

## LAGO DI GARDA



## INDICATORI

Il movimento turistico  
Il traffico  
Il refluo urbano  
Ossigeno disciolto  
Coliformi totali e fecali  
Streptococchi fecali  
Fosforo  
Biovolume e clorofilla A  
Trasparenza  
Controlli sulle acque di balneazione  
Andamento nel tempo dello stato di qualità

## Introduzione

Il lago di Garda è un lago subalpino profondo, naturale e aperto. L'immissario principale è il fiume Sarca (a nord del Bacino) mentre l'emissario è il fiume Mincio (a sud del bacino) Il Lago è localizzato nel punto d'intersezione tra la catena alpina e la pianura padana.

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 Garda è il più grande lago italiano, contiene 49 km<sup>3</sup> d'acqua ed occupa una superficie di 368 km<sup>2</sup>, da solo rappresenta oltre il 30% del volume d'acqua dolce raccolto nei bacini naturali ed artificiali italiani

Nelle sezioni che seguiranno spesso si farà riferimento ad un bacino nord-occidentale ed ad un bacino sud-orientale. Il lago di Garda infatti "funzionalmente" può essere suddiviso in due parti principali: bacino nord-occidentale, il più esteso (oltre il 93%) con profondità massima di 350 m (in corrispondenza di Brenzone) ed il bacino orientale o Est con profondità massima di 79 m (in corrispondenza di Bardolino). Il motivo di questa suddivisione risiede nel fatto che esiste una faglia sommersa tra Sirmione e Punta S. Vigilio che di fatto costituisce una sorta di sbarramento naturale che impedisce l'omogeneizzazione tra le acque delle due zone. Questa specie di "montagna



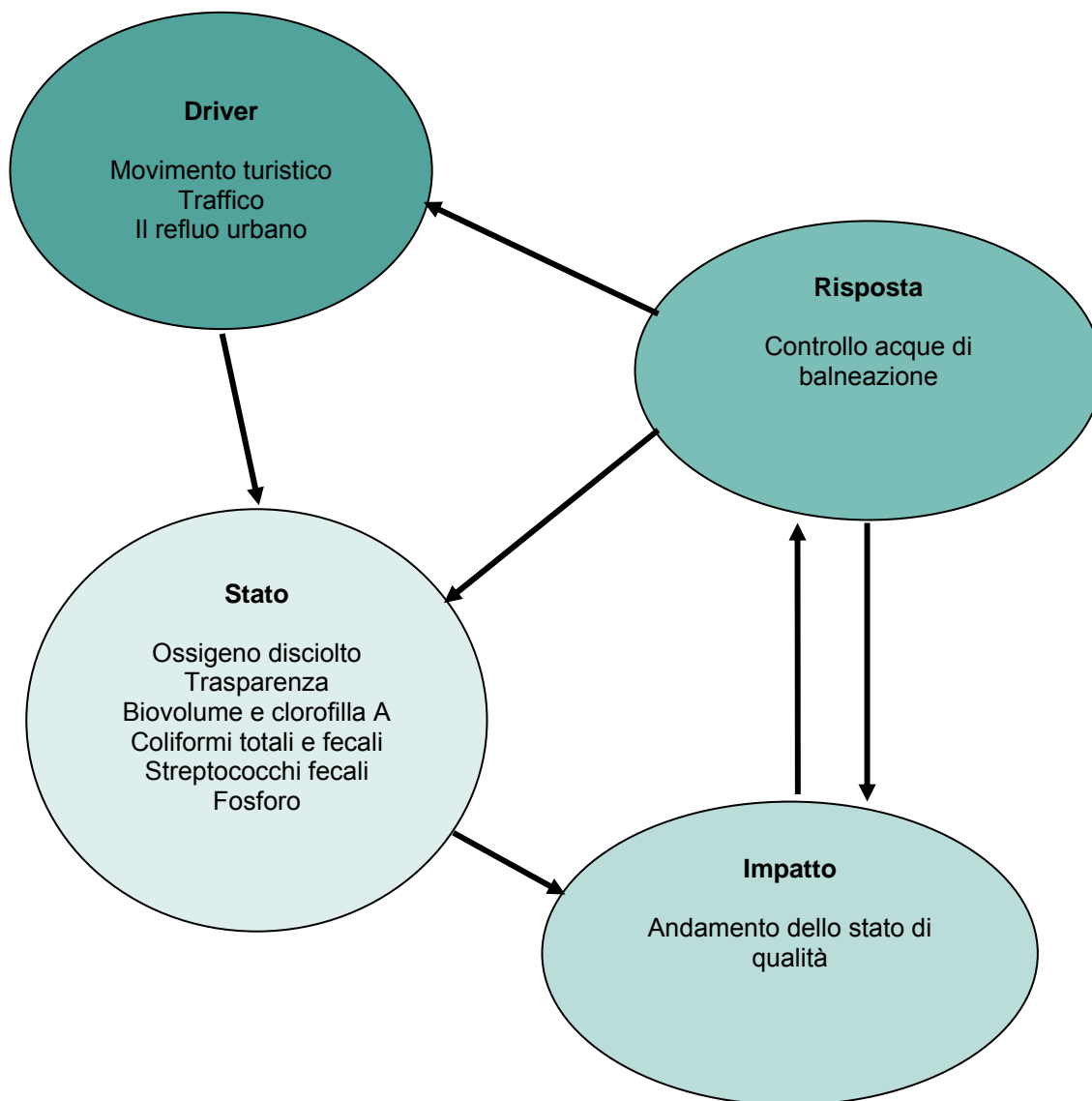
sommersa" ha come culmine la "Secca di Garda" (profondità 3-6 m), dove vi è stato collocato, in passato, un palo di segnalazione: "il Pal del Vo". Attualmente vi è una meda galleggiante.

Tabella: Variabili Morfometriche del Lago di Garda (Fonte: Nico Salmaso, Fabio Decet, Sandro Consolaro, Paolo Cordella - "Caratteristiche chimiche e situazione trofica del Lago di Garda nel corso dell'episodio di mescolamento delle acque della primavera del 1999". Rivista Acqua e Aria n° 9 Novembre/Dicembre 1999).

Parametro	Valore Pubblicato	Unità di misura
Superficie	368(*)	km <sup>2</sup>
Lunghezza	51,9	km
Larghezza massima	16,7	km
Profondità massima	350	m
Profondità media	133	m
Volume	49,03	km <sup>3</sup>
Portata emissario (Fiume <i>Mincio</i> )	58	m <sup>3</sup> /s
Tempo teorico di ricambio	26,8	anni
Quota media del lago	65	m
Bacino imbrifero (lago incluso)	2260	km <sup>2</sup>
Altezza massima Bacino imbrifero (lago incluso)	3556	m

(\*) Superficie di competenza della Provincia di Verona 170 km<sup>2</sup> (circa 46%).

## Gli indicatori utilizzati



## Il turismo

### Introduzione

Il lago di Garda è situato in una delle aree più densamente popolate e produttive d'Italia. Il clima, grazie alla struttura del bacino imbrifero e al lago stesso, è mite. Tali caratteristiche fanno del lago una consistente e strategica risorsa per molte attività economico-commerciali, soprattutto legate al turismo.

Il turismo rappresenta infatti il punto di forza dell'economia del Garda. Il luogo è rinomato e conosciuto in tutta Europa per la buona qualità dei servizi, per la bellezza e per tutte le attività ricreative che trovano qui terreno fertile: sport acquatici, sport classici, pesca sportiva, manifestazioni socio-culturali nonché parchi divertimento di rilievo.

Le principali caratteristiche del turismo sul lago di Garda sono:

- i turisti provengono, per quasi il 79 % dall'estero. Le principali nazioni di provenienza dei turisti sono la Germania (36,5%), i Paesi Bassi (15,3 %), l'Austria e la Gran Bretagna.

- il turismo è caratterizzato da una forte stagionalità, difatti la maggior parte delle strutture ricettive del lago viene chiusa nei mesi invernali nonostante, in alcune aree, la mitezza del clima potrebbe far prolungare la stagione anche in altri periodi dell'anno oltre a quello estivo

### Gli indicatori utilizzati

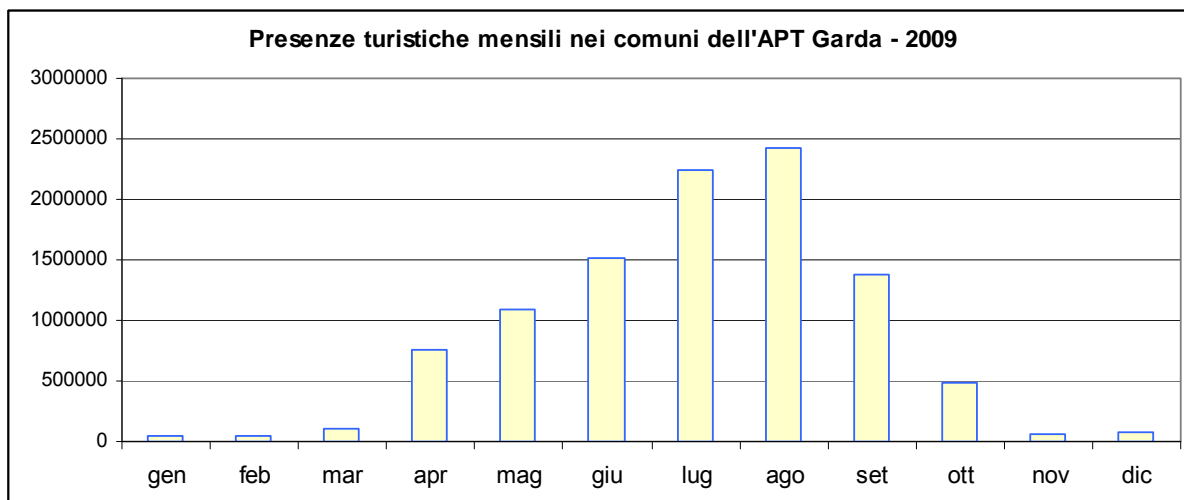
Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Il movimento turistico	D	Come sta variando il flusso turistico del lago di Garda?	☺	☹
Il traffico	D	Quanto incide il traffico veicolare indotto dal turismo sul traffico complessivo?	☹	☹
Il refluo urbano	D	Quanto incide la fluttuazione turistica sulla qualità dello scarico delle acque reflue urbane?	☺	☹

## Il turismo: Il movimento turistico

La zona del Garda, ed in particolare i comuni che si affacciano sul lago, è una meta turistica assai frequentata, soprattutto d'estate. Nel 2009 si sono registrate 10.234.000 presenze complessive, 756.000 presenze si sono concentrate nel periodo giugno-settembre.

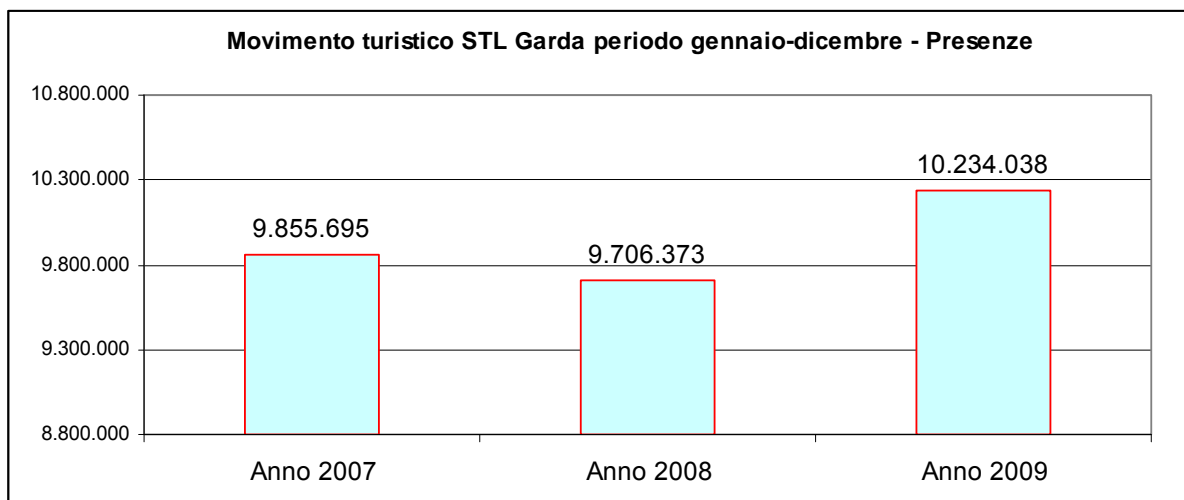
La variabilità della presenza turistica sul lago di Garda, riferita al 2009, viene riportata nella figura.

Figura: Presenze turistiche mensili nei comuni del Garda nell'anno 2009 (Fonte: Provincia di Verona)



Anche il trend degli arrivi-presenze di turisti è in continuo aumento, nonostante nel 2008 si sia rilevata una leggera flessione rispetto all'anno 2007

Figura: Andamento nel tempo del movimento turistico nei comuni del Garda (Fonte: Provincia di Verona)



## Il turismo: Il traffico

Il turismo comporta un rilevante, anche se temporaneo, aumento di popolazione, con conseguente aumento di traffico, inquinamento atmosferico e acustico, produzione di rifiuti e di reflui urbani. Questa elevata variabilità provoca problemi limitati se le infrastrutture a servizio del territorio sono adeguatamente dimensionate.

Una diretta correlazione fra presenze turistiche e pressioni ambientali si può notare ad esempio nel caso del traffico veicolare: considerando le entrate e le uscite di veicoli leggeri dal casello di Verona Nord e di Affi dell'autostrada A22 del Brennero si nota, come atteso, lo stesso marcato andamento stagionale presentato dall'afflusso di turisti, con un evidente picco nella stagione estiva. In agosto si registra il 78% in più rispetto a gennaio, andamento completamente diverso da quello del non lontano casello di Verona Nord della stessa autostrada: in tal caso l'andamento nel tempo è molto più piatto.

Figura: Veicoli leggeri in entrata ed in uscita dal casello di Affi, dell'autostrada A22 nell'anno 2009  
(Fonte: Autostrada A22 S.p.A)

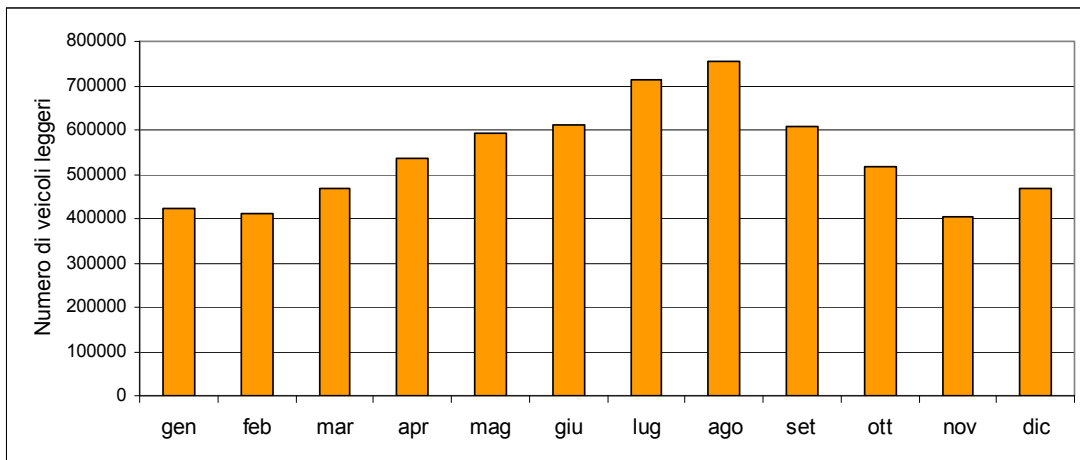
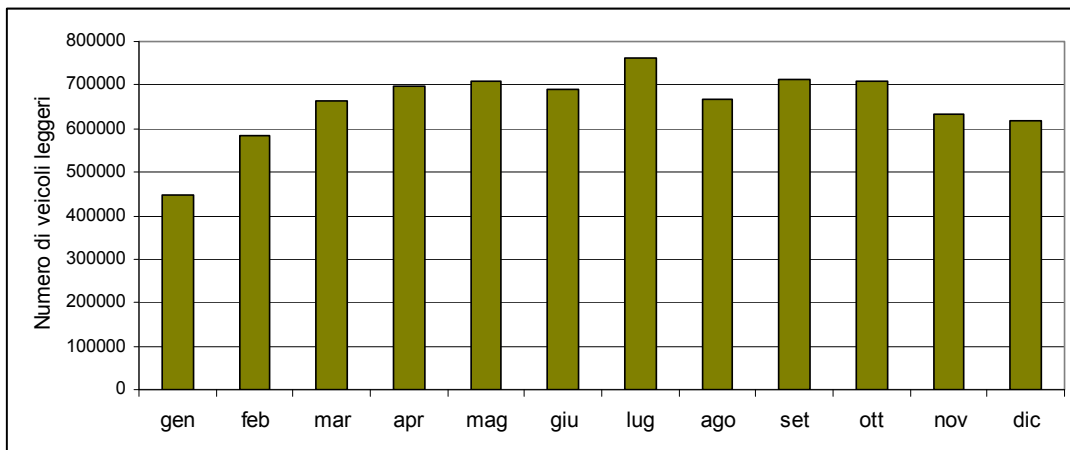


Figura: Veicoli leggeri in entrata ed in uscita dal casello di Verona Nord, dell'autostrada A22, nell'anno 2009  
(Fonte: Autostrada A22 S.p.A)



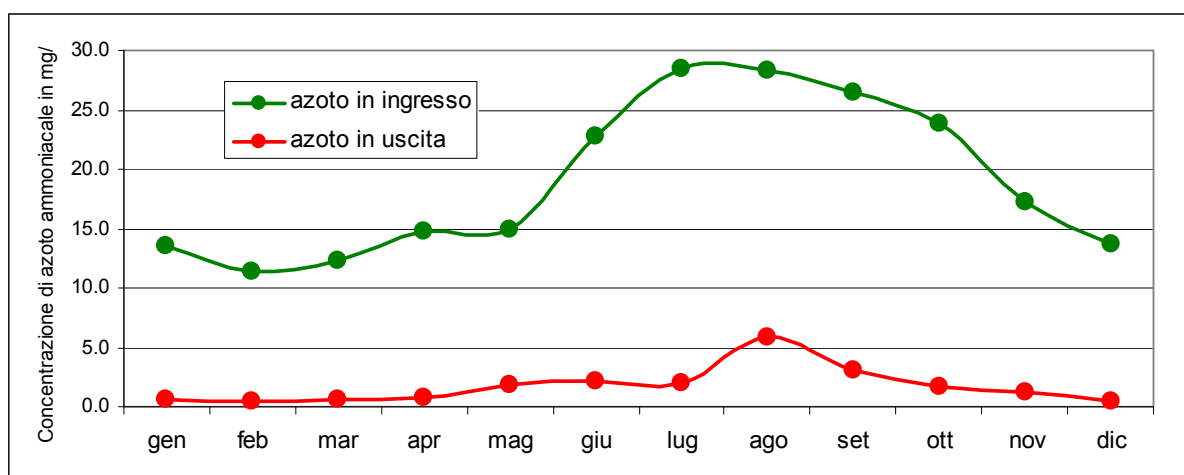
## Il turismo: Il refluo urbano

Analogamente al traffico anche le acque reflue urbane risentono fortemente delle fluttuazioni legate alle presenze turistiche: nel mese di gennaio si sono registrate 48.101 presenze turistiche che sono diventate 2.431.605 nel mese di agosto.

I comuni che si affacciano sul lago di Garda sono collegati, attraverso un collettore fognario circumlacuale, al Depuratore di Peschiera del Garda. Questo Depuratore è il più grande impianto di trattamento di acque reflue della Provincia di Verona con una potenzialità complessiva pari a 550.000 A.E. (il depuratore di Verona ha una potenzialità di 410.000 A.E.). Il depuratore di Peschiera recapita lo scarico finale nel fiume Mincio.

In figura si riportano le concentrazioni medie di azoto, espresse in mg/l, di ione ammonio  $\text{NH}_4^+$ , misurate in ingresso ed in uscita dall'impianto di depurazione. Dal grafico si rileva come l'andamento nel tempo delle concentrazioni di azoto sia analogo a quello delle presenze turistiche, con valori massimi coincidenti con i mesi estivi. Si ritiene importante evidenziare come l'impianto di depurazione, a causa appunto di questa notevole variazione dei carichi inquinanti da trattare, abbia un rendimento di abbattimento dell'azoto che diminuisce con l'aumento della concentrazione di inquinante.

Figura: Andamento mensile delle concentrazioni medie di azoto, espresso come  $\text{NH}_4^+$ , in ingresso ed in uscita dall'impianto di depurazione di Peschiera del Garda nell'anno 2009 (Fonte: Depurazioni Benacensi S.c.r.l.)



## La qualità delle acque di balneazione

### Introduzione

Una delle principali attrattive del Lago di Garda è la balneazione. Come lago naturale le normative che ne regolamentano l'uso a tale scopo sono:

- decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116 recante attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 155 del 4 luglio 2008);
- D.M 30 marzo 2010 de Il Ministro della Salute e Il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione. (G.U. Serie Generale n. 119 del 24 maggio 2010);

Tali normative, in vigore dal 2010, stabiliscono, tra l'altro, quali Enti sono preposti al controllo della balneabilità, i punti di campionamento, il periodo di balneazione e la frequenza dei controlli ed infine i valori limite da rispettare ed i criteri per la valutazione della qualità delle acque di balneazione.

L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), attraverso il proprio Dipartimento Provinciale di Verona – Servizio sistemi Ambientali - Ufficio Lago di Garda, è incaricata di eseguire i controlli ispettivi per accertarne l'idoneità delle acque, nel periodo di balneazione, effettuando le analisi e la determinazione dei parametri previsti dal decreto.

La Regione Veneto, su proposta dell'ARPAV, provvede ogni anno all'individuazione delle zone destinate alla balneazione ed alla loro classificazione, effettuata sulla base dei risultati analitici degli anni precedenti. Sempre la Regione stabilisce anche l'ubicazione dei punti di campionamento relativi alle zone di balneazione.

Ai Sindaci dei Comuni rivieraschi spetta il compito di contrassegnare, con cartelli sul territorio, le zone balneabili e quelle non balneabili, di emanare le ordinanze che dichiarano le zone temporaneamente non idonee oppure le ordinanze di revoca dell'interdizione temporanea alla balneazione. Tutto ciò viene svolto sulla base delle proposte di ordinanza che l'ARPAV – Dipartimento di Verona invia ai Comuni, in funzione dei risultati dei controlli.

I punti di campionamento, e quindi le zone aperte alla balneazione, sulla riva veronese del Garda sono 65. La Regione Veneto per ogni zona stabilisce, utilizzando le coordinate geografiche, il punto di inizio, il punto di fine ed il punto di campionamento.

### Disciplina dei campionamenti (DM 30.03.2010)

Il periodo di campionamento inizia il 01 Aprile (un mese prima che si apra la stagione balneare canonica) e termina il 30 settembre (salvo estensioni in funzione delle esigenze del luogo).

I controlli ordinari vengono eseguiti secondo un calendario ben preciso. Il calendario dei campionamenti viene depositato presso la Regione Veneto prima dell'inizio delle attività di monitoraggio.

La frequenza dei controlli ordinari programmati deve essere al massimo ogni 30 giorni.

Nel caso di una analisi ordinaria non favorevole, si deve procedere con la realizzazione di un altro controllo entro le 72 ore dal campionamento precedente. Questo per verificare se si tratta di un inquinamento di breve durata oppure no. Comunque sia non appena un'indagine risulta non favorevole la zona deve essere dichiarata immediatamente 'temporaneamente non idonea'. Una zona di balneazione viene dichiarata 'temporaneamente non idonea' con una ordinanza del comune competente per territorio e su proposta dell'ARPAV- Dipartimento Provinciale di Verona.

Se il campione effettuato dopo le 72 risulta favorevole, viene assunto che si è trattato di un inquinamento di breve durata e verrà eseguita una ulteriore indagine ordinaria entro 10 giorni dalla data del campionamento ordinario sfavorevole. I dati di questa ulteriore analisi (ovviamente se favorevoli) sostituiranno nella banca dati, ai fini classificativi, i valori dell'indagine ordinaria sfavorevole. Questo però è applicabile una sola volte per ogni punto e per ogni stagione balneare.

Se il campione effettuato dopo le 72 risulta non favorevole, si procede con la ricerca delle fonti di inquinamento organizzando ulteriori campionamenti, anche nelle zone vicine, ed indagini sulla riva fino a trovare le cause dell'inquinamento. In questo periodo la zona rimane temporaneamente non



idonea. Non appena le cause dell'inquinamento risultano rimosse, si eseguono dei campionamenti di verifica. Se questi risultano favorevoli si procede alla revoca del divieto temporaneo di balneazione.

La revoca del divieto temporaneo di balneazione viene sempre fatta con una ordinanza del comune competente per territorio e su proposta dell'ARPAV- Dipartimento Provinciale di Verona.

### Gli indicatori utilizzati

Gli indicatori sono ancora quelli del vecchio DPR 470/82 e s.m.i.. Questo perchè tutte le serie di dati utilizzate (dal 1999 al 2009) per le valutazioni trattate in questo capitolo fanno capo ancora alla vecchia normativa.

Dal 2010 in poi i nuovi indicatori saranno E. coli al posto di Coliformi Totali e Fecali, Enterococchi Intestinali al posto degli Streptococchi Fecali e verranno aggiunti i Cianobatteri (specie di alghe fitoplanctoniche potenzialmente tossiche) determinati direttamente nelle alghe di balneazione oltre che a centro lago.

Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Ossigeno disciolto	S	I livelli di ossigeno disciolto rappresentano motivo di preoccupazione?	☺	☺
Coliformi totali e fecali	S	E' variato il numero di analisi sfavorevoli a causa dei coliformi totali e fecali?	☺	☺
Streptococchi fecali	S	E' variato il numero di analisi sfavorevoli a causa degli streptococchi fecali?	☺	☺

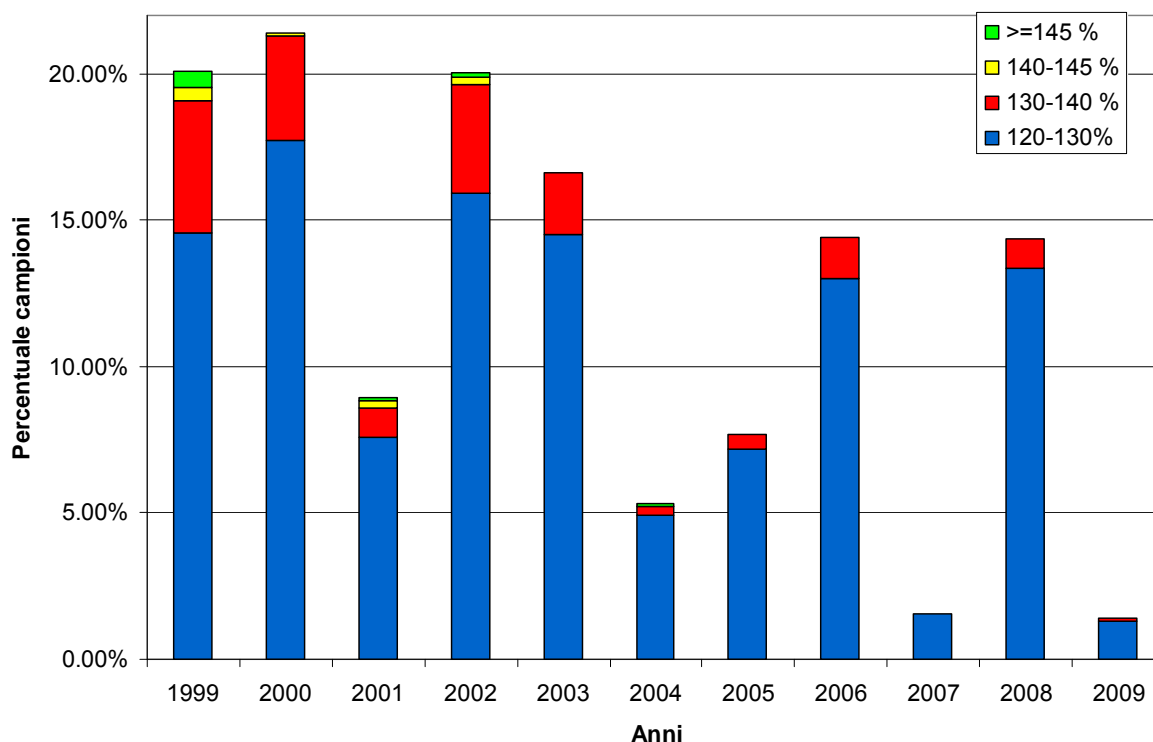
## Acque di balneazione: Ossigeno disciolto

Il parametro ossigeno disciolto è stato incluso tra i parametri indicatori di qualità delle acque di balneazione (DPR 470/82 e succ. mod. ed int.) fino al 2009. Con le nuove conoscenze acquisite nel corso degli anni hanno portato a scartarlo come parametro indicatore di balneabilità (il DM 30-03-2010 non lo prevede più) ma di considerarlo sempre tra i parametri indicatori di qualità ecologica e/o stato trofico di un lago.

L'ossigeno è un prodotto della fotosintesi delle alghe (fitoplancton) presenti nell'acqua: un aumento di ossigeno disciolto può, quindi, essere una conseguenza di un aumento della concentrazione algale nella zona fotica. Dato che tra le alghe del fitoplancton ci possono essere dei ceppi tossici, ad un aumento di concentrazione algale corrisponde un aumento potenziale del rischio sanitario relativo all'impiego delle acque del lago per la balneazione. Pertanto, fino al 2009 ed in via cautelativa, sono stati posti dei limiti di concentrazione di ossigeno disciolto. A quanto disciplinato dal DPR 470/82 è stato possibile derogare realizzando un piano di sorveglianza algale, atto a dimostrare che la eventuale presenza di alghe tossiche non rappresenta un rischio sanitario dati i bassi livelli di concentrazione. Dal 2010, come previsto dal nuovo quadro normativo, il parametro ossigeno non viene più considerato a favore invece di un più mirato piano di sorveglianza algale che, oltre a prevedere dei campionamenti a centro lago come in passato, prevede anche campioni delle acque di balneazione (quindi sottocosta) sui quali fare la conta dei cianobatteri.

La tendenza dei livelli di ossigeno disciolto durante le stagioni balneari prese in considerazione dal 1999 al 2009 è riportata nella figura. Il numero (in percentuale) di campioni aventi ossigeno disciolto superiore o uguale al 120% (limite previsto dal DPR 470/82) è in netto calo. Questo è dovuto, molto probabilmente, ad oscillazioni stagionali determinate da una diminuita produzione del lago, durante la stagione balneare, legata più ad eventi climatici che ad una variazione dello stato trofico del lago.

Figura: Variazione negli anni della percentuale di campioni di acqua del lago con valori di Ossigeno disciolto superiore al valore limite del 120%. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)



### Acque di balneazione: Streptococchi fecali (dal 2010 *Enterococchi intestinali*)

Gli enterococchi sono cocchi (batteri) gram positivi, catalasi negativi, si presentano isolati, doppi o più frequentemente a catena e sono provvisti dell'antigene D. Due generi, appartenenti al gruppo Enterococchi, - *Enterococcus* e *Streptococcus* - comprendono specie intestinali o di sicura origine fecale. Per questo motivo il legislatore ha ritenuto opportuno includerli nel monitoraggio delle acque di balneazione. Fino al 2009, in ottemperanza del DPR 470/82 ora abrogato, si controllavano gli Streptococchi fecali. Le specie, di origine intestinale, appartenenti a questo vecchio raggruppamento sono incluse negli Enterococchi Intestinali con l'esclusione delle specie più prettamente ambientali. Una importante differenza tra la vecchia normativa DPR 470/82 ed la nuova, il DM 30-03-2010, è la concentrazione limite :100 ufc/100 ml per il DPR 470/82 e 500 ufc/100 ml per il DM 30-03-2010.

#### Andamento della percentuale di campioni sfavorevole per Streptococchi Fecali

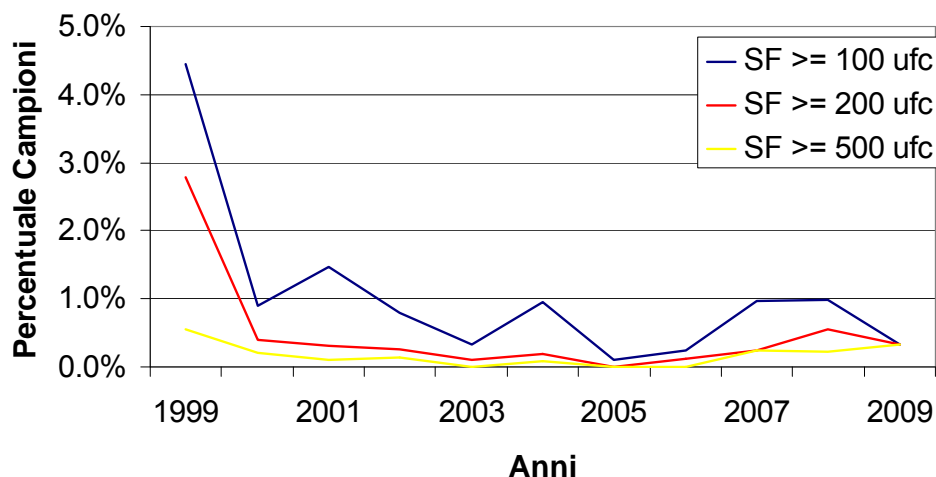


Tabella: Valori limite e parametri microbiologici per la balneabilità delle acque del lago di Garda (Allegato A DM 30.03.2010).

VALORI LIMITE PER UN SINGOLO CAMPIONE		
PARAMETRI	CORPO IDRICO	VALORI
<b><i>Enterococchi intestinali</i></b>	Acque marine	<b>200</b> n*/100ml
	Acque interne	<b>500</b> n*/100ml
<b><i>Escherichia coli</i></b>	Acque marine	<b>500</b> n*/ 100 ml
	Acque interne	<b>1000</b> n*/100 ml

\*n = UFC per EN ISO 9308-1 (*E. coli*) e EN ISO 7899-2 (Enterococchi) o MPN per EN ISO 9308-3 (*E. coli*) e EN ISO 7899-1 (Enterococchi)

## Acque di balneazione: Coliformi fecali e totali (dal 2010 *Escherichia coli*)

L'*Escherichia coli* è un batterio a forma bastoncellare, gram-negativo, aerobio ed anaerobio facoltativo, non sporigeno, che cresce alla temperatura di 44,5 °C, lattosio-fermentante, indolo-positivo in terreni contenenti triptofano, beta-D-glucuronidasi-positivo.

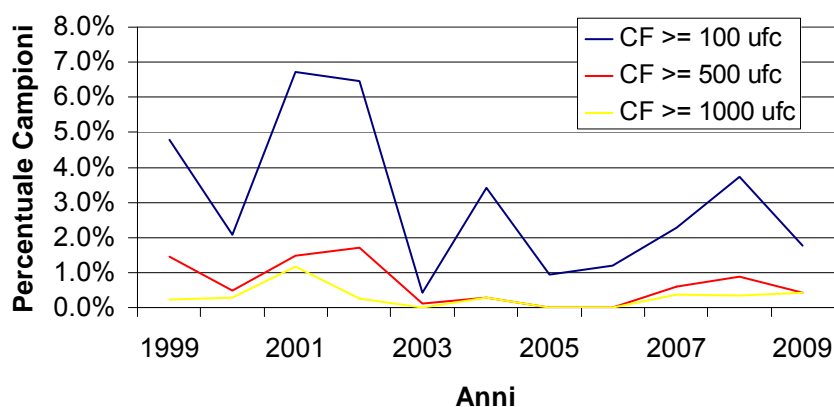
L'*Escherichia coli* è una delle specie principali di batteri che vivono nella parte inferiore dell'intestino di animali a sangue caldo (uccelli e mammiferi, incluso l'uomo) dove contribuiscono positivamente ai processi digestivi.

La presenza di questi organismi nelle acque di balneazione è indice di contaminazione fecale e quindi indice di un rischio sanitario per il bagnante.

Per questo motivo anche questa specie è stata inclusa nel monitoraggio delle acque di balneazione. Fino al 2009, nelle acque di balneazione (DPR 470/82), venivano monitorati i livelli di Coliformi Fecali. Un gruppo che comprende sia specie di sicura provenienza intestinale ma anche di origine ambientale. La scelta di monitorare solo l'*Escherichia coli* e di abbandonare il gruppo Coliformi Fecali è legata al fatto che nei fenomeni di contaminazione fecale la specie dominante è stata prevalentemente *E. Coli*. Inoltre *E. Coli* è di sicura origine intestinale e determinare questa evita di incappare nei falsi positivi che si potrebbero avere determinando raggruppamenti che includono specie ambientali.

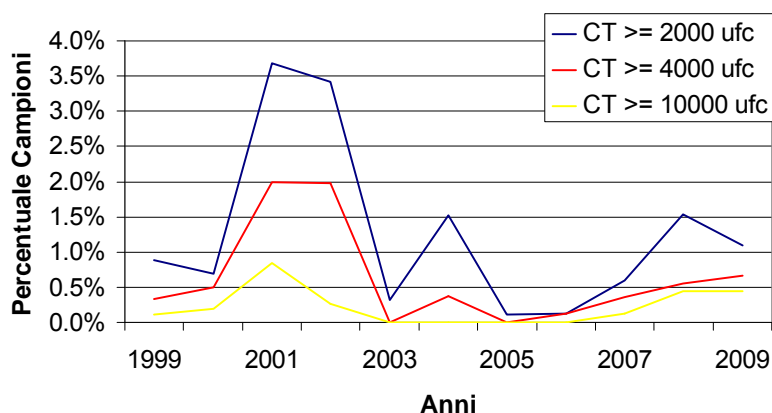
La differenza di limiti per la balneabilità tra il DPR 470/82 ed il DM 30-03-2010 è piuttosto consistente: 100 ufc/ 10 ml per il DPR 470/82 e 1000 ufc/100 ml per il DM 30-03-2010

**Andamento della percentuale di campioni sfavorevole per Coliformi Fecali**



Sempre il DPR 470/82 prevedeva come parametro indicatore di qualità delle acque di balneazione i Coliformi Totali, raggruppamento che comprendeva i Coliformi Fecali ed ulteriori specie di batteri ambientali ulteriormente fuorvianti dal segnalare contaminazioni fecali. I Coliformi Totali sono stati abbandonati dal 2010 grazie al DM 30-03-2010 perchè ritenuti a ragione non adeguati allo scopo.

**Andamento della percentuale di campioni sfavorevole per Coliformi Totali**



## La qualità delle acque del Lago di Garda

### Introduzione

La qualità delle acque di un lago è legata al livello di stato trofico del lago stesso. Lo stato trofico è un indice legato alla massa di sostanza organica (biomassa) sintetizzata dagli organismi presenti nel lago (fitoplancton) in una unità di volume e di tempo. Si intuisce facilmente che più nutrienti sono disponibili nell'acqua più è produttivo un lago. Infatti la presenza di grandi quantità di nutrienti rende disponibile agli organismi grandi quantità di materiale per accrescersi e riprodursi. Il processo di peggioramento della qualità delle acque in seguito ad una eccessiva produttività è detto eutrofizzazione ed avviene quando vi sono immissioni eccessive dal bacino imbrifero di nutrienti, soprattutto nitrati e fosfati, quasi sempre di origine antropica. Un sistema per classificare i laghi è stato proposto dall'OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development - 1982 Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control), ed è riportata nella tabella sotto riportata.

Tale metodo tiene conto, oltre che della concentrazione di fosforo, anche di altri importanti parametri quali trasparenza, ossigeno disciolto (ipolimnico), azoto, clorofilla  $\alpha$  e biomassa algale.

I laghi subalpini, secondo il criterio di valutazione OECD, in origine erano laghi oligotrofi. In concomitanza allo sviluppo economico iniziato negli anni '50 - '60 le condizioni di questi bacini hanno subito un rapido processo di eutrofizzazione. In particolare questo evento ha portato il lago di Garda ad una situazione di oligo-mesotrofia. Per arrestare questo processo di "peggioramento" è stato costruito un impianto di convogliamento ed adduzione dei reflui urbani. Presto si è capito che questo impianto sofisticato ma fragile ha risolto solo in parte il problema, infatti le immissioni nel lago, in maniera più o meno consistente, persistono.

Tabella: I livelli di concentrazione di fosforo per la valutazione dello stato trofico (Fonte: OCSE)

STATO DI RIFERIMENTO	Concentrazioni medie annuali di fosforo (mg/m <sup>3</sup> )
Ultraoligotrofia	<4
Oligotrofia	<10
Mesotrofia	10-35
Eutrofia	35-100
Ipertrofia	>100

Il metodo per la determinazione della qualità di un bacino OECD, ancora in uso tra la comunità scientifica, è stato sostituito dai metodi normati con Direttive Europee.

### Normative di riferimento

#### D.Lgs. 11/05/1999 n. 152

"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole".

Questo decreto è stato il primo ad introdurre criteri classificativi. Ora abrogato è stato in vigore fino al 14/04/2006, rimpiazzato dal D.Lgs. 03/04/2006 n. 152.

#### D.Lgs. 03/04/2006 n. 152

"Norme in materia ambientale"

Derivato dal precedente D.Lgs. 11/05/1999 n. 152, per la parte relativa al controllo degli scarichi il D.Lgs. n. 152/2006 ha sostanzialmente ripreso le indicazioni e le strategie individuate dal decreto precedente, la sezione relativa alla classificazione dei corpi idrici e agli obiettivi di qualità ambientale è stata completamente rivista in base a quanto previsto dalla direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE (Water Framework Directive).

Ai sensi dell'art. 76 del D.Lgs. n. 152/2006, gli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici lacustri significativi, da conseguire entro il 22/12/2015, sono:

- il mantenimento o il raggiungimento dello stato di qualità ambientale "Buono";
- il mantenimento, ove già esistente, dello stato di qualità ambientale "Elevato".

Inoltre, secondo l'art. 77, entro il 31/12/2008 ogni corpo idrico superficiale classificato o tratto di esso deve conseguire almeno i requisiti dello stato di "Sufficiente".

#### **Direttiva 2000/60/CE. Un nuovo modo di classificare.**

Valorizza molto, rispetto ai metodi di classificazione precedenti, la componente biologica dell'ecosistema. Per la determinazione dello stato ecologico, i classici parametri idromorfologici, chimici e chimico-fisici sono solo a sostegno dei biologici.

In particolare per i laghi il monitoraggio di fitoplancton, macrovertebrati bentonici, delle macrofite e dalla fauna ittica è diventato fondamentale.

Introduzione del concetto di qualità ecologica (EQR) calcolato rapportando "i valori dei parametri biologici riscontrati in un dato corpo idrico superficiale a quelli costatabili nelle condizioni di riferimento applicabili al medesimo corpo. Più elevato il rapporto migliore la qualità del corpo idrico.

Stabiliti degli standard di qualità ambientale per i parametri chimici unificati a livello europeo.

Tale livello di innovazione nel concetto di classificazione ha portato le Agenzie che operano nel campo dei monitoraggi ambientali a doversi riattrezzare e a mettere a punto una serie di nuovi metodi di indagine. Questa riconversione è molto onerosa sia in termini di tempo che di risorse economiche. Ecco perché la classificazione ai sensi del DLgs 152/06 è ancora sperimentale

Una volta determinato lo stato di qualità ambientale sarà possibile perseguire il fine di "chi inquina paga". Ovvero che altererà lo stato ecologico di un corpo idrico se ne dovrà assumere i costi del ripristino e non se la caverà con una semplice multa.

#### **Gli indicatori utilizzati**

Nome indicatore	DPSI R	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Fosforo	S	Qual è lo stato trofico del lago in base ai valori di concentrazione del fosforo totale?	☺	☹
Biovolume e clorofilla A	S	Qual è lo stato trofico del lago in base ai valori di biomassa?	☺	☹
Trasparenza	S	Qual è lo stato trofico del lago in base ai valori di trasparenza?	☺	☹
Andamento nel tempo dello stato di qualità	I	Qual è l'andamento nel tempo dello stato di qualità del Lago?	☺	☹

## Lo stato trofico del lago di Garda: Fosforo

Il fosforo è uno dei nutrienti principali necessari per la vita del fitoplancton. In prima analisi si può dire che, ad una elevata disponibilità di fosforo, corrisponde una elevata proliferazione algale con un conseguente peggioramento della qualità delle acque del lago. In realtà, oltre all'aumento della biomassa fitoplanctonica, si possono osservare altri effetti negativi quali: il cambiamento della struttura e composizione delle comunità vegetali ed animali, il consumo dell'ossigeno ipolimnetico con possibilità di produzione di composti tossici, ecc.. Per questi motivi, i livelli e l'andamento delle concentrazioni di fosforo totale, sono fondamentali per avere una indicazione sullo stato trofico e sulla qualità delle acque del bacino. Il fosforo da solo non è la causa scatenante di fioriture algali, è necessaria la presenza anche di altri nutrienti (come l'azoto ecc..) e che vi siano le condizioni ambientali tali da permetterlo. Per esempio concentrazioni di  $10 \text{ mg/m}^3$  di fosforo e  $30 \text{ mg/m}^3$  di azoto creano condizioni idonee per le fioriture algali. Le indagini limnologiche sul lago di Garda vengono svolte con campionamenti mensili su 4 stazioni. I punti di campionamento sono stati scelti opportunamente in base alle caratteristiche del lago stesso.

Una caratteristica del lago di Garda importante è l'oligomissi, cioè le acque del bacino solo in determinate situazioni eccezionali (inverni piuttosto rigidi) sono soggette a rimescolamenti verticali completi. Questo influenza la ridistribuzione dei nutrienti nei vari strati d'acqua. Tra il 1991 ed il 2001 il lago di Garda è stato caratterizzato da fenomeni di circolazione completa solo 3 volte: nel 1991, nel 1999, e nel 2000. Durante gli anni di circolazione incompleta si è visto che il rimescolamento delle acque non ha interessato lo strato d'acqua profondo (>200 m). Negli anni del rimescolamento incompleto la concentrazione di fosforo totale nelle acque profonde (280-350 m) è stata di 25 – 35  $\mu\text{g/l}$ . Le concentrazioni negli strati superficiali, data la non completa circolazione delle acque è rimasta bassa ( $\leq 15 \mu\text{g/l}$ ). Nell'occasione delle complete circolazioni (anni 1999, 2004, 2006 e 2006) i livelli di fosforo totale degli strati superficiali (0-20 m) hanno raggiunto i loro massimi storici con valori fino a 20-22  $\mu\text{g/l}$ . Questo testimonia il fatto che il fosforo, introdotto negli anni passati dai carichi antropici, è solo apparentemente "confinato" negli strati ipolimnetici (cosa che si pensava in passato); ma che in realtà basta un evento stagionale, come un inverno particolarmente rigido, per aumentare le concentrazioni di fosforo nella zona fotica delle acque del lago con conseguente aumento della produzione algale e relativo peggioramento delle qualità delle acque.

Figura Concentrazione di fosforo totale in differenti strati nel punto di massima profondità dal 1996 al 2009 in località Brenzone: media dei valori ponderati sui volumi del bacino occidentale. (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F. (ARPAV DAP Belluno), Franzini G. (ARPAV DAP Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123)

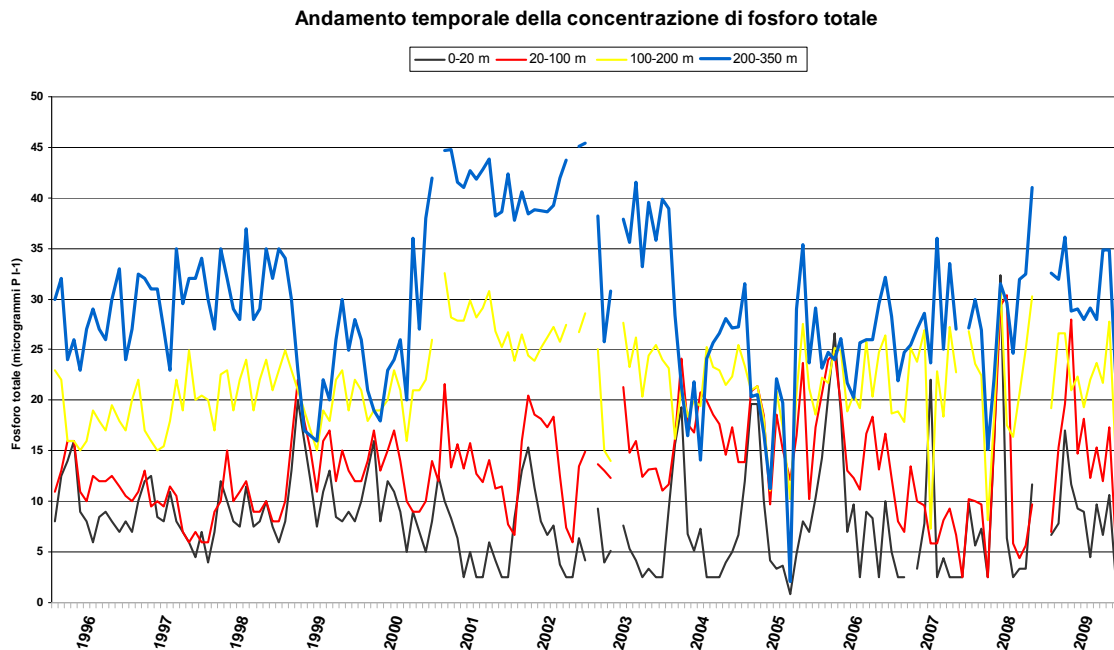
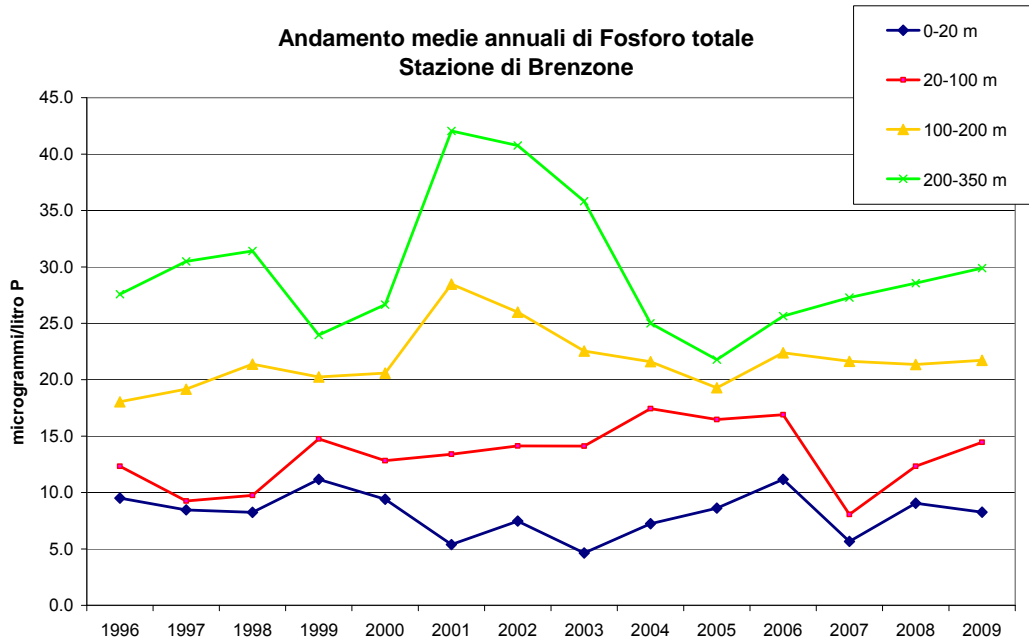
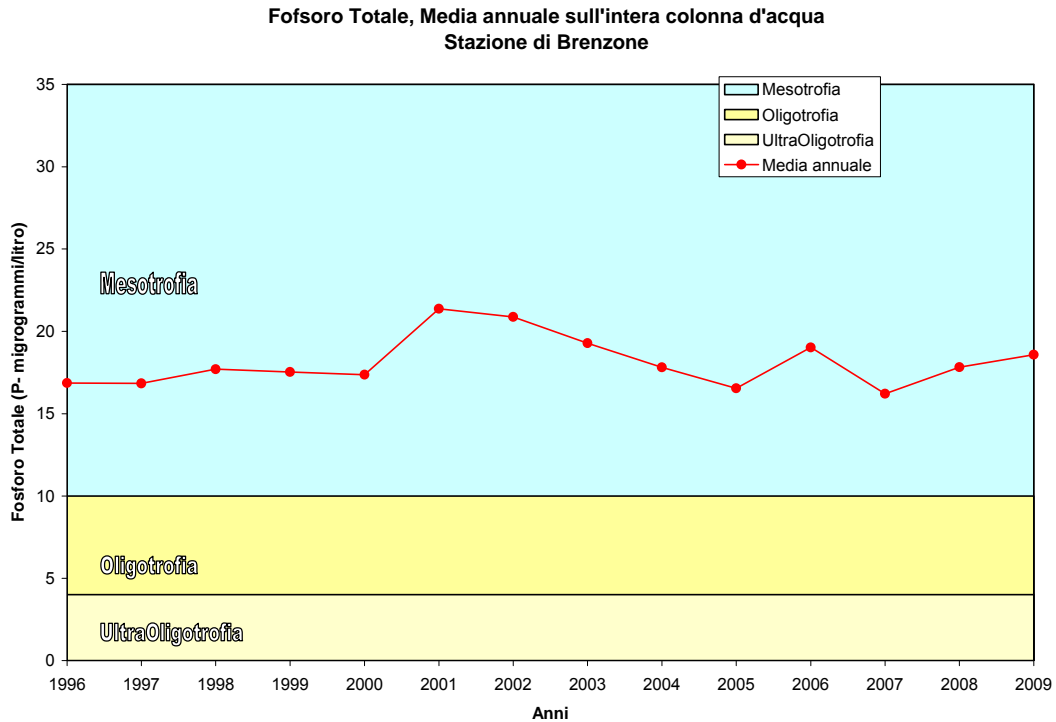


Figura: Andamento dei livelli di fosforo totale medio ponderato dei vari strati limnetici – stazione di Brenzone



Andamento dei livelli di fosforo totale medio ponderato sull'intera colonna d'acqua confrontato con il livelli di riferimento dell'OECD 1982. - stazione di Brenzone





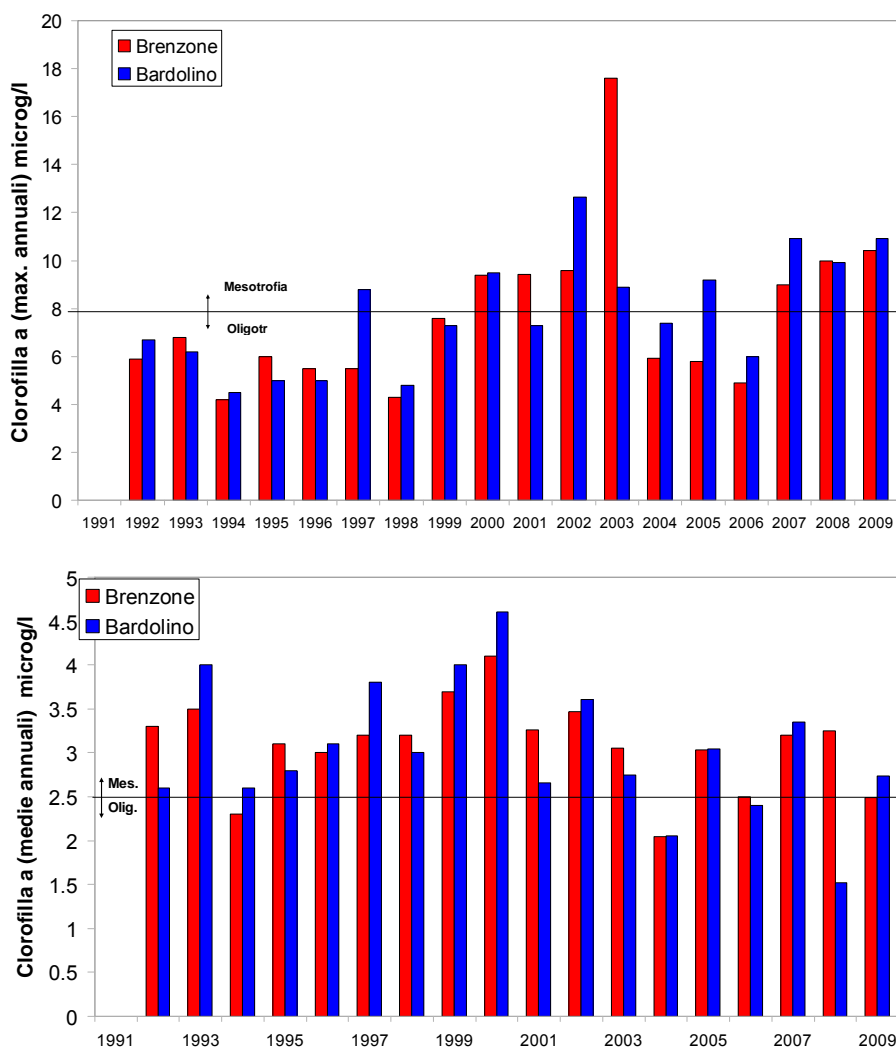
## Lo stato trofico del lago di Garda: Biovolume e clorofilla A

La clorofilla a è uno dei parametri (macrodescrittori) utilizzato per determinare lo stato trofico e la situazione di produttività di un lago, ovvero la sua produzione primaria. La concentrazione di clorofilla  $\alpha$  è legata alla quantità di pigmento fotosintetico ed è, quindi, indice della biomassa algale presente in superficie e lungo la colonna d'acqua.

Il biovolume è un indice che esprime la biomassa algale ed è direttamente rappresentativo della effettiva popolazione fitoplanctonica presente.

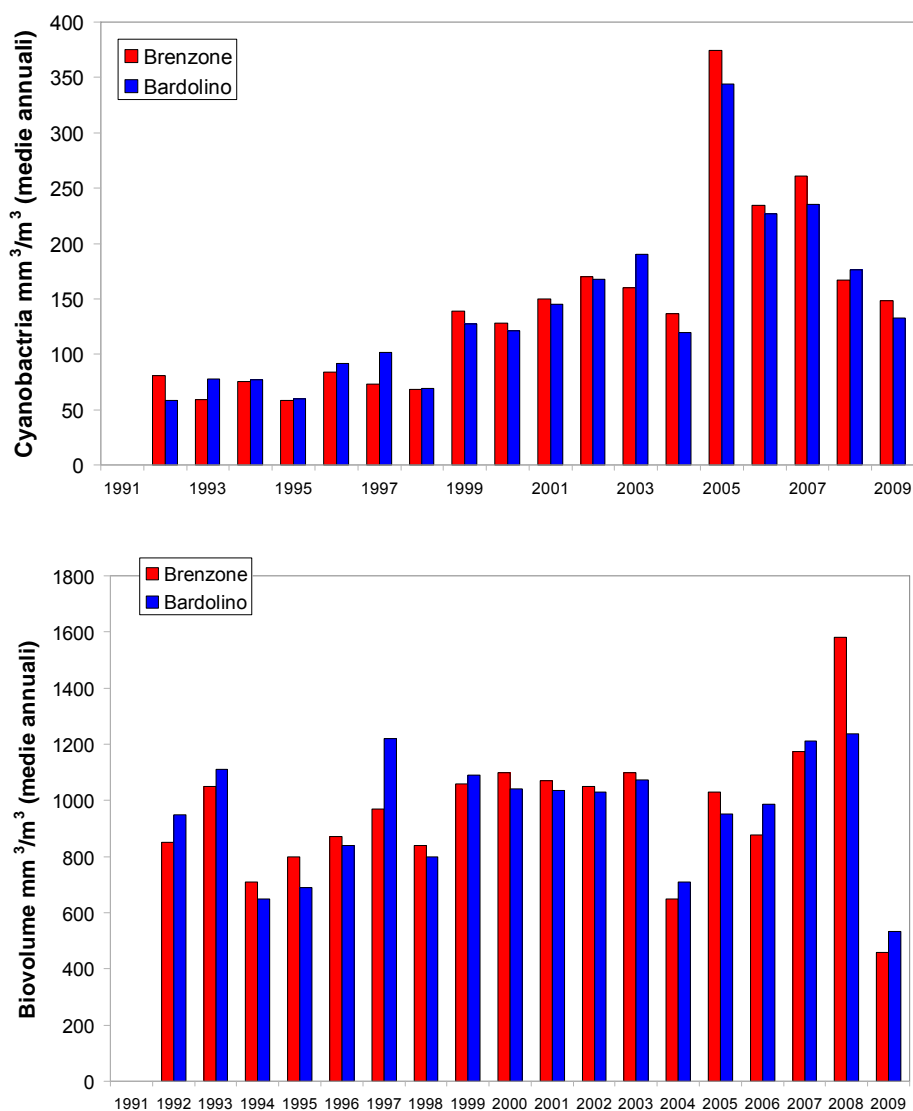
Grazie alle campagne di indagini svolte tra il 1991 e il 2001, si è visto che ad un aumento dei livelli di fosforo nell'acqua, dovuto ai fenomeni di rimescolamento completo (anni 1991, 1999 e 2000) corrisponde un aumento dei valori di clorofilla  $\alpha$  ed una conseguente diminuzione della trasparenza nei periodi primaverili. Durante i periodi di rimescolamento completo si evidenzia la tendenza dello stato trofico del Garda verso la mesotrofia. Basti pensare che i valori medi e massimi di clorofilla  $\alpha$  riscontrati tra il 1994 e il 1995, periodi caratterizzati da rimescolamento incompleto, sono stati rispettivamente di 3.1 e 6.0  $\mu\text{g/l}$  contro i 4.6 e 9.4  $\mu\text{g/l}$  corrispondenti agli anni 1999-2000, caratterizzati da rimescolamento completo delle acque,.

Figura Andamento dei valori di clorofilla a massima e media annuali dal 1991 al 2009. Sui grafici sono anche riportati i valori di riferimento dell'O.C.S.E. per la determinazione dello stato trofico ( 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)



Il rifornimento di nutrienti apportato dagli eventi di completa circolazione, oltre che ad accrescere le comunità fitoplanctoniche, ha avuto anche un altro importante effetto: sono variate le proporzioni tra i diversi taxa. Come esempio si riporta in Figura 11.5.4 ciò che è accaduto per le cianofitiche tra le quali vi sono spesso taxa tossici responsabili di un deciso peggioramento della qualità delle acque. Si nota inoltre che le specie appartenenti alle cianofitiche si sono sviluppate con maggior consistenza (in termini di componente) nei periodi di maggior sviluppo del biovolume fitoplanctonico totale. Questo significa che le nuove comunità fitoplanctoniche si sono arricchite proprio di quelle specie "indesiderate". A tale proposito si riporta che fioriture di cianofitiche si sono manifestate nel 1991 nella zona del bacino est, mentre inaspettate fioriture si sono manifestate a Nord del bacino Ovest nella tarda estate del 2000. Nell'autunno del 2001, grazie ad un periodo abbastanza lungo di condizioni meteo favorevoli, una serie di fioriture hanno interessato la parte centro-sud del bacino Ovest e tutto il bacino Est. Infine nei periodi dal 2003 al 2008 le frequenze delle fioriture a centro lago hanno rappresentato momenti di seria preoccupazione. Nel 2009 il fenomeno si è lievemente attenuato anche se questo è più imputabile ad una serie di eventi ambientali casuali.

Figura Andamento dei valori di biovolume medio annuo Totale e di cianofitiche dal 1991 al 2009. (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Franzini G.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona) & Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 12 – 14 Settembre 2001 Congresso SITE – Sabaudia -Aggiornato



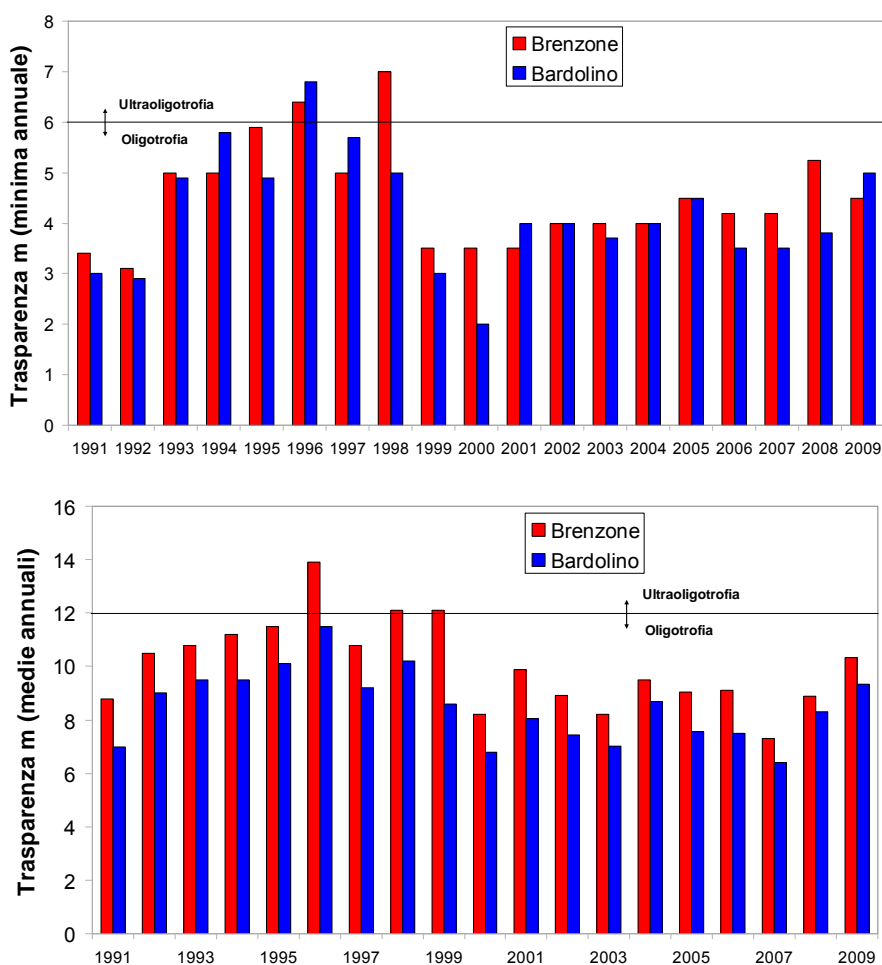
## Lo stato trofico del lago di Garda: Trasparenza

Il valore della trasparenza alla luce dell'acqua viene determinato tramite l'impiego del disco di Secchi. In linea generale ad una elevata trasparenza corrisponde, oltre che una miglior qualità estetica, un miglior stato ecologico dell'acqua del lago. Ovviamente per avere una valutazione esaustiva dello stato ecologico delle acque devono essere presi in considerazione anche tutti gli altri parametri previsti dalle normative applicate. Il fattore che principalmente influenza la trasparenza delle acque del lago di Garda è rappresentato dal particolato in sospensione e dalla sua composizione. La componente inorganica di questo influisce poco (Salmaso & Decet 1998) mentre il maggior contributo deriva dalla biomassa pelagica presente.

Tabella STATO ECOLOGICO DEI LAGHI (D.M. 391/03); Livello da attribuire alla Trasparenza e alla Clorofilla "a"

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
Trasparenza (m) (valore minimo)	> 5	≤ 5	≤ 2	≤ 1,5	≤ 1
Clorofilla a (µg/l) (valore massimo)	< 3	≤ 6	≤ 10	≤ 25	> 25

Figura 11.5.5 Andamento dei valori di trasparenza massima e media annuali dal 1991 al 2009. Sui grafici sono anche riportati i valori di riferimento dell'O.C.S.E. per la determinazione dello stato trofico. (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Franzini G.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona) & Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 12 – 14 Settembre 2001 Congresso SITE – Sabaudia - Aggiornati



## Lo stato trofico del lago di Garda: Andamento nel tempo dello stato di qualità

Stato ecologico del lago di Garda calcolato secondo i criteri del DM391/03 e del D.Lgs 152/99.

La classificazione secondo il D.Lgs 152/06 è ancora in fase sperimentale perché legata a metodi di rilevamento dei parametri biologici in via di messa a punto..

Anno	Stazione	Stato Ecologico (D.M. 391/03)	Stato Ambientale (D.Lgs. 152/99)	Fattori limitanti la classificazione
2001-2002	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	3	SUFFICIENTE	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>SUFFICIENTE</b>	Fosforo totale – Clorofilla "a"
2003	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	2	BUONO	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>SUFFICIENTE</b>	Fosforo totale – Ossigeno disciolto
2004	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	2	BUONO	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>2</b>	<b>BUONO</b>	
2005	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	2	BUONO	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>2</b>	<b>BUONO</b>	
2006	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	3	SUFFICIENTE	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>SUFFICIENTE</b>	Fosforo totale
2007	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	2	BUONO	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>2</b>	<b>BUONO</b>	
2008	BRENZONE	2	BUONO	
	BARDOLINO	2	BUONO	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>SUFFICIENTE</b>	
2009	BRENZONE	2	in corso il Dlgs 152/06	
	BARDOLINO	3	in corso il Dlgs 152/06	
	<b>GARDA TOTALE</b>	<b>3</b>	in corso il Dlgs 152/06	

Se si osservano i dati riportati nelle tabelle e si confrontano con i valori di riferimento (Tabella 11.5.2) si può vedere che il lago di Garda nel periodo che va dal 1992 al 1998 (periodo di mescolamento delle acque incompleto) si classifica tra oligotrofia e la mesotrofia. Prendendo invece in considerazione gli anni successivi (periodi caratterizzati da alternanza tra circolazione completa ed incompleta) si può notare un deciso spostamento verso la mesotrofia. Anche solo dall'analisi dell'andamento dei valori minimi di trasparenza si può capire la causa di ciò. Il rimescolamento completo ha rifornito di nutrienti gli strati più alti, il che ha causato un aumento della produttività del lago e quindi un aumento della biomassa con conseguente minor trasparenza e un aumento del rischio di fioriture di alghe potenzialmente tossiche.

Queste considerazioni dimostrano quanto sia importante fermare ogni tipo di immissione di carichi antropici dal bacino imbrifero. Infatti le immissioni di nutrienti, anche se localizzate negli strati più profondi (come gli sfioratori del sistema di collettamento) comunque daranno il loro contributo negativo e porteranno il bacino verso la mesotrofia.

In conclusione si può affermare che il lago di Garda offre ancora delle acque di qualità invidiabile. Non deve essere comunque dimenticato che i tempi di ricambio completo delle acque sono molto lunghi, pari a circa 27 anni. Questo significa che anche i tempi di cambiamento delle condizioni trofiche sono di conseguenza molto elevati, ultradecennali. L'inerzia che caratterizza il Garda è tale che, se per assurdo, ad un certo punto dovessimo riscontrare livelli di alghe tossiche elevati a causa del

raggiungimento di uno scadente stato trofico, pur smettendo istantaneamente di apportare nutrienti dal bacino imbrifero i miglioramenti si vedrebbero dopo decenni.

Tabella Parametri significativi (OECD 1982) per la valutazione dello stato trofico del Lago di Garda (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 al 2009

<b>Bacino Est (Bardolino)</b>					<b>Bacino Ovest (Brenzono)</b>				
Anno	Disco Secchi m	Clorofilla A µg/l		P-Totale µg/l	Anno	Disco Secchi m	Clorofilla A µg/l		P-Totale µg/l
	Minimo	Media 0-20 m	Max 0-20 m	Media 0-20 m		Minimo	Media 0-20 m	Max 0-20 m	Media 0-20 m
1991	3				1991	3.4			
1992	2.9	2.6	6.7		1992	3.1	3.3	5.9	
1993	4.9	4	6.2		1993	5	3.5	6.8	
1994	5.8	2.6	4.5		1994	5	2.3	4.2	
1995	4.9	2.8	5	10	1995	5.9	3.1	6	10
1996	6.8	3.1	5	10	1996	6.4	3	5.5	10
1997	5.7	3.8	8.8	9	1997	5	3.2	5.5	8
1998	5	3	4.8	8	1998	7	3.2	4.3	9
1999	3	4	7.3	11	1999	3.5	3.7	7.6	12
2000	2	4.6	9.5	10	2000	3.5	4.1	9.4	11
2001	4	2.7	7.3	9	2001	3.5	3.3	9.4	10
2002	4	3.6	12.6	7	2002	4	3.5	9.6	7
2003	3.7	2.7	8.9	4	2003	4	3.1	17.6	5
2004	4	2.1	7.4	7	2004	4	2	5.9	7
2005	4.5	3	9.2	7	2005	4.5	3	5.8	9
2006	3.5	2.4	6	11	2006	4.2	2.5	4.9	11
2007	3.5	3.4	10.9	7	2007	4.2	3.2	9	6
2008	3.8	1.5	9.9	11	2008	5.25	3.2	10	9
2009	5	2.7	10.9	10	2009	4.5	2.5	10.4	8