

Eventi naturali

CONOSCERE E OSSERVARE IL TERRITORIO



Tutti i laghi senza lacune

Ecosistemi, risorse,
patrimonio da preservare

TUTTI I LAGHI SENZA LACUNE

Ecosistemi, risorse,
patrimonio da preservare



Tutti i laghi senza lacune

Arpa Piemonte

Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, Area Funzionale Tecnica

Responsabile scientifico: Ferruccio Forlati

Coordinamento progettuale e realizzazione:

Pina Nappi, Margherita Machiorlatti,
Cristina Converso, Claudia Giampani, Puni Moletta

Testi a cura di:

Claudia Giampani, Puni Moletta, Claudio Bonadio, Vittorio Bonaria,
Pina Nappi, Cristina Converso, Margherita Machiorlatti, Milena Zaccagnino

Fotografie: realizzate dagli autori o tratte da archivi Arpa Piemonte

La **mascotte** è stata ideata e realizzata da Manuela Livorno e Barbara Lorusso

Illustrazioni di: Margherita Machiorlatti

Ideazione e progetto grafico: Art Cafè adv - Torino

Finito di stampare nel mese di giugno 2010
presso Litografia Viscardi, Alessandria

ISBN 978-88-7479-123-1

Copyright©2010, Arpa Piemonte





Via Pio VII, 9 – 10135 Torino – Italia



STAMPATO SU CARTA RICICLATA AL 100% CHE HA OTTENUTO IL MARCHIO
DI QUALITÀ ECOLOGICA ECOLABEL EUROPEO



INDICE

-  **1 Che cos'è un lago?** pag. 5
-  **2 La vita del lago e la vita nel lago** pag. 9
-  **3 I laghi in Piemonte** pag. 25
-  **4 Utilizzo e protezione dei laghi** pag. 43

In Italia, i **laghi** sono più numerosi che negli altri paesi del Mediterraneo; esistono infatti più di mille laghi con origine e caratteristiche diverse e si concentrano soprattutto nell'**area alpina** e **pre-alpina** del nord Italia. In Lombardia, Veneto e Piemonte si trovano anche i tre principali laghi italiani (**lago di Garda, lago Maggiore e lago di Como**). Altri laghi importanti si riscontrano nelle regioni dell'Italia centrale, in particolare nella fascia appenninica tra Toscana e Umbria (**lago Trasimeno**) e nel Lazio con alcuni laghi di origine vulcanica di notevoli dimensioni (**lago di Bolsena, lago di Bracciano**).

Nel territorio piemontese, i laghi sono mete turistiche – frequentate maggiormente da stranieri, sebbene negli ultimi tempi il turismo lacuale stia coinvolgendo anche gli italiani – sedi di ricreazione e di sport o di impianti per la produzione di energia elettrica.

Dai grandi laghi piemontesi a quelli artificiali creati dall'uomo, il volume vuole essere una **guida** per approfondire la loro conoscenza e scoprirne le peculiarità. Infatti la conoscenza dei luoghi e della loro storia consente di comprendere meglio e apprezzare le loro particolarità, per una migliore salvaguardia dell'ambiente e per affrontare in modo più consapevole possibili eventi naturali.

Questo volumetto è il terzo della collana "Eventi naturali: conoscere e osservare il territorio" – i cui primi volumi sono stati "Vivere la montagna" e "Non solo in piena. L'acqua e i fiumi protagonisti del territorio" – che ha la finalità di diffondere le informazioni e le esperienze per riaffermare l'importanza del territorio come valore in sé da tutelare e conservare nelle sue molteplici componenti.



1 CHE COS'È UN LAGO?

I laghi, numerosi nel territorio piemontese, hanno origini molto diverse; sfruttati dal punto di vista turistico, di ricreazione e sport o per la produzione di energia elettrica sono ambienti unici per le loro caratteristiche e per la fauna e la flora che ospitano.



Lago Maggiore

Un lago viene definito come una raccolta di acqua all'interno di una depressione della superficie terrestre, isolata dal mare. Un lago, per essere definito tale, deve avere una certa profondità per cui anche in periodi di magra eccezionale non devono emergere significative porzioni del fondo e la zona più profonda non deve essere occupata da vegetazione.



La scienza che studia i laghi si chiama limnologia (dal greco λίμνη "limne" = acqua stagnante e λογός "logos" = studio) e si occupa delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle acque dolci. Un lago (come qualsiasi altro corpo idrico) è intimamente connesso con l'ambiente che lo circonda e quindi gli studi limnologici includono anche altre discipline quali la geologia e la meteorologia.

Incile

Punto di un corso d'acqua o di un lago da cui si diparte un canale di irrigazione o di bonifica o, più in generale, un corso d'acqua secondario.

Secondo il DLgs 152/06, i laghi sono definiti come "corpo idrico superficiale interno, fermo, di acqua dolce" e possono essere: a) naturali aperti o chiusi, a seconda se esista o meno un emissario, b) naturali ampliati e/o regolati, se provvisti all'**incile** di opere di regolamentazione idraulica.

Stagni, Paludi, Lagune, Torbiere

Non tutte le zone caratterizzate da presenza di acqua più o meno ferma possono essere definite laghi, esistono anche:

- gli **stagni**, raccolte di acqua ferma di dimensioni e profondità ridotte. Possono essere naturali o artificiali e sono ambienti con flora e fauna tipici
- le **paludi**, aree pianeggianti coperte d'acqua, originatesi o per la mancanza di un normale deflusso delle acque che convergono nella zona o per la risalita della falda sotterranea o per prosciugamento di un lago. Possono essere di acqua dolce o salata, a seconda di dove si trovano. Anche le paludi sono occupate da una vegetazione caratteristica e sono popolate da animali e uccelli acquatici. Molte aree paludose sono state, in passato, oggetto di opere di bonifica che le hanno trasformate in zone produttive e hanno contribuito a debellare gravi malattie come la malaria



Palude di Racconigi

- le **lagune**, bacini costieri separati dal mare da un cordone litoraneo, caratterizzati da acqua salmastra e sottoposti all'azione delle maree. Solitamente si formano in corrispondenza di foci a delta dei fiumi. Esistono lagune "vive" quando hanno uno o più collegamenti con il mare aperto e lagune "morte" quando sono completamente circondate da terraferma

Torba

Stadio iniziale di formazione del carbone. È costituita da resti di vegetali e altro materiale organico impregnati di acqua e non completamente decomposti a causa delle condizioni acide dell'ambiente di formazione.

- le **torbiere**, depressioni del terreno più o meno profonde, acquitrinose, in cui si forma e si stratifica la **torba**. L'origine è solitamente legata all'interramento di un lago, dove, a causa di determinate condizioni ambientali (basse temperature, assenza di ossigeno, ecc), l'attività dei batteri che decompongono le sostanze vegetali è inibita. Il materiale vegetale, con i resti di animali e insetti, si accumula così in strati sul fondo del lago dando origine alla torba.





Inizio della formazione di una torbiera

Fin dalla Preistoria, età del Bronzo, si hanno testimonianze della presenza di insediamenti umani nelle zone limitrofe ai piccoli laghi piemontesi. Secondo gli studiosi i luoghi umidi erano stati scelti per fondare i villaggi per diversi motivi quali l'abbondanza di risorse alimentari offerte dall'ambiente lacustre, la maggiore accessibilità dei terrazzi perilacustri privi del fitto bosco presente nel territorio circostante e la fertilità del terreno ricco del limo depositato durante gli occasionali innalzamenti del livello.

In Piemonte sono stati ritrovati resti di villaggi su palafitte e manufatti ai Lagoni di Mercurago vicino ad Arona (età del Bronzo) ai laghi di Avigliana (Neolitico-età del Bronzo), a Viverone (Bronzo antico, medio, recente) e nei pressi del lago di Bertignano dove furono ritrovate tra l'altro due piroghe costituite da un tronco unico di castagno. La prima, lunga 4 m, è stata datata al 250 d. C. la seconda piroga è lunga 3,75 m e risale al 1450 a. C.

La regione climatica lacustre

Come tutti i serbatoi d'acqua, i laghi accumulano calore nel periodo estivo e lo restituiscono in inverno. Per questo motivo il clima nelle aree limitrofe ai bacini è più temperato e gradevole.

Questo effetto termoregolatore è tanto più evidente per i laghi prealpini a causa della massa d'acqua, della loro profondità e della formazione di uno strato di aria umida a contatto con la superficie che viene intrappolata nella conca lacustre e tende a seguire la ridotta escursione termica dell'acqua.



In estate, le alte temperature dei laghi e la loro posizione nella fascia prealpina, zona di scontro tra l'aria riscaldata della Pianura Padana e quella più fredda Alpina, accentuano l'intensità dei fenomeni temporaleschi.

La zona del Lago Maggiore e d'Orta si colloca al primo posto in Piemonte per valori di piovosità annua: in località Cicogna (VB) si ha il massimo valore annuo pari a 2.350 mm di pioggia.



Lago di Viverone



2 LA VITA DEL LAGO E LA VITA NEL LAGO

Origine e classificazione dei laghi

La classificazione dei laghi più diffusa fa riferimento alla tipologia e all'origine delle conche che ospitano l'acqua. Sulla base di tale criterio le principali tipologie sono:

- **laghi tettonici:** si formano per la raccolta di acqua in depressioni causate da movimenti tettonici, come "fosse" bordate da **faglie** o **sinclinali**. Si tratta di laghi spesso di notevoli dimensioni e il loro fondo può trovarsi al di sotto del livello del mare (criptodepressione). Hanno tale origine i grandi laghi africani
- **laghi di cavità craterica:** si distinguono laghi di cratere o caldera e laghi di depressione di colata lavica. I laghi del centro Italia appartengono a queste categorie

Faglia:
Frattura di una massa rocciosa con spostamento relativo delle parti separate.

Sinclinale:
Piega della massa rocciosa formatasi per deformazione tettonica, in cui i terreni all'interno della curvatura sono i più giovani.



- **laghi carsici:** possono essere superficiali o sotterranei. Nel primo caso occupano depressioni carsiche solitamente ricoperte e impermeabilizzate da depositi fini di "terra rossa". Molto spesso si tratta di laghi temporanei che si formano quando maggiore è l'apporto di acqua, per esempio in seguito allo scioglimento della neve, e poi tendono a svuotarsi. Alcuni esempi di laghi carsici sono presenti nelle Alpi Liguri. All'interno delle grotte talvolta sono presenti laghi sotterranei
- **laghi di conca alluvionale:** possono derivare dall'emergenza della falda freatica o dal riempimento di cavità impermeabili ad opera di acque meteoriche o di afflusso superficiale



Lago carsico del Biecai (valle Ellero, Alpi Liguri) in fase di svuotamento a fine luglio

Morena:

Accumulo di materiale detritico trasportato e depositato da un ghiacciaio

- **laghi di origine glaciale:** i laghi connessi al glacialismo possono essere suddivisi in laghi che hanno una diretta relazione con il ghiacciaio, occupando conche sul ghiacciaio stesso o comunque trovandosi a contatto con esso, e laghi invece che si sono creati per raccolta di acqua nelle depressioni in roccia create dall'azione erosiva della massa glaciale o nelle conche comprese tra depositi **morenici**
- **laghi di sbarramento:** si originano quando una valle viene ostruita dal materiale di accumulo di una frana, da un cordone morenico, dal conoide di un affluente laterale o anche dal materiale lavico eruttato da un vulcano. Possono essere laghi temporanei, se si svuotano quando la soglia verso valle viene erosa e il corso d'acqua riprende il normale deflusso. In altri casi, quando l'accumulo è più imponente, i laghi che si formano a monte perdurano e diventano parte del nuovo paesaggio (vedi Box la Frana di Antrona)
- **laghi relitti:** sono raccolte d'acqua di origine marina rimaste isolate a seguito di movimenti tettonici o di abbassamenti del livello del mare, come nel caso del lago di Aral e del mar Caspio
- **laghi costieri:** si formano lungo le coste marine a causa dell'accumulo di cordoni litoranei di sabbia che possono sbarrare le acque provenienti da terra o, più comunemente, isolare un'insenatura marina
- **invasi di ritenuta:** bacini artificiali creati attraverso lo sbarramento di un corso d'acqua per usi idroelettrici, irrigui, potabili
- **cave a laghetto:** piccoli laghi dovuti alle attività di estrazione di sabbia e ghiaia, collocati di solito nelle fasce di pertinenza fluviale dei corsi d'acqua di pianura, spesso adibiti alla pesca sportiva.

LA FRANA DI ANTRONA

Domenica 27 luglio 1642 alle cinque del mattino un'enorme frana si staccò dal Monte Pozzuoli e investì l'abitato di Antronapiana risalendo anche un tratto del versante opposto. Vennero distrutti 42 edifici tra fienili, case e la chiesa di San Lorenzo, i morti furono 150.

I venti milioni di metri cubi di materiale franato sbarrarono il corso del torrente Troncone e si formò il lago di Antrona (profondità 49,50 metri). Nel 1926 il lago fu adattato per lo sfruttamento a scopo idroelettrico.

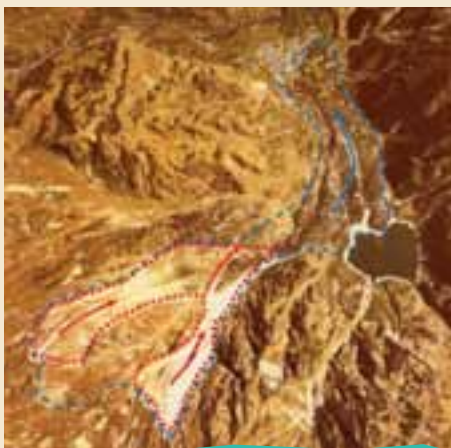


Foto area concessione DPR 29-9-2000, n° 367
La frana staccatasi dal Monte Pozzuoli (in basso a sinistra) ha raggiunto l'abitato di Antrona e, bloccando il corso del torrente, ha dato origine al lago omonimo.

Estinzione dei laghi

I laghi non sono sistemi stabili; alcuni, come quelli di origine tettonica, perdurano a lungo nel tempo altri, come molti laghi di sbarramento, hanno vita brevissima. Le cause dell'estinzione di un lago sono sostanzialmente lo svuotamento o il riempimento della cavità.

Lo svuotamento può avvenire per:

- abbassamento della falda
- erosione della soglia, in particolare nel caso di laghi di sbarramento
- apertura o ampliamento di una condotta sotterranea naturale nel caso di laghi carsici
- evaporazione (in questo caso per arrivare all'estinzione si deve verificare un vero e proprio cambiamento climatico)
- deformazione del fondo del lago per cause tettoniche

Il riempimento può avvenire per:

- immissione di sedimenti fluviali
- deposito di detriti (tipico dei laghi di montagna posti alla base di pareti rocciose)
- deposito di prodotti vulcanici
- deposito di sali e sedimenti eolici (nei climi aridi)

L'evoluzione di un lago solitamente prevede, come primo passo, la trasformazione in stagno; successivamente, man mano che i depositi aumentano e la quantità d'acqua diminuisce, in palude e acquitrino e infine in torbiera.

La temperatura dei laghi

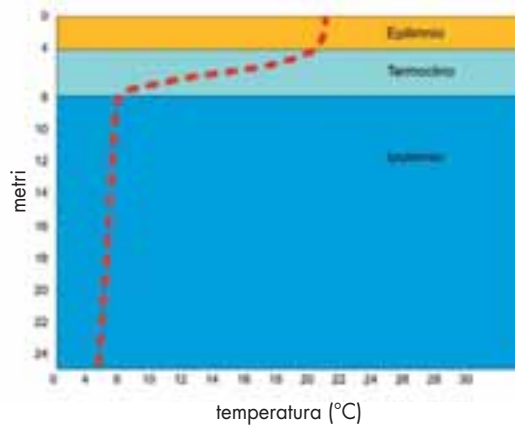
La temperatura delle acque è una delle caratteristiche più importanti dei laghi e varia orizzontalmente e verticalmente. Spostandosi dalla costa verso il largo, si registrano temperature variabili a causa della differenza di calore riflesso dalle rocce.

Le maggiori oscillazioni termiche però si osservano verticalmente in particolare negli strati superficiali, più soggetti alle variazioni termiche esterne.

Generalmente, in un lago si riconoscono tre fasce sovrapposte: una superiore detta *epilimnio*, caratterizzata dalle maggiori variazioni di temperatura, una intermedia detta *metalimnio*, con temperature in rapida diminuzione, e una inferiore detta *ipolimnio*, con acque fredde, termicamente più stabili.

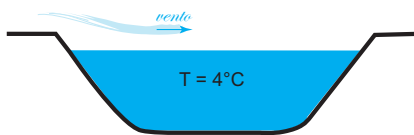


Stratificazione termica

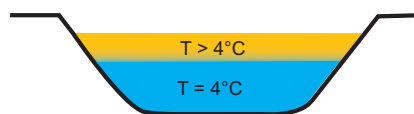


La zona superiore, epilimnio, presenta un'intensa produzione di ossigeno ad opera dei vegetali; con il sopraggiungere dell'inverno, lo strato superficiale perde progressivamente calore fino a giungere ad una temperatura di 4 °C, valore a cui l'acqua ha la massima densità. Divenuta così più "pesante", l'acqua scende verso gli strati profondi rimescolandoli e ossigenandoli, fino a che tutta la massa d'acqua presenta la stessa temperatura. Si parla in questo caso di circolazione libera e in tale periodo, detto di *omeotermia*, il lago viene ossigenato, passaggio fondamentale per l'ecosistema lacustre. Pertanto, in inverno lo strato di fondo raggiunge i 4 °C, mentre lo strato superficiale detiene valori termici inferiori, sino alla formazione di strati di ghiaccio. Alla fine dell'inverno, lo scioglimento del ghiaccio provoca nuovamente un rialzo termico, determinando un secondo periodo di omeotermia e nuova stratificazione estiva.

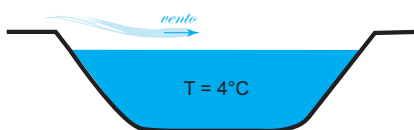
Variazioni termiche



Primavera: tutta la massa di acqua ha la stessa temperatura, si ha quindi rimescolamento e riossigenazione



Estate: a causa della stratificazione termica, il fondo è isolato dalla superficie



Autunno: come in primavera si ha di nuovo un periodo di omeotermia e quindi di riossigenazione

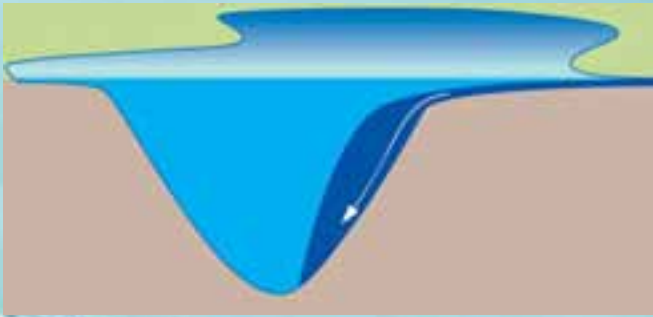


Inverno: una nuova stratificazione termica (inversa) rende di nuovo problematico il rifornimento di ossigeno negli strati inferiori

Questa stratificazione è differente a seconda delle diverse zone del pianeta, in particolare:

- nelle regioni **tropicali**, l'acqua superficiale ha una temperatura superiore a 4 °C, scendendo in profondità si trova quindi acqua a temperatura inferiore. Si parla in questo caso di stratificazione termica *diretta* o *normale*
- nelle regioni **polar**i, l'acqua superficiale ha una temperatura molto bassa, inferiore a quella che si trova sul fondo più densa e a 4° C. Si parla in questo caso di stratificazione termica *inversa*
- nelle regioni **temperate**, dove si ha alternanza di stagioni calde e fredde, i laghi hanno stratificazione termica *diretta* in estate e *inversa* in inverno. Caso particolare sono i laghi temperati posti al di sopra del limite delle nevi permanenti: presentano infatti stratificazione inversa per quasi tutto (o tutto) l'anno.

Talvolta le acque di un immissario più fredde e più ricche di ossigeno, scendendo verso il fondo del lago, possono ricaricare di ossigeno l'ipolimnio anche in assenza di piena circolazione.



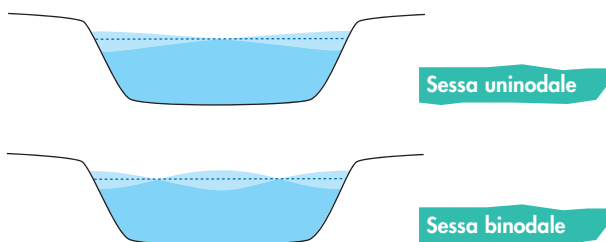
Sulla base delle variazioni di temperatura, della stratificazione delle acque e della presenza o meno di una libera circolazione si distinguono i seguenti tipi di lago:

Tipo	Temperatura	Stratificazione	Circolazione libera
Amittico	< 4° C	strato superficiale sempre ghiacciato	-
Monomittico freddo	< 4° C	inversa in inverno	estate
Dimittico	variabile stagionalmente	inversa in inverno diretta in estate	primavera autunno
Monomittico caldo	> 4° C	diretta in estate	inverno
Oligomittico	> 4° C	diretta sempre	-
Polimittico	> 4° C	-	sempre

Nelle zone temperate, dove si ha l'alternanza delle stagioni, i laghi sono generalmente di tipo dimittico. Gran parte dei nostri laghi alpini d'alta quota sono invece di tipo monomittico freddo.

Movimenti delle acque

Le acque dei laghi non sono ferme, ma sono soggette a movimenti tipici del mare e degli oceani: il moto ondoso e le correnti, dovute ai flussi di acqua in entrata e in uscita attraverso gli immissari e gli emissari; movimenti propri dei laghi sono invece le sesse. Si tratta di movimenti oscillatori della superficie del lago innescati o da venti forti che spirano per un periodo prolungato nella medesima direzione oppure da differenti pressioni atmosferiche in due punti dello stesso lago. Quando lo stato di equilibrio della massa d'acqua viene turbato, la superficie si abbassa da una parte e si solleva dall'altra, continuando poi ad oscillare fino a raggiungere nuovamente la situazione di riposo.



Di una sessa è possibile misurare l'*ampiezza*, ossia il dislivello tra l'altezza massima e minima raggiunta dall'acqua in uno stesso punto e il *periodo*, vale a dire l'intervallo di tempo tra due successive elevazioni massime del livello del lago.

Sul lago Maggiore sono state misurate sesse con ampiezza di 0,01 metri e periodo di 40 minuti.

Variazione del livello

Il livello di un lago varia nel tempo, in funzione della quantità di acqua che in un determinato periodo entra ed esce dal bacino lacustre.

Gli afflussi consistono principalmente negli apporti, da parte degli immissari, di sorgenti sotterranee e delle precipitazioni; i deflussi sono rappresentati dalle acque che escono attraverso gli emissari, da perdite al fondo del bacino e dall'evaporazione.

A seconda che siano superiori gli afflussi o i deflussi il livello del lago aumenta o diminuisce, in caso di parità il livello si mantiene costante.

I laghi, in occasione di apporti eccezionali, per esempio a causa di una piena degli immissari, agiscono da deposito temporaneo dell'acqua in eccesso che poi viene rilasciata gradualmente. L'uomo utilizza questa potenzialità, di solito regolando il livello del lago, per utilizzi agricoli, industriali e idroelettrici; analogamente a quanto viene fatto per gli invasi artificiali.

Azione morfologica dei laghi

I laghi esercitano un'azione di modellamento lungo le sponde, analogamente a quanto avviene lungo le coste marine, ma con intensità decisamente minore, in quanto le correnti lacustri, il moto ondoso e le sesse hanno un'energia inferiore e la loro azione morfologica risulta più contenuta.

Importante è invece l'azione morfologica indiretta che si produce al variare del livello del lago. Il lago rappresenta infatti il livello di base per tutti i corsi d'acqua legati idrologicamente ad esso e ogni oscillazione del livello lacustre comporta modificazioni nei processi di erosione o di sedimentazione fluviale.

TSUNAMI



C'è un fenomeno che si è verificato più volte nel corso dei millenni e che ancora potrebbe interessare i laghi prealpini: lo tsunami.

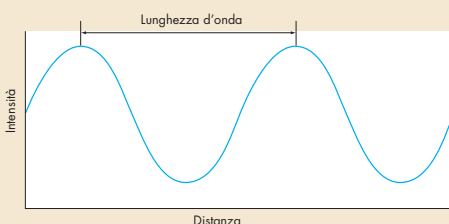
Si pensa che questo evento riguardi solo determinate zone del pianeta e che colpisca coste che si affacciano sul mare, ma non è vero: può interessare anche i laghi!

- Tsunami è una parola Giapponese che significa "Grande onda del porto"

- Nel linguaggio scientifico attuale, uno tsunami è un'onda di acqua che si forma in un bacino (oceani, mari, laghi e grandi fiumi), caratterizzata da una lunghezza d'onda molto grande.

La **lunghezza d'onda** è la distanza tra due punti posti in uguale posizione sull'onda per esempio le creste o le fosse.

La lunghezza d'onda delle onde oceaniche "normali" è dell'ordine dei 100 metri, quella degli tsunami può arrivare a 200 km.



La causa della formazione delle onde anomale per il 90 % dei casi è dovuta a forti terremoti (magnitudo maggiore di 7 gradi della scala Richter), seguono le frane subacquee o in superficie che interagiscono col bacino d'acqua, le eruzioni vulcaniche e più raramente la caduta di meteoriti.

Antichi documenti riportano la descrizione di un evento verificatosi il 18 settembre 1601 nel lago dei Quattro Cantoni in Svizzera. Un terremoto provocò frane sommerse nel lago e crolli di massi nello specchio d'acqua che causarono dapprima il ritiro delle acque dalla riva su cui sorge Lucerna e poi un'onda gigantesca cui ne seguirono altre per 3 giorni (6 ogni ora) provocando morte e distruzione in città.

Studi condotti sui fondali del lago hanno rilevato la presenza di una **falesia** creata dal sisma, che spostò milioni di metri cubi di materiale sommerso. Un campione di sedimenti ha rilevato che quello non fu il primo caso ma si verificò uno tsunami anche nel 470 a.C. e altri più indietro nel tempo.

Falesia:
Costa rocciosa con pareti a picco, alte e continue.

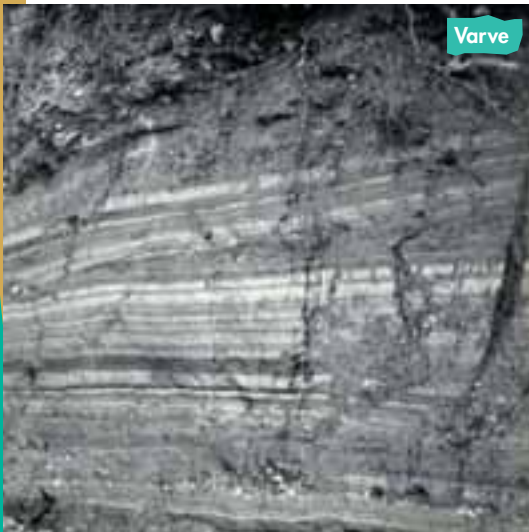
Nel lago di Como ricerche dell'Università dell'Insubria hanno rilevato che si sono verificati tsunami nel VI e XII secolo.

Rilevamenti topografici di dettaglio nei fondali svizzeri del Lago Maggiore¹ hanno messo in luce la presenza di piccole depressioni circolari nei sedimenti che costituiscono il delta del Ticino e della Verzasca. Queste depressioni segnalano la fuoriuscita di gas che potrebbe causare un'instabilità del pendio e di conseguenza l'innescarsi di onde anomale.

¹ EAWAG: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2009.

Depositi lacustri

I sedimenti lacustri sono costituiti da argille, limi, sabbie e, in misura minore, da ghiaie, trasportati e depositati dagli affluenti e dalle acque di ruscellamento lungo i versanti che convergono verso il lago. I sedimenti più fini si ritrovano sul fondo del lago e hanno una stratificazione orizzontale, mentre verso le sponde, in particolare in corrispondenza degli apparati deltizi, si ritrovano sedimenti anche più grossolani con stratificazione caratterizzata da un certo angolo di inclinazione. L'accrescimento degli apparati deltizi contribuisce nel tempo a limitare la superficie del lago e i sedimenti depositi tendono a emergere in superficie. Intercalati ai materiali inorganici, all'interno dei depositi lacustri si ritrovano anche livelli di origine organica dovuti alla vegetazione presente sulle sponde e sul fondale del lago.



Varve

Sono depositi che si formano in un bacino lacustre, caratterizzati da sottili alternanze stagionali di sedimento. Nei laghi glaciali, gli strati si distinguono dal colore: quelli chiari di natura sabbioso-limoso corrispondono alla sedimentazione estiva legata all'ablazione glaciale, quelli scuri, argillosi e ricchi di materia organica sono legati alla deposizione fine dei mesi invernali. La scansione annua dei sedimenti permette di ricostruire la storia del deposito. Con questo metodo, nei depositi glaciali scandinavi e americani sono state datate sequenze che risalgono fino a 15.000 anni fa.



Cenni di ecologia lacustre

Il lago può essere considerato un tipico ecosistema, in quanto tutti i componenti che lo costituiscono, sia viventi che non viventi, sono strettamente legati e dipendenti l'un l'altro e lo scambio di energia si mantiene all'interno del sistema.



L'energia proveniente dal sole, mediante la fotosintesi clorofilliana, viene utilizzata dai produttori (fitoplancton e piante verdi) che, partendo dall'anidride carbonica e dai sali inorganici, sintetizzano la sostanza organica, che viene impiegata e trasformata dal zooplancton e dai pesci fitofagi (consumatori primari). Pesci che a loro volta fungono da nutrimento per i carnivori posti ad un livello superiore della catena alimentare.

L'energia solare non è però distribuita in modo uniforme in tutta la massa d'acqua, sia per la scarsa penetrabilità nell'acqua delle radiazioni sia per le condizioni di trasparenza dell'acqua stessa; pertanto, in caso di torbidità si avrà una riduzione e in situazioni gravi la scomparsa dei vegetali, con una conseguente riduzione nella produzione di ossigeno.

Parte dell'energia solare viene trasformata in calore e si accumula nel lago; l'aumento di temperatura delle acque, accelerando le reazioni fisiologiche e migliorando l'assimilazione, provoca una maggior produzione di materia vivente o "biomassa". La radiazione solare non è costante nell'arco dell'anno e, poiché l'inerzia termica è molto elevata, il lago cede o acquista calore lentamente fungendo da regolatore termico per l'ambiente circostante.

Le modificazioni termiche che si susseguono di stagione in stagione sono in parte responsabili dei meccanismi di sopravvivenza delle **biocenosi** lacustri. Il materiale organico (animale e vegetale), presente lungo le sponde del lago, alla fine della propria esistenza viene accumulato al fondo e demolito dai batteri in composti più semplici, in presenza di ossigeno. Se tutte le componenti sono in equilibrio, il lago si mantiene in perfetta "salute", ma sono sufficienti minime variazioni, come un piccolo aumento di sostanza organica, per rompere tale equilibrio.

Biocenosi:

Comunità delle specie che vive in un determinato ambiente in cui le condizioni fisico-chimiche e ambientali sono costanti.

Se la comunità è composta da un complesso di organismi vegetali si parla di **Fitocenosi**; se è composta da organismi animali si parla di **Zoocenosi**

Le comunità lacustri



Principali comunità vegetali (**fitocenosi**) caratteristiche dei laghi

Fitoplancton

Il fitoplancton dei principali laghi subalpini è costituito complessivamente da circa 90 specie, anche se la variabilità dei sistemi biologici può far variare negli anni l'elenco delle specie e la loro importanza. Da numerose ricerche emerge una certa somiglianza tra la composizione del fitoplancton e questo è sorprendente se si considera che i laghi subalpini non sono omogenei tra di loro. Alcune tra le specie più diffuse sono le *Cianofiticee*, le *Diatomee*, e le *Criptofiticee*.

Macrofite

La flora acquatica macroscopica è diffusa maggiormente nei laghi di pianura rispetto a quelli subalpini, in quanto a valle le condizioni ambientali sono più favorevoli.

Nelle acque litorali poco profonde si possono trovare fasce di piante lacustri, come la cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e la *Thypha latifolia*.

Il più delle volte le specie con foglie galleggianti, quali per esempio *Trapa natans*, *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, colonizzano in modo talmente denso le rive da impedire alle altre forme sommerse di svilupparsi adeguatamente a causa dell'assenza o quasi di luce.

Lago di Viverone: sviluppo eccessivo di macrofite e loro taglio



Principali comunità animali (**zoocenosi**) caratteristiche dei laghi

Le zoocenosi lacustri sono riferibili essenzialmente a tre popolamenti:

Popolamento zooplanctonico

Nei grandi laghi la componente dominante è quella dei *Copepodi*, sia in termini numerici che di biomassa. Mentre per quanto riguarda i laghi poco profondi il gruppo predominante è quasi sempre quello dei *Rotiferi* e dei *Cladoceri*, specie che degradano detriti di piccola dimensione.

Anche nei laghi alpini d'alta quota, caratterizzati da situazioni estreme, i *Copepodi* rappresentano la componente dominante.

Popolamento **bentonico**

La struttura delle comunità bentoniche risulta influenzata non solo dalle caratteristiche dell'acqua, ma anche da quelle dei sedimenti nei quali sono insediate. Infatti la natura del sedimento riveste un importante valore selettivo nel limitare la colonizzazione da parte di alcune specie e gruppi di organismi e favorirne altre.

Le comunità bentoniche variano in funzione della profondità di un lago. Nelle zone litorali a modesta profondità, con sedimenti limosi sono presenti *Oligocheti*, larve di *Chironomidi*, ninfe di *Efemerotteri*, molluschi e *Gasteropodi*; nei litorali ghiaiosi e sabbiosi si ritrovano grandi varietà di insetti, *Tricotteri*, *Efemerotteri*, *Coleotteri*.

In profondità, su fondali sabbiosi sono presenti gli *Oligocheti*, larve di *Chironomidi*, e *Molluschi Lamellibranchi* e *Gasteropodi*.

Popolamento **ittico**

La fauna ittica dei laghi rappresenta un importante indicatore biologico in termini di valutazione della qualità delle acque, infatti spesso l'andamento delle popolazioni ittiche di un lago varia con il variare del livello trofico dello stesso.

Schematicamente si può parlare di due popolamenti principali:

- un popolamento in ambienti profondi, con buona ossigenazione e con temperatura che non supera i 15-17° C neanche nel periodo estivo, costituito da alcune specie adatte ad ambienti ricchi di ossigeno, quali ad esempio i Salmonidi
- un popolamento litorale o sublitorale, costituito prevalentemente da Ciprinidi, (Scardola, Cavedona, Arborella, Carpa, Tinca), Percidi (Percide lucioperca) e Centrarchidi (Persico sole). Tra le specie predatrici si evidenzia la presenza del Luccio, Persico, Persico trota.

Bentos:

Categoria ecologica che comprende gli organismi acquatici, sia d'acqua dolce sia marini, che vivono in stretto contatto con il fondo o fissati ad un substrato solido.



Condizioni di rischio e grado di stabilità delle comunità lacustri

La struttura delle comunità che vivono nei laghi può modificarsi anche sostanzialmente a causa dell'impatto antropico. Infatti possono essere introdotte specie **alloctone** e si possono verificare alterazioni qualitative come l'eutrofizzazione e i fenomeni di inquinamento acuto o cronico causato da sostanze tossiche.

Alloctono:

Non appartenente al luogo di residenza (esotico)

Eutrofizzazione

Il lago non è da considerarsi un ecosistema stabile ma è soggetto ad un lento processo di invecchiamento, come conseguenza dei processi di arricchimento di nutrienti, in particolare modo di composti dell'azoto e/o del fosforo, che provocano una abnorme proliferazione di alghe e/o di forme superiori di vita vegetale, producendo la perturbazione dell'equilibrio degli organismi presenti nell'acqua e della qualità delle acque interessate.

Tale processo può essere così sintetizzato:

- primo periodo: la biomassa è scarsa, in particolare a livello dei primi anelli della catena alimentare (plancton). L'ossigeno è abbondante a tutte le profondità e consente la vita anche alle specie ittiche più esigenti (es: Coregoni)
- secondo periodo: si verifica un aumento della biomassa e quindi del consumo di ossigeno. Il plancton è più abbondante. Si riducono le specie ittiche e sopravvivono quel-

le meno esigenti (es: Arborella, Scardola). Il fondo del lago è povero di ossigeno e si riempie di sostanze putrescibili; pian piano si ha una riduzione della profondità per l'apporto di sedimenti sia endogeni che esogeni (limo, sabbia, foglie, ecc)

- terzo periodo: il lago è ormai colmo di sedimenti e non offre più la possibilità di vita a pesci, anfibi o larve. La vegetazione ha colonizzato tutto, ormai il lago ha un aspetto paludoso.

Lago di Viverone



Questa trasformazione segna il passaggio tra lo stato di *oligotrofia* (primo periodo) a quello di *eutrofia* (secondo periodo) che tuttavia in condizioni normali è naturale, lento e inesorabile.

Le attività umane accelerano questo processo: l'immissione di liquami sia animali che derivanti dalle reti fognarie, con il loro continuo apporto di nutrienti, accelera il processo causando una vera e propria "concimazione del bacino" e, aumentando la componente algale, primo anello della catena alimentare, si determina un accumulo di sostanza organica al fondo del lago.

Pertanto, in una fase iniziale, si assiste ad un aumento dei consumatori e le specie di pesci pregiate, quali Salmonidi e Percidi, traggono beneficio dal consistente numero di prede e dall'abbondanza di cibo, in tal modo l'azione inquinante coincide con una ingannevole impressione di buona salute.

In breve tempo però l'ossigeno diminuisce, consumato dai batteri, fino ad impedire la vita ad alcune specie ittiche, che vengono a loro volta rimpiazzate da specie meno pregiate, che fanno calare anche il pregio delle acque e del lago.

Talvolta, in condizioni di ormai spiccata eutrofia, sopravvivono solo alcune specie di Ciprinidi.

Inquinamento da sostanze tossiche

Attualmente non è possibile fornire delle generalizzazioni su tale argomento, in quanto differenti comunità rispondono in maniera diversa all'immissione di sostanze tossiche. Tuttavia, in base a numerose esperienze, l'immissione di sostanze tossiche oltre i limiti di tollerabilità delle specie più sensibili porta ad un effetto a cascata che altera gli equilibri trofici presenti.

Lago di San Michele: presenza di sostanze tossiche nelle acque



Introduzione di specie alloctone (esotiche)

Un'altra causa importante che interviene nella modificazione delle comunità dei laghi consiste nell'introduzione di specie alloctone. Infatti, quando una specie viene introdotta e si diffonde con successo, si determina un'alterazione nella struttura della comunità modificando i rapporti trofici che regolano la coesistenza delle varie specie. Spesso tali introduzioni non sono volontarie ma accidentali. Un esempio abbastanza

noto è quello relativo all'introduzione casuale di alcune macrofite originarie del Nord America e del Sud Africa.

Inoltre in campo ittico, la mancanza di controlli sulle immissioni, causa in taluni casi anche la scomparsa di specie autoctone, ad esempio la quasi totale scomparsa della trota padana dagli ambienti lacustri sub alpini. Oppure, l'introduzione del pesce gatto in particolare nei piccoli laghi, in grado di adattarsi a condizioni estreme e di colonizzare anche ambienti ad elevata eutrofia, ha esautorato le specie autoctone.



Fioriture algali

Negli ultimi anni si è assistito per alcuni laghi alla fioritura di alghe (Cianobatteri) nelle acque. I Cianobatteri rappresentano una componente normale del popolamento d'acqua dolce ma, in particolari condizioni ambientali, il loro numero può diventare eccessivo rispetto alla densità degli altri gruppi algali. La proliferazione e i tempi di replicazione di queste alghe sono variabili e dipendono da fattori ambientali quali temperatura, luce, disponibilità di nutrienti e profondità delle acque. In condizioni ottimali, la fioritura

si forma in circa due giorni e persiste in genere per circa 5-7 giorni. Il vento leggero può favorire la loro concentrazione in prossimità delle rive. Le fioriture di Cianobatteri possono dar luogo alla produzione e diffusione di tossine.

Antropizzazione delle sponde lacuali

Quasi sempre i criteri seguiti per l'utilizzo delle sponde lacuali esulano dalla conservazione delle sponde e degli *habitat* stessi. Spesso infatti si privilegiano impieghi di tipo insediativo-urbanistico e turistico che tendono a sfruttare le risorse idriche dello specchio d'acqua. In particolar modo, la fascia di terreno adiacente la sponda rappresenta la zona di interscambio maggiormente interessata dalle pressioni antropiche.

Di seguito vengono brevemente ricordate alcune tra le principali cause che contribuiscono all'antropizzazione delle sponde e al loro degrado per l'aumento della vulnerabilità.

- insediamenti abitativi e turistici, stabilimenti balneari: si nota una maggiore urbanizzazione lungo i laghi rispetto a quella dei corsi d'acqua
- opere edilizie connesse agli insediamenti abitativi: fognature, pontili per le imbarcazioni, ormeggi, arenili, spiagge
- abbassamento del livello di prelievo delle acque a causa dell'urbanizzazione delle sponde
- attività di pesca sportiva, condotta sia da sponda che mediante l'utilizzo delle imbarcazioni
- navigazione a motore: produzione di scarichi, onde e rumore causano una notevole erosione spondale
- attività agricole e orticole nelle vicinanze dei laghi: spesso queste attività portano ad una eccessiva concentrazione di nutrienti, che possono generare forti squilibri dando avvio ai processi di eutrofizzazione
- aratura agricola a ridosso delle sponde: procura una erosione spondale notevole
- assenza della vegetazione spondale: spesso la vegetazione originaria viene estirpata per dare spazio a spiagge, giardini o aree attrezzate per fini turistici. Talvolta anche la tipologia di vegetazione utilizzata non è tipicamente consona all'*habitat* preesistente e causa condizioni di degrado
- estrazione della torba che, dove ancora praticata, causa il depauperamento della sponda



Nella tabella vengono evidenziati le principali alterazioni dovute agli impatti antropici

Attività umane	Alterazioni idromorfologiche	Effetti ecologici
Modificazione del livello dell'acqua	Alterazione nella disponibilità stagionale dei litorali Aumento dei sedimenti per la degradazione degli affluenti	Poteniale disallineamento tra la disponibilità di <i>habitat</i> e la storia vitale delle specie
Navigazione	Aumento dell'azione delle onde anche in litorali protetti Risospensione dei sedimenti fini Asportazione delle macrofite sommerse	Aumento della frequenza del disturbo idraulico Degradazione dell' <i>habitat</i> Condizioni favorevoli per l'immigrazione di specie invasive
Stabilizzazione artificiale delle sponde	Perdita di molte strutture naturali nei litorali Aumento dell'azione delle onde per riflessione delle stesse	Perdita di <i>habitat</i> per es. radici delle piante Riduzione della connettività ambienti acquatici-terrestri Aumento della frequenza del disturbo idraulico
Deforestazione del litorale	Perdita di input di foglie (ad es. in autunno) e di residui legnosi grossolani	Perdita di <i>habitat</i> Diminuzione di apporti nutritivi per i trituratori
Attività ricreative (balneazione, pesca sportiva)	Rimozione di macrofite emergenti e sub emergenti Disturbo per il calpestamento	Perdita di <i>habitat</i> Diminuzione di apporti nutritivi per i trituratori Aumento nella frequenza del disturbo idraulico

Valutazioni qualitative

Indice di funzionalità perilacuale (IFP)

Esiste un'ampia bibliografia riguardo le zone riparie fluviali, sulla loro ecologia, rinaturalizzazione e consolidamento, ma ad oggi sono ancora poche le informazioni sulle aree adiacenti un bacino lacuale, ossia le aree perilacuali.

Tuttavia, in questi ultimi anni è cresciuto l'interesse nei confronti della naturalità delle sponde lacuali rispetto alle sponde artificiali. A tale riguardo è stato messo a punto un metodo per la valutazione della fascia perilacuale, detto *Indice di funzionalità perilacuale (IFP)*.

Il metodo prende in considerazione tutte le possibili funzioni della fascia, che sono:

- *filtro*: piogge e ruscellamento sono rallentati dalla vegetazione, che favorisce processi di cattura dei sedimenti e degli inquinanti
- *protezione dall'erosione*: le radici trattengono il suolo e rallentano il processo erosivo
- *rimozione dei nutrienti*: i nutrienti come azoto e fosforo, provenienti dal bacino circostante, possono essere intercettati dagli apparati radicali, metabolizzati e immagazzinati
- *controllo della temperatura*: attraverso l'ombreggiamento dovuto alle chiome, si attenua l'irraggiamento solare sulla costa dove spesso nidifica la fauna
- *habitat*: offre un *habitat* ideale per molte specie, fornendo cibo e rifugio
- *valore antropico*: dal punto di vista estetico e, spesso, anche storico paesaggistico.



L'approccio metodologico utilizzato è dunque affine a quello ormai consolidato per l'indice di funzionalità fluviale (IFF). Anche nel caso dell'IFP si è messo a punto una scheda² di valutazione che tiene conto di molti parametri, generali, ecologici e socio-economici.

²Tutte le informazioni relative a tale metodologia sono disponibili sul sito istituzionale di Ispra.

3 I LAGHI IN PIEMONTE

I laghi prealpini

Nel settore nord orientale del Piemonte si trovano due dei grandi laghi prealpini Italiani: Il lago d'Orta e il lago Maggiore il cui nome latino era Verbanus.

Il lago d'Orta è alimentato da corsi d'acqua secondari tra cui i torrenti Pellino, Pescone, Fiumetta mentre il suo emissario (torrente Nigoglia), a differenza di tutti quelli dei grandi laghi, si dirige a nord immettendosi nel fiume Toce poco prima del suo sbocco nel lago Maggiore.

Quest'ultimo è alimentato principalmente dal fiume Toce, dal Maggia e dal Ticino in territorio svizzero, il suo emissario è il Ticino che ha origine presso l'abitato di Sesto Calende.



Sia il lago d'Orta che il Maggiore, come la maggior parte dei laghi prealpini, presentano una forma allungata con direzione prevalente nord-sud.

Principali Parametri dei laghi

Principali parametri	Lago Maggiore	Lago d'Orta
Superficie - km ²	212	18
Lunghezza - km	60	13
Perimetro - km	170	33
Profondità massima - m	370	143
Quota minima fondo - m s.l.m.	-179	147
Quota - m s.l.m.	290	193

Esarazione:
Erosione prodotta
da un ghiacciaio

Masso erratico:
blocco lapideo isolato
trasportato e messo
in posto dal ghiacciaio

Origine dei laghi prealpini

Sino alla prima metà del '900 si attribuiva la genesi dei laghi prealpini all'**esarazione** glaciale. Ciò era stato dedotto dalle forme del paesaggio che contornano le conche lacustri costituite dai tipici depositi glaciali (morene terminali, **massi erratici**, morfologie arrotondate). L'azione dei ghiacciai non è però così potente da scavare profonde vallate soprattutto nella loro parte terminale dove lo spessore del ghiaccio è ridotto e le pendenze esigue.

Negli ultimi decenni studi geofisici sui fondali dei laghi hanno permesso agli studiosi di avanzare nuove ipotesi sulle origini dei laghi prealpini.

Le depressioni occupate dai grandi laghi risultano infatti molto profonde e caratterizzate da sponde ripide incise in roccia che si congiungono a formare un profilo a V caratteristico delle valli d'erosione fluviale. Il substrato roccioso è la base di appoggio di sedimenti lacustri che hanno uno spessore che varia, a seconda del lago, da 100 a 200 metri. Questa scoperta ha fatto sì che si rivedesse l'ipotesi primaria sull'origine dei laghi unicamente dovuta all'escavazione glaciale per giungere ad una nuova teoria molto più complessa: l'impostazione delle vallate con direzione N-S fu dovuta a cause tettoniche (pieghe, faglie, fratture ecc.) conseguenti al sollevamento dell'area alpina tra 100 e 15 milioni di anni fa e all'azione erosiva delle acque.

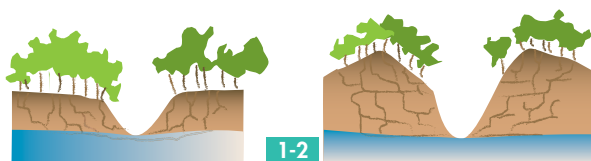
Durante il Messiniano (circa 6 milioni di anni fa) ci fu un abbassamento del livello marino dovuto all'inizio di una glaciazione, contemporaneamente l'area tra la Spagna meridionale e il Marocco, che corrisponde oggi allo Stretto di Gibilterra, subì dei sollevamenti tettonici. La conseguenza fu l'isolamento del mar Mediterraneo che, non ricevendo acqua dall'Atlantico, andò incontro a un disseccamento per evaporazione fino a trasformarsi in una serie di bassi bacini di acqua a salinità molto elevata. Le foci dei fiumi vennero a trovarsi anche a 1.500 m sul livello del mare e incominciarono a incidere veri e propri *canyon* tra cui anche quelli ora occupati dai laghi prealpini. In seguito il mare tornò a occupare tutto il bacino del Mediterraneo spingendosi sino al bordo meridionale della catena alpina insinuandosi nelle valli, sommergendole e depositando sul fondo i sedimenti marini.



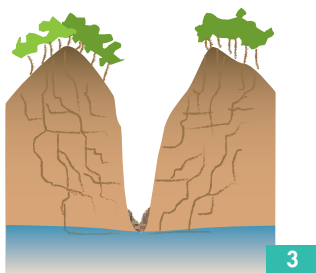
Massima estensione raggiunta dai ghiacciai

Nel corso di tutto il Pleistocene (1,8 milioni-10.000 anni fa) si susseguirono fasi fredde e più miti, l'espansione e il ritiro delle lingue glaciali all'interno dei solchi vallivi già tracciati ne modificarono la morfologia solo nelle porzioni più superficiali.

Il ramo principale del ghiacciaio del Toce scendeva lungo la Val d'Ossola e si univa a quello del Ticino per raggiungere la zona di Sesto Calende. All'altezza di Gravellona la lingua si sdoppiava e, unita a quella che scendeva dalla Valle Strona, giungeva sino a Gozzano. Con il ritiro definitivo dei ghiacciai, circa 13.000 anni fa, e a seguito di movimenti tettonici di assestamento, si crearono le condizioni per la formazione delle conche lacustri così come oggi le vediamo. I laghi dovevano occupare un'area più estesa dell'attuale, non avendo gli emissari ancora scavato in profondità i sedimenti delle morene frontali disposte a semicerchio che li chiudevano a valle (secondo alcuni autori il livello delle acque poteva essere dai 30 ai 50 metri maggiore dell'attuale).

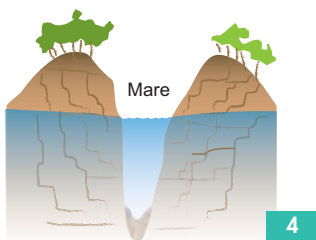


1-2 Metà Miocene – situazione precedente alla scomparsa del Mediterraneo.

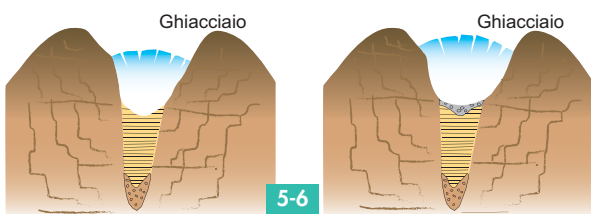


3 Messiniano – Il Mediterraneo rimane isolato dall'Atlantico e si disseca quasi completamente.

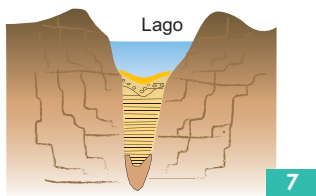
I fiumi iniziano a incidere veri e propri *canyon* per ristabilire una condizione di equilibrio rispetto al livello di base (quota del livello medio del mare o del lago in cui confluisce un corso d'acqua)



4 Inizio Pliocene – Si ristabilisce una connessione con l'Atlantico e il mare si spinge nelle valli depositando sedimenti marini.



5-6 Quaternario – I ghiacciai solcano le antiche valli rimodellandole.



7 Oggi – Le conche lacustri sovrastano le antiche incisioni scavate dai fiumi.

Caratteristiche del bacino del lago Maggiore

Il bacino imbrifero – ossia la porzione di territorio che raccoglie le acque superficiali che defluiscono nel lago Maggiore – è molto ampio (6.599 km²); per circa metà in territorio svizzero, e si sviluppa dalla cima del Monte Rosa (4.633 m s.l.m.) sino a circa 194 m s.l.m. (livello medio). Il rapporto tra l'area del bacino e quella del lago (210 km²) è di 31,43, valore tra i più elevati dei laghi italiani.

Un bacino ampio raccoglie più precipitazioni e ciò, se da un lato implica un migliore ricambio d'acqua con portate dell'emissario maggiori, dall'altro comporta anche un aumento del rischio idrologico con il verificarsi frequente di episodi di piena.

Afflusso meteorico:
quantità media di precipitazione
sull'intero bacino imbrifero

Dal punto di vista idrometeorologico il bacino del lago Maggiore ha un **afflusso meteorico** medio annuo di 1.703 mm, il più elevato dei grandi laghi prealpini, dovuto alla sua posizione geografica direttamente investita dalle perturbazioni calde e umide provenienti dal mediterraneo.

Lago Maggiore: Isola Bella



Le piene del lago Maggiore e del lago d'Orta

I laghi prealpini piemontesi non sono stati risparmiati dagli eventi alluvionali che hanno colpito il Piemonte negli ultimi secoli. Anche se i fenomeni di allagamento si manifestano con l'innalzamento graduale del livello dell'acqua, si sono registrati di frequente danni a interi centri abitati per sommersione.

Il lago risponde alle precipitazioni che avvengono sul bacino imbrifero con un certo periodo di ritardo e svolge una funzione di serbatoio di accumulo. Normalmente, il livello raggiunto dalle acque è regolato da un preciso bilancio idrologico. L'acqua eccedente immessa nel bacino dalle precipitazioni e dagli immissari viene smaltita attraverso il fiume emissario. Durante gli eventi di piena eccezionali la sezione dell'incile non è però sufficiente a smaltire tutta l'acqua in eccesso e il livello del lago cresce in rapporto alla quantità di afflusso.

La piena lacuale più rilevante in assoluto per il Verbano è stata quella del lago Maggiore del 1177 in cui l'acqua del lago si innalzò di 10,80 metri sopra il livello ordinario tanto che Lesa risultò sommersa fino alla sommità delle case. A questa seguì nel XIX secolo quella del 1868. Nella notte tra il 3 e il 4 ottobre l'acqua si elevò di 30 centimetri all'ora fino a raggiungere i 7 metri sopra il livello ordinario. L'altezza della piena verificatasi nel 1868 non fu più raggiunta in seguito. Durante questo evento venne infatti erosa la soglia dell'incile del lago che causò anche una diminuzione generale del livello del bacino lacustre.



Più vicina a noi, la piena del 1993, dovuta al susseguirsi di più eventi alluvionali per una durata complessiva di 45 giorni, ha fatto registrare un incremento del livello del lago sino a quota 197,61 m s.l.m. che non si registrava da oltre un secolo (il lago Maggiore incomincia ad esondare sul lungolago di Pallanza quando l'acqua raggiunge la quota di 195,5 m s.l.m.). Pochi anni dopo, nell'ottobre 2000 il livello del lago superò di circa 30 cm la quota raggiunta nel 1993.

Lungo l'emissario Ticino del lago Maggiore tra il 1938 e il 1943, per fini irrigui e di produzione di energia elettrica, furono costruite le opere di sbarramento per la regolazione del bacino lacustre. Queste sono ubicate sul fiume a circa 3 km da Sesto Calende in corrispondenza di una soglia naturale e sono costituite da numerose paratoie metalliche abbattibili in caso di piena.

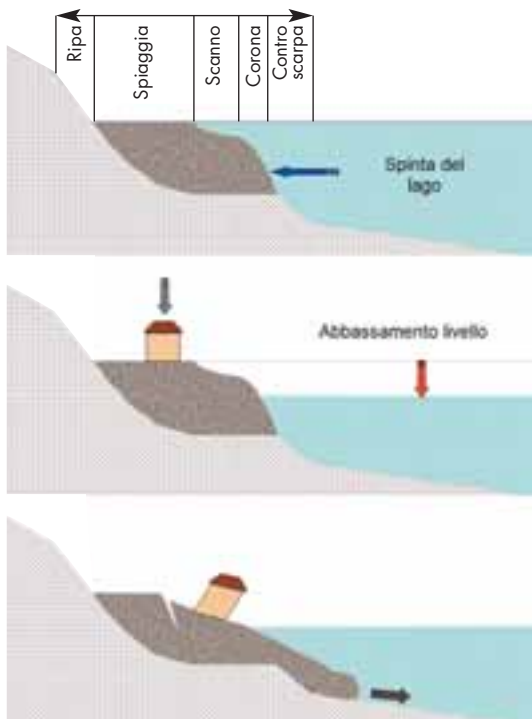


Verbania-Pallanza, piazza Garibaldi durante la piena dell'autunno 1993

Nel XX secolo il livello massimo raggiunto dal lago d'Orta è stato registrato il 1° novembre 1978 con 292,31 metri s.l.m. Durante l'evento del 1993 il lago si è innalzato raggiungendo il livello massimo di 291,11 metri tra il 14 e il 15 ottobre a seguito del passaggio di una sequenza di perturbazioni da metà settembre a metà ottobre.

Avvallamenti di sponda

Dalle informazioni presenti nella Banca Dati Geologica di Arpa Piemonte risulta che si sono verificati, in epoca storica e recente, franamenti che hanno interessato porzioni di riva sia del lago d'Orta che del lago Maggiore, causando talvolta lo sprofondamento di intere abitazioni in acqua.



Le scarpate dei laghi solitamente sono formate da depositi di detriti grossolani o fini di tipo deltizio, queste possono essere sede dell'azione di gravità con il manifestarsi di vere e proprie frane subacquee dette avvallamenti di sponda.

Le cause degli avvallamenti di sponda possono essere varie:

- nei periodi di magra può mancare la controspinta dell'acqua sull'ultima parte della scarpata e il peso dei sedimenti provoca uno scivolamento degli stessi
- ci può essere un appesantimento della scarpata per l'aumento dei depositi detritici o per la costruzione di edifici o strade sulla costa.

Omegna 1873

"Allorquando il comune di Omegna volle frammezzo al suo abitato abbassare l'alveo del Nigoggia, che è l'emissario del Lago d'Orta, appena cominciato l'abbassamento del pelo d'acqua del lago, oltre quello della massima magra, si manifestarono ivi e ad Orta, ed in altri luoghi, screpolature ne' muri delle attigue case e di altri edifizii, per cui si dovette tosto sospendere ogni ulteriore lavoro di abbassamento."

(Istanza e voti della provincia di Novara in ordine al progetto per la deviazione d'acqua dal Ticino Novara, 1873).

Feriole 1867

"Verso le ore 5 del pomeriggio fu avvertito nel lago un movimento subacqueo, che occasionò un subito rialzo del pelo d'acqua di centimetri 60 di contro a Feriole. Alle 6 accadeva una spaventevole catastrofe. Un terzo del villaggio dalla parte di Baveno, case intere, strade dallo scaglio fino all'imbarco, sprofondò tutto ad un tratto nel lago, seco trascinando uomini e bestie. Sei furono le case affondate e diciassette le persone scomparse con le medesime."

"Lago Maggiore 15 marzo 1867."



Pannello posto sul lungolago di Feriolo nella zona del "bocc"

I Laghi alpini

Il Piemonte, in virtù della propria conformazione geomorfologica, è una regione ricca di laghi di alta quota la cui origine è per lo più dovuta all'azione dei ghiacciai che in epoche passate ammantavano l'arco alpino. In ambiente montano esistono anche, ma in numero limitato, i laghi carsici (in particolare sulle Alpi Liguri) e i laghi legati a condizioni di **permafrost**, come i laghi che si formano all'interno dei **rock glaciers**.

Permafrost

lo stato fisico di un territorio o una roccia che si trova in condizioni di temperatura minore di 0 °C per almeno due anni consecutivi.

Rock glacier

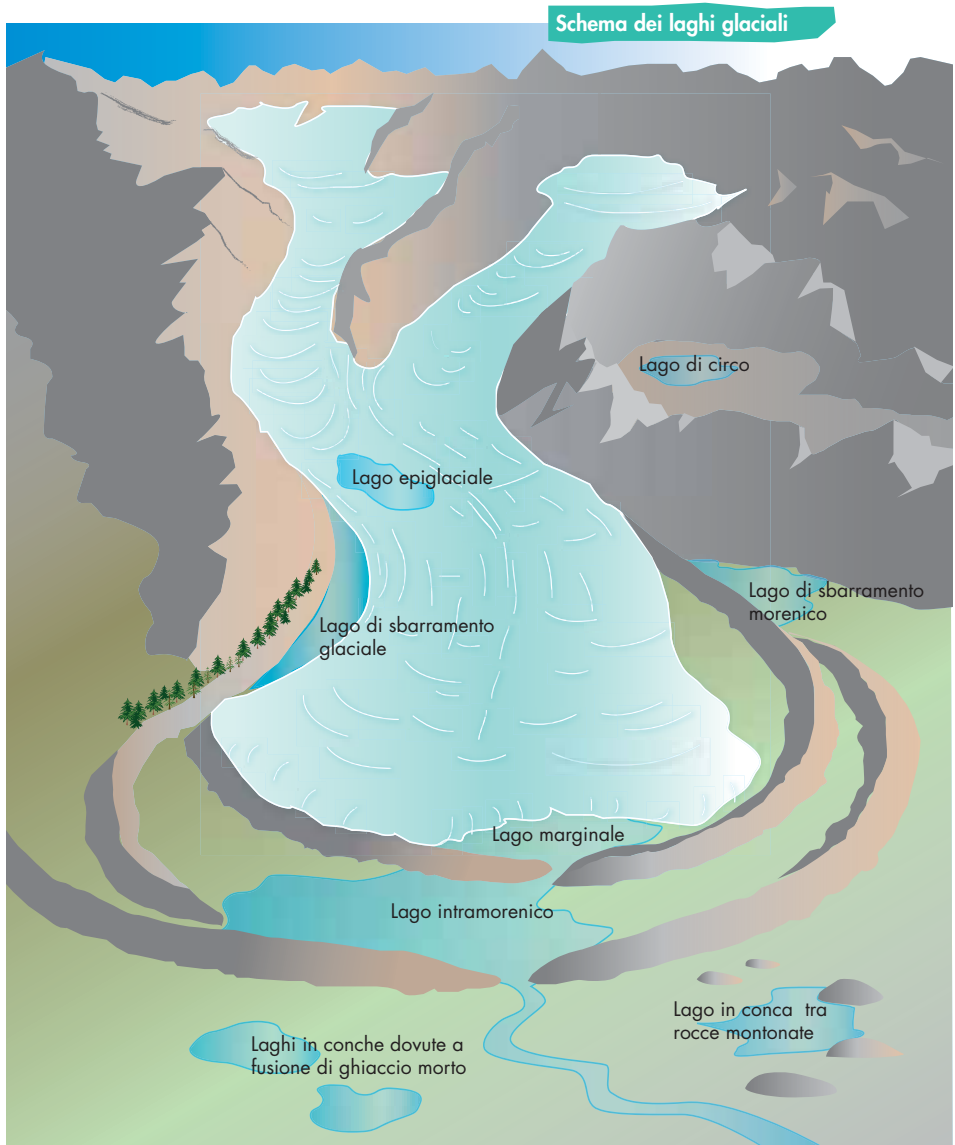
un corpo costituito da blocchi angolari di forma lobata o linguoide, somigliante ad un piccolo ghiacciaio, generalmente presente in alta montagna, con rughe, solchi e talvolta lobi in superficie.



Lago di Schiantalà (valle Stura di Demonte, Alpi Marittime). È visibile il ghiaccio all'interno del detrito del rock glacier

I laghi glaciali si distinguono in:

- *laghi di cavità glaciale*: sono i laghi, solitamente temporanei, che si formano o direttamente sulla lingua glaciale (*laghi centrali*) come il lago effimero di Macugnaga o alla confluenza di due lingue (*laghi di confluenza*) o tra il ghiacciaio e la morena (*laghi laterali*), ad esempio il lago del Miage nei pressi di Courmayeur
- *laghi di conca d'erosione glaciale*: si possono suddividere in *laghi di circo*, quando occupano conche modellate nella roccia in posto dai ghiacciai nella loro parte iniziale, e *laghi vallivi*, occupanti conche presenti lungo l'asse vallivo
- *laghi morenici*: occupano depressioni su corpi morenici, come i 5 laghi della Serra di Ivrea (Sirio, Pistono, Nero, di Campagna, San Michele).



I laghetti di montagna sono destinati spesso ad avere una vita limitata; essendo infatti di dimensioni per lo più esigue, tendono ad interrarsi nell'arco di breve tempo e la loro evoluzione rappresenta uno dei fenomeni geologici più rapidi e osservabili a scala temporale quasi umana. In molti casi, quando in montagna si incontrano aree erbose e pianeggianti ci si trova in prossimità di un vecchio lago ormai completamente colmato di terra e detriti e trasformato in torbiera.

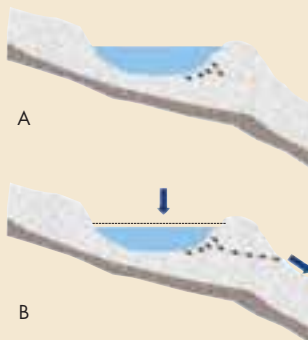
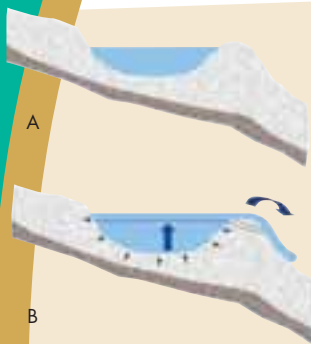
Lago Bianco in Val Vogna: esempio di lago di conca di erosione glaciale



LAGO EPIGLACIALE DI MACUGNAGA

Nell'estate del 2001 sul ghiacciaio del Belvedere, che si estende ai piedi della parete est del monte Rosa, si è formato un lago epiglaciale, alimentato dall'apporto dell'acqua di fusione di ghiaccio e neve. Nell'estate del 2002 il bacino si è ingrandito fino a raggiungere nel giugno del 2002 un'area di 150.000 m² per un volume di circa 3 milioni di m³.

La formazione di un lago all'interno di una massa ghiacciata è un fenomeno potenzialmente pericoloso a causa del possibile rilascio improvviso di acqua e il conseguente innesco di *debris-flow* (colata detritica di acqua, fango e ciottoli di densità variabile). Le cause del rilascio possono essere diverse e ascrivibili a fenomeni d'infiltrazione o ablazione/rottura della soglia in ghiaccio del lago.



Le due figure a sinistra rappresentano la trascinazione di un lago epiglaciale dovuto all'innalzamento del livello dell'acqua per progressiva fusione della massa di ghiaccio. Le due figure a destra raffigurano lo svuotamento di un lago per infiltrazione di acqua nella soglia del lago.

Scaricatore glaciale: torrente che ha origine dallo scioglimento delle acque di un ghiacciaio

Per questo motivo gli organi preposti hanno predisposto un piano di allertamento per l'evacuazione delle aree a rischio basato sul monitoraggio visivo dell'evoluzione del lago e contemporaneamente hanno dato avvio a un piano di drenaggio per mantenere il livello costante. Durante la calda estate del 2003 il lago è tornato a formarsi ma l'evoluzione del ghiacciaio ha portato alla formazione di **scaricatori glaciali** che hanno mantenuto il livello dell'acqua in una situazione di rischio moderato. Negli ultimi anni l'estensione del lago è andata via via diminuendo.



Lago effimero nel 2003



Quel che resta del lago effimero nel 2006



I Laghi artificiali

I laghi artificiali sono invasi creati dall'uomo con il fine di immagazzinare acqua per poi ridistribuirli e utilizzarli secondo un regime diverso da quello naturale. Vari sono gli impieghi di tali serbatoi: utilizzo industriale e potabile, produzione di energia elettrica, fornitura di acqua per l'irrigazione.

In alcuni casi vengono creati invasi artificiali con scopi puramente estetici, come ad esempio i laghetti presenti in alcuni parchi cittadini o per creare *habitat* per determinate specie di animali o per realizzare allevamenti ittici.

Un utilizzo particolare degli invasi artificiali è quello di serbatoio di accumulo della gran quantità d'acqua trasportata durante una piena fluviale con lo scopo di mitigare gli effetti negativi nelle aree a valle. Tale tipo di intervento prende il nome di cassa d'espansione

e ne è un esempio quella realizzata lungo il corso del torrente Belbo sul territorio di Canelli, in provincia di Asti, a seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994. La quantità d'acqua eccedente la portata normale viene trattenuta e poi rilasciata gradualmente.

Canelli (AT): cassa di espansione del torrente Belbo



In Italia errate scelte progettuali di costruzione di una diga hanno dato origine a veri e propri disastri ambientali. Ricordiamo quello del Vajont nel 1963, quello della diga del Gleno che crollò nel 1923 e quello di Molare, in Piemonte, nel 1935.

La Diga di Molare e il disastro del 13 Agosto 1935

La valle Orba è posizionata tra la Liguria e il Piemonte e si sviluppa da sud verso nord all'interno dei territori provinciali di Genova, Savona e Alessandria. Il torrente Orba ha origine dai rilievi costituenti l'estremità orientale delle Alpi Liguri (Monte Reisa 1.183 metri) ed è un affluente di destra orografica del fiume Bormida.

In corrispondenza del settore mediano della valle, nel territorio comunale di Molare, presso la località Ortiglieto, nel 1926 entrò in funzione un grande bacino idroelettrico ottenuto dallo sbarramento del torrente Orba per mezzo di due differenti dighe: la diga Principale di Bric Zerbino e la diga Secondaria di Sella Zerbino. Dopo poco meno di un decennio di funzionamento, il 13 agosto 1935, a seguito di un violento nubifragio, la diga Secondaria di Sella Zerbino collassò insieme ad una cospicua porzione di terreno su cui essa era fondata. Una gigantesca ondata di acqua e fango, stimata tra i 20-25 milioni di metri cubi, si riversò violentemente verso valle, causando pesantissimi danni ai sottostanti centri abitati quali Molare, Ovada, Silvano d'Orba, Capriata d'Orba, Predosa e Castellazzo d'Orba.

Le vittime furono stimate tra le 110 e le 115 unità.

Nel 1938, i presunti responsabili di tale disastro, appartenenti alla società Officine Elettriche Genovesi, proprietaria e realizzatrice dell'invaso, furono scagionati da qualsia-

Ricostruzione del lago di Ortoglieto



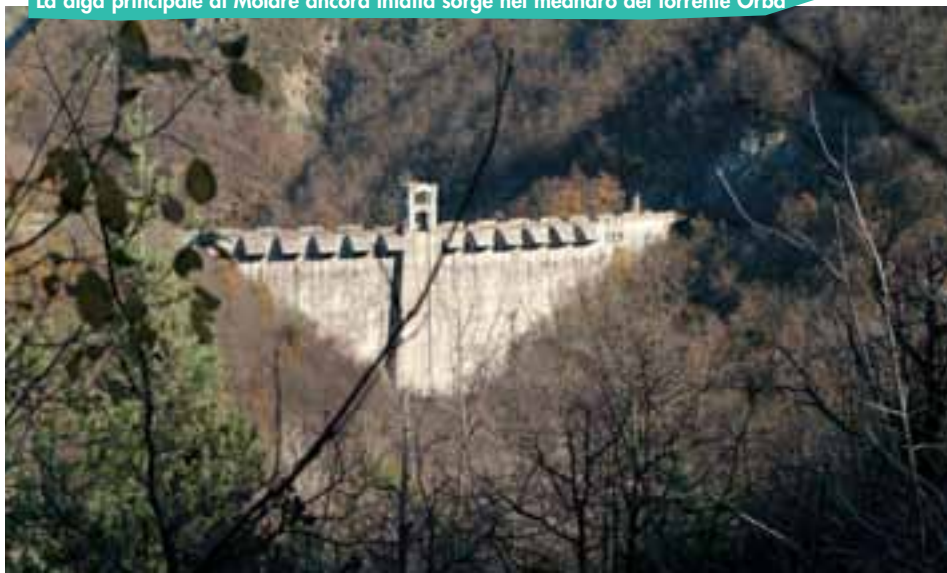
Foto area concessione DPR 29-9-2000, n° 367

si colpa, ma il disastro non fu causato da un imponderabile fattore naturale. Il violento nubifragio nel 1935, infatti, pregiudicò la stabilità della diga Secondaria di Sella Zerbinò fondata su rocce molto fratturate e cataclamate, interessate dalla presenza di un'importante lineamento tettonico (faglia). La progettazione dell'invaso non fu supportata da indagini geologiche e geognostiche che avrebbero messo in evidenza la criticità del sito. Inoltre, gli organi di scarico posizionati sulla diga principale furono dimensionati con un insufficiente grado di sicurezza e in parte si rivelarono inaffidabili.



Prova ne fu che durante l'evento la portata del torrente Orba all'altezza dell'invaso fu stimata tra i 2.000-2.300 m³/sec a fronte di una capacità di smaltimento effettivo dell'impianto di circa 600 m³/sec. Ciò causò il riempimento del lago in poche ore e la successiva tracimazione al di sopra dei due sbarramenti. Alle 13.15, quando il livello del lago era superiore di quasi 3 metri rispetto al coronamento, avvenne il collasso della diga secondaria e il parziale svuotamento del lago.

La diga principale di Molare ancora intatta sorge nel meandro del torrente Orba



L'ondata che si generò percorse la vallata travolgendo ogni cosa che trovava sul suo percorso: un vicino ostello posizionato frontalmente a Sella Zerbino, la Centrale Elettrica (evacuata in tempo), briglie e dighe di compensazione, numerosi ponti stradali e ferroviari e naturalmente intere borgate poste nelle vicinanze dell'asta fluviale. L'ondata raggiunse la cittadina di Ovada in circa 20 minuti, distruggendo totalmente il popoloso quartiere denominato "Borgo di Ovada" posto in sinistra orografica e a pochi metri dell'alveo del torrente. Complessivamente le vittime del Borgo di Ovada furono circa sessanta. L'ondata terminò la sua corsa più a valle, alla confluenza con il fiume Bormida, causando ovunque morte e distruzione.

Tutt'oggi, nel cuore della valle Orba, presso Bric Zerbino, è ancora presente la diga principale (tradizionalmente denominata "Diga di Molare"). Il torrente Orba però non scorre più nel vecchio alveo essendosi aperto un nuovo varco nella tenera roccia ove prima era posizionata la diga secondaria. La Diga di Molare, situata all'interno di un'area umida di grande interesse naturalistico e circondata da boscosi e ripidi versanti, è ora raggiungibile per mezzo di alcuni sentieri non segnalati. In quest'ultimi anni, sono state avviate le procedure per la demanializzazione della Diga di Molare che da struttura privata è divenuta bene pubblico. Questo fatto potrebbe risultare di grande importanza al fine di consentire la realizzazione di sentieri guidati o percorsi storico-naturalistici di fondamentale importanza al fine di mantenere vivo il ricordo di uno dei più grandi disastri idraulici della storia europea.

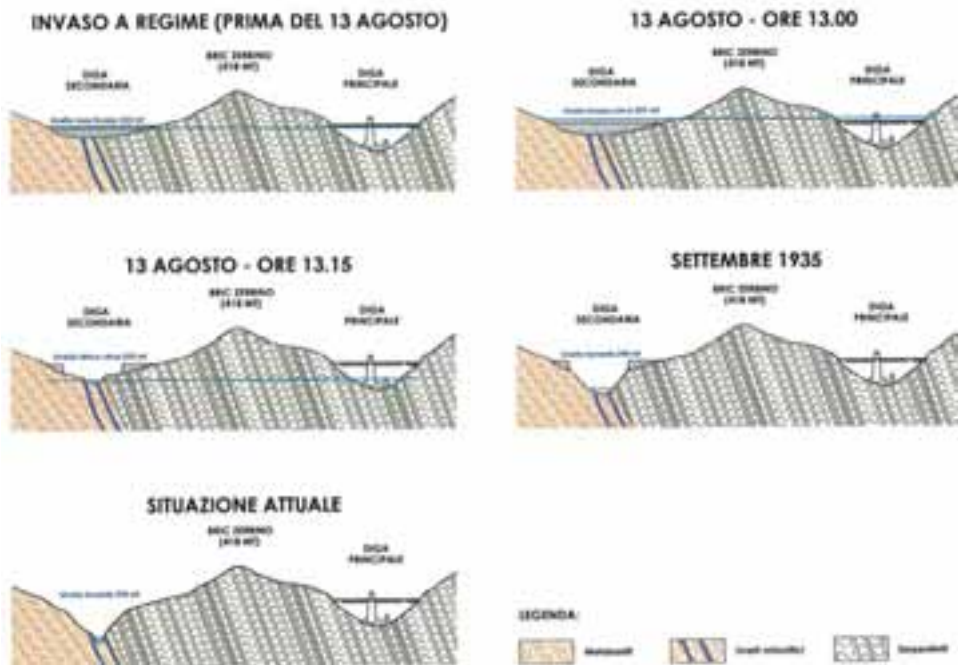
Per informazioni più dettagliate consultare il sito www.molare.net



Vista da monte dello squarcio provocato dalla rottura della diga Secondaria presso Sella Zerbino.

La linea rossa indica la posizione dell'opera antecedente il disastro, a destra è ancora visibile un moncone della stessa

In "13 agosto 1935 il giorno della diga" Accademia Urbense - Ovada



Sezioni geologiche di Bric Zerbino (Capponi et Al., 1980 - modificata) con evoluzione morfologica di Sella Zerbino

Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico, l'area di Bric Zerbino è connotata dalla presenza dei complessi metamorfici riferibili al Gruppo di Voltri. Esso è costituito da rocce che originariamente costituivano porzioni di crosta oceanica e relativa copertura sedimentaria appartenenti all'oceano ligure-piemontese del Giurassico. In seguito all'orogenesi alpina, queste rocce furono metamorfosate, deformate e accavallate sul margine del paleocontinente europeo. Si tratta di rocce rappresentate da serpentiniti, serpentinoscisti, metabasiti



Miloniti intensamente fogliettate

e metagabbri interessate dalla presenza di numerosi sistemi di fratturazione che influenzano la morfologia dei versanti e in particolare l'andamento del reticolo idrografico. Nel 1925, la rivista "L'Energia Elettrica" enfatizzò la maestosità dell'impianto di Ortiglieto e asserì che *"Il carattere fisico più saliente delle rocce del Gruppo di Voltri e specialmente di quelle che costituiscono la vallata dell'Orba è l'assenza di fratture profonde, con i piani di contatto delle interstratificazioni con la roccia incassante generalmente saldati o cementati, per cui nessuna cavità considerevole sembra esistere nelle profondità dei monti"*.

La situazione geologica reale è ben differente. In corrispondenza dell'attuale squarcio di Sella Zerbino, è visibile il contatto tettonico tra le serpentiniti, costituenti l'ossatura del Bric Zerbino (attuale destra orografica), e i meta-gabbri, posizionati sulla sinistra orografica. Tali termini contengono, in prossimità del contatto con le serpentiniti e all'interno dell'alveo attivo attuale, livelli milonitici costituiti da cloritoidi che si presentano intensamente fogliettati e, se bagnati, risultano a comportamento decisamente saponoso. Tutta l'area in corrispondenza di Sella Zerbino è infatti caratterizzata dalla presenza di un sistema di faglie ad andamento nord-sud.

Tale situazione geologico-strutturale non fu appurata in fase di progettazione e la diga secondaria fu realizzata in modo sbrigativo e fondata su rocce molto fratturate. Durante gli anni di esercizio i tecnici delle Officine Elettriche Genovesi notarono numerose e continue perdite di acqua proprio in corrispondenza di Sella Zerbino, al di sotto del piano di fondazione della diga secondaria, tentarono vanamente di porvi rimedio con iniezioni di malta cementizia. Il 13 agosto 1935, l'opera di sbarramento e una cospicua porzione rocciosa della sella collassarono sotto la spinta di oltre venti milioni di metri cubi di acqua e fango. Il disastro di Molare rappresenta un tragico esempio dei rischi che si corrono nel trascurare le caratteristiche geologiche e più in generale ambientali di un'area oggetto di un grande intervento ingegneristico.



Qualità dei laghi

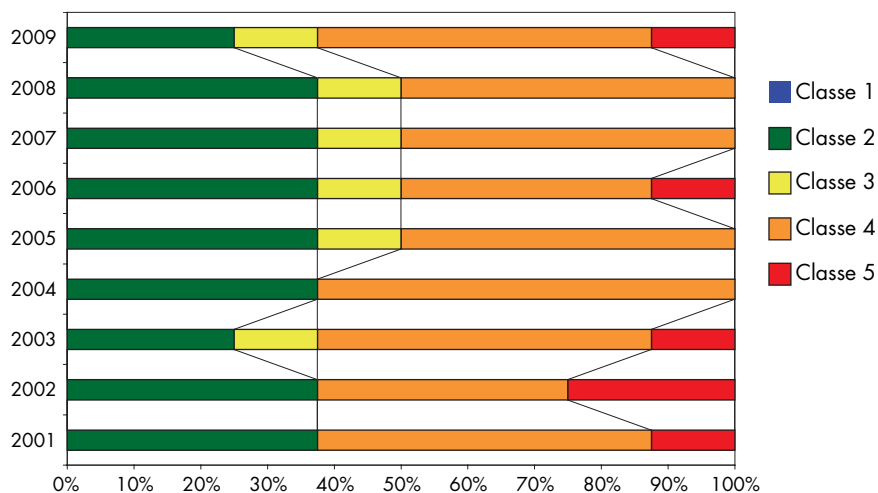
Il Piemonte, per la sua natura orografica e idrologica, è una regione estremamente ricca di laghi che risentono fortemente della pressione esercitata dalle attività antropiche (sono presenti ancora acque di scarico non sottoposte, del tutto o solo parzialmente, a trattamenti di depurazione) e possono presentare problemi di eutrofizzazione per eccesso di sostanze nutritive.

I laghi sono una componente naturale e del paesaggio di eccezionale valore, ne consegue che ogni causa che li deteriori nella trasparenza o procuri effetti sgradevoli (cattivi odori, invasione di alghe, ecc.) finisce per compromettere la qualità della vita del



l'ecosistema, dell'uomo e il richiamo di turisti. Il risanamento e la protezione delle acque lacustri deve quindi essere il primo obiettivo da perseguire.

La rete di monitoraggio regionale dei laghi viene gestita da Arpa per conto della Direzione Ambiente della Regione Piemonte e prevede il prelievo nelle stazioni designate 6 volte all'anno. L'indice di qualità previsto dalla legge è lo Stato Ecologico dei Laghi (SEL).



Stato Ecologico dei Laghi (SEL) - anni 2001-2009



Classificazione dello Stato Ambientale dei Laghi - anno 2008

Stato Ecologico	Stato Ambientale
Classe 1	Ottimo
Classe 2	Buono
Classe 3	Sufficiente
Classe 4	Scadente
Classe 5	Pessimo

Fonte: Arpa Piemonte, Regione Piemonte

Acque destinate alla balneazione

I laghi costituiscono ambienti ad alto valore ecologico, paesaggistico, sociale ed economico. Sono elementi rilevanti del paesaggio e del ciclo idrogeologico, formano importanti riserve d'acqua e permettono l'esercizio di numerose attività, sia ricreative sia economiche (balneazione, pesca, turismo e sport).

I laghi inseriti nella Rete di Monitoraggio Regionale sono sottoposti annualmente ad indagini e campionamenti al fine di valutare l'idoneità delle loro acque alla balneazione, secondo quanto previsto dalla legge. I controlli hanno frequenza quindicinale durante il periodo di campionamento, che inizia ad aprile e termina a settembre.

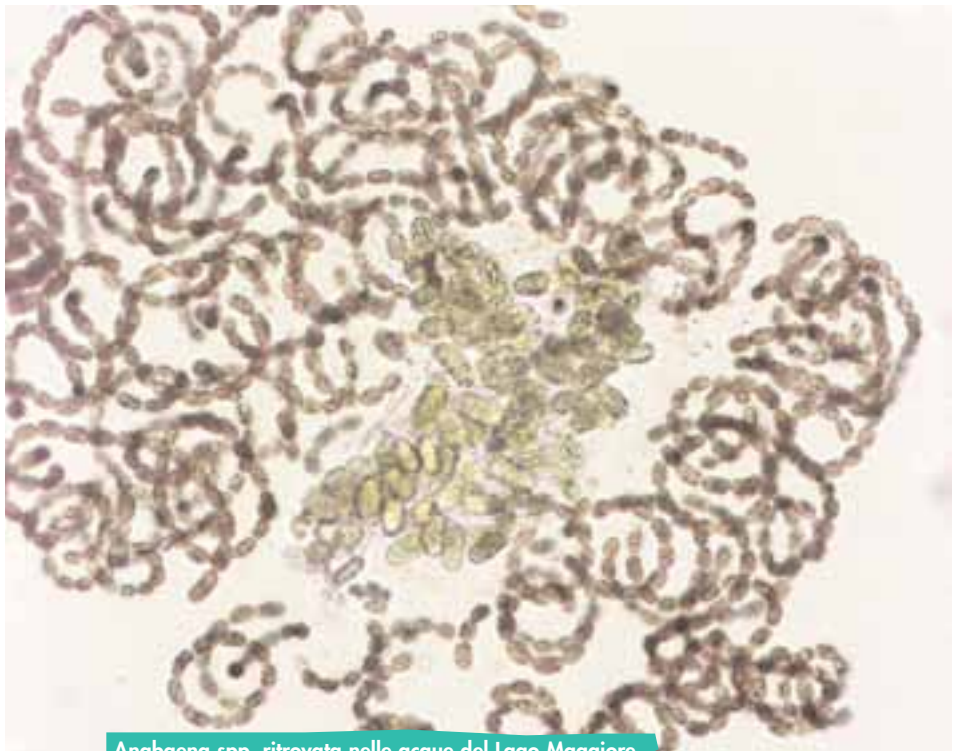


Fonte: Arpa Piemonte, Regione Piemonte

Fioriture algali

Nel lago Maggiore, per i periodi balneari dal 2005 al 2009, si è assistito alla fioritura di alghe nelle acque. In particolare del Cianobatterio *Anabaena lemmermannii*, percepibile a livello visivo per la presenza di strie giallo verdastre negli strati superficiali dell'acqua.

I Cianobatteri rappresentano una componente normale del popolamento d'acqua dolce ma, in particolari condizioni ambientali, il loro numero può diventare eccessivo rispetto alla densità degli altri gruppi algali. Tutti i campioni sono risultati atossici.



Anabaena spp. ritrovata nelle acque del Lago Maggiore

Anche il lago Sirio, caratterizzato da condizioni di trofia superiore a quella naturale, ha evidenziato sviluppo anomalo di fitoplancton, con presenza di vere e proprie fioriture cianobatteriche.

4 UTILIZZO E PROTEZIONE DEI LAGHI

Laghi e turismo

I laghi piemontesi costituiscono una delle principali attrattive turistiche della regione, dai laghi di Avigliana a quelli della zona di Ivrea o ai più piccoli laghetti alpini, fino ai grandi laghi del Verbano Cusio Ossola. Questi ultimi sono talmente importanti sotto il profilo turistico, che l'Agenzia di Accoglienza e Promozione Turistica Locale del VCO è denominata "Distretto Turistico dei Laghi". In effetti quest'area è da sempre meta di numerosi viaggi e pellegrinaggi culturali e religiosi, favoriti dalla mitezza del clima, per gli affascinanti paesaggi e le bellezze naturali limitrofe (come Monte Rosa, cascata del Toce, per citarne solo alcune), per la presenza di aree protette (Parco Nazionale della Val Grande, Riserve Naturali e Parchi Regionali del lago Maggiore, del Veglia Devero, Sacri Monti di Domodossola Griffa e Orta) e per il ricco patrimonio storico e artistico (ville storiche sul lago Maggiore, Santuario della Madonna del Sasso sul lago d'Orta, aree di interesse archeologico).





Secondo i dati dell'Osservatorio Turistico Regionale, dall'analisi dell'offerta alberghiera ed extra-alberghiera si evidenzia una concentrazione di strutture nei comuni delle zone di balneazione con prevalenza di esercizi di tipo extralberghiero, tra i quali i campeggi che mettono a disposizione un elevato numero di posti letto. Sono circa due milioni e mezzo le presenze turistiche nella sola stagione estiva nelle strutture delle località lacuali, parte consistente delle presenze complessive (oltre undici milioni) di tutto il Piemonte. Molti frequentatori provengono dall'estero e mediamente rimangono per periodi più lunghi del tempo di permanenza medio in Piemonte, che supera di poco i tre giorni.

Utilizzo acque - invasi

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA¹) prevede la protezione e il miglioramento delle caratteristiche quali-quantitative ed ecologico-naturalistiche di acque superficiali correnti (fiumi, torrenti, reticolo idrografico minore, canali irrigui), stagnanti (laghi, invasi, serbatoi) e sotterranee (falda superficiale e profonda) attraverso azioni mirate sulle fonti di impatto antropiche che vi insistono (prelievi, regimazioni, scarichi, immissioni diffuse). Le caratteristiche orografiche e idrogeologiche del territorio piemontese determinano la presenza di un elevato numero di laghi, eterogenei tra loro per estensione, volume e origine (da quella totalmente naturale a quella artificiale), che risentono fortemente della pressione esercitata dalle attività antropiche. Gli specchi d'acqua complessivamente individuabili sono, fra naturali e artificiali, poco meno di 6.000, il 95% dei quali ha però dimensioni non certo significative. I laghi piemontesi con superficie almeno pari a 10.000 m² comprendono, oltre ai laghi principali, molti piccoli laghi montani.

Molti i bacini artificiali sono stati prodotti dall'attività estrattiva di inerti al di sotto del livello medio della falda freatica, prevalentemente in aree di pianura golenali o comunque periferuali. Questi "laghi di cava", sinora considerati puramente falda scoperta, attraverso i progetti di sistemazione ambientale nell'ambito del Piano d'Area denominato "Sistema regionale delle Aree protette della fascia fluviale del Po", potrebbero vedere riconosciuta una destinazione naturalistica, integrata con uno sfruttamento compatibile della loro acqua.

A questi in un futuro prossimo potrebbero aggiungersi altri invasi artificiali attraverso la realizzazione di nuovi sbarramenti, ai fini dello sfruttamento irriguo e dell'utilizzo potabile. In Piemonte, infatti, tendono a manifestarsi - in periodi particolarmente siccitosi - carenze nell'approvvigionamento idrico, non tanto per impoverimento quantitativo di risorsa idrica, quanto per il depauperamento qualitativo delle risorse di pianura, causato dall'inquinamento e dall'urbanizzazione, che rende necessario lo sfruttamento dell'acqua d'alta quota, di migliore qualità, ma quantitativamente dipendente dagli andamenti climatici e non uniformemente distribuita sul territorio piemontese.

Derivazione sul lago dei Cavalli Antrona Schieranco



¹Il PTA, predisposto dalla Regione Piemonte in un'ottica di prevenzione dall'inquinamento e di salvaguardia della risorsa idrica, è stato approvato il 13 marzo 2007.

I quantitativi maggiori d'acqua teoricamente disponibile si trovano nelle province di Torino e del Verbano-Cusio-Ossola, mentre, per Cuneo e ancor più per Alessandria e per Asti la disponibilità d'acqua appare limitata soprattutto in proporzione al territorio. Per quanto riguarda le province di Vercelli e di Novara, la fitta rete di canali artificiali, variamente alimentati utilizzata per la sommersione periodica di vaste aree, è talmente complessa da rendere difficile una valutazione della disponibilità di acqua. Tuttavia, la maggior parte degli invasi è utilizzato a fini energetici e solo il 13%, rappresentati quasi esclusivamente dagli invasi nel biellese-vercellese e dai cosiddetti "Laghi del Gorzente", nell'Alessandrino, ha un utilizzo misto idroelettrico e idropotabile oppure plurimo (idroelettrico, industriale, idropotabile, irriguo).

Le captazioni di acqua dai laghi naturali sono invece limitate, per non comprometterne ulteriormente un equilibrio ecologico che è spesso precario, salvo alcune eccezioni, come nel caso del lago Maggiore (uso idroelettrico associata a funzione di regolazione idraulica), del lago della Rovina (regolazione e uso idroelettrico), del lago d'Orta (uso industriale) e dei laghi di Avigliana (uso irriguo).

190 laghi/invasi presenti in Piemonte



15 invasi significativi individuati

Sulla base della nuova normativa europea WFD, che istituisce a livello europeo un quadro di riferimento normativo per una efficace gestione e tutela delle risorse idriche, sono stati individuati 10 invasi considerati significativi in base al volume e alla superficie a cui sono stati aggiunti quelli con prese ad uso idropotabile anche se sottosoglia dimensionale (5).

INVASI ARTIFICIALI E LORO UTILIZZO

In base ad una prima stima fornita dalla Regione Piemonte (Direzione Opere Pubbliche), è possibile riportare il numero e la suddivisione per destinazione d'uso degli invasi artificiali piemontesi.

Occorre evidenziare che spesso la mancanza di designazione può penalizzare il numero di invasi per uso irriguo e per produzione di energia.

Destinazione d'uso	numero
Irriguo	574
Produzione di energia	123
Potabile	13
Innevamento	11
Casse di laminazione	11
Pesca	10
Turistico	6
Altri usi	50

Fonte: Regione Piemonte, Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Settore Dighe.

Progetti per i laghi

Diversi progetti sono stati attivati per la valorizzazione e la fruizione dei laghi; di seguito, a titolo di esempio, se ne riportano due per il loro carattere innovativo.

Progetto Alplakes: progetto europeo che riunisce *partner* provenienti da diverse nazioni (Francia, Italia, Slovenia e Austria) allo scopo di creare, attraverso un approccio multisettoriale (ambiente, ecoturismo, gestione lacustre), una rete di autorità locali coinvolte nella gestione dei laghi alpini e nello sviluppo sostenibile del territorio circostante.



Barca solare sul Lago Grande di Avigliana

Progetto Valutazione del patrimonio delle sponde e promozione dell'ecoturismo: ha l'obiettivo di migliorare le condizioni ecologiche dei laghi alpini per innalzare la qualità del paesaggio e la consapevolezza ambientale della comunità locale anche attraverso la promozione di buone pratiche di ecoturismo.



L'ingegneria naturalistica negli interventi di protezione e rinaturalizzazione spondale dei laghi

Gli interventi di ingegneria naturalistica sono frequentemente utilizzati su fiumi e torrenti e possono essere suddivisi in interventi di **regimazione** e interventi di **sistemazione**. I primi tendono a modificare il regime delle portate del corso d'acqua, i secondi tendono invece a modificare e/o a consolidare l'alveo per il raggiungimento di uno assetto stabile. Gli interventi in ambito lacustre riguardano in genere la sistemazione, in quanto lo scopo principale è quello di ridurre la capacità erosiva sia del moto ondoso sia delle acque meteoriche e il loro ruscellamento sulle sponde lacustri.

In poco tempo dalla loro realizzazione, le opere di ingegneria naturalistica determinano la rinaturalizzazione delle sponde mediante erbe palustri, canneti e saliceti, con la formazione di *habitat* idonei per la fauna lacustre, in particolare per l'avifauna sia stanziale che migratoria. Con la realizzazione di una palificata viva spondale, di una copertura diffusa di salici o di un rullo spondale di canne e zolle erbose si ottiene non solo il consolidamento del piede della sponda o la sua stabilizzazione antierosiva, ma, in breve tempo, la realizzazione di un cespuglieto igrofilo di salici, di un canneto lacustre quali nicchie ecologiche per gli animali terrestri e acquatici.

Esempi di realizzazioni di opere di ingegneria naturalistica in ambito lacustre

Interventi anti erosione

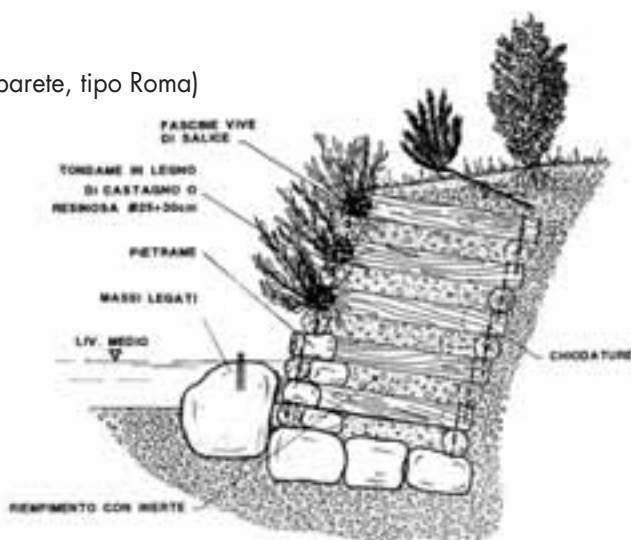
- inerbimenti

Interventi stabilizzanti

- viminata viva spondale
- fascinata viva spondale
- copertura diffusa
- ribalta
- grata viva

Interventi di consolidamento

- palificata (semplice, doppia parete, tipo Roma)
- pennelli e repellenti
- rullo spondale
- terre rinforzate
- gabbionate/materassi
- scogliere con massi vincolati
- scogliere con massi ciclopici

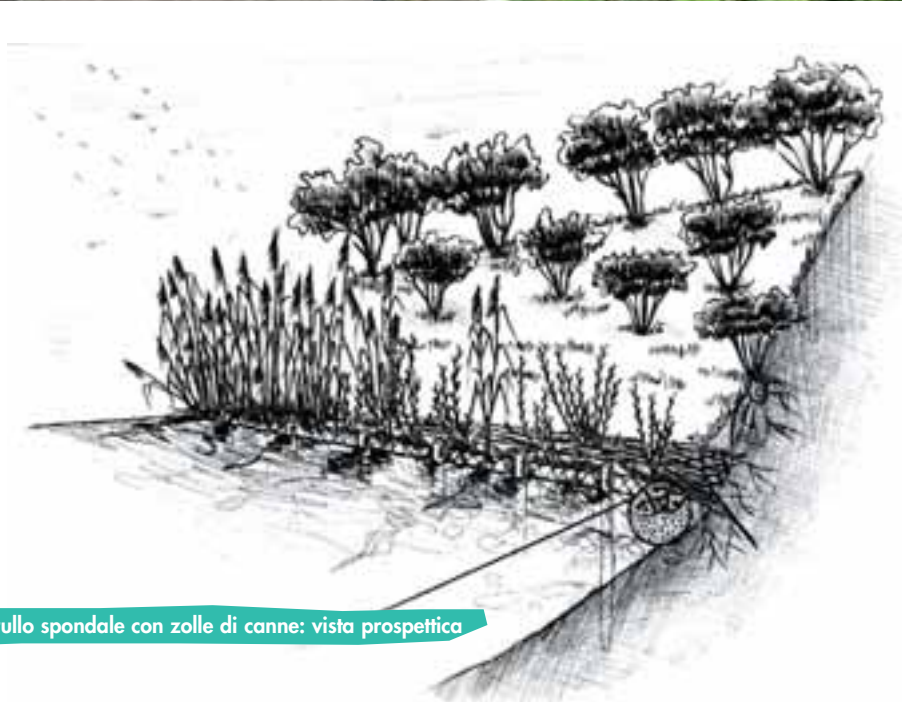


Schema di palificata viva spondale (doppia parete)



Lago di Avigliana

Palificata a doppia parete



Schema di rullo spondale con zolle di canne: vista prospettica



Cava di Livorno Ferraris - rullo spondale



Dopo 8 mesi

Foto: Archivio dell'ALPIN Piemonte e Valle d'Aosta.
Le schede tecniche sono state fornite dall'ALPIN nazionale.



Normativa

La normativa riferita ai laghi negli ultimi anni è stata oggetto di revisione e di approfondimento. Si riporta una breve sintesi ai diversi livelli territoriali.

Europa: la Direttiva 2000/60/CE (WFD) e 2008/105/CE rappresentano i testi di riferimento europeo in termini di tutela delle risorse idriche e hanno come obiettivo il mantenimento e il miglioramento dell'ambiente acquatico all'interno della Comunità Europea sotto il profilo qualitativo e quantitativo. Le Direttive, per la valutazione dello stato delle acque superficiali, considerano l'ecosistema nel suo insieme e attribuiscono importanza prioritaria agli elementi di qualità biologica, che devono essere indagati ai diversi livelli della catena trofica (dalla microflora acquatica alla fauna ittica).

Italia: il DLgs 152/06, recepimento italiano delle direttive europee, con i successivi decreti nazionali ha rivisto l'intero sistema di monitoraggio e di valutazione dello stato ecologico delle acque, per adeguarlo alle procedure europee.



Il decreto individua strumenti e azioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità:

- governo della risorsa a scala di bacino - Piano di Gestione redatto per ciascun distretto idrografico
- attenzione non più al solo elemento acqua ma all'ecosistema
- raggiungimento di uno stato di qualità "Buono" per tutte le acque entro il 2015.

Regione Piemonte: il Piano di Tutela delle acque (PTA), approvato il 13 marzo 2007 con DGR n° 117-10731, persegue l'obiettivo di protezione e valorizzazione del sistema idrico piemontese nell'ambito del bacino di rilievo nazionale del Fiume Po e nell'ottica dello sviluppo sostenibile. Gli obiettivi del PTA sono:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati, migliorare lo stato delle acque e individuare adeguate protezioni per quelle destinate a particolari usi
- perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici e la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Amministrazione Locale: le amministrazioni mettono in pratica azioni e interventi per la protezione delle acque o che hanno su queste una ricaduta positiva:

- creazione di aree protette
- incentivazione di politiche agricole ed energetiche sostenibili
- regolamentazione dei prelievi delle acque.

Laghi e paesaggio

All'interno del Piano Paesaggistico Regionale, nell'ambito delle Componenti ambientali, una particolare attenzione viene rivolta ai laghi e i territori contermini. Infatti il paesaggio lacustre, per la sua peculiarità e contemporanea presenza di elementi naturali e storico architettonici, rientra pienamente nelle aree tutelate dal Piano.

Il paesaggio è definito dal *"Codice dei beni culturali e del paesaggio"* come una parte omogenea di territorio le cui peculiarità derivano dalla natura, dalla storia umana e dalle interrelazioni tra di essi. Il paesaggio rappresenta un fattore per il benessere individuale e sociale, definisce l'identità regionale e rappresenta una risorsa strategica che può diventare uno dei fondamenti su cui basare lo sviluppo economico. Questi concetti sono evidenziati nella *"Convenzione Europea del Paesaggio"* (Firenze, ottobre 2000) e recepiti nel 2006 dallo Stato Italiano, evidenziando che l'attenzione deve estendersi al paesaggio dell'intero territorio e non solo più alle zone di eccellenza.



Lago Bianco in Val Vogna

La *gestione* del paesaggio deve essere in grado quindi di orientare e armonizzare le trasformazioni determinate dalle esigenze della società, garantendo la conservazione dei caratteri che lo hanno connotato. La tutela e la salvaguardia del paesaggio in Regione Piemonte sono state già in parte disciplinate nel *Piano Territoriale Regionale* (PTR, 1997) con particolare considerazione dei valori paesistici e ambientali. I nuovi principi contenuti nel Codice e nella Convenzione hanno indotto la Regione ad avviare la formazione del primo *Piano Paesaggistico Regionale* (PPR). Seguendo l'impostazione normativa fornita dal Codice dei beni culturali e del paesaggio, si è suddiviso il patrimonio piemontese all'interno di alcune categorie:

- beni paesaggistici immobili e aree di interesse pubblico
- ambiti: il piano regionale articola il territorio in 76 ambiti, definiti in base alla geomorfologia, agli ecosistemi naturali e agli insediamenti abitativi. Successivamente gli ambiti sono stati articolati in 535 Unità di paesaggio
- componenti: si è fatto riferimento a quattro aspetti principali, quali: ambientale, storico-culturale, scenico-percettivo, urbanistico-insediativo
- rete ecologica, storico culturale fruitiva.

Previsione e allertamento delle piene del lago Maggiore

Nel bacino idrografico che comprende il lago Maggiore risulta particolarmente interessante il ruolo delle dighe per il controllo delle piene. In particolare nella provincia di Verbania si contano in totale diciannove invasi, con capacità complessiva superiore a 155 milioni di metri cubi, a cui vanno aggiunti quelli in territorio Svizzero, sia del Canton Ticino che del Canton Vallese.

Arpa Piemonte gestisce il sistema operativo di previsione delle piene con cui emette le allerte per la Protezione Civile; questo sistema gestisce in automatico il flusso delle informazioni, organizza e controlla i dati di monitoraggio utilizzati in ingresso al modello (pioggia, temperatura, livello del lago e dei corsi d'acqua) e prepara la pubblicazione su internet dei risultati delle simulazioni.

Per la registrazione dei dati di livello sul lago Maggiore, si fa riferimento all'idrometro di Pallanza (Verbania) e, per conoscere la portata uscente dal lago, occorre trasformare il livello in portata, mediante l'uso di relazioni matematiche definite "scale di deflusso" che tengano conto della regola operativa della traversa della Miorina. La traversa mobile della Miorina, larga 200 metri, è costituita da 120 portine metalliche che, manovrate opportunamente, permettono di regolare le portate defluenti dal lago Maggiore. Compatibilmente con i volumi accumulati nel lago, in primavera ed estate si erogano portate maggiori, utilizzate soprattutto per uso irriguo, mentre in autunno e inverno se ne rilasciano solo per uso industriale.

Pertanto, per trasformare i livelli in portata si usa una scala di deflusso "estiva" applicabile dal 1° marzo al 31 ottobre e una "invernale" valida dal 1° novembre al 28 febbraio.

Ai fini dell'allertamento, i livelli e le portate previste nel lago vengono confrontati con dei "valori di guardia" a cui si fa corrispondere la criticità moderata (codice 2=195 m s.l.m.) e la criticità elevata (codice 3=196 m s.l.m.).

Questi due "valori di guardia" sono stati fissati dopo aver fatto un'analisi dei valori dei colmi storici, ossia tutti quelli registrati sin dal 1952: si è notato che tutte le volte che il lago è esondato in Piazza Garibaldi a Pallanza (VB) il livello era superiore a 195 m s.l.m., mentre quando si sono registrate inondazioni nei comuni che si affacciano sul lago sia nella provincia di Verbania che di Novara, il livello era superiore a 196 m s.l.m.

