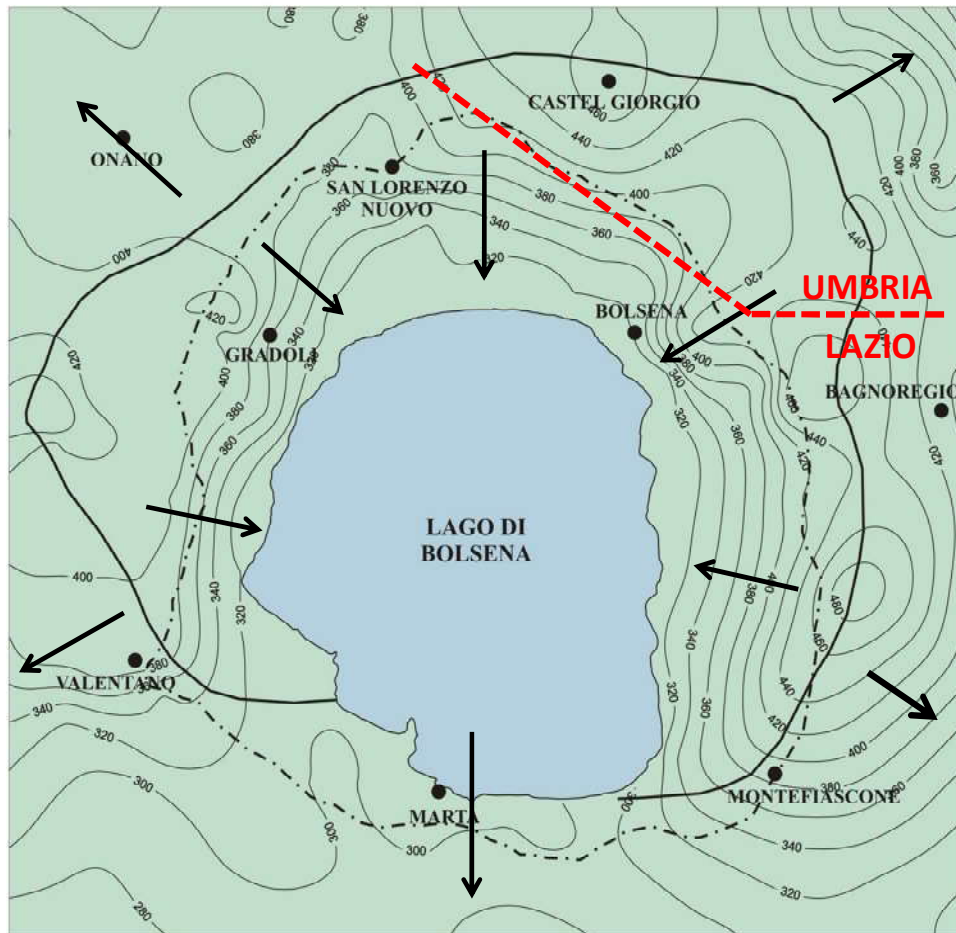


## IL BACINO IDROGEOLOGICO DEL LAGO DI BOLSENA

La maggior parte dei laghi che si trovano nell'Italia del Nord sono ubicati in vallate alpine e sono alimentati da grandi superfici di raccolta delle piogge, anche centinaia di volte superiori alla superficie del lago. I fiumi emissari hanno per conseguenza una rilevante portata, essendo grande la quantità di piogge raccolta dal loro bacino idrogeologico. La conca che contiene i laghi è generalmente costituita da rocce impermeabili per cui dove termina l'acqua, inizia la roccia.

I laghi di origine vulcanica del Lazio hanno invece dei bacini di raccolta delle piogge la cui superficie è di poche unità superiori a quella del lago. I fiumi emissari hanno per conseguenza una piccola portata. La conca che contiene detti laghi è costituita da vulcaniti che sono rocce porose e permeabili: dove termina l'acqua del lago inizia la roccia circostante, ma anche questa contiene acqua negli spazi porosi.

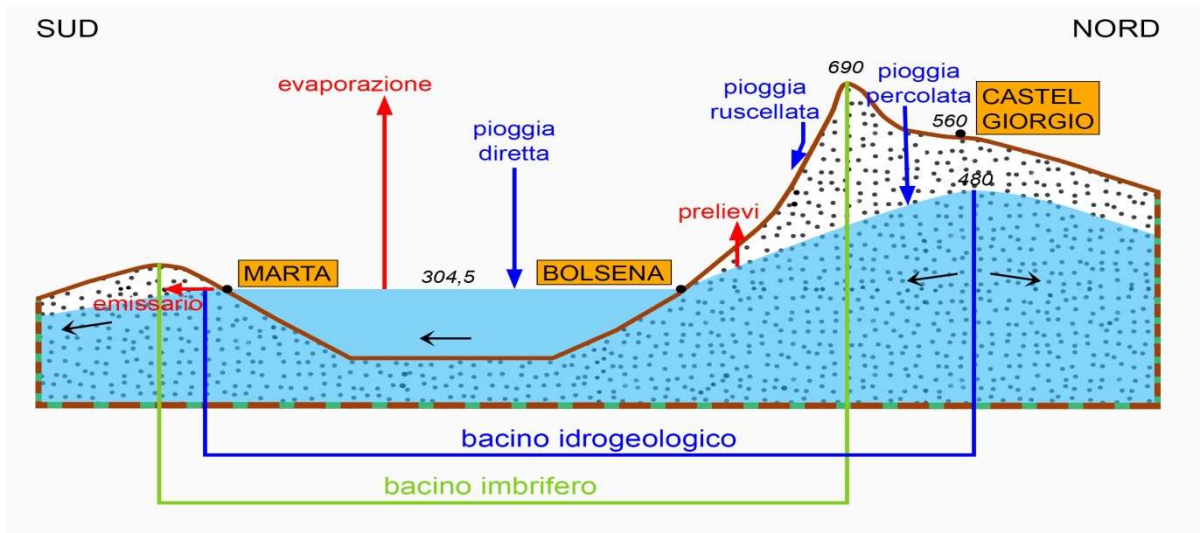
Le vulcaniti contengono una falda acquifera molto estesa. La falda è limitata inferiormente dalle formazioni argillose, superiormente il suo livello varia a seconda della quantità di piogge e dei prelievi da pozzi per uso potabile e irriguo.



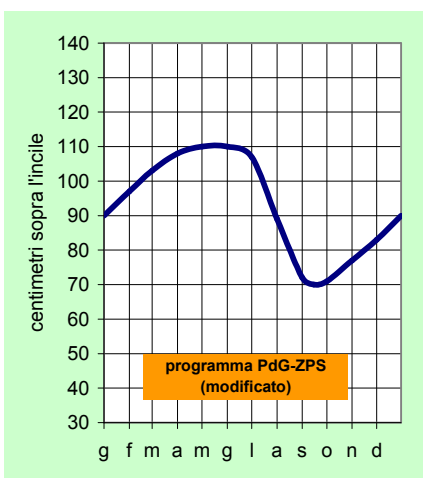
La carta che precede rappresenta il lago di Bolsena. In essa la linea intera rappresenta il perimetro del bacino idrogeologico. La parte delle acque piovane che cadono al suo interno alimentano il lago, quelle che cadono al suo esterno alimentano altri bacini (Tevere, Fiora, ecc.) come indicano le frecce. La linea tratto-punto indica il bacino imbrifero, detto anche idrografico, che è la linea che unisce la sommità delle colline che circondano il lago che con la loro pendenza formano un

imbuto lungo il quale le acque piovane ruscellano verso il lago. Le linee sottili, dette isopieze, indicano la quota in metri rispetto al mare alla quale si trova la sottostante falda acquifera.

Il lago è quindi la parte affiorante della falda acquifera, come indicato nella sezione schematica NORD - SUD del bacino idrogeologico, sotto illustrata.



Dal lato SUD la conca ha inizio dal litorale di Marta, scende di 150 metri fino alla massima profondità del lago, poi risale fino al litorale di Bolsena dove inizia la parte emersa. Questa



raggiunge a NORD quota 690, in corrispondenza del limite del bacino imbrifero poi scende a quota 560 a Castel Giorgio, in Umbria, e poi scende ancora verso la piana di Orvieto. La superficie della parte affiorante della falda acquifera, ossia del lago, è mediamente a quota 304,5 metri s.l.m., potendo variare stagionalmente di qualche decimetro come descritto nel grafico a lato che anziché indicare la quota rispetto al mare, indica la quota rispetto alla soglia dell'incile, che è una traversa posta sul fondo che indica il confine fra il lago e l'emissario.

Le quote della parte ipogea della falda acquifera sono indicate dalle isopieze nella carta idrogeologica riportata nella pagina precedente, che però è datata 1998. Attualmente il culmine della falda, che si trova sotto Castel Giorgio, non è più a quota 480, ma potrebbe essere sceso a circa 460 (Pagano). Il culmine della falda definisce uno spartiacque sotterraneo: in direzione SUD l'acqua della falda defluisce verso il lago, in direzione NORD defluisce verso il bacino del Tevere.

Le frecce blu indicano le piogge che cadono sul bacino idrogeologico: una parte cade direttamente su lago, una parte scende lungo i fossi nel bacino imbrifero mentre una parte, al netto dell'evaporazione al suolo, percola attraverso le vulcaniti raggiungendo la falda. Il fatto che il culmine della falda sia più alto del lago si deve appunto alla ricarica della pioggia percolata.

Le frecce rosse indicano le uscite: una parte è costituita dall'evaporazione dallo specchio lacustre ed una parte dai prelievi dai pozzi per uso idropotabile e irriguo (che hanno dimezzato la portata originaria dell'emissario). La poca acqua che rimane dal bilancio idrico (differenza fra entrate e uscite) defluisce dall'emissario: mediamente la portata su base pluriennale, è  $0,9 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Questa media è fuorviante. Da settembre a maggio le piogge abbondano mentre scarseggia l'evaporazione per cui il livello del lago aumenta lentamente di circa 40-50 cm. In estate la pioggia scarseggia, mentre prevalgono l'evaporazione ed i prelievi: il livello del lago scende in modo rapido e incontrollabile di 40-50 cm. Ma l'estate è il periodo in cui sono richiesti i massimi prelievi irrigui e idropotabili; per conseguenza il deflusso estivo dell'emissario è frequentemente inferiore a 0,5 m<sup>3</sup>/sec, che è deflusso minimo vitale (DMV), ritenuto necessario per l'emissario. Siamo quindi in presenza di una evidente **emergenza quantitativa** per mancanza di ricarica, malgrado il lago contenga moltissima acqua.

È sufficiente osservare la portata estiva dell'emissario ridotto ad un rigagnolo e constatare l'abbassamento del livello del lago e della falda avvenuto nell'anno siccitoso 2017 (idem nel lago di Bracciano). L'abbassamento e l'eventuale spostamento del culmine della falda si deve non solo alla siccità, ma anche all'eccesso di prelievi.

Ogni prelievo di acqua addizionale dalla falda rispetto a quello odierno, sia all'interno che al suo immediato esterno, non è sostenibile perché comporta un consumo che supera la ricarica. Il limite del bacino idrogeologico del Lago non è una barriera fisica: un aumento del consumo nei bacini confinanti (in Toscana la geotermia nell'Amiata, in Umbria le coltivazioni intensive di nocioleti sull'Alfina, ecc.). Prima o poi la geotermia in Toscana inciderebbe sul Lago (Borgia). A complicare amministrativamente le cose sta il fatto che il bacino del lago è in parte nella Regione Umbria.

Il tempo di ricambio delle acque è il tempo che l'emissario impiegherebbe per defluire un volume di acqua corrispondente a quello del lago. Il più breve tempo di ricambio fra i laghi in Europa, che è di un anno, è del lago di Zurigo, il più lungo è quello del lago di Bolsena che è di circa 300 anni. Era storicamente di 120 anni, ma da quando sono iniziati i prelievi idrici il deflusso è più che dimezzato anche per la diminuzione delle piogge di circa il 10% dal 1960 ad oggi. Il tempo di ricambio del lago di Vico, notoriamente degradato dalla coltivazione intensiva dei nocioleti è di 17 anni: che accadrebbe al lago di Bolsena che ha un tempo di ricambio di 300 anni?

La pioggia che cade direttamente sul lago è quantitativamente inferiore all'evaporazione, quindi il deflusso dall'emissario si deve solo alla pioggia raccolta dal bacino emerso. Il lago di Bolsena è un'area sensibile e vulnerabile essendo il ricambio dell'acqua praticamente inesistente. Gli inquinanti che entrano nel lago vi rimangono per sempre. Sarebbe un lago di acqua stagnante se non fosse presente un efficiente ecosistema vivente, vegetale ed animale, che entro certi limiti elabora e abbatte gli inquinanti che giungono dal bacino.

Le sostanze solubili che si trovano in superficie sul piano di campagna, come ad esempio i fertilizzanti agricoli, sono trascinate dall'acqua piovana e, assieme ad essa, ruscellano verso il lago o percolano verso la falda, raggiunta la quale scorrono verso il lago seguendo il flusso ipogeo della medesima. Una eventuale attività inquinante (coltivazione intensiva, allevamenti, fosse biologiche a perdere, ecc.), nella zona a sud di Castel Giorgio, potrebbe essere considerata poco inquinante perché lontana qualche chilometro dal lago, invece è inquinante perché verticalmente si trova a poche decine di metri sopra la falda acquifera, il cui deflusso è diretto verso il lago.

Gli inquinanti hanno un diverso peso specifico: quelli pesanti, come la terra, si depositano sul fondo, mentre quelli leggeri come le sostanze oleose galleggiano in superficie, che poi trasportate dai venti e dalle correnti si depositano sui litorali o defluiscono dall'emissario. Le sostanze solubili

nell'acqua del lago sono di varia natura, alcune sono nutrienti per i vegetali, altre sono tossiche come i diserbanti e i pesticidi usati nell'agricoltura.

Le sostanze nutrienti per i vegetali sono il fosforo e l'azoto che sono contenuti nei liquami urbani e nei fertilizzanti agricoli ma, per il lago di Bolsena, il fattore determinante è il fosforo. La sua presenza nel corpo idrico, se eccessiva, è causa dell'eutrofizzazione, che è un processo degenerativo che comporta la crescita di alcune specie invasive di fitoplancton e la conseguente alterazione dell'ecosistema e del suo stato di salute.

L'arrivo di fosforo dal bacino è contrastato dall'ecosistema. Il fosforo viene assimilato dal fitoplancton e da questo passa agli animali che se ne cibano. Fitoplancton e animali sono esseri viventi destinati a morire, le loro spoglie cadono e si depositano sul fondo del lago trascinando il fosforo in esse contenuto. Sul fondo, se lo strato profondo dell'acqua contiene sufficiente ossigeno, il fosforo viene mineralizzato e fissato mentre, in condizioni di carenza di ossigeno o di totale anossia, si può avere un rilascio di fosforo dal sedimento alle acque (carico interno).

Non tutto il fosforo viene abbattuto e la parte restante si somma al nuovo fosforo in arrivo dal bacino esaltandone gli effetti negativi. Ne consegue che la concentrazione di fosforo, a causa della prevalente insufficienza di ossigeno, aumenta di stagione in stagione accelerando il processo di eutrofizzazione. Il male dei laghi inizia dal fondo e siccome non si vede nessuno se ne occupa, ma quando si vede in superficie è troppo tardi per intervenire.

Nel 2018 sono stati pubblicati sulla rivista internazionale LIMNOLOGICA i risultati dei monitoraggi degli ultimi 15 anni effettuati dalla collaborazione fra l'Istituto di Idrobiologia di Pannan (oggi CNR-IRSA) e l'Associazione Lago di Bolsena. Il lavoro mostra che la concentrazione di fosforo totale è aumentata da 10 µg/l nel 2005 a 16 µg/l nel 2017. Non è una semplice relazione, ma un lavoro scientifico, pubblicato in inglese, dopo un processo di peer-review da parte di revisori internazionali. L'ARPA ha certificato nello stesso periodo che il lago è stato declassato da "buono" a "sufficiente". Secondo la normativa i laghi che erano classificati "sufficiente" nel 2005 dovevano migliorare a "buono" entro il 2015. Da noi è accaduto il contrario.

Siamo evidentemente nel pieno di una emergenza qualitativa per superare la quale è obbligatorio ridurre l'apporto di fosforo nell'acquifero, migliorando la rete fognaria e la conduzione agricola. Gli incentivi dovrebbero incoraggiare l'agricoltura sostenibile e non quella intensiva che utilizza fertilizzanti chimici ed erbicidi. Invece si assiste alla loro incentivazione.

La tutela ambientale del lago di Bolsena deve essere prevalente e strategica in considerazione delle attività ad essa collegate, quali il turismo, la pesca, l'agricoltura ecosostenibile e il generale benessere dei cittadini. Da non dimenticare la salute pubblica, dato che l'acqua della falda lacustre è la stessa che alimenta la rete potabile ed è quella noi beviamo tutti i giorni: pesticidi inclusi.

Ricordiamo che lago di Bolsena e la parte iniziale dell'emissario Marta sono Zone Speciali di Conservazione e che la normativa dispone che qualsiasi piano o progetto che possa avere incidenze significative su un sito della rete Natura 2000 deve essere sottoposto a valutazione di impatto ambientale (VINCA).