

ERMANNINO DE BIAGGI¹ - GIAN CARLO PEROSINO² - PAOLO FOIETTA³
ROBERTO SAINI¹ - TARCISIO STOPPA⁴

L'EUTROFIZZAZIONE DEI BACINI LACUSTRI PIEMONTESI ED IL PROGETTO REGIONALE DI BANCA DATI DELLE ZONE UMIDE

SUMMARY - Piedmont's lakes basins eutrophication and Wetlands Data Bank Regional Administration Project.

Lakes eutrophication mean, today, a big problem in relation to situation public water's. In this work are considered chemicals and physicals dates of Piedmont's main lakes. All the basins are hypertrophics, particularly the Avigliana's big lake.

The Piedmont Regional Administration, inside the S.I.T.A. project (Territorial Environmentals Information System) as elaborating a Wetland's Data Bank Plan. The aim is omogeneous and uniform collection and recording information's to decide the potentials destinations, reclamation instruments and protection's model and urgency.

RIASSUNTO - L'eutrofizzazione dei laghi rappresenta, oggi, un problema assai grave in relazione alla condizione generale delle acque pubbliche. In questo lavoro sono presi in considerazione i dati fisico-chimici relativi ai principali laghi piemontesi desunti dalla letteratura scientifica ad oggi disponibile. È emerso che quasi tutti i bacini sono in condizioni avanzate di eutrofia. Il lago grande di Avigliana, in particolare, risulta quello più gravemente compromesso.

La Regione Piemonte, entro il S.I.T.A. (Sistema Informativo Territoriale Ambientale), sta elaborando un programma di Banca Dati delle Zone Umide, finalizzato ad una uniforme ed omogenea raccolta ed archiviazione delle informazioni, per stabilirne le destinazioni potenziali, gli strumenti per il risanamento, tipo e urgenza della protezione.

I maggiori laghi piemontesi possono essere distinti in tre gruppi secondo criteri genetici e geografici. Un primo gruppo comprende quelli del Piemonte Nord-orientale (Maggiore, Orta e Mergozzo) tipici esempi di laghi marginali sudalpini dovuti al riempimento di cavità formati unicamente per sovraescavazione glaciale e per sbarramento, a valle, di archi morenici (Nangeroni, 1956, 1963 e 1977). Bini ed Altri (1978), diversamente, suggeriscono un'origine dei laghi terminali non esclusivamente glaciale.

Gli altri due gruppi, legati anch'essi alle glaciazioni quaternarie dal punto di

¹ Regione Piemonte - Servizio Parchi Naturali - P.zza S. Giovanni, 4 - 10122 Torino.

² C.R.E.S.T. - Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio - Via Caprera, 30 - 10136 Torino.

³ C.S.I. - Consorzio per i Sistemi Informativi - C.so Unione Sovietica, 216 - 10128 Torino.

⁴ Regione Piemonte - Servizio Geologico - P.zza S. Giovanni, 4 - 10122 Torino.

vista genetico, comprendono i laghi inter e intramorenici degli anfiteatri di Rivoli (laghi grande e piccolo di Avigliana) e di Ivrea (Candia, Viverone e Sirio).

I bacini di Avigliana sono conche racchiuse da cerchie moreniche würmiane con estensioni assai ridotte rispetto ad un passato geologicamente recente (Petrucci ed Altri, 1970).

Nell'anfiteatro morenico di Ivrea sono presenti numerosi laghi fra i quali Candia e Viverone, depressioni intermoreniche in passato erroneamente interpretate come relitti di un bacino più ampio (Carraro, 1975 e 1979). Nella stessa zona (a Nord-Est di Ivrea) è presente il lago Sirio, il più grande di una serie di piccole conche intramoreniche dovute anche all'azione diretta di escavazione dell'antico ghiacciaio balteo.

Le caratteristiche morfologiche dei principali laghi piemontesi, desunte dalla letteratura esistente, sono riportate in Tab. 1 (da: Vollenweider, 1963; Barbanti, 1972; Barbanti ed Altri, 1976; Barbanti ed Ambrosetti, 1980; Chiaudani e Vighi, 1982; Anselmetti e Torazzo, 1982; Durio ed Altri, 1983 a-b); il significato dei simboli relativi ai parametri morfometrici presi in considerazione nella succitata tabella sono assai noti e divulgati da un'ampia bibliografia (Tonolli, 1969; Stella, 1984; Paoletti ed Altri, 1985; ...).

Una sintesi delle caratteristiche idrologiche dei bacini lacustri è rappresentata dal tempo teorico di ricambio delle acque definito dal rapporto $T = V/U$; dove V è il volume delle acque del lago ed U quello dell'acqua che, mediamente, fuoriesce, in un anno, per mezzo dell'emissario. Questo parametro rappresenta il numero teorico di anni affinché tutta l'acqua del lago sia totalmente ricambiata. La Tab. 2 riporta i tempi teorici di ricambio dei principali laghi piemontesi (da: Barbanti, 1971, 1972; Chiaudani e Vighi, 1982; Durio ed Altri, 1983 a-b). Occorre rilevare che tali valori sono puramente teorici; in realtà i tempi reali di totale rinnovo delle acque lacustri sono alquanto superiori a quelli teorici (Barbanti, 1971); comunque questi ultimi sono utili per poter operare dei confronti fra bacini diversi. In pratica minore è il tempo di ricambio e maggiori sono le capacità di « smaltimento » dei rifiuti delle produzioni umane.

Le attività antropiche comportano lo scarto di materiali che, comunque vengano eliminati, possono giungere, più o meno trasformati, ai laghi. Fra essi una buona porzione può essere rappresentata da nutrienti soprattutto di origine organica derivata dalle attività domestiche ed « eliminata » attraverso scarichi cloacali. Pensiamo, inoltre, alle notevoli quantità di concimi chimici che, dai terreni agrari, poco protetti dalle acque di dilavamento, possono giungere a concimare anche i laghi. Le acque lacustri, infine, molto spesso, sono sottoposte ad una forte pressione turistica, il che vuol dire una ulteriore produzione di rifiuti e loro eliminazione diretta nelle acque.

La conseguenza di tutto ciò è una... « azione di fertilizzazione che si traduce in una accelerazione di processi i quali, in condizioni naturali avverrebbero pur sempre, ma entro archi di tempo assai più ampi »... (Grimaldi, 1967). In altri termini le attività economiche e produttive dell'uomo determinano un notevole incremento dei processi di eutrofizzazione dei laghi facendoli « invecchiare » molto precocemente.

Tab. 1 - Caratteristiche morfometriche, desunte dalla bibliografia, dei principali laghi piemontesi e dei relativi bacini imbriferi.

	SIRIO	AVIGLIANA (piccolo)	AVIGLIANA (grande)	CANDIA	MERGOZZO	VIVERONE	ORTA	MAGGIORE
A_0	0,30	0,57	0,83	1,4	1,8	5,6	18,2	212
A	1,4	8,1	11	6,88	10	26	116	6600
A/A ₀	4,7	14,2	13,3	4,9	5,6	4,6	6,4	31,1
V	5,4	4,5	16	5,4	83	125	1300	37500
Zm	43	12	26	6,7	73	50	143	370
\bar{Z}	18	8	19	3,8	45	22	71	177
Z/Zm	0,42	0,67	0,73	0,57	0,62	0,44	0,50	0,48
l	0,92	1,13	1,23	2,11	2,33	2,9	13,4	54
b	0,70	0,73	0,95	0,85	1,09	2,7	2,5	10
\bar{b}	0,32	0,50	0,67	0,66	0,77	2,1	1,4	3,9
P ₀	2,50	3,10	3,78	5,73	5,93	10,5	33,5	170
P	?	?	?	13,56	14,76	?	?	?
Ig ₀	1,29	1,15	1,17	1,37	1,24	1,19	2,23	3,07
Ig	?	?	?	1,46	1,29	?	?	?
H	(m s.l.m.) 271	356	352	226	194	230	290	193
\bar{H}	(m s.l.m.) ?	?	?	266	385	?	652	1270
Hm	(m s.l.m.) 354	617	617	354	1352	450	?	4633
K	(%) ?	?	?	10,5	44,3	?	?	?

Tab. 2 - Tempi teorici di ricambio dei principali laghi piemontesi.

Laghi	T (anni)
MAGGIORE	4,0
ORTA	8,9
VIVERONE	7,5
MERGOZZO	6,0
CANDIA	2,3
AVIGLIANA (gr.)	2,3
AVIGLIANA (pic.)	0,9
SIRIO	5,7

L'eutrofizzazione dei laghi (naturale o accelerata dall'uomo) costituisce un fenomeno che è stato ampiamente studiato in questi ultimi decenni in quanto è diventato particolarmente importante individuare sistemi semplici per classificare i laghi in base ai loro livelli di trofia per proporre, in seguito, studi volti al risanamento delle acque.

Il fosforo e l'azoto, come è assai noto, sono i nutrienti che esplicano il ruolo predominante nel determinare la capacità produttiva dei laghi (il livello trofico). La determinazione di quali tra questi due elementi sia il fattore limitante per i popolamenti algali può essere operata mediante l'esame del rapporto N/P. Redfield (1958, 1963) ha dimostrato che il fitoplancton, in normali condizioni fisiologiche, assimila il carbonio, l'azoto e il fosforo nel rapporto 106:16:1 come risultato stechiometrico della reazione fotosintetica. Chiaudani e Vighi (1974, 1978) hanno dimostrato che quando $N/P > 10$ si ha limitazione da fosforo mentre quando $N/P < 5$ si ha limitazione da azoto; se $5 < N/P < 10$, infine, si ha limitazione di ambedue gli elementi. Nella Tab. 3 sono riportati, per i principali laghi piemontesi, i valori medi delle concentrazioni di azoto inorganico totale e di fosfati solubili presenti nelle acque alla fine del periodo invernale (da Chiaudani e Vighi, 1982), il rapporto N/P e l'indicazione del probabile elemento limitante.

Stabilito che è quasi sempre il fosforo l'elemento limitante, nella stessa tabella sono pure riportati i contenuti medi di tale elemento, valutati al termine della circolazione invernale, per gli stessi laghi (da Chiaudani e Vighi, 1982). Questi valori comprendono, oltre i fosfati solubili, anche tutte le altre forme di fosforo organico ed inorganico. Vollenweider (1968, 1976), Rast e Lee (1978), Chiaudani e Vighi (1982) hanno stabilito a $10 \mu\text{gr } P_{\text{tot}}/\text{l}$ il limite al di sotto del quale un lago può definirsi di tipo oligotrofico e a $30 \mu\text{gr } P_{\text{tot}}/\text{l}$ il limite al di sopra del quale un lago può definirsi di tipo eutrofico. Fra i due limiti si hanno situazioni di mesotrofia.

Lo stato di trofia può essere stabilito anche attraverso la determinazione della trasparenza minima (Tab. 3) che può essere valutata (quando le acque sono più torbide, solitamente in estate per il maggior sviluppo del plancton) come la pro-

Tab. 3 - Azoto inorganico totale medio, valori medi dei fosfati solubili e totali, rapporto azoto totale/fosfati solubili, elemento limitante, trasparenza minima estiva individuata con il disco Secchi, concentrazione media di fosforo totale, % minima di saturazione di ossigeno nelle acque ipolimniche nei maggiori laghi piemontesi. Il grado di trofia è indicato con le lettere (o) per oligotrofia, (m) per mesotrofia, (c) per eutrofia.

	SIRIO		CANDIA		AVIGLIANA (grande)		AVIGLIANA (piccolo)		VIVERONE		MERGOZZO		MAGGIORE	
N inorg. tot. ($\mu\text{gr/l}$)	25	167	338	949	215	416	754							
P- PO_4 ($\mu\text{gr/l}$)	4	4	124	3	29	4	18							
N/P	6,2	42	2,7	316	7,4	104	42							
elemento limitante	N:P	P	N	P	N:P	P	P							
$\mu\text{gr/l P}_{\text{tot}}$ (trofia)	53 (e)	65 (e)	220 (e)	83 (e)	61 (e)	8 (o)	25 (m)							
traspar. min. (trofia)	0,4 (e)	1,4 (e)	0,4 (e)	1,1 (e)	2,5 (m)	3,7 (o)	1,7 (e)							
% satur. O_2 ipolimnico (trofia)	1 (c)	0 (e)	0 (e)	1 (e)	1 (e)	63 (m)	10 (m)							

fondità alla quale è visto sparire un disco bianco (disco di Secchi) del diametro di 20 cm. Secondo la classificazione di Gakstatter ed Altri (1975) si ha:

- condizioni oligotrofiche con trasparenza superiore a 3,7 metri;
- condizioni eutrofiche con trasparenza inferiore a 2 metri;
- condizioni mesotrofiche con trasparenza compresa tra 2 e 3,7 metri.

Secondo il suddetto Autore la classificazione in uno dei tre stati trofici può essere fatta anche attraverso la valutazione del contenuto ipolimnico dell'ossigeno (Tab. 3) al termine dell'estate:

- condizioni oligotrofiche con contenuto ipolimnico (% sot.) di ossigeno superiore all'80%;
- condizioni eutrofiche con contenuto ipolimnico (% sat.) di ossigeno inferiore al 10%;
- condizioni mesotrofiche con contenuto ipolimnico (% sat.) di ossigeno compreso tra 10 e 80%.

I dati riportati in Tab. 3 possono permettere un tentativo di gerarchizzazione dei laghi piemontesi in base ai livelli di trofia. Da questa analisi è escluso il lago d'Orta per la presenza, nelle sue acque, di elementi tossici tanto da rendere, per tale lago, il problema dell'inquinamento ben più grave che non quello dell'eutrofizzazione (Tonolli, Vollenweider, 1961; Casoni ed Altri, 1972; Bonacina ed Altri, 1973; ...).

L'indicizzazione dello stato trofico di ciascun bacino è stata ottenuta utilizzando i criteri che stanno alla base del TSI (Trophic State Index) proposti da Carlson (1977). Questi indici si basano sul fatto che ambienti oligotrofici presentano una elevata trasparenza delle acque e che l'incremento del livello trofico ha come causa l'aumento della concentrazione del fosforo e, come conseguenza, una progressiva diminuzione di trasparenza per la maggiore biomassa algale.

Dal punto di vista analitico il valore del TSI (ottenibile dal valore minimo

Tab. 4 - Gerarchizzazione dei livelli di trofia dei maggiori laghi piemontesi in funzione degli indici trofici calcolati secondo la trasparenza monima (TSI_{SD}), la concentrazione media di fosforo totale (TSI_{TP}) e in funzione dei rapporti tra il carico attuale di fosforo e quello teorico massimo ammissibile affinché non si abbia eutrofia ($P_{att./P_{teor.}}$).

TSI_{SD}		TSI_{TP}		P att./P teor.	
AVIGLIANA grande	73,2	AVIGLIANA grande	78,7	AVIGLIANA grande	27
SIRIO	73,2	AVIGLIANA piccolo	64,6	AVIGLIANA piccolo	10
AVIGLIANA piccolo	58,6	VIVERONE	60,1	SIRIO	5
CANDIA	55,1	SIRIO	58,1	CANDIA	2
MAGGIORE	52,3	CANDIA	47,2	VIVERONE	2
VIVERONE	46,8	MAGGIORE	47,2	MAGGIORE	1,4
MERGOZZO	41,1	MERGOZZO	30,7	MERGOZZO	1,3

«SD» di trasparenza misurabile con il disco di Secchi; Tab. 3) è dato dalla seguente relazione:

$$TSI_{SD} = 10 \cdot (6 - \log_2 SD)$$

Analogamente, considerando i valori medi del fosforo totale «TP», si ottiene:

$$TSI_{TP} = 10 \cdot \left(6 - \frac{\ln \frac{60,3}{TP}}{\ln 2} \right)$$

Applicando le suddette formulazioni ai dati riportati in Tab. 3, si ottengono una serie di valori che, come indicato in Tab. 4, permettono di gerarchizzare i laghi piemontesi secondo diversi livelli di trofia. Nel caso in cui due laghi hanno presentato un identico valore, la posizione inferiore è stata attribuita all'ambiente con minor deficit di ossigeno ipolimnico. Nella stessa tabella viene illustrato quante volte il carico attuale di fosforo supera il carico massimo ammissibile oltre il quale si verificano situazioni di elevato livello trofico (secondo quanto pubblicato da Cordella nel 1981).

Esaminando contemporaneamente le Tab. 3 e 4, si osserva che solo i laghi Maggiore e Mergozzo presentano condizioni di trofia accettabili trovandosi in situazioni di oligotrofia o di mesotrofia. Tutti gli altri sono decisamente eutrofici. In particolare il lago grande di Avigliana spicca in questa triste graduatoria. In questo ultimo bacino, dai risultati ottenuti dalle analisi compiute su prelievi effettuati il 28 agosto 1986 dal C.R.E.S.T. (Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio), è risultato che già a quattro metri di profondità la concentrazione dell'ossigeno è solo la metà rispetto a quella di saturazione risultando addirittura completamente assente ad appena cinque metri; ciò significa che, nella stagione calda, oltre i 3/4 dell'intero volume del lago grande di Avigliana (profondo 26 metri) si trova in condizioni anossiche. Questa situazione (che costituisce un primato negativo anche su scala nazionale risultando quarto nella graduatoria dei laghi italiani e che già ha determinato un notevole impoverimento della qualità del patrimonio ittico; Forneris e Mussa, 1979) dovrà essere presa in maggior considerazione dalle Pubbliche Amministrazioni che dovranno « muoversi » con particolare urgenza. Già in passato si sono verificati seri problemi; nella prima settimana del mese di luglio 1979, per esempio, si verificò, nel lago di Candia, un grave episodio di mortalità ittica che colpì le popolazioni di scardola e di tinca per una diffusa infezione da *Branchiomyces* anche a causa degli elevati livelli di trofia (Giussani ed Altri, 1980).

LA BANCA DATI DELLE ZONE UMIDE

La Banca Dati regionale delle Zone Umide costituisce una componente rilevante del Sistema Informativo Territoriale Ambientale (S.I.T.A.) definito in collaborazione tra l'Assessorato alla Programmazione e Pianificazione Territoriale, il Consorzio per il Sistema Informatico (C.S.I.), l'Istituto per le Piante da Legno e

l'Ambiente (I.P.L.A.) e il *Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio* (C.R.E.S.T.). Tale sistema si configura come una raccolta ed aggregazione di indicatori ambientali/territoriali relazionati tra loro ed omogenei per scala territoriale al fine di consentirne l'utilizzo per la realizzazione di processi di sintesi numeriche e cartografiche, di supporto alla pianificazione ed alla programmazione regionale. Non esiste tuttora un metodo uniforme di reperimento ed archiviazione delle informazioni sui caratteri naturalistici ed ambientali degli ecosistemi. Attualmente vengono effettuati rilievi, eseguiti da naturalisti, dilettanti o dipendenti o consulenti regionali, in cui la raccolta e la schedatura dei dati sono completamente manuali. I dati stessi, tuttavia, presentano contenuti informativi diversi, forme non confrontabili fra loro, difficoltà di reperimento e di utilizzo spesso al di fuori di finalità immediate dei rilievi (statistiche, serie storiche, bilanci, ...).

Nell'ambito del S.I.T.A., oltre alla *Banca Dati delle Zone Umide* (B.D.Z.U.), è in fase di avanzata elaborazione la *Banca Dati Floristico-Vegetazionale* (B.D.F.V.) e sono in studio le *Banche Dati Faunistiche* relative ai *Mammiferi*, agli *Uccelli*, ai *Rettili*, agli *Anfibi* ed ai *Pesci*.

Il progetto della B.D.Z.U. deriva dalla necessità di uno strumento conoscitivo rapido, completo, accessibile attraverso il quale omogeneizzare, archiviare, integrare ed elaborare informazioni puntuali e generali sulle condizioni delle Z.U.¹ e per raccogliere i dati dispersi in una letteratura vastissima e di difficile consultazione (in tal senso la B.D.Z.U. ha significato di « *Archivio storico* »). Dalla sua realizzazione discenderà la possibilità di interventi programmati, rapidi e specifici e costituirà fonte di informazioni precise ed aggiornate per gli strumenti di pianificazione territoriale. L'attività della B.D.Z.U. è suddivisa essenzialmente in due parti (fig. 1): la prima di raccolta ed archiviazione dei dati, la seconda di interrogazione per chiavi differenziate e produzione di informazioni di sintesi.

La B.D.Z.U. è strutturata nei seguenti archivi:

Archivio dati generali. Contiene informazioni per l'individuazione della tipologia, per la localizzazione geografica (denominazione, area tutelata, coordinate, toponimo e proprietà), per individuare le caratteristiche e l'origine dei dati, per caratterizzare l'ambiente (quota, litotipo, settore geografico) e per conoscere la data e l'autore dei rilievi. L'individuazione dell'area amministrativa (provincia e comune) e dei riferimenti cartografici riferibili alla zona umida sono contenuti nei due successivi archivi. Essi sono files di associazione in cui ogni record comprende soltanto il codice del comune/riferimento cartografico. Per ogni rilievo sono pre-

¹ Le ZU diminuiscono ovunque nel mondo, in particolare nei paesi industrializzati, ad un ritmo allarmante; i motivi sono essenzialmente antropici, ma anche naturali. In Italia sono tra gli ambienti più degradati e le informazioni circa le loro caratteristiche ecologiche sono scarse, frammentarie, non sistematizzate. La Conferenza di Ramsar (Iran) nel 1971, oltre ad adottare un testo comune per la definizione delle ZU, ed a riconoscerne l'interesse internazionale, ha impegnato gli Stati contraenti a individuarle con precisione e conservarle. L'Italia, al 31 dicembre 1986, aveva segnalato 36 aree di cui nessuna piemontese. Il riconoscimento del valore paesaggistico degli ambienti umidi è avvenuto con la legge 8 agosto 1985, n. 431 *Tutela delle aree di particolare valore ambientale*.

visti tanti record quanti sono i comuni/riferimenti cartografici interessati alla zona umida.

Archivio comuni.

Archivio riferimenti cartografici.

Archivio variabili morfometriche del bacino imbriferio. Si riferiscono ad alcune caratteristiche fisiche dell'area tributaria della zona umida (superficie, perimetro, altitudine, pendenza dei versanti, indice di forma, ...).

Archivio variabili morfometriche della zona umida. Si riferiscono esclusivamente alle acque stagnanti e riguardano: superficie, perimetro, lunghezza, larghezza, profondità, volume, grado di incavamento, indice di forma, ...

Archivio variabili idrometriche della zona umida. Si riferiscono alle acque correnti e riguardano: pendenza, larghezza e portata. Le variabili morfometriche ed idrometriche sono parametri fisici fondamentali per un'adeguata analisi ecologica delle aree umide e per valutare precisamente gli obiettivi e gli interventi eventualmente da adottare.

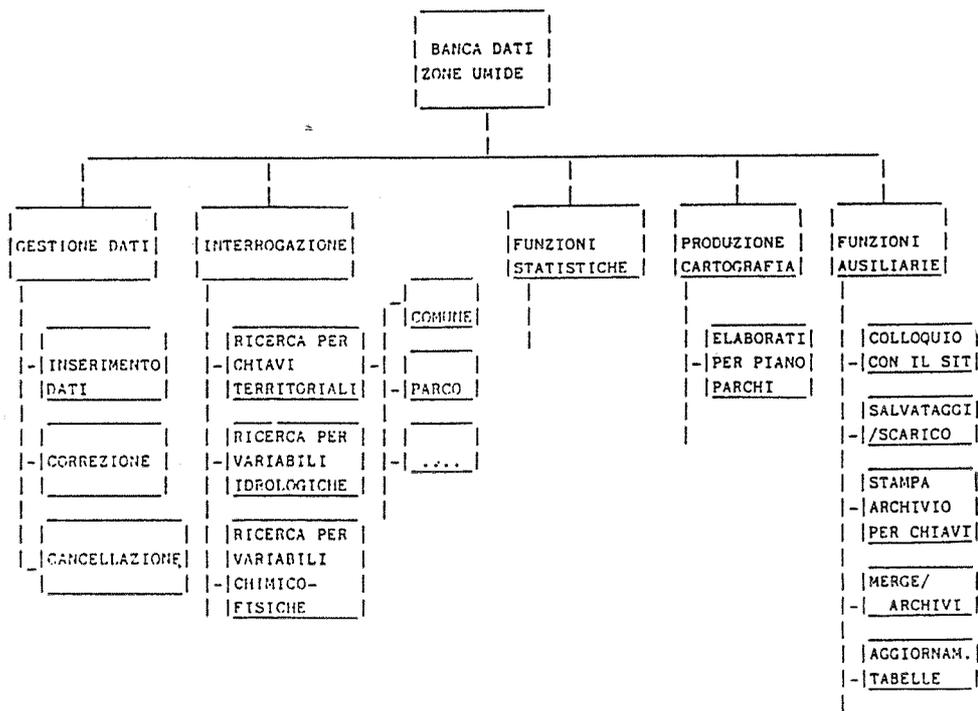


Fig. 1 - Schema funzionale della B.D.Z.U. La soluzione hardware per la fase di avviamento prevede l'utilizzo di Personal Computer Olivetti N. 24 con 512 K RAM e hard-disk da 10 MB, stampante Olivetti PR 17-B a 132 colonne, Plotter a rullo Calcomp 1042, Digitizer formato AO Calcomp 9100. È stato realizzato uno specifico Software su dBase 111 operante in ambiente MS-DOS. Sono in fase di elaborazione le funzioni di interrogazione mentre sono già stati acquisiti alcuni programmi di elaborazione statistica predisposti dal Centro di Calcolo e dell'Università di Trieste: THREE-PA, BIGACC, LAGOLP.

Archivio variabili idrologiche. Riguardano l'alimentazione e i deflussi delle acque, il tempo teorico di ricambio e le durate delle eventuali coperture di ghiaccio.

Archivio variabili fisico-chimiche e indici ecologici. Consentono una adeguata caratterizzazione idrochimica al fine di valutare la qualità delle acque. Sono richiesti dati relativi a: temperatura, pH, conducibilità, durezza, ossigeno, sostanza organica, azoto, fosforo, trasparenza e clorofilla a. Attraverso alcune di queste informazioni si è in grado di stimare la « trofa » per stagni e laghi. Per le acque correnti la qualità delle acque è valutata con il metodo degli « indici biotici » che analizza la composizione delle popolazioni dei macroinvertebrati bentonici, particolarmente sensibili alle variazioni delle condizioni ambientali.

Archivio variabili antropiche ed obiettivi. Analizza qualitativamente i tipi di antropizzazione ed i vincoli che gravano sulle zone umide. Ne stabilisce la destinazione d'uso potenziale, il tipo e l'urgenza della protezione se si tratta di aree di particolare interesse ambientale/naturalistico.

Archivio tabelle di decodifica.

STRUTTURE DEI DIZIONARI, DELLE CODIFICHE, UNITA' DI MISURA

Metodologicamente la struttura dei dizionari, e quindi le loro codifiche, sono organizzate in modo gerarchico per consentire confronti a vari livelli a seconda delle possibilità di approfondimento che le diverse realtà consentono e richiedono e per potersi adeguare al tipo di dati bibliografici disponibili. Se una zona umida interessa più comuni, province, unità di riferimento cartografico, litotipi o settori geografici, per ognuna di queste voci è previsto l'elenco completo delle codifiche interessate. Quando il codice è composto (es.: numero rilievo, codice parco o riserva, unità litologica, caratteristiche dell'unità litologica, settore geografico, tipologia, codice provincia e comune, riferimento cartografico) è previsto che la lettura e le interrogazioni possano essere effettuate indipendentemente e/o contemporaneamente sui diversi livelli gerarchici e/o di informazione.

Le scelte delle unità di misura delle variabili morfometriche, idrometriche e fisico-chimiche è stata effettuata, compatibilmente con la necessità di poter esprimere adeguatamente e con precisione la variabilità dei singoli parametri, con il criterio di adeguarsi a quelle più comunemente usate. Per questo motivo alcuni valori sono espressi in numeri interi, altri in numeri reali. Le sigle accanto alla definizione delle singole variabili sono quelle convenzionali, correntemente usate nelle pubblicazioni scientifiche.

Particolarmente problematica ed interessante, anche in relazione alla mancanza, nella letteratura scientifica, di documenti di sintesi validi e riconosciuti, è stata la definizione (dizionari, codifiche, interrogazioni) di alcune variabili degli Archivi. A titolo di esempio si riportano le definizioni adottate per:

- unità litologica;
- caratteristiche dell'unità litologica;
- settore geografico;

- tipologia;
- riferimento cartografico.

Unità litologica (numerico 6 caratteri, 2 + 4)

Individua l'unità litologica e stabilisce aggregazioni in base a criteri di somiglianza (primi due caratteri del record). La necessità di una informazione diffusa dalle caratteristiche fisiche del substrato, il più possibile omogenea e completa, ha imposto la scelta dei litotipi della Carta Geologica d'Italia (fonte I.G.M., scala 1/100.000). Problemi sorgono per la disformità dei dati raccolti con metodologie ed Autori diversi in periodi anche assai lontani fra loro (dai primi del '900 ai giorni nostri). Inoltre gli stessi litotipi descritti (es.: Terziario) sono, a volte, aggregazioni complesse e non disaggregabili di rocce con caratteristiche molto diverse dal punto di vista chimico e strutturale.

Il dizionario è costruito disaggregando dapprima al massimo le singole tipologie descritte nelle legende delle carte geologiche e identificando, con una codifica di 4 cifre, le singole unità litologiche così derivate (es.: 007008 Sabbie astiane del Foglio 70 - Alessandria). I primi due caratteri aggregano, in base a criteri di somiglianza, le singole unità litologiche e consentono letture e confronti significativi a scala regionale e per caratteri geologici omogenei.

Caratteristiche dell'unità litologica (numerico 3 caratteri, 1 + 1 + 1)

Definisce i caratteri chimici, strutturali e genetici dell'unità litologica. Potranno essere così desunte direttamente e indirettamente informazioni sull'evoluzione, pH, permeabilità, modalità di alterazione del substrato roccioso. Il codice è composto da tre campi distinti di un carattere ciascuno:

chimismo:

- 1 - rocce super acide (contenuto di $\text{SiO}_2 > 70\%$)
- 2 - rocce acide (contenuto di SiO_2 tra 70% e 50%)
- 3 - rocce neutre (contenuto di SiO_2 tra 55% e 40%)
- 4 - rocce alcaline (contenuto di $\text{SiO}_2 < 40\%$);

struttura:

- 1 - rocce cristalline omogenee compatte (graniti, sieniti, porfidi...)
- 2 - rocce metamorfiche debolmente scistose (gneiss, prasiniti, anfiboliti...)
- 3 - rocce metamorfiche scistose (filladi, micascisti, calcescisti...)
- 4 - rocce non cristalline, stratificate, a permeabilità in piccolo (calcari, arenarie...)
- 5 - rocce non cristalline, stratificate, a permeabilità in grande (calcari, arenarie...)
- 6 - materiali incoerenti (sabbie, ghiaie...)
- 7 - rocce argillose;

genesi:

- 1 - rocce eruttive intrusive
- 2 - rocce eruttive effusive
- 3 - rocce metamorfiche
- 4 - rocce sedimentarie.

Un esempio di codifica per la succitata unità litologica 007008 potrà essere: 00.7008.4.4.4 e cioè Foglio 70, sabbie astiane, roccia calcarea, non cristallina, a permeabilità in piccolo, sedimentaria.

Settore geografico (numerico 4 caratteri, 1 + 2 + 1)

Individua aree geografiche omogenee dal punto di vista ambientale-naturalistico. Ha, quindi, significato ecologico e la sua individuazione deriva da una complessa indagine che interrela tra loro ed analizza vari fattori:

- clima (regimi termico e pluviometrico);
- tipo, frequenza e distribuzione degli endemismi floristici;
- caratteri corologici della flora;
- tipi di vegetazione;
- caratteristiche e distribuzione della copertura forestale;
- caratteristiche e distribuzione della fauna;
- forme d'uso del suolo;
- caratteri morfologici, pedologici e geologici;
- capacità d'uso dei suoli.

La codifica è articolata gerarchicamente in tre sottounità:

- la prima individua se si tratta di zona montana, pedemontana, collinare o di pianura (una cifra);
- la seconda individua i principali settori geografici selezionati secondo i criteri precedentemente esposti (due cifre);
- la terza (una cifra) individua eventuali ulteriori suddivisioni delle unità geografiche che si distinguono per particolari caratteri ambientali-naturalistici (Tab. 5).

Tipologia (numerico 6 caratteri, 1 + 2 + 1 + 1 + 1)

La classificazione delle zone umide presenti in Piemonte è stata compiuta tenendo conto delle definizioni formulate nella Conferenza Internazionale di Ramsar (Iran) nel 1971. La codifica è organizzata su cinque livelli gerarchici. La prima cifra individua se si tratta di zone umide naturali o artificiali. La seconda e la terza individuano i principali tipi di zone umide. La quarta e la quinta costituiscono due ulteriori suddivisioni in base a:

- origine (laghi, stagni e paludi artificiali);
- regime (acque correnti naturali);
- caratteristiche evolutive (torbiere);
- ciclo (acquitrini e pozze);
- periodicità (acquitrini e pozze);
- caratteristiche dell'alveo (acque correnti artificiali);
- attività (cave).

La sesta cifra definisce, per le acque correnti naturali ed artificiali, la durata della permanenza delle acque. La classificazione delle zone umide piemontesi così risultata è schematizzata nelle Tabb. 6 e 7.

Tab. 5 - Dizionario delle codifiche dei settori geografici individuati nella regione piemontese.

DIZIONARIO_CODIFICHE

SETTORI GEOGRAFICI

VAL D'OSSOLA	1 01 0
SETTORE INSUBRICO	2 02 0
Alta Val Sesia	1 03 1
Media Val Sesia	1 03 2
ALTO BIELLESE	1 04 0
PREALPI BIELLESI E VALSESIANE	2 05 0
BASSA VAL D'AOSTA	2 06 0
ANFITEATRO MORENICO DI IVREA	3 07 0
VAL CHIUSELLA	1 08 0
VALLI ORCO E SOANA	1 09 0
VALLI DI LANZO	1 10 0
PREALPI CANAVESANE	2 11 0
ALTE VALLI DI SUSÀ E CHISONE	1 12 0
MEDIA E BASSA VALLE SUSÀ	1 13 0
VAL SANGONE	2 14 0
ANFITEATRO MORENICO DI RIVOLI ED AVIGLIANA	3 15 0
PREALPI TORINESI	2 16 0
PREALPI CUNEESI	2 17 0
BASSA VAL CHISONE - VAL GERMANASCA - VALLI PELLICE E PO	1 18 0
VALLI VARAITA E MAIRA	1 19 0
VAL GRANA	1 20 0
VALLE STURA DI DEMONTE	1 21 0
Alpi Marittime s.s.	1 22 1
Alpi Liguri	1 22 2
VAL TANARO	1 23 0
BASSO MONREGALESE	3 24 0
APPENNINO LIGURE-PIEMONTESE	1 25 0
PREAPPENNINO	3 26 0
COLLINA DI TORINO	3 27 0
Basso Monferrato occidentale	3 28 1
Basso Monferrato orientale	3 28 2
Alto Monferrato occidentale	3 29 1
Alto Monferrato orientale	3 29 2
LANGHE	3 30 0
ALTOPIANO DI POIRINO	4 31 0
ROERI	3 32 0
Alta Pianura vercellese e novarese	4 33 1
Bassa Pianura vercellese e novarese	4 33 2
PIANURA ALLUVIONALE DELLA DORA BALTEA	4 34 0
Piana alluvionale dell'Orco	4 35 1
Piana alluvionale della Stura di Lanzo	4 35 2
Pianura di Torino	4 35 3
Terrazzi della Mandria e della Vauda	4 35 4
Pianura cuneese settentrionale	4 36 1
Pianura cuneese sud-occidentale	4 36 2
Pianura cuneese sud-orientale	4 36 3
PIANURA DI CASALE E VALENZA	4 37 0
Alta Pianura di Alessandria	4 38 1
Bassa Pianura di Alessandria	4 38 2

Tab. 6 - Classificazione delle zone umide naturali piemontesi.

DIZIONARIO CODIFICHE

TIPOLOGIE

Codice	Denominazione	
100000	<u>Zone umide naturali</u>	
101000	Sorgenti	
102000	Risorgive	
103000	Acque correnti	
103100	Acque correnti a regime glaciale (alpino)	
103101		permanenti
103102		semipermanenti
103103		temporanee
103104		occasionalni
103200	Acque correnti a regime fluvioglaciale (prealpino)	
103201		permanenti
103202		semipermanenti
103203		temporanee
103204		occasionalni
103300	Acque correnti a regime pluviale (di pianura)	
103310		di tipo sublitoraneo occidentale
103311		permanenti
103312		semipermanenti
103313		temporanee
103314		occasionalni
103320		di tipo sublitoraneo padano
103321		permanenti
103322		semipermanenti
103323		temporanee
103324		occasionalni
103330		di tipo sublitoraneo appenninico
103331		permanenti
103332		semipermanenti
103333		temporanee
103334		occasionalni
103340		di tipo sublitoraneo alpino
103341		permanenti
103342		semipermanenti
103343		temporanee
103344		occasionalni
104000	Lanche	
105000	Laghi	
105100	Laghi di origine glaciale	
105110	Laghi associati a ghiacciai ancora esistenti	
105120	Laghi sbarriati da un ghiacciaio	
105130	Laghi di circo	
105140	Laghi nelle rocce montonate	
105150	Laghi di doccia	
105160	Laghi in valli sospese	
105170	Laghi terminali	
105180	Laghi morenici	
105200	Laghi di frana	
105300	Laghi strutturali	
105400	Laghi carsici	
105500	Laghi pianigiani	
106000	Stagni	
107000	Paludi	
108000	Torbiera	
108100	Torbiera alte	
108200	Torbiera intermedie	
108300	Torbiera piane	
109000	Acquitrini e pozze	
109100	Acquitrini e pozze periodiche	
109110		a ciclo autunnale - invernale
109120		a ciclo primaverile - estivo
109130		di inondazione
109200	Acquitrini e pozze effimere od aperiodiche	
110000	Prati torbosi	
120000	Boschi umidi	
130000	Boscaglie alveali	

Tab. 7 - Classificazione delle zone umide artificiali piemontesi.

DIZIONARIO CODIFICHE

TIPOLOGIE

200000	<u>Zone umide artificiali</u>		
201000	Fontanili		
202000	Risale		
203000	Acque correnti (canali e fossi)		
203010		con alveo rivestito	
203011			permanenti
203012			semipermanenti
203013			temporanee
203014			occasionali
203020		con alveo senza rivestimento	
203021			permanenti
203022			semipermanenti
203023			temporanee
203024			occasionali
204000	Vasche di colmata		
205000	Invasi di ritenuta		
206000	Casse di espansione		
207000	Cave a laghetto		
207100		in attività	
207200		abbandonate	
208000	Stagni artificiali		
208100		appositamente realizzati	
208200		evoluzione da cava o da altre zone umide artificiali	
209000	Paludi artificiali		
209100		appositamente realizzate	
209200		evoluzione da cava o da altre zone umide artificiali	

Riferimento cartografico (numerico 13 caratteri, 5 + 2 + 2 + 2 + 2)

Il reticolo e le coordinate utilizzate sono quelle del sistema U.T.M. (Proiezione Universale Traversa di Mercatore). In tale sistema la superficie del globo è stata suddivisa in 60 fusi di 6° di longitudine (individuati da due numeri) ed in 20 zone di 8° di latitudine (individuate da una lettera). La regione piemontese è compresa nel fuso 32 e nella zona T e nei quadrati di 100 km di lato MS - LR - LQ - MQ - LP - MP. I primi cinque caratteri del codice individuano il fuso, la zona e la maglia di 100 km di lato (es.: 32TMR). I successivi due campi di due caratteri ciascuno suddividono la maglia di 100 km di lato nelle seguenti maglie secondarie:

- n. 4 di 50 km di lato (particelle europee)
 - n. 100 di 10 km di lato (particelle nazionali)
- gli ultimi due campi suddividono a loro volta la maglia di 10 km di lato in:
- n. 4 di 5 km di lato (particelle regionali)
 - n. 100 di 1 km di lato (particelle locali).

Le singole maglie (fig. 2) sono individuate da coppie di caratteri numerici che hanno il significato di coordinate semplificate del vertice in basso a sinistra: la prima cifra si riferisce all'asse delle ascisse (longitudine), la seconda a quello delle ordinate (latitudine). Le interrogazioni e, quindi, le indagini ed i confronti possono essere effettuati indipendentemente sui cinque livelli. Le specifiche denominazioni (particella europea, nazionale, regionale, locale) ne evidenziano il significato e la validità ai fini della ricerca.

L'uso delle coordinate metriche e delle maglie rende possibile sia indagini al discreto, sia al continuo, soddisfacendo, in tal modo, le esigenze del ricercatore e

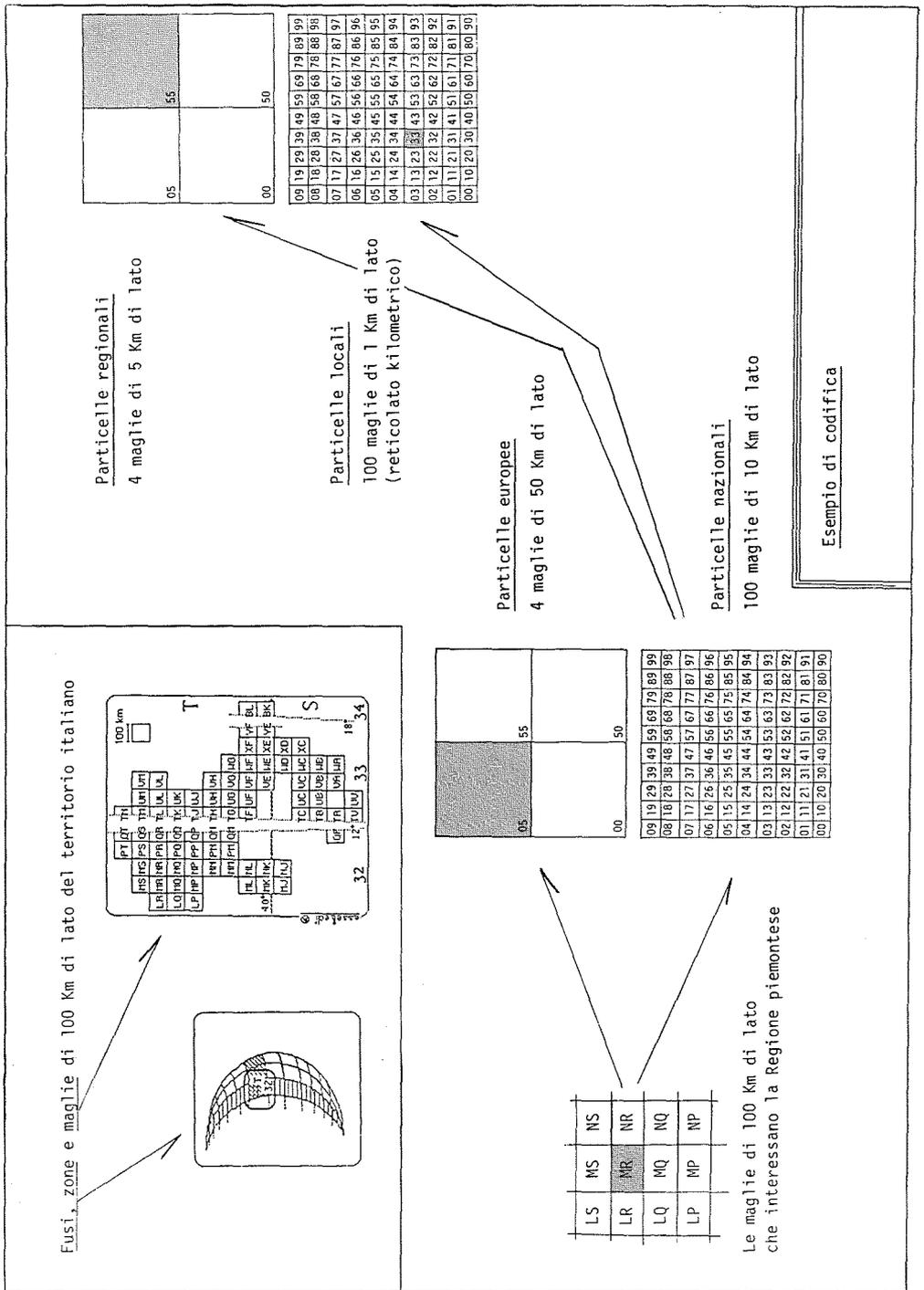


Fig. 2 - Parcellizzazione del territorio secondo il metodo del reticolo chilometrico U.T.M.

quelle di chi necessita di effettuare confronti su dati eterogenei e di cartografie tematiche di sintesi. In sintesi la scelta del reticolo chilometrico U.T.M. è stata operata per i seguenti motivi:

- consente censimenti per maglie territoriali uniformi (di superficie identica) e quindi il confronto dei dati rilevati a qualsiasi latitudine;
- usa il sistema decimale e le sue unità sono suddivisioni e multipli dell'unità di base (1, 5, 10, 50, 100 km);
- consente, mediante le coordinate metriche, una notevole precisione nell'individuazione dei punti di rilevamento;
- le coordinate sono riportate su tutte le basi cartografiche consentendo, a seconda delle esigenze, vari livelli di precisione;
- per tali motivi è già stato scelto da molti paesi del mondo ed europei per la cartografia tematica, nelle carte militari e per la realizzazione di censimenti non solo di carattere naturalistico.

BIBLIOGRAFIA

- ANSELMETTI M. P., TORAZZO P., 1982 - Caratteristiche chimico-fisiche del lago di Viverone. - Ass. Ecol. Prov. Vercelli.
- BARBANTI L., 1971 - Il tempo di residenza delle acque lacustri: un parametro fondamentale per l'interpretazione dei processi di inquinamento. - *Atti Congr. Intern. « Climatologia lacustre »*, Como, 20-23 maggio 1971: 369-375.
- BARBANTI L., 1972 - Le caratteristiche limnologiche delle acque lacustri in relazione ai fenomeni di inquinamento: problemi fisici. - *Gior. di studio « Pollution 72 »*: 191-206.
- BARBANTI L., AMBROSETTI W., 1980 - Inquadramento geografico del bacino imbrifero. In: Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere. « Rapporti su studi e ricerche nel bacino del lago Maggiore (campagna 1978) »: 11-79. Locarno.
- BARBANTI L., CAROLLO A., LIBERA V., 1976. - Lago di Mergozzo: rilevamento batimetrico e note geomorfologiche. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33: 201-219. Pallanza.
- BINI A., CITA M. B., GAETANI M., 1978 - Southern Alpine Lakes, hypothesis of an erosional origin related to the Messinian entrenchment. - *Mar. Geol.*, 27: 271-288.
- BONACINA C., BONOMI G., RUGGIU D., 1973 - Reduction of the industrial pollution of lake Orta (N. Italy): an attempt to evaluate its consequences. - *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 30: 149-168. Pallanza.
- CARLSON R. E., 1977 - A trophic state index for lakes. - *Limnol. Oceanogr.*, 22: 361-369.
- CARRARO F., 1975 - Geomorphological study of the morainic amphitheatre of Ivrea, Northwest Italy. - *Bull. R. Soc. New Zealand*, 13: 89-93. Wellington.
- CARRARO F., 1979 - Paese dell'uomo: geomorfologia dell'anfiteatro morenico d'Ivrea. - *1° Conv. sul Canavese*: 13-30. Torino.
- CASONI M., GALLINA O., TRIVERTI G., 1972 - Studio delle acque di scarico. - Ed. Bemberg S.p.A., Gozzano.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1974 - The N/P ratio and test with Selenastrum to predict eutrophication in lakes. - *Water Res.*, 8: 1063-1069.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1978 - Metodologia standard di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine. - *Quad. IRSA*, 39. Milano.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1982 - L'eutrofizzazione dei bacini lacustri italiani. - Sintesi Quad. IRSA 43. - *Acqua Aria*, maggio 1982: 361-378. Milano.
- CORDELLA P., 1981 - I laghi italiani e il problema dell'eutrofizzazione. - *Le Scienze*, 157 (160): 24-33. Milano.

- DURIO P., MORI D., PEROSINO G. C., 1983a - Aspetti limnologici del lago di Candia. - *Riv. Piem. St. Nat.*, 4: 137-170. Carmagnola.
- DURIO P., MORI D., PEROSINO G. C., 1983b - Ambienti lacustri. - Lab. Riforma, Ass. Cult. Prov. Torino.
- FORNERIS G., MUSSA P. P., 1979 - Lago grande di Avigliana. Modificazione delle popolazioni ittiche in rapporto al livello trofico. - *Acqua Aria*, marzo 1979: 99-101. Milano.
- GAKSTATTER J. H., ALLUM M. O., OMERNIK J. M., 1975 - Lake eutrophication result from the National Eutrophication Survey. - *Corvallis Environm. Res. Lab. USEPA. Corvallis*.
- GIUSSANI G., DE BERNARDI R., MOSELLO R., GHITTINO P., 1980 - Situazione limnologica del lago di Candia (Piemonte) in concomitanza con una grave mortalità ittica da branchiomicosi. - *Riv. It. Pisc. Ittiop.*, A, 15 (2): 46-52.
- GRIMALDI E., 1967 - Ripercussioni degli inquinamenti sui popolamenti ittici lacustri. - *Atti Coll. Ing. Como (Conv. inquin. acque lacus. Como 8-10 ott. 1965)*: 35-40.
- NANGERONI G., 1956 - Appunti sull'origine di alcuni laghi prealpini lombardi. - *Atti Soc. It. Sci. Nat.*: 176-196. Milano.
- NANGERONI G., 1963 - La morfologia della conca del Verbano (in base a una nuova carta batimetrica). - *Boll. Soc. Geogr. Ital.*, 9/10: 3-9.
- NANGERONI G., 1977 - Appunti sul problema dell'origine dei laghi prealpini italiani. - *Atti Soc. It. Sci. Nat.*, 118 (3/4): 329-332. Milano.
- PAOLETTI A., ROSSARO B., RAMUSINO M. C., 1985 - Lezioni di idrobiologia e piscicoltura. - CLUED, Milano.
- PETRUCCI F., BORTOLAMI G., DAL PIAZ G. V., 1970 - Ricerche sull'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana (Prov. Torino) e il suo sub-strato cristallino. - *Mem. Soc. It. Sci. Nat.*, 18 (3): 93-169. Milano.
- RAST W., LEE G. E., 1978 - Summary analysis of the North-American (U.S. portion) O.E.C.D. eutrophication projet: nutrient leading lake response relationships and trophic state indices. - *Ecological Res. Ser. EPA 600/3-78-008*. Corvallis.
- REDFIELD A. C., 1958 - The biological control of chemical factors in the environments. - *Amer. Sci*, 46, 250 pp.
- REDFIELD A. C., KETCHUM B., RICHARDS F. A., 1963 - The influence of seawater. In: *Hill M. N. (ed.) The sea*. Vol. 2: 26-72. New York.
- STELLA E., 1984 - Fondamenti di limnologia - Edizioni dell'Ateneo, Roma.
- TONOLLI V., 1969 - Introduzione allo studio della limnologia. - Ed. Ist. Ital. Idrobiol., Pallanza.
- TONOLLI V., VOLLENWEIDER R. A., 1961 - Le vicende del lago d'Orta inquinato da scarichi cupro-ammoniacali. - *Atti Conv. Acque di scarico industriali*: 99-108 (Milano, 4-7 aprile 1960).
- VOLLENWEIDER R. A., 1963 - Studi sulla situazione attuale del regime chimico e biologico del lago d'Orta. - *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 16: 21-125. Pallanza.
- VOLLENWEIDER R. A., 1968 - Water management research, Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing water, with particular reference to nitrogen and phosphorus in eutrophication. - *Techn. Rep. O.C.D.E.*, Paris.
- VOLLENWEIDER R. A., 1976 - Advance in defining critical loading levels phosphorus in lakes eutrophication. - *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33: 58-83. Pallanza.