

## Stato delle acque superficiali in Lombardia

# LAGO DI COMABBIO

Aggiornamento 2014-2019



**Dicembre 2020**

---

Stato delle acque superficiali in Lombardia  
LAGO DI COMABBIO  
Aggiornamento 2014-2019

**Autori**

Franca Pandolfi, Andrea Beghi, Eugenia Bettoni, Fabio Buzzi, Rosa Maria Di Piazza

*U.O. Centro Regionale Laghi e Monitoraggio Biologico Acque Superficiali  
Settore Monitoraggi Ambientali*

Pietro Genoni

*Responsabile U.O. Centro Regionale Laghi e Monitoraggio Biologico Acque Superficiali  
Settore Monitoraggi Ambientali*

Citare come:

ARPA Lombardia, 2020. Stato delle acque superficiali in Lombardia. Lago di Comabbio. Aggiornamento 2014-2019. Settore Monitoraggi Ambientali, 17 pp.

---

## SOMMARIO

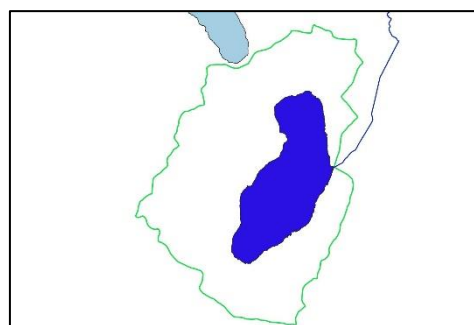
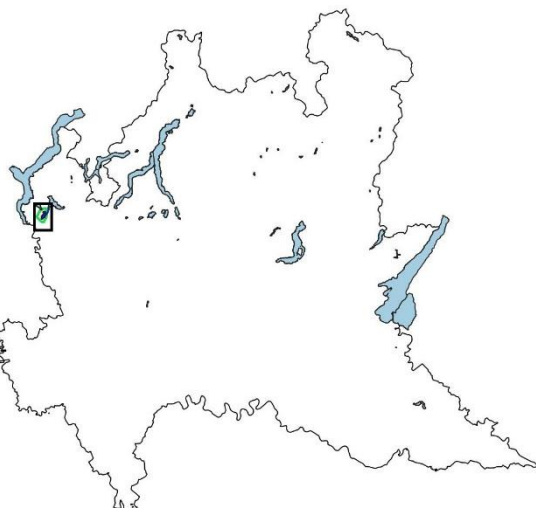
---

<b>1</b>	<b>INQUADRAMENTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE .....</b>	<b>3</b>
2.1	TEMPERATURA DELLE ACQUE .....	3
2.2	OSSIGENO DISCIOLTO .....	4
2.3	TRASPARENZA .....	6
2.4	MACRONUTRIENTI: FOSFORO E AZOTO .....	7
<b>3</b>	<b>ELEMENTI FISICO-CHIMICI A SOSTEGNO (LTLECO) .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA (EQB) .....</b>	<b>10</b>
4.1	FITOPLANCTON .....	10
4.2	MACROFITE E FITOBENTOS .....	12
4.3	MACROINVERTEBRATI .....	13
4.4	FAUNA ITTICA .....	13
<b>5</b>	<b>ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>STATO ECOLOGICO .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>STATO CHIMICO .....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>17</b>

---

## 1 INQUADRAMENTO

Il lago di Comabbio si trova all'interno di una conca lacustre ai piedi delle Prealpi Varesine, in una fascia collinare situata tra il Lago Maggiore e il fiume Olona (AA.VV., 2007). Si tratta di un lago poco profondo, di modeste dimensioni, della fascia intermorenica prealpina che si estende nei territori dei comuni di Comabbio, Vergiate, Varano Borghi, Mercallo e Ternate e rientra all'interno del bacino idrografico del lago di Varese.



### Caratteristiche morfometriche e idrologiche del lago di Comabbio

#### Bacino idrografico

Bacino idrografico	Fiume Ticino
Area <sup>(1)</sup>	16,1 km <sup>2</sup>
Altitudine massima	471 m s.l.m. (Monte Pelada)
Immissari principali <sup>(2)</sup>	Rio della Ghiacciaia, Rio del Cimitero di Comabbio, Rio Peschè, Rio Mercallo
Emissario principale <sup>(2)</sup>	Canale Brabbia

#### Lago

Macrotipo	L4
Tipo	AL4 - Laghi subalpini, polimittici
Area <sup>(1)</sup>	3,5 km <sup>2</sup>
Rapporto area bacino/area lago <sup>(3)</sup>	4,6
Perimetro	9 km
Indice di sinuosità <sup>(3)</sup>	1,36
Profondità massima <sup>(2)</sup>	8 m
Profondità media <sup>(2)</sup>	4,6 m
Altitudine media	243 m s.l.m.
Volume <sup>(2)</sup>	16,3 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Volume utile alla massima regolazione	-
Tempo teorico di ricambio <sup>(2)</sup>	1,7 anni
Tempo reale di ricambio	-
Classificazione termica	Polimittico
Tasso di sedimentazione	-

Fonti: Osservatorio Laghi Lombardi, 2005 ad eccezione di <sup>(1)</sup> PTUA 2016; <sup>(2)</sup> AA.VV., 2007; <sup>(3)</sup> dato calcolato da ARPA.

**Punto di campionamento acque**

Comune	Varano Borghi
Coordinate X-Y (WGS84 UTM 32)	476034 - 5067740
Localizzazione	Punto di massima profondità

L'origine del lago di Comabbio è da attribuirsi al ritiro dell'imponente ghiacciaio del Verbano, che originò anche i bacini del lago di Varese e del lago di Monate. L'escavazione determinò la formazione di un substrato terziario impermeabile al di sopra del quale troviamo un substrato di depositi quaternari costituiti da una coltre di sedimenti incoerenti di origine glaciale, fluvio-glaciale e lacustre (AA.VV., 2007).

In età post-würmiana il lago di Comabbio formava con il lago di Varese un unico grande bacino il cui originale livello di 257 m s.l.m. subì una prima riduzione a 246 m s.l.m. per motivi attribuibili in buona parte a variazioni climatiche. L'emissario dell'antico bacino varesino era il fiume Riale, che sboccava verso sud nel fiume Ticino, incidendo lo sbarramento morenico nei pressi dell'attuale centro abitato di Mercallo dei Sassi. In tempi relativamente recenti si è avuto un brusco abbassamento agli attuali livelli con conseguente separazione dei due laghi e apertura di una nuova via di scarico verso ovest, attraverso il fiume Bardello, con sbocco nel Lago Maggiore. Il lago di Comabbio un tempo veniva alimentato soprattutto da copiose sorgive, che scaturivano dal fondo nella parte nord del bacino e delle rive (Annoni *et al.*, 1978).

Attualmente il lago è alimentato dalle acque meteoriche, dagli apporti sotterranei della falda freatica e dagli immissari che sono costituiti esclusivamente da corsi d'acqua minori a carattere torrentizio tranne che per un piccolo corso d'acqua, il Rio Peschè, che si immette nel lago all'altezza del Parco Berrini di Ternate, incanalato (AA.VV., 2007).

L'emissario è il Canale Brabbia che collega il lago di Comabbio al lago di Varese dopo aver attraversato la Riserva Naturale della Palude Brabbia. La sua portata è regolata da una stazione di chiusura posta poco a valle dell'uscita dal lago che ne regola il deflusso.

La ridotta profondità, sia in termini di valore massimo (8 metri) che medio (4,6 metri) lo rendono un lago polimittico in termini di estensione e frequenza della circolazione delle acque.

Il lago fa parte del SIC IT2010008 "Lago di Comabbio" la cui superficie è costituita per il 75% dal lago stesso.

## 2 CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE

### 2.1 Temperatura delle acque

La temperatura che un lago assume in un determinato istante dipende dal suo bilancio termico, cioè dalla differenza fra gli apporti e le perdite di calore. La temperatura influenza gli ecosistemi lacustri sia in maniera diretta, agendo sul metabolismo degli organismi, che in maniera indiretta, determinando la densità delle acque e quindi anche la struttura della colonna d'acqua.

Il lago di Comabbio è classificato come polimittico in quanto non mostra una stratificazione termica evidente e stabile.

Il grafico della temperatura (Figura 1) mostra chiaramente come la ridotta profondità del lago determini un andamento molto simile in superficie e in prossimità del fondo. Al termine del periodo invernale le acque superficiali subiscono un progressivo riscaldamento che si estende durante il periodo estivo quasi all'intera colonna d'acqua.

Pur non essendo possibile individuare un vero e proprio ipolimnio, a partire dalla metà di aprile si delinea uno strato caratterizzato da un gradiente di temperatura superiore a 1°C/metro e una sorta di separazione delle acque prossime al fondale, visibile dai profili rilevati con la sonda multiparametrica utilizzata durante le campagne di monitoraggio. Dal mese di settembre generalmente le acque del bacino ritornano a circolare raggiungendo nei mesi invernali la piena circolazione, in cui i parametri fisico-chimici risultano omogeneamente distribuiti su tutta la colonna d'acqua.

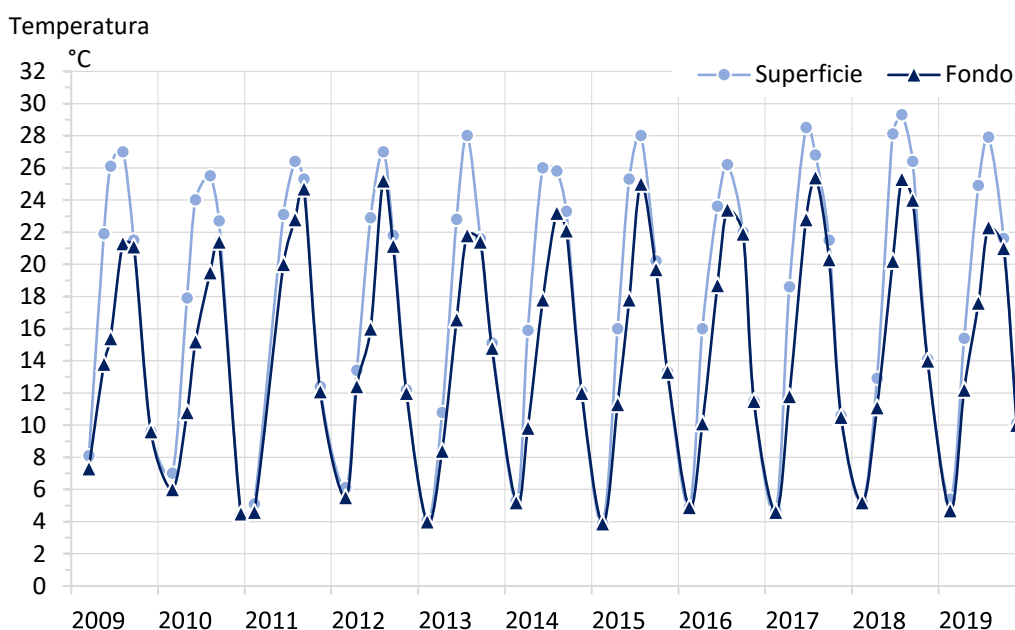


Figura 1. Andamento della temperatura delle acque in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

## 2.2 Ossigeno disciolto

La solubilità dell'ossigeno in acqua è in relazione alla temperatura, alla pressione barometrica e all'umidità relativa dell'aria. Il profilo verticale della concentrazione dell'ossigeno disciolto è condizionato dall'attività biologica degli organismi presenti in acqua, dalla turbolenza e dalle vicende termiche del lago.

Nel lago di Comabbio l'ossigeno ha un andamento costante lungo il profilo verticale fino a circa 5,5 metri. Esaminando il grafico di Figura 2 si può notare che nei periodi estivi vi è una notevole differenza tra la concentrazione di ossigeno in superficie e il fondo a causa del fatto che lo strato più profondo durante tale periodo rimane piuttosto isolato. In questo strato l'ossigeno è soggetto ad una diminuzione della sua concentrazione che in alcuni casi scende sensibilmente sotto la soglia del 40% di saturazione. Negli anni 2018 e 2019 sul fondo sono stati rilevati i valori più bassi di concentrazione di ossigeno del decennio 2009 – 2019, corrispondente al 5 % di saturazione nel settembre 2018 e all'8 % nel mese di luglio 2019.

Nella maggior parte del profilo verticale i processi fotosintetici del fitoplancton determinano un buon tenore di ossigeno, con picchi di sovrasaturazione, a volte anche al di sopra del 140%, che evidenziano la natura produttiva del lago.

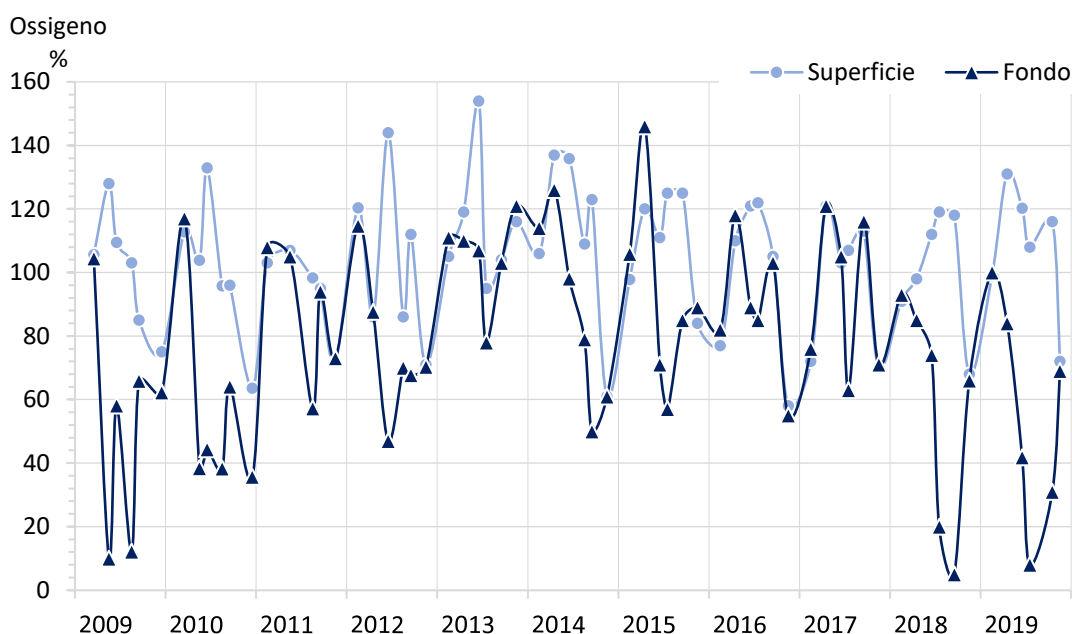


Figura 2. Andamento della saturazione dell'ossigeno disciolto in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

La concentrazione di ossigeno disciolto ipolimnico misurato alla fine del periodo di stratificazione viene utilizzata per il calcolo del descrittore LTLecco ai fini della classificazione dello stato ecologico; una concentrazione pari a 40% di saturazione rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

Dal grafico in Figura 3 si può notare che negli anni 2009, 2015, 2018 e 2019 l'ossigeno ipolimnico rilevato è risultato inferiore al limite del livello corrispondente allo stato buono, raggiungendo nel 2009 una saturazione del 12% e nel 2019 del 10%.

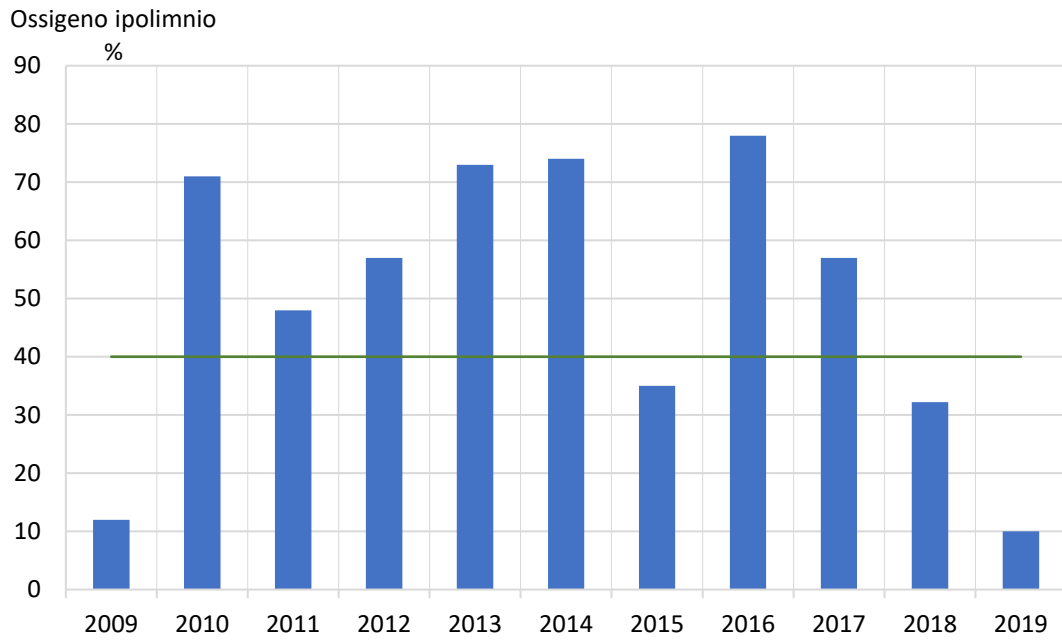


Figura 3. Valori di saturazione dell'ossigeno disciolto nell'ipolimnio alla fine del periodo di stratificazione dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.



## 2.3 Trasparenza

La trasparenza di un lago è definita come la profondità alla quale un disco bianco o a quadranti bianchi e neri di 20-30 cm di diametro (disco di Secchi) diviene invisibile dalla superficie. La trasparenza è un parametro correlato alla produttività algale del lago e alla presenza di particolato disciolto. I più alti valori di questo parametro si registrano quando la componente fitoplanctonica non ha ancora raggiunto un completo sviluppo mentre bassi valori di trasparenza si osservano quando la comunità algale risulta ampiamente presente.

La trasparenza media annua viene utilizzata per il calcolo del descrittore LTLecco; per il lago di Comabbio il valore di 3 metri rappresenta il limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

La trasparenza (Figura 4) ha un andamento antitetico rispetto a quello della produzione algale, con minimi annuali quasi sempre inferiori ai 2 metri e medie annue spesso inferiori o prossime ai 3 metri, valori tipici di ambienti aventi una produzione algale significativa.

La bassa trasparenza media annua è caratteristica di un ambiente apparentemente ancora eutrofizzato, nonostante le concentrazioni dei nutrienti nell'ultimo sessennio siano modeste.

Il 2016 è contraddistinto da valori di trasparenza più elevati che, nei campioni invernali e primaverili, hanno raggiunto i 6 metri determinando così una media annua di 4,5 metri, il più alto valore ottenuto nell'arco temporale dal 2009 al 2019.

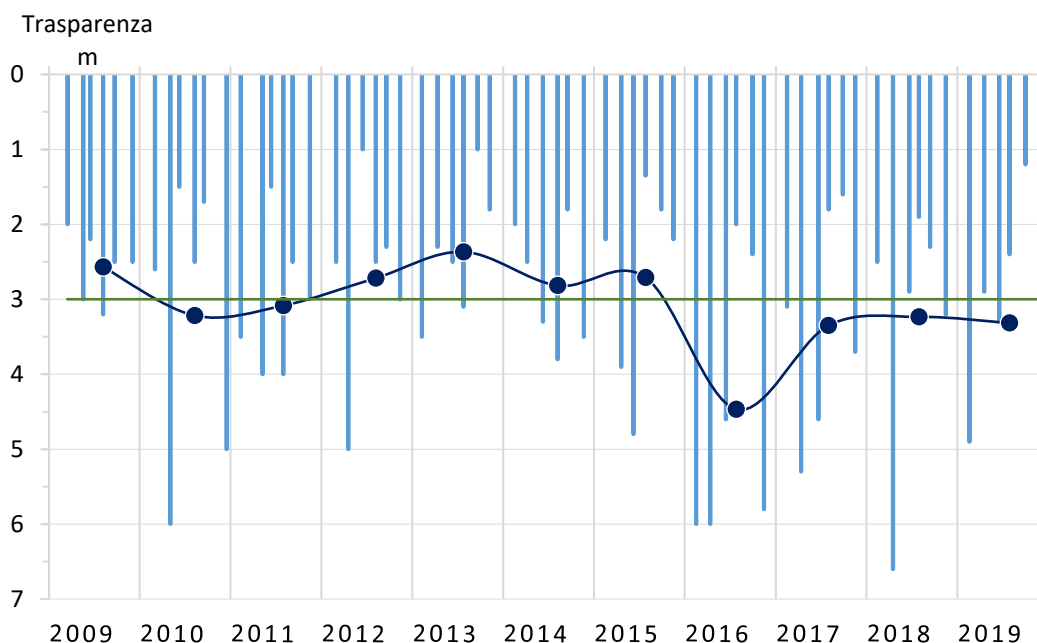


Figura 4. Valori mensili (barre) e medie annue (punti) della trasparenza dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

## 2.4 Macronutrienti: fosforo e azoto

Fosforo e azoto rappresentano i principali nutrienti che determinano lo sviluppo della biomassa vegetale, il cui eccesso è uno degli effetti dell'eutrofizzazione. Nei laghi lombardi l'elemento che limita la crescita degli organismi vegetali è quasi sempre il fosforo.

La concentrazione media di fosforo totale – ottenuta come media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati, nel periodo di piena circolazione alla fine della stagione invernale – viene utilizzata per il calcolo del descrittore LTLecco; per il lago di Comabbio una concentrazione di 20 µg/L P rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

Esaminando l'andamento della concentrazione del fosforo totale (Figura 5) si può notare una sua diminuzione, soprattutto dal 2013, con la tendenza ad avvicinarsi al valore di 12 µg/L P, limite corrispondente allo stato elevato per il calcolo dell'LTLecco.

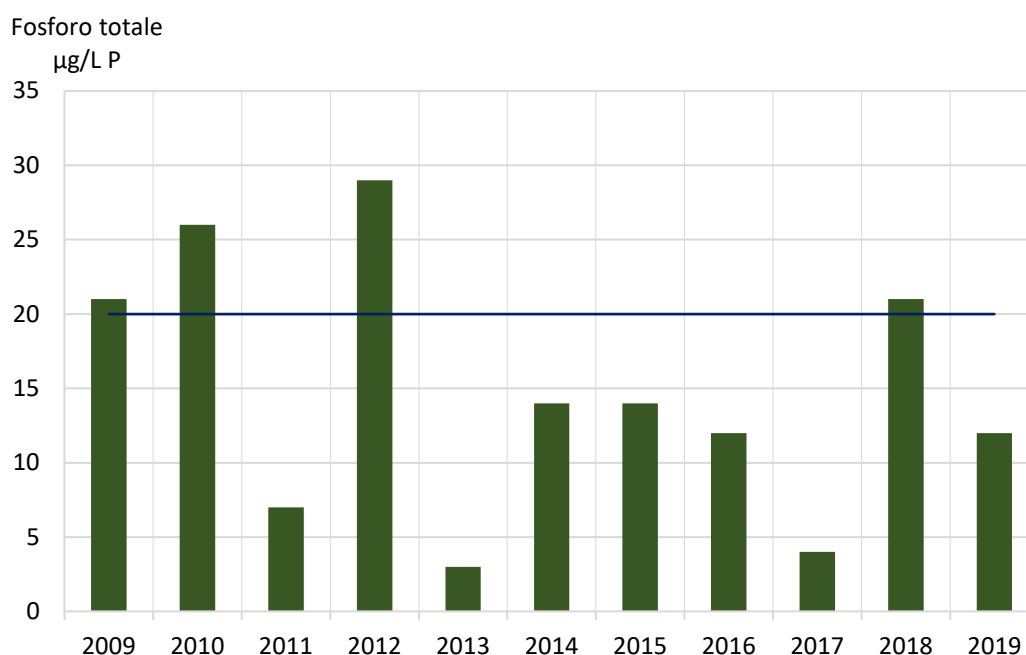


Figura 5. Valori di fosforo totale (media ponderata) nel periodo di piena circolazione dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite del livello corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'LTLecco.

Il livello naturale di fosforo per il lago di Comabbio, considerato come riferimento per la determinazione dell'obiettivo gestionale previsto dal PTUA, è pari a 22 µg/L P. Tuttavia, il valore più verosimile, calcolato con un metodo più aggiornato proposto da Cardoso *et al.* (2007), si può ritenere prossimo a 7 µg/L P.

L'andamento della concentrazione dell'azoto nitrico (Figura 6) evidenzia valori di concentrazione generalmente molto bassi. Negli anni successivi al 2013 non è più apprezzabile la fluttuazione di concentrazione di tale parametro a causa dell'innalzamento dei valori dei limiti di quantificazione utilizzati dal laboratorio di analisi. La mancanza di contributi esterni, ad esempio per dilavamento di terreni agricoli coltivati e l'utilizzo di tale nutriente da parte della comunità fitoplanctonica che occupa l'intera colonna d'acqua possono spiegare la bassa concentrazione di azoto nitrico rilevata.

L'azoto ammoniacale (Figura 7) in genere ha un andamento simile sia in superficie che sul fondo con una corrispondenza temporale tra i picchi alle due profondità e con valori massimi annui perlopiù riscontrati nei

campioni tardo autunnali ad eccezione del mese di giugno 2010. Il picco di concentrazione osservato nel novembre 2019 potrebbe essere dovuto alle forti precipitazioni del periodo, che hanno determinato un maggior apporto di nutrienti dal bacino imbrifero.

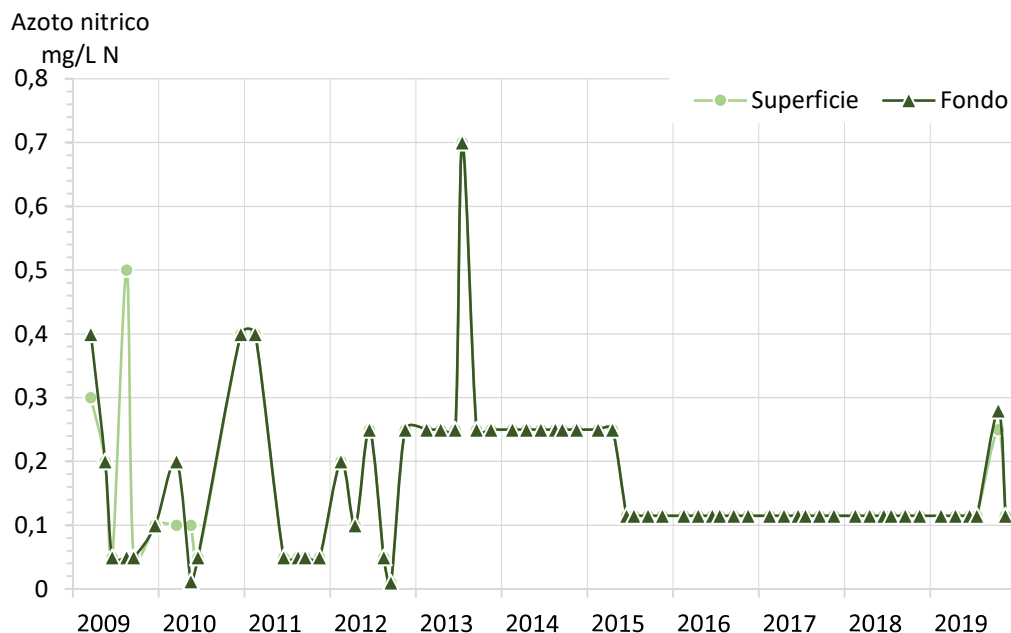


Figura 6. Concentrazioni di azoto nitrico in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

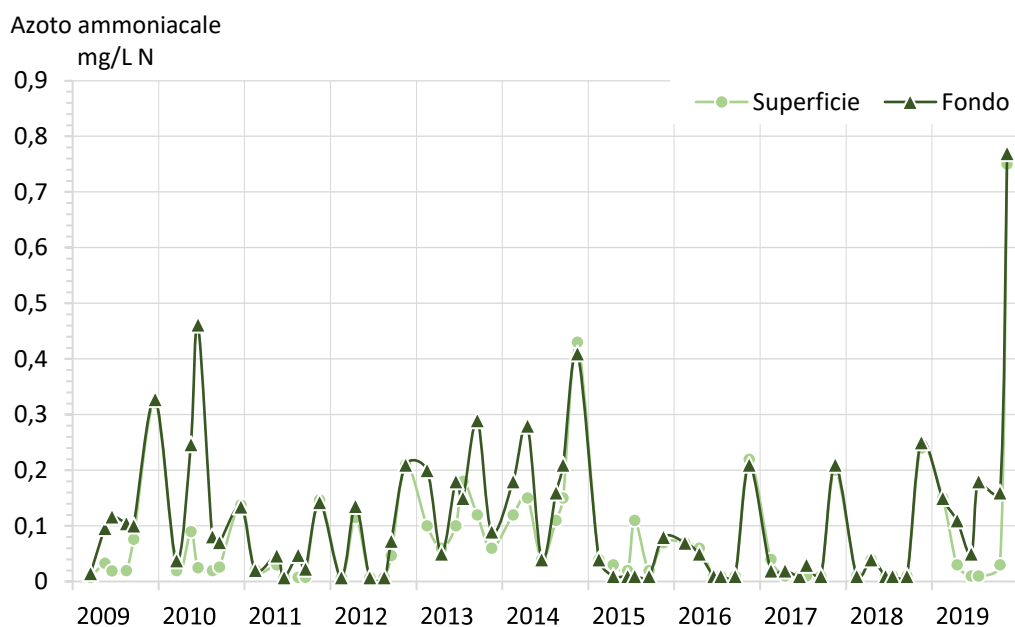


Figura 7. Concentrazioni di azoto ammoniacale in superficie e sul fondo dal 2009 al 2019.

### 3 ELEMENTI FISICO-CHIMICI A SOSTEGNO (LTLECO)

I parametri che contribuiscono al calcolo dell'LTLECO sono la trasparenza (media dei valori riscontrati nel corso dell'anno di monitoraggio), l'ossigeno disciolto ipolimnico (media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati, alla fine del periodo di stratificazione) e il fosforo totale (media ponderata rispetto ai volumi o all'altezza degli strati, nel periodo di piena circolazione alla fine della stagione invernale).

Nella Tabella 2 sono riportati i valori dei singoli parametri utilizzati per il calcolo dell'LTLECO (Livello Trofico dei Laghi per lo stato ecologico) dal 2009 al 2019.

Questi parametri sono direttamente correlati al livello trofico del lago e forniscono informazioni utili sul suo stato di salute integrando quelle fornite dagli elementi di qualità biologica.

I valori delle concentrazioni medie di fosforo alla circolazione invernale (Tabella 1) evidenziano che dal 2013 c'è una tendenza ad avvicinarsi alla soglia dei 12 µg/L, valore modesto al di sotto della quale si ottiene il punteggio più elevato ad eccezione dell'anno 2018 in cui si è raggiunto il valore di 21 µg/L.

Durante il periodo di stratificazione termica, nel corso dell'ultimo decennio, ad eccezione degli anni 2009 e 2019, il lago non sembra raggiungere condizioni di anossia tali da innescare il processo di rilascio del fosforo dai sedimenti, con una saturazione percentuale di ossigeno generalmente superiore al 40% (Tabella 1).

Tabella 1. Valori dei parametri utilizzati per il calcolo dell'LTLECO dal 2009 al 2019.

Corpo idrico	Anno	Fosforo totale µg/L P	Trasparenza m	Ossigeno ipolimnico % saturazione
Comabbio	2009	21	2,6	12
	2010	26	3,2	71
	2011	7	3,1	48
	2012	29	2,7	57
	2013	3	2,4	73
	2014	14	2,8	74
	2015	14	2,7	35
	2016	12	4,5	78
	2017	4	3,4	57
	2018	21	3,2	32
	2019	12	3,3	10

In Tabella 2 sono riportati i valori dei parametri e il loro relativo punteggio al fine del calcolo del LTLECO. I punteggi più bassi sono stati riscontrati nel triennio 2012-2014 per il parametro trasparenza e nel triennio 2017-2019 per il parametro ossigeno ipolimnico; la classificazione peggiore è stata quella del triennio 2012-2014 che è risultata sufficiente.

Tabella 2. Valori dei parametri, punteggi, valori di LTLECO e classificazione di stato nei quattro trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Triennio	Fosforo totale		Trasparenza		Ossigeno ipolimnico		LTLECO	Stato
		µg/L P	Punt.	m	Punt.	%	Punt.		
Comabbio	2009-2011	18	4	3,0	4	44	4	12	buono
	2012-2014	15	4	2,6	3	68	4	11	sufficiente
	2014-2016	13	4	3,3	4	62	4	12	buono
	2017-2019	12	5	3,3	4	33	3	12	buono

## 4 ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA (EQB)

Per gli elementi biologici la classificazione si effettua sulla base del valore di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), ossia del rapporto tra valore del parametro biologico osservato e valore dello stesso parametro, corrispondente alle condizioni di riferimento con alterazioni antropiche assenti o poco rilevanti.

I metodi di valutazione dello stato degli EQB sono sottoposti a un processo di intercalibrazione al fine di garantire la comparabilità tra i risultati del monitoraggio biologico dei vari Stati membri e le loro rispettive classificazioni. La Decisione della Commissione Europea 2018/229 ha stabilito i metodi e i valori che definiscono le delimitazioni tra le classi che gli Stati membri devono utilizzare per le classificazioni nazionali dei sistemi di monitoraggio risultanti dalla terza fase dell'esercizio di intercalibrazione.

Pertanto, attualmente si dispone di metodi e di valori di delimitazione delle classi di stato che possono essere differenti rispetto a quelli utilizzati per la classificazione del precedente sessennio (2009-2014) riportata nel PTUA 2016. Nel presente Rapporto la classificazione dello stato degli EQB e dello stato ecologico del sessennio 2009-2014 è stata aggiornata utilizzando i metodi e i valori della Decisione 2018/229 per consentire un corretto confronto dei risultati in relazione alle evoluzioni temporali. Viene contestualmente riportata la classificazione ufficiale del PTUA 2016.

### 4.1 Fitoplancton

La classificazione dei laghi a partire dal fitoplancton si ottiene come media dell'indice medio (RQE) di biomassa (concentrazione di clorofilla e biovolume) e dell'indice medio (RQE) di composizione (PTIot), che insieme compongono l'indice IPAM (Metodo italiano di valutazione del fitoplancton).

Lo stato ecologico del lago di Comabbio è stato valutato attraverso la comunità fitoplanctonica solo nel periodo 2009-2014. Negli anni seguenti invece per la classificazione sono state considerate le macrofite.

Dall'analisi dell'andamento dei valori medi di clorofilla *a* (Figura 8) e del biovolume fitoplanctonico (Figura 9) determinato sullo strato integrato della colonna d'acqua, si può notare che nel triennio 2009-2011 la produttività del lago, a causa di importanti episodi di fioritura algale, è stata maggiore rispetto al triennio successivo 2012-2014. Il picco di biovolume più significativo, nel giugno 2010, è legato alla proliferazione di *Dolichospermum planctonicum*, cianobatterio potenzialmente tossico. Si segnala inoltre la massiccia fioritura di *Woronichinia naegeliana* che a settembre 2008 ha ricoperto gran parte della superficie lacustre. In Tabella 3 sono riportati gli eventi di fioritura algali nel lago di Comabbio. In termini di biovolume la comunità è costituita principalmente da diatomee e cianobatteri, cui si aggiungono, in alcuni anni, le criptofitee.

Prendendo in esame i valori di densità, appare evidente come i cianobatteri siano di gran lunga la classe più abbondante rispetto alle altre, fatta eccezione per i soli campioni di inizio anno contraddistinti dalla presenza di diatomee, crisofitee e criptofitee. La presenza di generi caratterizzati da colonie composte da un numero molto elevato di cellule può spiegare le elevate abbondanze relative raggiunte dai cianobatteri a partire dal mese di maggio. Le diatomee sono presenti principalmente con la famiglia delle Fragilariaceae, in particolare con *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira granulata* e con appartenenti all'ordine delle Centrales con i generi *Cyclotella* e *Stephanodiscus*. Le cianofitee sono presenti con numerose specie appartenenti sia all'ordine delle Nostocales che a quello delle Chroococcales: le prime con *Dolichospermum planctonicum*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Aphanizomenon* spp., le seconde con *Woronichinia naegeliana*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis* spp. Molte delle specie citate sono considerate caratteristiche di ambienti eutrofi.

Le medie annue del biovolume sono sempre risultate superiori al valore di 2,7 mm<sup>3</sup>/L, corrispondente al limite tra le classi sufficiente e buono (Figura 9). Discorso analogo può essere fatto per la clorofilla *a*, la cui

media annua è sempre superiore a 8 µg/L, soglia al di sotto della quale ottiene un giudizio buono. Complessivamente l'indice IPAM ottenuto nei due trienni è risultato sufficiente (Tabella 4).

Tabella 3: Eventi di fioritura algali nel lago di Comabbio.

Corpo idrico	Anno	Mese	Specie
Comabbio	2008	febbraio	<i>Pseudanabaena</i> spp.
	2008	settembre	<i>Woronichinia naegeliana</i>
	2010	marzo	<i>Cryptomonas</i> , <i>Plagioselmis nannoplanctica</i>
	2010	giugno-settembre	<i>Dolichospermum planctonicum</i>
	2011	febbraio	<i>Cyclotella ocellata</i>

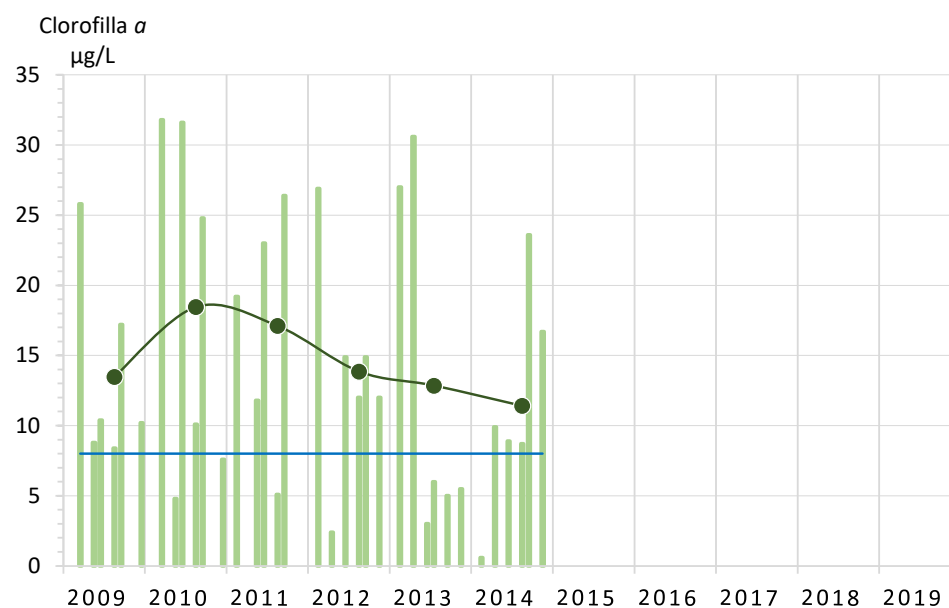


Figura 8. Valori mensili (barre) e medie annue (punti) della clorofilla a dal 2009 al 2019; la linea rappresenta il valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

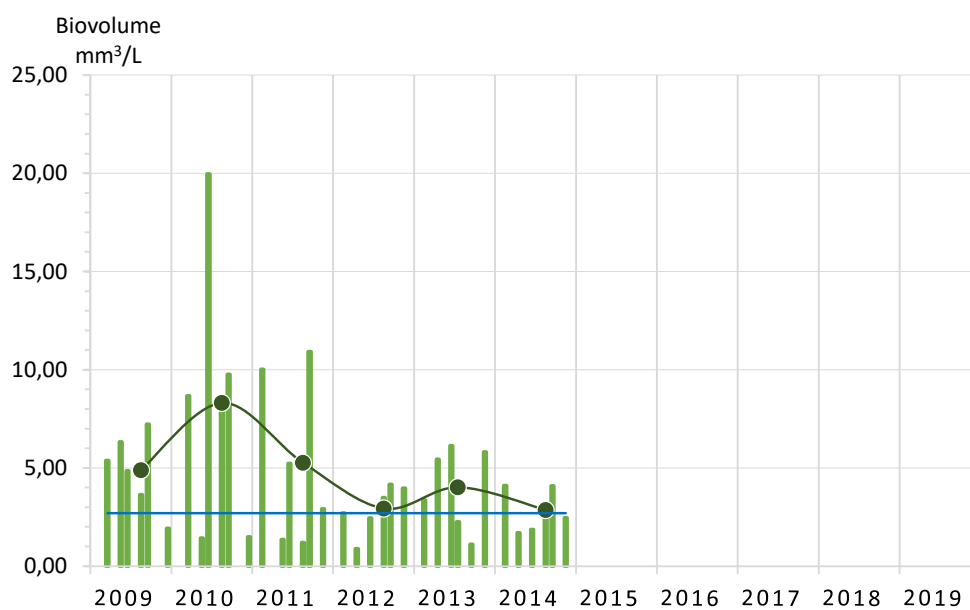


Figura 9. Valori mensili e medie annue di biovolume fitoplanctonico nello strato integrato; la linea rappresenta il valore limite corrispondente allo stato buono per il calcolo dell'indice IPAM.

Tabella 4. Valori di IPAM e corrispondente stato nei due trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Triennio	IPAM	Stato
Comabbio	2009-2011	0,48	sufficiente
	2012-2014	0,57	sufficiente
	2014-2016	-	-
	2017-2019	-	-

## 4.2 Macrofite e fitobentos

Lo stato delle macrofite degli ambienti lacustri è stabilito mediante l'indice MacroIMMI (Macrophytes Italian MultiMetric Index), che è composto da tre metriche: la massima profondità di colonizzazione ( $Z_{cmax}$ ), il punteggio trofico ( $S_k$ ), l'indice di dissimilarità rispetto a siti di riferimento (1-B&C, con B&C= indice di Bray & Curtis).

Lo stato del fitobentos è stabilito mediante l'Indice per valutazione della qualità delle acque lacustri italiane a partire dalle diatomee epifitiche ed epilittiche (EPI-L) basato su pesi indicatori delle diverse specie. I valori dell'indice MacroIMMI (RQE) e dell'indice EPI-L (RQE) possono essere mediati per ottenere l'Indice Composito Diatomee-Macrofite (ICDM).

Negli ultimi due trienni di monitoraggio per la valutazione dello stato ecologico sono state scelte le macrofite.

Il monitoraggio della comunità macrofitica si è svolto nel 2016 e nel 2018, individuando circa 50 siti cui corrispondono altrettanti transetti di campionamento. Complessivamente sono state censite 10 specie nel 2016 e 12 nel 2018 tra cui le più diffuse sono state *Trapa natans*, *Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Vallisneria spiralis* e *Najas marina*.

Il punteggio trofico delle specie più abbondanti, in particolare di *Trapa natans*, caratteristiche di ambienti piuttosto eutrofizzati, ha inciso negativamente sul risultato finale. La massima profondità di colonizzazione in entrambi gli anni di indagine è stata di circa 4 metri: considerata la natura del lago e la sua ridotta profondità massima, la metrica ottiene un buon punteggio.

Si segnala infine la presenza della specie esotica *Nelumbo nucifera*, identificata in 3 siti nel 2016 dove raggiunge coperture considerevoli, soprattutto nelle vicinanze dell'emissario Canale Brabbia e in 2 siti nel 2018.

In Tabella 5 sono riportati i valori dell'indice MacroIMMI (RQE) ottenuti nei due trienni e corrispondenti ad uno stato sufficiente. In entrambi i trienni 2014-2016 e 2017-2019 le diatomee epifitiche ed epilittiche (EPI-L) del lago di Comabbio non sono state monitorate pertanto non è stato calcolato l'indice composito ICDM correlato.

Tabella 5. Valori di MacroIMMI e corrispondente stato nei due trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Triennio	Anno di monitoraggio	RQE MacroIMMI	Stato
Comabbio	2009-2011	-	-	-
	2012-2014	-	-	-
	2014-2016	2016	0,46	sufficiente
	2017-2019	2018	0,56	sufficiente

### **4.3 Macroinvertebrati**

Lo stato dei macroinvertebrati bentonici degli ambienti lacustri è stabilito mediante l'indice BQIES (Indice di qualità bentonica basato sul numero atteso di specie), basato su pesi indicatori delle diverse specie.

I macroinvertebrati del lago di Comabbio non sono mai stati monitorati in quanto è stato valutato che gli elementi di qualità più sensibili alla pressione dovuta all'arricchimento di nutrienti erano fitoplancton e macrofite

Si precisa che essendo il lago di Comabbio classificato di tipo L4, l'indice BQIES non è applicabile ai fini della classificazione in quanto per tale tipologia non si è ancora conclusa l'intercalibrazione.

### **4.4 Fauna ittica**

Lo stato della fauna ittica degli ambienti lacustri è stabilito mediante l'indice LFI (Lake Fish Index), che si basa sull'abbondanza relativa e la struttura di popolazione delle specie chiave, sul successo riproduttivo delle specie chiave e delle specie tipo-specifiche, sulla diminuzione percentuale del numero di specie chiave e tipo-specifiche, sulla presenza di specie ittiche alloctone ad elevato impatto.

La fauna ittica del lago di Comabbio non è stata monitorata in questo sessennio perché si è valutato che la pressione più significativa alla quale è soggetto il lago sia quella dell'arricchimento dei nutrienti per cui sono stati scelti il fitoplancton e le macrofite, produttori primari, come elementi che rispondono meglio alla variazione di concentrazione degli stessi.



## 5 ELEMENTI CHIMICI A SOSTEGNO

Lo stato degli elementi chimici a sostegno è classificato in base alla presenza di inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità elencati nella Tab. 1/B del D.Lgs. 172/2015.

Nella Tabella 6 è indicato il numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza ricercata nel lago di Comabbio in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

Tabella 6. Numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

GRUPPO	SOSTANZA	2014	2015	2016	2017	2018	2019
METALLI	Arsenico	-	-	20	18	18	18
	Cromo totale	18	18	20	19	18	18
PESTICIDI	AMPA	-	-	-	-	6	-
	Glifosate	-	-	-	-	6	-

Lo stato degli elementi chimici a sostegno risulta non classificato nel triennio 2009-2011 in quanto non sono state valutate le pressioni insistenti sul corpo idrico. Gli elementi chimici a sostegno sono stati monitorati solo a partire dal 2012. In particolare, in base all'analisi delle pressioni si è scelto di ricercare il cromo e, dal 2016, anche l'arsenico. Nonostante il superamento del limite di quantificazione per l'arsenico in alcuni campioni, le concentrazioni medie annue dei due parametri sono sempre state inferiori al LOQ e agli SQA stabiliti dalla normativa. Nell'aprile del 2018 è stato rilevato un campione con valore di concentrazione di AMPA pari a 0,37 µg/L che ha determinato il superamento della media annua di tale parametro rispetto al LOQ. Per tale superamento lo stato degli elementi chimici a sostegno per il triennio 2017-2019 è risultato buono (Tabella 7).

Tabella 7. Stato degli elementi chimici a sostegno nei quattro trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Triennio	Stato elementi chimici a sostegno	Media annua >SQA-MA	Media annua >LOQ
Comabbio	2009-2011	non classificato	-	
	2012-2014	elevato	-	
	2014-2016	elevato	-	-
	2017-2019	buono	-	AMPA

SQA-MA: standard di qualità ambientale – valore medio annuo

LOQ: limite di quantificazione del metodo analitico

## 6 STATO ECOLOGICO

Lo stato ecologico è definito in base alla classe più bassa relativa allo stato degli EQB, dell'LTLecco e degli elementi chimici a sostegno.

Al fine di evidenziare correttamente le eventuali evoluzioni temporali, i dati del monitoraggio 2009-2016 sono stati rielaborati considerando l'indice IPAM (fitoplancton) e l'indice MacroIMMI (macrofite). La classificazione dello stato degli EQB e dello stato ecologico è stata di conseguenza rivista.

Nel caso del lago di Comabbio non si osservano differenze di stato ecologico rispetto alla classificazione pubblicata nel PTUA 2016.

I risultati dei trienni di monitoraggio operativo finora conclusi sono riportati in Tabella 8. La classificazione dello stato ecologico è determinata dagli elementi di qualità biologica scelti (fitoplancton e macrofite) che assegnano al lago uno stato sufficiente. Solo nel triennio 2012-2014 il valore dell'LTLecco non ha raggiunto lo stato buono.

Tabella 8. Stato degli elementi di qualità e stato ecologico per i quattro trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Triennio	Stato EQB	Stato LTLecco	Stato elementi chimici a sostegno	Stato ecologico	Elementi che determinano la classificazione
Comabbio	2009-2011	sufficiente	buono	non classificato	SUFFICIENTE	Fitoplancton
	2012-2014	sufficiente	sufficiente	elevato	SUFFICIENTE	Fitoplancton, LTLecco
	2014-2016	sufficiente	buono	elevato	SUFFICIENTE	Macrofite
	2017-2019	sufficiente	buono	buono	SUFFICIENTE	Macrofite

Il PTUA 2016 stabilisce il 2021 come termine entro cui raggiungere l'obiettivo di buono stato ecologico. Lo stato ecologico del sessennio 2009-2014 pubblicato nel PTUA 2016 è sufficiente; lo stato ecologico del sessennio 2014-2019 risulta sufficiente (Tabella 9).

Tabella 9. Lago Comabbio: obiettivo ecologico e stato ecologico 2009-2014 (PTUA 2016); stato ecologico 2014-2019.

Corpo idrico	Obiettivo ecologico	Stato ecologico 2009-2014	Stato ecologico 2014-2019
Comabbio	buono al 2021	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE

## 7 STATO CHIMICO

Lo stato chimico è classificato in base alla presenza delle sostanze dell'elenco di priorità elencate nella Direttiva 2008/105/CE, aggiornata dalla Direttiva 2013/39/UE, recepita in Italia con il D.Lgs.172/2015 (Tab. 1/A).

In Tabella 10 è indicato il numero di analisi delle sostanze ricercate in ciascun anno del sessennio.

Tabella 10. Numero di analisi effettuate per ciascuna sostanza analizzata in ogni anno del sessennio di monitoraggio.

GRUPPO	SOSTANZA	2014	2015	2016	2017	2018	2019
METALLI	Cadmio	18	18	20	18	18	18
	Mercurio	18	18	20	18	18	18
	Nichel	18	18	20	18	18	18
	Piombo	18	18	20	19	11	16

In base all'analisi delle pressioni, tra le sostanze dell'elenco di priorità si è stabilito di monitorare cadmio, piombo e mercurio dal 2010, cui si è aggiunto il nichel dal 2012.

Nel primo triennio di monitoraggio (Tabella 11) il lago non ha raggiunto l'obiettivo a causa di un superamento della concentrazione media annua (SQA-MA) e della concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) per il mercurio. Si sottolinea che il parametro è stato rilevato in occasione di un solo campionamento.

Nei trienni successivi vengono rispettati tutti gli standard di qualità ambientale per le sostanze dell'elenco di priorità monitorate. Si segnala solo per l'anno 2014 il superamento della concentrazione del LOQ del parametro piombo.

Tabella 11. Stato chimico per i quattro trienni di monitoraggio.

Corpo idrico	Periodo	Stato chimico	>SQA-MA	>SQA-CMA
Comabbio	2009-2011	non buono	mercurio	mercurio
	2012-2014	buono	-	-
	2014-2016	buono	-	-
	2017-2019	buono	-	-

SQA-MA: standard di qualità ambientale – valore medio annuo

SQA-CMA: standard di qualità ambientale – concentrazione massima ammissibile

Il PTUA 2016 stabilisce il mantenimento dello stato buono come obiettivo chimico. Lo stato chimico del sessennio 2009-2014 pubblicato nel PTUA 2016 è buono; lo stato chimico del sessennio 2014-2019 risulta buono (Tabella 12).

Tabella 12. Lago Comabbio: obiettivo chimico e stato chimico 2009-2014 (PTUA 2016); stato chimico 2014-2019.

Corpo idrico	Obiettivo chimico	Stato chimico 2009-2014	Stato chimico 2014-2019
Comabbio	mantenimento dello stato buono	BUONO	BUONO

## 8 BIBLIOGRAFIA

---

AA.VV., 2007. Piano di Gestione del SIC IT2010008 Lago di Comabbio. Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, Pontevecchio di Magenta (MI).

Annoni D., Barletta G., Bianchi L., Bona E., Girod A., Mariani M., Torchio M., 1978. La malacofauna di alcuni laghi in subrici minori. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Brescia, 15: 95-119.

Cardoso A.C., Solimini A., Premazzi G., Carvalho L., Lyche A. e Rekolainen S., 2007. Phosphorus reference concentrations in European lakes. Hydrobiologia, 584: 3-12.

Osservatorio dei Laghi Lombardi, 2005. Qualità delle acque lacustri in Lombardia - 1° Rapporto OLL 2004. Regione Lombardia, ARPA Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente e IRSA/CNR.

Programma di Tutela e Uso delle Acque, 2016. Regione Lombardia. D.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017, pubblicata sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia n. 36, Serie Ordinaria, del 4 settembre 2017.