



LUCA SANGALLI

evoluzione DELLA QUALITÀ CHIMICA e FISICA nei LAGHI DI ALSERIO e PUSIANO



**Parco Regionale
Valle del Lambro**

il tuo parco

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2.1	Lago di Pusiano.....	3
2.2	Il lago di Alserio	4
3	TIPOLOGIA DI DATI.....	5
3.1	Fosforo totale (TP).....	5
3.2	Azoto (N)	5
3.3	Ossigeno (O ₂).....	6
3.4	Clorofilla a	6
3.5	pH	6
3.6	Trasparenza	6
4	ESPOSIZIONE DATI	8
4.1	Fosforo totale (TP).....	8
4.2	Azoto	9
4.2.1	Azoto totale (TN):.....	9
4.2.2	Azoto nitrico (N-NO ₃):	10
4.2.3	Azoto ammoniacale (N-NH ₄):.....	11
4.3	Ossigeno (O ₂).....	11
4.4	Clorofilla a (Chl a)	13
4.5	pH	13
4.6	Trasparenza (Trasp).....	14
5	DISCUSSIONE.....	15
5.1	Alserio.....	15
5.2	Pusiano	15
	BIBLIOGRAFIA.....	16

1 INTRODUZIONE

I dati utilizzati in questa tesina sono estratti dal lavoro della tesi di laurea “*Qualità chimica e fisica dei laghi italiani nell’arco di un trentennio*” realizzata nel 2007 presso l’IRSA-CNR di Brugherio e che riguarda 366 laghi italiani inseriti nel progetto LIMNO. Obiettivo del Progetto, portato avanti dall’istituto da oltre un decennio, è lo sviluppo di un Sistema Informativo Territoriale costituito da un database (DataBase LIMNO) e da un GIS (GIS LIMNO). Questi due strumenti, tra loro associati, permettono, a partire da una raccolta di fonti di informazioni di varia natura (prodotte da Enti, Istituti di Ricerca, o ricavate dalla letteratura scientifica), di produrre una serie di output che consentono:

- di elaborare un quadro sintetico della qualità dei principali laghi italiani, sia da un punto di vista spaziale (attraverso il confronto tra gruppi di laghi), sia da un punto di vista temporale (mediante la ricostruzione dell’evoluzione dello stato di qualità del singolo corpo idrico);
- di avere a disposizione il profilo georeferenziato per ogni lago e per il rispettivo bacino idrografico;
- l’elaborazione dei dati raccolti per l’extrapolazione di informazioni derivate, relative, ad esempio, all’antropizzazione del territorio.

L’intero sistema rappresenta inoltre una fonte di dati, organizzati e verificati, facilmente utilizzabile per altre applicazioni (ad esempio inerenti all’implementazione della Direttiva Europea 2000/60/CE).

Da questo lavoro sono stati estratti i dati riguardanti l’evoluzione temporale di alcuni parametri chimici e fisici relativi ai laghi di Pusiano ed Alserio.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Nella porzione di territorio immediatamente a sud del triangolo lariano si estende una fascia di territorio interessata da ampi depositi morenici, risultato di depositi di origine glaciale. In questa fascia sono presenti dei laghi, chiamati laghi briantei, di chiara origine glaciale morenica, che sono, andando da est verso ovest i laghi di Annone, Pusiano, Alserio e Montorfano (Fig. 2.1).

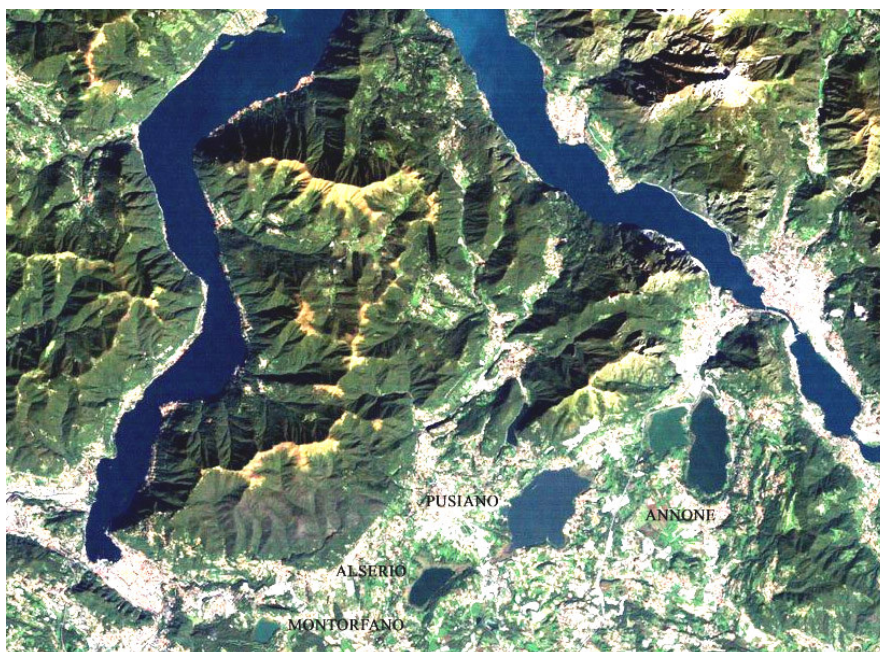


Fig. 2.1. I laghi briantei.

Due di questi laghi, il lago di Alserio e quello di Pusiano risultano compresi interamente nel territorio del Parco Valle Lambro.

2.1 Lago di Pusiano

Il lago di Pusiano è il maggiore dei laghi briantei con una superficie di circa 4,95 Km². Il perimetro delle sponde ammonta a 10,7 Km ed è posto ad una quota media di 259 m s. l. m (Fig. 2.2). Il principale immissario ed emissario è il fiume Lambro, anche se esiste un canale artificiale, il Cavo Diotti, che contribuisce effettivamente al deflusso del lago. La sua profondità massima è di 24 m e la profondità media è di 14m, con un volume d'acqua di circa 69,2 10⁶ m³. Il bacino idrografico del lago, di prevalente natura calcarea, insiste su un'area di circa 94 Km³. Le rocce sedimentarie sono ben rappresentate con formazioni del Trias e del Giurese. La maggior parte del bacino imbrifero del lago è coperto da depositi morenici del quaternario antico. Attorno al lago prevalgono materiali alluvionali del quaternario recente a cui succedono alluvioni terrazzate nella parte nord-occidentale; nella parte meridionale affiorano formazioni calcaree del Terziario. Il lago presenta una stratificazione termica di tipo monomittico, con un solo periodo, cioè, di rimescolamento delle acque del lago, durante la stagione invernale.



Fig. 2.2. Immagine aerea del lago di Pusiano (Fonte Google).

2.2 Il lago di Alserio

Il lago di Alserio ha un'estensione minore rispetto al Pusiano, con una superficie di 3,59 Km². Il perimetro delle sponde è pari a 9 Km. La quota media della superficie del lago è di 243 m s. l. m (Fig. 2.3).

Il lago non presenta importanti immissari in quanto viene alimentato principalmente da acque di falda, mentre l'emissario è una roggia che defluisce nel fiume Lambro. La profondità massima è di soli 8 m, e la profondità media è di 4,6 m. Il volume d'acqua compreso nel lago è di 16,6 10⁶ m³. Il bacino imbrifero del lago ha una superficie di 15,3 Km² ed è di natura prevalentemente calcarea. Il lago, presentando una profondità poco elevata, non presenta una stratificazione termica stabile e può andare incontro a diverse fasi di mescolamento nel corso del suo ciclo annuale.



Fig. 2.4. Immagine aerea del lago di Alserio (Fonte Google).

3 TIPOLOGIA DI DATI

Alcune variabili chimiche e fisiche sono di particolare importanza per comprendere l'evoluzione storica e lo stato dei laghi di Pusiano ed Alserio. Di seguito vengono elencate le variabili analizzate per i due laghi:

3.1 Fosforo totale (TP)

È la quantità totale di fosforo presente nelle acque dei laghi. Il fosforo è un elemento relativamente raro sulla Terra e viene utilizzato dagli organismi sotto forma di fosfato (PO_4^{3-}). Questo deriva dall'ossidazione batterica dei composti organici del fosforo che sono velocemente assimilati e riciclati così che il fosforo è sempre presente nelle acque in quantità molto modeste. Le attività umane hanno però alterato il ciclo di questo elemento attraverso i detersivi, le acque di scarico, i fertilizzanti introducendone in eccesso nei laghi soprattutto tra gli anni settanta ed ottanta. Il contenuto di fosforo nelle acque dei laghi varia a seconda della stagione e varia anche lungo la colonna d'acqua. Infatti il contenuto di fosforo tende ad essere uniforme lungo la colonna durante il periodo di circolazione, mentre, durante la stratificazione estiva, la sua concentrazione tende a diminuire nell'epilimnio a causa del suo utilizzo da parte degli organismi mentre tende ad accumularsi negli strati inferiori.

3.2 Azoto (N)

L'azoto è un altro elemento fondamentale per gli organismi (nella costituzione di amminoacidi e proteine) e che spesso può diventare fattore limitante alla produzione di un lago. Esso deriva soprattutto dalle precipitazioni e dalle acque di drenaggio del bacino idrografico che disciolgono l'azoto da terreni ricchi di humus e fertilizzanti. I vegetali possono assimilarlo nelle forme di ioni nitrato (NO_3^-) e ammonio (NH_4^+), prodotti dalla decomposizione batterica della sostanza organica. In generale, la forma più stabile dell'azoto (cioè l'azoto nitrico) si trova nelle acque più superficiali, ben ossigenate, mentre l'azoto ammoniacale è presente nelle acque più profonde e povere di ossigeno. La maggior parte delle acque naturali ha un livello di azoto nitrico al di sotto di 1 mg/L, anche se, diverse volte e in diverse aree, sono state misurate concentrazioni maggiori a 10 mg/L.

L'eccesso di fosfati e di nitrati ha l'effetto di fertilizzare i laghi facendoli diventare troppo produttivi. Questo fenomeno è noto come eutrofizzazione e consiste in una sovrapproduzione di sostanza organica. La sua mineralizzazione da parte della microflora batterica può portare all'anossia del lago e, in generale, ad un peggioramento della qualità delle acque.

L'organizzazione per lo sviluppo e la cooperazione economica (OECD) ha definito un sistema di classificazione trofica delle acque di un lago basato su cinque classi in base al contenuto di fosforo (Tab. 3.2.1).

Classi OECD	Concentrazione TP ($\mu\text{g P/l}$)
iper-eutrofia	TP > 100
eutrofia	100 < TP < 35
mesotrofia	35 < TP < 10
oligotrofia	10 < TP < 4
ultra-oligotrofia	TP > 4

Tabella 3.2.1. Classi trofiche (OECD, 1982) definite dai valori di fosforo totale.

3.3 Ossigeno (O₂)

Quanto più un lago è produttivo, tanto più la concentrazione di O₂ tende ad essere massima in estate nella zona superficiale eufotica, dove l'ossigeno viene prodotto dalla fotosintesi e dove può penetrare dall'atmosfera, e minima vicino al fondo, cioè lontano dalla riserva atmosferica e dove l'ossigeno viene consumato nella decomposizione del detrito organico che si accumula sul fondo per sedimentazione. In laghi molto produttivi (eutrofi), si può arrivare, durante la stagione estiva, ad una sovrassaturazione nell'epilimnio e all'anossia al fondo. Per riportare l'O₂ sul fondo non basta la diffusione spontanea del gas. E' necessario che le acque siano rimescolate dal vento e questo può accadere soltanto quando si è raggiunta l'omeotermia e non ci sono più barriere di densità.

3.4 Clorofilla a

La clorofilla a è il tipo di clorofilla presente nelle alghe verdi. La sua misura rappresenta quindi la densità del fitoplancton e cioè della biomassa algale. Valori più elevati si hanno negli strati epilimnici durante i periodi estivi e nei laghi maggiormente eutrofi.

3.5 pH

È la concentrazione idrogenionica (pH) nell'acqua d'un lago ed è un elemento di giudizio molto importante sia da un punto di vista chimico che delle condizioni ambientali che maggiormente influiscono sulla flora e sulla fauna. Solitamente l'acqua di un lago ha un pH alcalino compreso fra valori di 7 e 9. Nei laghi subalpini, con un bacino idrografico impostato su rocce di prevalenza calcarea, il valore del pH è mantenuto su valori prossimi alla neutralità dall'effetto tampone delle acque ricche di bicarbonato.

3.6 Trasparenza

La trasparenza di un lago è definita come la profondità alla quale un disco bianco (disco di Secchi) di 20 cm di diametro diviene invisibile dalla superficie. La profondità alla quale il disco di Secchi scompare varia notevolmente con la stagione: nei laghi alpini è massima per lo più nell'inverno, quando la massa del plancton presenta un minimo ed il bacino di alimentazione del lago irrigidito dal gelo non invia alle acque lacustri materiale in sospensione.

Bisogna tenere conto che la localizzazione e la concentrazione degli elementi chimici in un lago varia durante l'anno in ragione dei cicli lacustri determinati dalle variazioni stagionali di

temperatura. La temperatura lungo la colonna d'acqua dipende, infatti, dal bilancio termico delle acque lacustri, il quale è determinato dalla differenza tra il calore acquisito e il calore ceduto all'esterno. Gli apporti sono dati in superficie dalla radiazione solare, dall'azione del vento, dal calore dell'atmosfera, dalle piogge; nelle acque profonde dall'immissario, dal calore terrestre e dall'attività biologica. Le perdite avvengono per irraggiamento, evaporazione, attraverso gli emissari o per conduzione dal fondo.

Durante il processo di convezione con il quale si riscalda un lago, vengono a crearsi dei comparti separati:

- una porzione superiore più calda, l'epilimnio;
- una porzione più fredda e più profonda, l'ipolimnio;
- una porzione, costituita da uno strato di modesto spessore, che separa l'epilimnio dall'ipolimnio ed in cui si ha una brusca variazione di temperatura: il termoclinio o metalimnio (o strato di salto).

Il primo aspetto che influenza il rimescolamento di un ambiente lacustre è la quota a cui è collocato. I laghi di bassa quota possono essere distinti in diverse categorie a seconda del ciclo di rimescolamento. I laghi monomittici circolano completamente una volta all'anno, raggiungono la massima circolazione nel tardo inverno (gennaio – febbraio) e la massima stratificazione nella tarda estate. Alcuni ambienti vanno incontro anche a un periodo di circolazione autunnale (dimittici), mentre altri circolano con un ciclo pluriannuale (oligomittici), infine per altri ambienti non sono noti eventi di completa circolazione delle acque (meromittici).

Nei laghi d'alta quota, in genere, questo ciclo annuale non è così ben definito poiché tutti i fenomeni si concentrano nel periodo del disgelo estivo.

4 ESPOSIZIONE DATI

Di seguito vengono riportati i grafici riguardanti l'evoluzione di alcuni parametri fisici e chimici delle acque dei laghi di Pusiano ed Alserio. I grafici sono stati fatti solo per i casi in cui è stato possibile avere un numero significativo di dati. Ove possibile, inoltre, i grafici sono riferiti ai periodi di massima stratificazione e circolazione.

4.1 Fosforo totale (TP)

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire un trend relativo alla massima circolazione per il periodo 1972 – 2003 (Fig. 4.1.1) e uno alla massima stratificazione per il periodo 1972 – 2003 (Fig. 4.1.2).

I massimi valori sono quelli degli anni '80 (298 $\mu\text{g P/l}$), che tendono poi a decrescere fino al 2000 (26 $\mu\text{g P/l}$). Restano molto elevati, pur facendo segnare una netta riduzione negli ultimi anni (131 $\mu\text{g P/l}$ nel 2003), i valori ipolimnici, che calano dopo avere raggiunto valori altissimi nel 1997 (1072 $\mu\text{g P/l}$).

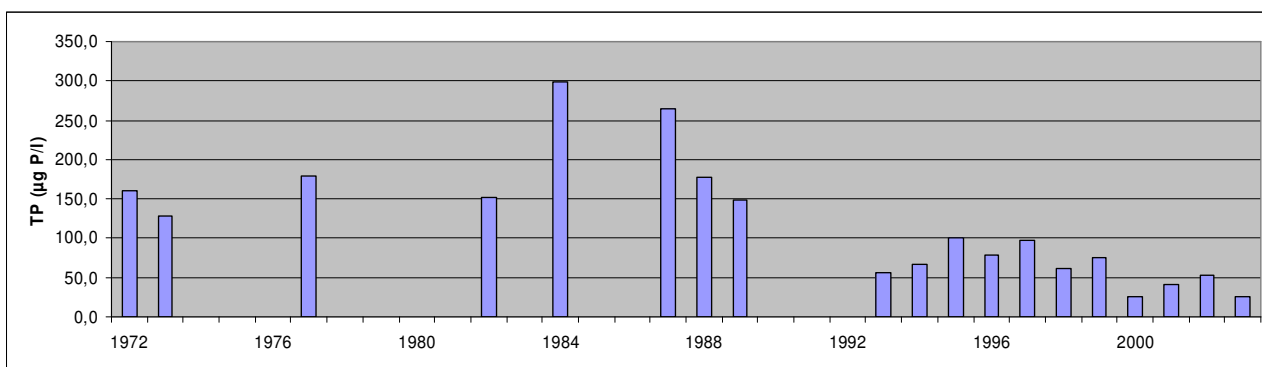


Figura 4.1.1. Lago di Alserio: trend dei valori di fosforo totale (TP, $\mu\text{g P/l}$), massima circolazione (1972 – 2003).

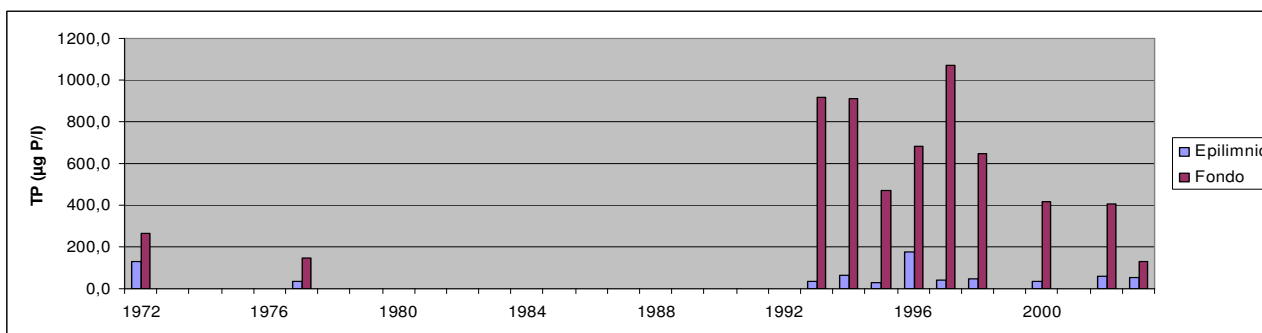


Figura 4.1.2. Lago di Alserio: trend dei valori di fosforo totale (TP, $\mu\text{g P/l}$), massima stratificazione (1972 – 2003).

Pusiano

Per il Pusiano è stato possibile ricostruire il trend alla massima circolazione per il periodo 1972 – 2004 (Fig. 4.1.3) e uno alla massima stratificazione per il periodo 1972 – 2003 (Fig. 4.1.4). L'andamento del fosforo totale nel lago di Pusiano indica chiaramente una netta diminuzione dei valori che risultano più che dimezzati dalla metà degli anni '80 (198 $\mu\text{g P/l}$ nel 1984) al 2004 (58 $\mu\text{g P/l}$).

P/l). Restano sempre tuttavia elevati, anche se in diminuzione, i valori registrati al fondo durante la stratificazione (415 µg P/l nel 2003).

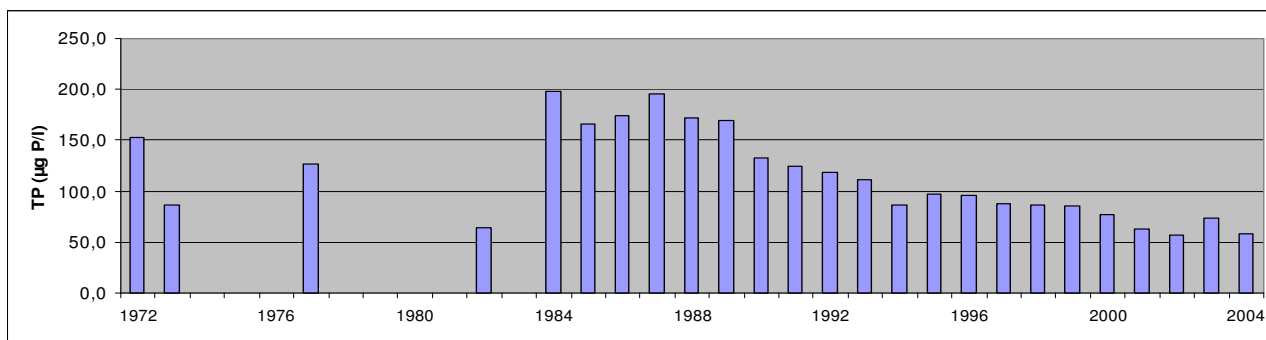


Figura 4.1.3. Lago di Pusiano: trend dei valori di fosforo totale (TP, µg P/l), massima circolazione (1972 - 2004).

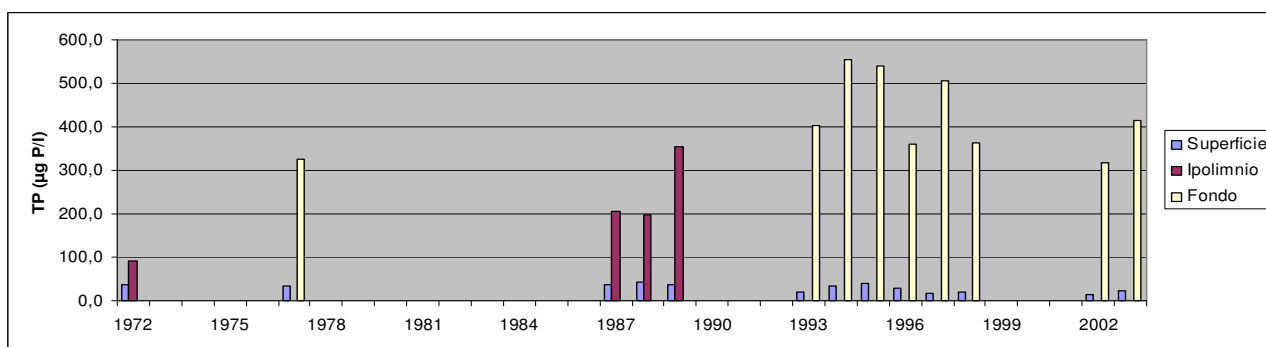


Figura 4.1.4. Lago di Pusiano: trend dei valori di fosforo totale (TP, µg P/l), massima stratificazione (1972 - 2003).

4.2 Azoto

Per l'azoto, espresso come azoto totale (TN), azoto nitrico (N-NO₃) e azoto ammoniacale (N-NH₄), è stato possibile ricostruire dei trend significativi solo in alcuni casi:

4.2.1 Azoto totale (TN):

Pusiano

È stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1973 - 2004 (Fig. 4.2.1).

I valori mostrano un andamento altalenante, con i valori più alti agli inizi degli anni '90 (1,9 mg N/l nel 1993) e pochi anni più tardi i valori più bassi (1,2 mg N/l nel 1999).

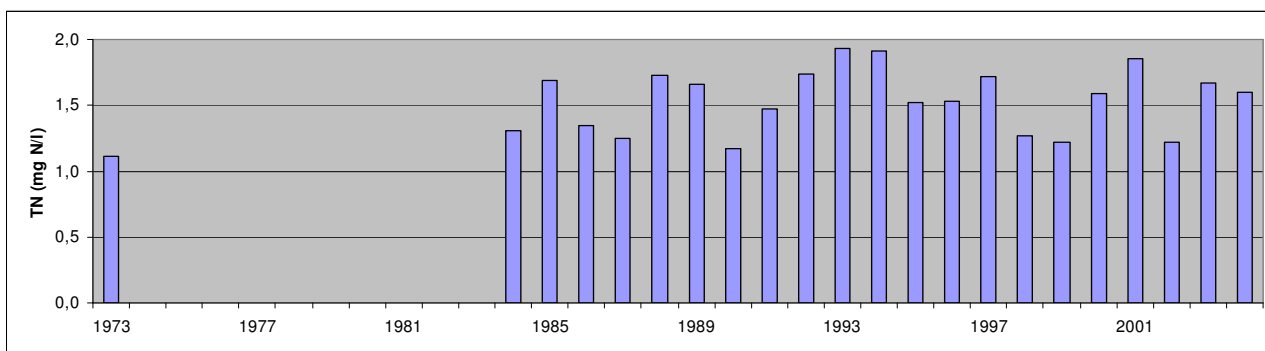


Figura 4.2.1. Lago di Pusiano: trend dei valori di azoto totale (TN, mg N/l), massima circolazione (1973 - 2004).

4.2.2 Azoto nitrico (N-NO₃):

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1972 - 2003 (Fig. 4.2.2).

I valori di azoto nitrico più alti sono registrati nei primi anni '90 (2,8 mg N/l nel 1994) per poi decrescere fino al 1999 (1,2 mg N/l).

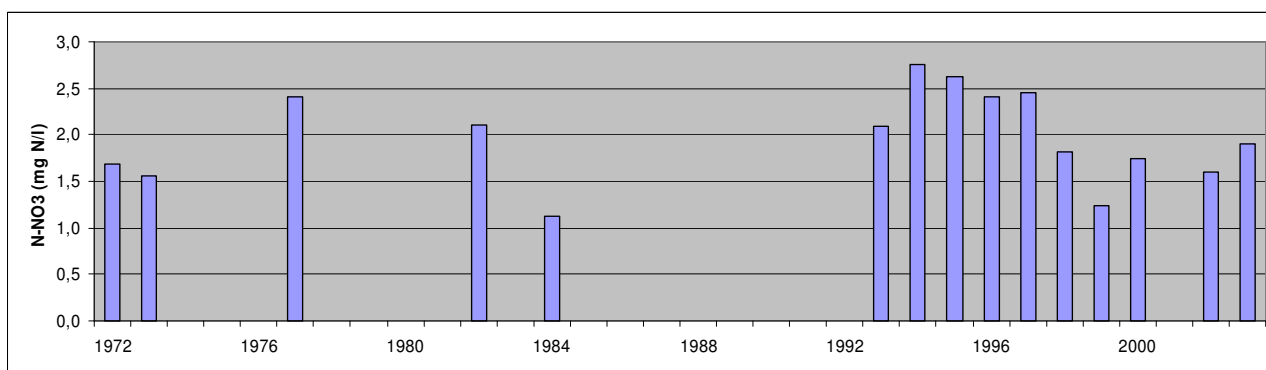


Figura 4.2.2. Lago di Alserio: trend dei valori di azoto nitrico (N-NO₃, mg N/l), massima circolazione (1972 - 2003).

Pusiano

Per il Pusiano è stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1971 - 2004 (Fig. 4.2.3).

I valori più alti sono quelli registrati nei primi anni '90 (1,4 mg N/l nel 1993), poi tendono a decrescere fino al 1999 (0,4 mg N/l), per poi tornare ad aumentare con andamento altalenante.

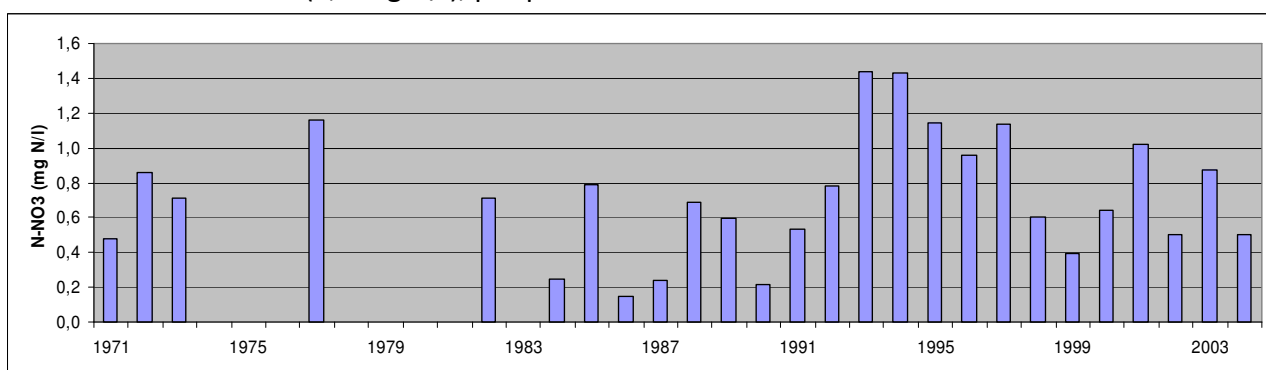


Figura 4.2.3. Lago di Pusiano: trend dei valori di azoto nitrico (N-NO₃, mg N/l), massima circolazione (1971 - 2004).

4.2.3 Azoto ammoniacale (N-NH₄):

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1972 – 2003 (Fig. 4.2.4).

I valori attuali risultano tra i più bassi mai registrati nel lago (60 µg N/l nel 2003). Si nota una notevole diminuzione dai valori degli anni '70 e '80 (massimo: 1080 µg N/l nel 1977).

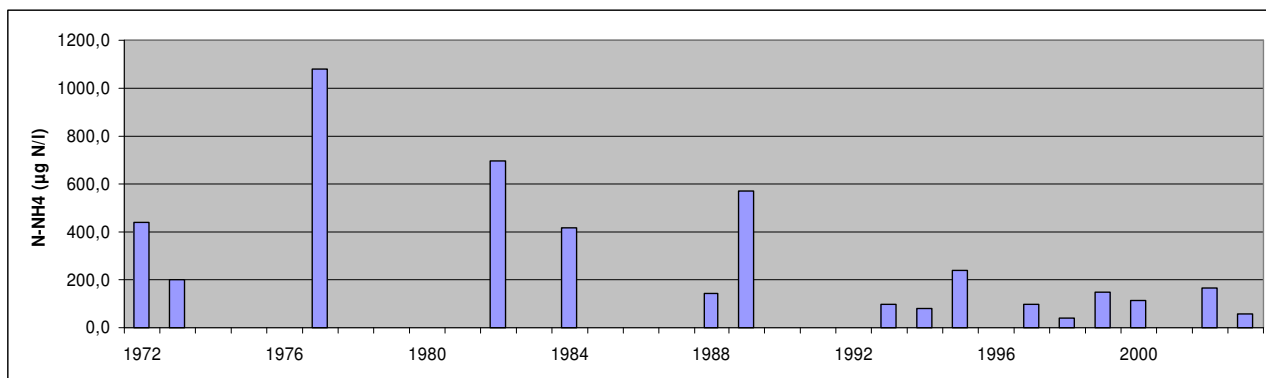


Figura 4.2.4. Lago di Alserio: trend dei valori di azoto ammoniacale (N-NH₄, µg N/l), massima circolazione (1972 – 2003).

Pusiano

Per il Pusiano è stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1971 – 2004 (Fig. 4.2.5).

I valori più recenti sono in genere inferiori a quelli degli anni '80 e '90 (massimo: 640 µg N/l nel 1991 e nel 1986), anche se nel 2004 si registra un nuovo incremento (493 µg N/l).

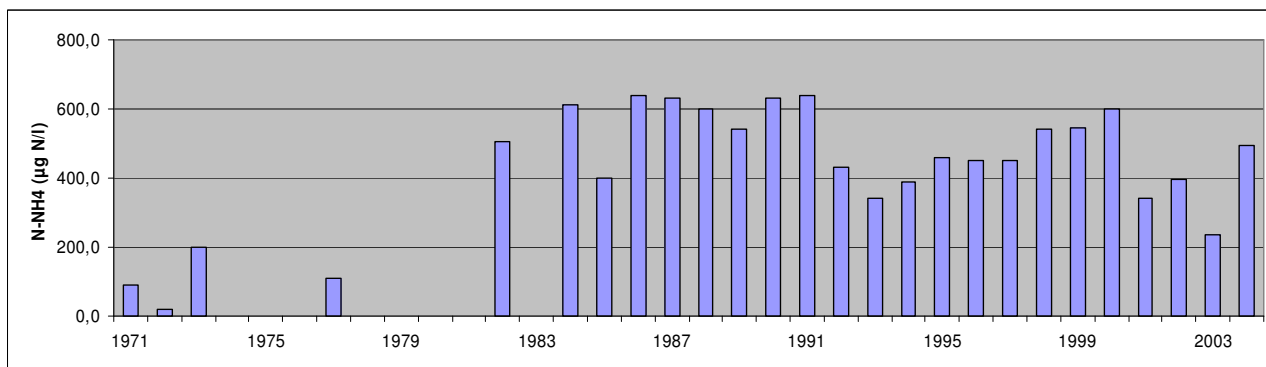


Figura 4.2.5. Lago di Pusiano: trend dei valori di azoto ammoniacale (N-NH₄, µg N/l), massima circolazione (1971 – 2004).

4.3 Ossigeno (O₂)

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1967 – 2004 (Fig. 4.3.1).

I valori di ossigeno disciolto sono più bassi negli anni '80 (11,1 mg/l nel 1989), mentre fanno segnare una ripresa negli anni '90. Il grafico resta comunque di difficile interpretazione per le numerose lacune. Nel 2002 (11,6 mg/l) e nel 2003 (11,4 mg/l) si registrano nuovamente due valori leggermente più bassi.

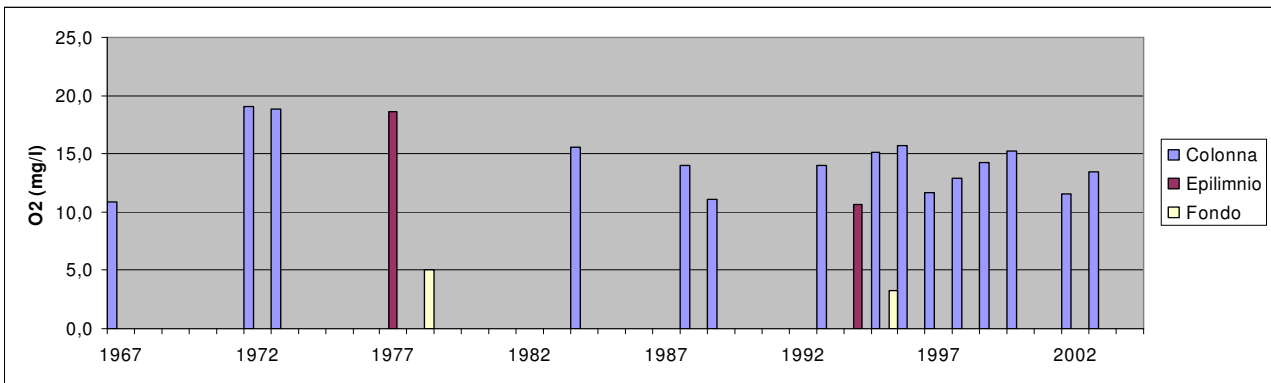


Figura 4.3.1. Lago di Alserio: trend dei valori di ossigeno disciolto (O_2 , mg/l), massima circolazione (1967 - 2004).

Pusiano

Per il Pusiano è stato possibile ricostruire un trend alla massima circolazione per il periodo 1971 - 2004 (Fig. 4.3.2) e uno alla massima stratificazione per il periodo 1967 - 2004 (Fig. 4.3.3). L'ossigeno alla circolazione mostra, a partire dagli anni '90 (minimo nel 1990 con 2,9 mg/l), un incremento che lo riporta a valori simili a quelli dei primi anni '70 (10,7 mg/l nel 2004). Durante la stratificazione sono registrati frequenti casi di anossia (per quasi tutti gli anni '90).

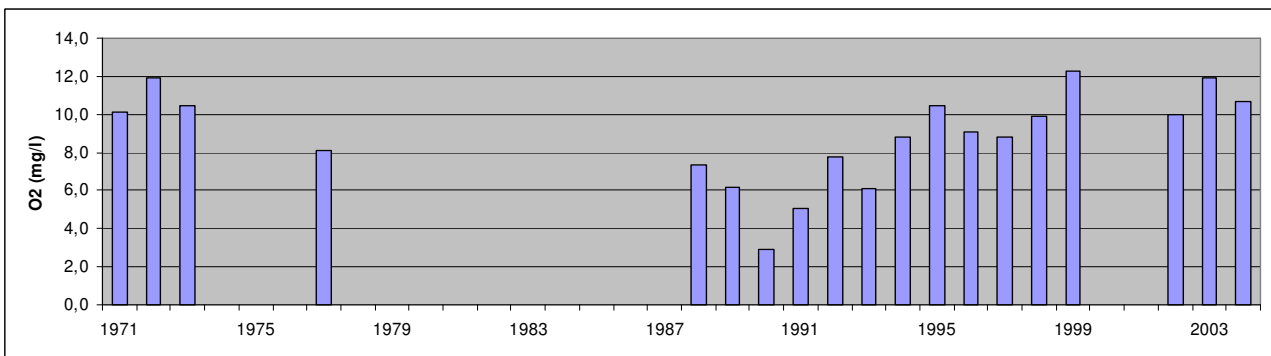


Figura 4.3.2. Lago di Pusiano: trend dei valori di ossigeno disciolto (O_2 , mg/l), massima circolazione (1971 - 2004).

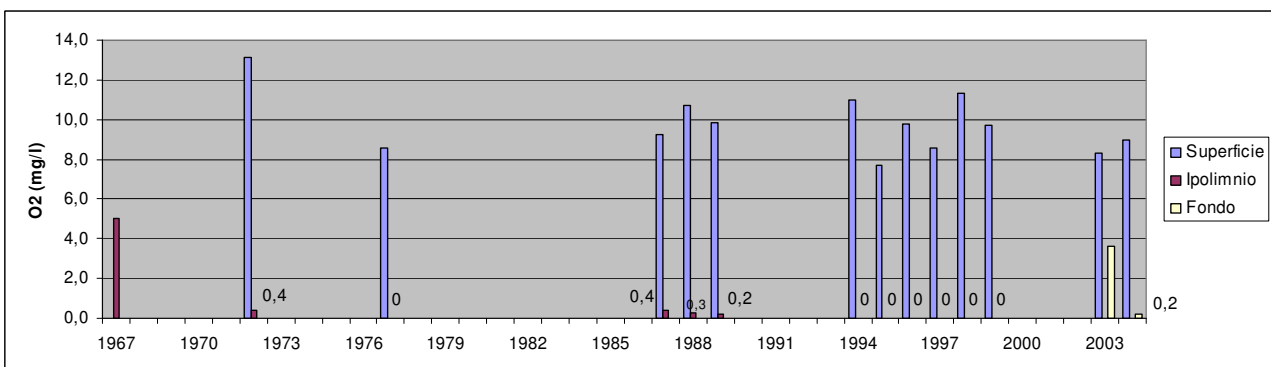


Figura 4.3.3. Lago di Pusiano: trend dei valori di ossigeno disciolto (O_2 , mg/l), massima stratificazione (1967 - 2004).

4.4 Clorofilla a (Chl a)

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1973 – 1999 (Fig. 4.4.1).

Il valore più elevato risulta quello del 1988 (106 µg/l). Più bassi risultano i valori recenti (22 µg/l nel 2004).

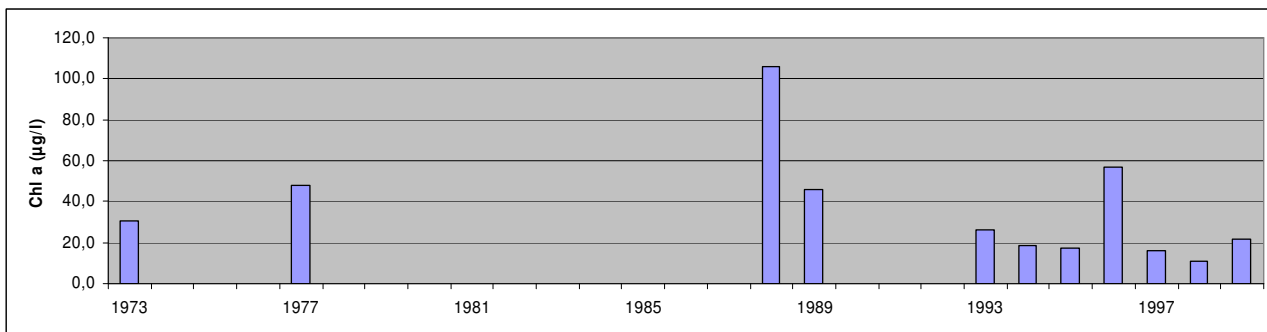


Figura 4.4.1. Lago di Alserio: trend dei valori di clorofilla a (Chl a, µg/l), massima circolazione (1973 – 1999).

4.5 pH

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire un trend alla massima circolazione per il periodo: 1962 – 2002 (Fig. 4.5.1) e uno alla massima stratificazione per il periodo: 1972 – 2003 (Fig. 4.5.2).

Per entrambe le fasi sono evidenti diverse lacune. I valori lievemente più bassi sono registrati tra gli anni '60 ed '80. Alla stratificazione, inoltre, si segnalano, come atteso, i valori al fondo sempre più bassi rispetto a quelli epilimnici.

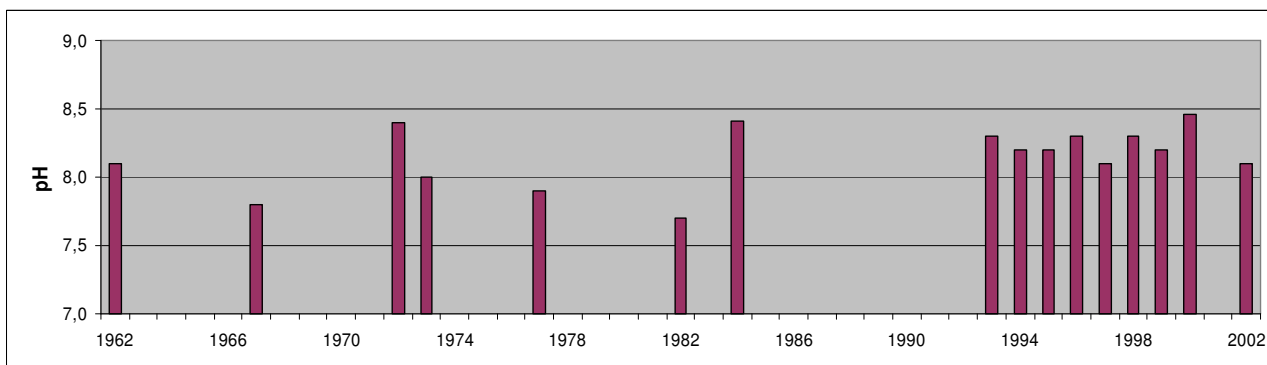


Figura 4.5.1. Lago di Alserio: trend dei valori di pH, massima circolazione (1962 - 2002).

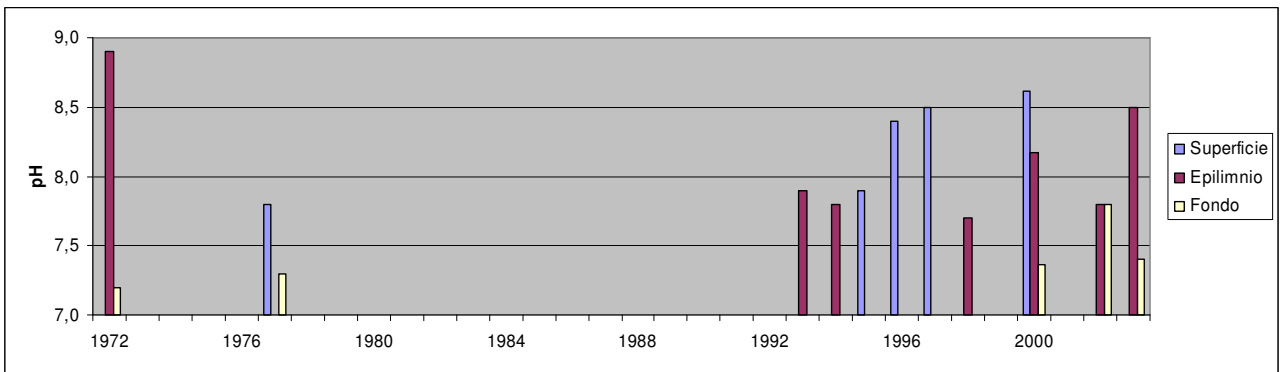


Figura 4.5.2. Lago di Alserio: trend dei valori di pH, massima stratificazione (1972 - 2003).

Pusiano

È stato possibile ricostruire solo un trend alla massima circolazione per il periodo 1971 – 2004 (Fig. 4.5.3). Anche se i valori non subiscono variazioni molto ampie, si può notare una flessione tra gli anni '80 e '90, dove si registrano i valori più bassi (minimo: 7,6 nel 1987). I valori risalgono poi fino a valori di pH intorno a 8 (8,1 nel 2004).

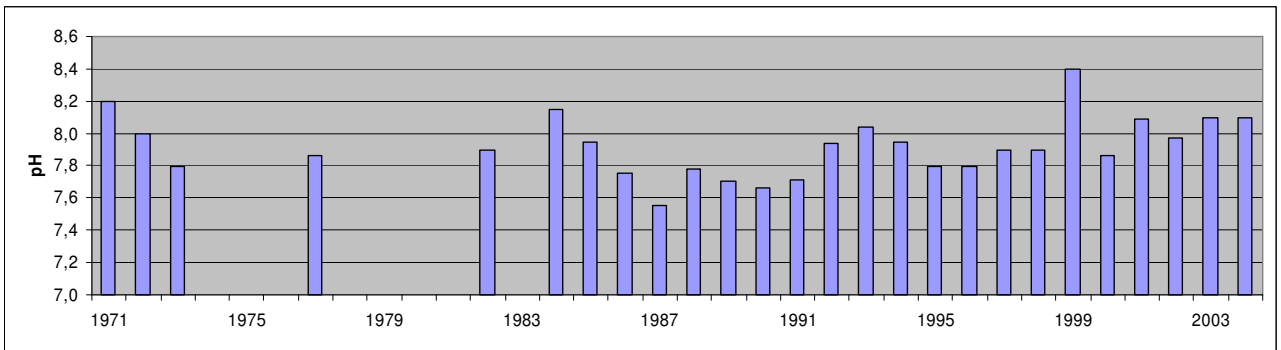


Figura 4.5.3. Lago di Pusiano: trend dei valori di pH, massima circolazione (1971 – 2004).

4.6 Trasparenza (Trasp)

Alserio

Per l'Alserio è stato possibile ricostruire un trend alla massima circolazione per il periodo 1967 – 2003 (Fig. 4.6.1).

Nel grafico alla circolazione si nota come negli anni '90 si assista ad un progressivo aumento della trasparenza (minimo: 1,2 m nel 1988). Risultano nettamente più elevati i dati del 2002 e del 2003 (rispettivamente 3,5 m e 3,1 m)

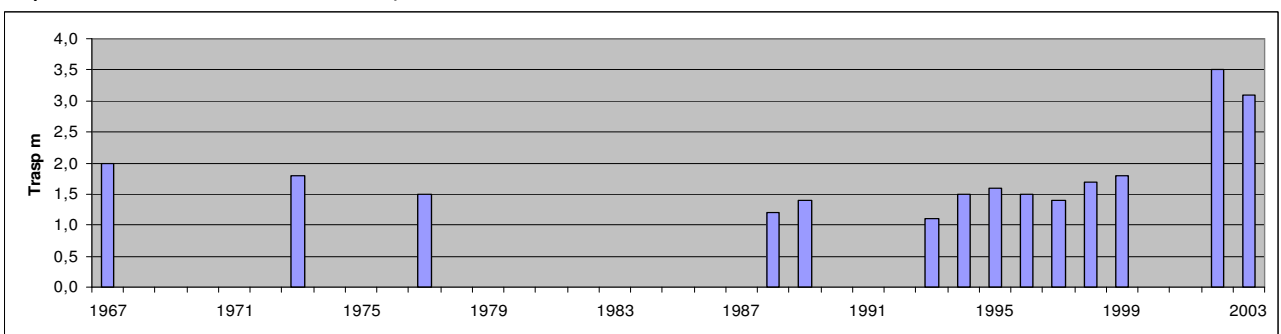


Figura 4.6.1. Lago di Alserio: trend dei valori di trasparenza (Trasp, m), massima circolazione (1967 – 2003).

5 DISCUSSIONE

5.1 Alserio

Il quadro del lago è quello di un ambiente ad elevata produttività. L'andamento delle concentrazioni di fosforo mostra dei valori molto elevati tra gli anni settanta ed ottanta ed un loro progressivo calo dagli anni novanta. Molto elevati anche i valori di fosforo al fondo, comunque in calo dopo gli interventi di emunzione ipolimnica. Anche i grafici relativi all'azoto ammoniacale mostrano come questo nutriente risulti in diminuzione dopo i valori elevati degli anni ottanta. Sostanzialmente invariato, e sempre abbastanza elevato, il contenuto di azoto nitrico, probabilmente apportato al lago dalle attività agricole nel bacino. Il contenuto di ossigeno è buono al momento della circolazione. L'ossigeno disciolto rimane comunque tra gli elementi più critici per i laghi Briantei: gli strati profondi, infatti, si mantengono in condizioni completamente anossiche per circa 5-6 mesi all'anno. Tale evento si verifica sempre nel periodo tardo estivo-autunnale ed è determinato dalla risalita delle sostanze riducenti accumulate sul fondo durante il periodo estivo. La circolazione autunnale mette a contatto le masse d'acqua ipolimniche, caratterizzate da un elevato deficit di ossigeno, con quelle superficiali, provocando quindi l'ossidazione di tutti i composti ridotti presenti. Si determina, pertanto, un rapido consumo di ossigeno che spesso risulta nell'anossia dell'intera massa d'acqua.

La concentrazione di clorofilla a, pur avendo il grafico notevoli lacune, mostra valori elevati verso la fine degli anni ottanta, e valori più bassi attuali.

5.2 Pusiano

Il lago, il maggiore dei laghi briantei, è studiato da tempo. La concentrazione di fosforo, che evidenzia concentrazioni critiche già negli anni '70, mostra peggioramenti negli anni successivi, mostrando valori di ipereutrofia alla circolazione; valori che tendono a diminuire dagli anni '90 in poi, pur restando su valori comunque elevati. Molto elevate anche le sue concentrazioni al fondo durante la stratificazione estiva, con i sedimenti che risultano essere una rilevante sorgente di fosforo. Per quel che riguarda l'ossigeno si nota in particolare come durante la stagione estiva si instaurino condizioni di completa anossia al fondo.

Per entrambi i laghi si evince quindi un miglioramento generale della qualità delle acque a partire dalla fine degli anni '80, con il graduale collettamento fuori bacino dei reflui urbani e l'adozione a livello nazionale di leggi sulla regolamentazione sull'uso del fosforo nei detersivi domestici. Valori tuttora elevati derivano dall'elevato carico interno, da scarichi non ancora collettati e, soprattutto, dall'apporto degli scolmatori di piena durante gli eventi meteorici intensi.

Le condizioni dei laghi si avvicinano a quelle di laghi meso-eutrofici, valori non molto lontani dalle condizioni presumibilmente tipiche per gli ambienti intermorenici subalpini.

BIBLIOGRAFIA

ORGANISATION for ECONOMIC COOPERATION and DEVELOPMENT (OECD) - 1982 - *Eutrophication of water: Monitoring, Assessment and Practice*.

REGIONE LOMBARDIA – D. G. Reti e Servizi di Pubblica Utilità – U. O. Regolazione del Mercato e Programmazione – 2006 - *Programma di Tutela e Uso delle Acque – Allegato 16 “Stato di qualità ed evoluzione trofica dei laghi”*

SANGALLI, L. – 2007 - *Qualità chimica e fisica dei laghi italiani nell’arco di un trentennio* - Tesi di laurea - Università degli studi di Milano. 256 pp.

TARTARI, G., C. MONGUZZI, E. BURASCHI, D. DI PASQUALE, O. CATTANEO, M. LUCHELLI, S. ROSSI, G. BARTESAGHI, M. PALEARI, B. BOLIS, D. MAGNI – 2005 - *Progetto Osservatorio dei Laghi Lombardi: Qualità delle acque lacustri in Lombardia* - Regione Lombardia. 400 pp.

TONOLLI, V. – 1969 - *Introduzione allo studio della limnologia. Ecologia e biologia delle acque dolci* - Istituto Italiano Idrobiologia (ed), Pallanza-Verbania. 387 pp.