicati nelle nuove normative come Enterococchi) è costituito da differenti specie e varietà (*S. faecalis*, *S. faecium*, *S. bovis*, *S. equinus*) di origine prevalentemente fecale (feci animali incluso l'uomo), ma in pochi casi anche da origine ambientale (*Streptococcus casseliflavus*) (ULSS 20 -PMP di Verona, 1997). In acque salate e salmastre hanno capacità di sopravvivenza maggiore rispetto ai coliformi (più resistenti di *E. coli*) mentre sono molto meno resistenti nell'acqua dolce come quella del Garda. Pertanto sono da considerare indicatori di inquinamento fecale in atto.

Foto 6: Streptococchi Fecali su terreno di coltura Enterococco



Nel grafico di figura 14 è riportato l'andamento della percentuale di campioni sfavorevoli per anno: l'elevata percentuale riscontrata nel 1999 è molto probabilmente riconducibile ad una sovrastima analitica degli Streptococchi fecali, sovrastima superata con l'affinamento della metodica analitica

Figura 14: Andamento nel tempo della percentuale di campioni sfavorevoli per streptococchi fecali



### La balneabilità del Lago di Garda.

La stagione balneare dell'anno 2001, a causa di frequenti contaminazioni soprattutto di tipo microbiologico, e per effetto dell'aggiornamento della norma che ha imposto limiti più restrittivi (il DPR 470/82 è stato modificato con il decreto-legge 31 marzo 2003, n. 51, convertito in legge, con modifiche, 30 maggio 2003, n.121) ha portato alla chiusura, per l'intera stagione, delle zone relative ai punti 295 (Lungolago Garibaldi 1) e 403 (Località Palazzo) di Peschiera del Garda.

Nella stagione balneare 2002 il punto 295 di Peschiera ha presentato minori problemi rispetto all'anno 2001 e quindi nel 2003 è stato riaperto alla balneazione. Il punto 403, sempre di Peschiera del Garda, ha continuato a presentare superamenti dei limiti nel corso del 2002 e pertanto anche per la stagione balneare del 2003 non è stato riaperto. Nel corso della campagna di controllo della balneazione dell'anno 2002 si sono avuti superamenti dei limiti anche nei punti 294 (Campanello sud) di Castelnuovo del Garda e 367 (Spiaggia Vecchia) di Peschiera del Garda, punti che non sono risultati idonei alla balneazione per tutto l'anno 2003. I punti 258 (La Pozza) di Torri del Benaco ed il punto 298 (Spiaggia Conta) di Peschiera del Garda sono inoltre stati dichiarati non idonei all'inizio della stagione balneare 2003.

Nella stagione balneare 2003 tutti i punti di controllo sono rientrati nei limiti previsti, pertanto la stagione balneare 2004 è iniziata con tutti i punti idonei.

### Indice degli eventi sfavorevoli

Per rendere un quadro completo dei risultati dei rilevamenti effettuati negli ultimi 5 anni si è utilizzato un indice che riassume, in maniera semplice, tutti i parametri determinati durante le campagne di campionamento. Tale indice, chiamato indice di eventi sfavorevoli (IES), è stato elaborato sulla base dei valori dei parametri ottenuti degli ultimi 5 anni: esso non è applicabile ad altri laghi e non è utilizzabile per comparazioni con eventi accaduti al di fuori degli anni 1999 - 2003.

#### Calcolo dell'indice di eventi sfavorevoli

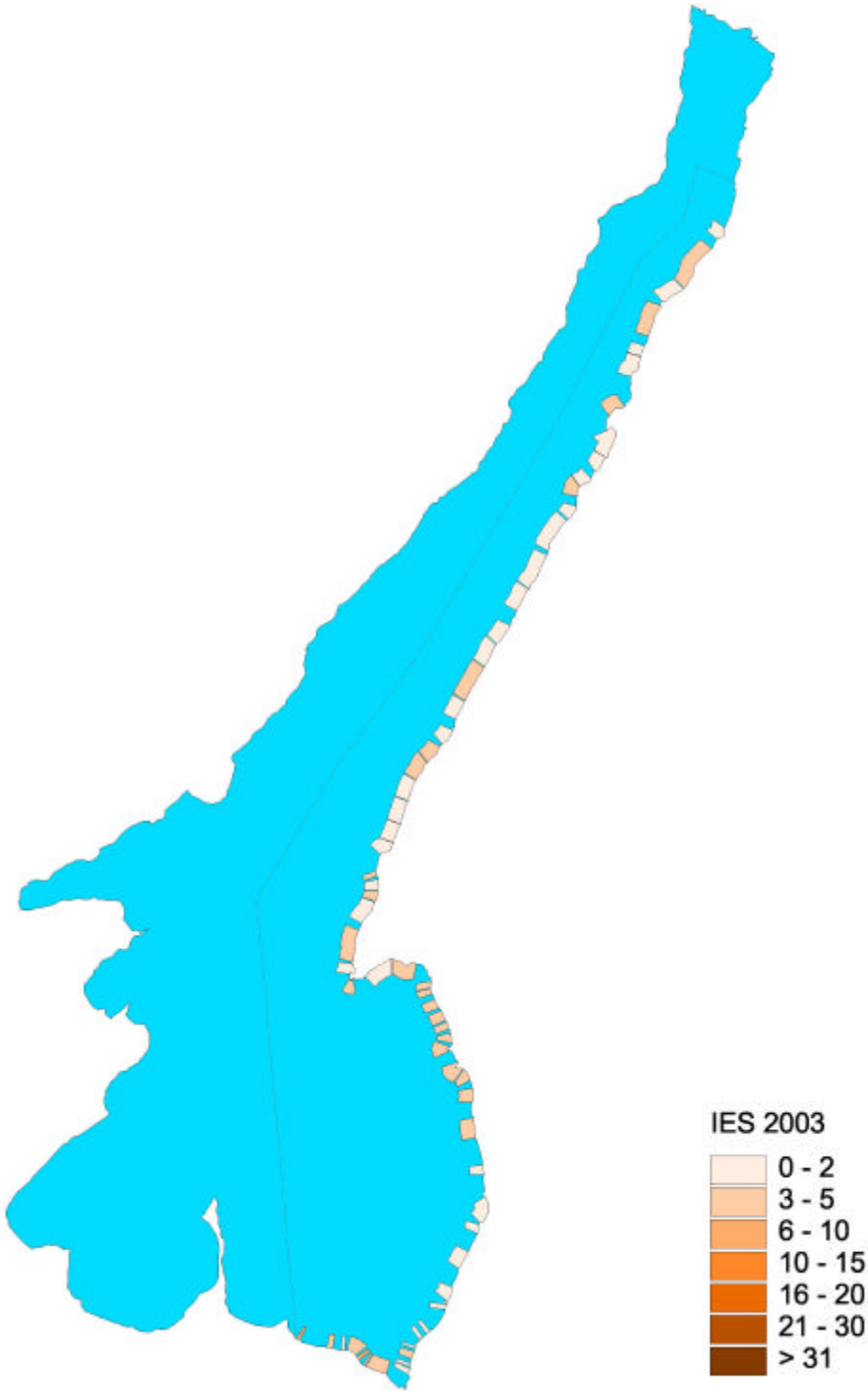
Per ogni punto di campionamento, per ogni parametro determinato e riportato nella tabella 4, l'indice di eventi sfavorevoli viene calcolato come somma dei punteggi ottenuti per ciascun parametro. L'indice così calcolato, associato alle coordinate del punto di campionamento, può essere utilizzato per produrre una mappa tematica. Più è elevato l'IES più sarà scuro il colore con il quale viene rappresentato.

Tabella 4: Punteggi da assegnare ai diversi parametri per la valutazione dell'indice degli eventi sfavorevoli

Parametro	Intervallo 1		Intervallo 2		Intervallo 3		Intervallo 4	
	estremo	punteggio	estremo	punteggio	estremo	punteggio	estremo	punteggio
Coliformi Totali (UFC/100 ml)	>2000	1	>4000	2	>10000	3		
Coliformi Fecali (UFC/100 ml)	>100	1	>500	2	>5000	3	>10000	4
Streptococchi Fecali (UFC/100 ml)	>100	1	>200	2	>500			
Salmonelle (UFC/100 ml)	>0	1						
pH	<6	1	>9	1				
Ossigeno Disc. % sat. (senza deroga)	>120%	1						
Ossigeno Disc. % sat. (con deroga)	>170%	1						

Dalle mappe tematiche dell'indice di eventi sfavorevoli (IES) si può notare che i problemi si hanno soprattutto nella zona del basso lago, nel tratto di costa compreso tra Peschiera, Castelnuovo del Garda e Lazise. Si nota inoltre che la costa del medio lago, compresa tra Cisano e Garda, è meno interessata da esiti negativi delle indagini. La qualità delle acque è risultata molto buona nella restante parte di costa, definito alto lago, e comprendente i comuni di Torri del benaco, Brenzone e Malcesine.

Figura 15: La qualità delle acque di balneazione nell'anno 2003: la rappresentazione degli indici di eventi sfavorevoli

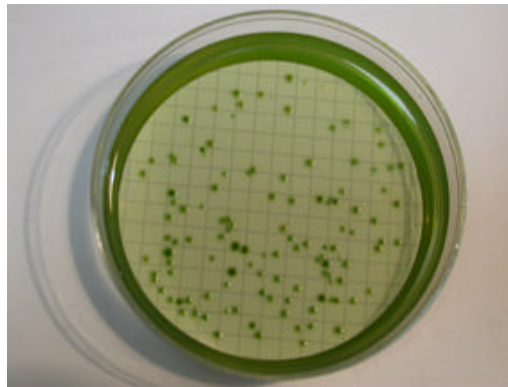


## Il monitoraggio di *Aeromonas spp.* nelle acque del lago

### Introduzione

Nell'ecosistema lacustre ben s'inserisce la presenza di batteri ambientali appartenenti al genere *Aeromonas*, i quali risultano essere autoctoni ed ubiquitari dei sistemi acquatici. Annoverato tra i patogeni emergenti, *Aeromonas spp.* può risultare agente eziologico di patologie a carico della fauna ittica e della popolazione umana. Da evidenze di laboratorio, riscontrate negli ultimi tre anni, presso l'Unità Funzionale di Biologia dell'ARPAV – Dipartimento Provinciale di Verona ci si è resi conto della presenza sempre più consistente di *Aeromonas spp.* nelle acque del Lago di Garda. Da qui la volontà e l'esigenza d'intraprendere uno studio al riguardo, durato 12 mesi, articolatosi tra i 6 mesi della campagna di balneazione dell'anno 2003 ed i 6 mesi precedenti l'inizio della campagna di balneazione anno 2004.

Foto 7: *Aeromonas spp.* su terreno di coltura selettivo differenziale



### Esiti del monitoraggio

Gli obiettivi di questa indagine ambientale erano quelli di effettuare un monitoraggio dei livelli di *Aeromonas spp.* espressi in UFC/100 ml nelle acque di balneazione del Lago di Garda, nei 65 punti di campionamento, evidenziando l'andamento medio dei livelli di *Aeromonas spp.* per ciascuno degli 8 comuni rivieraschi veneti. Dai risultati del monitoraggio si è costruito un indice che, con immediatezza, evidenzia i punti di campionamento dove si sono rilevate più frequentemente alte cariche di *Aeromonas spp.* In base all'indice C.M.P.E. (indice delle cariche microbiche più elevate) si è potuto comprendere il reale significato dei valori delle medie (figura 16) e visualizzare sinteticamente l'andamento manifestato da *Aeromonas spp.* durante il periodo di monitoraggio dello stesso. Dal confronto, tra il valore della media ed il valore dell'indice C.M.P.E. (Figura 17), effettuata per ciascun punto di campionamento, si è potuto notare come nel Bacino Sud – Orientale Gli andamenti dei due valori siano spesso comparabili tra loro. Omogeneità di situazione che spesso viene a mancare nel Bacino Nord – Occidentale per il quale confrontare i due valori risulta particolarmente vantaggioso al fine di comprendere il reale andamento di *Aeromonas spp.* nei punti in oggetto, ovvero: se ad una media alta corrisponde un C.M.P.E. elevato si può dedurre che i livelli alti di *Aeromonas spp.* si presentano con una certa regolarità in quel punto; se ad una media alta corrisponde un valore di C.M.P.E. non elevato significa che i livelli alti di *Aeromonas spp.* sono legati ad eventi occasionali e poco frequenti.

Dalle rielaborazioni statistiche effettuate e da riferimenti bibliografici, si evince che sussistono correlazioni tra i livelli di *Aeromonas spp.* e la temperatura dell'acqua, la temperatura dell'aria, il pH e la presenza di fitoplancton della classe delle Cianoficee.

Figura 16: Rappresentazione dei valori medi in UFC/100 ml di *Aeromonas spp.* nei punti di campionamento relativi alle zone di balneazione

## Medie *Aeromonas spp.* - balneazione 2003

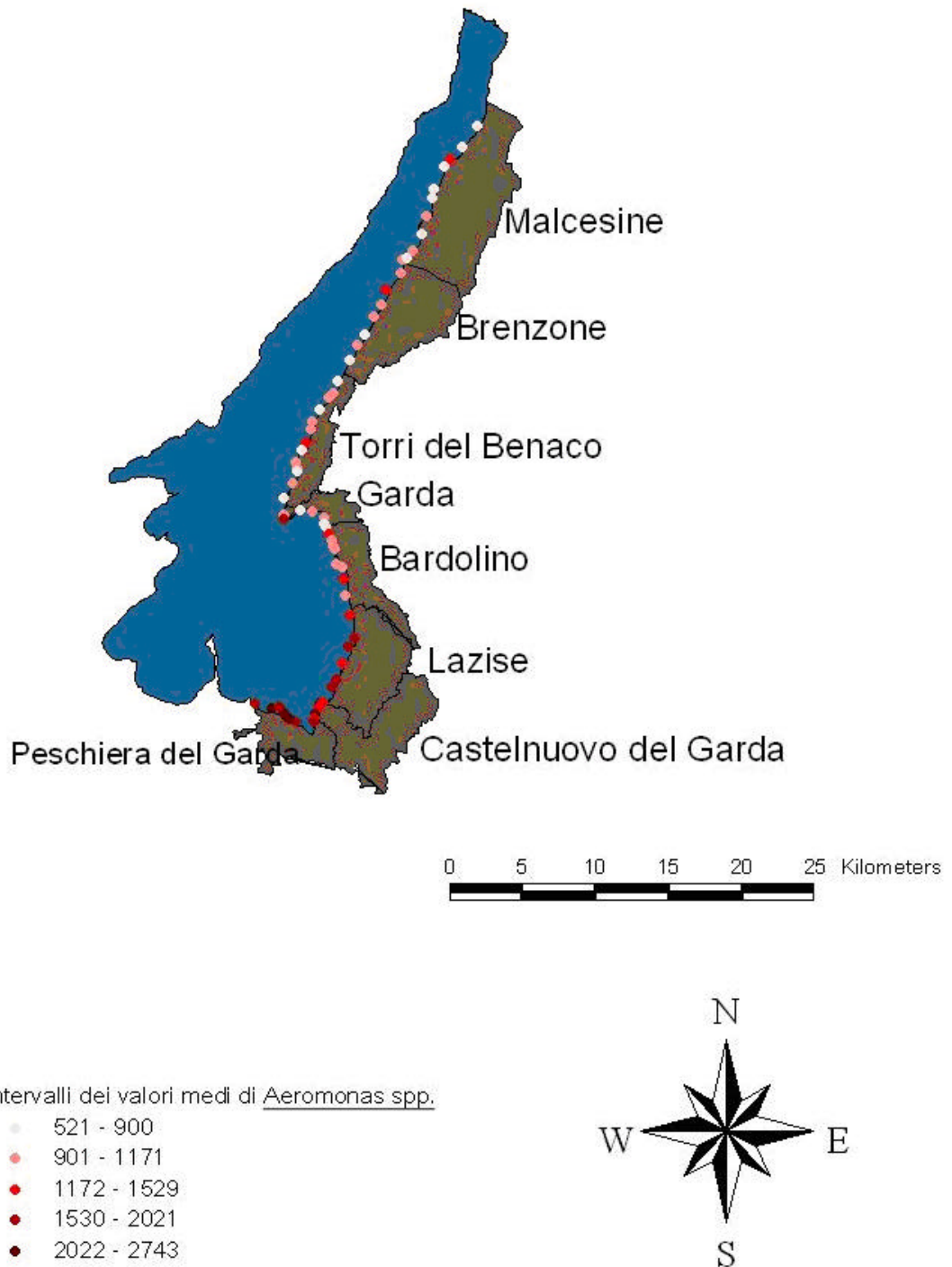




Figura 17: Carte che mettono a confronto i valori medi in UFC/100 ml di *Aeromonas spp.* (dischi colorati) nei punti di campionamento relativi alle zone di balneazione e l'indice CMPE (bandierine colorate)

