

**Da: Associazione Lago di Bolsena e altri.**

**A: Area Valutazione Impatto Ambientale Regione Lazio, Viale del Tintoretto 432, 00142**

**Roma - VIA PEC: [ufficiovia@regione.lazio.legalmail.it](mailto:ufficiovia@regione.lazio.legalmail.it)**

**Osservazioni contrarie alla Centrale Geotermoelettrica Nuova Latera, nella Concessione Mineraria "Valentano" presentata da ENEL Green Power presso l'Ufficio VIA della Regione Lazio per l'espletamento della procedura di VIA in data 31.05.2017.**

### **Osservazione 1 – Il quadro generale**

I numerosi studi compiuti da vari soggetti, per la ricerca geotermica nell'area del vulcanismo vulsino-vicano, permettono di delineare alcune caratteristiche della situazione geologica dell'area:

- La presenza di una vasta copertura di materiale di origine vulcanica, eterogenea dal punto di vista tipi litologici, di spessore e di permeabilità;
- Una sottostante vasta coltre di materiale di dubbia impermeabilità, detta acquicluda, comprensiva sia delle argille plioceniche, sia della falda delle liguridi (mesozoico-terziario);
- La più profonda formazione carbonatica del mesozoico, porosa e permeabile, che ospita i fluidi che determinano, in particolari condizioni l'innalzamento o la depressione delle isoterme.

L'interesse per l'area è dovuto al fatto che si possono reperire serbatoi geotermici a bassa profondità, dell'ordine di 1000 – 2000 metri. Per contro sono presenti nella stesa area delle caratteristiche negative che decisamente ostacolano lo sviluppo dello sfruttamento geotermico a media ed alta entalpia:

- Le rocce più antiche e più compatte sono interessate da un reticolo di faglie con direzione appenninica, antiappenninica e circumcalderica che possono creare una serie di compartimenti stagni. Infatti le zone di deformazione possono agire da barriera allo scorrimento sub orizzontale dei fluidi come effetto dell'alterazione della roccia nello scorrere della faglia o della sua mineralizzazione secondaria.
- La carente impermeabilità dell'aquicluda consente la risalita dei fluidi geotermici cancerogeni verso l'acquifero superficiale, usato per la rete potabile, e la discesa di quelli dell'acquifero superficiale verso il serbatoio geotermico.
- Il fluido geotermico contiene un'alta percentuale di CO<sub>2</sub> dell'ordine del 4-6 % che, immessa nell'atmosfera, supera quella di una moderna centrale di tipo convenzionale di pari potenza.
- In alcuni pozzi si creano nelle tubazioni delle proibitive incrostazioni di carbonati.

Di grande interesse per illustrare il quadro generale è il lavoro pubblicata sulla rivista scientifica specializzata "Tectonophysics" 608 (2013) pagg. 482-498 "*Structural compartmentalisation of a geothermal system, the Torre Alfina field (central Italy)*", del quale alleghiamo in appendice un estratto tradotto in italiano<sup>1</sup>. Si tratta di un lavoro scientifico a nome del ricercatore Gianluca Vignaroli et alii (2013) coordinato dal Prof. Guido Giordano dell'Università di Roma Tre, pubblicato dopo un processo di peer-review da parte di revisori nazionali ed internazionali. Il lavoro suddetto non ha la finalità di individuare o di escludere aree di interesse geotermico, ma evidenzia il ruolo delle faglie come elemento strutturale di compartimentalizzazione di un serbatoio geotermico e dimostra che nelle zona dell'Alfina, nella quale è stata effettuata la ricerca, le faglie creano dei compartimenti idraulicamente non intercomunicanti, ossia che le faglie possono ostacolare i flussi orizzontali dei fluidi geotermici. L'importanza ed il livello scientifico del lavoro è tale che non si può ignorarne il contenuto anche per le zone limitrofe.

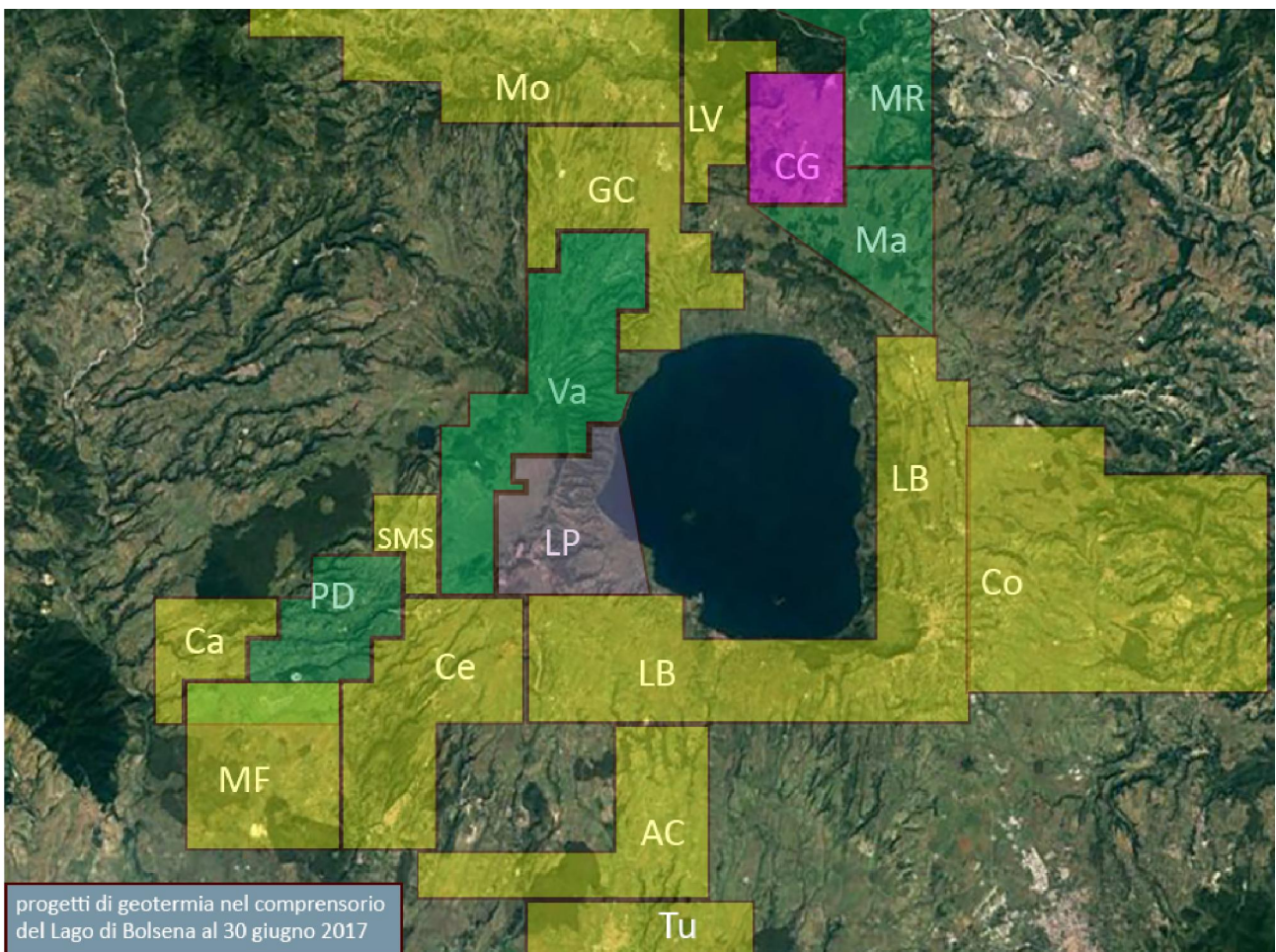
Alle considerazioni geologiche si aggiunge che l'intero territorio è caratterizzato da aree tutelate e di grande interesse paesaggistico ed ambientale come le Zone Speciali di Protezione Lago di Bolsena, Lago di

Mezzano, lago di Vico, Selva del Lamone e il nascente Parco dell'altopiano dell'Alfina. L'opposizione dei sindaci in difesa del loro territorio è totale.

Malgrado che la produzione elettrica ricavata dalla geotermia sia un'attività industriale non redditizia, molti imprenditori sono attratti dal miraggio di guadagnare i generosi incentivi offerti dallo Stato. L'attuale prezzo di cessione dell'energia elettrica è di circa 50 €/MWh per cui, considerati i rischi elevati e i lunghi tempi di esercizio, i progetti sarebbero economicamente sconsigliabili. Diventano invece molto attraenti con gli enormi incentivi pubblici (D.M. 6/07/2012) pari a 100 euro per MWh di energia prodotta per gli impianti di competenza regionale e 200 per MWh per quelli pilota. La mappa che segue riporta l'ammucchiata di concessioni in corso di procedura amministrativa, la zona sembra divenuta un nuovo Eldorado.

Siamo in presenza di imprenditori che, atteggiandosi a sacerdoti difensori dell'ambiente presentano i loro progetti attribuendosi nientemeno che *“un ruolo trainante nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra delineati nell'ambito del protocollo di Kyoto e, più in generale, nel supporto alle politiche ambientali messe in atto dalle istituzioni pubbliche”*.

Accade invece che i loro progetti sono incompatibili con il protocollo di Tokio e con la tutela dell'ambiente: vogliono solo ottenere consistenti profitti approfittando degli enormi e inopportuni incentivi prelevati dal Governo dalle bollette elettriche pagate dagli utenti domestici e dalle imprese. Nel distretto geologico vulsino-vicano, a causa delle sopracitate avverse condizioni, l'attività geotermica finirebbe con il danneggiare le economie locali improntate al turismo ed all'agricoltura ecosostenibile, inquinerebbe con arsenico e altre sostanze cancerogene gli acquiferi per uso potabile, aumenterebbe il rischio di terremoti e, nel caso di impianti flash, scaricherebbe in atmosfera abbondanti gas con effetto serra. L'Italia non ha bisogno di aggiungere altri impianti di produzione di energia elettrica a quelli esistenti dato che ne ha già abbastanza: avrebbe bisogno di sostituire quelli esistenti con altri meno inquinanti.



A parte l'ENEL le imprese che si sono lanciate nella caccia agli incentivi non hanno né lo spessore tecnico né i capitali necessari. Se questi sono i sacerdoti del protocollo di Tokio non rimane che sperare nelle commissioni di VIA. Purtroppo nel caso dell'impianto di Castel Giorgio le commissioni di VIA non si sono distinte per imparzialità, trasparenza e competenza.

## **Osservazione 2 – Le emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)**

Gli impianti proposti nelle varie concessioni sono di due tipi, quelli flash che scaricano in atmosfera i gas incondensabili contenuti nel fluido geotermico (autorizzazioni di competenza regionale) e quelli pilota che reimmettono nel sottosuolo tutto il fluido estratto senza emissioni in atmosfera (autorizzazioni di competenza statale).

L'impianto dell'ENEL per la produzione elettrica denominato Nuova Latera (nella mappa la concessione è indicata Va) è un ibrido innovativo costituito dall'utilizzo di energia geotermica con tecnologia flash integrato dall'energia termica fornita dalla combustione di legname in una caldaia. Sembra che la caldaia, anche se fornisce solo una frazione dell'energia termica, sia il cuore dell'impianto e che i pozzi, a monte e a valle, siano un mezzo per fornire, oltre all'energia, il vapore indispensabile per il funzionamento della turbine e un luogo dove scaricare i reflui d'acqua raffreddata.

Il consumo della caldaia è notevole, circa 64 tonnellate di cippato di legna al giorno, ma l'approvvigionamento non sembra preoccupare il proponente. Viene il sospetto che qualora il legname non fosse reperibile l'impianto potrebbe essere facilmente trasformato in un termovalorizzatore ossia un impianto per la combustione di rifiuti. La stessa ENEL lo definisce "termovalorizzatore a biomassa".

Le osservazioni che seguono non si riferiscono ai dettagli tecnici dell'impianto ibrido che altri faranno con maggior competenza, si limitano a commentare il settore geotermico che è quello che più incide sull'ecosistema lacustre e sulle emissioni in atmosfera.

Gli incentivi nel settore energetico sono principalmente motivati dall'urgenza di ridurre le emissioni di gas ad effetto serra che causano il surriscaldamento dell'atmosfera. In particolare sono incentivati gli impianti di produzione di energia elettrica che riducono l'immissione di CO<sub>2</sub> rispetto a quelli convenzionali. I filtri AMIS proposti dall'ENEL riducono le emissioni di mercurio e il 70% dell'idrogeno solforato, ma non abbattano il CO<sub>2</sub>, e neppure l'arsenico, il radon, l'ammoniaca, il mercurio, ecc. Altre emissioni nocive sono emesse dalla caldaia, ma nella relazione ENEL non se ne parla.

Per confrontare le varie tipologie impiantistiche si usa come parametro la quantità in grammi di CO<sub>2</sub> emessa per ogni kWh prodotto. La centrale Nuova Latera utilizza 500 tonnellate all'ora di fluido geotermico per produrre 14.000 kWh. Il fluido geotermico contiene da 3,5 al 6% in peso di CO<sub>2</sub> (relazione ENEL pag. 25). Per semplificare assumiamo una media del 5% pari a 25.000.000 grammi: una semplice divisione ci indica che l'emissione di CO<sub>2</sub> durante la produzione è di 1785 grammi per ogni kWh, alla quale va aggiunta l'emissione di CO<sub>2</sub> della caldaia.

Nel corso degli ultimi anni la scienza ha elaborato un'analisi più sofisticata per il confronto. Il fattore di emissione (FE) delle diverse fonti di energia considera l'insieme di tutti i gas emessi (espressi in unità di equivalenti, ossia CO<sub>2eq</sub>) durante l'intero il ciclo di vita dell'impianto "tutto compreso", dal reperimento dei materiali per costruirlo al ripristino del sito. Nel caso di Nuova Latera si consideri la trivellazione di 4 nuovi pozzi, la costruzione dell'impianto, ecc. senza contare una ventina di pozzi trivellati in passato e rimasti improduttivi.

La tabella sottostante tratta da "IPCC Working Group III – Mitigation of Climate Change, [Annex III](#), p. 10, e [Annex II](#), p. 14-31; IPCC (2014), indica i fattori di emissione in grammi di CO<sub>2eq</sub> per kWh “tutto compreso”, per varie tecnologie di generazione di elettricità.

<b>tecnologia</b>	<b>minimo</b>	<b>medio</b>	<b>massimo</b>
carbone	740	820	910
biomassa + carbone	620	740	890
gas – ciclocombinato	410	490	650
biomassa	130	230	420
solare fotovoltaico industriale	18	48	180
solare fotovoltaico residenziale	26	41	60
geotermia	6	38	79
solare a concentrazione	9	27	63
idroelettrico	1	24	2200
eolico in mare	8	12	35
nucleare	4	12	110
Eolico su terra	7	11	56

La tabella ci permette di paragonare il contributo all'effetto serra delle varie tecnologie. La tabella indica per la geotermia valori molto bassi perché non prende in considerazione gli impianti geotermici che operano in condizioni anomale che utilizzano fluidi ad altissimo contenuto di CO<sub>2</sub> come appunto la centrale Nuova Latera e quelle dell'Amiata. Risulta invece (come esposto più sopra) che il CO<sub>2</sub> emesso dal settore geotermico dell'impianto di Nuova Latera “limitatamente al processo di produzione” (1785 g) è incomparabilmente superiore a quello “tutto compreso” (910 g) di una centrale a carbone o a gas.

Nella tabella il valore indicato per la biomassa corrisponde all'ipotesi che il CO<sub>2</sub> prodotto durante la combustione venga assorbito dalla prossima generazione della vegetazione bruciata e venga ripristinato l'ossigeno bruciato. Ciò è valido per impianti dove la biomassa è costituita da materiali residui da coltivazioni destinate all'alimentazione, da residui forestali o da scarti industriali come trucioli di legno. L'impianto di Latera invece utilizzerebbe legname coltivato per il solo scopo energetico.

La strategia energetica nazionale ed europea si basa su tre pilastri: la riduzione del consumo di energia, l'aumento dell'efficienza energetica e l'utilizzo crescente di fonti rinnovabili di energia. Uno degli obiettivi vincolanti definiti dalla UE nel 2014 è di ridurre entro il 2030 le emissioni di gas serra di almeno il 40% rispetto ai livelli del 1990. L'impianto di Nuova Latera emette più CO<sub>2</sub> degli impianti convenzionali quindi cade la sua ragione di essere, ossia la riduzione dell'effetto serra, e il motivo per incentivarla: gli incentivi sono arbitrari e assolutamente non dovuti.

### **Osservazione 3 – Il rischio sismico**

L'impianto preleva fluido geotermico a oltre 200°C dalla postazione Latera 4 mediante 2 pozzi devianti e lo trasferisce mediante una pericolosissima tubazione a vista in superficie ad alta pressione ed alta temperatura alla centrale che si trova 500 metri più a nord. Dalla centrale il fluido raffreddato viene inviato a sud con altra tubazione alla postazione 14 dove viene reiniettato nel sottosuolo con altri due pozzi devianti.

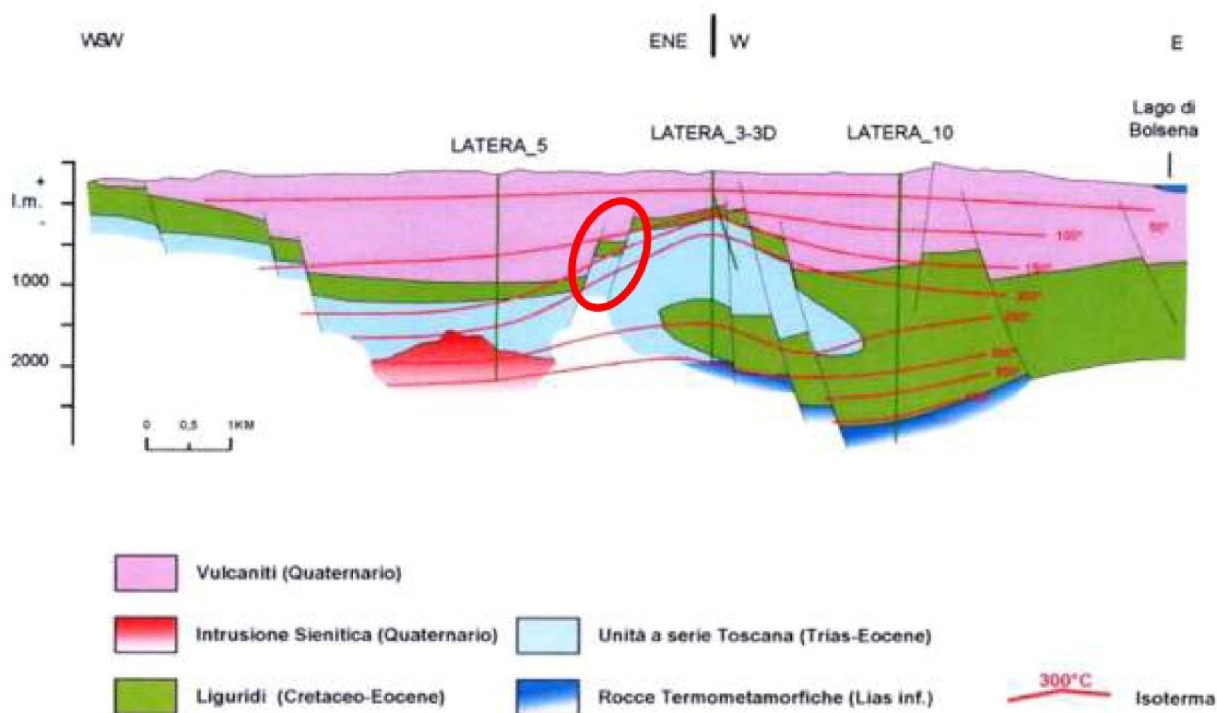
Al paragrafo 3.4.2 la relazione ENEL descrive una situazione geologica ideale nella quale non si menzionano le faglie e, ignorandole, l'ENEL ipotizza che fra la zona di reiniezione (postazione 14) e quella di prelievo (postazione 4) vi sia intercomunicazione idraulica ipogea per cui il fluido reiniettato tornerebbe nella zona di prelievo. Tale schema non è applicabile alle nostre zone che sono state sconvolte da una intensa attività vulcanica e da grandi eventi tettonici<sup>2</sup>. Infatti nella pagina successiva la relazione ENEL mostra una sezione realistica del campo di Nuova Latera, qui sotto riportata, che è molto diversa dalla suddetta descrizione ideale:

in un tratto di 5 km sono tracciate una diecina di faglie: mediamente una ogni 500 metri, ma dalla foto dal satellite della caldera di Bolsena<sup>3</sup> si capisce che probabilmente ve ne sono molte di più.

In detta sezione geologica, le vulcaniti sono viola, il serbatoio geotermico è azzurro, l'aquicluda è verde. L'illustrazione dimostra chiaramente che anche nel campo di Latera le faglie possono ostacolare i flussi orizzontali, infatti nella zona evidenziata con un ovale rosso il serbatoio geotermico è separato dalle vulcaniti, che sono permeabili, solo da una faglia. Le falde acquifere dei due serbatoi sono diverse per livello piezometrico, per temperatura e per composizione chimica: quindi la faglia fa da paratia stagna e dimostra che la compartimentalizzazione è presente anche nel campo di Nuova Latera.

La relazione dell'ENEL indica la posizione delle postazioni 4 e 14, la cui distanza è di 2,8 km, ma non indica la direzione della deviazione dei pozzi, sommariamente indicata in 700 metri, per cui la distanza fra la zona di produzione e quella di reiniezione potrebbe essere dell'ordine di 4 km. Non si può quindi escludere, data la rilevante distanza, la presenza di faglie fra le due postazioni e neppure si può escludere la presenza di faglie fra ciascuna coppia di pozzi devianti i cui fondi distano fra loro almeno 1 km.

Se consideriamo valida la compartimentalizzazione il fluido reiniettato nella postazione 14 non tornerebbe alla postazione 4 come ipotizzato dall'ENEL, ma si accumulerebbe in un compartimento sottostante la postazione 14. Sarebbe un travaso permanente di grossi quantitativi di fluido: 500 t/h per 24 ore per 365 giorni per 25 anni. A lungo termine il travaso comporterebbe scompensi pressori e termici che potrebbero innescare terremoti.



In sintesi la possibilità che le faglie determinino compartimenti non intercomunicanti non può essere ignorata per cui, applicando il principio della precauzione, non dovrebbero essere autorizzati impianti che movimentano fluidi nel sottosuolo in zone estremamente fagliate da eventi tettonici come nell'area del vulcanismo vulsino-vicano. Da non dimenticare che le rocce carbonatiche interessate dallo sfruttamento geotermico fanno parte geologicamente e tettonicamente della stessa struttura appenninica dove si è verificato il catastrofico sisma di Amatrice-Monti Sibillini, da cui è separata dalla depressione tettonica dove scorre il fiume Tevere. In linea d'aria dista meno di 100 km. Siamo in una zona ad alto rischio sismico, aggravato dal fatto che le costruzioni nei centri storici sono molto vulnerabili, come ha dimostrato il terremoto di Toscana.

#### **Osservazione 4 – Il rischio di inquinamento dell'acquifero superficiale**

Secondo l'ENEL la roccia di copertura interposta fra il serbatoio geotermico e l'acquifero superficiale del lago di Bolsena è impermeabile ed efficace. La questione è messa autorevolmente in discussione dal Dr. Geologo Giuseppe Pagano, direttore di Miniera delle principali terme del Viterbese e della Toscana meridionale<sup>4</sup>.

Nella documentazione ENEL manca una mappa con la posizione delle postazioni 4 e 14 riferita ai bacini idrogeologici e manca l'indicazione della deviazione delle due coppie di pozzi. A noi risulta che la postazione 4 si trova nel bacino idrogeologico del lago di Bolsena e la 14 nel bacino del Fiora<sup>5</sup>.

Come precedentemente indicato nella zona di reiniezione sottostante la postazione 14 si creerebbe un accumulo di fluido geotermico la cui pressione aumenterebbe nel tempo. Lo strato acquicludente appare efficace nelle indisturbate attuali condizioni di equilibrio statico, ma non lo sarebbe più se fosse sollecitato dalla sottostante pressione di reiniezione.

La postazione 14 si trova in una zona in cui viene attinta acqua per uso potabile<sup>6</sup>. Sarebbe sufficiente una piccola infiltrazione per causare disastrosi inquinamenti di arsenico ed altre sostanze cancerogene nel sovrastante acquifero. Secondo la relazione ENEL (pag. 24) la concentrazione di arsenico nel fluido geotermico è di 90.000 µg/litro mentre, come noto, quella dell'acquifero superficiale è dell'ordine di 15 µg/litro. La concentrazione di arsenico dichiarata dall'ENEL appare eccessiva rispetto ai valori osservati nelle piscine termali che normalmente sono dell'ordine di qualche centinaio di µg/l. Anche nel caso che la concentrazione fosse solo di 100 µg/l, anziché quella indicata dall'ENEL, rimarrebbero ugualmente pericolose e dannose le infiltrazioni di arsenico nell'acquifero superficiale il cui limite legale per la potabilità è di 10 µg/l. La Regione ha già speso circa 60 milioni di euro per la dearsenificazione dell'acqua potabile, non può consentire di elargire incentivi alla geotermia che poi aumenterebbero i costi di dearsenificazione.

#### **Osservazione 5 – Il deficit dell'acquifero superficiale**

Il mancato ritorno ipogeo del fluido reiniettato, causerebbe la diminuzione della pressione nel compartimento di estrazione sottostante la postazione 4 e, nel caso di copertura inefficace, richiamerebbe acqua dall'acquifero superficiale nella misura teorica massima di 500 t/h. Sarebbe un enorme consumo di acqua in una zona in cui viene attinta acqua potabile. Non è acqua qualsiasi, è acqua del bacino idrogeologico della ZSC Lago di Bolsena. Secondo la normativa qualsiasi progetto che potrebbe avere incidenza su una ZSC forma oggetto di Valutazione di Incidenza (92/43/CEE art.6 sub 3).

In sintesi, nel caso di inefficiente copertura, a causa della depressione di richiamo esercitata dai pozzi di produzione della postazione 4, verrebbe sottratta acqua per uso potabile dall'acquifero superficiale facente parte del bacino idrogeologico del lago di Bolsena mentre, a causa della sovrappressione di reiniezione esercitata dai pozzi della postazione 14 risalirebbe acqua cancerogena nello stesso acquifero, ma nel versante del bacino idrogeologico del Fiora. Nello stesso acquifero, facente parte di bacini diversi si avrebbe una sottrazione di acqua ed un contestuale aumento della concentrazione di arsenico.

AmMESSO (ma non concesso) che avvenga il completo ritorno ipogeo del fluido reiniettato mancherebbe comunque l'acqua che nelle centrali tipo "flash" viene emessa in atmosfera, tipicamente fino a circa il 20% della produzione, ossia 100 tonnellate all'ora. La reale esistenza dei suddetti rischi dovuti alla precaria efficienza dell'aquicludente si può constatare nella zona del campo geotermico dell'Amiata: il livello della falda potabile registra una drammatica diminuzione accompagnato da un contestuale aumento della concentrazione di arsenico.

## Conclusioni

Per l'impianto di Nuova Latera debbono essere considerati due aspetti: la compatibilità ambientale che ne consente o meno l'autorizzazione all'esercizio e il diritto di ottenere degli incentivi quale impianto autodefinitosi ad energia rinnovabile. Per quanto descritto nel testo l'impianto non è compatibile con l'ambiente per i danni collaterali che produce quali:

- aumento del rischio sismico;
- l'inquinamento della falda potabile con arsenico e altre sostanze cancerogene;
- consumo di acqua dell'acquifero superficiale;
- interferenza con le attività termali;
- l'interferenza con le Zone Speciali di Protezione lago di Bolsena e Lago di Mezzano;
- l'opposizione dei Sindaci per la diversa vocazione del territorio;
- il principio di precauzione.

Per quanto riguarda il diritto a ricevere incentivi, l'impianto di Nuova Latera emette più CO<sub>2</sub> dei moderni impianti convenzionali per cui cade la ragione di essere incentivato, ossia la riduzione delle emissioni con effetto serra. Inoltre mancherebbe il requisito essenziale per essere considerato una energia rinnovabile se il fluido geotermico venisse consumato richiamando acqua dalla falda superficiale.

Non è in discussione l'alternativa geotermia SI o geotermia NO, ma dove SI e dove NO. L'intera area del vulcanismo vulsino-vicano dovrebbe essere inclusa fra le zone non idonee per la produzione geotermica a causa delle avverse condizioni geologiche e chimiche locali. In particolare dovrebbe essere vietata la movimentazione di fluidi nel sottosuolo. L'elargizione di incentivi per impianti geotermici ad alta e media entalpia in tale area è decisamente ingiustificata.

Ai politici e alle commissioni di VIA è affidato il peso di gravi decisioni per la collettività. Se il principio di precauzione non viene applicato in questa documentata circostanza, non si capisce in quali altre condizioni dovrebbe essere adottato. Ci auguriamo che le commissioni di VIA non si lascino intimidire dal fatto che l'ENEL è una grande azienda. È una grande azienda che ha fatto anche grandi errori. A mente possiamo citare la diga del Vajont che ha fatto 2000 vittime, il progetto Angelini che se non lo fermavano le associazioni ambientaliste e l'aristocrazia proprietaria della la stampa nazionale, avrebbe distrutto tutti i laghi vulcanici del Lazio trasformandoli in conservoni con grandi escursioni di livello per produrre energia elettrica; la centrale nucleare di Montalto fermata anche questa dalle associazioni ambientaliste (il Governo non sa dove mettere i normali rifiuti, non osiamo immaginare dove sarebbero finite le scorie radioattive); l'acquisto di giacimenti di metano in Nigeria per rendersi indipendente dall'ENI, ma poi non è stato possibile l'attracco delle navi metaniere in Italia, che ora attraccano in Francia; la trivellazione di 22 pozzi abbandonati per poi concludere la costosissima ricerca con la vecchia centrale di Latera miseramente chiusa. Ora si riparte con Latera, considerati i precedenti chiediamo alle commissioni di VIA che le nostre motivazioni siano valutate con competenza e imparzialità.

Ing. Piero Bruni – Presidente della “Associazione Lago di Bolsena”.

Dr. Angelo Berteà – Presidente del “Comitato Bolsena Lago d'Europa”.

Dr. Georg Wallner – Referente della “Associazione La Porticella”.

Dr. Mario Mancini – Geologo ambientalista indipendente.

Appendice: (1) Estratto in italiano della relazione Vignaroli; (2) Sezione geologica e studio geochimico da V. Duchi e al. (3) Foto da satellite; (4) Relazione Dr. Pagano; (5) Carta idrologica; (6) Carta dei prelievi idrici.

**Allegato 1 - Estratto e traduzione delle parti più significative della relazione geologica a firma del Ricercatore Gianluca Vignaroli et al. (Annamaria Pinton, Arnaldo A. De Benedetti, Guido Giordano, Federico Rossetti, Michele Soligo, Gabriele Berardi) dal Titolo: “*Structural compartmentalisation of a geothermal system, the Torre Alfina field (central Italy)*” pubblicata sulla rivista scientifica specializzata “*Tectonophysics*” numero 608 pagg. 482-498. L’intero testo è reperibile su internet.**

La ricerca scientifica è stata pubblicata nel 2013 senza alcun riferimento con la richiesta di concessioni attualmente in corso. Il lavoro è stato coordinato dal Prof. Guido Giordano dell’Università di Roma Tre si avvale di una ricerca dettagliata e minuziosa fatta sul campo con un notevole contributo di dati originali. Il lavoro dimostra, in maniera inequivocabile la struttura a “compartimenti stagni” del serbatoio di rocce carbonatiche dell’Alfina. Il lavoro ha come obiettivo principale lo studio della possibilità di alimentazione del campo geotermico di Torre Alfina da parte dell’affioramento di rocce carbonatiche del Monte Cetona). Lo studio appare valido per i campi geotermici adiacenti facenti parte della stessa struttura tettonica. La conclusione dei ricercatori, che hanno dedicato un notevole lavoro di campagna, dimostra come i sistemi di faglie parallele e di faglie normali del serbatoio carbonatico agiscono da barriera impermeabile al movimento orizzontale dei fluidi, escludendo, quindi, non solo la ricarica dal Monte Cetona, ma anche la interscambiabilità dei fluidi tra un “compartimento di rocce carbonatiche” e l’altro.

Nel sommario si dichiara (pag 482):

*“post-orogenic deformation structures controlling the compartmentalisation of the Torre Alfina geothermal field. Strike-slip and subordinate normal fault systems (with associated network fractures) cut and dislocate the internal architecture of the reservoir and prevent its hydraulic connection .....The results have been used for illustrating a new geological conceptual model for the Torre Alfina area where the geothermal system is composed of different compartments. Tectonic structures define the main boundaries between compartments, helping the understanding of why productive and non-productive wells were found in apparently similar structural settings within the Torre Alfina field.”*

Traduzione: “le strutture di deformazione post-orogenetica dividono il campo geotermico di Torre Alfina in compartimenti . I sistemi di faglie parallele e subordinate faglie normali (con le annesse reti di fratture) tagliano e slegano la struttura interna del serbatoio ed impediscono la sua continuità idraulica....I risultati dimostrano un nuovo modello geologico concettuale per l’area di Torre Alfina dove il sistema geotermico è composto di distinti compartimenti. Le strutture tettoniche delimitano i confini principali tra i compartimenti, facendo capire perché,all’interno del campo di Torre Alfina, si trovano pozzi produttivi accanto ad altri sterili in una struttura apparentemente simile”

Nell’introduzione (# 1) (pag 482):

*“It has been demonstrated that the interplay between deformation, fracturing and sealing may generate a complex fluid-rock pattern in both active and fossil tectonic settings (Cox et al., 2001; Oliver, 1996; Rossetti et al., 2011; Rowland and Sibson, 2004; Sheldon and Ord, 2005; Sibson, 2000), including near vertical channelized fluid flows along unsealed discontinuities (e.g. Cas et al., 2011; Sibson, 2000) and limited horizontal fluid migrations within fault-barriers rock-bounded (e.g. Faulkner and Rutter, 2001)”*

Traduzione: “È stato dimostrato che la combinazione di deformazione, fratturazione e saldatura può generare un complesso rapporto fluido-roccia sia in una tettonica attiva sia in una fossile (Cox et al., 2001; Oliver, 1996; Rossetti et al., 2011; Rowland and Sibson, 2004; Sheldon and Ord, 2005; Sibson, 2000), compresa la canalizzazione quasi verticale dei fluidi lungo discontinuità non saldate (e.g. Cas et al., 2011; Sibson, 2000) ed un limitato scorrimento orizzontale dei fluidi tra blocchi di roccia delimitati da faglie-barriera (e.g. Faulkner and Rutter,2001)”



Dopo un accurato studio sui Lineamenti Geologici della Zona (# 2), Il Rilevamento di Campagna e lo Studio delle Strutture di Fratturazione(# 3), della Geocronologia(# 4), e dell'Analisi degli Andamenti dei Lineamenti Strutturali(# 5), nella Discussione (# 6) si precisa (pag 492):

*"It has been also demonstrated that deformation zones may also act as hydraulic barriers to fluid flow (e.g. Faulkner and Rutter, 2001), as effect of rock comminution during fault slip or secondary mineralization".*

Traduzione: "È anche stato dimostrato che le zone di deformazione possono anche agire da barriera allo scorrere dei fluidi (e.g. Faulkner and Rutter, 2001), come effetto dell'alterazione della roccia nello scorrere della faglia o della sua mineralizzazione secondaria"

Ed ancora (#6-3)(pag. 495):

*"from numerical models for fluid convection (e.g. McLellan et al., 2010; Oliver et al., 2006), we assume that tectonic discontinuities in Torre Alfina area may have a double role: (i) as main paths of fluids in vertical sense, connecting different structural levels of the geothermal rock system and favouring the advection flow; and (ii) as main barriers for the horizontal motion of fluids, disconnecting the circulation at the same structural level. These features argue for a largely heterogeneous secondary permeability in a compartmentalised reservoir. The occurrence of randomly unproductive or very productive deep bore-holes within the same reservoir should be explained in these terms.*

Traduzione: da modelli matematici della convezione dei fluidi (e.g. McLellan et al., 2010; Oliver et al., 2006), presumiamo che le discontinuità tettoniche nell'area di Torre Alfina possano avere una duplice funzione: (1) di canale preferenziale per l'ascesa dei fluidi verticalmente, mettendo in comunicazione livelli strutturali differenti di rocce del sistema geotermale e facilitando il flusso di adduzione; (2) di principale barriera al flusso orizzontale dei fluidi, interrompendo la circolazione in uno stesso livello strutturale. Queste caratteristiche sono a favore di una permeabilità secondaria molto eterogenea in un serbatoio fatto a compartimenti. La presenza casuale, nello stesso serbatoio, di perforazioni profonde sterili o molto produttive, andrebbe spiegata per queste ragioni.

Infine nelle Conclusioni (# 7) si dichiara (pag 496):

*"Torre Alfina represents a key area for studying the effect of the tectonic deformation and its role on the geothermal system. Distribution, persistence, and geometry of the tectonic structures affect the fluid flow within the Torre Alfina geothermal system that can be imaged as composed of different compartments with inhomogeneous fluid network. Tectonic structures define the main boundaries between compartments, helping the understanding of why productive and non-productive wells were found in apparently similar structural settings within the Torre Alfina field".*

Traduzione: Torre Alfina rappresenta un'area fondamentale per studiare l'effetto della deformazione tettonica ed il suo ruolo nel sistema geotermale. Distribuzione, insistenza e geometria delle strutture tettoniche determina lo scorrere dei fluidi all'interno del sistema geotermico di Torre Alfina che può essere immaginato come composto di differenti compartimenti interessati da una rete disomogenea di fluidi. Le strutture tettoniche delimitano i principali limiti tra compartimenti, aiutando a capire perché nel campo geotermico di Torre Alfina si trovano, in situazioni strutturali apparentemente simili pozzi produttivi e pozzi sterili.

Nei Lineamenti Geologici della Zona (#2) a pag 485 viene dato largo spazio alla sismicità della zona e viene mostrata la distribuzione dei terremoti nella zona di studio. Va fatto presente che, come evidenziato dallo studio, e confermato dalla zonazione sismica regionale tutta l'area è ad alta sismicità e alto rischio sismico.



## Inquadramento geologico e sistemi termali

(Dott. Giuseppe Pagano – Geologo)

Il territorio fra la Toscana ed il Lazio, compreso grosso modo fra il Lago di Bracciano a Sud e Rapolano a Nord, tra la catena appenninica ed il Mar Tirreno, presenta un assetto strutturale caratterizzato dalla presenza di numerose faglie dirette orientate nel verso NNO-SSE, manifestatesi dopo l'orogenesi appenninica, in una fase distensiva della tettonica locale. Esse hanno dislocato sia le formazioni carbonatiche profonde, che le potenti coperture alloctone sovrastanti, generando uno stile tettonico ad Horst e Graben nel quale si inseriscono, giustapponendosi, il graben di Siena e l'horst di Castell'Azzara-Amiata, il graben del Tevere e l'horst del Cetona e, più a Sud il graben del Tevere e l'horst di Monte Razzano.

In questo contesto strutturale, le coperture alloctone, i flysch della falda liguride, grazie alla loro natura prevalentemente argilloso marnoso siltosa acquisiscono formalmente il ruolo di *aquiclude* rispetto agli acquiferi profondi, quelli rappresentati dal carbonatico mesozoico (l'acquifero geotermale); ma in corrispondenza degli alti strutturali, gli horst, con l'assottigliamento e la fratturazione delle stesse, si è resa possibile la risalita spontanea dei fluidi geotermici, che hanno generato il complesso di quelle note come "manifestazioni termali".

La diffusa presenza di queste ultime su tre ampie fasce grossomodo parallele fra di loro fra Rapolano, Chianciano, San Casciano e Viterbo-Orte da un lato, Casciana, Montecatini, Larderello, Travale, Amiata, Roselle, Saturnia, Canino dall'altro, Venturina, Albinia, Civitavecchia dall'altro ancora, è testimone della larga possibilità dei fluidi del serbatoio geotermale di risalire fino al piano campagna sia attraverso le grandi faglie regionali, che attraverso linee secondarie di frattura che rendono, di fatto, discontinue le coperture flyschiodi.

Tale situazione trova giustificazione anche in un comportamento talora "semipermeabile" dei Flysch i quali, in condizioni di particolare fratturazione, lasciano filtrare i fluidi termali dal basso verso l'alto consentendo il travaso degli stessi negli acquiferi superficiali (v. Bacino termale viterbese) "contaminandoli" sia dal punto di vista termico, che da quello chimico. Si giustifica così anche la diffusa risalita di anidride carbonica (e di Arsenico), talora associata ad Acido solfidrico, che caratterizza il chimismo di moltissimi acquiferi freddi, certamente freatici.

D'altra parte è plausibile che falde alloctone che hanno subito laboriose traslazioni, spesso contenenti componenti litologiche calcareo marnose e/o calcarenitiche, comunque litoidi, abbiano subito stress meccanici capaci di indurre una permeabilità secondaria affatto trascurabile, comunque tale da assumere un ruolo attivo nella circolazione dei fluidi profondi; come, per converso, nella infiltrazione delle acque meteoriche verso gli acquiferi profondi, nei confronti della quale è regola riconosciuta attribuire ai flysch un coefficiente d'infiltrazione, se pure presunto (c.i.p.) compreso fra il 10 ed il 30%.

In sintesi, il comportamento impermeabile delle coperture alloctone al tetto dei serbatoi geotermali è questione largamente discutibile, a fronte della quale sono numerosissime le eccezioni. In questo senso il territorio preso in considerazione, cosparso di manifestazioni termali particolarmente diffuse, tra l'altro moltissime attive e moltissime estinte solo per il calo dei livelli piezometrici, è certamente il meno indicato a rappresentare il ruolo di aquiclude di quelle formazioni.

I sistemi termali del Lazio e della Toscana rappresentano situazioni stratigrafico-strutturali ricorrenti nelle quali la tettonica distensiva terziaria ha determinato, attraverso l'apertura di faglie dirette, la possibilità di risalita spontanea di acque termominerali da un serbatoio profondo rappresentato da un acquifero carbonatico generalmente mesozoico, verso la superficie del suolo, generando così sorgenti termali.

In funzione della profondità del serbatoio e del gradiente geotermico locale, la temperatura delle acque termali può assumere valori fra i 20° ed i 70°C. In funzione, poi, della natura geochemica delle rocce costituenti il serbatoio e dei lunghissimi tempi di transito nello stesso, le acque assumono una mineralizzazione caratteristica di ogni sistema, generalmente di tipo solfato bicarbonato calcica, associata a venute gassose, prevalentemente CO<sub>2</sub> ed H<sub>2</sub>S.

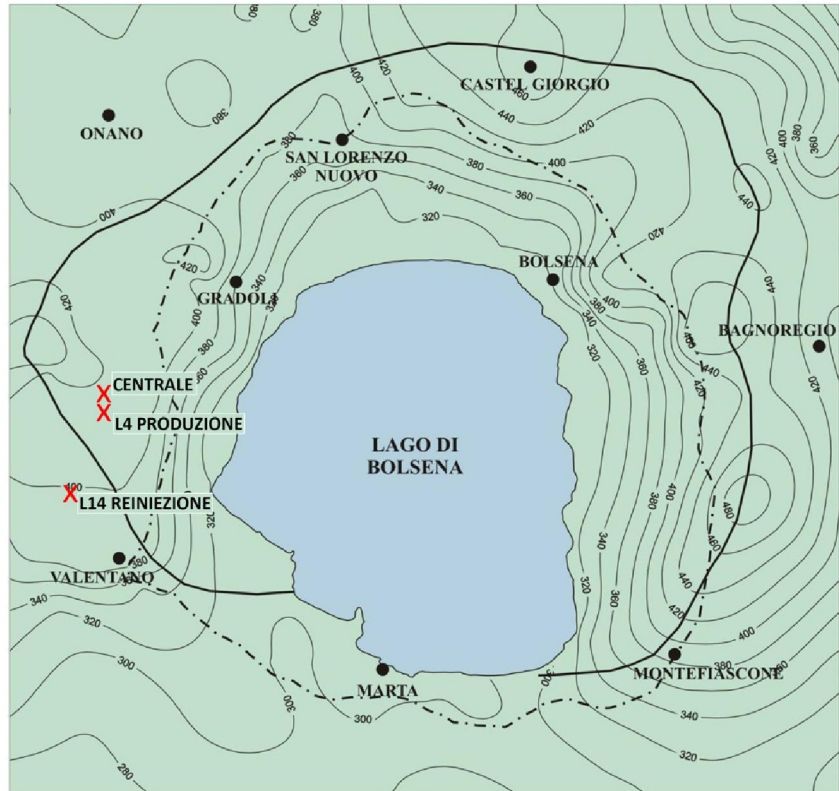
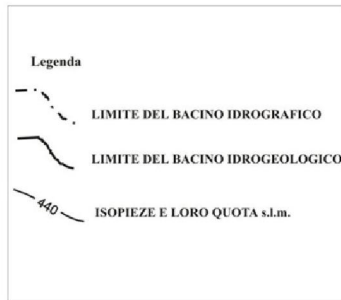
Temperatura e mineralizzazione sono gli elementi identificativi dei sistemi termali che trovano, presso le Stazioni termali, numerose applicazioni pratiche nel settore terapeutico ed in quello del benessere, motivo di interesse e di sviluppo sulle orme di una tradizione millenaria e di una moderna sperimentazione nel campo delle scienze idrobiologiche. Intorno al moderno termalismo si sviluppano le economie turistiche di molti centri della Toscana e del Lazio (Montecatini, Rapolano, Chianciano, San Casciano B., Viterbo, Canino, Civitavecchia, Tivoli, Fiuggi, ecc.); molte sono le iniziative in via di sviluppo, che ovviamente debbono fare riferimento ad un quadro idrogeologico stabile, sia sul piano delle quantità, che su quello della qualità delle acque termali. La Legge 323/2000 imposta la crescita qualitativa dell'offerta termale nazionale sulla qualificazione dei contesti ambientali e, quindi, sulla stabilità dei parametri fisico-chimici delle acque.

Purtroppo le acque che vengono a giorno attraverso le sorgenti termali, in virtù della loro temperatura rappresentano motivo d'interesse anche nella ricerca geotermica; in questo caso i fluidi termali (acqua e gas) vengono ricercati con perforazioni destinate a raggiungere direttamente i serbatoi carbonatici mesozoici, là dove le temperature sono generalmente più elevate che nelle manifestazioni sorgentizie superficiali, per essere addotti alle centrali geotermiche dove cedono il loro calore e quindi l'energia ad un fluido di servizio per le successive utilizzazioni. Ciò fatto, i fluidi geotermici, raffreddati, vengono reimmessi nel sottosuolo nell'intento di reiniettarli nei serbatoi di provenienza.

Queste operazioni (estrazione e reiniezione) determinano ovviamente variazioni di pressione e di temperatura, se pure presumibilmente localizzate, nel serbatoio profondo, ma con possibilissime ricadute anche sui sistemi termali che potrebbero portare rapidamente a riduzione dei volumi di acque che attualmente raggiungono le sorgenti e, sui tempi medi, a variazioni di temperatura e di chimismo delle acque termali, con gravissime conseguenze per le economie dei numerosi Stabilimenti diffusi nei territori delle due Regioni. Le possibilità che si manifestino interferenze tra perforazioni di ricerca geotermica e sorgenti naturali è già ben nota fin dalle ricerche della Larderello in Toscana a quelle dell'ENEL sull'Amiata e della Terni degli anni '50 nel Viterbese; ricerche queste ultime che hanno prodotto danni incalcolabili al sistema termale, con dimezzamento delle portate delle sorgenti storiche, fino alla scomparsa delle minori. La mancanza di un'accorta e documentata sperimentazione specifica in proposito, non consente nemmeno di individuare distanze di rispetto che offrano garanzie sufficienti di non interferenza sui sistemi termali, per cui si ritiene improponibile la perforazione di pozzi per ricerca geotermica quantomeno nei territori comunali interessati da iniziative termali, sia le nuove, che le storiche ed in quelli ove tali iniziative stanno avviando lo sviluppo economico delle comunità locali.

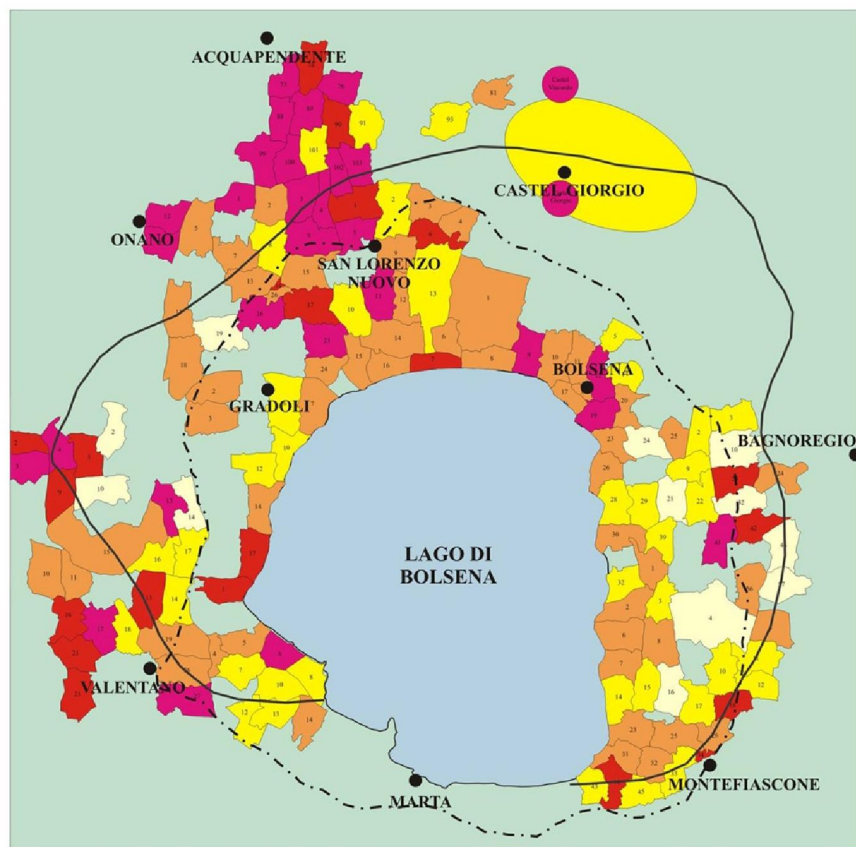
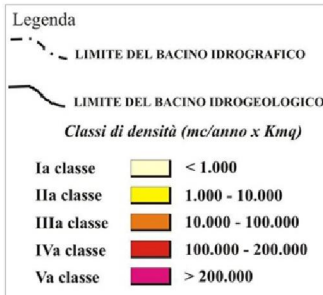
*Nota: il Dott. Giuseppe Pagano è Direttore di Miniera del Comune di Viterbo (Bilicame e Bagnaccio); delle Terme di Chianciano; delle Terme Bagni San Filippo e delle Terme di Musignano. Per incarico della Provincia di Viterbo ha rilevato le carte idrogeologiche, della densità dei prelievi idrici ed altre.*

**Carta Idrogeologica**



**CARTA IDROGEOLOGICA**

da:  
Assessorato Provinciale  
Ambiente  
Settore Tutela Acque  
Elaborazione  
S.Te.G.A. 1998  
(Pagano, Menghini, Floris)



**Carta della densità dei prelievi idrici totali**

da:  
Assessorato Provinciale  
Ambiente  
Settore Tutela Acque  
Elaborazione  
S.Te.G.A. 1998  
(Pagano, Menghini, Floris)