

Anticipata via posta elettronica

**Direttore Generale
Dott. Mauro Grassi
Regione Toscana
Direzione Generale delle Politiche
Territoriali ed Ambientali
Via di Novoli 26
50127 Firenze**

Roma, 19 marzo 2007

Oggetto: Vostre note del 16 gennaio 2007, Prot. A00GRT/13761/124.02.02, e del 22 gennaio 2007, Prot. A00GRT/19166/124.02.02.

Egregio Direttore,

Si risponde alle Sue due lettere di cui in oggetto, anche a seguito della riunione tenutasi a Firenze il 29 gennaio scorso presso il Gabinetto del Presidente, in due parti di cui la presente è la prima. Si ritiene, comunque, che codesto ufficio debba prevedere un compenso commisurato agli ulteriori studi e approfondimenti da Lei richiesti ad EDRA.

Si anticipa che i documenti presentati da ENEL sembrano basati su dati che si reputa siano parziali e che le conclusioni a cui essi giungono sono spesso limitate da un'applicazione non comprensiva delle leggi che regolano il flusso gravitativo polifasico nei mezzi porosi.

Si condivide pienamente Le Sue preoccupazioni riguardo alla possibile correlazione tra falda superficiale e campo geotermico del Monte Amiata, come indicata nella Relazione sviluppata a seguito della convenzione tra la Regione Toscana ed EDRA per la realizzazione del rilievo geostrutturale dell'apparato vulcanico del Monte Amiata in attuazione del Piano di Lavoro adottato con deliberazione della Giunta Regionale n. 341 del 8/4/2002 (Decreto Giunta Regionale n. 5859 del 7/10/2005). ✓



Con la collaborazione degli altri responsabili della suddetta Relazione, con i dati fornitici dell'Ufficio della Dott.ssa Sargentini ed utilizzando altro materiale a nostra disposizione abbiamo potuto ricostruire la relazione tra portate di vapore estratte da ENEL dai due campi geotermici di Piancastagnaio e Bagnore del Vulcano Amiata in due importanti periodi di sfruttamento:

- 1) il primo sfruttamento del campo geotermico superficiale di Bagnore dal 1958 al 1967;
- 2) gli ultimi anni di sfruttamento dei campi geotermici profondi (Bagnore e Piancastagnaio congiunti) dal 2002 al 2006.

Abbiamo, infine,

- 3) evidenziato la correlazione esistente tra portate ed inquinamento delle sorgenti del Fiora.

1. Primi anni di sfruttamento

Per quanto riguarda i primi anni di sfruttamento del campo geotermico superficiale a Bagnore, abbiamo ricostruito la portata di vapore (in kg/s) dai dati contenuti nel Documento "L'energia geotermica in Toscana e nel Lazio settentrionale, due secoli di storia" pubblicato a cura di ENEL, mentre le portate della Galleria Nova delle sorgenti del Fiora (in l/s) con i dati forniti dall'Acquedotto del Fiora SpA all'Ufficio della Dott.ssa Sargentini (vedi Fig. 1). Dai dati si evince che le portate complessive delle sorgenti nella seconda parte degli anni '60 erano superiori a 950 l/s, mentre la portata la sola Galleria Nova era superiore a 800 l/s.

Un calcolo grossolano della relazione tra portata di vapore e decremento di portata delle sorgenti indica che una riduzione di portata delle sorgenti di circa 150-300 (l/s) corrisponde ad un incremento di portata di vapore di circa 20 (kg/s). Quindi per ogni 1 (kg/s) di vapore estratto vi sono 7.5-15 (l/s) di acqua che è persa delle sorgenti del Fiora, almeno durante il primo sfruttamento del campo geotermico superficiale e per lo specifico regime di portate della sorgente stessa. Questa relazione, anche se ovviamente approssimativa, deriva dal fatto che il vapore estratto dal campo ad alta temperatura e pressione ha una densità ben inferiore alla densità dell'acqua a temperatura e pressione ambiente.

Ne segue che, qualora tale relazione possa essere estrapolata linearmente, i circa 40 (kg/s) di vapore estratti dal campo geotermico superficiale corrispondano a 300-600 (l/s) di acqua in meno dalle sorgenti. Questa osservazione indica che la portata complessiva delle sorgenti del Fiora, senza sfruttamento del campo geotermico potrebbe forse anche essere di 900-1300 (l/s), forse anche il doppio della portata attuale.

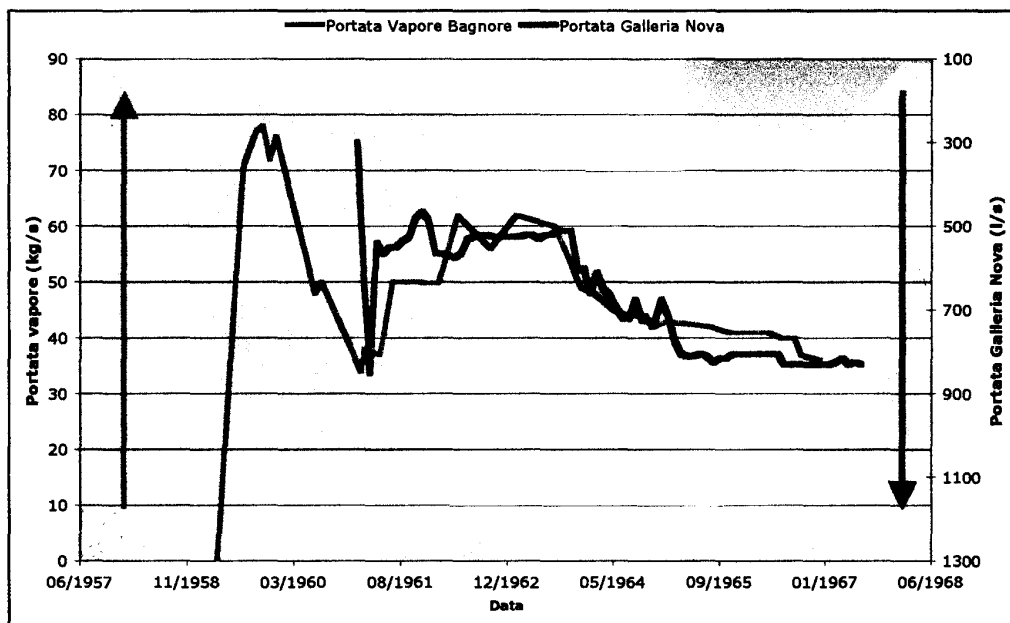


Fig. 1. Correlazione tra portate di vapore estratte dal campo geotermico superficiale di Bagnore (linea lilla con scala di sinistra che aumenta verso l'alto) e le portate della Galleria Nova delle sorgenti del Fiora (linea azzurra con scala di destra che aumenta verso il basso). Osservare che lo sfruttamento geotermico è iniziato prima dell'apertura della Galleria Nova. Si nota che il massimo della portata di estrazione del vapore tra gli anni 1961 e 1963 corrisponde ad un minimo di portata delle sorgenti. Parallelamente i minimi di portata di estrazione del vapore corrispondono ai massimi di portata delle sorgenti. Le piccole divergenze tra le due curve potrebbero probabilmente essere dovute ad emissioni di vapore non convogliate alla produzione di energia elettrica e/o al regime stagionale delle portate della sorgente.



2. Ultimo periodo di sfruttamento

Un grafico simile al primo può essere realizzato dal 2002 al 2006 utilizzando le portate di vapore estratte dal campo geotermico e le portate di acqua delle sorgenti del Fiora, dati che sono stati corrisposti dall'Ufficio della Dott.ssa Sargentini (Vedi Fig. 2 e Fig. 3).

In questo caso il vapore estratto proviene quasi completamente dal campo geotermico profondo, comportando che il raggio d'influenza è molto maggiore che nel primo caso e probabilmente esteso a tutto il vulcano Amiata. Infatti, osservando la Fig. 2 si vede chiaramente che, a differenza del grafico mostrato in Fig. 1, la correlazione tra portata di vapore estratta dal campo di Bagnore e la portata complessiva delle sorgenti del Fiora non pare essere molto significativa (Fig. 2a). La correlazione, invece, diventa più significativa quando si consideri la portata di vapore estratta dal campo di Piancastagnaio (Fig. 2b). Ciò indica che è proprio lo sfruttamento del campo geotermico di Piancastagnaio quello che maggiormente influenza le variazioni della portata attuale delle sorgenti del Fiora.

Un altro aspetto d'importanza fondamentale è l'osservazione che in entrambi i campi geotermici vi sono stati dei picchi nelle curve di produzione di vapore con incrementi e decrementi dell'ordine di anche il 50%. I primi due picchi, quelli dell'Agosto 2003 ed Agosto 2004 sono stati concordi, cioè per entrambi i campi geotermici vi è stato un incremento nella produzione di vapore. Il terzo picco del Gennaio 2006, invece, mentre vi è un incremento della portata di vapore a Piancastagnaio vi è un decremento della portata di vapore a Bagnore.

La somma delle portate di vapore relative ai due campi geotermici è mostrata nei grafici di Fig. 3, nei quali è ben visibile la correlazione inversa tra portata di vapore e portata delle sorgenti. Il grafico può essere suddiviso temporalmente in 4 parti:

- 1) Nella prima parte, fino a Luglio 2003, vi è una corrispondenza "uno a uno" tra le variazioni relative alla portata di vapore e quelle relative alla portata delle sorgenti del Fiora.
- 2) Con il primo picco di incremento della portata di vapore (del 60% circa) dell'Agosto 2003 si osserva che la curva della portata delle sorgenti inizia a distaccarsi dalla curva della portata di vapore indicando che le sorgenti non riescono a recuperare la portata originaria (cioè a mantenere la stessa relazione tra la loro portata ed il vapore prodotto) nonostante le ripetute riduzioni successive della estrazione di vapore.

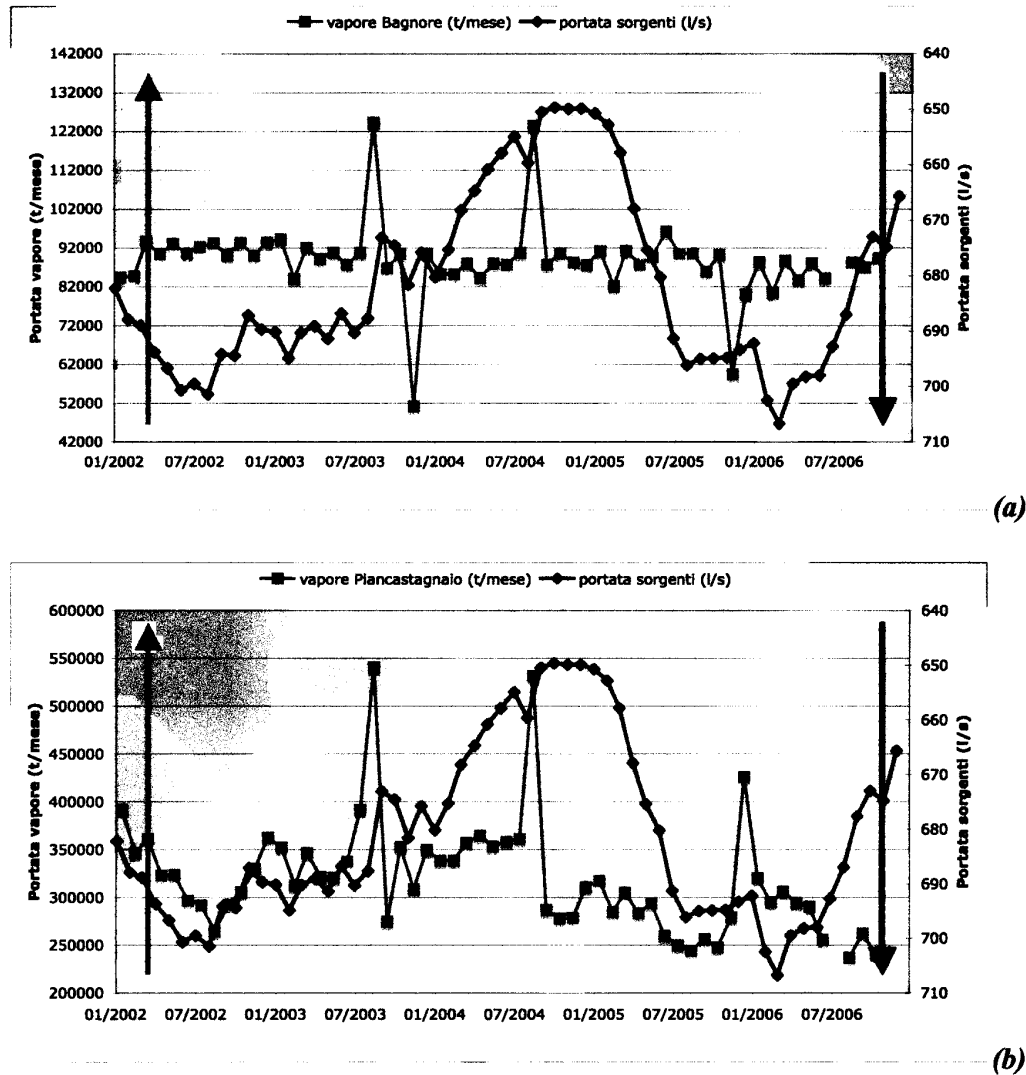


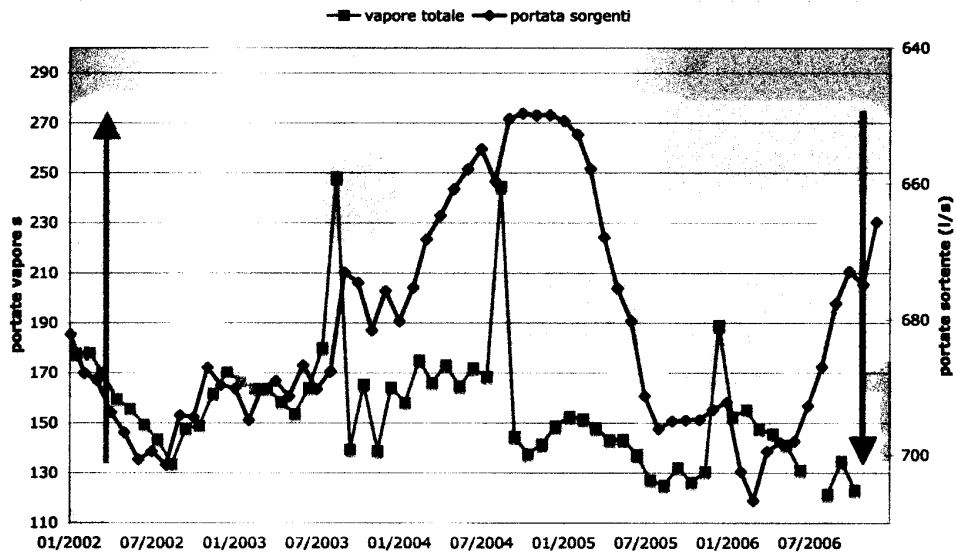
Fig. 2. Grafici delle portate di vapore (curva lilla, scala di sinistra) e delle portate delle sorgenti del Fiora (curva azzurra, scala di destra, che aumenta verso il basso) in funzione del tempo. Notare che le portate delle sorgenti sono maggiormente simili alle portate di vapore di Piancastagnaio (b) che di Bagnare (a).



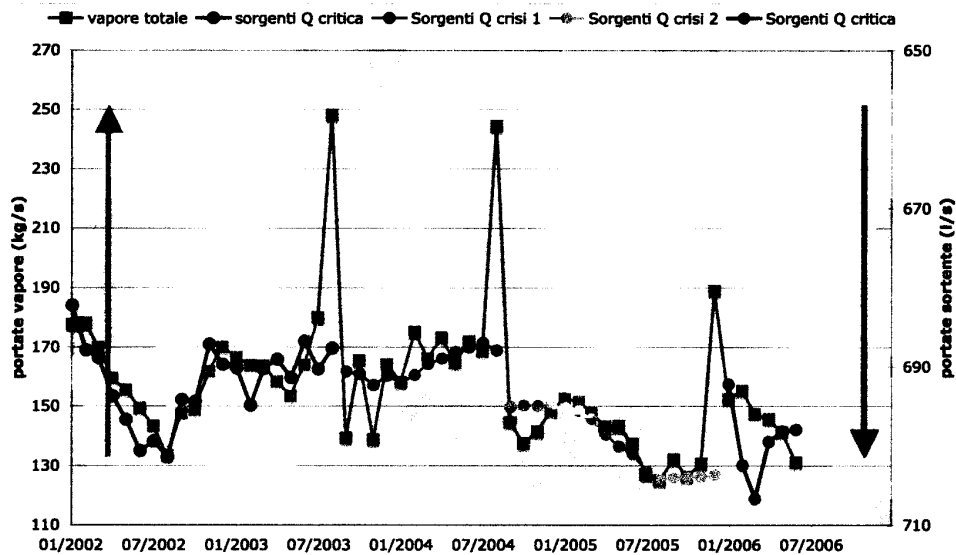
- 3) A seguito del secondo picco di produzione di vapore (del 60% circa) dell'Agosto 2004 si osserva un'ulteriore riduzione delle portate che viene a essere recuperata unicamente con un'ulteriore significativa riduzione nella produzione di vapore.
- 4) A seguito del terzo picco del Gennaio 2006 (in cui aumenta la produzione del campo di Piancastagnaio e diminuisce la produzione del campo di Bagnore) si genera una nuova fase in cui la portata delle sorgenti entra nuovamente in crisi.

Nei casi in cui le due curve si discostano l'una dall'altra, facendo credere che non vi è più un'ovvia correlazione inversa tra portata di vapore e portata delle sorgenti, è sufficiente utilizzare parametri di scala leggermente diversi (e che riflettono condizioni più critiche rispetto alle sorgenti) per poter verificare invece una perfetta corrispondenza tra le due curve (vedi Fig. 3b).

Questo incremento temporale del contributo delle sorgenti del Fiora al vapore utilizzato dallo sfruttamento geotermico è probabilmente legato ad effetti climatici, a causa dei quali, in anni particolarmente secchi, i contributi al vapore estratto derivanti dall'acquifero che alimenta anche le sorgenti dell'Amiata variano arealmente in modo non omogeneo.



(a)



(b)

Fig. 3. (a) Grafici della portata totale di vapore da entrambi i campi geotermici (scala di sinistra) e della portata delle sorgenti del Fiora (scala di destra). **(b)** Qualora vengano utilizzati parametri di scala leggermente diversi a seguito dei picchi di estrazione di vapore, la correlazione inversa mostrata migliora significativamente.



3. Inquinamento delle sorgenti del Fiora

Le analisi chimiche dell'acqua delle sorgenti del Fiora, come anche quelle relative a quasi tutte le altre sorgenti Amiatine, hanno mostrato come negli ultimi anni vi sia stato un incremento dei contenuti di Arsenico e Boro, elementi che potrebbero essere derivati dai fluidi geotermici. I dati di analisi utilizzati per verificare questa correlazione sono quelli rilevati dall'ASL e dall'ARPAT competenti per territorio. I grafici mostrati in Fig. 4 si riferiscono unicamente alle Galleria Nova e Galleria Bassa delle sorgenti del Fiora.

Si rileva come mentre vi è una chiara correlazione tra la concentrazione di Arsenico e la portata della Galleria Nova (Fig. 4a), la correlazione non pare così evidente per quanto riguarda la Galleria Bassa (Fig. 4b). Dato che la portata della Galleria Nova è molto maggiore della portata della Galleria Bassa, questo fatto indica che la concentrazione di arsenico è funzione della portata totale delle sorgenti e non è legata specificatamente alle singole sorgenti. Infatti, qualora venga indicata in grafico la portata totale si verifica una chiara correlazione inversa tra portata e concentrazione di Arsenico (Fig. 5a). Anche la concentrazione di Boro mostra una sostanzialmente identica correlazione inversa (Fig. 5b).

Entrambe le concentrazioni di Arsenico e Boro aumentano di circa il 400% per una riduzione della portata delle sorgenti inferiore al 10%. Questo fatto, che potrebbe apparire anomalo, può facilmente essere giustificato dal modello proposto nella citata relazione di EDRA del 16/11/2006, nel quale si evidenzia come l'abbassamento della falda *“è talmente spinto da costituire una situazione di rischio effettivo di inquinamento della falda acquifera idropotabile superficiale, particolarmente rispetto alle sorgenti del Fiora”*. Infatti, secondo tale modello *“in tutte le aree dove l'acquifero freatico ha uno spessore inferiore a 210 m vi sono le condizioni per permettere non solo ai gas, ma anche alla fase liquida dei fluidi geotermici di risalire verso la superficie, superando la barriera di pressione imposta dall'acquifero freatico. Questa situazione di pericolo sembra già essersi verificata nell'area del minimo”* della falda freatica, denominato “Le Fonde”, che è ubicato poco a monte delle sorgenti del Fiora.

Si sottolinea nuovamente che quanto affermato è coerente con i rilevamenti magnetotellurici e di resistività (Manzella, 2006), che evidenziano come in alcuni punti la falda sia scesa al livello del basamento subvulcanico e come vi siano le condizioni per eventuali risalite di fluidi geotermici.

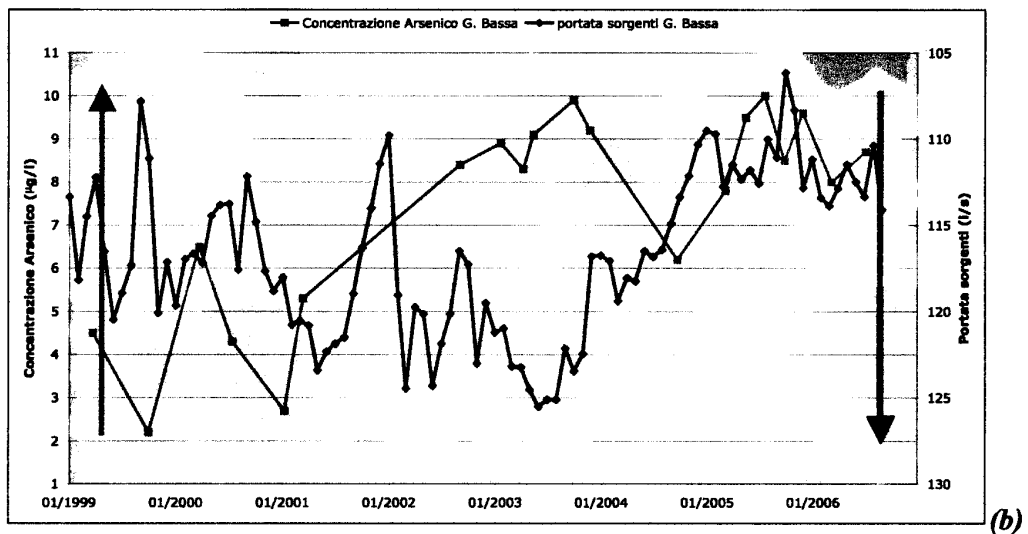
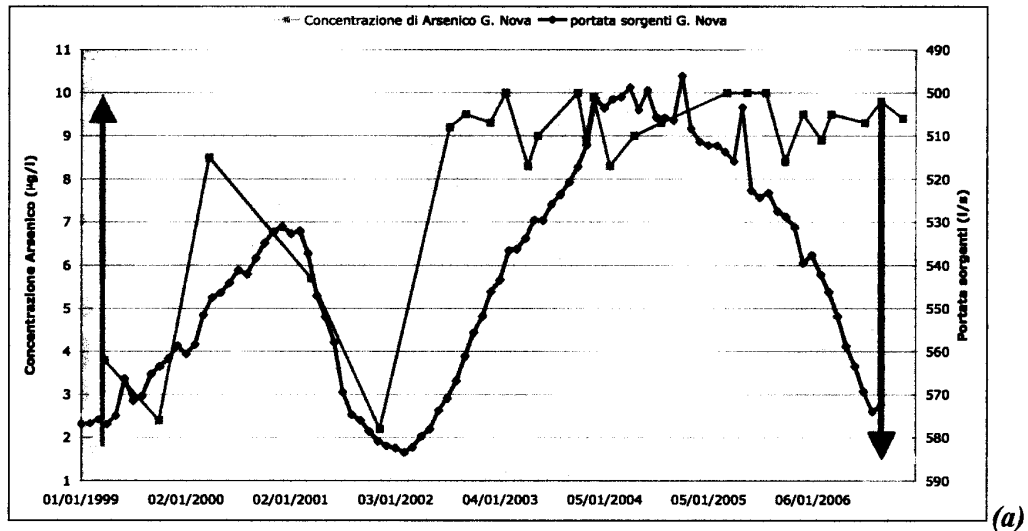
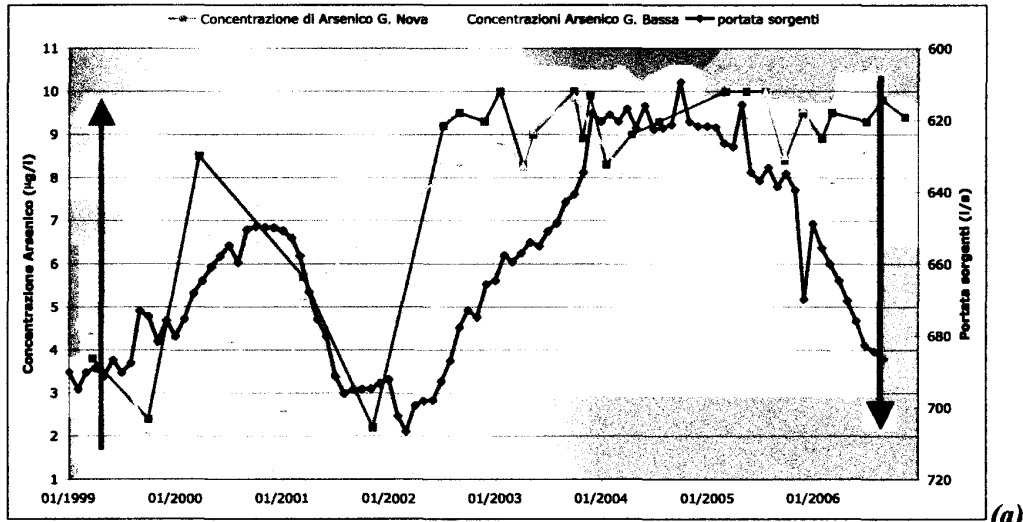
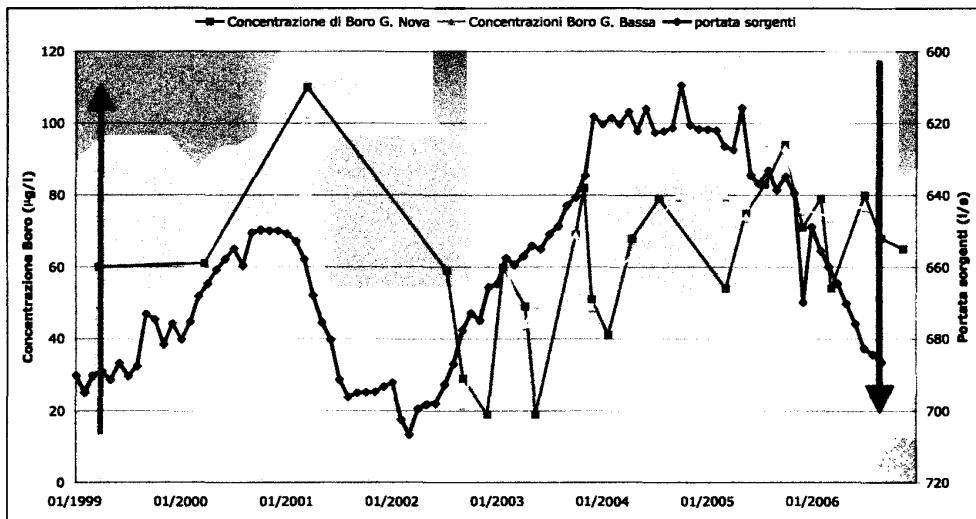


Fig. 4. *Contenuto di Arsenico nelle sorgenti Galleria Nova (a) e Galleria Bassa (b) in funzione delle rispettive portate. Notare come appaia evidente una correlazione tra le due curve nel primo caso, mentre nel secondo caso la correlazione non sia evidente.*



(a)



(b)

Fig. 5. Concentrazioni di Arsenico (a) e Boro (b), per la Galleria Nova (linea lilla) e per la Galleria Bassa (linea gialla), in relazione con la portata totale delle sorgenti del Fiora (linea azzurra). Notare come in entrambi i casi sia evidente la correlazione inversa tra le curve.



4. Conclusioni

Dall'analisi dei dati di portata di vapore estratta da ENEL nei campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio, di portata delle sorgenti del Fiora e di concentrazioni di inquinanti di probabile provenienza geotermica (Arsenico e Boro) possono essere tratte le conclusioni esplicitate di seguito.

- 1) Esiste una correlazione inversa tra portate di vapore geotermico estratto e portata delle sorgenti del Fiora. Cioè, tutte le volte che la portata di vapore aumenta, la portata delle sorgenti diminuisce e viceversa.
- 2) I dati indicano che il rapporto tra vapore estratto dal campo geotermico superficiale di Bagnore all'inizio della coltivazione e la riduzione di portata della Galleria Nova delle sorgenti del Fiora è di 7.5-15. Cioè, ad 1 (kg/s) di vapore estratto corrispondono 7.5-15 (l/s) di portata mancante alle sorgenti del Fiora. Ne segue che, qualora non siano sopraggiunti o sopraggiungano elementi di isteresi ed irreversibilità nell'interrelazione tra acquifero geotermico ed acquifero freatico, la portata originaria delle sorgenti del Fiora, pari a circa 900-1300 (l/s), potrebbe con probabilità essere recuperata riducendo adeguatamente lo sfruttamento del campo geotermico.
- 3) L'estrazione di vapore dal campo geotermico profondo comporta un raggio di influenza dei pozzi geotermici molto più grande rispetto all'estrazione dai pozzi del campo geotermico superficiale. Infatti, l'influenza maggiore sulla portata delle sorgenti del Fiora è data dal vapore estratto dal campo geotermico di Piancastagnaio ed in misura minore da quello di Bagnore. In ogni caso, il contributo delle sorgenti del Fiora alla portata di vapore estratta varia nel tempo, tendendo ad aumentare nei periodi in cui le portate delle sorgenti diminuiscono.
- 4) La concentrazione degli inquinanti Arsenico e Boro, contenuti nelle acque delle varie sorgenti del Fiora, è inversamente correlata con la portata totale delle sorgenti, piuttosto che con la portata delle singole emergenze. Si verifica che con una riduzione di portata inferiore al 10% la concentrazione degli inquinanti aumenta del 400%. Questo fatto suggerisce che la ragione dell'inquinamento risiede nella risalita dei fluidi geotermici che contaminano la falda, come previsto dal modello proposto da EDRA, piuttosto che a complessi fenomeni di dissoluzione di eventuali mineralizzazioni. Infatti, nelle condizioni critiche di depauperamento in cui versa l'acquifero dell'Amiata, sembra sufficiente una piccola riduzione ulteriore dello spessore della falda acquifera per permettere ai fluidi geotermici di risalire inquinando l'acquifero.



Le conclusioni raggiunte dall'analisi preliminare di un insieme, anche se non completo, di dati sono coerenti con quanto previsto dal modello presentato da EDRA il 16/11/2006. Date queste premesse, reputiamo dover sottolineare l'opportunità della verifica sperimentale del modello stesso tramite la riduzione temporanea, da attuarsi il prima possibile (anche a titolo di precauzione), della estrazione di vapore dal campo geotermico. Tramite questa riduzione, che i dati a disposizione indicano poter essere limitata a soli sei mesi, dovrebbero ottenersi una serie di risultati che riteniamo utili per la salvaguardia dell'acquifero:


6 mesi

- Permettere la ricarica dell'acquifero stesso e l'associato innalzamento della falda freatica. Ciò implica, se non il ripristino delle condizioni anteriori allo sfruttamento geotermico, almeno di condizioni meno critiche delle attuali, evitando che si instaurino fenomeni di isteresi nei regimi di attuale probabile inquinamento della falda, con conseguente impossibilità nel futuro di ripristinare le condizioni iniziali. Questo obiettivo, è coerente con le necessità idriche a cui l'attuale siccità costringe la prossima stagione estiva in quanto vi sarà un corrispondente incremento relativo della portata idrica delle sorgenti del Fiora (e delle altre sorgenti Amiatine).
- Permettere la riduzione della concentrazione degli inquinanti nelle acque delle sorgenti. Questo obiettivo potrebbe anche essere raggiunto in tempi più lunghi di quelli su indicati, a seconda del grado di inquinamento attuale dell'acquifero.

Si sottolinea l'opportunità di poter analizzare nel dettaglio i dati raccolti da tale verifica sperimentale, tramite un'adeguata modellazione (fatta anche a posteriori) del flusso gravitativo polifasico del sistema naturale, in modo da poter valutare in termini quantitativi quanto osservato dalla sperimentazione.

Infine, si ritiene opportuno che le valutazioni relative all'analisi delle relazioni tra sfruttamento del vapore ed acquiferi superficiali siano eseguite non secondo specifiche concessioni minerarie, che non riflettono la natura fisica dei sistemi naturali, ma per sistemi geotermici nel loro complesso. Nel caso specifico, cioè, dovrebbe essere considerato tutto il sistema geotermico del vulcano Amiata, senza separare tra loro i campi di Bagnore e Piancastagnaio i quali fanno parte a tutti gli effetti di un unico sistema.

Con i più distinti saluti,


Andrea Borgia
Presidente

6. Bibliografia citata

EDRA, 2006. Convenzione tra la Regione Toscana ed European Development & Research Agency di Roma per la realizzazione del “Rilievo geostrutturale preliminare dell’apparato vulcanico del Monte Amiata”. Regione Toscana, pp. 46.

Manzella A., 2006. Convenzione tra la Regione Toscana e l’Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR per la realizzazione della campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo relativa all’acquifero dell’edificio vulcanico del Monte Amiata. Regione Toscana, pp. 56.