

LE VARIAZIONI DI LIVELLO DEI LAGHI ALBANO E DI NEMI NEL QUADRO CLIMATICO E IDROLOGICO ATTUALE

(P. Bono¹ – E. Agrillo² – L. Casella² – L. D'Andrea² – M. Di Filippo¹ - C. Fiori²)

PREMESSA

Nell'opinione comune si ignora (o si sottovaluta) l'effetto sull'ambiente della crisi climatica che da circa 20 anni, ormai, interessa in diversa misura i paesi circummediterranei, tra cui l'Italia.

Ai più, infatti, non è percepibile la progressiva flessione delle precipitazioni che dalla fine degli anni '70 in modo altalenante investe anche il territorio dell'Italia centro-meridionale, con effetti critici sulla capacità di rinnovamento delle risorse idriche sia di superficie (laghi, fiumi) che sotterranee (acquiferi).

Il Lazio, regione tra le più ricche di risorse idriche in Italia, non sfugge alla progressiva diminuzione delle precipitazioni e, quindi, delle risorse idriche naturalmente rinnovabili.

In parallelo alla scarsità di precipitazioni rilevabile dagli inizi degli anni '80, nell'ultimo decennio in alcune stazioni meteo periferiche all'area albana si rileva anche una inversione del trend della temperatura dell'aria verso l'incremento dei valori massimi.

Così il deficit di precipitazioni e, apparentemente, l'aumento della temperatura dell'aria determinano vistosi effetti ambientali, come si osserva nei sistemi lacustri Albano e di Nemi (Foto 1) ma anche presso le maggiori sorgenti della Regione e non solamente nel territorio laziale.

In questo quadro di criticità delle risorse idriche si colloca l'abbassamento del livello dei laghi Albano e di Nemi oltre che una generale diminuzione della portata delle grandi sorgenti carsiche che assicurano l'approvvigionamento idrico di Roma e di numerose città del Lazio e della Campania.

E' nell'Ottobre 2002, infatti, che le sorgenti carsiche del Fiume Fibreno (portata annua media di circa $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) emissario del Lago di Posta Fibreno e tributario del Fiume Liri, erogano una portata prossima a $3.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, minimo mensile mai raggiunto dal 1923 (precedente minimo: $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ anno 1955).

Così è accaduto per la sorgente carsica di Ninfa (Idrostruttura dei Monti Lepini) che nello stesso periodo erogava $0.4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, minimo storico dal 1927 (precedente minimo: $0.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ anno 1954).

Come si rileva anche in altre grandi sorgenti e fiumi dell'Italia centrale, sia negli anni 1940 -1955 sia dal 1980 ad oggi si raggiungono le più acute condizioni idrologiche a cui non sfuggono i bacini lacustri in oggetto e, sebbene in minor misura, anche quelli di Bracciano, Martignano, Vico, Monterosi e di Bolsena.

Il tempo che separa i baricentri dei due periodi critici è di circa 50 anni.

E' certo che la criticità delle condizioni climatiche con la diminuzione delle precipitazioni genera una progressiva lievitazione della domanda di risorse idriche.

Nel quadro di una "decrescita" naturale delle risorse rinnovabili, la costruzione di nuovi pozzi e le captazioni esistenti per l'approvvigionamento idropotabile delle città e per le attività produttive (agricoltura, industria), con maggiori prelievi dal sottosuolo e dai corpi idrici superficiali (laghi, fiumi) bilanciano la crescente domanda superando anno dopo anno il tasso di rinnovamento naturale degli acquiferi.

In questa situazione deficitaria di "rialimentazione naturale" degli acquiferi, inconsapevolmente e pericolosamente si sfruttano in modo incontrollato le "riserve geologiche" poiché le "risorse" attuali non sono sufficienti a soddisfare la domanda della utenza.

Così il declino della portata delle sorgenti e dei fiumi come l'abbassamento del livello dei laghi, sono gli aspetti più appariscenti di un generale processo di impoverimento delle precipitazioni che accelera gli effetti prodotti dal sovrafruttamento degli acquiferi, certamente non sostenibili nel quadro della situazione climatica attuale e, più in generale, della criticità in cui versa l'ambiente.

¹Dipartimento di Scienze della Terra – Università "La Sapienza" – ROMA I

CENNI SULL' IDROSTRUTTURA ALBANA

Di forma circolare, l'edificio vulcanico dei Colli Albani (noto anche come Vulcano Laziale) si estende su una superficie di circa 1500 km² e riposa su sedimenti plio-pleistocenici (De Rita et alii 1995) costituiti prevalentemente da argille e sabbie marine, che si ritiene svolgano il ruolo di substrato impermeabile della idrostruttura albana (Figg. 1 , 2) (Bono 1981).

L'altitudine media dello strato-vulcano è prossima a 150 metri, mentre il 57% dell'area è compresa nella fascia altitudinale tra 0 e 100 m (Fig. 3). Il culmine topografico è rappresentato da Monte Cavo con 956 m di quota.

L'attività endogena che ha generato il Vulcano Laziale è iniziata circa 600 mila anni fa, con la costruzione di un edificio centrale accresciutosi via via in estensione e in altezza (oltre 2000 metri), sino al collasso della camera magmatica che ha provocato in superficie la formazione della grande depressione calderica che comprende i Prati di Vivaro.

Successivamente, ripetute esplosioni freatomagmatiche concentrate nel settore occidentale dell'edificio vulcanico lungo un sistema di faglie distensive di direzione appenninica, hanno prodotto numerosi crateri di cui gli ultimi in ordine di età, hanno conservato i caratteri morfologici tipici di forme giovanili, ad imbuto, oggi occupate da profondi bacini lacustri come quelli Albano (max – 172 m) e di Nemi (max – 28 m) (Foto 2 ; Figg. 4 , 5) (Caputo et alii 1990; Ciccacci et alii 1987; D'Alessandro et alii 1987).

Le pendici dell'edificio centrale sono incise da un reticolo idrografico molto articolato che radialmente percorre il settore extra-calderico verso la periferia del vulcano, convergendo nei fiumi Tevere, Aniene e Sacco e nel settore costiero tirrenico.

La litostratigrafia della idrostruttura vulcanica è caratteristica di una attività prevalentemente esplosiva da cui derivano successive fasi deposizionali di prodotti piroclastici e lavici, interrotte da lunghi periodi di quiescenza. La significativa variabilità laterale e verticale delle unità litologiche che formano la struttura del vulcano, si manifesta in un ampio spettro dei valori di permeabilità propri di un sistema ad alta anisotropia (Boni et alii 1995).

Come in altre strutture vulcaniche del Lazio, la eterogeneità dei litotipi determina la formazione di un acquifero multistrato che esemplificativamente è costituito da una falda basale estesa all'intero edificio vulcanico e da più falde sospese che alimentano a quote medio-alte numerose sorgenti di portata generalmente ridottissima.

La falda basale, molto articolata nella geometria e nei rapporti di scambio con gli acquiferi sospesi, alimenta un numero limitato di grandi sorgenti "localizzate" (es. Acqua Vergine, Carano) ubicate alle quote minori lungo la periferia della idrostruttura e, soprattutto, sorgenti "lineari" allineate negli alvei del reticolo idrografico dove converge gran parte delle acque che si infiltrano nel sistema considerato (Fig. 6) (Boni et alii 1988).

Sebbene siano ancora scarsi i dati sperimentali sulla idrologia e sulla idrogeologia del Vulcano Laziale, lo schema della circolazione sotterranea che viene generalmente proposto considera i laghi Albano e di Nemi come affioramenti di falde sospese (alimentati cioè sorgenti sublacuali) che estendono la loro area di alimentazione nell'area intracalderica come del resto le sorgenti Facciate presso Nemi (circa 58 l . s⁻¹) e le sorgenti Acqua Mariana (170 l . s⁻¹) presso Grottaferrata (Ministero Agricoltura Industria Commercio 1892).

Sebbene riferiti a circa 120 anni fa, nel citato lavoro viene presentata una attendibile valutazione "indiretta" della portata delle sorgenti sublacuali che alimentano i laghi Albano e di Nemi, con valori rispettivamente di 100 e di 150 l . s⁻¹ circa.

Nell'acquifero multistrato della idrostruttura vulcanica altrettanto incerti sono i rapporti di continuità idraulica tra le falde sospese e la falda basale. Queste conoscenze sono di base per valutare gli effetti che l'emungimento dei pozzi determina sulla circolazione sotterranea e, di conseguenza, sulla variabilità della portata delle sorgenti e del livello dei laghi.

D'altra parte permane una generale incertezza sulle attuali condizioni idrodinamiche degli acquiferi dell'area vulcanica e le possibili interazioni con i corpi idrici superficiali (laghi), per la carenza di dati e di informazioni sia nel numero che nella ubicazione delle captazioni esistenti, sia nelle loro caratteristiche costruttive (profondità del pozzo, armatura, tipologia e posizione dei filtri), sia nella portata di produzione come nelle modalità di gestione della risorsa, sia nella determinazione dei potenziali idraulici degli acquiferi e dei livelli dinamici nei pozzi in produzione. Nell'ipotesi che l'idrostruttura del Vulcano Laziale sia idraulicamente isolata e, come tale alimentata esclusivamente dalle precipitazioni zenitali, la "precipitazione efficace" esprimerebbe la totalità delle risorse naturalmente rinnovabili incluso il "ruscellamento" (R) e la "infiltrazione effettiva" (IE).

Una stima di R e di IE, basata su dati di altre aree vulcaniche del Lazio con analoga litologia e struttura, fornisce rispettivamente valori dell'8% e del 28% per una precipitazione annua di poco superiore a 1000 mm (Boni et alii 1981 a; Bono et alii 1983).

Le risorse naturalmente rinnovabili dell'idrostruttura del Vulcano Laziale ammonterebbero, pertanto, a circa 430 milioni di m³/anno, equivalenti alla portata di circa 14 m³ . s⁻¹ e alla portata unitaria di 9 litri / s . km² (Boni et alii, 1955).

CICLICITA' DELLE PRECIPITAZIONI

Dalla elaborazione dei dati di consistenti serie delle precipitazioni riferite ad alcune stazioni meteo ubicate ai margini e all'interno dell'area vulcanica (Latina, Frascati, Roma UCEA), si identificano periodi ciclici di aridità e di umidità definiti, convenzionalmente, dalla intersezione della curva della media mobile (5 anni consecutivi di precipitazioni) con l'orizzontale di riferimento rappresentata dalla media annua della serie storica in esame (Fig. 7, 8, 9).

Di durata compresa tra 5 e 15 anni, l'alternanza dei periodi "umidi" e "aridi" si riscontra con sostanziale isocronia nelle tre stazioni meteo considerate, dove tra l'altro si rileva come dagli inizi degli anni '80 al 2002 (oltre 20 anni) permangano condizioni di scarsità di precipitazioni.

Sebbene di minor durata (circa 15 anni), un altro periodo di forte aridità comune alle tre stazioni - ma di valenza certamente regionale - è quello compreso tra gli anni '40 e il 1960, a cui si riferiscono le citate condizioni di crisi idrica evidenziate dalla caduta di portata delle maggiori sorgenti carsiche e dei livelli di numerosi laghi dell'Italia centrale.

Si deduce pertanto che l'ultimo periodo arido è storicamente il più lungo e ancora non esaurito, sebbene nella seconda metà degli anni '90 si rilevi una ripresa delle precipitazioni con tendenza verso valori prossimi alla media annua delle serie in esame.

Da una valutazione della diminuzione delle precipitazioni nel periodo 1980 - 2002, risulta che la flessione media degli afflussi rispetto al valore annuo medio delle tre stazioni meteo considerate è compreso tra il 10 e il 15%.

Per un confronto con le variazioni di livello dei laghi Albano e di Nemi, quella di Frascati (periodo 1868 - 2002) è la serie storica delle precipitazioni prescelta sia per la durata che per la completezza dei dati. Ubicata alla quota di 322 m, tra le stazioni presenti nell'area del Vulcano Laziale è ritenuta maggiormente rappresentativa delle precipitazioni che interessano i bacini imbriferi dei due laghi.

Della citata stazione, la precipitazione annua media riferita a 135 anni di osservazioni è di 926 mm. La precipitazione annua "minima", di poco maggiore di 100 mm, è del 1889 mentre la "massima" è del 1919 con altezza prossima a 1700 mm. Entrambi gli anni con precipitazioni estreme, si collocano all'interno di periodi "freddi", caratterizzati cioè da temperature massime e minime minori della media annua.

IL LAGO ALBANO E IL LAGO DI NEMI

Per il lago di Nemi la serie dei dati idrometrici "disponibili" si limita al periodo 1952-1967 (letture giornaliere istantanee) e al periodo 1999pp - 2002pp (stazione automatica) (Fig. 10).

Per il lago Albano si dispone invece di un più esauriente record di misure eseguite (come per Nemi) dall'Ufficio Idrografico di Roma nei periodi 1951-1992 e 1998-2001 (Fig. 11). Si precisa,

tuttavia, che l'anno di inizio delle osservazioni indicato negli Annali del Servizio Idrografico è il 1845 sebbene i dati antecedenti al 1951 non siano al momento reperibili per una analisi storica più esauriente.

Purtroppo dal Giugno 2001 la stazione meteo-idrologica automatica del Servizio Idrografico dello Stato, ubicata presso il Centro CONI – FICK (lago Albano), non è più operativa.

Poiché le misure idrometriche riferite al lago di Nemi coprono un periodo continuativo di soli 17 anni (1952-1967), per una analisi comparativa esaustiva tra le precipitazioni e le variazioni di livello aggiornate agli anni 2000 i dati disponibili risultano di limitata significatività.

Ad integrazione dei dati idrometrici del Servizio Idrografico dello Stato, sono di un certo interesse le informazioni acquisite in loco, le misure del livello del lago di Nemi da parte di archeologi danesi (Luglio 2002) e i recenti rilevamenti idrologici e topografici (tuttora in itinere) condotti dagli autori nell'area di dominio dei due bacini lacustri (Figg. 12, 13).

Memorie e dati riferiti da residenti e da pescatori del luogo unitamente ad osservazioni e rilevamenti particolareggiati condotti nel bacino di Nemi, indicano che:

a) l'inizio del declino del livello del lago si colloca nella prima metà degli anni '80 come del resto documentano per il lago Albano i dati idrometrici del Servizio Idrografico dello Stato (Ufficio di Roma);

b) rilevamenti topografici di precisione (GPS) eseguiti dagli autori il 27 Marzo 2003, precisano che la quota dell'Emissario Romano alla soglia dell'Incile del lago di Nemi è di 324.82 m.

Il dislivello "Incile – Lago" nello stesso giorno del rilevamento era di - 3.45 m;

c) negli ultimi 20 anni il massimo dislivello "Incile – Lago" osservato da un pescatore del luogo, è stato raggiunto nell'Ottobre 1994 con - 4 metri (comunicazione personale di Catarci Carlo). Questo valore sarebbe sostanzialmente coerente con il dato "spot" di -4.30 m rilevato dai ricercatori danesi nel Luglio 2002. E' verosimile che gli archeologi abbiano riferito il dislivello di -4.30 m alla altezza idrometrica di + 0.5 m dalla soglia dell'Incile, ritenuto come presunto livello medio del lago in epoca romana;

d) da calcoli degli autori, lo zero idrometrico "Pontile" a cui è riferita la serie dei dati 1952-1967 si troverebbe alla quota di 322.82 m in luogo di 320.00 m, come indicato negli Annali Idrologici (Parte Seconda) dell'Ufficio Idrografico di Roma.

e) il nuovo zero idrometrico (quota 321.00 m) della stazione automatica dell'Ufficio Idrografico, operativa nel periodo 1999 pp – 2002 pp, si collocherebbe pertanto a - 3.82 m dalla soglia dell'Incile dell'Emissario Romano;

f) nel periodo 1885 – 1888 (Ministero Agricoltura Industria Commercio 1892) il livello del lago all'Incile avrebbe oscillato tra + 0.2 e + 0.4 m di altezza dalla "livelletta" del canale emissario, con escursioni annue minori di 20 cm;

g) nel periodo 1952 – 1967, le variazioni annue tra i livelli massimo e minimo sono comprese tra 0.6 e 0.7 m mentre all'Incile l'altezza della lama d'acqua in uscita dall'Emissario oscillerebbe tra 20 e 100 cm, circa 60-80 cm in più rispetto ai dati degli anni 1885 – 1888;

h) dagli anni '70 in poi Catarci Carlo osserva ripetutamente all'Incile dell'Emissario Romano altezze della lama d'acqua variabili nel corso degli anni intorno a 30 - 50 cm dalla soglia del canale, sino alla definitiva cessazione del flusso a partire dalla seconda metà degli anni '80.

Sebbene la misura del dislivello eseguita dai ricercatori danesi nel Luglio 2002 sia un dato "spot", è certo che l'abbassamento di 4 metri della superficie del lago dalla livelletta del canale Emissario, è circa 1 metro in più di quanto si rilevi nello stesso periodo al lago Albano.

Poiché la serie più significativa dei dati idrometrici (continuità e durata) si riferisce al lago Albano "Incile Canale Emissario" (zero idrometrico: quota 292.00 m), le osservazioni che seguono sono dirette al maggiore dei due bacini lacustri anche se è lecito ritenere che la dinamica delle variazioni di livello nei citati sistemi sia confrontabile almeno in termini qualitativi.

Rilevamenti topografici GPS eseguiti dagli autori il 13 Marzo e il 2 Aprile 2003, hanno consentito di definire la quota di alcuni caposalda necessari al monitoraggio "in itinere" delle variazioni del

livello del lago e di verificare la correttezza della quota dello zero idrometrico attribuita dal Servizio Idrografico dello Stato all'asta Incile del Canale Emissario.

Dai dati idrometrici annui (media dei valori medi mensili, massimo e minimo mensile dell'anno) rilevati alla stazione "Canale Emissario" dal 1951 al 1992 (Ufficio Idrografico di Roma), si osserva una stretta relazione tra l'andamento ciclico delle precipitazioni di Frascati e le fluttuazioni della superficie del lago soprattutto nel periodo 1951- 1965 (Fig. 11).

Questa correlazione non è altrettanto evidente nel periodo di aridità compreso tra il 1967 e il 1977. Si precisa che il flusso nell' emissario Albano era regolato giornalmente mediante paratie mobili manovrate dal personale addetto anche alla lettura dell'asta idrometrica e che la portata rilasciata nel periodo estivo-autunnale, era funzione soprattutto della domanda dell'utenza agricola dell'area di Le Mole, località in cui termina il canale Romano alcuni chilometri a sud-ovest del lago.

D'altra parte anche nei periodi di intense precipitazioni, il flusso in uscita veniva modulato con la manovra del sistema di chiuse, al fine di tenere sotto controllo possibili esondazioni del lago così come accadeva del resto in epoca romana.

In particolare il periodo 1960 – 1979 (Fig. 11) coincide con alti livelli di stazionamento del lago intorno al metro sullo zero idrometrico (quota 292.00 metri) che, come precisato, corrisponde alla livelletta del Canale Emissario Romano.

I livelli sono sostenuti da condizioni climatiche caratterizzate da abbondanti precipitazioni, con valori maggiori della media annua nei periodi iniziale e finale, rispettivamente dal 1960 al 1967 e dal 1976 al 1982.

A partire dal 1980 (Fig. 11) si determina un radicale cambiamento delle condizioni idrologiche dell'area albana come evidenzia il progressivo abbassamento del livello del lago, con decrementi annui di altezza che sino al 2002 sono in media di 15 centimetri e di circa 40 cm (valore massimo) nel 1988.

Così dal 1980 il flusso nell'Emissario Romano diminuisce gradualmente, esaurendosi totalmente nel 1994 allorché il livello del lago scende sotto la livelletta del canale.

La fase di decrescita del livello del lago subisce un temporaneo arresto nel periodo 1985 – 1988 stabilizzandosi intorno a 0.6 metri sopra lo zero idrometrico, condizione che assicura ancora continuità di flusso al Canale Emissario.

Il gap dei dati idrometrici dal 1994 al 1997, non permette di stabilire correlazioni con le precipitazioni dello stesso periodo che, sebbene al di sotto della media annua, evidenziano una tendenza alla ripresa sino al 1999 in palese contrasto con l'andamento del livello del lago in forte calo.

Osservazioni "dirette" degli autori e i dati idrometrici sperimentali del periodo 1998 – 2001(stazione meteo-idrologica automatica del Servizio Idrografico dello Stato), confermerebbero la progressione esponenziale della caduta del livello del lago iniziata dal 1992, in parallelo ad una nuova marcata flessione delle precipitazioni dal 2000 ad oggi (Fig. 14 , 15).

PRIME VALUTAZIONI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalla serie dei dati idrometrici pare evidente come la fluttuazione della superficie del lago Albano segua l'andamento ciclico delle precipitazioni, con maggiori e minori valori di altezza d'acqua corrispondentemente ai periodi "umidi" e "aridi" della serie storica.

L'inizio della decrescita delle altezze idrometriche del lago Albano (1981) -e verosimilmente del lago di Nemi- è segnato, infatti, da una sensibile diminuzione delle precipitazioni che si protrae sino ai nostri giorni, con valori annui minori in media del 10 – 15% rispetto alla media annua della serie storica di stazioni rappresentative dell'area vulcanica e pontina.

Si identifica così un lungo periodo di aridità (peraltro non ancora superato) la cui durata è di oltre 20 anni, in assoluto il più persistente dal 1868 data di inizio della serie storica delle precipitazioni presa come riferimento ("Frascati").

La scarsità delle precipitazioni zenitali sugli specchi d'acqua e nei rispettivi bacini imbriferi, hanno certamente favorito il progressivo declino del livello dei laghi Albano e di Nemi come

conseguenza di minori contributi “diretti”, del ruscellamento e delle sorgenti sia subaeree che sublacuali.

Considerando come caratteristica del periodo 1980 – 2000 la diminuzione delle precipitazioni del 10% rispetto alla media annua di 900 mm (Stazione “Frascati” : 926 mm), il minor afflusso “diretto” sugli specchi lacustri sarebbe indicativamente di 100 mm / anno.

In mancanza di dati sperimentali è ragionevole, tuttavia, considerare il decremento delle precipitazioni come una delle cause da cui deriva la variazione negativa del livello dei laghi.

In attesa di acquisire con indagini mirate dati sperimentali specifici, si possono avanzare alcune valutazioni di massima sulla incidenza delle precipitazioni nel processo depletivo dei laghi.

Nella ipotesi che l’evaporazione degli specchi d’acqua sia maggiore delle precipitazioni zenitali di un valore annuo di circa 10 cm di altezza (pari cioè al decremento medio degli afflussi), si configurerebbero i seguenti scenari.

Per esemplificazione, ipotizzando che il tasso di evaporazione permanga invariato durante il ciclo di aridità, l’abbassamento della superficie dei laghi del Vulcano Laziale dal 1979 al 2000 (periodo di 21 anni) sarebbe prossimo a 2.1 metri.

Se invece si considera il 1988 come l’anno di inizio della fase più critica delle variazioni di livello del lago Albano, l’abbassamento risultante all’anno 2000 (12 anni) sarebbe di circa 1.2 metri.

A partire dal 1994 (cioè dall’anno in cui il livello del lago raggiunge la quota del canale emissario) sino al 2000 (7 anni), l’aliquota di abbassamento della superficie dello specchio lacustre dovuta all’evaporazione sarebbe indicativamente di 0.7 metri.

Nei tre casi esaminati, l’incidenza della diminuzione delle precipitazioni sull’abbassamento di livello del lago Albano sarebbe del 60 % sul totale di m 3.70 in 21 anni, del 40 % sul totale di m 3.10 in 12 anni e del 30 % sul totale di m 2.50 in 7 anni.

Ciò significa che nei casi esaminati una aliquota dell’abbassamento totale compresa indicativamente tra il 40 e il 70 %, sia dovuta ad altri fattori in parte naturali (minore infiltrazione efficace e ruscellamento) ed antropici (emungimenti da pozzi), che riducono il flusso delle acque sotterranee e di superficie verso il bacino lacustre. Tra gli effetti che derivano dalle azioni antropiche si annoverano anche i prelievi “diretti” dal lago.

Nella ipotesi che dal 1994 al 2000 (7 anni) il 70 % dell’abbassamento totale del livello del lago (circa 1.8 m) sia dovuto esclusivamente a prelievi “diretti”, sarebbe sufficiente un pompaggio continuo dal bacino lacustre prossimo a 50 litri / secondo per giustificare tale variazione negativa.

Se si considerano i prelievi “effettivi” dal lago Albano (dati del Comune di Castel Gandolfo), dovremmo ammettere che le concessioni assegnate alle utenze sommano una portata di circa 20 litri / secondo, pari indicativamente al 40 % del totale. Il restante 60 % dovrebbe rappresentare l’aliquota di risorse (in gran parte sotterranee) che non giunge al lago per effetto sia della diminuzione delle precipitazioni, sia per il pompaggio da pozzi.

Sulla base di precise verifiche topografiche condotte dagli autori negli anni 1984 e 2003, è possibile esprimere una valutazione quantitativa delle variazioni morfometriche e idrologiche subite dai due bacini lacustri nel corso dell’attuale periodo di aridità.

L’abbassamento del livello del lago Albano dal 1984 (H idr. “Incile”: + 0.43m) al 2003, risulta di 2.73 m con una diminuzione volumetrica di circa 16.2 milioni di m³ di risorsa, pari al 3,5 % del totale (Fig. 4).

In teoria, se il lago Albano venisse considerato come un sistema “chiuso” (cioè senza scambi con l’esterno) tale variazione di volume sarebbe equivalente ad una sottrazione continua di risorsa dal lago pari alla portata di 28 litri / secondo.

Nello stesso periodo di 19 anni, la superficie “bagnata” del lago ha subito un decremento valutabile a 337.238 m², pari al 5.4 % del totale, come evidenzia l’accrescimento delle spiagge emerse soprattutto nel settore nord-occidentale del bacino lacustre (Foto 3).

Sebbene riferite allo stesso periodo, analoghe considerazioni per il lago di Nemi evidenziano un abbassamento del livello della tavola d’acqua dall’Incile dell’Emissario Romano di circa 3.80 m, cioè oltre 1 metro maggiore di quello del lago Albano.

Tale valore rappresenta il massimo abbassamento raggiunto dal lago di Nemi a partire dagli anni '50, cioè dagli inizi del monitoraggio idrometrico condotto dal Servizio Idrografico dello Stato. La diminuzione volumetrica corrispondente è di circa 6.6 milioni di m³ di risorsa, pari al 17 % del totale (Fig. 5).

Nella ipotesi che il lago di Nemi venisse considerato come un sistema "chiuso", tale variazione di volume sarebbe equivalente ad una sottrazione continua di risorsa valutabile a circa 12 litri al secondo. Dal 1984 al 2002, la superficie "bagnata" del lago ha subito un decremento di circa 99.300 m², pari al 5.6 % del totale, con accrescimento della spiaggia emersa soprattutto nel settore settentrionale del bacino lacustre (Foto 4).

RACCOMANDAZIONI

Sebbene siano ancora carenti i riscontri sperimentali, le prime valutazioni indicherebbero come la criticità delle condizioni climatiche degli ultimi 20 anni abbia inciso negativamente sulle risorse idriche sotterranee rinnovabili, riducendo l'infiltrazione effettiva e con essa il contributo che l'acquifero delle vulcaniti assicura naturalmente, anno dopo anno, ai due laghi.

Tali contributi, variabili in relazione alle condizioni climatiche, possono subire forti decrementi sino al totale esaurimento allorché azioni antropiche modifichino (come verosimilmente accade nell'area calderica) il ciclo idrologico naturale della idrostruttura vulcanica albana.

Come accennato, gli effetti antropici sulle variazioni di livello dei sistemi lacustri Albano e di Nemi derivano oltre che dai prelievi in alveo anche dall'emungimento di acque sotterranee da un imprecisato numero di pozzi ubicati nell'area di alimentazione dei due bacini i cui spartiacque sotterranei (sebbene ancora incerti) cadono certamente all'interno della cinta calderica (Fig. 2b).

Allo stato delle conoscenze non si può escludere, tuttavia, che l'accelerazione degli abbassamenti di livello dei laghi sia favorita anche dallo stato di stress idrologico generale (Figg. 1, 2) a cui è sottoposta l'intera idrostruttura vulcanica (km²1500).

Si precisa che dalla falda basale della idrostruttura vulcanica trova approvvigionamento un considerevole numero di pozzi con rilevanti portate di produzione sia per la rete di acquedotti (campo pozzi di Carano, Laurentino, Vergine-Salone etc.) come per l'agricoltura e per l'industria.

In proposito, dovrebbe essere verificata con specifiche indagini idrologiche, idrogeologiche e di chimica isotopica, estese alla intera idrostruttura del Vulcano Laziale, l'ipotesi di continuità idraulica tra la falda di base e gli acquiferi che, "ritenuti" sospesi dalle attuali conoscenze, alimentano lateralmente i bacini lacustri.

Il ricorso ciclico di periodi "aridi" e "umidi" con diversa durata e frequenza, e gli effetti derivabili sull'ambiente e sulle attività produttive sia in termini di risorse realmente disponibili sia di impatto sugli ecosistemi, deve costituire un tema prioritario di ricerca a cui le ATO territorialmente competenti, le istituzioni locali e la Regione Lazio non possono sottrarsi.

Pare evidente l'esigenza di avviare entro breve un progetto di monitoraggio che in tempo reale consenta di precisare il quadro ambientale dei sistemi lacustri del Vulcano Laziale con lo scopo di seguirne l'evoluzione idrologica (oggi critica), sulla base di dati acquisiti da una rete rappresentativa di osservatori.

D'altra parte appropriate azioni preventive ed interventi di mitigazione tesi al recupero di soddisfacenti condizioni ambientali, sono di difficile attuazione e di incerta efficacia soprattutto quando manchi una adeguata base conoscitiva delle condizioni idrogeologiche (ad esempio la definizione dei limiti dei bacini di alimentazione sotterranea dei due laghi) e di dati di riferimento continui nel tempo inerenti i potenziali idraulici delle acque sotterranee, l'idrometria dei laghi, i parametri climatici, l'evaporazione degli specchi lacustri, i prelievi di risorse idriche dalla superficie e dal sottosuolo, il chimismo e la caratterizzazione isotopica delle acque.

Più in generale, i numerosi segnali di una crisi climatica imprevedibilmente lunga e acuta impongono maggiori conoscenze sia alla scala locale che regionale dei sistemi acquiferi da cui deriva il patrimonio delle "risorse" naturalmente rinnovabili e delle "riserve geologiche" che ancora oggi, senza alcuna distinzione, vengono comunemente utilizzate per il fabbisogno idrico domestico e delle attività agricole ed industriali.

In questo quadro di problematiche ambientali di rilevante importanza, diventa ineludibile da parte delle istituzioni una attenta riflessione sulla attuale gestione delle risorse idriche (concessioni e controllo dei consumi, destinazione d'uso delle risorse, tecniche di irrigazione, coltivi ad alto consumo di acqua, perdite della rete di trasporto, sprechi etc.), poco razionale e fuori controllo in termini di bilancio tra la disponibilità reale e la domanda in crescente espansione, a fronte del progressivo declino della quantità e della qualità del patrimonio di risorse idriche sia di superficie che sotterranee.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Francesco Mele, Direttore dell'Ufficio Idrografico di Roma, e Cristina Pompei della stessa Istituzione, per la proficua collaborazione e il prezioso contributo critico nella interpretazione dei dati idrometrici degli osservatori considerati.

Un doveroso riconoscimento di gratitudine a Carlo Catarci per la disponibilità e il prezioso aiuto logistico offerto ai tesisti di Idrogeologia nei rilevamenti idrologici "in itinere" nel lago di Nemi.

A Giuseppe Brunetti, Segretario Generale della Federazione Italiana Canoa Kayak, per la concreta collaborazione e l'assistenza dei tecnici del Centro Coni - FICK di Castel Gandolfo, ai tesisti di Idrogeologia nelle operazioni di rilevamento "in itinere" nel lago Albano.

Ai Sindaci dei Comuni di Castel Gandolfo, Albano, Nemi e Ariccia per la cortese disponibilità del personale tecnico nel reperimento di dati, di informazioni e nella attiva partecipazione ai rilevamenti di campo.

A P. Attilio Maniscalco, Direttore INSEAN (lago di Nemi), e ad Andrea Corsi, IDA S pA (Monte Cavo), per aver favorito l'installazione di strumenti per il rilevamento di parametri idrometrici e climatici nei siti controllati da personale tecnico delle rispettive Istituzioni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BONI C, BONO P, CAPELLI G, FUNICIELLO R, LOMBARDI S, PAROTTO M, ROSSI FM. & VENTURA G (1979) – *Lineamenti idrogeologici, idrologici e idrochimici della Regione Albana: primi risultati della campagna 1977-1979.* Atti Seminario Informativo PFE-EG, CNR

BONI C, BONO P & CAPELLI G (1988) – *Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio.* Regione Lazio – Assessorato alla Programmazione ICA, Ufficio Parchi e Riserve Naturali – Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento Scienze della Terra, Lab.Idrogeologia

BONI C, BONO P, CAPELLI G, ROSSI FM & SHOLL C (1981 a) – *Tentativo di bilancio idrogeologico dell'Area Albana nel periodo Ottobre 1978 – Settembre 1979.* Atti II Seminario Informativo PFE-EG, CNR , 2 : 93-113

BONI C, BONO P, CAPELLI G, D'AMORE F & LOMBARDI S (1981 b) – *Nuove osservazioni su idrogeologia , geochimica e termalismo dell'Area Albana (Lazio meridionale).* Atti II Seminario Informativo PFE-EG, CNR, 2 : 64-74

BONI C, BONO P, LOMBARDI S, MASTROLILLO L & PERCOPO C (1995) – *Hydrogeology, fluid geochemistry and thermalism.* In: The Volcano of the Alban Hills. Ed TRIGILA R, Roma, 221-242

BONO P (1981) – *Valutazione preliminare del potenziale geotermico della regione laziale.* Geol Rom, 20 : 69-78

BONO P, CHIARINI W, RABOTTINO S & ROSSI FM (1983) – *Idrologia dell'area vulcanica albana: campagna di rilevamento Aprile 1981 – Aprile 1982 .* ENEL-UNG (Rapporto inedito)

CAPUTO C, CICCACCI S, D’ALESSANDRO L, DAVOLI L, FREDI P, LA MONICA GB, LANDINI B, LUPIA PALMIERI E, PUGLIESE F & RAFFI R (1990) – *Indagini climatiche, geomorfologiche e sedimentologiche*. In : Progetto “Lago Albano”. Univ. degli Studi di Roma “La Sapienza” – Provincia di Roma

CICCACCI S, D’ALESSANDRO L, DAVOLI L, LA MONICA GB & LUPIA PALMIERI E (1987) – *Caratteristiche climatiche, geomorfologiche, sedimentologiche e idrologiche*. In : Valutazione della situazione ambientale del Lago di Nemi. Univ. Studi Roma “La Sapienza” – Provincia di Roma

D’ALESSANDRO L, DE RITA D, FUNICIELLO R (1987) – *Caratteristiche geologiche ed elementi di idrogeologia*. In : Valutazione della situazione ambientale del Lago di Nemi. Univ. Studi Roma “La Sapienza” – Provincia di Roma

DE RITA D, FACENNA C, FUNICIELLO R & ROSA C (1995) – *Stratigraphy and volcano-tectonics*. In : The Volcano of the Alban Hills. Ed TRIGILA R, Roma, 33-71

MINISTERO AGRICOLTURA INDUSTRIA COMMERCIO (1892) – *Carta Idrografica d’Italia “Lazio”*. Roma

MINISTERO LAVORI PUBBLICI – *Annali Idrologici*. Ufficio Idrografico di Napoli

MINISTERO LAVORI PUBBLICI – *Annali Idrologici*. Ufficio Idrografico di Roma

MINISTERO RISORSE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI – *Bollettini delle Osservazioni Meteorologiche*. Ufficio Centrale Ecologia Agraria. Roma