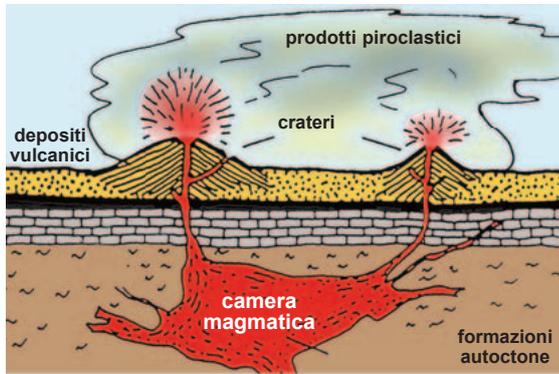
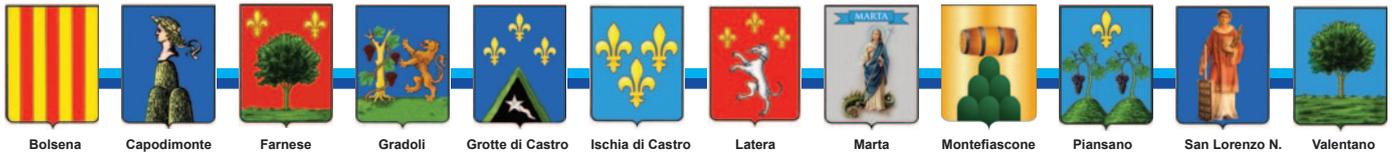


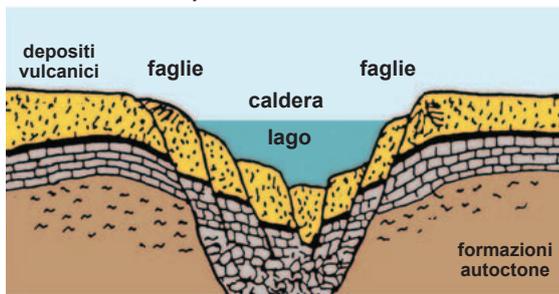
IL LAGO DI BOLSENA



per le scuole secondarie di 1° grado - seconda classe



prima del collasso



dopo il collasso

FORMAZIONE DELLA CONCA LACUSTRE DEL LAGO DI BOLSENA

In lontane epoche geologiche le nostre zone erano coperte dal mare. Emersero due milioni di anni fa. Circa 600.000 anni fa, ebbe inizio un'intensa attività vulcanica di tipo esplosivo: numerosissimi crateri emisero poca lava e imponenti quantità di ceneri e lapilli, che coprono gli originari sedimenti marini per un raggio di oltre venti chilometri e uno spessore di alcune decine di metri.

L'emissione dei materiali vulcanici determinò lo svuotamento di una grande cavità sotterranea, detta **camera magmatica** che, sotto il peso dei materiali accumulatisi in superficie, crollò formando una **conca**, detta **caldera**. Questa si riempì in parte di acqua piovana e diede origine al lago di Bolsena.

Il crollo del terreno causò innumerevoli fratture, dette **faglie**. La loro presenza in superficie sul versante EST è ancora visibile dalle foto satellitari per la presenza di tracce parallele alla costa del lago. Sul versante OVEST

non sono più visibili perché coperte dalle ceneri del vicino vulcano di Latera, la cui attività continuò dopo la formazione della caldera di Bolsena.

I sedimenti di materiale vulcanico si chiamano **vulcaniti**. Sono sedimenti generalmente porosi e permeabili, mentre i sottostanti sedimenti marini sono poco permeabili. Osservando il panorama si vedono i resti di alcuni crateri vulcanici: le due isole Bisentina e Martana, Monte Bisenzio, Capodimonte, Montefiascone e altri. Il tufo è una roccia tenera formata da ceneri compattate. Con il tufo sono stati costruiti tutti i nostri centri storici: siamo infatti nella civiltà del tufo. Altre rocce vulcaniche sono il peperino e il nenfro che è una pietra scura e dura utilizzata dagli etruschi per le sculture.

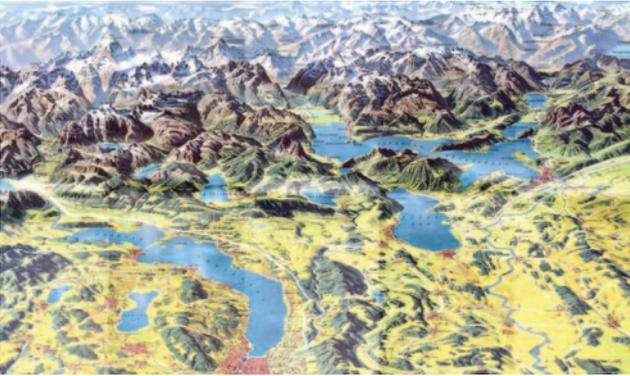


IL BACINO IDROGEOLOGICO E IL TEMPO DI RICAMBIO

I laghi sono alimentati dalle acque piovane che vi cadono direttamente o che affluiscono dal territorio circostante. Il territorio che le raccoglie si chiama **bacino idrogeologico**. L'eccesso di acqua piovana che giunge ai laghi esce da un fiume detto **emissario**. Per comprendere quanto sia importante la dimensione del bacino idrogeologico, confrontiamo due laghi che hanno caratteristiche completamente opposte: il lago di Zurigo e quello di Bolsena. Le illustrazioni che seguono mostrano che il bacino idrogeologico del lago di Zurigo è centinaia di volte più grande della superficie del lago, mentre il bacino del lago di Bolsena è poco più grande del lago. Ne consegue una grande differenza fra la quantità di pioggia raccolta dai rispettivi bacini, che si manifesta con le diverse portate dei rispettivi emissari.

La portata d'acqua dell'emissario del lago di Zurigo è tale che impiega solo un anno per portare via un volume di acqua uguale a quello del lago; mentre l'acqua portata via dal fiume Marta è talmente poca che richiede 300 anni. I due esempi spiegano da soli il concetto di **tempo di ricambio**.

BACINO DEL LAGO DI ZURIGO



EMISSARIO DEL LAGO DI ZURIGO



BACINO DEL LAGO DI BOLSENA

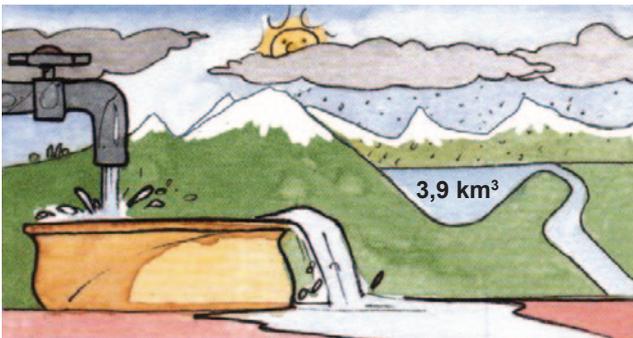


EMISSARIO DEL LAGO DI BOLSENA

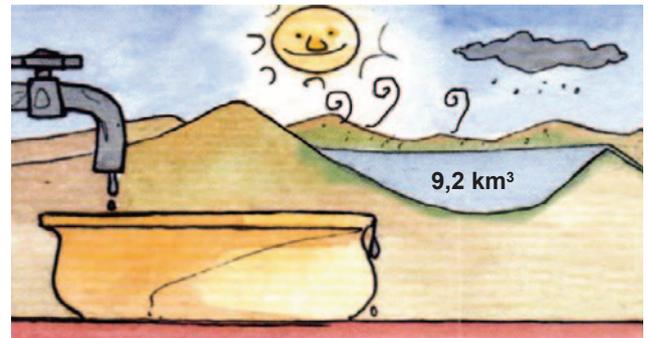


Il lago di Zurigo ha un grande ricambio, mentre il lago di Bolsena non ha praticamente ricambio: è un lago **sensibile** e **vulnerabile** (così si definiscono i laghi con tempo di ricambio superiore a 25 anni, per i quali è quindi necessaria una maggiore tutela). Tutto ciò che vi entra vi rimane praticamente per sempre, nella speranza che le sostanze estranee non rimangano disciolte nel corpo d'acqua, ma si fissino sul fondo in modo permanente.

Quanta acqua può essere prelevata dai laghi senza abbassare il loro livello? Supponiamo che i due laghi siano rappresentati da una bacinella. Nella prima illustrazione abbonda l'acqua in entrata e per conseguenza anche quella in uscita. Nella seconda accade il contrario.



Lago di Zurigo: grande bacino idrogeologico che include quello del suo fiume immissario; molta pioggia e scarsa evaporazione determinano buona disponibilità di acqua e un grande emissario



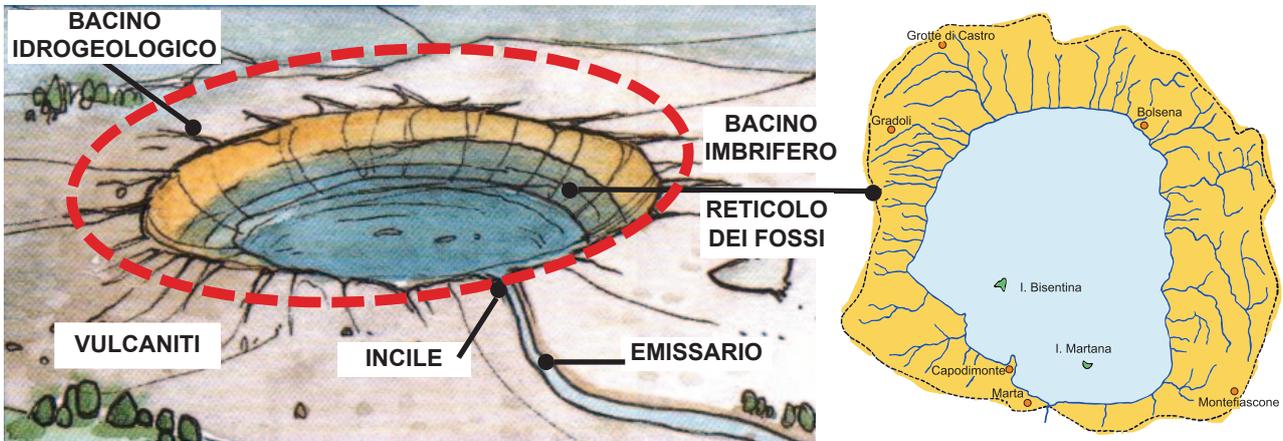
Lago Bolsena: piccolo bacino idrogeologico che contiene un reticolo di fossi immissari quasi sempre asciutti; scarsa pioggia e grande evaporazione determinano scarsa disponibilità di acqua e un modesto emissario

Nel primo caso si comprende che si può prelevare acqua con relativa abbondanza, senza che vari il livello nella bacinella; nel secondo caso invece, se si preleva più acqua di quanta ne esce, diminuisce il livello della bacinella. Il volume di acqua che può essere prelevato dalla bacinella, senza incidere sul livello, dipende dalla quantità di acqua che vi entra e non dal volume della bacinella.

Invece il tempo per ricambiare l'acqua nella bacinella, se ad esempio è inquinata, dipende non solo dalla quantità di acqua che vi entra, ma anche dal volume della bacinella. L'esempio ci fa comprendere che il lago di Bolsena, pur avendo molta più acqua di quello di Zurigo, rappresenta una risorsa d'acqua per uso umano molto limitata. Il lago di Bolsena, tutto quello che poteva dare lo ha già dato, e non si possono aggiungere altri prelievi altrimenti farebbe la fine del lago di Bracciano, messo in crisi dagli eccessivi prelievi per alimentare la rete idrica di Roma.

LA FALDA ACQUIFERA

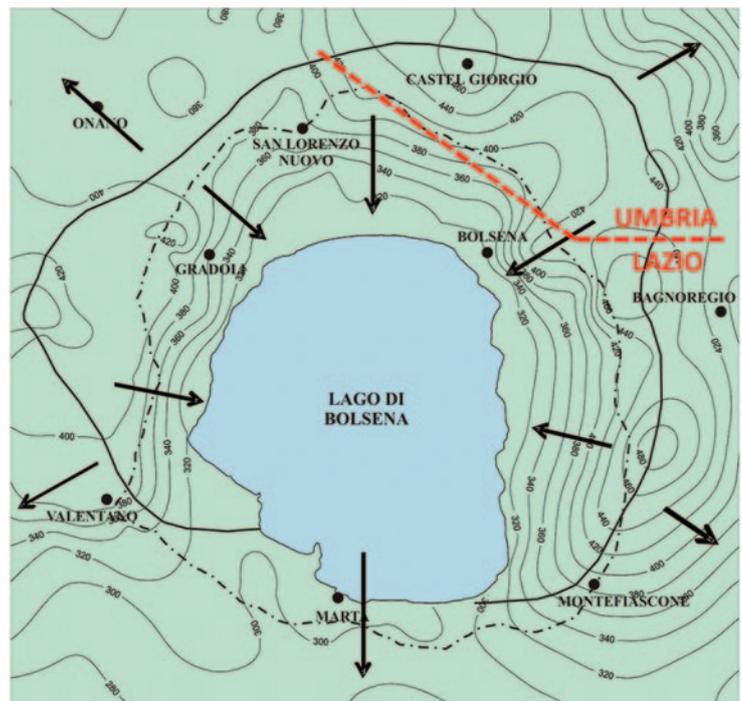
La pioggia che alimenta il lago di Bolsena non è solo quella che vi cade direttamente o vi giunge per scorrimento tramite fossi (frequentemente asciutti) lungo la superficie pendente del suolo; una parte consistente vi giunge per vie sotterranee dopo essere caduta sul piano di campagna, penetrata nel suolo e discesa verso il basso (=percolata).



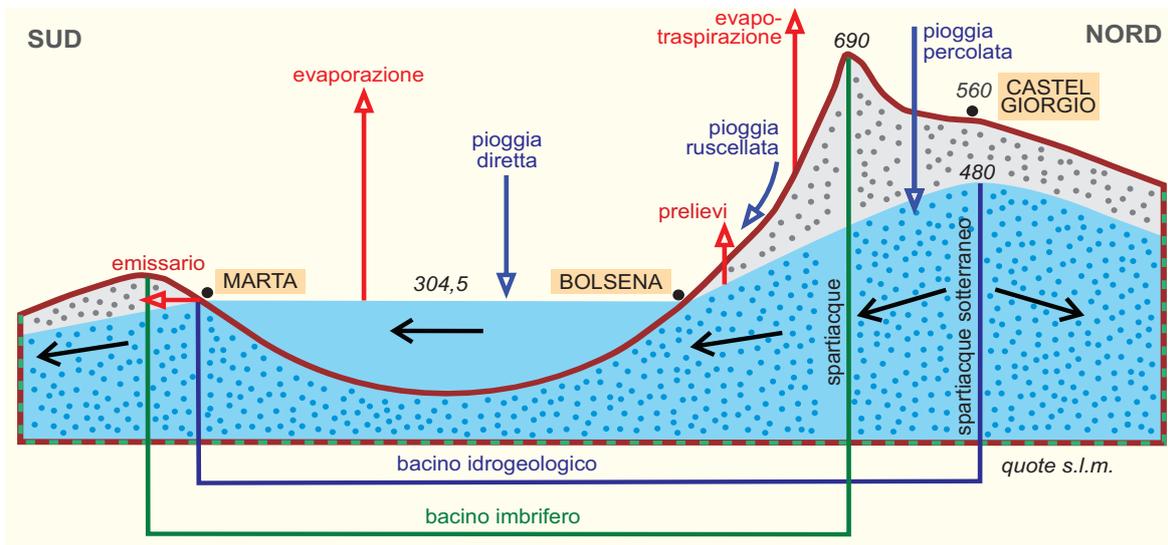
Nell'illustrazione la linea rossa indica il perimetro del **bacino idrogeologico** che raccoglie tutte le piogge che alimentano il lago e comprende anche la superficie di territorio in cui le piogge raggiungono il lago percolando attraverso il terreno. All'interno del bacino idrogeologico si trova il **bacino imbrifero** (detto anche idrografico), delimitato dalla linea dello spartiacque che unisce il culmine delle colline circostanti. In esso le acque piovane scendono verso il lago come in un imbuto, scorrendo lungo i fossi. Infine, al suo interno, troviamo lo **specchio lacustre**. Nella parte emersa del bacino imbrifero si trova il reticolo dei fossi. Da notare che sul versante EST ci sono tratti di fossi paralleli alla linea di costa, per i motivi precedentemente spiegati relativamente alle faglie, mentre sul lato ovest scendono direttamente.

La carta idrologica a lato mostra il confine delle tre superfici suddette: la linea intera definisce il bacino idrogeologico che ha una superficie di **342 km²**, al suo interno la linea tratteggiata che definisce il bacino imbrifero che è di **271 km²**, e infine, al suo interno, lo specchio lacustre che ha una superficie di **114 km²**. La superficie del bacino idrogeologico è quindi appena il triplo di quella del lago, mentre nei laghi alpini è centinaia di volte più grande di quella del lago.

Nella carta idrogeologica sono indicate delle linee dette **isopieze** che indicano a che quota sul livello del mare (s.l.m.) si trova l'acqua nel sottosuolo. Le isopieze nei punti più alti hanno una quota di **480 metri s.l.m.** Il lago trovandosi a **quota 304 metri** è la parte emersa e più bassa del bacino idrogeologico. Nel sottosuolo, all'interno del bacino idrogeologico, l'acqua scorre verso il lago come indicano le frecce dirette verso il lago. Si chiama **acquifero** o **falda acquifera** uno strato sotterraneo di rocce porose e permeabili che contengono acqua utilizzabile per scopi umani. Come mostra la sottostante sezione del lago di Bolsena, le vulcaniti costituiscono una grande falda acquifera sotterranea.



L'illustrazione della pagina seguente è la sezione del bacino idrogeologico. La linea marrone indica il contorno delle vulcaniti. Da Marta la linea scende di 150 m dove il lago raggiunge la massima profondità, poi emerge a Bolsena e risale fino al culmine del bacino imbrifero, poi scende verso Castel Giorgio e la piana di Orvieto.



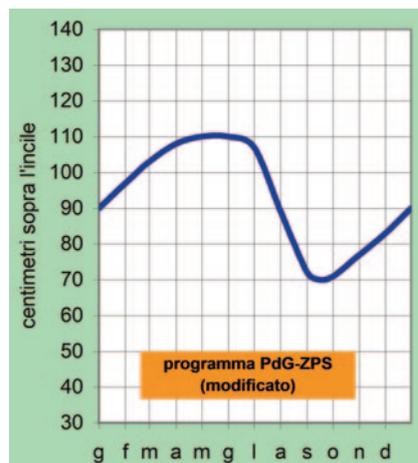
All'interno delle vulcaniti è indicata in azzurro la parte occupata dall'acqua, ossia l'acquifero del quale il lago è la parte affiorante, ovviamente orizzontale. Sempre all'interno raggiunge la quota massima di 480 s.l.m. come precedentemente indicato dalle isopiezie nella carta idrogeologica. La quota massima corrisponde al limite del bacino idrogeologico, dove si trova lo **spartiacque sotterraneo** che divide l'acqua che scorre nella falda in direzioni opposte. Le frecce nere indicano i flussi sotterranei che a nord vanno verso il fiume Paglia, poi al Tevere e al mare; a sud vanno verso il lago, poi all'emissario e infine al mare.

Le frecce blu indicano le entrate, costituite dalle piogge che cadono sul bacino idrogeologico, di queste una parte cade **direttamente sul lago**, una parte scende **lungo i fossi**, 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 caduta della pioggia percolata trattenuta dalle rocce. Le frecce rosse indicano le uscite: **l'evaporazione** dallo specchio lacustre, i **prelievi** da oltre un migliaio di pozzi per uso potabile e irriguo e **l'emissario**. Una parte delle sostanze solubili cosparse in superficie (fertilizzanti e fitofarmaci) percolano nella falda assieme alla pioggia e all'irrigazione, un'altra parte raggiunge direttamente il lago scendendo dai fossi. La lunghezza delle frecce rosse e blu rispecchia, in proporzione, le relative quantità.

LA TUTELA DEL LAGO INIZIA DALLA TUTELA DELLA FALDA

Il **bilancio idrologico** è il confronto annuale della quantità di acqua che entra e che esce dal lago: la differenza si manifesta con una variazione del livello del lago. Come indicano le frecce, **l'evaporazione dalla superficie del lago supera le piogge**, quindi il livello del lago e la portata dell'emissario sono mantenuti dalle piogge che percolano nella falda. Per rapide valutazioni **un centimetro di livello di lago** equivale a circa un **milione di metri cubi**. L'elevata evaporazione alle nostre latitudini è causata dalla forte radiazione solare e dai venti asciutti di tramontana. La pioggia si misura in millimetri con il pluviometro. Sul lago cadono in media 900 mm/anno, ma è una quantità imprevedibile che varia da 500 a 1400 mm/anno.

Il luogo dove termina il lago e inizia l'emissario si chiama **incile**, sul fondo si trova una soglia in pietra detta **soglia dell'incile**. Su di essa c'è una vecchia costruzione in muratura, detta **traversa**, con cinque bocchette la cui apertura è regolata da **paratie** in legno che scorrono verticalmente. Si utilizzano per regolare il deflusso dell'emissario e quindi il livello del lago, che si misura in cm rispetto alla soglia d'incile. La portata media dell'emissario è di 0,8 m³/sec, il **deflusso minimo vitale** (DMV) è di **0,5 m³/sec**. In estate accade spesso che l'emissario non raggiunga neanche questa minima portata a causa del basso livello del lago e dei prelievi idrici. Questo conferma che non è possibile aggiungere altri prelievi estivi a quelli già esistenti, anche in previsione della futura siccità del pianeta.



Variazioni annuali del livello del lago misurate in cm rispetto alla soglia di incile. Nell'angolo ovest del porto di Capodimonte c'è un idrometro che le indica.

Chiudiamo queste note ricordando che il lago di Bolsena e la parte iniziale del fiume Marta sono entrambi tutelati da direttive comunitarie in quanto siti appartenenti alla "Rete Natura 2000".

