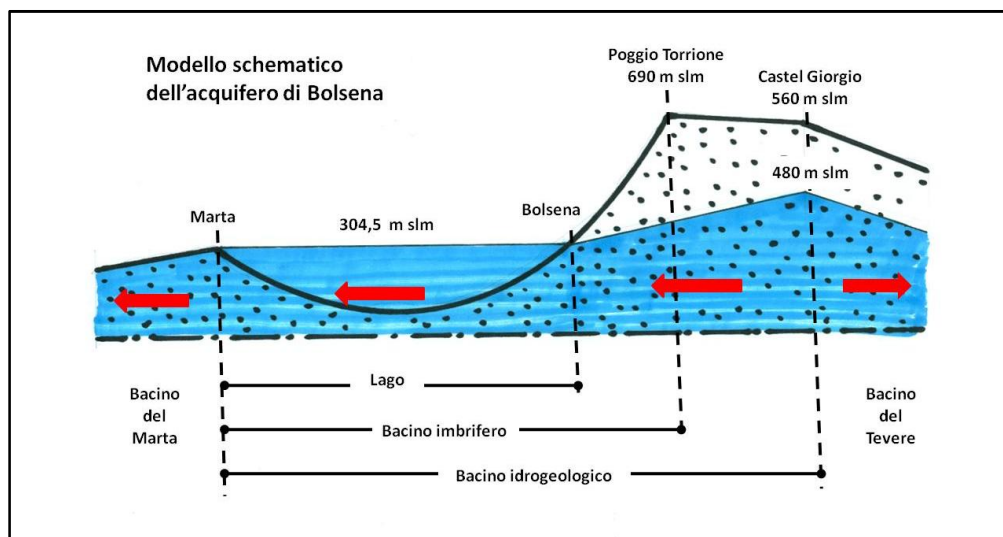




Le dispense delle prime classi hanno trattato gli aspetti geologici

Da memorizzare: (1) le nozioni di bacino idrogeologico, di bacino imbrifero e di superficie lacustre; (2) che il lago è la parte affiorante di un grande acquifero sottterraneo delimitato dal bacino idrogeologico nel quale l'acquifero defluisce da nord verso sud, ossia verso l'emissario Marta; (3) che il terreno emerso del bacino idrogeologico è costituito da rocce vulcaniche porose e permeabili attraverso le quali l'acqua piovana percola e raggiunge la falda sottterranea trascinando con sé eventuali sostanze solubili che si trovano in superficie; (4) che la portata dell'emissario è irrilevante e non porta via dal lago le sostanze inquinanti che vi si trovano in soluzione. A integrazione si aggiunge una sezione del bacino idrogeologico.



Le dispense delle seconde classi hanno trattato gli aspetti biologici

Da memorizzare: (1) la distinzione fra gli organismi vegetali produttori e gli organismi animali consumatori; (2) che il fitoplancton è una immensa prateria che si estende su tutto il lago per uno spessore di alcuni metri, fin dove arriva la luce solare; (3) che l'aumento dei vegetali, in particolare del fitoplancton, comporta un aumento degli animali che se ne cibano, secondo la catena alimentare.

Le dispense delle terze classi hanno trattato i parametri fisici e chimici

Da memorizzare: (1) l'aumento della concentrazione di fosforo determina il declassamento del lago; (2) i vegetali e gli animali, come tutti gli esseri viventi, muoiono e le loro spoglie cadono sui fondali del lago dove si decompongono; (3) la decomposizione consuma ossigeno. Se l'ossigeno è in quantità sufficiente la decomposizione avviene in modo aerobico, se l'ossigeno si esaurisce la decomposizione continua in modo anaerobico, ossia per putrefazione; (4) un aumento della concentrazione di fosforo causa l'aumento del fitoplancton e degli animali che se ne cibano: aumenta quindi la biomassa di spoglie

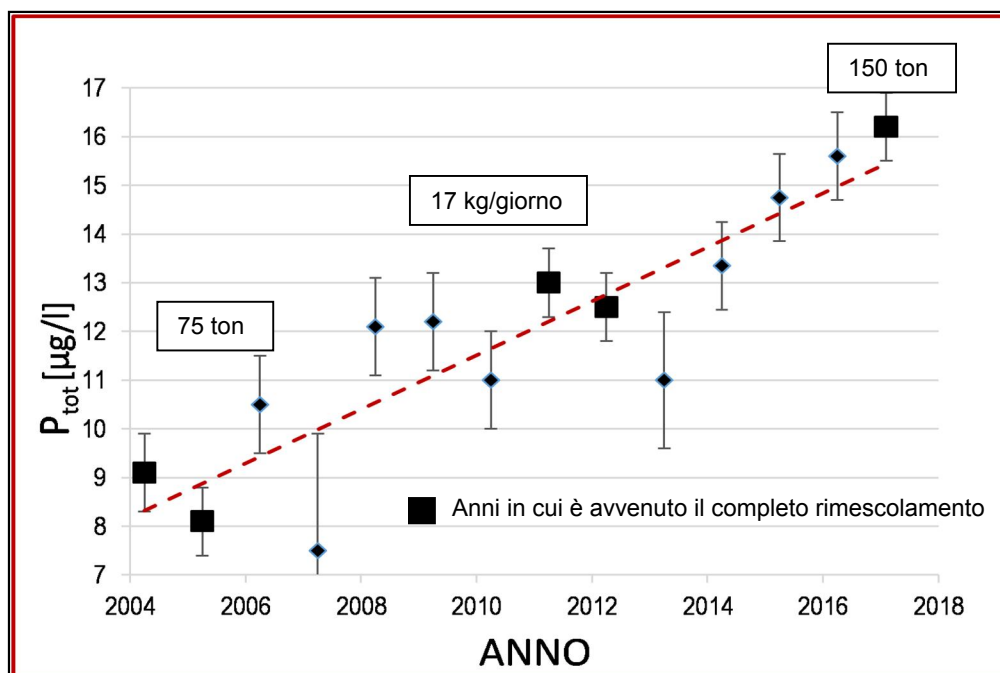
che cadono al fondo e con loro aumenta il consumo di ossigeno; (5) l'ossigenazione dello strato di acqua al fondo avviene in febbraio e marzo se il lago si rimescola per effetto dei venti di tramontana; (6) l'ossigenazione al fondo dipende dalle situazioni meteorologiche e non si può migliorare; (7) la biomassa delle spoglie può essere contenuta riducendo l'arrivo di fosforo al lago; (8) conseguenze dell'eutrofizzazione.

Sintesi delle nozioni acquisite

Le nozioni fin qui acquisite di geologia, biologia, fisica e chimica vanno integrate fra loro per stabilire lo stato qualitativo del lago e per individuare le misure necessarie per la sua conservazione e il suo ripristino. Lo stato qualitativo dei laghi viene classificato in cinque livelli: elevato, buono, sufficiente, scarsa e cattivo. La classificazione è fatta principalmente in relazione alla concentrazione del fosforo. La Direttiva Acqua, di provenienza europea, recepita dallo Stato Italiano, prevedeva che tutti i laghi entro l'anno 2015 dovessero raggiungere il livello buono. Per il lago di Bolsena è accaduto il contrario, era a livello buono ed è degradato a livello sufficiente con tendenza al peggioramento.

Il fosforo che arriva al lago dal bacino proviene dai liquami urbani e dai fertilizzanti agricoli. Nella maggior parte dei laghi parte del fosforo esce dal bacino dall'emissario, nel nostro caso invece, data la sua scarsissima portata, ciò non avviene e tutti gli inquinanti che arrivano al lago, incluso il fosforo, rimangono nel lago per sempre.

Il fosforo viene in parte abbattuto dall'ecosistema che lo trascina e lo fissa al fondo. Infatti il fosforo in arrivo dal bacino è metabolizzato dai vegetali, in particolare dal fitoplancton; da questo passa agli animali che se ne cibano. Alla fine della loro vita le loro spoglie mortali, vegetali ed animali, lo depositano sul fondale del lago dove avviene la decomposizione e dove rimane sotto forma inorganica.



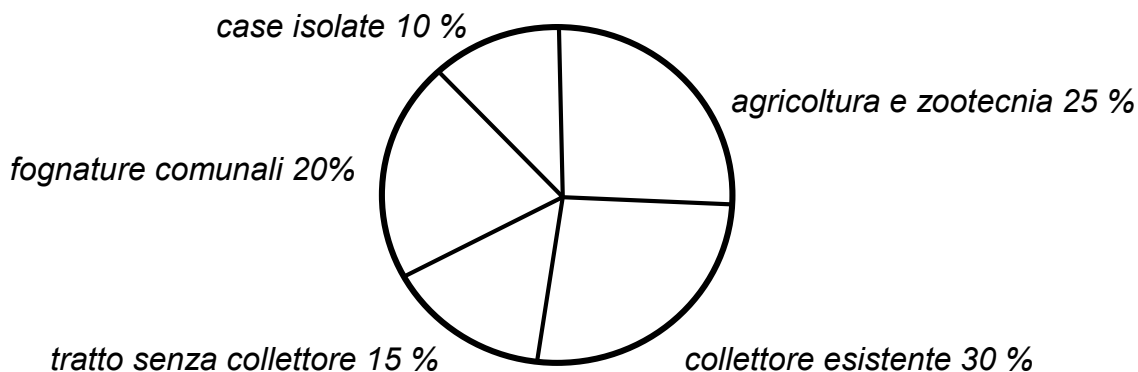
Durante gli ultimi 12 anni la concentrazione del fosforo è stata misurata analizzando chimicamente dei campioni di acque prelevati a varie profondità nella parte centrale del lago. Il grafico che precede, espresso in microgrammi per litro (milionesimi di grammo), è il

risultato di molti anni di campionamenti e di analisi. Esso mostra che nell'anno 2005 la concentrazione del fosforo era di 8,2 microgrammi per litro e che è aumentata di anno in anno fino a raddoppiare nel 2017. Ciò significa che durante il periodo considerato l'ecosistema non è stato in grado di fissare sul fondo tutto il fosforo in arrivo proveniente dai liquami urbani e dall'agricoltura. La quota che non è stata abbattuta dall'ecosistema è rimasta in soluzione nel lago, disponibile come nutriente algale, per cui la sua concentrazione si è sommata anno dopo anno.

Le misure di laboratorio, essendo espresse in milionesimo di grammi per litro non sono facili per essere visualizzate. Diventano più comprensibili se tradotte in kg o tonnellate (1000 kg) riferite all'intero volume del lago che è di 9,2 km³. Con semplici moltiplicazioni si ottiene che nel 2005 erano presenti nel lago 75 tonnellate di fosforo, divenute 150 nell'anno 2017. Ciò corrisponde ad un aumento di 17 kg di fosforo al giorno durante gli ultimi 12 anni.

Cause del degrado avvenuto negli ultimi 12 anni

Da quanto precede si è visto che nel corso degli ultimi 12 anni lo stato del lago è peggiorato a causa di un eccesso di 17 kg di fosforo al giorno rispetto a quello che animali e vegetali possono depositare sul fondo del lago assieme alle loro spoglie. Mentre l'aumento complessivo del fosforo è quantitativamente documentato dalle analisi chimiche, non esistono studi per determinare la percentuale da attribuire alle varie cause. In mancanza, proponiamo un grafico specificando che è arbitrario, ma utile per visualizzare il quadro complessivo, in parte dovuto all'agricoltura e in parte ai liquami urbani.



L'agricoltura, inclusi gli allevamenti di bestiame, ha contribuito all'apporto di fosforo e di altre sostanze chimiche per dilavamento, ruscellamento e percolazione nella falda.

Il collettore esistente, attualmente in riparazione, ha avuto delle perdite importanti per: guasti e conseguenti sversamenti dalle stazioni di sollevamento, oltre a perdite sotterranee delle tubazioni e sovraccarichi dovuti a intense piogge. Un tratto a ponente non ha collettore: in esso sono presenti attività turistiche, camping e ristoranti.

Le fognature comunali non sono tutte connesse al collettore. A queste possiamo aggiungere: il mescolamento di acque nere con le piovane; l'abusivismo; i tombini stradali nei quali viene versato di tutto per lavaggi vari; i pescatori sportivi di carpe (che immettono nel lago grandi quantitativi di mangimi); il taglio delle cannuce e della vegetazione ripariale che in parte frenano l'afflusso del fosforo dal bacino verso il lago.

Le case isolate, valutate in circa 300, non essendo connesse al sistema fognario pubblico, scaricano in fosse biologiche non sigillate, “dette a perdere”, che disperdono nel terreno circostante la componente fluida, ricca di fosforo che percola nella falda.

Situazione attuale

Al fondo del lago di Bolsena si stanno registrando allarmanti segni di assenza di ossigeno disciolto nelle acque (anossia) con produzione di sostanze dannose per i pesci quali solfuro di idrogeno, ammonio e metano. L'esaurimento dell'ossigeno è dovuto alla decomposizione per ossidazione delle spoglie organiche depositate sui fondali. In caso di suo esaurimento, la decomposizione continua tramite il processo putrefattivo, che è un cattivo indicatore qualitativo. L'anossia provoca un fenomeno gravissimo: il graduale rilascio dai fondali del fosforo accumulato su di esso nei molti anni precedenti. Quindi agli arrivi di fosforo dal bacino, di origine urbana e agricola, si sta aggiungendo un “carico interno” che accelera il degrado con il rischio che l'eutrofizzazione diventi irreversibile.

Futuri interventi possibili

Le attuali manifestazioni di anossia e di eutrofizzazione impongono una scelta.

1) nessun intervento: stiamo versando nel lago 17 kg di fosforo più di quanto può essere smaltito naturalmente. In pochi anni lo stato del lago degraderà in modo irreversibile perché al carico esterno si aggiungerà un carico interno sempre più consistente.

2) interventi conservativi: richiedono efficaci provvedimenti per ridurre l'eccesso di fosforo in arrivo di 17 kg al giorno. Ciò eviterebbe un ulteriore peggioramento mantenendo però lo stato attuale “sufficiente”, senza miglioramenti verso lo stato ecologico “buono”.

3) interventi di ripristino (prescritti dalla Direttiva Acqua). Per il ripristino, anche parziale, occorre non solo ridurre l'arrivo del fosforo di 17 kg al giorno, ma anche ridurre una quota del fosforo che l'ecosistema abbatte in modo naturale, la cui quantità non è nota. In teoria, riducendo l'arrivo del fosforo di 34 kg al giorno per 12 anni (di cui 17 per evitare il peggioramento più 17 per ridurre la quota abbattuta dall'ecosistema), si ripristinerebbe lo stato del lago come era nel 2005, ma è una ipotesi difficilmente realizzabile. Se ad esempio si riducesse l'arrivo del fosforo di 25 kg al giorno (17+8) occorrerebbero circa 25 anni per un completo ripristino. Inquinare è facile, ripristinare è a carico di chi viene dopo.

Gli interventi di ripristino, anche parziali, richiedono il massimo impegno per migliorare ciascuno dei settori del grafico a torta sopra indicato. Gli apporti urbani, stimati al 75%, possono essere fortemente ridotti con migliorie impiantistiche, mentre gli apporti agricoli, stimati al 25%, non sono intercettabili perché percolano nel terreno e raggiungono la falda acquifera e, assieme ad essa, defluiscono verso il lago in modo diffuso. L'unica soluzione è quella di incentivare l'agricoltura sostenibile. L'eutrofizzazione in corso può essere fermata, ma occorre un forte impegno di tutti: Cittadini ed Istituzioni.

Per iniziare è necessario comprendere i problemi: questa è la finalità del programma didattico “Conoscere il Lago di Bolsena” al quale le scuole stanno partecipando con efficacia ed entusiasmo.